

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 12670-1:2020

IEC 60825-1:2014

Xuất bản lần 1

**AN TOÀN SẢN PHẨM LASER –
PHẦN 1: PHÂN LOẠI THIẾT BỊ VÀ CÁC YÊU CẦU**

Safety of laser products –

Part 1: Equipment classification and requirements

HÀ NỘI – 2020

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	4
1 Phạm vi áp dụng	5
2 Tài liệu viện dẫn	7
3 Thuật ngữ và định nghĩa	7
4 Nguyên tắc phân loại	26
5 Xác định mức phát xạ tiếp cận được và phân loại sản phẩm	33
6 Quy định kỹ thuật	52
7 Gắn nhãn	58
8 Các yêu cầu khác về thông tin	67
9 Yêu cầu bổ sung đối với các sản phẩm laser cụ thể	70
Phụ lục A (tham khảo) – Giá trị phơi nhiễm lớn nhất cho phép	72
Phụ lục B (tham khảo) – Các ví dụ tính toán	82
Phụ lục C (tham khảo) – Mô tả các cấp và các nguy hiểm liên quan tiềm ẩn	92
Phụ lục D (tham khảo) – Lưu ý về lý sinh	99
Phụ lục E (tham khảo) – MPE và AEL thể hiện dưới dạng bức xạ	109
Phụ lục F (tham khảo) – Các bảng tổng hợp	112
Phụ lục G (tham khảo) – Tổng quan các phần kết hợp của bộ tiêu chuẩn IEC 60825	115
Thư mục tài liệu tham khảo	117

TCVN 12670-1:2020

Lời nói đầu

TCVN 12670-1:2020 hoàn toàn tương đương với IEC 60825-1:2014;

TCVN 12670-1:2020 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/E1 *Máy điện và khí cụ điện* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn TCVN 12670 (IEC 60825), An toàn sản phẩm laser, gồm có các phần sau:

- TCVN 12670-1:2020 (IEC 60825-1:2014), Phần 1: Phân loại thiết bị và các yêu cầu
- TCVN 12670-14:2019 (IEC/TR 60825-14:2004), Phần 14: Hướng dẫn sử dụng

An toàn sản phẩm laser –

Phần 1: Phân loại thiết bị và các yêu cầu

Safety of laser products –

Part 1: Equipment classification and requirements

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định an toàn của các sản phẩm laser phát bức xạ laser trong dải bước sóng từ 180 nm đến 1 mm.

Mặc dù vẫn có những bộ phát laser phát ra bức xạ ở các bước sóng nhỏ hơn 180 nm (trong phạm vi cực tím chân không), nhưng nó không thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này vì tia laser thường phải được bọc trong vỏ bọc hút chân không và do đó các nguy hiểm bức xạ quang tiềm ẩn thường là rất nhỏ.

Sản phẩm laser có thể gồm một bộ phát laser duy nhất có hoặc không có nguồn cấp riêng hoặc có thể có một hoặc nhiều bộ phát laser trong hệ thống quang, điện hoặc cơ kết hợp. Thông thường, các sản phẩm laser được sử dụng để minh họa các hiện tượng vật lý hoặc quang, xử lý vật liệu, đọc và lưu trữ dữ liệu, truyền tải và hiển thị thông tin, v.v. Các hệ thống này được sử dụng trong công nghiệp, kinh doanh, giải trí, nghiên cứu, giáo dục, y tế và các sản phẩm tiêu dùng.

Không áp dụng tiêu chuẩn này cho các sản phẩm laser được bán cho các nhà chế tạo khác để sử dụng như các thành phần cấu thành cho hệ thống bất kỳ cho sản phẩm laser đó mà áp dụng cho bản thân sản phẩm cuối cùng. Các sản phẩm laser được bán cho hoặc bán bởi nhà chế tạo sản phẩm cuối cùng để sử dụng làm linh kiện thay thế cho sản phẩm cuối cùng thì cũng không phải áp dụng tiêu chuẩn này. Tuy nhiên, nếu hệ thống laser trong sản phẩm cuối cùng có khả năng hoạt động khi đã được tháo ra khỏi sản phẩm cuối cùng thì áp dụng các yêu cầu của tiêu chuẩn này cho hệ thống laser có thể tháo rời đó.

CHÚ THÍCH 1: Thiết bị có khả năng hoạt động là thiết bị không đòi hỏi dụng cụ để chuẩn bị hoạt động.

Sản phẩm laser bất kỳ không phải đáp ứng bất kỳ yêu cầu thêm nữa trong tiêu chuẩn này nếu sự phân loại sản phẩm đó được thực hiện bởi nhà chế tạo theo Điều 4 và Điều 5 cho thấy mức phát xạ không vượt quá AEL (mức phát xạ chấp nhận được) của Cấp 1 trong tất cả các điều kiện vận hành, bảo trì, bảo dưỡng và sửa chữa. Sản phẩm laser như vậy có thể được gọi là sản phẩm laser được loại trừ.

CHÚ THÍCH 2: Việc loại trừ nêu trên để đảm bảo rằng các sản phẩm laser an toàn vốn có sẽ không phải chịu các yêu cầu của Điều 6, Điều 7, Điều 8 và Điều 9.

TCVN 12670-1:2020

Ngoài các ảnh hưởng bất lợi tiềm ẩn xuất phát từ việc phơi nhiễm bức xạ laser, một số thiết bị laser cũng có thể có các nguy hiểm kết hợp khác, ví dụ về điện, hóa và các nhiệt độ cao hoặc thấp. Bức xạ laser có thể gây ra việc hồng thị lực tạm thời ví dụ lóa hoặc chói mắt. Các ảnh hưởng này phụ thuộc vào tác vụ và mức ánh sáng môi trường xung quanh và vượt ra khỏi phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này. Phân loại và các yêu cầu khác của tiêu chuẩn này được thiết kế chỉ cho các nguy hiểm bức xạ laser đến mắt và da. Các nguy hiểm khác không thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn.

Tiêu chuẩn này đưa ra các yêu cầu tối thiểu. Sự phù hợp với tiêu chuẩn này có thể không đủ để có mức an toàn sản phẩm cần thiết. Các sản phẩm laser cũng có thể đòi hỏi phải phù hợp với các yêu cầu về tính năng và thử nghiệm áp dụng được trong các tiêu chuẩn an toàn sản phẩm áp dụng được khác.

CHÚ THÍCH 3: Các tiêu chuẩn khác có thể chứa các yêu cầu bổ sung. Ví dụ, sản phẩm laser Cấp 3B hoặc Cấp 4 có thể không thích hợp để sử dụng như sản phẩm tiêu dùng.

Trong trường hợp hệ thống laser tạo thành một phần của thiết bị thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn an toàn sản phẩm khác, ví dụ thiết bị điện y tế (TCVN 7303-2-22 (IEC 60601-2-22)), thiết bị công nghệ thông tin (bộ tiêu chuẩn TCVN 7326 (IEC 60950)), thiết bị audio và video (TCVN 6385 (IEC 60065)), thiết bị audio-video và công nghệ thông tin (IEC 62368-1), thiết bị sử dụng trong khí quyển nguy hiểm (TCVN 10888 (IEC 60079)) hoặc đồ chơi sử dụng điện (TCVN 11332 (IEC 62115)), thì tiêu chuẩn này sẽ áp dụng theo các quy định của IEC Guide 104 đối với các nguy hiểm gây ra do bức xạ laser. Nếu không có tiêu chuẩn an toàn sản phẩm nào áp dụng được thì có thể áp dụng IEC 61010-1.

Đối với các thiết bị chữa mắt, để đảm bảo an toàn cho bệnh nhân, cần áp dụng thêm ISO 15004-2 và cần áp dụng các nguyên tắc của giới hạn cho trong tiêu chuẩn ISO đó cho bức xạ laser (xem thêm Phụ lục C và D).

Trước đây, điốt phát quang (LED) cũng thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này, và có thể vẫn thuộc phạm vi áp dụng của các phần khác của bộ tiêu chuẩn IEC 60825. Tuy nhiên, với việc xây dựng các tiêu chuẩn an toàn bóng đèn, an toàn bức xạ quang của LED nhìn chung có thể được đề cập thích hợp hơn trong các tiêu chuẩn an toàn bóng đèn đó. Việc loại bỏ LED ra khỏi phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này không nhằm ngăn ngừa các tiêu chuẩn khác đưa LED vào bất cứ khi nào đề cập đến laser. Có thể áp dụng IEC 62471 để xác định nhóm rủi ro của LED hoặc sản phẩm có chứa một hoặc nhiều LED. Một số tiêu chuẩn khác có thể yêu cầu áp dụng phép đo, phân loại, quy định kỹ thuật và các yêu cầu về ghi nhãn của tiêu chuẩn này cho các sản phẩm LED.

Các sản phẩm laser có bức xạ tiếp cận được thấp hơn tiêu chí quy định trong 4.4, được thiết kế để làm việc như các nguồn sáng thông thường, và đáp ứng các yêu cầu quy định trong 4.4 thì có thể được đánh giá bằng bộ tiêu chuẩn IEC 62471. Sản phẩm này vẫn thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này, tuy nhiên phát xạ bức xạ quang nêu trên không nhất thiết được phân loại.

Các giá trị phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) được cho trong Phụ lục A được xây dựng cho bức xạ laser và không áp dụng cho bức xạ phụ thêm. Tuy nhiên, nếu có lo ngại là bức xạ phụ thêm tiếp cận

được có thể nguy hiểm, các giá trị MPE của laser có thể áp dụng để đánh giá nguy hiểm tiềm ẩn này hoặc xem xét thêm các giá trị giới hạn phơi nhiễm trong IEC 62471.

Các giá trị MPE trong Phụ lục A không áp dụng cho phơi nhiễm có chủ ý của người với bức xạ laser cho mục đích điều trị y tế hoặc điều trị mỹ phẩm/thẩm mỹ.

CHÚ THÍCH 4: Các phụ lục tham khảo từ A đến G được đưa vào tiêu chuẩn nhằm cung cấp hướng dẫn chung và minh họa nhiều trường hợp điển hình. Tuy nhiên, các phụ lục này không được coi là có tính quyết định hoặc toàn diện.

Mục đích của tiêu chuẩn này nhằm:

- đưa ra hệ thống phân loại laser và sản phẩm laser phát bức xạ trong dải bước sóng 180 nm đến 1 mm theo cấp nguy hiểm bức xạ quang của chúng để giúp đánh giá và xác định các biện pháp bảo vệ cho người sử dụng;
- thiết lập các yêu cầu cho nhà chế tạo cung cấp thông tin sao cho có thể sử dụng được biện pháp phòng ngừa thích hợp;
- thông qua nhãn và hướng dẫn, đảm bảo cảnh báo đủ cho các cá nhân về các nguy hiểm liên quan đến bức xạ tiếp cận được từ các sản phẩm laser;
- giảm khả năng bị thương hoặc giảm thiểu bức xạ tiếp cận được không cần thiết và đưa ra biện pháp bảo vệ tăng cường đối với các nguy hiểm bức xạ laser thông qua các đặc trưng bảo vệ.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn dưới đây là cần thiết để áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố thì áp dụng các bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất (kể cả các sửa đổi).

IEC 60050 (tất cả các phần), *International Electrotechnical Vocabulary (Từ vựng kỹ thuật điện quốc tế)*

IEC 62471 (tất cả các phần), *Photobiological safety of lamps and lamp systems (An toàn quang sinh học của bóng đèn và hệ thống bóng đèn)*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong IEC 60845 và các thuật ngữ và định nghĩa dưới đây.

3.1

Tấm tiếp cận (access panel)

Phần của vỏ bảo vệ tạo ra tiếp cận với bức xạ laser khi tháo hoặc dịch chuyển tấm này.

3.2

Phát xạ tiếp cận được (accessible emission)

TCVN 12670-1:2020

Mức bức xạ được xác định tại vị trí và với các nắp che lỗ mở (khi AEL được cho dưới dạng oát hoặc jun) hoặc các lỗ mở giới hạn (khi AEL được cho dưới dạng $W \cdot m^{-2}$ hoặc $J \cdot m^{-2}$) như mô tả trong Điều 5.

CHÚ THÍCH 1: Phát xạ tiếp cận được được xác định trong trường hợp xét đến sự tiếp cận của người, như quy định trong 3.40. Phát xạ tiếp cận được (được xác định trong quá trình vận hành) được so sánh với giới hạn phát xạ tiếp cận được (xem 3.3) để xác định cấp của sản phẩm laser. Trong tiêu chuẩn này, bất cứ khi nào sử dụng thuật ngữ mức phát xạ thì cần được hiểu là phát xạ tiếp cận được.

CHÚ THÍCH 2: Khi chùm tia rộng hơn nắp che lỗ mở, phát xạ tiếp cận được khi đó được cho dưới dạng oát hoặc jun nhỏ hơn tổng năng lượng hoặc công suất phát ra của sản phẩm laser. Khi chùm tia nhỏ hơn lỗ mở giới hạn, phát xạ tiếp cận được khi đó được cho dưới dạng $W \cdot m^{-2}$ hoặc $J \cdot m^{-2}$, tức là độ rọi hoặc phơi nhiễm bức xạ lấy trung bình trên lỗ mở giới hạn, nhỏ hơn độ rọi thực hoặc phơi nhiễm bức xạ của chùm tia. Xem thêm nắp che lỗ mở (3.9) và lỗ mở giới hạn (3.55).

3.3

Giới hạn phát xạ tiếp cận được (accessible emission limit)

AEL

Phát xạ lớn nhất tiếp cận được được phép trong phạm vi cấp cụ thể của sản phẩm.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp nội dung đề cập đến "mức phát xạ không vượt quá AEL" hoặc nội dung tương tự thì có nghĩa là phát xạ tiếp cận được được xác định theo tiêu chí đo quy định trong Điều 5.

3.4

Kiểm soát về hành chính (administrative control)

Biện pháp an toàn không thuộc loại kỹ thuật, ví dụ giám sát chìa khóa; huấn luyện an toàn cho người vận hành; cảnh báo; các quy trình đếm ngược; và các bảo vệ an toàn về khoảng cách.

CHÚ THÍCH: Điều này có thể được nhà chế tạo quy định (xem Điều 8).

3.5

Góc chấp nhận (angle of acceptance)

γ

Góc phẳng trong đó bộ phát hiện sẽ phản ứng với bức xạ quang và thường được đo bằng radian.

CHÚ THÍCH 1: Góc chấp nhận này có thể được kiểm soát bằng các lỗ mở hoặc phần tử quang phía trước bộ phát hiện (xem Hình 1 và Hình 2). Góc chấp nhận đôi khi cũng được gọi là trường nhìn.

CHÚ THÍCH 2: Đơn vị SI: radian.

CHÚ THÍCH 3: Không nên nhầm góc chấp nhận với góc trường của nguồn hoặc sự phân kỳ của chùm tia.

3.6

Góc trương (angular subtense)

Góc phẳng được trương bởi một cung tròn, tính bằng tỷ số giữa chiều dài cung tròn và bán kính của cung.

CHÚ THÍCH 1: Đơn vị SI: radian.

CHÚ THÍCH 2: Đối với các góc nhỏ, góc trương của đường thẳng ở khoảng cách cho trước được tính bằng cách chia chiều dài đường thẳng cho khoảng cách. Đối với các góc lớn, cần tính đến sự khác biệt giữa đoạn thẳng dây cung và cung.

3.7

Góc trương của nguồn biểu kiến (angular subtense of the apparent source)

α

Góc được trương bởi nguồn biểu kiến khi nhìn từ một điểm trong không gian, như thể hiện trên Hình 1.

CHÚ THÍCH 1: Đối với trường hợp biên dạng độ rọi theo phân bố Gauss của hình ảnh nguồn biểu kiến, ví dụ đối với sự phân xạ khuếch tán của chùm tia TEM₀₀, α được xác định với định nghĩa đường kính chùm tia d_{63} (xem 3.13). Đối với các biên dạng độ rọi không đồng nhất hoặc nhiều nguồn, α được xác định theo 4.3 d).

CHÚ THÍCH 2: Đơn vị SI: radian.

CHÚ THÍCH 3: Vị trí và góc trương của nguồn biểu kiến phụ thuộc vào vị trí nhìn trong chùm tia (xem 3.10).

CHÚ THÍCH 4: Góc trương của nguồn biểu kiến chỉ áp dụng trong tiêu chuẩn này trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm, vùng có nguy hiểm võng mạc.

CHÚ THÍCH 5: Không được nhầm lẫn góc trương của nguồn laser với sự phân kỳ của chùm tia. Góc trương của nguồn laser không thể lớn hơn sự phân kỳ của chùm tia mà thường nhỏ hơn sự phân kỳ này.

3.8

Lỗ mở (aperture)

Khe hở bất kỳ trong vỏ bảo vệ của sản phẩm laser mà thông qua đó bức xạ laser được phát ra, và người có thể tiếp cận bức xạ này.

CHÚ THÍCH: Xem thêm lỗ mở giới hạn (3.55).

3.9

Nắp che lỗ mở (aperture stop)

Lỗ mở dùng để xác định vùng đo bức xạ.

CHÚ THÍCH: Xem thêm lỗ mở giới hạn (3.55).

3.10

Nguồn biểu kiến (apparent source)

Vật thể thực hoặc ảo tạo nên hình ảnh võng mạc nhỏ nhất có thể có (xét đến phạm vi điều tiết của mắt người), đối với vị trí đánh giá cho trước của nguy hiểm võng mạc.

TCVN 12670-1:2020

CHÚ THÍCH 1: Phạm vi điều tiết của mắt người được giả thiết là có thể thay đổi từ 100 mm đến vô hạn. Vị trí của nguồn biểu kiến đối với vị trí nhìn cho trước trong chùm tia là vị trí tại đó mắt điều tiết để tạo ra tình trạng độ rọi võng mạc nguy hiểm nhất.

CHÚ THÍCH 2: Định nghĩa này được sử dụng để xác định, đối với vị trí đánh giá cho trước, vị trí điểm xuất phát biểu kiến của bức xạ laser trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm. Trong giới hạn triết tiêu phân kỳ, tức là trường hợp chùm tia chuẩn trực lý tưởng thì vị trí nguồn biểu kiến tiến đến vô hạn.

CHÚ THÍCH 3: Đối với các ảnh hình tròn của các nguồn kéo dài trên võng mạc có biên dạng phân bố Gauss, có thể sử dụng định nghĩa d_{63} để xác định góc trương của nguồn biểu kiến α .

3.11

Chùm tia (beam)

Bức xạ laser mà có thể được đặc trưng bởi hướng, độ phân kỳ, đường kính hoặc các thông số quét.

CHÚ THÍCH: Bức xạ tán xạ do phản xạ không phải loại phản xạ gương không được coi là chùm tia.

3.12

Bộ suy giảm chùm tia (beam attenuator)

Thiết bị làm giảm bức xạ laser đến hoặc thấp hơn mức quy định hoặc giảm đi một phần cụ thể.

3.13

Đường kính chùm tia/Độ rộng chùm tia (beam diameter/beam width)

d_u

Đường kính của đường tròn nhỏ nhất chứa u % tổng công suất laser (hoặc tổng năng lượng laser).

CHÚ THÍCH 1: Trong tiêu chuẩn này sử dụng d_{63} .

CHÚ THÍCH 2: Phần thu hẹp của chùm tia là vị trí trong chùm tia nơi đường kính chùm tia là nhỏ nhất.

CHÚ THÍCH 3: Đơn vị SI: mét.

CHÚ THÍCH 4: Định nghĩa đường kính của chùm tia nhìn chung không nên sử dụng để xác định góc trương của nguồn biểu kiến α vì các định nghĩa này là khác nhau. Tuy nhiên, đối với trường hợp độ rọi có biên dạng phân bố Gauss của hình ảnh nguồn biểu kiến, có thể áp dụng d_{63} để xác định góc trương của nguồn biểu kiến α . Đối với độ rọi có biên dạng của hình ảnh góc trương nguồn biểu kiến không theo phân bố Gauss, sử dụng phương pháp mô tả trong 4.3 d).

CHÚ THÍCH 5: Trong trường hợp chùm tia Gauss, d_{63} ứng với điểm có độ rọi (phoi nhiễm bức xạ) nằm trong phạm vi $1/e$ của giá trị đỉnh tại tâm của nó.

CHÚ THÍCH 6: Định nghĩa về đường kính mômen thứ hai (như xác định trong ISO 11146-1) không thích hợp để sử dụng cho biên dạng chùm tia có các đỉnh bức xạ cao tại tâm và mức nền thấp, ví dụ được tạo ra bởi bộ cộng hưởng không ổn định trong trường xa: công suất đi qua lỗ mở có thể được đánh giá không đúng mức đáng kể khi sử dụng mômen thứ hai và tính công suất với giả thiết biên dạng chùm tia là phân bố Gauss.

3.14**Sự phân kỳ của chùm tia (beam divergence)**

Góc trong mặt phẳng trường xa của hình nón xác định bởi đường kính chùm tia.

CHÚ THÍCH 1: Nếu đường kính chùm tia (xem 3.13) tại hai điểm cách nhau bởi khoảng cách r là d_{63} và d'_{63} , sự phân kỳ được cho bởi:

$$\varphi_{63} = 2 \arctan \left(\frac{d'_{63} - d_{63}}{2r} \right)$$

CHÚ THÍCH 2: Đơn vị SI: radian.

CHÚ THÍCH 3: Định nghĩa về đường kính mômen thứ hai (như xác định trong ISO 11146-1) không thích hợp để sử dụng cho biên dạng chùm tia có đỉnh bức xạ cao tại tâm và mức nền thấp, ví dụ được tạo ra bởi bộ cộng hưởng không ổn định trong trường xa hoặc biên dạng chùm tia thể hiện các dạng khuếch tán gây ra do các lỗ mờ.

3.15**Sự mở rộng chùm tia (beam expander)**

Kết hợp các phần tử quang sẽ làm tăng đường kính của chùm tia laser.

3.16**Thành phần tuyến chùm tia (beam path component)**

Thành phần quang nằm trên tuyến chùm tia xác định.

VÍ DỤ: Gương dẫn hướng chùm tia, thấu kính hội tụ hoặc bộ khuếch đại chùm tia.

3.17**Bộ khóa chùm tia (beam stop)**

Thiết bị kết thúc tuyến chùm tia laser.

3.18**Sản phẩm laser Cấp 1 (Class 1 laser product)**

Sản phẩm laser bất kỳ mà trong quá trình hoạt động không cho phép con người tiếp cận đến bức xạ laser (phát xạ tiếp cận được, xem 3.2) vượt quá AEL Cấp 1 đối với các bước sóng và khoảng thời gian phát xạ áp dụng được (xem 5.3 và 4.3 e)).

CHÚ THÍCH 1: Xem thêm hạn chế của phương thức phân loại trong Phụ lục C.

CHÚ THÍCH 2: Khi các thử nghiệm để xác định phân loại sản phẩm được giới hạn ở các thử nghiệm trong vận hành thì có thể xảy ra đối với các sản phẩm laser loại lắp trong mà bức xạ laser cao hơn AEL của cấp tương ứng của sản phẩm có thể trở nên tiếp cận được trong quá trình bảo dưỡng (xem 6.2.1) hoặc bảo trì khi các khóa liên động của các tấm tiếp cận bị làm mất hiệu lực hoặc sản phẩm được mở ra hoặc tháo ra.

TCVN 12670-1:2020

3.19

Sản phẩm laser Cấp 1C (Class 1C laser product)

Sản phẩm laser bất kỳ được thiết kế riêng cho ứng dụng tiếp xúc với da hoặc mô không thuộc mắt và:

- trong quá trình hoạt động, nguy hiểm về mắt được ngăn ngừa bởi biện pháp kỹ thuật, tức là phát xạ tiếp cận được ngăn chặn hoặc giảm xuống thấp hơn AEL của Cấp 1 khi laser được giữ không cho tiếp xúc với da hoặc mô không thuộc mắt,
- trong quá trình hoạt động và khi tiếp xúc với da hoặc mô không thuộc mắt, bức xạ hoặc các mức phơi nhiễm bức xạ có thể vượt quá MPE của da khi cần cho quy trình điều trị dự kiến, và
- sản phẩm laser phù hợp với các tiêu chuẩn áp dụng được.

CHÚ THÍCH 1: Không đủ để phân loại sản phẩm là Cấp 1C khi chỉ theo tiêu chuẩn này mà không xét đến các yêu cầu quy định trong tiêu chuẩn an toàn sản phẩm áp dụng được. Xem thêm các hạn chế của phương thức phân loại trong Phụ lục C.

CHÚ THÍCH 2: Vì bức xạ phát có thể vượt quá MPE trên da nên laser Cấp 1C có thể có nguy hiểm tiềm ẩn đến các mô. Khái niệm về các giới hạn thích hợp của phát xạ tiếp cận được trong điều kiện tiếp xúc, ví dụ tiếp xúc có thể có với mí mắt, không thuộc phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH 3: Khi các thử nghiệm xác định sự phân loại của sản phẩm được giới hạn ở các thử nghiệm trong quá trình vận hành, các sản phẩm laser lắp trong, tùy thuộc vào sản phẩm, có bức xạ trên mức AEL của Cấp 1 có thể trở nên tiếp cận được trong quá trình bảo dưỡng (xem 6.2.1) hoặc bảo trì khi các khóa liên động của các tấm tiếp cận bị mất hiệu lực hoặc sản phẩm được mở ra hoặc tháo ra.

3.20

Sản phẩm laser Cấp 1M (Class 1M laser product)

Sản phẩm laser bất kỳ trong dải bước sóng từ 302,5 nm đến 4 000 nm mà trong quá trình vận hành không cho phép người tiếp cận đến bức xạ laser (phát xạ tiếp cận được, xem 3.2) vượt quá mức AEL của Cấp 1 đối với các bước sóng và khoảng thời gian phát xạ áp dụng được (xem 4.3 e)), với mức bức xạ được đo theo 5.3 a).

CHÚ THÍCH 1: Xem thêm các hạn chế của phương thức phân loại trong Phụ lục C.

CHÚ THÍCH 2: Đầu ra của sản phẩm laser Cấp 1M có nguy hiểm tiềm ẩn khi được quan sát bằng kính thiên văn ví dụ như kính viễn vọng hoặc ống nhòm (xem 5.3 a)).

CHÚ THÍCH 3: Khi các thử nghiệm xác định sự phân loại của sản phẩm được giới hạn ở các thử nghiệm trong quá trình vận hành, các sản phẩm laser lắp trong, tùy thuộc vào sản phẩm, có bức xạ trên mức AEL của cấp tương ứng có thể trở nên tiếp cận được trong quá trình bảo dưỡng (xem 6.2.1) hoặc bảo trì khi các khóa liên động của các tấm tiếp cận bị mất hiệu lực hoặc sản phẩm được mở ra hoặc tháo ra.

3.21

Sản phẩm laser Cấp 2 (Class 2 laser product)

Sản phẩm laser bất kỳ trong dải bước sóng từ 400 nm đến 700 nm mà trong quá trình vận hành không cho phép người tiếp cận đến bức xạ laser (phát xạ tiếp cận được, xem 3.2) vượt quá mức AEL của Cấp 2 đối với các bước sóng và khoảng thời gian phát xạ áp dụng được (xem 5.3 c)).

CHÚ THÍCH 1: Xem thêm các hạn chế của phương thức phân loại trong Phụ lục C.

CHÚ THÍCH 2: Khi các thử nghiệm xác định sự phân loại của sản phẩm được giới hạn ở các thử nghiệm trong quá trình vận hành, các sản phẩm laser lắp trong, tùy thuộc vào sản phẩm, có bức xạ trên mức AEL của cấp tương ứng có thể trở nên tiếp cận được trong quá trình bảo dưỡng (xem 6.2.1) hoặc bảo trì khi các khóa liên động của các tấm tiếp cận bị mất hiệu lực hoặc sản phẩm được mở ra hoặc tháo ra.

3.22

Sản phẩm laser Cấp 2M (Class 2M laser product)

Sản phẩm laser bất kỳ trong dải bước sóng từ 400 nm đến 700 nm mà trong quá trình vận hành không cho phép người tiếp cận đến bức xạ laser (phát xạ tiếp cận được, xem 3.2) vượt quá mức AEL của Cấp 2 đối với các bước sóng và khoảng thời gian phát xạ áp dụng được (xem 4.3 e)), với mức bức xạ được đo theo 5.3 c).

CHÚ THÍCH 1: Xem thêm các hạn chế của phương thức phân loại trong Phụ lục C.

CHÚ THÍCH 2: Đầu ra của sản phẩm laser Cấp 2M có nguy hiểm tiềm ẩn khi được quan sát sử dụng kính thiên văn ví dụ như kính viễn vọng hoặc ống nhòm (xem 5.3 c)).

CHÚ THÍCH 3: Khi các thử nghiệm xác định sự phân loại của sản phẩm được giới hạn ở các thử nghiệm trong quá trình vận hành, các sản phẩm laser lắp trong, tùy thuộc vào sản phẩm, có bức xạ trên mức AEL của cấp tương ứng có thể trở nên tiếp cận được trong quá trình bảo dưỡng (xem 6.2.1) hoặc bảo trì khi các khóa liên động của các tấm tiếp cận bị mất hiệu lực hoặc sản phẩm được mở ra hoặc tháo ra.

3.23

Sản phẩm laser Cấp 3R và Cấp 3B (Class 3R and Class 3B laser products)

Sản phẩm laser bất kỳ mà trong quá trình vận hành cho phép người tiếp cận đến bức xạ laser (phát xạ tiếp cận được, xem 3.2) vượt quá mức AEL của Cấp 1 và Cấp 2, nếu thuộc đối tượng áp dụng, nhưng không cho phép người tiếp cận với bức xạ laser vượt quá mức AEL của Cấp 3R và 3B (tương ứng) đối với khoảng thời gian và bước sóng phát xạ bất kỳ (xem 5.3 d) và 5.3 e)).

CHÚ THÍCH 1: Xem thêm các hạn chế của phương thức phân loại trong Phụ lục C.

CHÚ THÍCH 2: Các sản phẩm laser Cấp 1M và Cấp 2M có thể có đầu ra cao hơn hoặc thấp hơn mức AEL của Cấp 3R, tùy thuộc vào các đặc tính quang của chúng.

CHÚ THÍCH 3: Khi các thử nghiệm xác định sự phân loại của sản phẩm được giới hạn ở các thử nghiệm trong quá trình vận hành, các sản phẩm laser lắp trong, tùy thuộc vào sản phẩm, có bức xạ trên mức AEL của cấp tương ứng có thể trở nên tiếp cận được trong quá trình bảo trì khi các khóa liên động của các tấm tiếp cận bị mất hiệu lực hoặc sản phẩm được mở ra hoặc tháo ra.

TCVN 12670-1:2020

3.24

Sản phẩm laser Cấp 4 (Class 4 laser products)

Sản phẩm laser bất kỳ cho phép người tiếp cận đến bức xạ laser (phát xạ tiếp cận được, xem 3.2) vượt quá mức AEL của Cấp 3B (xem 5.3 f)).

CHÚ THÍCH 1. Xem thêm các hạn chế của phương thức phân loại trong Phụ lục C.

3.25

Bức xạ phụ (collateral radiation)

Bức xạ điện từ bất kỳ, trong dải bước sóng từ 180 nm đến 1 mm, ngoại trừ bức xạ laser, được phát bởi sản phẩm laser là kết quả của hoặc trạng thái vật lý cần thiết cho sự vận hành của bộ phát laser.

3.26

Chùm tia chuẩn trực (collimated beam)

Tia bức xạ có sự phân kỳ hoặc hội tụ ở góc rất nhỏ.

3.27

Chế độ tiếp xúc (contact mode)

Sử dụng sản phẩm laser trong đó hệ thống phân phối chùm tia tiếp cận gần với mục tiêu dự kiến.

CHÚ THÍCH 1: Hệ thống phân phối chùm tia không nhất thiết có tiếp xúc vật lý. Ví dụ hệ thống có thể đặt sát với mục tiêu dự kiến với điều kiện các biện pháp điều khiển kỹ thuật thích hợp được đặt đúng vị trí.

CHÚ THÍCH 2: Định nghĩa này liên quan đến các sản phẩm được phân loại là Cấp 1C.

3.28

Sóng liên tục (continuous wave)

CW

Bộ phát laser vận hành với đầu ra liên tục trong khoảng thời gian bằng hoặc lớn hơn 0,25 s.

3.29

Tuyến chùm tia xác định (defined beam path)

Tuyến dự kiến của chùm tia laser trong sản phẩm laser.

3.30

Sản phẩm laser trình diễn (demonstration laser product)

Sản phẩm laser bất kỳ được thiết kế, chế tạo, dự kiến hoặc xúc tiến nhằm mục đích trình diễn, giải trí, quảng cáo, hiển thị hoặc tác phẩm nghệ thuật.

CHÚ THÍCH: Thuật ngữ "sản phẩm laser trình diễn" không áp dụng cho các sản phẩm laser được thiết kế và dự kiến cho các ứng dụng khác, mặc dù chúng có thể được sử dụng để trình diễn các ứng dụng này.

3.31**Sự phản xạ khuếch tán (diffuse reflection)**

Sự thay đổi phân bố theo không gian của chùm tia bức xạ do phân tán theo nhiều hướng bởi mặt phẳng hoặc môi chất.

CHÚ THÍCH: Bộ khuếch tán hoàn hảo sẽ phá vỡ mọi sự tương quan giữa các hướng của bức xạ tới và bức xạ phản xạ.

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-04-47, có sửa đổi – Định nghĩa được viết lại hoàn toàn]

3.32**Sản phẩm laser lắp trong (embedded laser product)**

Trong tiêu chuẩn này, sản phẩm laser có cấp thấp hơn khả năng vốn có của bộ phát laser kết hợp, do các đặc điểm kỹ thuật giới hạn phát xạ tiếp cận được.

CHÚ THÍCH: Sản phẩm laser được kết hợp trong sản phẩm laser lắp trong được gọi là sản phẩm laser bao kín hoặc hệ thống laser bao kín.

3.33**Khoảng thời gian phát xạ (emission duration)**

Khoảng thời gian của xung, của một chuỗi các xung, hoặc của hoạt động liên tục, trong đó có thể xảy ra việc tiếp cận của người với bức xạ laser do vận hành, bảo dưỡng hoặc bảo trì sản phẩm laser.

CHÚ THÍCH: Đối với xung đơn, đây là khoảng thời gian giữa điểm công suất nửa đỉnh của sườn trước và điểm tương ứng trên sườn sau. Đối với chuỗi các xung (hoặc một phần của chuỗi xung), đây là khoảng thời gian giữa điểm công suất nửa đỉnh đầu tiên của sườn trước và điểm công suất nửa đỉnh cuối cùng của sườn sau.

3.34**Bức xạ laser tán xạ (errant laser radiation)**

Bức xạ laser lệch khỏi tuyến xác định hoặc tuyến theo thiết kế của chùm tia.

CHÚ THÍCH: Bức xạ này bao gồm cả các phản xạ không mong muốn từ các thành phần của tuyến chùm tia và bức xạ lạc do các thành phần sắp xếp sai hoặc bị hỏng.

3.35**Khoảng thời gian phơi nhiễm (exposure duration)**

Khoảng thời gian của xung, của một chuỗi các xung, hoặc của phát xạ liên tục của bức xạ laser tới cơ thể người.

CHÚ THÍCH: Đối với xung đơn, đây là khoảng thời gian giữa điểm công suất nửa đỉnh của sườn trước và điểm tương ứng trên sườn sau. Đối với chuỗi các xung (hoặc một phần của chuỗi xung), đây là khoảng thời gian giữa điểm công suất nửa đỉnh đầu tiên của sườn trước và điểm công suất nửa đỉnh cuối cùng của sườn sau.

TCVN 12670-1:2020

3.36

Quan sát nguồn kéo dài (extended source viewing)

Điều kiện quan sát bằng cách cho nguồn biểu kiến ở khoảng cách 100 mm hoặc lớn hơn tương đương một góc tại mắt lớn hơn góc tương đương nhỏ nhất (α_{min}).

CHÚ THÍCH 1: Hai điều kiện nguồn kéo dài được xem xét trong tiêu chuẩn này khi xét đến các nguy hiểm gây thương tích bởi nhiệt lên võng mạc: nguồn trung bình và nguồn lớn. Chúng được sử dụng để phân biệt các nguồn có góc tương đương của nguồn biểu kiến, α , giữa α_{min} và α_{max} (các nguồn trung bình) và lớn hơn α_{max} (các nguồn lớn). Xem thêm 3.82.

CHÚ THÍCH 2: Các ví dụ trong đó hệ số C_6 (4.3 c) và Bảng 9) có thể lớn hơn 1 bao gồm quan sát một số nguồn laser khuếch tán, phản xạ khuếch tán, một số laser đơn sắc và một số mạng diốt laser.

3.37

An toàn cho mắt (eye-safe)

Phát xạ tiếp cận được thấp hơn mức AEL của Cấp 1 hoặc phơi nhiễm dưới mức MPE đối với mắt trong thời gian phơi nhiễm cho trước.

CHÚ THÍCH 1: Thuật ngữ này được sử dụng không đúng trong một số quảng cáo đối với phát xạ laser trong dải bước sóng lớn hơn 1 400 nm dựa trên các giới hạn phơi nhiễm cao hơn trong dải bước sóng đó so với vùng nguy hiểm cho võng mạc. Thuật ngữ "laser an toàn cho mắt" chỉ có thể được sử dụng để mô tả các sản phẩm laser Cấp 1. Ngay cả khi Cấp 1 có thể được coi là "an toàn cho mắt" nếu đây là phát xạ nhìn thấy, các nhiễu hình ảnh ngắn hạn như "mất khả năng nhìn tạm thời" và "lưu ảnh" có thể vẫn gây ra khi quan sát trực tiếp chùm tia.

CHÚ THÍCH 2: Thuật ngữ "laser an toàn cho mắt" không thể được sử dụng để mô tả laser chỉ dựa trên bước sóng đầu ra lớn hơn 1 400 nm, vì các bộ phát laser có bước sóng bất kỳ có công suất ra đủ lớn cũng có thể gây thương tích.

3.38

Hồng một cách an toàn (fail safe)

Xem xét thiết kế trong đó việc hồng một thành phần nào đó không làm tăng nguy hiểm.

CHÚ THÍCH: Trong chế độ hồng, hệ thống được làm mất hiệu lực hoặc không làm tăng nguy hiểm.

3.39

Khóa liên động an toàn hồng một cách an toàn (fail safe safety interlock)

Khóa liên động mà trong chế độ hồng không làm hồng mục đích của khóa liên động.

CHÚ THÍCH 1: Ví dụ, khóa liên động được điều khiển chủ động vào vị trí OFF ngay khi nắp có bản lề bắt đầu mở ra, hoặc trước khi tháo nắp tháo rời được, và khóa liên động được giữ chủ động ở vị trí OFF cho đến khi nắp có bản lề được đóng lại hoặc nắp tháo rời được giữ ở vị trí đóng.

CHÚ THÍCH 2: Với mục đích của tiêu chuẩn này, khóa liên động an toàn ở vị trí OFF sẽ kết thúc chùm tia hoặc giảm công suất ra đến mức yêu cầu. Nếu sử dụng các thành phần điện, điện tử hoặc thành phần lập trình được thì cho phép sử dụng IEC 61508 hoặc ISO 13849 để đánh giá tính tin cậy của khóa liên động.

3.40

Khả năng tiếp cận của người (human access)

- a) khả năng cơ thể người tiếp nhận bức xạ laser do sản phẩm laser phát ra, tức là bức xạ có thể được chặn bên ngoài vỏ bảo vệ, hoặc
- b) khả năng một que hình trụ có đường kính 100 mm và chiều dài 100 mm chặn các mức bức xạ Cấp 3B và thấp hơn, hoặc
- c) khả năng bàn tay hoặc cánh tay người chặn các mức bức xạ lớn hơn mức AEL của Cấp 3B,
- d) ngoài ra đối với các mức bức xạ trong vỏ bảo vệ tương đương với Cấp 3B hoặc Cấp 4, khả năng của phần bất kỳ của cơ thể người tiếp nhận bức xạ laser nguy hiểm mà có thể được phản xạ trực tiếp bởi bề mặt phẳng bất kỳ từ bên trong sản phẩm xuyên qua lỗ mở bất kỳ trong vỏ bảo vệ của nó.

CHÚ THÍCH: Đối với các sản phẩm laser tạo ra sự tiếp cận khi đi vào, cần xét đến bức xạ cả bên trong và bên ngoài vỏ bảo vệ để xác định khả năng tiếp cận của người. Khả năng tiếp cận của người bên trong vỏ bảo vệ có thể được ngăn ngừa bằng các cơ cấu điều khiển ví dụ các hệ thống phát hiện tự động.

3.41

Tích phân của bức xạ (integrated radiance)

Liều bức xạ (radiance dose)

L_t

Tích phân của bức xạ trong khoảng thời gian phơi nhiễm cho trước thể hiện bằng năng lượng bức xạ trên một đơn vị diện tích của bề mặt bức xạ trên mỗi đơn vị góc khối phát xạ.

CHÚ THÍCH 1: Trong hướng dẫn của ICNIRP, đại lượng này cũng được gọi là liều bức xạ và sử dụng ký hiệu D.

CHÚ THÍCH 2: Đơn vị SI: jun trên mét vuông trên một đơn vị góc khối ($J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$).

3.42

Quan sát nội chùm tia (intrabeam viewing)

Tất cả các điều kiện quan sát ở đó mắt bị phơi nhiễm trực tiếp hoặc phản xạ gương với chùm tia laser khác với, ví dụ, việc quan sát các phản xạ khuếch tán.

3.43

Độ rọi (irradiance)

E

Tỷ số giữa lượng bức xạ $d\Phi$ tới một phần tử của mặt phẳng có diện tích dA .

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

CHÚ THÍCH: Đơn vị SI: oát trên mét vuông ($W \cdot m^{-2}$).

TCVN 12670-1:2020

3.44

Bộ phát laser (laser)

Thiết bị bất kỳ có thể được thực hiện để tạo ra hoặc khuếch đại bức xạ điện từ trong dải bước sóng từ 180 nm đến 1 mm chủ yếu bởi quá trình phát xạ cưỡng bức có khống chế.

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-04-39, có sửa đổi – Nội dung định nghĩa được trình bày lại]

3.45

Khu vực có khống chế laser (laser controlled area)

Khu vực ở đó việc có mặt và hoạt động trong phạm vi khu vực chịu sự khống chế và kiểm soát với mục đích bảo vệ khỏi nguy hiểm bức xạ laser.

3.46

Nguồn cấp năng lượng laser (laser energy source)

Thiết bị bất kỳ được thiết kế để sử dụng cùng với bộ phát laser nhằm cấp năng lượng để kích thích các điện tử, ion hoặc phân tử.

CHÚ THÍCH 1: Các nguồn năng lượng thông dụng ví dụ như nguồn điện hoặc pin/acquy không được xem là tạo thành các nguồn năng lượng laser.

3.47

Vùng nguy hiểm laser (laser hazard area)

Vùng trong đó phơi nhiễm của mắt và/hoặc da vượt quá các giá trị phơi nhiễm lớn nhất cho phép tương ứng (MPE); xem vùng nguy hiểm danh nghĩa cho mắt (3.64).

CHÚ THÍCH: Để tránh mập mờ, cần bổ sung thông tin chi rõ vùng nguy hiểm này là dựa trên MPE của mắt hay da.

3.48

Sản phẩm laser (laser product)

Sản phẩm hoặc cụm linh kiện bất kỳ tạo thành, kết hợp hoặc được thiết kế để kết hợp với bộ phát laser hoặc hệ thống laser.

3.49

Bức xạ laser (laser radiation)

Tất cả các bức xạ điện từ do sản phẩm laser phát ra trong phạm vi từ 180 nm đến 1 mm mà được tạo ra bởi phát xạ cưỡng bức có khống chế.

3.50

Nhân viên an toàn laser (laser safety officer)

Người có hiểu biết về đánh giá và khống chế các nguy hiểm laser và có trách nhiệm giám sát sự khống chế nguy hiểm laser.

3.51**Hệ thống laser (laser system)**

Bộ phát laser kết hợp với nguồn cấp năng lượng laser tương ứng có hoặc không có các thành phần kết hợp bổ sung khác.

3.52**Điốt phát quang (light emitting diode)**

Thiết bị có lớp tiếp giáp bán dẫn p-n nhằm tạo ra bức xạ điện từ bằng cách kết hợp lại về bức xạ trong các linh kiện bán dẫn trong dải bước sóng từ 180 nm đến 1 mm.

CHÚ THÍCH 1: Bức xạ quang được tạo ra chủ yếu bởi quá trình phát xạ tự phát, mặc dù một số phát xạ cưỡng bức cũng có thể xuất hiện.

3.53**Góc giới hạn chấp nhận để đánh giá nguy hiểm quang hóa lên võng mạc (limiting angle of acceptance for evaluating retinal photochemical hazards)**

γ_{ph}

Góc trên mặt phẳng mà qua đó bức xạ được phát hiện và được sử dụng để xác định phát xạ tiếp cận được, hoặc mức phơi nhiễm cần so sánh với các giới hạn quang hóa lên võng mạc.

CHÚ THÍCH 1: Góc γ_{ph} có quan hệ với chuyển động của mắt và không phụ thuộc vào góc trường của nguồn. Nếu góc trường của nguồn lớn hơn góc giới hạn chấp nhận quy định γ_{ph} , thì góc chấp nhận γ được giới hạn ở góc γ_{ph} và nguồn được quét để phát hiện các điểm nóng. Nếu góc chấp nhận γ không bị giới hạn ở mức quy định thì nguy hiểm có thể bị đánh giá quá cao.

CHÚ THÍCH 2: Nếu góc trường của nguồn biểu kiến nhỏ hơn góc giới hạn chấp nhận quy định thì góc chấp nhận thực tế của thiết bị đo không ảnh hưởng đến giá trị đo được và không phải giới hạn, tức là có thể sử dụng góc "mờ" thông thường của bố trí đo radio chấp nhận.

CHÚ THÍCH 3: Đơn vị SI: radian.

3.54**Góc giới hạn chấp nhận để đánh giá nguy hiểm về nhiệt (limiting angle of acceptance for evaluating thermal hazards)**

γ_{th}

Góc trường lớn nhất cần sử dụng để đánh giá nguy hiểm về nhiệt lên võng mạc.

CHÚ THÍCH 1: Giá trị góc chấp nhận γ có thể thay đổi trong phạm vi từ α_{min} đến α_{max} (xem 4.3 d) và 5.4.3 b) 2)).

CHÚ THÍCH 2: Đơn vị SI: radian.

3.55**Lỗ mờ giới hạn (limiting aperture)**

Diện tích hình tròn trên đó độ rọi và phơi nhiễm bức xạ được lấy trung bình.

TCVN 12670-1:2020

3.56

Bảo dưỡng (maintenance)

Việc thực hiện các điều chỉnh hoặc các quy trình được quy định trong thông tin cho người sử dụng do nhà chế tạo cung cấp cùng với sản phẩm laser, các hoạt động này được thực hiện bởi người sử dụng nhằm mục đích đảm bảo tính năng dự kiến của sản phẩm.

CHÚ THÍCH 1: Bảo dưỡng không bao gồm vận hành hoặc bảo trì.

3.57

Góc trương lớn nhất (maximum angular subtense)

α_{\max}

Giá trị góc trương của nguồn biểu kiến mà cao hơn góc này thì các giá trị MPE và AEL không phụ thuộc vào kích thước của nguồn.

CHÚ THÍCH 1: Giá trị α_{\max} có thể thay đổi trong phạm vi từ 5 mrad đến 100 mrad tùy thuộc vào thời gian phát xạ (xem Bảng 9).

CHÚ THÍCH 2: Đơn vị SI: radian.

3.58

Đầu ra lớn nhất (maximum output)

Phát xạ lớn nhất tiếp cận được được sử dụng để xác định cấp của sản phẩm laser.

CHÚ THÍCH: Vì việc xác định phát xạ tiếp cận được bao gồm, bên cạnh các điều kiện khác, xem xét các điều kiện sự cố đơn (xem 5.1) nên đầu ra lớn nhất có thể vượt quá đầu ra cao nhất trong hoạt động bình thường.

3.59

Phơi nhiễm lớn nhất cho phép (maximum permissible exposure)

MPE

Mức bức xạ laser mà, trong các trường hợp bình thường, người có thể phơi nhiễm mà không có những ảnh hưởng bất lợi.

CHÚ THÍCH 1: Các mức MPE thể hiện mức lớn nhất mà tại đó mắt hoặc da có thể phơi nhiễm mà không bị thương ngay lập tức hoặc sau thời gian dài; các mức MPE liên quan đến bước sóng của bức xạ laser, thời gian xung hoặc thời gian phơi nhiễm, mô có nguy hiểm rủi ro và, kích thước của hình ảnh võng mạc đối với bức xạ laser nhìn thấy được và gần hồng ngoại trong dải từ 400 nm đến 1 400 nm. Các mức phơi nhiễm lớn nhất cho phép (trong phạm vi hiểu biết hiện nay) được quy định trong Phụ lục A.

CHÚ THÍCH 2: Các giá trị MPE cho trong Phụ lục A chỉ để tham khảo và được cung cấp sao cho nhà chế tạo có thể tính toán NOHD, thực hiện phân tích rủi ro và thông tin đến người sử dụng về sử dụng an toàn sản phẩm. Các giới hạn phơi nhiễm đối với mắt và da của người sử dụng ở nơi làm việc và của công chúng được quy định trong luật ở một số quốc gia. Các giới hạn phơi nhiễm quốc gia quy định trong luật này có thể khác với MPE cho trong Phụ lục A.

3.60**Sản phẩm laser y tế (medical laser product)**

Sản phẩm laser bất kỳ được thiết kế, chế tạo, dự kiến hoặc xúc tiến cho các mục đích chẩn đoán, phẫu thuật, thẩm mỹ hoặc chiếu rọi laser trị liệu vào bộ phận bất kỳ của cơ thể.

3.61**Góc trương nhỏ nhất (minimum angular subtense)**

α_{min}

Giá trị góc trương của nguồn biểu kiến mà lớn hơn góc này thì nguồn được coi là nguồn kéo dài.

CHÚ THÍCH 1: MPE và AEL không phụ thuộc vào kích thước nguồn đối với các góc trương nhỏ hơn α_{min} .

CHÚ THÍCH 2: Đơn vị SI: radian.

CHÚ THÍCH 3: $\alpha_{min} = 1,5$ mrad.

3.62**Khóa chế độ (mode-locking)**

Cơ chế hoặc hiện tượng thông thường, trong bộ cộng hưởng laser, tạo ra chuỗi các xung cực ngắn (ví dụ dưới nano giây).

CHÚ THÍCH 1: Trong khi đây có thể là một đặc trưng có cân nhắc nhưng cũng có thể xảy ra tự phát như "tự khóa chế độ". Công suất đỉnh tạo ra có thể lớn hơn đáng kể công suất trung bình.

3.63**Vị trí khắc nghiệt nhất (most restrictive position)**

Vị trí trong chùm tia nơi mà tỷ số phát xạ tiếp cận được trên AEL là lớn nhất.

CHÚ THÍCH 1: Cả phát xạ tiếp cận được và AEL có thể phụ thuộc vào vị trí của đánh giá trong chùm tia. Xem thêm 3.36.

3.64**Vùng nguy hiểm danh nghĩa cho mắt (nominal ocular hazard area)****NOHA**

Vùng trong đó độ rọi chùm tia hoặc phơi nhiễm bức xạ vượt quá phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) tương ứng đối với giác mạc, kể cả khả năng lệch hướng ngẫu nhiên của chùm tia laser.

CHÚ THÍCH: Nếu NOHD bao gồm cả khả năng quan sát thông qua hỗ trợ quang thị thuật ngữ này được gọi là "NOHA kéo dài".

3.65**Khoảng cách nguy hiểm danh nghĩa cho mắt (nominal ocular hazard distance)****NOHD**

TCVN 12670-1:2020

Khoảng cách từ lỗ mở đầu ra mà khi lớn hơn khoảng cách đó thì độ rọi chùm tia hoặc phơi nhiễm bức xạ thấp hơn phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) tương ứng.

CHÚ THÍCH: Nếu NOHD bao gồm cả khả năng quan sát thông qua hỗ trợ quang thì thuật ngữ này được gọi là "NOHD kéo dài (ENOHD)".

3.66

Vận hành (operation)

Sản phẩm laser vận hành trên toàn bộ phạm vi các chức năng dự kiến của nó.

CHÚ THÍCH: Vận hành không bao gồm bảo dưỡng hoặc bảo trì.

3.67

Giới hạn nguy hiểm quang hóa (photochemical hazard limit)

MPE hoặc AEL được dẫn ra để bảo vệ người khỏi các ảnh hưởng bất lợi về quang hóa.

CHÚ THÍCH 1: Trong dải bước sóng cực tím, giới hạn nguy hiểm quang hóa bảo vệ chống các ảnh hưởng bất lợi về quang hóa lên giác mạc và thủy tinh thể, trong khi giới hạn nguy hiểm quang học lên mắt, như xác định trong dải bước sóng từ 400 nm đến 600 nm, bảo vệ chống viêm võng mạc – một thương tích quang hóa cho mắt do phơi nhiễm với bức xạ.

3.68

Vỏ bảo vệ (protective housing)

Các phần của sản phẩm laser (kể cả sản phẩm kết hợp bộ phát laser lắp trong) được thiết kế để ngăn sự tiếp cận của người đến bức xạ laser vượt quá mức AEL quy định (thường được lắp đặt hoặc lắp ráp bởi nhà chế tạo).

CHÚ THÍCH: Xem 5.1 liên quan đến các yêu cầu thử nghiệm để đánh giá sự phù hợp của vỏ bảo vệ trong việc ngăn ngừa sự tiếp cận của người.

3.69

Thời gian xung (pulse duration)

Khoảng thời gian được đo giữa các điểm công suất nửa đỉnh trên sườn trước và sườn sau của xung.

3.70

Bộ phát laser dạng xung (pulsed laser)

Bộ phát laser phát năng lượng của nó dưới dạng xung đơn hoặc chuỗi các xung.

CHÚ THÍCH: Trong tiêu chuẩn này, thời gian xung nhỏ hơn 0,25 s.

3.71

Lượng bức xạ (radiance)

L

Đại lượng được tính theo công thức

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

trong đó

$d\Phi$ là thông lượng bức xạ phát ra bởi chùm tia sơ cấp đi qua điểm cho trước và lan truyền trong góc khối $d\Omega$ chứa hướng cho trước;

dA diện tích phần của chùm tia chứa điểm cho trước;

θ góc giữa đường vuông góc với phần của chùm tia và hướng của chùm tia đó.

CHÚ THÍCH 1: Định nghĩa này được đơn giản hóa so với định nghĩa IEC 845-01-34, đủ cho mục đích của tiêu chuẩn này. Trong trường hợp có nghi ngờ, cần tuân thủ định nghĩa IEC trên.

CHÚ THÍCH 2: Đơn vị SI: oát trên mét vuông trên radian góc khối. ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$)

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-01-34, có sửa đổi – Định nghĩa được đơn giản hóa]

3.72

Năng lượng bức xạ (radiant energy)

Q

Tích phân theo thời gian của thông lượng bức xạ Φ trong khoảng thời gian cho trước Δt .

$$Q = \int_{\Delta t} \Phi \cdot dt$$

CHÚ THÍCH: Đơn vị SI: jun (J)

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-01-27, có sửa đổi – Định nghĩa được đơn giản hóa]

3.73

Phơi nhiễm bức xạ (radiant exposure)

H

Tại một điểm trên mặt phẳng, năng lượng bức xạ tới một phần tử của mặt phẳng chia cho diện tích phần tử đó.

$$H = \frac{dQ}{dA} = \int E \cdot dt$$

CHÚ THÍCH: Đơn vị SI: jun trên mét vuông ($J \cdot m^{-2}$)

3.74

Công suất bức xạ/Thông lượng bức xạ (radiant power / radiant flux)

Φ, P

Công suất phát ra, truyền tải hoặc nhận được dưới dạng bức xạ

TCVN 12670-1:2020

$$\phi = \frac{dQ}{dt}$$

CHÚ THÍCH: Đơn vị SI: oát (W)

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-01-24]

3.75

Hệ số phản xạ (reflectance)

ρ

Tỷ số giữa công suất bức xạ phản xạ và công suất bức xạ tới trong các điều kiện cho trước.

CHÚ THÍCH: Đơn vị SI: Tỷ số không có thứ nguyên.

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-04-58, có sửa đổi để đề cập đến công suất bức xạ thay cho thông lượng bức xạ.]

3.76

Bộ nối khóa liên động từ xa (remote interlock connector)

Bộ nối cho phép đấu nối các cơ cấu điều khiển bên ngoài đặt xa các phần khác của sản phẩm laser.

CHÚ THÍCH: Xem 6.4.

3.77

Khóa liên động an toàn (safety interlock)

Cơ cấu tự động kết hợp với từng ngăn của vỏ bảo vệ của sản phẩm laser để ngăn ngừa tiếp cận của người đến bức xạ laser Cấp 3R, Cấp 3B hoặc Cấp 4 khi ngăn đó được tháo ra, mở ra hoặc thay thế.

CHÚ THÍCH: Xem 6.3.

3.78

Quét bức xạ laser (scanning laser radiation)

Bức xạ laser có hướng, điểm bắt nguồn hoặc dạng lan truyền thay đổi theo thời gian so với khung tham chiếu tĩnh tại.

3.79

Bảo trì (service)

Việc thực hiện các quy trình hoặc điều chỉnh được mô tả trong hướng dẫn bảo trì của nhà chế tạo mà có thể ảnh hưởng đến khía cạnh bất kỳ trong tính năng của sản phẩm.

CHÚ THÍCH: Bảo trì không bao gồm bảo dưỡng và vận hành.

3.80

Panel bảo trì (service panel)

Panel tiếp cận được thiết kế để tháo ra hoặc thay thế khi bảo trì.

3.81

Điều kiện sự cố đơn (single fault condition)

Sự cố đơn bất kỳ có thể xảy ra trong sản phẩm và các hậu quả trực tiếp của sự cố đó.

3.82

Nguồn nhỏ (small source)

Nguồn có góc trường α nhỏ hơn hoặc bằng góc trường nhỏ nhất α_{\min} .

3.83

Phản xạ gương (specular reflection)

Phản xạ từ bề mặt có thể quan sát chùm tia (xem 3.11) kể cả các phản xạ từ các bề mặt đối xứng gương.

CHÚ THÍCH: Định nghĩa này nhằm thừa nhận rằng một số bề mặt phản xạ, ví dụ bộ phản xạ parabol, có thể làm tăng nguy hiểm từ chùm tia tới.

3.84

Giới hạn nguy hiểm về nhiệt (thermal hazard limit)

MPE hoặc AEL được tính toán để bảo vệ con người khỏi các ảnh hưởng bất lợi về nhiệt, khác với thương tích về quang hóa.

3.85

Gốc thời gian (time base)

Thời gian phát xạ cần xem xét để phân loại các sản phẩm laser.

CHÚ THÍCH: Xem 4.3 e).

3.86

Dụng cụ (tool)

Tuốc nơ vít, chìa khóa lục giác hoặc đồ vật khác có thể sử dụng để thao tác vít hoặc phương tiện cố định tương tự.

3.87

Hệ số truyền (transmittance)

τ

Tỷ số giữa thông lượng bức xạ truyền đi và thông lượng bức xạ tới trong các điều kiện cho trước.

CHÚ THÍCH: Đơn vị SI: tỷ số không có thứ nguyên.

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-04-59, có sửa đổi]

3.88

Mật độ truyền (transmittance density)

Mật độ quang (optical density)

TCVN 12670-1:2020

D

Logarit cơ số 10 của nghịch đảo hệ số truyền τ .

$$D = -\log_{10}\tau$$

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-04-66]

3.89

Bức xạ nhìn thấy được (visible radiation)

Ánh sáng (light)

Bức xạ quang bất kỳ có khả năng gây ra cảm nhận của mắt một cách trực tiếp.

CHÚ THÍCH: Trong tiêu chuẩn này, bức xạ nhìn thấy là bức xạ điện từ có các bước sóng của các thành phần một màu nằm trong dải từ 400 nm đến 700 nm.

[NGUỒN: IEC 60050-845:1987, 845-01-03, có sửa đổi – chú thích trong định nghĩa ban đầu được thay bằng chú thích hiện tại]

3.90

Vật cần gia công (workpiece)

Vật được thiết kế để gia công bằng bức xạ laser.

4 Nguyên tắc phân loại

4.1 Quy định chung

Phân loại sản phẩm laser dựa trên việc xác định mức bức xạ tiếp cận được (được xác định theo quy tắc quy định trong Điều 5) và so sánh với mức đó với giới hạn phát xạ tiếp cận được (AEL) kết hợp với từng cấp. Đối với Cấp 1, Cấp 1M, Cấp 2, Cấp 2M và Cấp 3R, có thể cần có các phép đo bổ sung để xác định xem có cần các cảnh báo bổ sung hay không (xem Điều 7). Các quy tắc cụ thể áp dụng để phân loại sản phẩm (ví dụ đối với Cấp 1C, xem 5.3 b) và 4.4 đối với một số sản phẩm nguồn kéo dài bức xạ).

Do bước sóng có thể thay đổi trong phạm vi rộng, thành phần năng lượng và đặc tính xung của chùm tia laser, các nguy hiểm tiềm ẩn có thể xuất hiện trong ứng dụng đa dạng của nó. Không thể xem bộ phát laser như một nhóm duy nhất để có thể áp dụng các mức an toàn như nhau. Phụ lục C mô tả các nguy hiểm kết hợp với các nhóm và các giới hạn có thể có (ví dụ khi có thể xuất hiện từ việc quan sát có hỗ trợ quang) một cách chi tiết hơn.

4.2 Trách nhiệm phân loại

Nhà chế tạo có trách nhiệm cung cấp phân loại đúng của sản phẩm laser. (Tuy nhiên, xem thêm 6.1).

4.3 Quy tắc phân loại

Sản phẩm phải được phân loại dựa trên cơ sở kết hợp (các) công suất ra và (các) bước sóng của phát xạ tiếp cận được (bức xạ laser) trên toàn dải khả năng trong quá trình hoạt động tại thời điểm bất kỳ sau

khi chế tạo mà tạo ra sự phân bố cho cấp thích hợp cao nhất. Đánh giá phải bao gồm việc xem xét điều kiện sự cố đơn dự đoán được một cách hợp lý bất kỳ trong quá trình hoạt động (xem 5.1 liên quan đến việc áp dụng các nguyên tắc phân tích rủi ro để xác định sự cố đơn nào là có thể dự đoán được một cách hợp lý).

Sản phẩm laser chỉ có thể được ấn định một cấp cụ thể khi nó đáp ứng tất cả các yêu cầu trong tiêu chuẩn này đối với cấp đó; ví dụ các cơ cấu điều khiển, ghi nhãn và thông tin cho người sử dụng.

Đối với các sản phẩm laser phát các chùm tia laser CW có một bước sóng duy nhất mà trực chuẩn hoặc được giả thiết là từ nguồn nhỏ, thì quy trình phân loại có thể được đơn giản hóa và cần xét các hạng mục sau:

4.3 b), 4.3 c), 4.3 d), 4.3 f).

Với mục đích của nguyên tắc phân loại, phải sử dụng các thứ bậc của các cấp (theo thứ tự tăng dần về nguy hiểm cho mắt) như sau: Cấp 1, Cấp 1C, Cấp 1M, Cấp 2, Cấp 2M, Cấp 3R, Cấp 3B, Cấp 4.

CHÚ THÍCH 1: Cấp 1C được xem là không nguy hiểm cho mắt (tương tự Cấp 1), nhưng có thể có nguy hiểm cho da nếu sử dụng không thích hợp (xem thêm 5.3 b)).

CHÚ THÍCH 2: Để phân loại sản phẩm laser là Cấp 1M hoặc Cấp 2M, việc sử dụng lỗ mờ quy định như Điều kiện 3 sẽ giới hạn lượng bức xạ thu được bởi đồng tử của mắt từ các chùm tia có đường kính lớn. Khi được đo trong Điều kiện 1, các sản phẩm Cấp 1M và Cấp 2M có thể có năng lượng lớn hơn hoặc mức công suất lớn hơn AEL của Cấp 2 hoặc Cấp 3R. Đối với các sản phẩm laser như vậy, phân loại 1M hoặc 2M là thích hợp.

Các giới hạn phát xạ tiếp cận được (AEL) đối với Cấp 1 và 1M, Cấp 2 và 2M, Cấp 3R và Cấp 3B được cho trong các bảng từ Bảng 3 đến Bảng 8. Các giá trị của hệ số hiệu chỉnh được sử dụng được cho trong Bảng 9 là các hàm của bước sóng, thời gian phát xạ, số lượng xung và góc tương.

a) Bức xạ một bước sóng

Sản phẩm laser một bước sóng, có dải phổ của phát xạ đủ hẹp sao cho các AEL không thay đổi, được ấn định cho một cấp khi bức xạ laser tiếp cận được, được đo trong các điều kiện thích hợp với cấp đó, vượt quá AEL của tất cả các cấp thấp hơn nhưng không vượt quá cấp được ấn định đó.

b) Bức xạ nhiều bước sóng

1) Sản phẩm laser phát ra hai hoặc nhiều bước sóng trong các vùng phổ được thể hiện là sự cộng dồn đối với mắt trong Bảng 1 được ấn định cho một cấp khi tổng các tỷ số của bức xạ laser tiếp cận được (được đo trong các điều kiện thích hợp với cấp đó) với các AEL của các bước sóng đó lớn hơn một đơn vị đối với tất cả các cấp thấp hơn nhưng không vượt quá một đơn vị đối với cấp được ấn định. Quy tắc này cũng áp dụng cho bức xạ không laser trùng khớp trên võng mạc đối với các bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm hoặc trùng khớp trên nắp che lỗ mờ đối với các dải bước sóng khác. Do đó, bức xạ không laser phải được xét đến đối với phân loại theo tiêu chuẩn này.

TCVN 12670-1:2020

2) Sản phẩm laser phát ra hai hoặc nhiều bước sóng không thể hiện là sự cộng dồn đối với mắt trong Bảng 1 được ấn định cho một cấp khi bức xạ laser tiếp cận được, được đo trong các điều kiện thích hợp với cấp đó, vượt quá AEL của tất cả các cấp thấp hơn đối với tối thiểu một bước sóng nhưng không vượt quá AEL đối với cấp được ấn định đối với bước sóng bất kỳ.

Bảng 1 – Sự cộng dồn các ảnh hưởng lên mắt và da của bức xạ trong các vùng phổ khác nhau ^c

Vùng phổ ^a	UV-C và UV-B	UV-A	Nhìn thấy và IR-A	IR-B và IR-C
	180 nm đến 315 nm	315 nm đến 400 nm	400 nm đến 1 400 nm	1 400 nm đến 10 ⁶ nm
UV-C và UV-B 180 nm – 315 nm	o s			
UV-A 315 nm – 400 nm		o s	s	o s
Nhìn thấy và IR-A 400 nm – 1 400 nm		s	o ^b s	s
IR-B và IR-C 1 400 nm – 10 ⁶ nm		o s	s	o s

o Mắt
s Da

^a Đối với các định nghĩa của vùng phổ, xem Bảng D.1.

^b Trong trường hợp AEL và MPE cho mắt được đánh giá đối với các góc thời gian hoặc thời gian phơi nhiễm là 1 s hoặc lâu hơn thì các ảnh hưởng quang hóa bổ sung (400 nm đến 600 nm) và các ảnh hưởng nhiệt bổ sung (400 nm đến 1 400 nm) phải được đánh giá một cách độc lập và sử dụng giá trị khắc nghiệt nhất.

^c Để xác định AEL, chỉ áp dụng các quy tắc bổ sung đối với mắt.

c) Bức xạ từ các nguồn kéo dài

Nguy hiểm cho mắt từ các nguồn laser trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm phụ thuộc vào góc trương của nguồn biểu kiến α . Sự phụ thuộc này được biểu thị trong các giá trị AEL bằng hệ số C_6 (xem Bảng 9), cũng như trong các quy tắc xác định phát xạ tiếp cận được với góc chấp nhận quy định.

CHÚ THÍCH 3: Một nguồn được coi là nguồn kéo dài khi góc trương của nguồn lớn hơn α_{min} , trong đó $\alpha_{min} = 1,5$ mrad. Hầu hết các nguồn laser có góc trương α nhỏ hơn α_{min} , và xuất hiện như một "nguồn điểm" biểu kiến (nguồn nhỏ) khi được nhìn từ trong chùm tia (quan sát trong phạm vi chùm tia). Thực vậy, một chùm tia laser hình tròn không thể chuẩn trực với sự phân kỳ nhỏ hơn 1,5 mrad nếu nó là nguồn kéo dài, do đó bộ phát laser bất kỳ khi quy định sự phân kỳ chùm tia là 1,5 mrad hoặc nhỏ hơn không thể được coi là nguồn kéo dài. Đối với nguồn nhỏ, α được đặt đến $\alpha_{min} = 1,5$ mrad và $C_6 = 1$.

CHÚ THÍCH 4: Để đánh giá nguy hiểm về nhiệt lên võng mạc (400 nm đến 1 400 nm), AEL đối với các nguồn kéo dài thay đổi trực tiếp theo góc trương của nguồn. Để đánh giá nguy hiểm về quang hóa lên võng mạc (400 nm đến 600 nm), đối với các phơi nhiễm lâu hơn 1 s, các AEL không thay đổi trực tiếp theo góc trương của nguồn. Tùy

thuộc vào khoảng thời gian phát xạ (xem 5.4.3 b)1), góc chấp nhận giới hạn γ_{ph} bằng 11 mrad hoặc lớn hơn được sử dụng để đo liên quan đến nguy hiểm quang hóa, và quan hệ của góc chấp nhận giới hạn γ_{ph} với góc trương α của nguồn biểu kiến có thể ảnh hưởng đến kết quả đo.

CHÚ THÍCH 5: Đối với điều kiện mặc định trong đó $C_6 = 1$, Bảng 3 đơn giản hóa cung cấp AEL Cấp 1, 1M và Bảng 6 đơn giản hóa cung cấp AEL Cấp 3R.

Đối với các nguồn trương một góc nhỏ hơn hoặc bằng α_{min} , AEL và MPE không phụ thuộc vào góc trương của nguồn biểu kiến α .

Để phân loại các sản phẩm laser ở vị trí hạn chế nhất trong trường hợp áp dụng Điều kiện 1 (xem 5.4.3), cho phép áp dụng phóng đại 7 lần của góc trương α của nguồn biểu kiến để xác định C_6 , tức là $C_6 = 7 \times \alpha/\alpha_{min}$. Biểu thức $(7 \times \alpha)$ phải được giới hạn đến α_{max} trước khi tính C_6 . Phải sử dụng giá trị $7 \times \alpha$ của α để xác định T_2 của Bảng 9.

CHÚ THÍCH 6: Đối với các trường hợp khi $\alpha < 1,5$ mrad nhưng $7 \times \alpha > 1,5$ mrad thì áp dụng các giới hạn đối với $\alpha > 1,5$ mrad của Bảng 4 và Bảng 7.

d) Nguồn biểu kiến không đồng nhất, không tròn hoặc nhiều nguồn

Để so sánh với các giới hạn vĩnh mặc về nhiệt, nếu

- dài bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm; và
- AEL phụ thuộc vào C_6 .

và nếu:

- hình ảnh của nguồn biểu kiến không có biên dạng chiếu rọi đồng nhất¹; hoặc
- hình ảnh của nguồn biểu kiến gồm nhiều điểm,

thì các phép đo hoặc đánh giá phải được thực hiện đối với từng kích bản sau:

- đối với từng điểm đơn lẻ; và
- đối với cụm các điểm khác nhau; và
- đối với các vùng từng phần.

Điều này là cần thiết để đảm bảo rằng AEL không bị vượt quá đối với từng góc trương α có thể có trong từng kích bản. Để đánh giá các cụm điểm hoặc các vùng từng phần, góc chấp nhận γ được thay đổi trong từng kích thước trong khoảng từ α_{min} đến α_{max} , tức là $\alpha_{min} < \gamma < \alpha_{max}$, để xác định phát xạ tiếp cận được từng phần kết hợp với kích bản tương ứng. Để so sánh các mức phát xạ từng phần tiếp cận được

¹ Đối với biên dạng chùm tia Gauss (như được tạo ra bởi chùm tia TEM₀₀), góc trương có thể được xác định với đường kính d_{63} (tương tự với định nghĩa đường kính chùm tia, xem 3.13) và phân tích các vùng từng phần là không cần thiết.

TCVN 12670-1:2020

với AEL tương ứng thì giá trị α được đặt bằng góc tương kết hợp với hình ảnh từng phần của nguồn biểu kiến.

Phân loại dựa trên tương hợp mà tỷ số nằm giữa:

- phát xạ tiếp cận từng phần trong vùng từng phần với góc tương α của vùng đó; và
- AEL tương ứng

là lớn nhất.

Góc tương của nguồn chữ nhật hoặc nguồn tuyến tính được xác định bằng giá trị trung bình số học của hai kích thước góc của nguồn. Kích thước góc bất kỳ lớn hơn α_{\max} hoặc nhỏ hơn α_{\min} phải được giới hạn ở α_{\max} hoặc α_{\min} tương ứng, trước khi tính trung bình.

Để xác định góc tương của nguồn không tròn được phóng đại trong Điều kiện 1, độ phóng đại 7 lần trong điểm c) cần được áp dụng độc lập đối với từng trục trước khi xác định giá trị trung bình số học.

Các giới hạn quang hóa (400 nm đến 600 nm) không phụ thuộc vào góc tương của nguồn, và nguồn được phân tích với góc chấp nhận giới hạn quy định trong 5.4.3 b). Đối với các nguồn lớn hơn góc chấp nhận giới hạn, phát xạ tiếp cận được phải được xác định đối với nguồn biểu kiến từng phần tạo ra giá trị phát xạ lớn nhất.

e) Góc thời gian

Các góc thời gian dưới đây được sử dụng trong tiêu chuẩn này để phân loại:

- 1) 0,25 s đối với bức xạ laser Cấp 2, Cấp 2M và Cấp 3R trong dải bước sóng từ 400 nm đến 700 nm;
- 2) 100 s đối với bức xạ laser của tất cả các bước sóng lớn hơn 400 nm ngoại trừ các trường hợp liệt kê trong điểm 1) và 3);
- 3) 30 000 s đối với bức xạ laser của tất cả các bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng 400 nm và đối với bức xạ laser có các bước sóng lớn hơn 400 nm trong trường hợp việc quan sát dài hạn có chủ ý là cố hữu trong thiết kế hoặc hoạt động của sản phẩm laser.

Mỗi khoảng thời gian phát xạ có thể có trong phạm vi góc thời gian phải được xem xét khi xác định phân loại của sản phẩm. Điều này có nghĩa là mức phát xạ của một xung đơn lẻ phải được so sánh với AEL áp dụng cho khoảng thời gian xung, v.v. Sẽ là không đủ nếu chỉ xác định giá trị trung bình mức phát xạ trong khoảng thời gian phân loại của góc thời gian hoặc để thực hiện đánh giá giá trị của góc thời gian mà không xét đến các khoảng thời gian phát xạ ngắn hơn.

CHÚ THÍCH 7: Đối với sản phẩm laser phát xạ nhiều bước sóng có phát xạ đồng thời hoặc phát xạ chòem lên nhau trong không gian trong phần phổ ánh sáng nhìn thấy và không nhìn thấy, trường hợp phát xạ được đánh giá là phần bổ sung (xem Bảng 1), và trong trường hợp phần nhìn thấy trên bản thân nó có thể phân loại là Cấp 2 hoặc 2M hoặc 3R và phần không nhìn thấy được phân loại là Cấp 1 hoặc Cấp 1M, thì góc thời gian để đánh giá phát xạ không nhìn thấy có thể là 0,25 s.

f) Laser dạng xung hoặc điều biến liên tục

Phải sử dụng các phương pháp dưới đây để xác định cấp của sản phẩm laser cần áp dụng cho các phát xạ dạng xung hoặc phát xạ điều biến liên tục.

Như một yêu cầu chung, phát xạ tiếp cận được của nhóm xung bất kỳ (hoặc nhóm các xung trong một chuỗi) được phát ra trong thời gian cho trước bất kỳ không được vượt quá AEL đối với thời gian cho trước đó (xem thêm 4.3 e) liên quan đến việc xem xét từng khoảng thời gian phát xạ có thể có).

Đối với tất cả các bước sóng, phải đánh giá các yêu cầu 1) và 2). Ngoài ra, đối với các bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm, yêu cầu 3) cũng phải được đánh giá để so sánh với các giới hạn nhiệt. Yêu cầu 3) không cần đánh giá để so sánh với các giới hạn về quang hóa cũng như xác định AEL của Cấp 3B.

Cấp (xem Bảng 3 đến Bảng 8) được xác định bằng cách áp dụng trường hợp hạn chế nhất trong 1), 2), và 3) nếu thuộc đối tượng áp dụng.

1) Phơi nhiễm từ một xung đơn bất kỳ trong chuỗi xung không được vượt quá AEL đối với xung đơn (AEL_{single}). Để xác định phát xạ tiếp cận được đối với nguồn kéo dài, thời gian xung được sử dụng để xác định α_{max} và góc chấp nhận γ_{th} (xem 5.4.3 b) và Bảng 9).

2) Công suất trung bình đối với chuỗi xung có khoảng thời gian phát xạ T không được vượt quá công suất tương ứng với AEL đối với xung đơn có thời gian xung T (AEL_T). Để xác định phát xạ chấp nhận được đối với nguồn kéo dài, thời gian phát xạ T được sử dụng để xác định α_{max} và góc chấp nhận γ_{th} (xem 5.4.3 b) và Bảng 9).

Đối với các dạng xung không bình thường (kể cả các năng lượng xung thay đổi), T phải được thay đổi trong khoảng từ T_1 (xem Bảng 2) đến gốc thời gian. Đối với các dạng xung thông thường, chỉ cần lấy trung bình trên gốc thời gian là đủ (T được đặt bằng gốc thời gian).

CHÚ THÍCH 8: Khi so sánh AEL_T với AEL_{single} hoặc $AEL_{s,p,train}$ để xác định xem tiêu chí nào là hạn chế nhất, AEL_T được thể hiện là năng lượng hoặc phơi nhiễm bức xạ và được chia cho N và gọi là $AEL_{s,p,T}$.

3) Năng lượng trên mỗi xung không được vượt quá AEL đối với xung đơn nhân với hệ số hiệu chỉnh C_5 .

$$AEL_{s,p,train} = AEL_{single} \times C_5$$

trong đó

$AEL_{s,p,train}$ là AEL đối với xung đơn trong chuỗi xung;

AEL_{single} là AEL đối với xung đơn (Bảng 3 đến Bảng 8);

N số lượng xung hiệu quả trong chuỗi xung trong khoảng thời gian phát xạ được đánh giá (khi các xung xuất hiện trong khoảng thời gian T_1 (xem Bảng 2), N nhỏ hơn số xung thực tế, xem dưới đây). Khoảng thời gian phát xạ lớn nhất cần xét là T_2 (xem Bảng 9) hoặc gốc thời gian áp dụng được, chọn khoảng thời gian nào ngắn hơn.

TCVN 12670-1:2020

C_5 chỉ áp dụng đối với các khoảng thời gian xung đơn lẻ bằng hoặc ngắn hơn 0,25 s.

Nếu thời gian xung $t \leq T_1$ thì:

Đối với gốc thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 0,25 s, $C_5 = 1,0$

Đối với gốc thời gian lớn hơn 0,25 s

Nếu $N \leq 600$ $C_5 = 1,0$

Nếu $N > 600$ $C_5 = 5 N^{-0,25}$ với giá trị nhỏ nhất $C_5 = 0,4$.

Nếu thời gian xung $t > T_1$ thì:

Đối với $\alpha \leq 5$ mrad:

$C_5 = 1,0$

Đối với $5 \text{ mrad} < \alpha \leq \alpha_{\max}$:

$C_5 = N^{-0,25}$ đối với $N \leq 40$

$C_5 = 0,4$ đối với $N > 40$

Đối với $\alpha > \alpha_{\max}$:

$C_5 = N^{-0,25}$ đối với $N \leq 625$

$C_5 = 0,2$ đối với $N > 625$

Trừ khi $\alpha > 100$ mrad, khi đó $C_5 = 1,0$ trong tất cả các trường hợp.

Nếu nhiều xung xuất hiện trong khoảng thời gian T_1 (xem Bảng 2), chúng được tính là xung đơn để xác định N và năng lượng của các xung đơn lẻ này được cộng lại để so sánh với AEL của T_1 .

Trong một số trường hợp, giá trị tính được đối với $AEL_{s,p,train}$ có thể thấp hơn AEL áp dụng cho hoạt động CW tại công suất đỉnh như nhau bằng cách sử dụng cùng gốc thời gian. Trong các trường hợp này, cho phép sử dụng AEL đối với hoạt động CW.

Bảng 2 – Thời gian mà dưới giá trị đó các nhóm xung sẽ được cộng lại

Bước sóng nm	T_1 s
$400 \leq \lambda < 1\ 050$	5×10^{-6}
$1\ 050 \leq \lambda < 1\ 400$	13×10^{-6}
$1\ 400 \leq \lambda < 1\ 500$	10^{-3}
$1\ 500 \leq \lambda < 1\ 800$	10
$1\ 800 \leq \lambda < 2\ 600$	10^{-3}
$2\ 600 \leq \lambda \leq 10^6$	10^{-7}

CHÚ THÍCH 9: Ví dụ về các tính toán được cho trong Phụ lục B.

4.4 Sản phẩm laser được thiết kế làm bóng đèn thông thường

Đối với các sản phẩm laser, ngoại trừ đồ chơi, được thiết kế để hoạt động như các bóng đèn thông thường và phát ra bức xạ nhìn thấy và bức xạ quang gần hồng ngoại (400 nm đến 1 400 nm) từ các nguồn kéo dài có góc trường α lớn hơn 5 mrad ở khoảng cách 200 mm, và có tổng các mức bức xạ đỉnh không trọng số (từ 400 nm đến 1 400 nm) được lấy trung bình với góc chấp nhận 5 mrad không vượt quá L_T khi hoạt động và điều kiện sự cố đơn dự đoán được một cách hợp lý, trong đó

$$L_T = (1 \text{ MW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1})/\alpha$$

Phát xạ có thể được đánh giá theo cách khác trong bộ tiêu chuẩn IEC 62471 (An toàn quang sinh học của bóng đèn và hệ thống bóng đèn). Để tính L_T , góc trường α được thể hiện bằng radian và được xác định ở khoảng cách 200 mm tính từ điểm gần nhất mà người tiếp cận. Giá trị α trong biểu thức L_T được giới hạn ở các giá trị giữa 0,005 rad và 0,1 rad sao cho đối với các nguồn trường một góc 0,005 rad, tiêu chí bức xạ áp dụng được bằng $200 \text{ MW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$, và đối với các nguồn lớn hơn 0,1 rad, tiêu chí áp dụng được bằng $10 \text{ MW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$.

CHÚ THÍCH 1: Các giá trị bức xạ nêu trên không phải là các giới hạn phơi nhiễm hoặc các giới hạn phát xạ mà là các tiêu chí để thiết lập khi bức xạ phát có thể được đánh giá theo bộ tiêu chuẩn IEC 62471.

CHÚ THÍCH 2: Bức xạ quang không nằm trong phân loại laser có thể là đơn sắc.

Sản phẩm như vậy cần phù hợp với và được phân loại theo tiêu chuẩn này ngoại trừ phát xạ bức xạ quang mô tả ở trên trong hoạt động bình thường và các điều kiện sự cố đơn dự đoán được một cách hợp lý không nhất thiết cần được xét đến khi phân loại (tức là phát xạ bức xạ quang mô tả ở trên trong hoạt động bình thường không được coi là bức xạ laser tiếp cận được). Sản phẩm này phải phù hợp với các yêu cầu của tiêu chuẩn này đối với bức xạ laser tiếp cận được trong quá trình bảo dưỡng hoặc bảo trì.

CHÚ THÍCH 3: Nếu không có bức xạ laser tiếp cận được từ sản phẩm như vậy trong khi hoạt động, khác với mô tả như trên được đánh giá theo IEC 62471, nó cần được coi là sản phẩm laser Cấp 1.

Các sản phẩm này phải được ấn định là nhóm rủi ro theo bộ tiêu chuẩn IEC 62471 và phải chứa nhãn nêu nhóm rủi ro này cũng như phân loại sản phẩm laser (kể cả Cấp 1 nếu thuộc đối tượng áp dụng) và các cảnh báo có thể có.

Phát xạ laser tiếp cận được có các bước sóng thấp hơn 400 nm hoặc cao hơn 1 400 nm được coi là phân loại sản phẩm theo tiêu chuẩn này.

5 Xác định mức phát xạ tiếp cận được và phân loại sản phẩm

5.1 Các thử nghiệm

Các thử nghiệm phải tính đến tất cả các sai lỗi và độ không đảm bảo đo theo thống kê trong quá trình đo và việc tăng phát xạ, giảm an toàn bức xạ theo tuổi thọ. Các yêu cầu cụ thể của người sử dụng có thể yêu cầu các thử nghiệm bổ sung. Đối với hướng dẫn bổ sung về các phép đo, xem IEC/TR 60825-13.

TCVN 12670-1:2020

Các thử nghiệm trong khi hoạt động phải được sử dụng để xác định phân loại của sản phẩm. Các thử nghiệm trong vận hành, bảo dưỡng và bảo trì cũng phải được sử dụng khi thích hợp để xác định các yêu cầu đối với khóa liên động an toàn, nhãn và thông tin cho người sử dụng. Các thử nghiệm nêu trên phải được thực hiện trong từng và với mỗi điều kiện sự cố đơn có thể dự đoán được một cách hợp lý. Tuy nhiên, nếu phát xạ được giảm đến mức thấp hơn AEL bằng cách tự động giảm trong khoảng thời gian mà không thể dự đoán được một cách hợp lý sự tiếp cận của con người thì các sự cố như vậy không nhất thiết cần được xét đến. Độ tin cậy yêu cầu của việc tự động giảm mức phát xạ để nằm trong cấp cho trước có thể được đánh giá trên các nguyên tắc phân tích rủi ro, ví dụ như mô tả trong IEC 61508 trong trường hợp quy định mức liên mạch an toàn (SIL). Ngoài ra, để quy định các mức SIL, thời gian phản ứng với sự cố cũng cần được xác định đối với thiết kế việc tự động giảm; thời gian phản ứng mục tiêu cũng có thể dựa trên rủi ro. Không yêu cầu phân tích đầy đủ theo IEC 61508 hoặc áp dụng IEC 61508.

Phân tích rủi ro có thể được sử dụng để xác định các điều kiện sự cố đơn có thể dự đoán một cách hợp lý. Để xác định xem điều kiện sự cố đơn có được coi là có thể dự đoán được một cách hợp lý hay không, cả xác suất (tần suất) sự cố cũng như rủi ro bị thương (xác suất phơi nhiễm đến mức có thể gây thương tích và độ khắc nghiệt của thương tích) cần được xem xét. Rủi ro gây thương tích do sự cố cho trước càng thấp thì sự cố (có thể gây ra mức phát xạ cho trước) càng có thể chấp nhận được và không cần xét đến khi phân loại thiết bị. Phương thức phân tích chấp nhận được của xác suất và rủi ro liên quan đến hư hỏng là FMEA (phương thức hỏng và phân tích hậu quả), và các quy trình được mô tả trong IEC 61508.

CHÚ THÍCH 1: Tự động giảm bao gồm việc hạn chế phát xạ về vật lý như hỏng linh kiện hoặc hệ thống về điều kiện an toàn; Nó không bao gồm việc giảm hoặc kết thúc phát xạ một cách thủ công.

CHÚ THÍCH 2: Ví dụ, tấm bảo vệ an toàn khi quét có thể không phản ứng đủ nhanh để ngăn phát xạ cao hơn AEL trong điều kiện sự cố; tuy nhiên, điều này có thể được chấp nhận dựa trên các kết quả phân tích rủi ro.

CHÚ THÍCH 3: Phân loại được xác định trong khi vận hành và các hạn chế về bảo dưỡng khi đó phụ thuộc vào phân loại của thiết bị.

CHÚ THÍCH 4: Các điều kiện sự cố đơn có thể được đánh giá bằng các phương pháp với điều kiện không đưa thêm sự cố cho thử nghiệm.

Khi đánh giá tính thích hợp của vỏ bảo vệ để ngăn sự tiếp cận của người đến mức năng lượng tương đương Cấp 4, phải xem xét các trường hợp sự cố đơn đối với những thay đổi về hướng của chùm tia có thể dự đoán được một cách hợp lý. Việc phân tích phải xét xem trường hợp sự cố đơn có gây ra đủ năng lượng làm suy giảm hoặc phá hủy vỏ bảo vệ hay không. Ví dụ, khi trong quá trình vận hành hoặc điều kiện sự cố đơn, việc đưa vào các cơ cấu tự động hoặc cơ cấu khác để thao tác chùm tia, hoặc việc sử dụng thiết bị quang học hoặc các vật cản gia công có thể làm năng lượng hướng trực tiếp lên các bề mặt của vỏ bảo vệ, thì phải xảy ra một trong các trường hợp dưới đây:

- sự cố đơn phải được triệt tiêu bằng các biện pháp kỹ thuật; hoặc

- vật liệu của vỏ bảo vệ phải chịu được năng lượng mà không bị suy giảm đặc tính bảo vệ đủ để cho phép phơi nhiễm với năng lượng laser nguy hiểm; hoặc
- sự cố phải được phát hiện và việc phát bức xạ laser qua vỏ bảo vệ phải được ngăn ngừa trước khi xảy ra sự suy giảm đặc tính.

Thời gian đánh giá vỏ bảo vệ nhỏ hơn 30 000 s như quy định trong IEC 60825-4 không áp dụng cho phân loại sản phẩm.

CHÚ THÍCH 5: Điều này là do cấp phân loại được xác định mà không xét đến sự can thiệp của con người (xem 6.2.1) và, do đó, không xét đến việc người sử dụng kiểm tra vỏ bảo vệ.

CHÚ THÍCH 6: Việc đánh giá vỏ bảo vệ có xét đến việc người sử dụng kiểm tra hoặc can thiệp có thể được sử dụng để thiết lập các mức an toàn, hoặc để phát hiện sự suy giảm dự kiến về chất lượng của vỏ bảo vệ mà gây ra do các trường hợp nhiễu sự cố hoặc các trường hợp sự cố không thể dự đoán được một cách hợp lý, không phụ thuộc vào phân loại của sản phẩm.

Máy khuếch đại quang phải được phân loại bằng cách sử dụng công suất hoặc năng lượng đầu ra tổng lớn nhất tiếp cận được mà có thể bao gồm cả công suất hoặc năng lượng đầu vào danh định lớn nhất. Trong các trường hợp khi không có giới hạn về công suất hoặc năng lượng đầu ra một cách rõ ràng thì cần sử dụng công suất hoặc năng lượng lớn nhất được đưa vào bởi máy khuếch đại cộng với công suất hoặc năng lượng tín hiệu đầu vào cần thiết để đạt được điều kiện đó.

Chấp nhận các thử nghiệm và quy trình tương đương với thử nghiệm và quy trình được quy định trong Điều 5.

5.2 Đo bức xạ laser

Việc đo các mức bức xạ laser có thể cần thiết để phân loại sản phẩm laser theo 5.1. Các phép đo không cần thiết khi các đặc tính vật lý và các giới hạn của nguồn laser đã xác định sản phẩm laser hoặc hệ thống lắp đặt laser một cách rõ ràng theo cấp cụ thể (tuy nhiên, cần xét đến các nguyên tắc cho trong a) đến f)).

Các phép đo bắt kỳ phải được thực hiện trong các điều kiện và quy trình sau đây.

- a) Điều kiện và quy trình tối đa hóa các mức phát xạ tiếp cận được bao gồm khởi động, phát xạ ổn định và tắt sản phẩm laser.
- b) Với tất cả các cơ cấu điều khiển và cài đặt được nêu trong hướng dẫn vận hành, bảo dưỡng và bảo trì được điều chỉnh một cách kết hợp để tạo ra mức tiếp cận bức xạ lớn nhất. Các phép đo cũng được yêu cầu sử dụng các phụ kiện mà có thể làm tăng nguy hiểm bức xạ (ví dụ thiết bị quang chuẩn trực) được cung cấp hoặc giới thiệu bởi nhà chế tạo để sử dụng với sản phẩm và có thể được thêm vào hoặc tháo ra mà không cần sử dụng dụng cụ.

CHÚ THÍCH: Điều này bao gồm cấu hình bất kỳ của sản phẩm mà có thể có được mà không cần sử dụng dụng cụ hoặc làm mất hiệu lực khóa liên động, kể cả các cấu hình và cài đặt mà các hướng dẫn vận hành

TCVN 12670-1:2020

và bảo dưỡng có cảnh báo. Ví dụ, khi các phần tử quang như bộ lọc, bộ khuếch tán hoặc thấu kính trong tuyến quang của chùm tia laser có thể tháo ra mà không cần sử dụng dụng cụ thì sản phẩm này phải được thử nghiệm theo cấu hình nào tạo mức nguy hiểm lớn nhất. Hướng dẫn của nhà chế tạo không được tháo các phần tử quang không thể đánh giá phân loại là cấp thấp hơn. Phân loại được dựa trên thiết kế của sản phẩm mà không thể dựa trên đáp ứng thích hợp của người sử dụng.

- c) Đối với sản phẩm laser không phải loại hệ thống laser, với bộ phát laser được ghép với kiểu nguồn năng lượng laser được nhà chế tạo sản phẩm laser quy định là tương thích và tạo ra phát bức xạ laser tiếp cận được lớn nhất từ sản phẩm.
- d) Tại các điểm trong không gian mà người có thể tiếp cận trong vận hành để đo các mức phát xạ tiếp cận được (ví dụ nếu vận hành đòi hỏi tháo các phần của vỏ bảo vệ và làm mất hiệu lực khóa liên động, thì các phép đo phải được thực hiện tại các điểm tiếp cận được trong cấu hình sản phẩm đó).
- e) Với bộ phát hiện thiết bị đo được lắp ở vị trí và có hướng liên quan đến sản phẩm laser sao cho thiết bị phát hiện bức xạ là nhiều nhất.
- f) Phải thực hiện dự phòng thích hợp để tránh hoặc triệt tiêu sự góp phần của bức xạ phụ đến phép đo.

5.3 Xác định cấp phân loại của sản phẩm laser

Các mức AEL Cấp 1 và 1M được cho trong Bảng 3 và Bảng 4, AEL Cấp 2 trong Bảng 5, AEL Cấp 3R trong Bảng 6 và Bảng 7, và AEL Cấp 3B trong Bảng 8. Hệ số điều chỉnh C_1 đến C_7 và điểm gãy T_1 và T_2 được sử dụng trong các bảng từ Bảng 3 đến Bảng 8 được xác định trong Bảng 9.

a) Cấp 1 và 1M

Cấp 1 áp dụng cho dải bước sóng từ 180 nm đến 1 mm. Cấp 1M áp dụng cho dải bước sóng 302,5 nm đến 4 000 nm. Để xác định phát xạ tiếp cận được trong Điều kiện 1 và Điều kiện 3, xem Bảng 10.

Đối với các bước sóng nhỏ hơn 302,5 nm và lớn hơn 4 000 nm, nếu phát xạ tiếp cận được nhỏ hơn hoặc bằng AEL Cấp 1 đối với Điều kiện 3 thì sản phẩm laser được ấn định là Cấp 1.

Đối với các bước sóng trong phạm vi từ 302,5 nm đến 4 000 nm:

Nếu phát xạ tiếp cận được là

- nhỏ hơn hoặc bằng AEL Cấp 1 đối với Điều kiện 1 và Điều kiện 3,

thì sản phẩm laser được ấn định là Cấp 1.

Nếu phát xạ tiếp cận được là:

- lớn hơn AEL của Cấp 1 đối với Điều kiện 1; và
- nhỏ hơn AEL của Cấp 3B đối với Điều kiện 1; và
- nhỏ hơn hoặc bằng AEL của Cấp 1 đối với Điều kiện 3,

thì sản phẩm laser được ấn định là Cấp 1M.

CHÚ THÍCH 1: Lý do để kiểm tra AEL của Cấp 3B nhằm hạn chế công suất lớn nhất đi qua thiết bị quang đối với trường hợp phơi nhiễm chùm tia từ sản phẩm laser Cấp 1M.

Nếu phát xạ tiếp cận được vượt quá AEL của Cấp 3B như xác định với lỗ mở đường kính 3,5 mm đặt tại điểm gần nhất mà con người tiếp cận, thì phải có cảnh báo bổ sung liên quan đến nguy hiểm tiềm ẩn cho da và/hoặc nguy hiểm cho giác mạc/con người (xem 7.13).

CHÚ THÍCH 2: Sản phẩm laser Cấp 1 với chùm tia có độ phân kỳ lớn có thể tạo ra các mức chiếu rọi đủ lớn ở gần hoặc tiếp xúc với nguồn (ví dụ, đầu sợi cáp) đến mức có thể làm tổn thương da hoặc con người. Tổn thương giác mạc cũng có thể xảy ra trong các điều kiện này đối với các bước sóng dài hơn 1 000 nm.

b) Cấp 1C

Cấp 1C áp dụng khi bức xạ laser được dự kiến đặt tiếp xúc với đích dự kiến và có cơ cấu bảo vệ ngăn rò rỉ bức xạ laser vượt quá AEL của Cấp 1. Sản phẩm laser có thể được ấn định chỉ là Cấp 1C nếu nó cũng đáp ứng các yêu cầu về an toàn đối với các sản phẩm laser Cấp 1C quy định trong tiêu chuẩn sản phẩm cụ thể.

Các sản phẩm laser được thiết kế để sử dụng ở chế độ tiếp xúc với da và mô của người nhưng không phải mắt có thể được phân loại chỉ là Cấp 1C nếu áp dụng tiêu chuẩn trong bộ tiêu chuẩn TCVN 7303 (IEC 60601) hoặc bộ tiêu chuẩn TCVN 5699 (IEC 60335) và có chứa các yêu cầu về an toàn áp dụng cho các sản phẩm laser Cấp 1C. Các sản phẩm laser cấp 1C này phải có các cơ cấu điều khiển cơ khí để đảm bảo phơi nhiễm bức xạ laser đến mắt là không dự đoán được một cách hợp lý. Chỉ cho phép phân loại là Cấp 1C nếu có tiêu chuẩn IEC áp dụng được, quy định các giới hạn phơi nhiễm của mô đích dự kiến với các mức thích hợp cho ứng dụng dự kiến.

Đối với thử nghiệm ánh sáng tán xạ hoặc bức xạ rò rỉ, AEL của Cấp 1 không được vượt quá trong Điều kiện 3 với thiết bị đặt được đặt ở khoảng cách làm việc hoặc tiếp xúc với bề mặt trắng khuếch tán.

CHÚ THÍCH 3: Các sản phẩm laser Cấp 1C điển hình có thể có bộ phận được thiết kế để loại bỏ lông, giảm nếp nhăn trên da và giảm mụn trứng cá, kể cả loại được sử dụng tại gia đình.

c) Cấp 2 và Cấp 2M

Cấp 2 và Cấp 2M áp dụng cho dải bước sóng từ 400 nm đến 700 nm. Để xác định phát xạ tiếp cận được trong Điều kiện 1 và Điều kiện 3, xem Bảng 10.

Nếu phát xạ tiếp cận được vượt quá các giới hạn yêu cầu đối với Cấp 1 và Cấp 1M (xem điểm a) nêu trên), và

- nhỏ hơn hoặc bằng AEL của Cấp 2 đối với Điều kiện 1 và Điều kiện 3,

thì sản phẩm laser đó được ấn định là Cấp 2.

TCVN 12670-1:2020

Nếu phát xạ tiếp cận được vượt quá các mức yêu cầu đối với Cấp 1 và Cấp 1M (xem điểm a) nêu trên), và

- lớn hơn AEL của Cấp 2 đối với Điều kiện 1; và
- nhỏ hơn AEL của Cấp 3B đối với Điều kiện 1; và
- nhỏ hơn hoặc bằng AEL của Cấp 2 đối với Điều kiện 3,

thì sản phẩm laser đó được ấn định là Cấp 2M.

CHÚ THÍCH 4: Lý do để kiểm tra AEL của Cấp 3B nhằm giới hạn công suất lớn nhất đi qua thiết bị đo quang đối với trường hợp phơi nhiễm với chùm tia từ sản phẩm laser Cấp 2M.

Nếu phát xạ tiếp cận được vượt quá AEL của Cấp 3B như xác định với lỗ mở có đường kính 3,5 mm đặt tại điểm gần nhất mà con người tiếp cận, thì phải có cảnh báo bổ sung liên quan đến nguy hiểm tiềm ẩn cho da và/hoặc nguy hiểm cho giác mạc/con người (xem 7.13).

CHÚ THÍCH 5: Sản phẩm laser Cấp 2 có chùm tia phân kỳ lớn có thể sinh ra các mức độ rọi đủ cao ở gần hoặc tiếp xúc với nguồn (ví dụ đầu của sợi quang) đến mức gây tổn thương da hoặc con người.

Bên ngoài dải bước sóng từ 400 nm đến 700 nm, các phát xạ bổ sung của bộ phát laser Cấp 2 phải thấp hơn mức AEL của Cấp 1 (xem 4.3 e) đối với gốc thời gian). Ngoài ra, nếu các bước sóng có ảnh hưởng bổ sung lên mắt (xem Bảng 1) thì tổng của các tỷ số giữa ánh sáng nhìn thấy tiếp cận được với AEL Cấp 2 và tỷ số giữa ánh sáng không nhìn thấy tiếp cận được với AEL Cấp 1 phải nhỏ hơn 1.

d) Cấp 3R

Nếu phát xạ tiếp cận được, như xác định theo 5.4, đối với Điều kiện 1 và Điều kiện 3 là:

- nhỏ hơn hoặc bằng AEL của Cấp 3R, và
- phát xạ tiếp cận được được xác định với Điều kiện 3 vượt quá AEL đối với Cấp 1 và Cấp 2, nếu thuộc đối tượng áp dụng

thì sản phẩm laser được ấn định là Cấp 3R.

Nếu phát xạ tiếp cận được vượt quá AEL Cấp 3B được xác định với lỗ mở có đường kính 3,5 mm đặt tại điểm gần nhất mà con người tiếp cận, phải có cảnh báo bổ sung liên quan đến nguy hiểm da tiềm ẩn và/hoặc nguy hiểm giác mạc/con người (xem 7.13).

CHÚ THÍCH 6: Sản phẩm laser Cấp 3R có chùm tia phân kỳ lớn có thể sinh ra các mức độ rọi đủ cao ở gần hoặc tiếp xúc với nguồn (ví dụ đầu của sợi quang) đến mức gây tổn thương da hoặc con người.

e) Cấp 3B

Nếu phát xạ tiếp cận được, như xác định theo 5.4:

- nhỏ hơn hoặc bằng AEL của Cấp 3B đối với Điều kiện 1 và Điều kiện 3, và
- vượt quá AEL của Cấp 3R đối với Điều kiện 1 hoặc Điều kiện 3, và

– vượt quá AEL của Cấp 1 và Cấp 2 đối với Điều kiện 3

thì sản phẩm laser được ấn định là Cấp 3B.

f) Cấp 4

Nếu phát xạ tiếp cận được, như xác định theo 5.4, đối với Điều kiện 1 hoặc Điều kiện 3, vượt quá AEL của Cấp 3B thì sản phẩm phải được ấn định là Cấp 4.

Bước sóng λ nm	Thời gian phát xạ t_s										
	10 ⁻¹³ đến 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ đến 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ đến 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ đến 5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶ đến 1,3 x 10 ⁻⁵	1,3 x 10 ⁻⁵ đến 1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻³ đến 0,35	0,35 đến 10	10 đến 10 ²	10 ² đến 10 ³	10 ³ đến 3 x 10 ⁴
180 to 302,5	3 x 10 ¹⁰ W.m ⁻²		30 J.m ⁻²								
302,5 – 315	2,4 x 10 ⁴ W		Nguy hiểm nhiệt ($t \leq T_1$) 7,9 x 10 ⁻⁷ C ₁ J				Nguy hiểm quang hóa 7,9 x 10 ⁻⁷ C ₂ J ($t > T_1$)			7,9 x 10 ⁻⁷ C ₂ J	
315 – 400			7,9 x 10 ⁻⁷ C ₁ J						7,9 x 10 ⁻³ J		7,9 x 10 ⁻⁶ W
400 – 450	3,8 x 10 ⁻⁸ J	7,7 x 10 ⁻³ J		7 x 10 ⁻⁴ I ^{0,75} J				3,9 x 10 ⁻³ J	3,9 x 10 ⁻⁵ C ₃ W		
450 – 500								3,9 x 10 ⁻³ C ₃ J và ^c 3,9 x 10 ⁻⁴ W			
500 – 700								3,9 x 10 ⁻⁴ W			
700 – 1 050	3,8 x 10 ⁻⁸ J	7,7 x 10 ⁻⁸ C ₄ J		7 x 10 ⁻⁴ I ^{0,75} C ₄ J				3,9 x 10 ⁻⁴ C ₄ C ₇ W			
1 050 – 1 400 ^d	3,8 x 10 ⁻⁸ C ₇ J	7,7 x 10 ⁻⁷ C ₇ J			3,5 x 10 ⁻³ I ^{0,75} C ₇ J						
1 400 – 1 500	8 x 10 ⁵ W		8 x 10 ⁻⁴ J			4,4 x 10 ⁻³ I ^{0,25} J		10 ⁻² I J		1,0 x 10 ⁻² W	
1 500 – 1 800	8 x 10 ⁶ W		8 x 10 ⁻³ J				1,8 x 10 ⁻² I ^{0,75} J				
1 800 – 2 600	8 x 10 ⁶ W		8 x 10 ⁻⁴ J		4,4 x 10 ⁻³ I ^{0,25} J		10 ⁻² I J				
2 600 – 4 000	8 x 10 ⁴ W		8 x 10 ⁻⁶ J	4,4 x 10 ⁻³ I ^{0,25} J							
4 000 – 10 ⁶	10 ¹¹ W.m ⁻²		100 J.m ⁻²	5 600 I ^{0,25} J.m ⁻²							1 000 W.m ⁻²

CHÚ THÍCH: Các sản phẩm laser đáp ứng các yêu cầu của phân loại là Cấp 1 bằng cách đáp ứng phép đo Điều kiện 1 có thể nguy hiểm khi được sử dụng với thiết bị quang quan sát có độ phóng đại lớn hơn x7 hoặc đường kính lớn hơn giá trị quy định trong Bảng 10.

^a Đối với các hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9.

^b AEL đối với khoảng thời gian phát xạ nhỏ hơn 10⁻¹³ được đặt bằng công suất tương đương hoặc giá trị độ rọi của AEL tại 10⁻¹³ s.

^c Trong dải bước sóng từ 450 nm đến 500 nm, áp dụng các giới hạn kép và phát xạ của sản phẩm không được vượt quá giới hạn áp dụng cho cấp ấn định.

^d Trong dải bước sóng từ 1 250 nm đến 1 400 nm, giá trị giới hạn trên của AEL được giới hạn ở giá trị AEL Cấp 3B.

Bảng 4 – Giới hạn phát xạ tiếp cận được đối với các sản phẩm laser Cấp 1 và Cấp 1M trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm (vùng nguy hiểm võng mạc); các nguồn kéo dài^{a,b,c,d,e,f}

Bước sóng λ nm	Thời gian phát xạ t s						
	10 ⁻¹³ đến 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ đến 5 × 10 ⁻⁶	5 × 10 ⁻⁶ đến 1,3 × 10 ⁻⁵	1,3 × 10 ⁻⁵ đến 10 ⁻⁴	10 đến 10 ²	10 ² đến 10 ⁴	10 ⁴ đến 3 × 10 ⁴
400 – 700	3,8 × 10 ⁻⁸ C ₆ J	7,7 × 10 ⁻⁸ C ₆ J	7 × 10 ⁻⁴ t ^{0,75} C ₆ J	400 nm to 600 nm – Nguy hiểm quang hóa đến võng mạc ^{d,e}			
				3,9 × 10 ⁻³ C ₃ J sử dụng $\gamma_{ph} = 11$ mrad	3,9 × 10 ⁻⁵ C ₃ W sử dụng $\gamma_{ph} = 1,1$ t ^{0,25} mrad	3,9 × 10 ⁻⁶ C ₃ W sử dụng $\gamma_{ph} = 110$ mrad	
				VÃ °			
				400 nm – 700 nm – Nguy hiểm nhiệt đến võng mạc			
				(t ≤ T ₂) 7 × 10 ⁻⁴ t ^{0,75} C ₆ J	7 × 10 ⁻⁴ C ₆ T ₂ ^{-0,25} W (t > T ₂)		
700 – 1 050	3,8 × 10 ⁻⁸ C ₆ J	7,7 × 10 ⁻⁸ C ₄ C ₆ J	7 × 10 ⁻⁴ t ^{0,75} C ₄ C ₆ J		7 × 10 ⁻⁴ C ₄ C ₆ T ₂ ^{-0,25} W (t > T ₂)		
				(t ≤ T ₂) 7 × 10 ⁻⁴ t ^{0,75} C ₄ C ₆ J			
1 050 – 1 400 ^f	3,8 × 10 ⁻⁸ C ₆ C ₇ J	7,7 × 10 ⁻⁷ C ₆ C ₇ J		3,5 × 10 ⁻³ t ^{0,75} C ₆ C ₇ J	3,5 × 10 ⁻³ C ₆ C ₇ T ₂ ^{-0,25} W (t > T ₂)		
					(t ≤ T ₂) 3,5 × 10 ⁻³ t ^{0,75} C ₆ C ₇ J		

CHÚ THÍCH: Các sản phẩm laser đáp ứng các yêu cầu của phân loại là Cấp 1 bằng cách đáp ứng phép đo Điều kiện 1 có thể nguy hiểm khi được sử dụng với thiết bị quang quan sát có độ phóng đại lớn hơn x7 hoặc đường kính lớn hơn giá trị quy định trong Bảng 10.

^a Đối với các hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9.

^b AEL đối với khoảng thời gian phát xạ nhỏ hơn 10⁻¹³ được đặt bằng công suất tương đương hoặc giá trị độ rọi của AEL tại 10⁻¹³ s.

^c Trong dải bước sóng từ 450 nm đến 600 nm, áp dụng các giới hạn kép và phát xạ của sản phẩm không được vượt quá giới hạn áp dụng cho cấp ấn định.

^d Góc γ_{ph} là góc giới hạn đo chấp nhận được.

^e Nếu sử dụng khoảng thời gian phát xạ từ 1 s đến 10 s, đối với các bước sóng từ 400 nm đến 484 nm với các kích cỡ nguồn biểu kiến từ 1,5 mrad đến 82 mrad, giới hạn nguy hiểm quang hóa kép 3,9 × 10⁻³ C₃ J được mở rộng thành 1 s.

^f Trong dải bước sóng từ 1 250 nm đến 1 400 nm, giá trị giới hạn trên của AEL được giới hạn ở giá trị AEL Cấp 3B.

Bảng 5 – Giới hạn phát xạ tiếp cận được đối với các sản phẩm laser Cấp 2 và Cấp 2M

Bước sóng λ nm	Khoảng thời gian phát xạ t s	AEL Cấp 2
400 đến 700	$t < 0,25$	Tương tự với AEL Cấp 1
	$t \geq 0,25$	$C_6 \times 10^{-3} W^a$
<p>CHÚ THÍCH: Các sản phẩm laser đáp ứng các yêu cầu về phân loại là Cấp 2 bằng cách đáp ứng phép đo Điều kiện 1 có thể nguy hiểm khi được sử dụng với thiết bị quan sát quang học có đường kính lỗ mở lớn hơn giá trị quy định trong Bảng 10 (xem thêm Phụ lục C).</p>		
<p>^a Đối với hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9.</p>		

Bảng 6 – Giới hạn phát xạ tiếp cận được đối với các sản phẩm laser Cấp 3R và C₆ = 1^{2,3bc}

TCVN 12670-1:2020

Bước sóng λ nm	Thời gian phát xạ t										
	10 ⁻¹³ đến 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ đến 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ đến 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ đến 5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶ đến 1,3 x 10 ⁻⁵	1,3 x 10 ⁻⁵ đến 1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻³ đến 0,35	0,35 đến 10	10 đến 10 ³	10 ³ đến 3 x 10 ⁶	
180 _ 302.5	1,5 x 10 ¹¹ W.m ⁻²					150 J.m ⁻²					
302.5 _ 315	1,2 x 10 ⁵ W		Nguy hiểm nhiệt 4 x 10 ⁻⁶ C ₁ J (t ≤ T ₁) ^c					Nguy hiểm quang hóa 4,0 x 10 ⁻⁶ C ₂ J (t > T ₁) ^c		4,0 x 10 ⁻⁶ C ₂ J	
315 _ 400											
400 _ 700	1,9 x 10 ⁻⁷ J	3,8 x 10 ⁻⁷ J		(t < 0,25 s) 3,5 x 10 ⁻³ t ^{0,75} J		5,0 x 10 ⁻³ W (t ≥ 0,25 s)		5,0 x 10 ⁻³ W			
700 _ 1 050	1,9 x 10 ⁻⁷ J	3,8 x 10 ⁻⁷ C ₄ J				3,5 x 10 ⁻³ t ^{0,75} C ₄ J					
1 050 _ 1 400 ^d	1,9 x 10 ⁻⁶ C ₇ J	3,8 x 10 ⁻⁶ C ₇ J			1,8 x 10 ⁻² t ^{0,75} C ₇ J			2,0 x 10 ⁻³ C ₄ C ₇ W			
1 400 _ 1 500	4 x 10 ⁶ W		4 x 10 ⁻³ J			2,2 x 10 ⁻² t ^{0,25} J					5 x 10 ⁻² t J
1 500 _ 1 800	4 x 10 ⁷ W		4 x 10 ⁻² J			2,2 x 10 ⁻² t ^{0,25} J		9 x 10 ⁻² t ^{0,75} J		5,0 x 10 ⁻² W	
1 800 _ 2 600	4 x 10 ⁸ W		4 x 10 ⁻³ J					5 x 10 ⁻² t J			
2 600 _ 4 000	4 x 10 ⁹ W		4 x 10 ⁻⁴ J	2,2 x 10 ⁻² t ^{0,25} J							
4 000 _ 10 ⁶	5 x 10 ¹¹ W.m ⁻²		500 J.m ⁻²	2,8 x 10 ⁴ t ^{0,25} J.m ⁻²						5 000 W.m ⁻²	

^a Đối với các hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9.
^b AEL đối với khoảng thời gian phát xạ nhỏ hơn 10⁻¹³ được đặt bằng công suất tương đương hoặc giá trị độ rọi của AEL tại 10⁻¹³ s.
^c Đối với các bộ phát laser UV dạng xung, không nên vượt quá giới hạn.
^d Trong dải bước sóng từ 1 250 nm đến 1 400 nm, giá trị giới hạn trên của AEL được giới hạn ở giá trị AEL Cấp 3B.

Bảng 7 – Giới hạn phát xạ tiếp cận được đối với các sản phẩm laser Cấp 3R trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm (vùng nguy hiểm vùng mắt): các nguồn kéo dài^{a,b}

Bước sóng λ nm	Thời gian phát xạ t						
	10^{-13} đến 10^{-11}	10^{-11} đến 5×10^{-8}	5×10^{-8} đến $1,3 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-5}$ đến 0,25	0,25 đến 10	10 đến 3×10^4	
400 _ 700	$1,9 \times 10^{-7} C_6 J$	$3,8 \times 10^{-7} C_6 J$	$(t < 0,25 s)$ $3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_6 J$	$(t \geq 0,25 s)$ $5,0 \times 10^{-3} C_6 W$	$5,0 \times 10^{-3} C_6 W$		
700 _ 1 050	$1,9 \times 10^{-7} C_6 J$	$3,8 \times 10^{-7} C_4 C_6 J$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_4 C_6 J$			$(t \leq T_2)$ $3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_4 C_6 J$	$(t > T_2)$ $3,5 \times 10^{-3} C_4 C_6 T_2^{-0,25} W$
1 050 _ 1 400 ^c	$1,9 \times 10^{-6} C_6 C_7 J$	$3,8 \times 10^{-6} C_6 C_7 J$		$1,8 \times 10^{-2} t^{0,75} C_6 C_7 J$		$(t \leq T_2)$ $1,75 \times 10^{-2} t^{0,75} C_6 C_7 J$	$(t > T_2)$ $1,75 \times 10^{-2} C_6 C_7 T_2^{-0,25} W$

^a Đối với các hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9.
^b AEL đối với khoảng thời gian phát xạ nhỏ hơn 10^{-13} được đặt bằng công suất tương đương hoặc giá trị độ rọi của AEL tại 10^{-13} s.
^c Trong dải bước sóng từ 1 250 nm đến 1 400 nm, giá trị giới hạn trên của AEL được giới hạn ở giá trị AEL Cấp 3B.

Bảng 8 – Giới hạn phát xạ tiếp cận được đối với các sản phẩm laser Cấp 3B^a

Chiều dài bước sóng λ nm	Khoảng thời gian phát xạ t s		
	$< 10^{-9}$	10^{-9} đến 0,25	0,25 đến 3×10^4
180 đến 302,5	$3,8 \times 10^5$ W	$3,8 \times 10^{-4}$ J	$1,5 \times 10^{-3}$ W
302,5 đến 315	$1,25 \times 10^4$ C ₂ W	$1,25 \times 10^{-5}$ C ₂ W	$1,5 \times 10^{-5}$ C ₂ W
315 đến 400	$1,25 \times 10^8$ W	0,125 J	0,5 W
400 đến 700	3×10^7 W	0,03 J đối với $t < 0,06$ s 0,5 W đối với $t \geq 0,06$ s	0,5 W
700 đến 1 050	3×10^7 C ₄ W	0,03 C ₄ J đối với $t < 0,06$ C ₄ s 0,5 W đối với $t \geq 0,06$ C ₄ s	0,5 W
1 050 đến 1 400	$1,5 \times 10^8$ W	0,15 J	0,5 W
1 400 đến 10^6	$1,25 \times 10^8$ W	0,125 J	0,5 W

^a Đối với các hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9.

Các hệ số hiệu chỉnh C₁ đến C₇ và các điểm gãy T₁ và T₂ được sử dụng trong Bảng 3 đến Bảng 8 được xác định trong Bảng 9.

Bảng 9 – Hệ số hiệu chỉnh và các điểm gãy sử dụng trong đánh giá AEL và MPE

Tham số	Vùng phổ nm
$C_1 = 5,6 \times 10^3 f^{0,25}$	180 đến 400
$T_1 = 10^{0,8(\lambda - 295)} \times 10^{-15}$ s	302,5 đến 315
$C_2 = 30$	180 đến 302,5
$C_2 = 10^{0,2(\lambda - 295)}$	302,5 đến 315
$T_2 = 10 \times 10^{[(\alpha - \alpha_{\min})/98,5]}$ s đối với $\alpha_{\min} < \alpha \leq 100$ mrad	400 đến 1 400
$T_2 = 10$ s đối với $\alpha \leq 1,5$ mrad	400 đến 1 400
$T_2 = 100$ s đối với $\alpha > 100$ mrad	400 đến 1 400
$C_3 = 1,0$	400 đến 450
$C_3 = 10^{0,02(\lambda - 450)}$	450 đến 600
$C_4 = 10^{0,002(\lambda - 700)}$	700 đến 1 050
$C_4 = 5$	1 050 đến 1 400
$C_5 = 1^a$	180 đến 400 và 1 400 đến 10^6

Bảng 9 (kết thúc)

Tham số	Vùng phổ nm
$C_5 = N^{-1/4}$ ^a	400 đến 1 400
$C_6 = 1$	180 đến 400 và 1 400 đến 10^6
$C_6 = 1$ đối với $\alpha \leq \alpha_{\min}$ ^b	400 đến 1 400
$C_6 = \alpha/\alpha_{\min}$ đối với $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}$ ^b	400 đến 1 400
$C_6 = \alpha_{\max}/\alpha_{\min}$ đối với $\alpha > \alpha_{\max}$ ^{b,c}	400 đến 1 400
$C_7 = 1$	700 đến 1 150
$C_7 = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$	1 150 đến 1 200
$C_7 = 8 + 10^{0,04(\lambda - 1250)}$	1 200 đến 1 400
$\alpha_{\min} = 1,5$ mrad $\alpha_{\max} = 5$ mrad đối với $t < 625$ μ s $= 200$ μ s mrad đối với 625 μ s $\leq t \leq 0,25$ s $= 100$ mrad đối với $t > 0,25$ s N là số lượng xung nằm trong khoảng thời gian áp dụng (4.3 f) và Điều A.3).	
CHÚ THÍCH 1: Chỉ có bằng chứng hạn chế về những ảnh hưởng đối với các phơi nhiễm nhỏ hơn 10^{-9} s đối với các bước sóng nhỏ hơn 400 nm và lớn hơn 1 400 nm. AEL đối với các khoảng thời gian phát xạ này và các bước sóng tính được bằng cách tính công suất bức xạ tương đương hoặc độ rọi từ công suất bức xạ hoặc phơi nhiễm bức xạ áp dụng ở 10^{-9} s đối với các bước sóng nhỏ hơn 400 nm và lớn hơn 1 400 nm.	
CHÚ THÍCH 2: Xem Bảng 10 đối với cơ cấu chặn lỗ mở và Bảng A.4 đối với các lỗ mở giới hạn.	
CHÚ THÍCH 3: Trong các công thức ở Bảng 3 đến Bảng 8 và trong các chú thích này, bước sóng được tính bằng nanomet, khoảng thời gian phát xạ t được tính bằng giây và α được tính bằng mili radian.	
CHÚ THÍCH 4: Đối với các khoảng thời gian phát xạ nằm trên các giá trị biên cửa ngăn (ví dụ 10 s) trong các bảng từ Bảng 3 đến Bảng 8, áp dụng giới hạn dưới. Trong trường hợp tại các đường biên cửa ngăn (tức là không áp dụng các công thức rõ ràng) sử dụng ký hiệu "<", điều này có nghĩa là nhỏ hơn hoặc bằng. Khi quy định các dải bước sóng, dải bước sóng λ_1 đến λ_2 có nghĩa là $\lambda_1 \leq \lambda < \lambda_2$.	
^a C_5 chỉ áp dụng cho các khoảng thời gian xung nhỏ hơn 0,25 s. Xem quy tắc để xác định C_5 trong 4.3 f).	
^b C_6 chỉ áp dụng cho các giới hạn nhiệt lên vống mạc.	
^c Góc giới hạn chấp nhận lớn nhất γ_m phải bằng α_{\max} (nhưng xem thêm 4.3 c)).	

5.4 Bố trí hình học của phép đo

5.4.1 Quy định chung

Hai điều kiện đo được quy định để xác định phát xạ tiếp cận được. Điều kiện 1 áp dụng cho các bước sóng trong trường hợp quan sát các chùm tia chuẩn trực có hỗ trợ bằng kính thiên văn có thể tăng nguy hiểm. Điều kiện 3 áp dụng cho quan sát bằng mắt không có hỗ trợ. Đối với phép đo công suất và năng lượng của bức xạ laser quét, chỉ được sử dụng Điều kiện 3.

Để phân loại các sản phẩm laser được thiết kế để sử dụng chỉ cho trong nhà và trường hợp việc quan sát nội chùm tia bằng kính thiên văn như kính hiển vi không được dự đoán trước thì không yêu cầu áp dụng Điều kiện 1.

CHÚ THÍCH 1: Phép đo Điều kiện 3 cũng bao gồm đánh giá bức xạ tiếp cận được để quan sát với kính phóng đại công suất thấp. Quan sát với kính phóng đại công suất cao hơn có thể xảy ra với hệ thống sợi quang được đề cập trong IEC 60825-2. Các giới hạn của chương trình phân loại được thảo luận trong Điều C.3, với đề xuất các trường hợp khi phân tích rủi ro bổ sung và các cảnh báo có thể thích hợp. Điều kiện 2 được sử dụng trong các phiên bản trước của tiêu chuẩn này như là điều kiện "kính phóng đại".

Phải áp dụng các điều kiện đo áp dụng được và khắc nghiệt nhất. Nếu điều kiện khắc nghiệt nhất là không rõ ràng thì phải đánh giá cả hai điều kiện. Đối với Cấp 1M hoặc 2M, luôn cần thiết phải đánh giá cả hai điều kiện.

Quy định hai phương thức đánh giá dưới đây.

- Phương pháp đơn giản hóa (mặc định), trong trường hợp thử nghiệm để phân loại được thực hiện ở khoảng cách cố định (xem Bảng 10) liên quan đến điểm tham chiếu mà thường có thể dễ dàng nhận biết (xem Bảng 11). Đối với đánh giá đơn giản hóa này, không nhất thiết xác định góc tương của nguồn biểu kiến, vì C_6 (xem Bảng 9) được đặt bằng một đơn vị.
- Đối với bức xạ có các bước sóng nằm trong vùng nguy hiểm đến võng mạc từ 400 nm đến 1400 nm, khi AEL được tăng lên bởi tham số C_6 với các giá trị lớn hơn 1 đối với các nguồn kéo dài, cần đánh giá cấp của sản phẩm (tức là so sánh giá trị phát xạ tiếp cận được với AEL tương ứng) ở vị trí khắc nghiệt nhất trong chùm tia. Phương pháp thứ hai này phức tạp hơn đánh giá mặc định trong điểm a) ở trên nhưng đối với các nguồn kéo dài nó cho phép các giá trị bức xạ tiếp cận được cao hơn.

CHÚ THÍCH 2: Vị trí khắc nghiệt nhất trong nhiều trường hợp không nằm ở khoảng cách 100 mm đến điểm tham chiếu được sử dụng cho đánh giá cơ bản, mà nằm xa hơn. Việc xác định góc tương của nguồn biểu kiến ở khoảng cách 100 mm tính từ điểm tham chiếu trong các trường hợp này tạo ra AEL vượt quá AEL xác định được ở vị trí khắc nghiệt nhất.

Nếu đánh giá đơn giản hóa (mặc định) tạo ra phân loại mong muốn thì không cần thực hiện toàn bộ đánh giá đối với các nguồn kéo dài (xem 5.4.3) ngay cả khi nguồn thực tế có thể được kéo dài và hệ số thực C_6 có thể lớn hơn 1 và vị trí khắc nghiệt nhất khác với vị trí cho trong Bảng 10.

TCVN 12670-1:2020

CHÚ THÍCH 3: Nếu nguồn là diốt laser để trần hoặc nếu nó phát ra chùm tia laser chuẩn trực tốt thì đánh giá đơn giản hóa (mặc định) luôn là phương pháp thích hợp, tức là sinh ra các kết quả tương đương với phương pháp nguồn kéo dài như mô tả trong 5.4.3.

5.4.2 Đánh giá mặc định (đơn giản hóa)

Áp dụng các khoảng cách đo mặc định, đơn giản hóa trong Bảng 10:

- đối với các nguồn có bước sóng nhỏ hơn 400 nm và lớn hơn 1 400 nm, hoặc
- nếu hệ số C_6 được đặt bằng 1, hoặc
- đối với giới hạn vống mạc về quang hóa với các giá trị gốc thời gian lớn hơn 100 s khi góc đo chấp nhận không bị hạn chế (tức là phải tối thiểu lớn bằng góc tương của nguồn biểu kiến),
- đối với các giới hạn khác mà không phải giới hạn vống mạc về quang hóa hay giới hạn vống mạc về nhiệt (tức là không phụ thuộc C_6) (ví dụ AEL của Cấp 3B).

Khoảng cách quy định trong Bảng 10 được xác định là khoảng cách từ các điểm tham chiếu liệt kê trong Bảng 11.

Bảng 10 – Đường kính lỗ mờ và khoảng cách đo dùng cho đánh giá mặc định (đơn giản hóa)

Điều kiện 1 <i>Áp dụng cho chùm tia chuẩn trực trong trường hợp ví dụ việc sử dụng kính viễn vọng hoặc kính thiên văn có thể làm tăng nguy hiểm ^a</i>		Điều kiện 2 <i>Áp dụng cho hệ thống truyền tin bằng cáp quang, xem IEC 60825-2</i>		Điều kiện 3 <i>Áp dụng để xác định bức xạ liên quan đến mắt không có hỗ trợ, đối với kính phóng xạ công suất thấp và dùng để quét các chùm tia</i>	
Bước sóng	Cơ cấu chặn lỗ mờ	Khoảng cách		Cơ cấu chặn lỗ mờ/ giới hạn lỗ mờ	Khoảng cách
nm	mm	mm		mm	mm
< 302,5	-	-		1	0
≥ 302,5 đến 400	7	2 000		1	100
≥ 400 đến 1 400	50	2 000	Xem chú thích 1 của 5.4.1	7	100
≥ 1400 đến 4000	7 × Điều kiện 3	2 000	Xem chú thích 1 của 5.4.1	1 đối với $t \leq 0,35$ s 1,5 $t^{2/8}$ đối với $0,35$ s < t < 10 s 3,5 đối với $t \geq 10$ s (t tính bằng s)	100
≥ 4 000 đến 10^5	-	-		1 đối với $t \leq 0,35$ s 1,5 $t^{2/8}$ đối với $0,35$ s < t < 10 s 3,5 đối với $t \geq 10$ s (t tính bằng s)	0
≥ 10^5 đến 10^6	-	-		11	0

CHÚ THÍCH: Các mô tả bên dưới tiêu đề "Điều kiện" là các trường hợp điển hình chỉ để tham khảo và không nhằm loại trừ.

^a Điều kiện 1 không áp dụng để phân loại các sản phẩm laser được thiết kế để dùng riêng trong nhà và trong trường hợp việc quan sát nội chùm tia bằng kính viễn vọng ví dụ như ống nhòm là không được dự đoán trước.

Bảng 11 – Các điểm tham chiếu đối với Điều kiện 3

Kiểu sản phẩm	Điểm tham chiếu
Bộ phát bán dẫn (ví dụ điốt laser, điốt siêu phát sáng)	Vị trí vật lý của mảnh bán ra
Phát xạ quét (kể cả bộ phát laser đơn sắc)	Đỉnh quét (điểm chốt của chùm tia quét)
Bộ phát laser đơn sắc	Điểm tiêu cự của đường (đỉnh của góc quét)
Đầu ra của sợi quang	Điểm đầu của sợi quang
Các nguồn khuếch tán tổng	Bề mặt của bộ khuếch tán
Sản phẩm khác	Phần thu hẹp của chùm tia
Đối với các phép đo trong Điều kiện 3, nếu điểm tham chiếu nằm trong vỏ bảo vệ (tức là không tiếp cận được) tại khoảng cách từ điểm con người tiếp cận gần nhất xa hơn khoảng cách đo quy định trong Bảng 10, phép đo phải được thực hiện tại điểm con người tiếp cận gần nhất. Đối với Điều kiện 1, các phép đo được thực hiện ở khoảng cách tối thiểu 2 m tính từ điểm con người tiếp cận gần nhất không phụ thuộc vào vị trí của nguồn.	

5.4.3 Điều kiện đánh giá các nguồn kéo dài

Đối với các bước sóng trong vùng nguy hiểm võng mạc (400 nm đến 1 400 nm), phát xạ tiếp cận được và AEL để phân loại phải được xác định ở vị trí khắc nghiệt nhất:

- khi giá trị C_6 lớn hơn 1 được xem xét để xác định AEL, hoặc
- khi góc chấp nhận giới hạn được xem xét để xác định phát xạ tiếp cận được khi so sánh với các giới hạn võng mạc về quang hóa.

Phát xạ tiếp cận được và AEL (C_6) được xác định cùng nhau (tức là chúng là các giá trị đi theo cặp) tại các vị trí khác nhau trong chùm tia, và các giá trị đạt được ở vị trí khắc nghiệt nhất được sử dụng để xác định phân loại của sản phẩm. Điều này ngụ ý là phát xạ tiếp cận được (được so sánh với AEL) và AEL được xác định đối với cùng một vị trí trong chùm tia, tức là góc tương của nguồn biểu kiến α (và do đó C_6) được xác định ở vị trí cơ cấu chặn lỗ mở mà cũng được sử dụng để xác định phát xạ tiếp cận được. Đối với phép đo Điều kiện 3, vị trí đo không bao giờ gần hơn khoảng cách đo mặc định tính từ điểm tham chiếu và đối với Điều kiện 1, vị trí đo không bao giờ gần hơn 2 mét tính từ điểm con người tiếp cận gần nhất đến sản phẩm và không gần hơn 2 mét từ điểm tham chiếu cho phép đo nguồn nhỏ. Trong trường hợp khi độ phân kỳ của chùm tia laser nhỏ hơn 1,5 mrad thì góc tương của nguồn biểu kiến α nhỏ hơn α_{\min} và việc xác định phát xạ tiếp cận được có thể được thực hiện trong các điều kiện quy định trong 5.4.2.

CHÚ THÍCH 1: Nếu nguồn là khuếch tán, ví dụ chùm tia laser tới trên tấm khuếch tán truyền được thì bộ khuếch tán có thể được coi là vị trí của nguồn biểu kiến và dạng phát xạ tại bộ khuếch tán được sử dụng để xác định góc tương của nguồn biểu kiến (xem 4.3 d) đối với phương pháp đánh giá các dạng không đồng nhất.

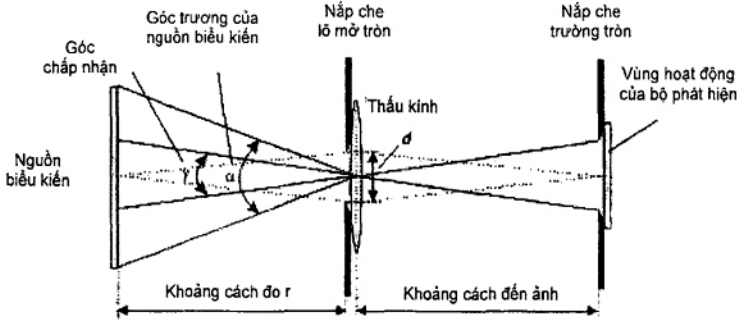
TCVN 12670-1:2020

CHÚ THÍCH 2: Trong một số bố trí phức tạp với nhiều nguồn hoặc nhiều điểm tiêu cự, có thể thích hợp hơn khi sử dụng công nghệ phức tạp hơn, ví dụ như theo dấu của tia.

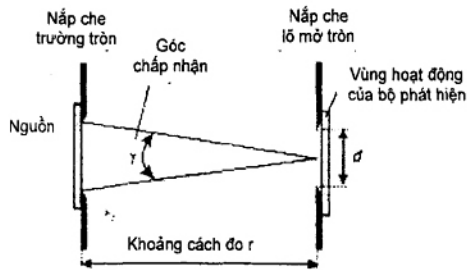
CHÚ THÍCH 3: Đối với các sản phẩm laser phát chùm tia quét, tùy thuộc vào điều kiện điều tiết đến hình ảnh của nguồn biểu kiến, chùm tia quét có thể tạo ra hình ảnh của nguồn biểu kiến được quét qua võng mạc, tạo ra nguồn biểu kiến chuyển động. Nếu nguồn biểu kiến chuyển động cần được tính đến trong phân loại thì phân loại sản phẩm dựa trên phương pháp đánh giá được mô tả ở đây đối với các nguồn kéo dài (ngược với phân tích đơn giản hóa khi giả thiết nguồn nhỏ là tĩnh tại). Nguồn biểu kiến chuyển động được đánh giá như mô tả trong 4.3 d) với việc xét đến bản chất xung lặp lại của phát xạ tiếp cận được được xác định với góc chấp nhận tương ứng.

a) Đường kính lỗ mở

Đối với Điều kiện 1 và Điều kiện 3, để xác định phát xạ tiếp cận được cũng như góc trương của nguồn biểu kiến (cả hai được xác định ở vị trí khác nhau nhất trong chùm tia), phải sử dụng đường kính lỗ mở và các khoảng cách đo nhỏ nhất như quy định trong Bảng 10 (xem Hình 1 và Hình 2).



Hình 1 – Bố trí đo góc chấp nhận giới hạn bằng cách tạo hình ảnh nguồn biểu kiến trên nắp che trường



CHÚ THÍCH: Khi nguồn biểu kiến không tiếp cận được, bố trí này là không thích hợp.

Hình 2 – Bố trí đo góc chấp nhận giới hạn bằng cách đặt lỗ mở hình tròn hoặc nắp che (đóng vai trò như nắp che trường) sát với nguồn biểu kiến

b) Góc chấp nhận

Góc chấp nhận là góc được trưng bởi đường kính của nắp che trường từ điểm tại tâm của thấu kính trong Hình 1 (đối với các góc nhỏ) hoặc bởi tỷ số giữa đường kính của nắp che trường và khoảng cách nguồn-bộ phát hiện (Hình 2). Phải tính đến tổn hao do thấu kính.

Đối với Điều kiện 3, góc chấp nhận để xác định mức phát xạ tiếp cận được phải như nêu trong 1) và 2) dưới đây. Đối với Điều kiện 1, góc chấp nhận được xác định bằng cách chia các giá trị cho trong 1) và 2) cho hệ số 7.

1) Các giới hạn vống mạc về quang hóa

Để đo các nguồn cần đánh giá theo các giới hạn quang hóa (400 nm đến 600 nm), góc giới hạn chấp nhận γ_{ph} được cho trong Bảng 12.

Bảng 12 – Góc giới hạn chấp nhận γ_{ph}

Khoảng thời gian phát xạ s	γ_{ph} đối với Điều kiện 1 mrad	γ_{ph} đối với Điều kiện 3 mrad
$10 < t \leq 100$	1,6	11
$100 < t \leq 10^4$	$0,16 \times t^{0,5}$	$1,1 \times t^{0,5}$
$10^4 < t \leq 3 \times 10^4$	16	110

Nếu góc trưng của nguồn α lớn hơn góc chấp nhận giới hạn quy định γ_{ph} thì góc chấp nhận không nên lớn hơn các giá trị quy định đối với γ_{ph} . Nếu góc trưng của nguồn α nhỏ hơn góc chấp nhận giới hạn quy định γ_{ph} , góc chấp nhận phải chứa hoàn toàn nguồn đang xét nhưng không nhất thiết được xác định (tức là góc chấp nhận không nhất thiết bị giới hạn đến γ_{ph}).

CHÚ THÍCH 5: Đối với các phép đo các nguồn đơn lẻ trong đó $\alpha < \gamma_{ph}$, sẽ không cần đo với góc chấp nhận cụ thể, xác định. Để có được góc chấp nhận xác định, góc chấp nhận có thể được xác định bằng cách tạo hình ảnh của nguồn trên nắp che trường hoặc bằng cách che kín nguồn – xem Hình 1 và Hình 2 tương ứng.

2) Tất cả các giới hạn vống mạc khác

Để đo bức xạ cần so sánh với các giới hạn vống mạc không phải các giới hạn về quang hóa, góc chấp nhận phải chứa hoàn toàn nguồn cần xét (tức là góc chấp nhận phải tối thiểu lớn bằng góc trưng của nguồn α). Tuy nhiên, nếu $\alpha > \alpha_{max}$ thì góc chấp nhận giới hạn là α_{max} . Trong phạm vi bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm, để đánh giá nguồn biểu kiến với profin bức xạ không bình thường của hình ảnh nguồn biểu kiến (profin bức xạ nguồn), ví dụ bao gồm nhiều điểm, góc chấp nhận phải được thay đổi trong dải từ $\alpha_{min} \leq \gamma \leq \alpha_{max}$ (xem 4.3 d)).

6 Quy định kỹ thuật

6.1 Lưu ý chung và các sửa đổi

Các sản phẩm laser yêu cầu các đặc trưng an toàn tích hợp nhất định, tùy thuộc vào cấp mà chúng được ấn định bởi nhà chế tạo. Các yêu cầu đối với các sản phẩm laser được cho trong 6.2 đến 6.13. Nhà chế tạo phải đảm bảo rằng người chịu trách nhiệm phân loại các sản phẩm và hệ thống laser nhận được huấn luyện đầy đủ về mức thích hợp cho phép họ hiểu đầy đủ về quy trình phân loại.

Nếu việc sửa đổi các sản phẩm laser đã được phân loại trước đó có ảnh hưởng đến các khía cạnh bất kỳ trong tính năng của sản phẩm hoặc chức năng dự kiến trong phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này, người hoặc tổ chức thực hiện sửa đổi bất kỳ này có trách nhiệm đảm bảo phân loại lại hoặc dán nhãn lại cho sản phẩm laser đó.

CHÚ THÍCH: Thuật ngữ sửa đổi được hiểu là được giới hạn ở những sửa đổi làm thay đổi phân loại hoặc sự phù hợp với tiêu chuẩn này.

6.2 Vỏ bảo vệ

6.2.1 Quy định chung

Mỗi sản phẩm laser phải có vỏ bảo vệ sao cho khi được đặt đúng vị trí sẽ ngăn ngừa sự tiếp cận của người với bức xạ laser (kể cả bức xạ laser tán xạ) vượt quá AEL đối với Cấp 1, ngoại trừ khi tiếp cận của người là cần thiết cho việc thực hiện (các) chức năng của sản phẩm.

Khi phân loại sản phẩm laser dựa trên sự ngăn ngừa tiếp cận của người với mức năng lượng tương đương Cấp 4 (ví dụ đối với máy xử lý bằng laser) thì vỏ bảo vệ phải chịu được phơi nhiễm trong các điều kiện sử dụng đơn giản được một cách hợp lý (xem 5.1), mà không có sự can thiệp của người. Nếu vỏ bảo vệ có kích cỡ cho phép con người đi vào, xem 6.13.

Bảo dưỡng các sản phẩm laser Cấp 1, 1C, 1M, 2, 2M hoặc 3R không cho phép người tiếp cận với các mức bức xạ laser Cấp 3B hoặc Cấp 4. Bảo dưỡng các sản phẩm laser Cấp 3B không cho phép người tiếp cận với các mức bức xạ laser Cấp 4.

6.2.2 Bảo trì

Phần bất kỳ của vỏ bảo vệ của sản phẩm laser (kể cả các sản phẩm laser lắp trong) mà có thể tháo ra hoặc thay thế khi bảo trì và cho phép tiếp cận đến bức xạ laser lớn hơn AEL được ấn định và không được khóa liên động (xem 6.3) phải được giữ theo cách để việc tháo hoặc thay thế các phần đó đòi hỏi phải sử dụng dụng cụ.

6.2.3 Hệ thống laser tháo ra được

Nếu hệ thống laser có thể tháo ra khỏi vỏ bảo vệ và được vận hành bằng cách đơn giản là cắm vào nguồn điện hoặc acquy thì hệ thống laser phải phù hợp với các yêu cầu về chế tạo trong Điều 6 và Điều 7 thích hợp với cấp của nó.

6.3 Tắm tiếp cận và khóa liên động an toàn

6.3.1 Phải có khóa liên động an toàn để tiếp cận với các tấm của vỏ bảo vệ khi cả hai điều kiện dưới đây được đáp ứng:

- a) tấm tiếp cận được thiết kế để tháo ra hoặc thay thế trong bảo dưỡng hoặc vận hành, và
- b) việc tháo hoặc thay thế tấm đó có thể làm tiếp cận với các mức bức xạ laser được ghi nhận "X" trong Bảng 13 dưới đây.

Khả năng áp dụng khóa liên động an toàn được chỉ thị bởi (X) trong Bảng 13 dưới đây.

Bảng 13 – Yêu cầu về khóa liên động an toàn

Cấp phân loại của sản phẩm	Mức bức xạ có thể tiếp cận được trong hoặc sau khi tháo tấm tiếp cận nếu không có khóa liên động hoặc khóa liên động bị làm mất hiệu lực				
	1, 1M	2, 2M	3R	3B	4
1, 1M, 1C	–	–	X	X	X
2, 2M	–	–	X	X	X
3R	–	–	–	X	X
3B	–	–	–	X	X
4	–	–	–	X	X

Việc tháo hoặc mở tấm được khóa liên động của sản phẩm laser Cấp 1, 1C, 1M, 2 hoặc 2M không được gây ra phát xạ thông qua lỗ mở đó vượt quá AEL của Cấp 1M hoặc Cấp 2M khi áp dụng theo bước sóng, trừ khi khóa liên động được làm mất hiệu lực sau khi mở tấm đó. Việc tháo hoặc mở tấm được khóa liên động của sản phẩm laser Cấp 3R, 3B hoặc 4 không được gây ra phát xạ thông qua lỗ mở đó vượt quá AEL của Cấp 3R trừ khi khóa liên động được làm mất hiệu lực sau khi mở tấm đó. Cấp công suất/năng lượng laser cao hơn có thể phát ra khỏi tấm đã được mở khi khóa liên động được làm mất hiệu lực.

CHÚ THÍCH: Phát xạ cao hơn AEL của cấp sản phẩm mà được thiết kế trong quá trình vận hành có thể làm cho cấp phân loại của thiết bị tăng lên. Phát xạ cao hơn AEL của cấp phân loại của sản phẩm được thiết kế trong quá trình bảo dưỡng có thể tác động đến phân loại của sản phẩm (xem 6.2.1).

Khi yêu cầu khóa liên động an toàn, khóa liên động an toàn phải ngăn ngừa được sự tiếp cận với các mức bức xạ được ghi nhận là X trong Bảng 13 khi tháo tấm ngăn. Việc đặt lại không chủ ý khóa liên động không được phục hồi các giá trị phát xạ cao hơn AEL áp dụng trong Bảng 13. Các khóa liên động này phải phù hợp với các yêu cầu trong tiêu chuẩn an toàn của sản phẩm (xem Điều 1).

Các yêu cầu trong 5.1 liên quan đến các điều kiện sự cố đơn dự đoán được cũng áp dụng cho các khóa liên động an toàn.

6.3.2 Nếu có cơ chế làm mất hiệu lực thì nhà chế tạo cũng phải cung cấp các hướng dẫn đầy đủ về phương pháp làm việc an toàn. Không được có khả năng để chức năng làm mất hiệu lực được kích hoạt

TCVN 12670-1:2020

Khi tắt tiếp cận được lắp trở lại vị trí bình thường của nó. Cho phép loại trừ đối với yêu cầu này nếu việc chọn chế độ "làm mất hiệu lực" sẽ tự động cách ly chùm tia laser và ngăn việc tự động phục hồi hoạt động của máy điện. Loại trừ này cũng đòi hỏi bộ chọn chế độ có thể khóa và yêu cầu làm mất hiệu lực bằng tay để sử dụng chùm tia.

Mặc dù vậy mạch điện khóa liên động cũng cần được bố trí (thông qua các tiếp điểm của rơ le hãm hoặc công nghệ khác) sao cho ngay cả ở chế độ làm mất hiệu lực, nếu cửa mở được đóng lại thì nó sẽ tự động trở về hoạt động khóa liên động bình thường (loại bỏ giả thiết "an toàn khi có sự cố" có thể có về tắt ngăn hoặc cửa).

Khóa liên động phải được kết hợp với nhãn phù hợp với 7.10.2. Việc sử dụng chức năng làm mất hiệu lực phải đòi hỏi cảnh báo nhìn thấy hoặc nghe thấy được bất cứ khi nào bộ phát laser được mang điện hoặc các dây tụ điện được phóng điện hoàn toàn, không phụ thuộc vào việc tắt tiếp cận có được tháo ra hay thay thế hay không. Các cảnh báo nhìn thấy được phải nhìn thấy rõ ràng bằng kính mắt bảo vệ được thiết kế riêng hoặc được quy định đối với (các) bước sóng của bức xạ laser tiếp cận được.

6.4 Bộ nối khóa liên động từ xa

Từng hệ thống laser Cấp 3B và Cấp 4 phải có bộ nối khóa liên động từ xa. Khi các đầu nối của bộ nối được hở mạch, bức xạ tiếp cận được không được vượt quá AEL đối với Cấp 1M hoặc Cấp 2M nếu thuộc đối tượng áp dụng. Điều này không yêu cầu đối với hệ thống laser cầm tay Cấp 3B được cấp nguồn bằng pin/acquy.

CHÚ THÍCH: Nhà chế tạo có thể cung cấp bộ nối khóa liên động thứ hai mà không yêu cầu kích hoạt để khởi động phát xạ nhưng sản phẩm không đòi hỏi phải có hai bộ nối.

6.5 Đặt lại bằng tay

Từng hệ thống laser Cấp 4 phải có chức năng đặt lại bằng tay cho phép phục hồi phát xạ laser Cấp 4 tiếp cận được sau khi ngắt phát xạ do sử dụng bộ nối khóa liên động từ xa hoặc ngắt lâu hơn 5 s khỏi nguồn điện lưới.

6.6 Cơ cấu điều khiển bằng chìa khóa

Từng hệ thống laser Cấp 3B và Cấp 4 phải có cơ cấu điều khiển trung tâm hoạt động bằng chìa khóa. Chìa khóa này phải tháo ra được và bức xạ laser không tiếp cận được khi chìa khóa được tháo ra.

CHÚ THÍCH: Trong tiêu chuẩn này, thuật ngữ "chìa khóa" bao gồm cả thiết bị điều khiển khác bất kỳ ví dụ như thẻ từ, tổ hợp mật mã, mật khẩu máy tính, v.v.

6.7 Cảnh báo phát xạ bức xạ laser

6.7.1 Từng hệ thống laser Cấp 3R trong dải bước sóng nhỏ hơn 400 nm và lớn hơn 700 nm và từng hệ thống laser Cấp 1C, Cấp 3B và Cấp 4 phải phải đáp ứng các yêu cầu dưới đây.

6.7.2 Thiết bị cảnh báo phải đưa ra tín hiệu nghe thấy hoặc nhìn thấy khi hệ thống laser được bật hoặc nếu dây tụ điện của bộ phát laser dạng xung được nạp điện hoặc không phóng điện tích cực. Thiết bị cảnh báo phải thuộc loại hồng nhưng vẫn an toàn hoặc loại dự phòng. Thiết bị cảnh báo nhìn thấy bất kỳ phải nhìn thấy được rõ ràng bằng kính mắt bảo vệ được thiết kế riêng đối với (các) bước sóng của bức xạ laser phát ra. (Các) thiết bị cảnh báo nhìn thấy được phải được đặt sao cho việc quan sát không đòi hỏi phơi nhiễm với bức xạ laser vượt quá AEL đối với Cấp 1M và 2M.

6.7.3 Mỗi lỗ mờ laser và cơ cấu điều khiển hoạt động mà có thể đặt cách thiết bị cảnh báo bức xạ 2 m hoặc xa hơn thì đều phải có riêng một thiết bị cảnh báo bức xạ. Thiết bị cảnh báo bức xạ phải nhìn thấy hoặc nghe thấy rõ ràng đối với người ở gần cơ cấu điều khiển hoạt động hoặc lỗ mờ laser.

CHÚ THÍCH: Yêu cầu về chỉ thị phát xạ có thể được đáp ứng trên sản phẩm cầm tay trong trường hợp lỗ mờ và các cơ cấu điều khiển đặt sát nhau khi nó có lắp cơ cấu đóng cắt thường đóng, mở nhanh tạo ra chỉ thị rõ ràng và cảm nhận được về phát xạ.

6.7.4 Trong trường hợp phát xạ laser có thể được phân bố thông qua nhiều hơn một lỗ mờ đầu ra thì thiết bị cảnh báo nhìn thấy được phải được chỉ thị rõ ràng lỗ mờ đầu ra nào phát xạ laser có thể phát ra qua đó, theo 6.7.2.

6.7.5 Đối với thiết bị cầm tay Cấp 3R, cho phép sử dụng thiết bị đóng cắt tức thời mà cần được ấn liên tục để cho phép sử dụng phát xạ thay vì yêu cầu thiết bị chỉ thị phát xạ.

6.8 Bộ khóa chùm tia hoặc bộ suy hao

Từng hệ thống laser Cấp 3B và Cấp 4 phải có lắp một hoặc nhiều phương tiện suy hao hoặc kết thúc phát xạ được gắn cố định (ví dụ bộ khóa chùm tia, bộ suy hao, cơ cấu điều khiển hoặc cơ cấu đóng cắt điện). Bộ khóa chùm tia, cơ cấu đóng cắt hoặc bộ suy hao phải có khả năng ngăn ngừa sự tiếp cận của người đến bức xạ laser vượt quá AEL đối với Cấp 1M hoặc Cấp 2M nếu thuộc đối tượng áp dụng.

6.9 Cơ cấu điều khiển

Từng sản phẩm laser phải có các cơ cấu điều khiển được đặt sao cho việc điều chỉnh và thao tác không đòi hỏi phơi nhiễm với bức xạ laser tương đương Cấp 3R, Cấp 3B hoặc Cấp 4.

6.10 Thiết bị quan sát quang

Thiết bị quan sát quang bất kỳ, khung nhìn hoặc màn hình hiển thị được lắp trong sản phẩm laser phải có đủ suy hao để ngăn người tiếp cận với bức xạ laser vượt quá AEL đối với Cấp 1M và đối với màn chụp hoặc bộ suy hao biến đổi có lắp trong thiết bị quan sát quang, khung nhìn hoặc màn hiển thị, phải có phương tiện để:

- a) ngăn người tiếp cận với bức xạ laser vượt quá AEL đối với Cấp 1M khi màn chụp được mở ra hoặc việc suy hao có thay đổi;
- b) ngăn việc mở màn chụp hoặc thay đổi bộ suy hao khi có thể có phơi nhiễm với bức xạ laser vượt quá AEL đối với Cấp 1M.

TCVN 12670-1:2020

6.11 Cơ cấu bảo vệ an toàn quét

Các sản phẩm laser được thiết kế để phát bức xạ quét và được phân loại trên cơ sở này không được cho phép người tiếp cận với bức xạ laser vượt quá AEL đối với cấp ấn định, do không quét hoặc thay đổi tốc độ quét hoặc biên độ quét, trừ khi phơi nhiễm của người là không dự đoán được trong khoảng thời gian giữa thời điểm hồng và khi cơ cấu bảo vệ an toàn quét giảm bức xạ xuống các mức thấp hơn AEL tương ứng với cấp của sản phẩm (xem thêm 5.1).

6.12 Cơ cấu bảo vệ an toàn đối với các sản phẩm Cấp 1C

Khác với phơi nhiễm dự kiến của mô đang xét, sản phẩm Cấp 1C không được phép để người tiếp cận đến bức xạ laser vượt quá AEL đối với

- a) Cấp 1 được đo trong Điều kiện 3, và
- b) Cấp 3B được đo qua lỗ mờ 3,5 mm đặt ở khoảng cách 5 mm tính từ cơ cấu đặt với cơ cấu đặt được di chuyển hai bên

áp dụng trong thời gian phát xạ sau khi mất tiếp xúc. Xem IEC 61508 để có hướng dẫn về các yêu cầu tính năng và tính tin cậy của cơ cấu bảo vệ an toàn, mặc dù có thể không cần phân tích đầy đủ.

6.13 Tiếp cận “đi vào”

Nếu vỏ bảo vệ có trang bị tấm tiếp cận tạo ra tiếp cận “đi vào” thì

- a) phải có phương tiện sao cho người bất kỳ bên trong vỏ bảo vệ có thể ngăn kích hoạt nguy hiểm laser tương đương với Cấp 3B hoặc Cấp 4;
- b) thiết bị cảnh báo phải được đặt sao cho tạo ra cảnh báo đủ về phát xạ bức xạ laser tương đương Cấp 3R trong dải bước sóng thấp hơn 400 nm và cao hơn 700 nm, hoặc phát xạ bức xạ laser tương đương với Cấp 3B hoặc Cấp 4 đến người bất kỳ có thể ở trong phạm vi vỏ bảo vệ;
- c) trong trường hợp tiếp cận “đi vào” trong quá trình hoạt động được thiết kế hoặc dự đoán được một cách hợp lý thì phải ngăn ngừa bằng các phương tiện kỹ thuật việc phát xạ bức xạ laser tương đương với Cấp 3B hoặc Cấp 4 trong khi có người đang ở bên trong vỏ bảo vệ của sản phẩm Cấp 1, Cấp 2 hoặc Cấp 3R.

CHÚ THÍCH: Các phương pháp ngăn ngừa tiếp cận của người đến bức xạ khi người đang ở bên trong vỏ bảo vệ có thể bao gồm cả thâm trải sàn nhạy với áp lực, bộ phát hiện hồng ngoại, v.v.

6.14 Điều kiện môi trường

Sản phẩm laser phải đáp ứng các yêu cầu về an toàn được xác định trong tiêu chuẩn này trong tất cả các điều kiện làm việc dự kiến tương ứng với sử dụng dự kiến của sản phẩm. Các hệ số cần xem xét bao gồm:

- các điều kiện khí hậu (ví dụ nhiệt độ, độ ẩm tương đối);
- rung và xóc.

Nếu không có quy định trong tiêu chuẩn an toàn sản phẩm cụ thể, cho phép áp dụng các điều liên quan của IEC 61010-1.

CHÚ THÍCH: Yêu cầu liên quan đến tương thích điện từ đang được xem xét.

6.15 Bảo vệ chống các nguy hiểm khác

6.15.1 Nguy hiểm không quang

Các yêu cầu của tiêu chuẩn an toàn sản phẩm liên quan phải được đáp ứng trong quá trình hoạt động và khi có sự cố đơn đối với các trường hợp sau:

- nguy hiểm về điện;
- nhiệt độ (cao hoặc thấp) quá mức;
- cháy lan từ thiết bị;
- âm thanh và siêu âm;
- chất độc hại;
- nổ.

Nếu không có quy định trong tiêu chuẩn an toàn sản phẩm cụ thể, cho phép áp dụng các điều liên quan trong IEC 61010-1.

CHÚ THÍCH: Nhiều quốc gia có quy định kỹ thuật để khống chế các chất độc hại.

6.15.2 Bức xạ phụ

Vỏ bảo vệ của các sản phẩm laser thường sẽ bảo vệ khỏi các nguy hiểm của bức xạ phụ (ví dụ bức xạ cực tím, nhìn thấy, hồng ngoại). Tuy nhiên, nếu có lo lắng về việc bức xạ phụ tiếp cận được có thể nguy hiểm thì cho phép áp dụng các giá trị MPE của laser để đánh giá nguy hiểm này.

6.16 Mạch giới hạn công suất

Nếu mạch điều khiển công suất được sử dụng để giới hạn công suất điện của thiết bị phát laser sao cho AEL của cấp laser quy định không bị vượt quá trong quá trình hoạt động, nó cũng phải giới hạn được phát xạ trong các điều kiện sự cố đơn dự đoán được kể cả việc xem xét sự phụ thuộc của thiết bị vào nhiệt độ.

CHÚ THÍCH: Điều này thường áp dụng cho các bộ phát laser sử dụng điốt bán dẫn trong trường hợp cuộn cảm dòng điện có thể gây ra bức xạ cao hơn AEL. Các tham số làm việc khuyến cáo đối với bộ phát laser sử dụng điốt (ví dụ dòng điện và nhiệt độ) thường thấp hơn nhiều chế độ bão hòa để đảm bảo các đặc tính phổ tốt. Do đó việc tăng đáng kể phát xạ laser có thể xảy ra vượt quá các tham số khuyến cáo.

7 Gắn nhãn

7.1 Quy định chung

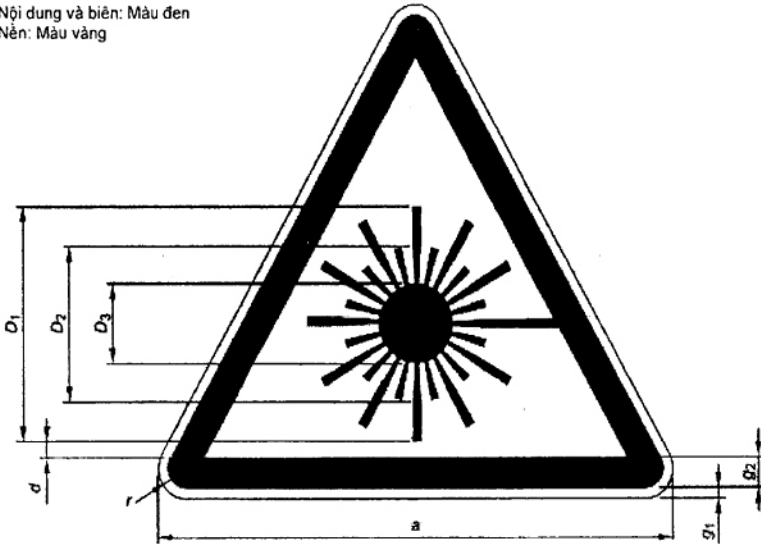
Mỗi sản phẩm laser phải mang (các) nhãn phù hợp với các yêu cầu của các điều sau. Các nhãn phải bền, gắn cố định, dễ đọc và có thể nhìn thấy dễ dàng trong quá trình vận hành, bảo dưỡng hoặc bảo trì theo mục đích sử dụng của nó. Các nhãn phải được đặt ở vị trí sao cho chúng có thể được đọc mà người không cần phải phơi nhiễm với bức xạ laser vượt quá mức AEL đối với Cấp 1. Các đường bao ngoài của phần nội dung và các ký hiệu phải có màu đen trên nền vàng ngoại trừ đối với Cấp 1, ở đó không nhất thiết phải sử dụng kết hợp màu này.

Nội dung của nhãn được thể hiện trong Điều 7 được khuyến cáo mà không bắt buộc. Cho phép sử dụng các nội dung khác có thể truyền tải cùng một ý nghĩa (kể cả các nhãn cảnh báo trong các phiên bản trước của tiêu chuẩn này). Phụ lục C đưa ra thông tin bổ sung về các cấp laser, giả thiết và các hạn chế.

Nếu kích cỡ hoặc thiết kế của sản phẩm khiến cho không thể dán được nhãn thì nhãn phải được đưa vào thông tin cho người sử dụng hoặc trên bao bì.

Việc in hoặc khắc trực tiếp của các nhãn tương đương lên sản phẩm hoặc tấm ngăn là chấp nhận được.

Nội dung và biên: Màu đen
Nền: Màu vàng



Kích thước tính bằng milimét

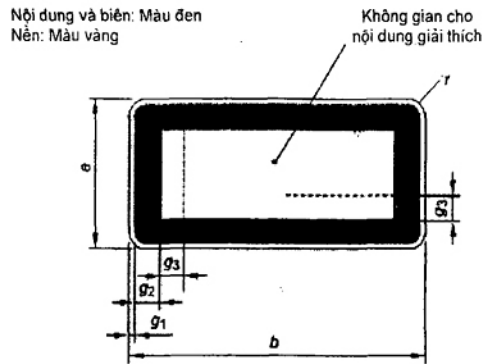
a	g_1	g_2	r	D_1	D_2	D_3	d
25	0,5	1,5	1,25	10,5	7	3,5	0,5
50	1	3	2,5	21	14	7	1
100	2	6	5	42	28	14	2
150	3	9	7,5	63	42	21	3
200	4	12	10	84	56	28	4
400	8	24	20	168	112	56	8
600	12	36	30	252	168	84	12

Các kích thước D_1 , D_2 , D_3 , g_1 và d là các giá trị khuyến cáo.

CHÚ THÍCH 1: Quan hệ giữa khoảng cách lớn nhất L mà nhân có thể đọc được và diện tích tối thiểu A của nhãn được cho bởi công thức $A = L^2/2\ 000$, trong đó A và L được tính bằng mét vuông và mét tương ứng. Công thức này áp dụng cho khoảng cách L nhỏ hơn 50 m.

CHÚ THÍCH 2: Các kích thước này là các giá trị khuyến cáo. Ký hiệu và đường bao có thể có kích cỡ thay đổi bất kỳ để phù hợp với kích cỡ của sản phẩm với điều kiện là chúng tỷ lệ với các giá trị trên.

Hình 3 – Nhãn cảnh báo – Ký hiệu nguy hiểm



Kích thước tính bằng milimét

$a \times b$	g_1	g_2	g_3	r	Chiều cao nhỏ nhất của chữ cái
26 x 52	1	4	4	2	Chữ cái phải có kích cỡ để đọc được dễ dàng
52 x 105	1,6	5	5	3,2	
84 x 148	2	6	7,5	4	
100 x 250	2,5	8	12,5	5	
140 x 200	2,5	10	10	5	
140 x 250	2,5	10	12,5	5	
140 x 400	3	10	20	6	
200 x 250	3	12	12,5	6	
200 x 400	3	12	20	6	
250 x 400	4	15	25	8	

Kích thước g_1 là giá trị khuyến cáo.

CHÚ THÍCH 1: Quan hệ giữa khoảng cách lớn nhất L mà nhãn có thể đọc được và diện tích tối thiểu A của nhãn được cho bởi công thức $A = L^2/2\ 000$, trong đó A và L được tính bằng mét vuông và mét tương ứng. Công thức này áp dụng cho khoảng cách L nhỏ hơn 50 m.

CHÚ THÍCH 2: Các kích thước này là các giá trị khuyến cáo. Nhãn có thể có kích cỡ bất kỳ cần thiết để chứa nội dung và đường bao yêu cầu. Chiều rộng tối thiểu của từng kích thước đường bao g_2 và g_3 bằng 0,06 lần chiều dài của cạnh ngắn hơn của nhãn.

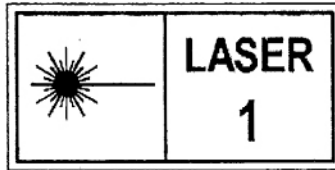
Hình 4 – Nhãn thông tin

7.2 Cấp 1 và Cấp 1M

Trừ khi được cho phép trong Điều 1, mỗi sản phẩm laser Cấp 1 phải có nhãn thông tin (Hình 4) nêu nội dung sau:

SẢN PHẨM LASER CẤP 1

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 5:



Hình 5 – Nhãn thay thế dùng cho sản phẩm laser Cấp 1

Từng sản phẩm laser Cấp 1M đều phải gắn nhãn thông tin (Hình 4) có nội dung sau:

BỨC XẠ LASER

KHÔNG PHÔI NHIỄM NGƯỜI SỬ DỤNG KÍNH VIỄN VỌNG

SẢN PHẨM LASER CẤP 1M

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 6:



Hình 6 – Nhãn thay thế dùng cho sản phẩm laser Cấp 1M

Thay cho các nhãn trên lên sản phẩm, khi có tham vấn với nhà chế tạo, cho phép đưa nội dung tương tự trong tờ thông tin cho người sử dụng.

7.3 Cấp 1C

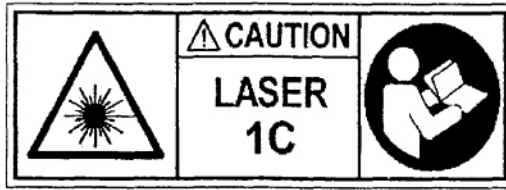
Mỗi sản phẩm laser Cấp 1C phải có nhãn cảnh báo (Hình 3) và nhãn thông tin (Hình 4) nêu nội dung sau:

BỨC XẠ LASER

TUẦN THỦ HƯỚNG DẪN

SẢN PHẨM LASER CẤP 1C

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 7:



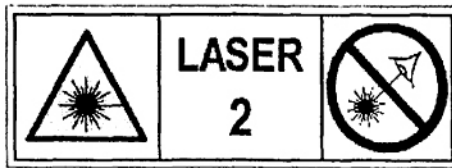
Hình 7 – Nhãn thay thế dùng cho sản phẩm laser Cấp 1C

7.4 Cấp 2 và Cấp 2M

Mỗi sản phẩm laser Cấp 2 phải có nhãn cảnh báo (Hình 3) và nhãn thông tin (Hình 4) nêu nội dung sau:

BỨC XẠ LASER
KHÔNG NHÌN VÀO CHùm TIA
SẢN PHẨM LASER CẤP 2

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 8:

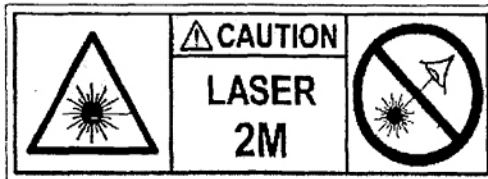


Hình 8 – Nhãn thay thế dùng cho sản phẩm laser Cấp 2

Mỗi sản phẩm laser Cấp 2M phải có nhãn cảnh báo (Hình 3) và nhãn thông tin (Hình 4) nêu nội dung sau:

BỨC XẠ LASER
KHÔNG NHÌN VÀO CHùm TIA HOẶC PHƠI NHIỄM NGƯỜI SỬ DỤNG KÍNH VIỄN VỌNG
SẢN PHẨM LASER CẤP 2M

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 9:



Hình 9 – Nhãn thay thế dùng cho sản phẩm laser Cấp 2M

CHÚ THÍCH: Người sử dụng được hướng dẫn bởi các nhãn nêu trên không được nhìn vào chùm tia có nghĩa là thực hiện phần xạ bảo vệ chủ động bằng cách di chuyển đầu hoặc nhắm mắt lại và tránh nhìn liên tục vào chùm tia một cách cố ý. Xem thêm thông tin chi tiết trong Phụ lục C.

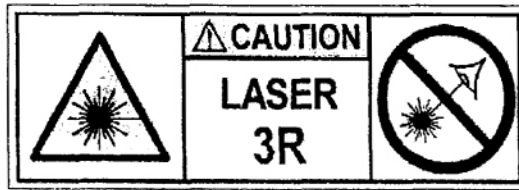
7.5 Cấp 3R

Mỗi sản phẩm laser Cấp 3R phải có nhãn cảnh báo (Hình 3) và nhãn thông tin (Hình 4) nêu nội dung sau:

BỨC XẠ LASER
TRÁNH PHƠI NHIỄM MẮT TRỰC TIẾP
SẢN PHẨM LASER CẤP 3R

CHÚ THÍCH: Các nhãn sử dụng nội dung TRÁNH PHƠI NHIỄM VỚI CHỤM TIA trong dòng thứ hai cũng được chấp nhận.

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 10:



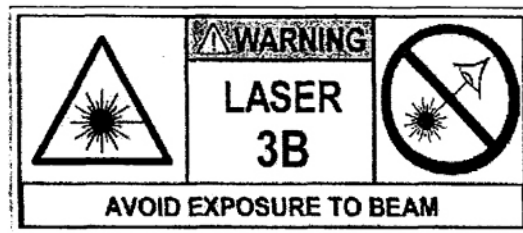
Hình 10 – Nhãn thay thế dùng cho sản phẩm laser Cấp 3R

7.6 Cấp 3B

Mỗi sản phẩm laser Cấp 3B phải có nhãn cảnh báo (Hình 3) và nhãn thông tin (Hình 4) nêu nội dung sau:

CẢNH BÁO – BỨC XẠ LASER
TRÁNH PHƠI NHIỄM VỚI CHỤM TIA
SẢN PHẨM LASER CẤP 3B

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 11:



Hình 11 – Nhãn thay thế dùng cho sản phẩm laser Cấp 3B

TCVN 12670-1:2020

7.7 Cấp 4

Mỗi sản phẩm laser Cấp 4 phải có nhãn cảnh báo (Hình 3) và nhãn thông tin (Hình 4) nêu nội dung sau:

NGUY HIỂM – BỨC XẠ LASER
TRÁNH PHƠI NHIỄM MẮT VÀ DA VỚI BỨC XẠ TRỰC TIẾP HOẶC BỨC XẠ TÁN XẠ
SẢN PHẨM LASER CẤP 4

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 12:



Hình 12 – Nhãn thay thế dùng cho sản phẩm laser Cấp 4

7.8 Nhãn lỗ mở

Mỗi sản phẩm laser Cấp 3R, Cấp 3B và Cấp 4 phải có nhãn gắn sát vào từng lỗ mở mà thông qua đó phát ra bức xạ laser vượt quá AEL đối với Cấp 1 và Cấp 2.

LỖ MỖ LASER

hoặc

LỖ MỖ DÙNG CHO BỨC XẠ LASER

hoặc

TRÁNH PHƠI NHIỄM – BỨC XẠ LASER ĐƯỢC PHÁT RA TỪ LỖ MỖ NÀY

Một cách khác, cho phép gắn lên sản phẩm nhãn minh họa trên Hình 13:



Hình 13 – Nhãn thay thế dùng cho lỗ mở laser

7.9 Thông tin về đầu ra bức xạ và tiêu chuẩn

Tên và ngày xuất bản tiêu chuẩn dùng để phân loại sản phẩm phải được đưa vào nhãn thông tin, trên các nhãn thể hiện trong 7.2 đến 7.7 hoặc nơi nào đó gần với sản phẩm. Mỗi sản phẩm laser, ngoại trừ sản phẩm Cấp 1, phải được mô tả trên nhãn thông tin (Hình 4) hoặc trên các nhãn thể hiện trong 7.2 đến

7.7 bằng các nội dung về công suất lớn nhất của bức xạ laser phát ra (xem định nghĩa 3.58), thời gian xung (nếu thích hợp) và (các) bước sóng phát ra. Đối với sản phẩm laser Cấp 1 và Cấp 1M, thay vì các nhãn trên sản phẩm, thông tin có thể nêu trong tờ thông tin cho người sử dụng.

Nếu thông tin trong 7.9 được kết hợp trong các nhãn ở 7.2 đến 7.7, thông tin này có thể được ghi trên các tấm với cấp laser hoặc trong các tấm riêng rẽ bên dưới cấp laser hoặc trong các nội dung mô tả bên dưới tấm chứa cấp laser nếu thích hợp với kích cỡ của nhãn.

7.10 Nhãn dùng cho các tấm tiếp cận

7.10.1 Nhãn dùng cho các tấm

Từng đầu nối và từng tấm của vỏ bảo vệ mà, khi được tháo ra hoặc thay thế, cho phép người tiếp cận đến bức xạ laser vượt quá AEL đối với Cấp 1, phải có nhãn gắn cố định mang nội dung (đối với trường hợp laser Cấp 1M tích hợp, nội dung này có thể được nêu trong tờ thông tin cho người sử dụng):

a)

LƯU Ý – BỨC XẠ LASER CẤP 1 KHI MỞ

KHÔNG NHÌN TRỰC TIẾP BẰNG KÍNH THIÊN VĂN

nếu bức xạ tiếp cận không vượt quá AEL đối với Cấp 1M khi mức bức xạ được đo theo 5.3 a) và 5.4;

b)

LƯU Ý – BỨC XẠ LASER CẤP 2 KHI MỞ

KHÔNG NHÌN VÀO CHùm TIA

nếu bức xạ tiếp cận không vượt quá AEL đối với Cấp 2 khi mức bức xạ được đo theo 5.3 c) và 5.4;

c)

LƯU Ý – BỨC XẠ LASER CẤP 2M KHI MỞ

KHÔNG NHÌN VÀO CHùm TIA HOẶC NHÌN TRỰC TIẾP BẰNG KÍNH THIÊN VĂN

nếu bức xạ tiếp cận không vượt quá AEL đối với Cấp 2M khi mức bức xạ được đo theo 5.3 c) và 5.4;

d)

LƯU Ý – BỨC XẠ LASER CẤP 3R KHI MỞ

TRÁNH PHƠI NHIỄM MẮT TRỰC TIẾP

nếu bức xạ tiếp cận không vượt quá AEL đối với Cấp 3R;

Các nhãn sử dụng TRÁNH PHƠI NHIỄM VỚI CHùm TIA trong dòng thứ hai cũng được chấp nhận.

TCVN 12670-1:2020

e)

CẢNH BÁO – BỨC XẠ LASER CẤP 3B KHI MỞ TRÁNH PHƠI NHIỄM VỚI CHùm TIA

nếu bức xạ tiếp cận không vượt quá AEL đối với Cấp 3B;

f)

NGUY HIỂM – BỨC XẠ LASER CẤP 4 KHI MỞ TRÁNH PHƠI NHIỄM MẮT HOẶC DA VỚI BỨC XẠ TRỰC TIẾP HOẶC TÁN XẠ

nếu bức xạ tiếp cận vượt quá các giới hạn đối với Cấp 3B.

Thông tin này có thể được cung cấp trong nhiều hơn một nhãn gắn trên sản phẩm.

7.10.2 Nhãn dùng cho các tấm được khóa liên động an toàn

Nhãn thích hợp phải được gắn rõ ràng với từng khóa liên động an toàn mà có thể dễ dàng làm mất hiệu lực và khi đó con người có thể tiếp cận đến bức xạ laser vượt quá AEL của Cấp 1. Nhãn này phải nhìn thấy được trước và trong khi khóa liên động bị làm mất hiệu lực và đặt sát với lỗ hờ được tạo ra do tháo vỏ bảo vệ. Nhãn này phải có nội dung quy định trong các mục a) đến f) của 7.10.1, nếu thuộc đối tượng áp dụng, bằng việc thêm một dòng mới ngay sau dòng đầu tiên, với nội dung sau:

VÀ CÁC KHÓA LIÊN ĐỘNG BỊ LÀM MẤT HIỆU LỰC

7.11 Cảnh báo đối với bức xạ laser không nhìn thấy

Trong nhiều trường hợp, nội dung quy định cho các nhãn trong Điều 7 là "BỨC XẠ LASER". Nếu laser đầu ra nằm ngoài dải bước sóng từ 400 nm đến 700 nm thì nội dung này phải được sửa đổi thành "BỨC XẠ LASER KHÔNG NHÌN THẤY" hoặc nếu laser đầu ra ở các bước sóng nằm cả bên trong và bên ngoài dải bước sóng này thì nội dung ghi nhãn được sửa đổi thành "BỨC XẠ LASER NHÌN THẤY VÀ KHÔNG NHÌN THẤY".

Nếu sản phẩm được phân loại trên cơ sở mức bức xạ laser nhìn thấy và cũng phát vượt quá mức AEL của Cấp 1 ở các bước sóng không nhìn thấy thì nhãn phải có nội dung "BỨC XẠ LASER NHÌN THẤY VÀ KHÔNG NHÌN THẤY" thay vì "BỨC XẠ LASER".

Nếu sử dụng các nhãn thay thế trên Hình 5 đến Hình 12 thì cảnh báo đối với bức xạ nhìn thấy và không nhìn thấy phải được đưa vào trên tấm bố sung đặt bên dưới hoặc bên cạnh nhãn đó.

7.12 Cảnh báo đối với bức xạ laser nhìn thấy

Nội dung "BỨC XẠ LASER" đối với các nhãn trong Điều 7 có thể được sửa đổi thành "ÁNH SÁNG LASER" nếu đầu ra của sản phẩm laser nằm trong dải bước sóng (nhìn thấy) từ 400 nm đến 700 nm.

7.13 Cảnh báo đối với nguy hiểm tiềm ẩn đến da hoặc các phần phía trước của mắt

Đối với Cấp 1, 1M, 2, 2M hoặc Cấp 3R, nếu phát xạ tiếp cận được vượt quá AEL của Cấp 3B như xác định với lỗ hở có đường kính 3,5 mm tại điểm người tiếp cận gần nhất, phải có cảnh báo bổ sung trên nhãn của sản phẩm và thông tin cho người sử dụng (xem 5.3 a) đối với Cấp 1 và 1M, xem 5.3 c) đối với Cấp 2 và 2M, và xem 5.3 d) đối với Cấp 3R).

Cảnh báo dưới đây phải được ghi trên vỏ của sản phẩm và thông tin cho người sử dụng. Đường biên của dòng chữ và ký hiệu phải màu đen trên nền vàng, kể cả đối với Cấp 1.

NĂNG LƯỢNG LASER – PHƠI NHIỄM GẦN LỖ MỜ CÓ THỂ GÂY BỎNG

CHÚ THÍCH: Rủi ro gây thương tích trên da chỉ có khả năng xảy ra đối với chùm tia phân kỳ lớn khi phơi nhiễm gần lỗ mờ.

Trong khi việc đặt nhãn thông tin đối với Cấp 1 và 1M trên sản phẩm là một tùy chọn (xem 7.2) thì việc cảnh báo nêu trên là bắt buộc.

8 Các yêu cầu khác về thông tin

8.1 Thông tin cho người sử dụng

Nhà chế tạo các sản phẩm laser phải cung cấp hướng dẫn sử dụng hoặc sổ tay vận hành có chứa tất cả các thông tin an toàn liên quan. Nhà chế tạo phải có trách nhiệm cung cấp thông tin an toàn nêu dưới đây và quyết định xem thông tin nào liên quan và phải cung cấp.

CHÚ THÍCH 1: Thông tin liên quan hoặc không liên quan phụ thuộc vào sản phẩm cụ thể kể cả ứng dụng dự kiến và thậm chí có thể phải tuân thủ quy định của quốc gia.

Phải cung cấp các thông tin dưới đây nếu thuộc đối tượng áp dụng:

- a) Hướng dẫn đủ để lắp ráp, bảo dưỡng đúng và sử dụng an toàn, kể cả các cảnh báo rõ ràng liên quan đến những phòng ngừa để tránh phơi nhiễm có thể có với bức xạ laser nguy hiểm và mô tả các hạn chế của phân loại, nếu thích hợp (xem Phụ lục C đối với bản mô tả các cấp và hạn chế có thể có).
- b) Cảnh báo bổ sung đối với các sản phẩm laser Cấp 1M và 2M. Cảnh báo này phải nêu rõ việc quan sát laser đầu ra bằng thiết bị đo quang viễn vọng (ví dụ ống nhòm) có thể gây nguy hiểm cho mắt và do đó người sử dụng không nên chiếu trực tiếp chùm tia vào vùng mà các thiết bị đo này có nhiều khả năng được sử dụng.
- c) Đối với các mức bức xạ laser cao hơn AEL của Cấp 1, bản mô tả (các) dạng bức xạ bất kỳ phát ra từ vỏ bảo vệ trong quá trình vận hành và quá trình bảo dưỡng. Trong trường hợp áp dụng được, bản mô tả này phải được nêu các đại lượng dưới đây với các đơn vị thích hợp:

- bước sóng,

TCVN 12670-1:2020

- độ phân kỳ của chùm tia,
- thời gian xung và tốc độ lặp xung (hoặc mô tả dạng xung không đều đặn),
- công suất hoặc năng lượng đầu ra lớn nhất.

Các giá trị này phải, khi thích hợp, bao gồm độ không đảm bảo đo lũy tích và sự tăng dự kiến bất kỳ của các đại lượng được đo ở thời điểm bất kỳ sau khi chế tạo. Thời gian xung tạo ra từ việc khóa chế độ ngoài dự kiến không nhất thiết cần được quy định; trong khi đó các điều kiện kết hợp với sản phẩm đã biết để tạo ra khóa chế độ ngoài dự kiến phải được quy định. Đối với các xung siêu ngắn, phải quy định băng tần của bức xạ (tức là dải bước sóng của phát xạ).

- d) Đối với các sản phẩm laser lắp trong và các sản phẩm laser kết hợp khác, thông tin để mô tả bộ phát laser kết hợp (xem điểm c)). Thông tin này cũng phải bao gồm các hướng dẫn an toàn thích hợp cho người sử dụng để tránh phơi nhiễm bất lợi với bức xạ laser nguy hiểm. Điều này cũng liên quan cụ thể đến các sản phẩm laser lắp trong mà được phân loại là Cấp 1, Cấp 1M, Cấp 2 hoặc Cấp 2M nhưng trong trường hợp việc quan sát nội chùm tia đến các mức phát xạ tiếp cận được vượt quá AEL của các cấp này có thể xảy ra trong quá trình bảo dưỡng. Trong trường hợp này, nhà chế tạo phải đưa ra cảnh báo rằng phải ngăn ngừa việc quan sát nội chùm tia của bộ phát laser.
- e) Trong trường hợp thích hợp và có liên quan, MPE áp dụng được (xem Phụ lục A) và NOHD đối với các sản phẩm laser Cấp 3B và Cấp 4. Vì NOHD phụ thuộc nhiều vào hệ thống phân phối chùm tia và các phần tử quang đặt trong chùm tia, khi điều này được xem là có liên quan, khuyến cáo rằng các giá trị NOHD khác nhau được cho đối với các phụ kiện hoặc hệ thống phân phối chùm tia khác nhau. Nếu độ phân kỳ chùm tia là biến thiên thì NOHD có thể được cho đối với một vài giá trị lựa chọn của độ phân kỳ. Khi MPE và giá trị NOHD được quy định, khoảng thời gian phơi nhiễm giả thiết để xác định các giá trị này cũng phải được quy định. Đối với bộ phát laser Cấp 1M và Cấp 2M có chùm tia chuẩn trực, phải quy định NOHD kéo dài (ENOHD), trong trường hợp thích hợp và có liên quan.

CHÚ THÍCH 2: Thường không yêu cầu thông tin cụ thể về ENOHD đối với các chùm tia chuẩn trực được sử dụng trong nhà. Trong trường hợp đó, thường là đủ khi đưa ra khoảng cách mà tại đó MPE có thể bị vượt quá.

- f) Khi thích hợp, thông tin để lựa chọn bảo vệ mắt. Thông tin này phải gồm mật độ quang cần thiết và dải bước sóng cũng như mức độ rọi hoặc mức phơi nhiễm bức xạ mà có thể tới mặt phẳng của thiết bị bảo vệ mắt sao cho có thể xác định các mức chịu đựng.
- g) Việc tái lắp dễ dàng (tông đen một màu hoặc các màu thích hợp nêu trong Điều 7) của tất cả các nhãn yêu cầu và cảnh báo nguy hiểm cần gắn lên sản phẩm laser hoặc cung cấp cùng sản phẩm laser. Vị trí tương ứng của từng nhãn gắn lên sản phẩm laser phải được chỉ ra hoặc nếu được cung cấp cùng sản phẩm thì phải nêu rằng các nhãn có thể không được gắn với sản phẩm nhưng đã được cung cấp với sản phẩm và nêu dạng và cách thức được cung cấp. Nếu sử dụng các

nhân đồ họa thay thế trong 7.2 đến 7.8 trên sản phẩm thì các nội dung tương ứng của nó phải được đưa vào sổ tay sử dụng cùng với sự tái lập của nhân đồ họa đó.

- h) Chỉ thị rõ ràng trong sổ tay về tất cả các vị trí của lỗ mở laser mà qua đó bức xạ laser phát ra vượt quá AEL Cấp 1.
- i) Danh mục các điều khiển, điều chỉnh và các quy trình vận hành và bảo dưỡng, kể cả cảnh báo “Lưu ý – Sử dụng các điều khiển hoặc điều chỉnh hoặc thực hiện các quy trình khác với quy định ở đây có thể gây ra phơi nhiễm bức xạ nguy hiểm” (hoặc một cách khác bằng các cảnh báo thích hợp tương đương).
- j) Trong trường hợp các sản phẩm laser không lắp nguồn năng lượng laser cần thiết cho phát xạ laser, các yêu cầu về tương thích đối với nguồn năng lượng laser để đảm bảo an toàn.
- k) Đối với Cấp 1, 1M, 2, 2M và 3R, cảnh báo bổ sung có thể là cần thiết (xem 5.3 a), 5.3 c) và 5.3 d)). Cảnh báo bổ sung phải được cung cấp để đảm bảo, ví dụ, người sử dụng nhận biết được rủi ro gây cho da hoặc bỏng giác mạc.
- l) Các tiêu chuẩn quy định các yêu cầu có thể áp dụng liên quan đến thông tin cho người sử dụng đối với các sản phẩm Cấp 1C. Ví dụ về các thông tin liên quan gồm:
- cảnh báo phải nêu rõ laser đầu ra từ thiết bị có thể nguy hiểm nếu không sử dụng theo đúng hướng dẫn sử dụng;
 - người sử dụng phải được cảnh báo về việc sử dụng thiết bị trên các vùng da trong trường hợp không an toàn ví dụ như mí mắt; và
 - người sử dụng phải được cảnh báo về tần suất áp dụng khi việc áp dụng lặp lại có thể có rủi ro.

8.2 Thông tin về mua sắm và bảo trì

Nhà chế tạo các sản phẩm laser phải cung cấp hoặc đảm bảo các thông tin sau được cung cấp.

a) Trong tất cả các catalo, các tờ quy định kỹ thuật và tài liệu giới thiệu, phải nêu phân loại của từng sản phẩm laser và cảnh báo bất kỳ, kể cả các nội dung quy định trong 8.1 b) và 8.1 k), nếu thích hợp.

b) Cho các nhà cung cấp dịch vụ bảo trì và cho những người khác khi có yêu cầu, các hướng dẫn đầy đủ về điều chỉnh bảo trì và quy trình bảo trì đối với từng model sản phẩm laser, bao gồm:

- cảnh báo rõ ràng và các biện pháp phòng ngừa cần thực hiện để tránh phơi nhiễm có thể có với bức xạ laser cao hơn Cấp 1 và các nguy hiểm khác;
- lịch biểu bảo dưỡng cần thiết để duy trì sự phù hợp của sản phẩm;
- danh mục các điều khiển và quy trình có thể sử dụng bởi những người không phải nhà chế tạo hoặc đại lý của nhà chế tạo để tăng mức phát xạ tiếp cận được của bức xạ;

TCVN 12670-1:2020

- bản mô tả rõ ràng về vị trí của phần thay thế được của vỏ bảo vệ có thể cho phép tiếp cận bức xạ laser vượt quá các giới hạn phát xạ tiếp cận được trong các bảng từ Bảng 3 đến Bảng 8;
- quy trình bảo vệ đối với người bảo trì; và
- việc dễ dàng tái lập (tùy chọn màu) của các nhãn và các cảnh báo nguy hiểm cần thiết.

9 Yêu cầu bổ sung đối với các sản phẩm laser cụ thể

9.1 Các phần khác của bộ tiêu chuẩn IEC 60825

Đối với các ứng dụng cụ thể, cho phép áp dụng một hoặc nhiều tiêu chuẩn dưới đây (xem thêm Thư mục tài liệu tham khảo).

- IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)* (cung cấp các chú thích áp dụng và ví dụ)
- IEC 60825-4, *Safety of laser products – Part 4: Laser guards* (cung cấp thông tin về thiết kế và kết cấu đối với các tấm bảo vệ laser và vật liệu đặc biệt khi sử dụng các bộ phát laser công suất cao)
- IEC 60825-12, *Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information*

Thông tin thêm có thể tìm thấy trong:

- IEC/TR 60825-3, *Safety of laser products – Part 3: Guidance for laser displays and shows*
- IEC/TR 60825-5, *Safety of laser products – Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1* (thích hợp để sử dụng trong báo cáo an toàn)
- IEC/TR 60825-8, *Safety of laser products – Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans*
- IEC/TR 60825-9, *Safety of laser products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation* (các nguồn băng tần rộng)
- IEC/TR 60825-13, *Safety of laser products – Part 13: Measurements for classification of laser products*
- TCVN 12670-14 (IEC/TR 60825-14), *Safety of laser products – Part 14: A user's guide*
- IEC 62471 (CIE S 009), *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

9.2 Sản phẩm laser y tế

Mỗi sản phẩm laser y tế phải phù hợp với các yêu cầu áp dụng được đối với các sản phẩm laser với cấp cụ thể của nó. Ngoài ra, sản phẩm laser y tế và thẩm mỹ Cấp 3B hoặc Cấp 4 có thể phải theo TCVN 7303-2-22 (IEC 60601-2-22).

9.3 Máy xử lý bằng laser

Máy xử lý bằng laser phải phù hợp với các yêu cầu áp dụng được đối với các sản phẩm laser với cấp cụ thể của nó. Ngoài ra, máy xử lý bằng laser có thể phải theo bộ tiêu chuẩn ISO/IEC 11553.

9.4 Đồ chơi chạy điện

Đồ chơi chạy điện là các sản phẩm laser phải phù hợp với các yêu cầu áp dụng được đối với các sản phẩm laser có cấp cụ thể của nó. Ngoài ra, các sản phẩm này phải theo TCVN 11332 (IEC 62115).

9.5 Sản phẩm điện tử tiêu dùng

Các sản phẩm điện tử tiêu dùng là sản phẩm laser phải phù hợp với các yêu cầu áp dụng được đối với các sản phẩm laser có cấp cụ thể của nó. Ngoài ra, các sản phẩm này có thể phải theo TCVN 7326-1 (IEC 60950-1) (thiết bị công nghệ thông tin) hoặc theo TCVN 6385 (IEC 60065) (thiết bị audio).

Phụ lục A

(tham khảo)

Giá trị phơi nhiễm lớn nhất cho phép

A.1 Lưu ý chung

Các giới hạn phát xạ tiếp cận được (AEL) nhìn chung được rút ra từ các phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE). MPE đã được đưa vào phụ lục tham khảo này nhằm cung cấp cho nhà chế tạo thông tin bổ sung có thể hỗ trợ để đánh giá các khía cạnh an toàn liên quan đến sử dụng dự kiến của sản phẩm của họ (ví dụ xác định NOHD).

CHÚ THÍCH: Các tính toán đơn giản hóa có thể đánh giá thấp đáng kể NOHD. Ví dụ, khi lỗ mở laser nằm bên trong dải Raleigh lớn, khi có phần thu nhỏ của chùm tia nằm bên ngoài, hoặc khi profin của chùm tia sao cho công suất đi qua lỗ mở bị đánh giá thấp với giả thiết profin chùm tia là phân bố Gauss. Trong các trường hợp đó, thông thường việc xác định NOHD bằng phép đo sẽ tốt hơn.

Các giá trị phơi nhiễm lớn nhất cho phép như đề cập trong tiêu chuẩn này được chấp nhận từ các giá trị giới hạn phơi nhiễm được công bố bởi Ủy ban quốc tế về bảo vệ bức xạ không ion hóa. Các giá trị MPE được đặt thấp hơn các mức nguy hiểm đã biết và dựa trên thông tin sẵn có tốt nhất từ các nghiên cứu thực nghiệm. Các giá trị MPE cần được sử dụng làm hướng dẫn trong việc khống chế các phơi nhiễm, đối với thiết kế an toàn của sản phẩm và làm cơ sở để cung cấp thông tin cho người sử dụng, và không nên coi là xác định chính xác biên giới giữa các mức an toàn và nguy hiểm. Trong trường hợp bất kỳ, phơi nhiễm với bức xạ laser cần càng thấp càng tốt.

MPE được cho trong phụ lục này chỉ mang tính tham khảo, và không nên hiểu là các giới hạn có tính pháp lý đối với phơi nhiễm của người lao động tại nơi làm việc hoặc của công chúng. Các mức phơi nhiễm với mắt và da của người lao động tại nơi làm việc và của công chúng ở nhiều nước được quy định trong luật quốc gia. Các mức phơi nhiễm này có thể khác với các MPE cho trong phụ lục này.

Các phơi nhiễm từ một vài bước sóng cần được giả thiết là có ảnh hưởng cộng thêm trên cơ sở tỷ lệ với hiệu ứng quang phổ theo MPE của Bảng A.1, A.2, A.3, A.4 và A.5 với điều kiện các vùng phổ được thể hiện là cộng thêm bởi các ký hiệu (o) đối với phơi nhiễm mắt và (s) đối với phơi nhiễm da trong Bảng 1. Trong trường hợp các bước sóng được bức xạ không được thể hiện là cộng thêm thì các nguy hiểm cần được đánh giá riêng rẽ.

Bảng A.1 – Phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) đối với $C_6 = 1$ tại giác mạc được thể hiện dưới dạng độ rọi hoặc phơi nhiễm bức xạ ^{a,b}

Bước sóng λ nm	Thời gian phát xạ t _s															
	10^{-13} đến 10^{-11}	10^{-11} đến 10^{-9}	10^{-9} đến 10^{-7}	10^{-7} đến 5×10^{-6}	5×10^{-6} đến 13×10^{-6}	13×10^{-6} đến 1×10^{-3}	1×10^{-3} đến 10	10 đến 10^2	10^2 đến 3×10^4							
180 to 302,5	$30 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$															
302,5 – 315	$3 \times 10^{10} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		Nguy hiểm quang hóa ^d ($t > T_1$) $C_2 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$				$C_2 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$									
315 – 400			Nguy hiểm nhiệt ^d ($t \leq T_1$) $C_1 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$		$C_1 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$											
400 – 450	$1 \times 10^{-3} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$		$2 \times 10^{-3} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$					$18 t^{0,75} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$		$100 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$C_3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$					
450 – 500						$100 C_3 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$ và ^c $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$										
500 – 700						$10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$										
700 – 1 050						$1 \times 10^{-3} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$2 \times 10^{-3} C_4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$			$18 t^{0,75} C_4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$		$10 C_4 C_7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$				
1 050 – 1 400 ^a						$1 \times 10^{-3} C_7 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$2 \times 10^{-2} C_7 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$			$90 t^{0,75} C_7 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$						
1 400 – 1 500	$10^{12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$10^3 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$			$5 600 t^{0,25} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$		$1 000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$								
1 500 – 1 800	$10^{13} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$10^4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$													
1 800 – 2 600	$10^{12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$10^3 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$			$5 600 t^{0,25} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$										
2 600 – 10^6	$10^{11} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$100 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$5 600 t^{0,25} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$												

^a Đối với các hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9; mức phơi nhiễm dùng để so sánh với các giá trị MPE được lấy trung bình trên lỗ mở thích hợp (Bảng A.6).
^b MPE đối với khoảng thời gian phơi nhiễm nhỏ hơn 10^{-9} s và bước sóng nhỏ hơn 400 nm và lớn hơn 1 400 nm được suy ra từ tính toán độ rọi tương đương từ các giới hạn phơi nhiễm bức xạ ở 10^{-9} s. MPE đối với các khoảng thời gian phơi nhiễm ít hơn 10^{-13} s được đặt bằng các giá trị chiếu rọi tương đương của MPE ở 10^{-13} s.
^c Trong dải bước sóng từ 450 nm đến 500 nm, áp dụng các giới hạn kép và phơi nhiễm của sản phẩm không được vượt quá giới hạn áp dụng cho cấp ấn định.
^d Đối với các bộ phát UV dạng xung lặp lại, không nên vượt quá giới hạn bất kỳ.
^e Trong dải bước sóng từ 1 250 nm đến 1 400 nm, các giới hạn bảo vệ võng mạc cho trong bảng này có thể không đủ bảo vệ các phần bên trong mắt (giác mạc, mống mắt) và cần thực hiện các lưu ý. Không quan tâm đến các phần bên trong mắt nếu phơi nhiễm không vượt quá các giá trị MPE cho đa.

Bảng A.2 – Phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) tại giác mạc đối với các nguồn bên ngoài trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm (vùng nguy hiểm vồng mạc)

được thể hiện dưới dạng độ rọi hoặc phơi nhiễm bức xạ^d

Bước sóng λ nm	Thời gian phát xạ ^s								
	10 ⁻¹² đến 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ đến 5,0 x 10 ⁻⁶	5,0 x 10 ⁻⁶ đến 1,3 x 10 ⁻⁵	1,3 x 10 ⁻⁵ đến 10	10 đến 10 ²	10 ² đến 10 ⁴	10 ⁴ đến 3 x 10 ⁶		
400 – 700	1 x 10 ⁻³ C ₆ J.m ⁻²	2 x 10 ⁻³ C ₆ J.m ⁻²	18 I ^{0,75} C ₆ J.m ⁻²	400 nm to 600 nm - Nguy hiểm quang hóa đến võng mạc ^a					
				100 C ₃ J.m ⁻² sử dụng $\gamma_{ph} = 11$ mrad	1 C ₅ W.m ⁻² sử dụng $\gamma_{ph} = 1,1$ rad ^{0,5} mrad	1 C ₃ W.m ⁻² sử dụng $\gamma_{ph} = 110$ mrad			
				AND ^b					
				400 nm to 700 nm - Nguy hiểm nhiệt đến võng mạc					
				$(t \leq T_2)$ 18 I ^{0,75} C ₆ J.m ⁻²				18 C ₆ T ₂ ^{-0,25} W.m ⁻² $(t > T_2)$	
700 – 1 050	1 x 10 ⁻³ C ₆ J.m ⁻²	2 x 10 ⁻³ C ₄ C ₆ J.m ⁻²	18 I ^{0,75} C ₄ C ₆ J.m ⁻²	400 nm to 700 nm - Nguy hiểm nhiệt đến võng mạc					
				$(t \leq T_2)$ 18 I ^{0,75} C ₄ C ₆ J.m ⁻²			18 C ₄ C ₆ T ₂ ^{-0,25} W.m ⁻² $(t > T_2)$		
1 050 – 1 400 ^c	1 x 10 ⁻³ C ₆ C ₇ J.m ⁻²	2 x 10 ⁻² C ₆ C ₇ J.m ⁻²	90 I ^{0,75} C ₆ C ₇ J.m ⁻²	400 nm to 700 nm - Nguy hiểm nhiệt đến võng mạc					
				$(t \leq T_2)$ 90 I ^{0,75} C ₆ C ₇ J.m ⁻²			90 C ₆ C ₇ T ₂ ^{-0,25} W.m ⁻² $(t > T_2)$		

CHÚ THÍCH: Các giới hạn phơi nhiễm đối với một số mô của mắt có thể khác nhau đối với các thiết bị đo mắt, xem ISO 15004-2.

^a Góc γ_{ph} là góc giới hạn đo chấp nhận được.
^b Trong dải bước sóng từ 400 nm đến 600 nm, áp dụng các giới hạn kép và phơi nhiễm không được vượt quá giới hạn áp dụng. Thông thường, các giới hạn nguy hiểm quang hóa chỉ áp dụng cho khoảng thời gian phơi nhiễm lớn hơn 10 s; tuy nhiên, đối với các bước sóng từ 400 đến 484 nm với các kích cỡ nguồn biểu kiến từ 1,5 mrad đến 82 mrad, giới hạn nguy hiểm quang hóa kép 100 C₃ J.m⁻² cần được áp dụng đối với phơi nhiễm lớn hơn hoặc bằng 1 s.
^c Trong dải bước sóng từ 1 250 nm đến 1 400 nm, các giới hạn bảo vệ võng mạc cho trong bảng này có thể không đủ bảo vệ các phần bên trong mắt (giác mạc, mống mắt) và cần thực hiện các lưu ý. Không quan tâm đến các phần bên trong mắt nếu phơi nhiễm không vượt quá các giá trị MPE cho da.
^d Đối với khoảng thời gian phơi nhiễm nhỏ hơn 0,25s, các giới hạn bảo vệ võng mạc cho trong bảng này có thể không đủ bảo vệ các phần bên trong của mắt (giác mạc, mống mắt) và cần thực hiện các lưu ý. Không quan tâm đến các phần bên trong mắt nếu phơi nhiễm không vượt quá các giá trị MPE cho da.

Bảng A.3 – Phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) đối với Bảng A.1 ($C_6 = 1$)
 trong dải bước sóng 400 nm đến 1 400 nm được thể hiện dưới dạng công suất hoặc năng lượng^{a,b}

Bước sóng λ nm	Thời gian phát xạ t s					
	10 ⁻¹³ đến 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ đến 5 × 10 ⁻⁶	5 × 10 ⁻⁶ đến 13 × 10 ⁻⁶	13 × 10 ⁻⁶ đến 10	10 đến 10 ²	10 ² đến 3 × 10 ⁴
400 – 450	3,8 × 10 ⁻⁸ J	7,7 × 10 ⁻⁸ J	7 × 10 ⁻⁴ t ^{0,75} J	3,9 × 10 ⁻³ J và ^c 3,9 × 10 ⁻⁴ W	3,9 × 10 ⁻³ J	3,9 × 10 ⁻⁶ C ₃ W
450 – 500					3,9 × 10 ⁻³ C ₃ J	
500 – 700					3,9 × 10 ⁻⁴ W	
700 – 1 050	3,8 × 10 ⁻⁸ J	7,7 × 10 ⁻⁸ C ₄ J	7 × 10 ⁻⁴ t ^{0,75} C ₄ J	3,9 × 10 ⁻⁴ C ₄ C ₇ W		
1 050 – 1 400 ^d	3,8 × 10 ⁻⁸ C ₇ J	7,7 × 10 ⁻⁷ C ₇ J	3,5 × 10 ⁻³ t ^{0,75} C ₇ J			
CHÚ THÍCH: Mức phơi nhiễm dùng để so sánh với các giá trị MPE được lấy trung bình trên lỗ mở có đường kính 7 mm (các giá trị MPE được thể hiện trong bảng này có được từ các giá trị của Bảng A.1 nhân với diện tích của lỗ mở có đường kính 7 mm)						
^a Đối với các hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9. ^b AEL đối với khoảng thời gian phát xạ nhỏ hơn 10 ⁻¹³ được đặt bằng công suất tương đương của MPE tại 10 ⁻¹³ s. ^c Trong dải bước sóng từ 450 nm đến 500 nm, áp dụng các giới hạn kép và phơi nhiễm không được vượt quá giới hạn áp dụng. ^d Trong dải bước sóng từ 1 250 nm đến 1 400 nm, các giới hạn bảo vệ võng mạc cho trong bảng này có thể không đủ bảo vệ các phần bên trong mắt (giác mạc, mống mắt) và cần thực hiện các lưu ý. Không quan tâm đến các phần bên trong mắt nếu phơi nhiễm không vượt quá các giá trị MPE cho da.						

Bảng A.4 – Phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) đối với Bảng A.2 (các nguồn bên ngoài) trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm dưới dạng công suất hoặc năng lượng^{a,b,c,d,e,f,g}

Bước sóng λ nm	Thời gian phát xạ ^s t						
	10^{-13} đến 10^{-11}	10^{-11} đến 5×10^{-6}	5×10^{-6} đến 13×10^{-6}	13×10^{-6} đến 10	10 đến 10^2	10^2 đến 10^4	10^4 đến 3×10^4
400 – 700	$3,8 \times 10^{-8} C_6 J$	$7,7 \times 10^{-8} C_6 J$	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_6 J$	400 nm to 600 nm - Nguy hiểm quang hóa đến võng mạc ^{d,e}			
				$3,9 \times 10^{-3} C_3 J$ sử dụng $\gamma_{ph} = 11 \text{ mrad}$	$3,9 \times 10^{-5} C_3 W$ sử dụng $\gamma_{ph} = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad}$	$3,9 \times 10^{-5} C_3 W$ sử dụng $\gamma_{ph} = 110 \text{ mrad}$	
				VA ^e			
				400 nm – 700 nm – Nguy hiểm nhiệt đến võng mạc			
				$(t \leq T_2)$	$7 \times 10^{-4} C_6 T_2^{-0,25} W$	$(t > T_2)$	
				$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_6 J$			
700 – 1 050	$3,8 \times 10^{-8} C_6 J$	$7,7 \times 10^{-8} C_4 C_6 J$	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_4 C_6 J$		$(t \leq T_2)$	$7 \times 10^{-4} C_4 C_6 T_2^{-0,25} W$	$(t > T_2)$
					$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_4 C_6 J$		
1 050 – 1 400 ^f	$3,8 \times 10^{-8} C_6 C_7 J$	$7,7 \times 10^{-7} C_6 C_7 J$		$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_6 C_7 J$	$(t \leq T_2)$	$3,5 \times 10^{-3} C_6 C_7 T_2^{-0,25} W$	$(t > T_2)$
					$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_6 C_7 J$		

CHÚ THÍCH 1: Các giới hạn phơi nhiễm đối với một số mô của mắt có thể khác nhau đối với các thiết bị đo mắt, xem ISO 15004-2.
 CHÚ THÍCH 2: Mức phơi nhiễm dùng để so sánh với các giá trị MPE được lấy trung bình trên lỗ mờ có đường kính 7 mm (các giá trị MPE được thể hiện trong bảng này có được từ các giá trị của Bảng A.1 nhân với diện tích của lỗ mờ có đường kính 7 mm)

^a Đối với các hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9.
^b MPE đối với khoảng thời gian phơi nhiễm nhỏ hơn 10^{-13} được đặt bằng công suất tương đương của MPE tại 10^{-13} s.
^c Trong dải bước sóng từ 450 nm đến 600 nm, áp dụng các giới hạn kép và phơi nhiễm không được vượt quá giới hạn áp dụng.
^d Góc γ_{ph} là góc giới hạn đo chấp nhận được.
^e Nếu khoảng thời gian từ 1 s đến 10 s được sử dụng, đối với các bước sóng từ 400 nm đến 484 nm với các kích cỡ nguồn biểu kiến từ 1,5 mrad đến 82 mrad, giới hạn nguy hiểm quang hóa kép $3,9 \times 10^{-3} C_3 J$ được mở rộng thành 1 s.
^f Trong dải bước sóng từ 1 250 nm đến 1 400 nm, các giới hạn bảo vệ võng mạc cho trong bảng này có thể không đủ bảo vệ các phần bên trong mắt (giác mạc, mống mắt) và cần thực hiện các lưu ý. Không quan tâm đến các phần bên trong mắt nếu phơi nhiễm không vượt quá các giá trị MPE cho da.
^g Đối với khoảng thời gian phơi nhiễm nhỏ hơn 0,25 s, các giới hạn bảo vệ võng mạc cho trong bảng này có thể không đủ bảo vệ các phần bên trong của mắt (giác mạc, mống mắt) và cần thực hiện các lưu ý. Không quan tâm đến các phần bên trong mắt nếu phơi nhiễm không vượt quá các giá trị MPE cho da.

Bảng A.5 – Phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) của da với bức xạ laser ^{a,b}

Bước sóng λ nm	Thời gian phơi nhiễm t _s						
	<10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ đến 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ đến 10 ⁻³	10 ⁻³ đến 10	10 đến 10 ³	10 ³ đến 3x10 ⁴	
180 – 302,5	3 × 10 ¹⁰ W·m ⁻²	30 J·m ⁻²					
302,5 – 315		C ₁ J·m ⁻² (t ≤ T ₁)	C ₂ J·m ⁻² (t > T ₁)			C ₂ J·m ⁻²	
315 – 400			C ₁ J·m ⁻²			10 ⁴ J·m ⁻²	10 W·m ⁻²
400 – 700	2 × 10 ¹¹ W·m ⁻²	200 J·m ⁻²	1,1 × 10 ⁴ t ^{0,25} J·m ⁻²		2 000 W·m ⁻²		
700 – 1 400	2 × 10 ¹¹ C ₄ W·m ⁻²	200 C ₄ J·m ⁻²	1,1 × 10 ⁴ C ₄ t ^{0,25} J·m ⁻²			2 000 C ₄ W·m ⁻²	
1 400 – 1 500	10 ¹² W·m ⁻²	10 ³ J·m ⁻²		5 600 t ^{0,25} J·m ⁻²	1 000 W·m ^{-2 c}		
1 500 – 1 800	10 ¹³ W·m ⁻²	10 ⁴ J·m ⁻²					
1 800 – 2 600	10 ¹² W·m ⁻²	10 ³ J·m ⁻²		5 600 t ^{0,25} J·m ⁻²			
2 600 – 10 ⁶	10 ¹¹ W·m ⁻²	100 J·m ⁻²	5 600 t ^{0,25} J·m ⁻²				

^a Đối với hệ số hiệu chỉnh và đơn vị, xem Bảng 9.
^b Chỉ có ít bằng chứng về ảnh hưởng của phơi nhiễm dưới 10⁻⁹ s. MPE đối với các khoảng thời gian phơi nhiễm này được rút ra bằng cách duy trì độ rọi áp dụng ở 10⁻⁹ s.
^c Đối với các vùng da bị phơi nhiễm lớn hơn 0,1 mm², MPE được giảm còn 100 W·m⁻². Trong khoảng từ 0,01 m² đến 0,1 m², MPE thay đổi tỷ lệ nghịch với diện tích da bị chiếu rọi.

A.2 Lỗ mờ giới hạn

Lỗ mờ thích hợp cần được sử dụng cho tất cả các phép đo và tính toán giá trị phơi nhiễm. Đây là lỗ mờ giới hạn và được xác định theo đường kính của diện tích hình tròn mà trên đó phơi nhiễm bức xạ hoặc độ rọi được lấy trung bình. Các giá trị của lỗ mờ giới hạn được thể hiện trên Bảng A.6. Khi sử dụng các giá trị MPE đối với cùng nguy hiểm võng mạc được thể hiện là công suất hoặc năng lượng và được xác định là công suất hoặc năng lượng đi qua lỗ mờ với đường kính 7 mm.

Đối với các phơi nhiễm laser dạng xung lặp lại trong dải phổ từ 1 400 nm đến 10⁵ nm, sử dụng lỗ mờ 1 mm để đánh giá nguy hiểm từ một xung riêng rẽ; trong khi sử dụng lỗ mờ 3,5 mm để đánh giá MPE áp dụng cho phơi nhiễm lớn hơn 10 s.

Các giá trị phơi nhiễm mắt trong dải bước sóng 400 nm đến 1 400 nm được đo trên lỗ mờ đường kính 7 mm (đồng tử). MPE không được điều chỉnh để tính đến các đường kính đồng tử nhỏ hơn.

Bảng A.6 – Đường kính lỗ mờ để đo độ rọi và phơi nhiễm bức xạ

Vùng phổ nm	Đường kính lỗ mờ đối với mm	
	Mắt	Da
180 đến 400	1	3,5
≥ 400 đến 1 400	7	3,5
≥ 1 400 đến 10 ⁵	1 đối với $t \leq 0,35$ s	3,5
	1,5 t ^{3/8} đối với $0,35$ s < t < 10 s	
	3,5 đối với $t \geq 10$ s	
≥ 10 ⁵ đến 10 ⁶	11	11

CHÚ THÍCH: Đối với các phơi nhiễm nhiều xung, xem Điều A.3.

A.3 Bộ phát laser dạng xung lặp lại hoặc laser có điều biến

Các phương pháp dưới đây cần được sử dụng để xác định MPE áp dụng cho các phơi nhiễm với bức xạ xung lặp lại.

Phơi nhiễm từ nhóm xung bất kỳ (hoặc nhóm nhỏ các xung trong chuỗi xung) được phát ra trong khoảng thời gian cho trước không được vượt quá MPE đối với khoảng thời gian đó.

MPE đối với phơi nhiễm của mắt trong các bước sóng nhỏ hơn 400 nm và lớn hơn 1 400 nm, cũng như MPE đối với phơi nhiễm da được giới hạn bởi các yêu cầu khắc nghiệt nhất a) và b).

MPE đối với phơi nhiễm của mắt trong các bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm được xác định bằng cách sử dụng các yêu cầu khắc nghiệt nhất a), b) và c). Yêu cầu c) chỉ áp dụng cho các giới hạn võng mạc về nhiệt mà không áp dụng cho các giới hạn võng mạc về quang hóa.

- Phơi nhiễm từ một xung đơn bất kỳ trong chuỗi xung không vượt quá MPE đối với xung đơn.
- Phơi nhiễm trung bình đối với phơi nhiễm chuỗi xung trong khoảng thời gian T không vượt quá MPE cho trong Bảng A.1, A.2 và A.3 đối với phơi nhiễm xung đơn trong khoảng thời gian T . Đối với các dạng xung không đều (kể cả năng lượng xung thay đổi), T phải được thay đổi từ T_1 đến khoảng thời gian phơi nhiễm lớn nhất giả thiết. Đối với các dạng xung đều, việc lấy trung bình trên khoảng thời gian phơi nhiễm lớn nhất giả thiết là đủ.
- Phơi nhiễm trên xung không vượt quá MPE đối với xung đơn nhân với hệ số hiệu chỉnh C_5 . C_5 chỉ áp dụng cho các khoảng thời gian xung đơn lẻ ngắn hơn 0,25 s.

$$MPE_{s,p,train} = MPE_{single} \times C_5$$

trong đó

MPE_{single} là MPE đối với xung đơn;

$MPE_{s,p,train}$ là MPE đối với xung đơn bất kỳ trong chuỗi xung.

Nếu khoảng thời gian xung $t \leq T_1$ thì

Đối với khoảng thời gian phơi nhiễm dự kiến lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng 0,25 s

$$C_5 = 1,0$$

Đối với khoảng thời gian phơi nhiễm dự kiến lớn hơn 0,25 s

$$\text{Nếu } N \leq 600 \quad C_5 = 1,0$$

$$\text{Nếu } N > 600 \quad C_5 = 5 \cdot N^{-0,25} \text{ với giá trị nhỏ nhất } C_5 = 0,4$$

Nếu khoảng thời gian xung $t > T_1$ thì

Đối với $\alpha \leq 5 \text{ mrad}$

$$C_5 = 1,0$$

Đối với $5 \text{ mrad} < \alpha \leq \alpha_{max}$

$$\text{đối với } N \leq 40 \quad C_5 = N^{-0,25}$$

$$\text{đối với } N > 40 \quad C_5 = 0,4$$

Đối với $\alpha > \alpha_{max}$

$$\text{đối với } N \leq 625 \quad C_5 = N^{-0,25}$$

$$\text{đối với } N > 625 \quad C_5 = 0,2$$

Trừ khi $\alpha > 100 \text{ mrad}$, khi đó $C_5 = 1,0$ trong mọi trường hợp

N là số lượng xung hiệu quả trong chuỗi xung trong khoảng thời gian phơi nhiễm được đánh giá (khi các xung xuất hiện trong khoảng thời gian T_1 (xem Bảng 2), N nhỏ hơn số lượng xung thực tế, xem dưới đây). Khoảng thời gian phơi nhiễm lớn nhất cần thiết để đánh giá là T_2 (xem Bảng 9) hoặc khoảng thời gian phơi nhiễm dự kiến, chọn giá trị nhỏ hơn.

Nếu nhiều xung xuất hiện trong khoảng thời gian T_1 (xem Bảng 2), chúng được tính là xung đơn để xác định N , và phơi nhiễm bức xạ của các xung đơn lẻ được cộng lại để so sánh với MPE của T_1 .

A.4 Điều kiện đo

A.4.1 Quy định chung

Để đánh giá phơi nhiễm thực tế, cần áp dụng các điều kiện đo dưới đây.

TCVN 12670-1:2020

A.4.2 Lỗ mở giới hạn

Các giá trị phơi nhiễm bức xạ hoặc độ rọi cần so sánh với MPE tương ứng được lấy trung bình trên nắp che lỗ mở hình tròn theo các lỗ mở giới hạn của Bảng A.6. Đối với phơi nhiễm của mắt trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm, sử dụng khoảng cách đo nhỏ nhất 100 mm.

A.4.3 Góc chấp nhận

a) Giới hạn vống mạc về quang hóa

Đối với phép đo các nguồn cần được đánh giá theo các giới hạn quang hóa (400 nm đến 600 nm), góc chấp nhận giới hạn γ_{ph} là

đối với $10\text{ s} < t \leq 100\text{ s}$: $\gamma_{ph} = 11\text{ mrad}$

đối với $100\text{ s} < t \leq 10^4\text{ s}$: $\gamma_{ph} = 1,1 t^{0,5}\text{ mrad}$

đối với $10^4\text{ s} < t \leq 3 \times 10^4\text{ s}$: $\gamma_{ph} = 110\text{ mrad}$

Nếu góc trương của nguồn α lớn hơn góc giới hạn chấp nhận quy định γ_{ph} , góc chấp nhận không nên lớn hơn các giá trị quy định đối với γ_{ph} . Nếu góc trương của nguồn α nhỏ hơn góc chấp nhận giới hạn γ_{ph} , góc chấp nhận cần chứa toàn bộ nguồn cần xét nhưng không nhất thiết được xác định tốt (tức là góc chấp nhận không nhất thiết bị giới hạn ở γ_{ph}).

CHÚ THÍCH: Đối với các phép đo các nguồn đơn trong đó $\alpha < \gamma_{ph}$, sẽ không cần phải đo với góc chấp nhận cụ thể được xác định tốt. Để có được góc chấp nhận xác định tốt, góc chấp nhận có thể được xác định bằng cách tạo hình ảnh của nguồn lên nắp che trường hoặc bằng cách che nguồn đi – xem Hình 1 và Hình 2 tương ứng.

b) Tất cả các giới hạn khác

Đối với phép đo bức xạ cần so sánh với các giới hạn không phải giới hạn nguy hiểm vống mạc về quang hóa, góc chấp nhận cần chứa toàn bộ nguồn cần xét (tức là góc chấp nhận cần tối thiểu rộng bằng góc trương của nguồn α). Tuy nhiên, nếu $\alpha > \alpha_{max}$, trong dải bước sóng từ 302,5 nm đến 4 000 nm, góc chấp nhận giới hạn không nên lớn hơn α_{max} đối với các giới hạn nguy hiểm nhiệt. Trong phạm vi dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm đối với các giới hạn nguy hiểm về nhiệt, để đánh giá nguồn biểu kiến gồm nhiều điểm, góc chấp nhận cần nằm trong dải $\alpha_{min} \leq \gamma \leq \alpha_{max}$ (xem 4.3 d)).

Để xác định MPE đối với các nguồn có dạng phát xạ không tròn, giá trị góc trương của nguồn chữ nhật hoặc nguồn tuyến tính được xác định bằng trung bình số học của hai kích thước góc của nguồn. Kích thước góc bất kỳ lớn hơn α_{max} hoặc nhỏ hơn α_{min} cần được giới hạn ở α_{max} hoặc α_{min} tương ứng, trước khi tính trung bình. Các giới hạn nguy hiểm vống mạc về quang hóa không phụ thuộc vào góc trương của nguồn, và nguồn được đo với góc trương như quy định nêu trên.

A.5 Laser của nguồn kéo dài

Việc hiệu chỉnh MPE nguồn nhỏ dưới đây được hạn chế trong hầu hết các trường hợp để quan sát phản xạ khuếch tán, và trong một số trường hợp, các hiệu chỉnh này cũng có thể áp dụng cho các mạng laser, laser đơn sắc, laser có đường kính phần thu hẹp của chùm tia lớn hơn 0,2 mm và các góc phân kỳ lớn hơn 2 mrad hoặc các sản phẩm laser phân tán nguồn kéo dài.

Đối với bức xạ laser nguồn kéo dài (ví dụ, quan sát phản xạ khuếch tán) ở bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm, MPE nguy hiểm về nhiệt cho mắt được tăng lên bởi hệ số C_6 với điều kiện góc trường của nguồn (được đo tại mắt của người quan sát) lớn hơn α_{min} trong đó α_{min} bằng 1,5 mrad.

Hệ số hiệu chỉnh C_6 được cho bởi:

$$\begin{array}{ll}
 C_6 = 1 & \text{đối với } \alpha \leq \alpha_{min} \\
 C_6 = \frac{\alpha}{\alpha_{min}} & \text{đối với } \alpha_{min} < \alpha \leq \alpha_{max} \\
 C_6 = \frac{\alpha_{max}}{\alpha_{min}} & \text{đối với } \alpha > \alpha_{max}
 \end{array}$$

Phụ lục B

(tham khảo)

Các ví dụ tính toán**B.1 Ký hiệu được sử dụng trong các ví dụ của phụ lục này**

Ký hiệu	Đơn vị	Định nghĩa
a	m	Đường kính của chùm tia laser phát ra
AEL	W, J, W·m ⁻² hoặc J·m ⁻²	Giới hạn phát xạ tiếp cận được
α	rad	Góc tương bởi nguồn biểu kiến (hoặc phản xạ khuếch tán) khi quan sát từ một điểm trong không gian
α_{\min}	rad	Góc nhỏ nhất được tương bởi nguồn áp dụng tiêu chí nguồn kéo dài (1,5 mrad)
α_{\max}	rad	Góc lớn nhất được tương bởi nguồn có tiêu chí nguồn kéo dài thay đổi tuyến tính với kích cỡ nguồn (từ 5 mrad đến 100 mrad)
C_1, C_2, \dots, C_7	1	Hệ số hiệu chỉnh (xem Bảng 9)
PRF, F	Hz	Tần số lặp xung
H	J·m ⁻²	Phơi nhiễm bức xạ
E	W·m ⁻²	Độ rọi ở khoảng cách quy định, r , từ nguồn biểu kiến
H_0	J·m ⁻²	Phơi nhiễm bức xạ chùm tia laser phát ra
E_0	W·m ⁻²	Độ rọi tại khoảng cách bằng "không" tính từ nguồn biểu kiến
λ	nm	Bước sóng của bức xạ laser
N	1	Số lượng xung trong khoảng thời gian phơi nhiễm
P_0	W	Công suất bức xạ tổng (thông lượng bức xạ) của laser sóng liên tục hoặc công suất bức xạ trung bình của laser dạng xung lặp lại
P_p	W	Công suất bức xạ trong phạm vi một xung của laser dạng xung
ϕ	rad	Góc phân kỳ của chùm tia laser phát ra

π	1	Hằng số 1,142
Q	J	Năng lượng bức xạ tổng của laser dạng xung
t	s	Khoảng thời gian của một xung laser đơn
T	s	Tổng thời gian phơi nhiễm của chuỗi xung
T_1, T_2	s	Các điểm gãy về thời gian (xem Bảng 9)

B.2 Phân loại sản phẩm laser – Giới thiệu

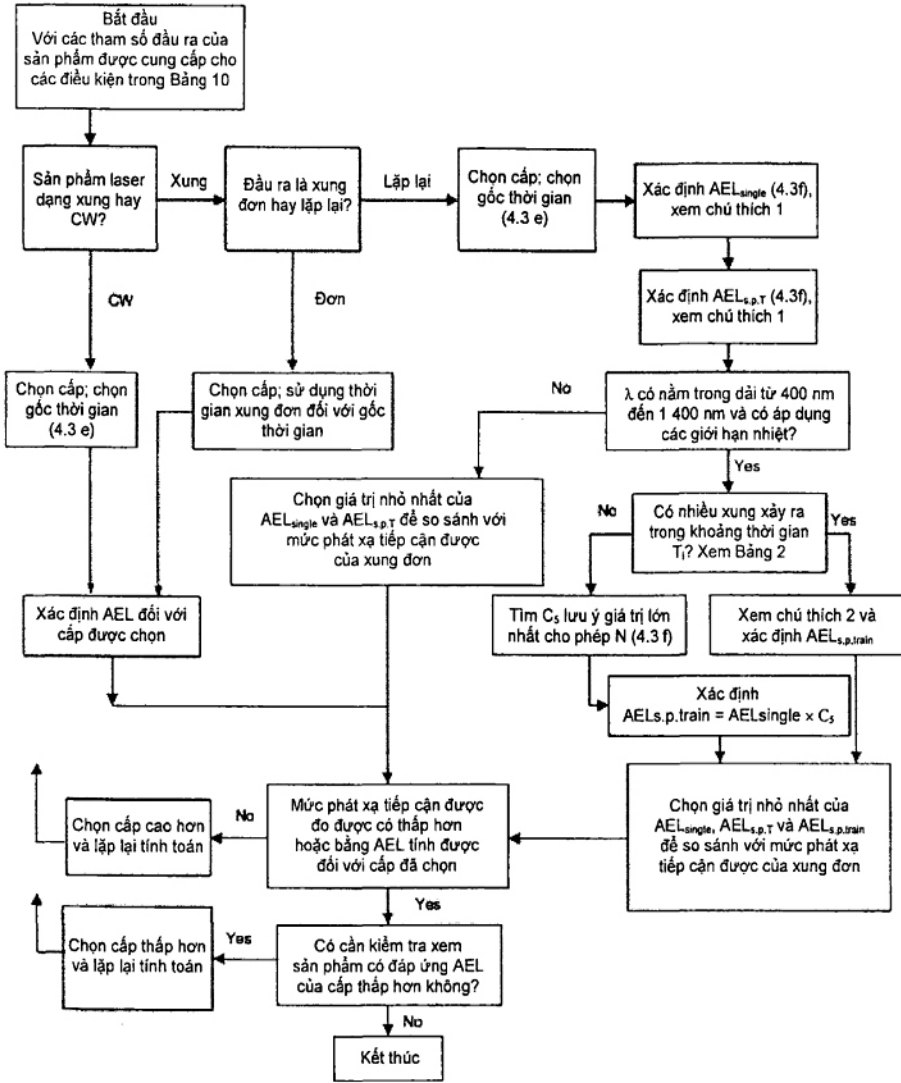
Các ví dụ thể hiện trong phụ lục này minh họa quy trình tính toán để phân loại sản phẩm laser từ các tham số đo được bằng cách tuân thủ các điều kiện đo quy định trong tiêu chuẩn này. Các sơ đồ được cho trong phụ lục này nhằm minh họa các bước cơ bản mà có thể cần thiết để hoàn chỉnh tính toán đối với sản phẩm laser, nhưng không phải tất cả các sản phẩm laser đều được đề cập đến trong các sơ đồ này.

Như quy định trong 4.2 và 4.3:

- Nhà chế tạo và đại lý của nhà chế tạo có trách nhiệm cung cấp phân loại đúng của sản phẩm laser. Sản phẩm laser được phân loại trên cơ sở kết hợp (các) công suất ra và (các) bước sóng của bức xạ laser tiếp cận được trên toàn bộ dải khả năng trong quá trình làm việc ở thời điểm bất kỳ sau khi chế tạo, mà tạo ra sự phân bố của nó đến cấp thích hợp cao nhất. Giới hạn phát xạ tiếp cận được (AEL) đối với cấp 1, 1C và 1M, Cấp 2 và 2M, Cấp 3R và Cấp 3B (liệt kê theo thứ tự nguy hiểm tăng dần) được cho trong các bảng từ Bảng 3 đến Bảng 8.
- Các giá trị của hệ số hiệu chỉnh được sử dụng được cho trong Bảng 9 là hàm của bước sóng, thời gian phát xạ, số lượng xung và góc trường.

Nếu người sử dụng sửa đổi sản phẩm laser đến mức thay đổi bức xạ laser tiếp cận được thì người sử dụng phải có trách nhiệm đảm bảo sản phẩm đó vẫn được phân loại đúng.

Phân loại đúng của sản phẩm laser có thể bao gồm việc tính AEL đối với nhiều hơn một trong các cấp được liệt kê trong 5.3 để xác định phân loại đúng, như minh họa trong Hình B.1 và Hình B.2. Các ví dụ về Cấp 1 được thể hiện trên các Hình B.3 đến Hình B.5.



CHÚ THÍCH 1: AEL_{single} được xác định trên khoảng thời gian của một xung.

$AEL_{s,p,T}$ được tính từ AELT xác định trên cơ sở thời gian chọn, trong đó:

Nếu AELT tính bằng J hoặc $J \cdot m^{-2}$ thì $AEL_{s,p,T} = AEL_T / N_T$ (tính bằng đơn vị J hoặc $J \cdot m^{-2}$)

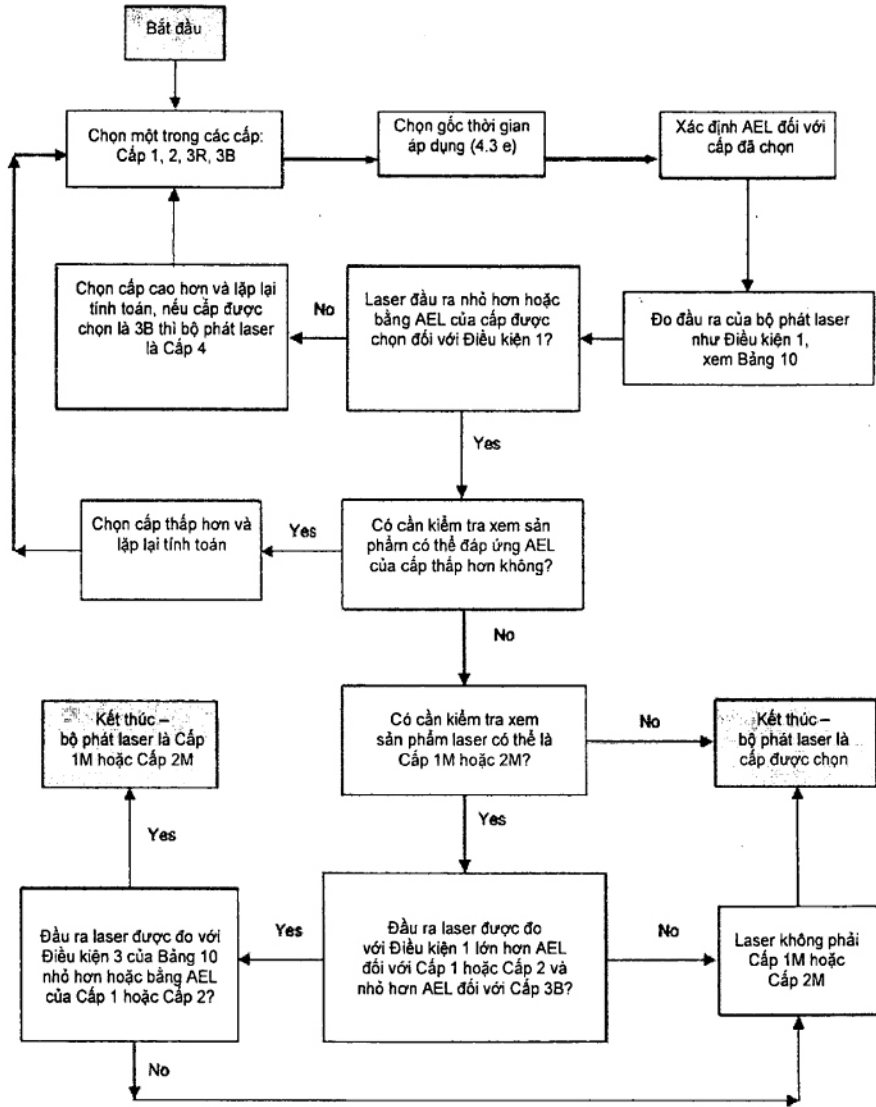
Nếu AELT tính bằng W hoặc $W \cdot m^{-2}$ thì $AEL_{s,p,T} = AEL_T / PRF$ (tính bằng đơn vị J hoặc $J \cdot m^{-2}$)

T = góc thời gian được chọn tính bằng giây

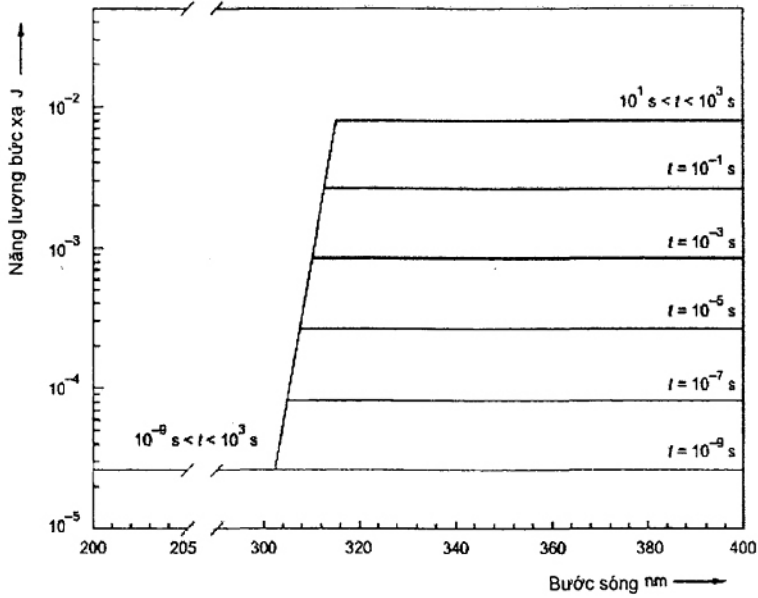
N_T = số lượng xung theo thời gian T

CHÚ THÍCH 2: Nếu nhiều xung xảy ra trong khoảng thời gian T_i , khoảng thời gian xung đơn được thay đổi đến T_i và tính giá trị mới của AEL_{single} . PRF được thay đổi theo để xác định giá trị lớn nhất cho phép của N (4.3 f)). Giá trị AEL_{single} được chia cho số lượng xung ban đầu có trong khoảng thời gian T_i trước khi thay giá trị cuối cùng AEL_{single} trong công thức đối với $AEL_{s,p,train}$.

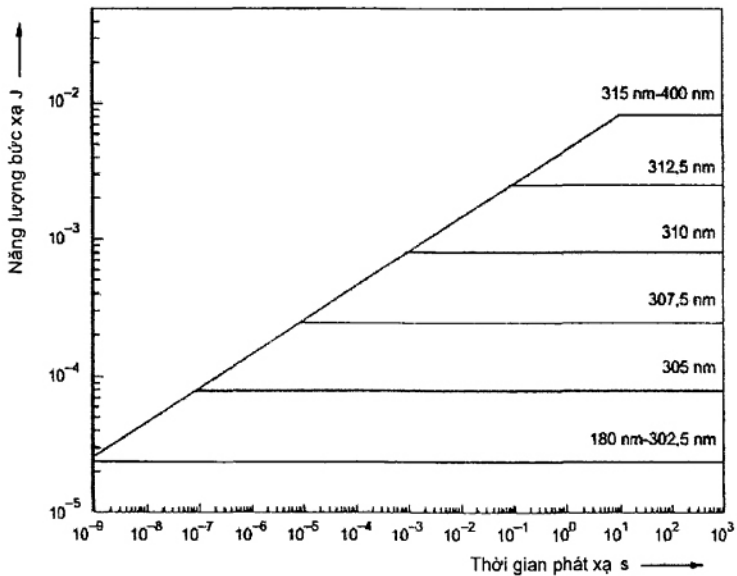
Hình B.1 – Hướng dẫn lưu đồ phân loại sản phẩm laser từ các tham số đầu ra được cung cấp



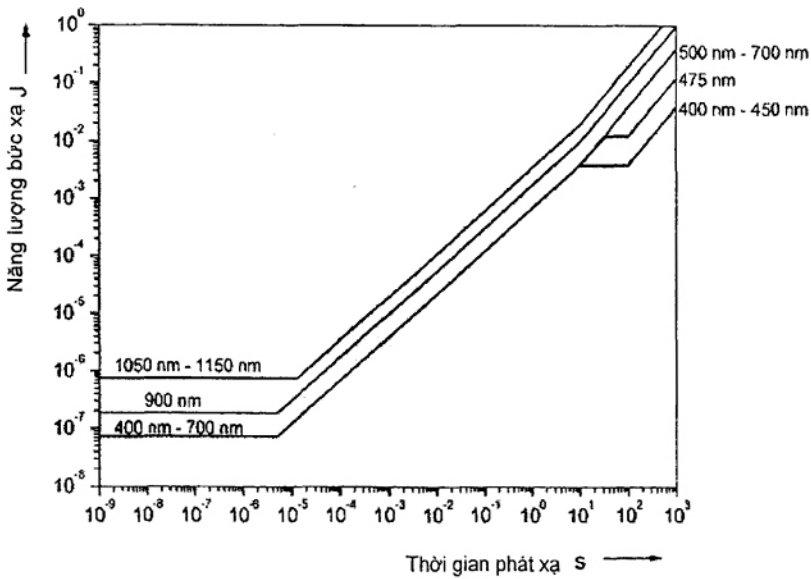
Hình B.2 – Hướng dẫn lưu đồ phân loại sản phẩm laser từ các tham số đầu ra được cung cấp



Hình B.3 – AEL đối với các sản phẩm laser cực tím Cấp 1 đối với các khoảng thời gian phát xạ được chọn từ 10^{-9} s đến 10^3 s



Hình B.4 – AEL đối với các sản phẩm laser cực tím Cấp 1 đối với các khoảng thời gian phát xạ từ 10^{-9} s đến 10^3 s ở các bước sóng được chọn



Hình B.5 – AEL đối với các sản phẩm laser hồng ngoại được chọn và laser nhìn thấy (trường hợp $C_6 = 1$)

B.3 Các ví dụ

Ví dụ B.3.1

Phân loại laser HeNe CW ($\lambda = 633 \text{ nm}$), với công suất ra 50 mW, đường kính chùm tia 3 mm và độ phân kỳ 1 mrad.

Lời giải:

Từ đặc tính chùm tia có thể suy ra rằng sản phẩm này là một nguồn điểm có độ chuẩn trực tốt trong đó $\alpha \leq \alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$. Vì đường kính chùm tia và góc phân kỳ nhỏ nên công suất toàn phần của chùm tia sẽ đi qua lỗ mờ 7 mm và do đó phép đo Điều kiện 1 và Điều kiện 3 sẽ cho mức phát xạ tiếp cận được như nhau. Chọn cấp phân loại và chọn gốc thời gian thích hợp (xem 4.3 e)).

Chọn Cấp 3B và gốc thời gian là 100 s. Mặc dù công suất laser nằm trong dải bước sóng nhìn thấy từ 400 nm đến 700 nm, gốc thời gian 0,25 s không được phép đối với Cấp 3B và việc quan sát có chủ ý là ít có khả năng xảy ra. Đối với Cấp 3B, Bảng 8 cho

$$\text{AEL} = 0,5 \text{ W}$$

Vì laser chỉ phát 50 mW nên nó không vượt quá AEL Cấp 3B và có thể được phân loại là Cấp 3B. Điểm 4.3 a) nêu rằng AEL đối với tất cả các cấp thấp hơn phải bị vượt quá, tuy nhiên có thể không phải luôn quan sát được rằng sản phẩm không đáp ứng các yêu cầu của phân loại thấp hơn, do đó nếu có nghi ngờ cần kiểm tra các yêu cầu của cấp thấp hơn.

TCVN 12670-1:2020

Đối với Cấp 3R, phải sử dụng góc thời gian 0,25 s đối với phát xạ trong dải bước sóng từ 400 nm đến 700 nm, khi đo từ Bảng 6 có

$$AEL = 5 \times 10^{-3} C_6 W$$

Từ Bảng 9, $C_6 = 1$ đối với quan sát trực tiếp của chùm tia trực chuẩn, tức là $\alpha \leq 1,5$ mrad, do đó

$$AEL = 5 \text{ mW}$$

Vì công suất ra của laser là 50 mW, nó vượt quá AEL đối với Cấp 3R nhưng nhỏ hơn AEL đối với Cấp 3B và vì Điều kiện 1 và 3 là như nhau nên nó không thể là Cấp 1M hoặc 2M. Do đó, laser phải được phân loại là Cấp 3B.

Ví dụ B.3.2

Một bộ phát laser diốt CW 12 mW ($\lambda = 900$ nm) không có các thấu kính trực chuẩn có độ phân kỳ của chùm tia là 0,5 rad. Cho trước các tham số đối với các điều kiện đo quy định trong Bảng 10, hỏi thiết bị này được phân loại gì? Giả thiết góc trương α của nguồn tại khoảng cách đo 100 mm nhỏ hơn α_{\min} .

Điều kiện 1: $< 20 \mu\text{W}$ đi qua nắp che lỗ mở kích thước 50 mm và đặt cách diốt laser 2 m.

Điều kiện 3: 0,7 mW đi qua nắp che lỗ mở kích thước 7 mm đặt cách diốt laser 100 mm.

Lời giải:

Đối với nguồn phân kỳ này, hiển nhiên thấy Điều kiện 3 sẽ khắc nghiệt hơn Điều kiện 1.

Chọn Cấp 1 và góc thời gian 100 s (xem 4.3 e)); khi đó đối với laser có bước sóng từ 400 nm đến 1400 nm và $\alpha \leq 1,5$ mrad, $C_6 = 1$ (xem Bảng 9) thì có được AEL đối với Cấp 1 từ Bảng 3 như sau:

$$AEL = 3,9 \times 10^{-4} C_4 C_7 W$$

Trong đó, từ Bảng 9, có $C_4 = 10^{0,002(\lambda-700)} = 2,51$ và $C_7 = 1$. Do đó

$$AEL = 0,98 \text{ mW}$$

Khi so sánh dữ liệu Điều kiện 3 với AEL đối với các sản phẩm laser Cấp 1, sản phẩm đáp ứng các yêu cầu đối với Cấp 1.

Nếu người sử dụng lắp các thấu kính chuẩn trực vào diốt laser này thì sản phẩm có thể cần phân loại lại.

Ngoài ra, cần thực hiện các lưu ý rằng việc quan sát nguồn này có sử dụng bộ khuếch đại công suất cao cố định có thể nguy hiểm. Phạm vi phân loại của tiêu chuẩn này chỉ bao gồm bộ khuếch đại cầm tay đến 7x, xem Điều C.3.

Ví dụ B.3.3

Phân loại bộ phát laser neodim dạng xung đơn, tần số kép có các đặc tính đầu ra dưới đây; giả thiết cả hai bước sóng được phát ra đồng thời.

Năng lượng xung đầu ra là 100 mJ ở $\lambda = 1\,060\text{ nm}$

Năng lượng xung đầu ra là 25 mJ ở $\lambda = 530\text{ nm}$

Thời gian xung = 25 ns

Đường kính lỗ mở = 5 mm

Độ phân kỳ chùm tia ở từng bước sóng < 1 mrad

Lời giải:

Trường hợp khắc nghiệt nhất đối với bộ phát laser này là khi các chùm tia phối hợp lan truyền và bộ phát laser được phân loại như vậy. Vì các chùm tia có đường kính nhỏ và độ phân kỳ thấp nên hiển nhiên là các phép đo được thực hiện trong các điều kiện nêu trong Bảng 10 sẽ tạo ra năng lượng tổng cho từng bước sóng. Giả thiết bộ phát laser chỉ có thể phát một xung trong gốc thời gian 100 s thì thời gian xung có thể được sử dụng trong thời gian phơi nhiễm. Chọn sản phẩm laser Cấp 3B, Bảng 8 sẽ cho AEL như sau:

$$\lambda = 1\,060\text{ nm} \quad AEL_{1\,060} = 0,03 \cdot C_4 \cdot J = 0,15 \text{ J} = 150\text{ mJ}$$

$$\lambda = 530\text{ nm} \quad AEL_{530} = 0,03 \text{ J} = 30\text{ mJ} \text{ (vì } t < 0,06\text{ s)}$$

Quy tắc phân loại nhiều bước sóng được nêu trong 4.3 b) và Bảng 1 cho thấy rằng hai bước sóng này là công thêm tại mắt.

Do đó sử dụng phương pháp luận mô tả trong 4.3 b) 1) để ấn định cấp bằng cách đánh giá nếu

$$\frac{Q_{1\,060}}{AEL_{1\,060}} + \frac{Q_{530}}{AEL_{530}} \leq 1$$

Thay các giá trị thích hợp vào ta có

$$\frac{100}{150} + \frac{25}{30} = 1,5$$

Vì kết quả lớn hơn 1 nên sản phẩm laser sẽ có cấp cao hơn.

Do đó sản phẩm laser này được phân loại là Cấp 4.

Vi dụ B.3.4

Phân loại bộ phát laser dioxit CW ($\lambda = 10,6\ \mu\text{m}$) được sử dụng cho hệ thống an ninh chùm tia hồng. Giả thiết rằng công suất ra trung bình là 0,4 W, đường kính chùm tia là 2 mm và độ phân kỳ chùm tia là 1 mrad.

Lời giải:

Chọn Cấp 3R và không kỳ vọng có quan sát chủ ý, 4.3 e) cho gốc thời gian là 100 s.

Bảng 9 thể hiện rằng đối với bước sóng này $C_6 = 1$ vì vậy Bảng 6 được sử dụng và AEL đối với Cấp 3R với $T = 100\text{ s}$ sẽ bằng $5\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Từ Bảng 10 thấy rằng đối với bước sóng này, chỉ áp dụng Điều kiện 3

TCVN 12670-1:2020

và vì AEL có đơn vị là $W \cdot m^{-2}$, thích hợp để tìm độ rọi chùm tia đối với Điều kiện 3. Tra Bảng 11 đối với điểm tham chiếu cho phép đo Điều kiện 3, giả thiết rằng phần thu hẹp của chùm tia nằm trong vỏ và theo phần nội dung phía cuối Bảng 11, độ rọi được tìm thấy tại điểm con người tiếp cận gần nhất.

Lưu ý, Bảng 10 đưa ra lỗ mờ giới hạn đối với phơi nhiễm 100 s là 3,5 mm nhưng đường kính chùm tia laser chỉ là 2 mm. Để tính độ rọi chùm tia ($E_0 = P_0/\text{diện tích}$), cần sử dụng giá trị lớn hơn trong hai giá trị đường kính chùm tia thực hoặc lỗ mờ giới hạn, do đó

$$E_0 = \frac{P_0}{\text{diện tích}} = \frac{4 \times 0,4}{\pi(3,5 \times 10^{-3})^2} = 4,16 \times 10^4 W \cdot m^{-2}$$

Giá trị này vượt quá AEL đối với Cấp 3R vì vậy cần được đánh giá ở cấp cao hơn. Bảng 8 đưa ra AEL đối với Cấp 3B là 0,5 W; do đó vì giá trị này vượt quá công suất ra tổng của laser nên laser này được phân loại là Cấp 3B.

Ví dụ B.3.5

Phân loại bộ phát laser phát các xung 1 μs với tần số lặp xung (F) là 500 Hz, công suất ra giá trị đỉnh là 10 kW ở $\lambda = 694$ nm, đường kính chùm tia là 5 mm và độ phân kỳ của chùm tia là 0,5 mrad. Góc trương phải nhỏ hơn hoặc bằng độ phân kỳ. Do đó có thể giả thiết là nguồn điểm có $\alpha < \alpha_{\min} < 1,5$ mrad.

Điểm f) của 4.3 đưa ra thông tin chi tiết về các yêu cầu đối với các bộ phát laser dạng xung lặp lại được tổng kết như dưới đây.

Đối với tất cả các bước sóng, phải đánh giá các yêu cầu 1) và 2). Ngoài ra, đối với các bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm, cần đánh giá thêm yêu cầu 3) để so sánh với các giới hạn nhiệt. Không cần đánh giá theo yêu cầu 3) khi so sánh với các giới hạn quang hóa.

Chọn Cấp 3B và vì không kỳ vọng quan sát có chủ ý nên điểm 4.3 e) sẽ cho gốc thời gian là 100 s.

Điểm 4.3 f) 3) nêu rằng nếu nhiều xung xuất hiện trong khoảng thời gian T_i (xem Bảng 2 đối với T_i) chúng được tính là xung đơn để xác định N và phơi nhiễm bức xạ của các xung riêng rẽ được cộng lại và so sánh với AEL của T_i . Do đó, cần khẳng định xem liệu có nhiều xung xuất hiện trong khoảng thời gian T_i hay không. Nếu khoảng thời gian giữa các xung của bộ phát laser nhỏ hơn khoảng thời gian T_i , phải tính đến các nội dung dưới đây:

Kiểm tra xem có thể xuất hiện nhiều xung trong khoảng thời gian T_i như cho trong Bảng 2 hay không. Đối với bước sóng laser này $T_i = 5 \times 10^{-6}$ s và thời gian thực giữa các xung là $1/F = 2 \times 10^{-3}$ s, do đó không xuất hiện nhiều xung trong khoảng thời gian T_i . Theo quy trình trong 4.3 f):

a) Điểm 4.3 f) 1) xét đến phơi nhiễm xung đơn. Bảng 8 cho $t = 1 \times 10^{-6}$ s.

$$AEL_{\text{single}} = 0,03 \text{ J (vì } t < 0,06 \text{ s)}$$

b) Điểm 4.3 f) 2) xét đến công suất trung bình của chuỗi xung trong khoảng thời gian T. Bảng 8 cho AEL đối với $t = 100$ như sau:

$$AEL_T = 0,5 \text{ W}$$

Vì bộ phát laser này có chuỗi xung đều đặn nên không cần lấy trung bình trong các khoảng thời gian ngắn hơn. Để thuận lợi trong việc so sánh (xem chú thích cho điểm 4.3 f) 2)) AEL_T được chuyển đổi thành giá trị liên quan đến xung đơn. Trong trường hợp này, vì AEL_T có đơn vị là W nên khi chia cho PRF sẽ cho năng lượng AEL tương đương trên mỗi xung; do đó

$$AEL_{s,p,T} = \frac{AEL_T}{PRF} = \frac{0,5 W}{500 Hz} = 1 \times 10^{-3} J$$

c) Điểm 4.3 f) 3) xét đến năng lượng từ một xung đơn nhân với C_5 . Ta có $AEL_{s,p,train} = AEL_{single} \times C_5$. Theo 4.3 f) 3):

đối với $t < T_i$ và gốc thời gian $> 0,25$ s

$$\text{nếu } N \leq 600 \quad C_5 = 1$$

$$\text{nếu } N > 600 \quad C_5 = 5 \cdot N^{-0,25} \text{ với giá trị tối thiểu là } 0,4.$$

Ngoài ra N được giới hạn đến số lượng xung xuất hiện trong khoảng thời gian $T_2 = 10$ s đối với $\alpha \leq \alpha_{min}$ (xem Bảng 9). Do đó, với độ lặp xung là 500 Hz trong 10 s, $N = 500 \times 10 = 5\,000$, là giá trị lớn hơn 600 và vì vậy

$$C_5 = 5 \times 5\,000^{-0,25} = 0,59$$

Do đó

$$AEL_{s,p,train} = 0,03 \times 0,59 J$$

$$AEL_{s,p,train} = 0,018 J$$

Lưu ý rằng ba giá trị AEL nêu trên đều liên quan đến xung đơn và có thể được so sánh trực tiếp để tìm ra giá trị khắc nghiệt nhất. Khi đó giá trị khắc nghiệt nhất trong ba giá trị là $AEL_{s,p,T}$ và vì vậy AEL đối với Cấp 3B là $1 \times 10^{-3} J$.

Vì laser có đường kính chùm tia nhỏ và độ phân kỳ thấp nên phát xạ được đo trong các Điều kiện 1 và Điều kiện 3 (xem Bảng 10) sẽ cho kết quả như nhau và bằng năng lượng laser tổng. AEL (ứng với năng lượng xung trong trường hợp này) và mức phát xạ (công suất đỉnh quy định) phải nằm trên đường cơ sở như nhau, vì thế công suất phát xạ đỉnh phải được chuyển đổi thành năng lượng xung (hoặc ngược lại).

Năng lượng laser trên mỗi xung, Q, được tính từ

$$Q = (\text{công suất đỉnh}) \times (\text{thời gian xung})$$

$$Q = 10^4 \times 1 \times 10^{-6} = 0,01 J$$

Vì năng lượng phát xạ tiếp cận được trên mỗi xung vượt quá $AEL_{s,p,T}$, sản phẩm laser vượt quá AEL Cấp 3B và, do đó, phải là Cấp 4.

Phụ lục C
(tham khảo)

Mô tả các cấp và các nguy hiểm liên quan tiềm ẩn

C.1 Quy định chung

Phụ lục này đưa ra bản mô tả các cấp cũng như các nguy hiểm liên quan tiềm ẩn.

Phụ lục này được thiết kế như một hướng dẫn cho nhà chế tạo giúp họ mô tả các nguy hiểm liên quan của sản phẩm. Phụ lục này cũng chỉ ra các hạn chế của phương thức phân loại, tức là các tình huống trong đó ý nghĩa của việc phân loại nhìn chung là không thích hợp.

Việc phân loại được xây dựng nhằm hỗ trợ người sử dụng trong việc đánh giá nguy hiểm của bộ phát laser và xác định các biện pháp không chế cần thiết. Phân loại bộ phát laser liên quan đến nguy hiểm tiềm ẩn của bức xạ laser tiếp cận được đến mắt hoặc da mà không liên quan đến các nguy hiểm tiềm ẩn khác như các nguy hiểm về điện, cơ hoặc hóa, hoặc các nguy hiểm từ bức xạ quang thứ cấp. Mục đích của việc phân loại nhằm nhận biết rủi ro thương tích tăng khi công suất bức xạ laser tiếp cận được tăng cao hơn đường cơ sở của điều kiện Cấp 1 và hầu hết đều mô tả chính xác rủi ro do phơi nhiễm tiềm ẩn tại các khoảng cách ngắn đến bộ phát laser. Vùng nguy hiểm có thể khác nhiều đối với các bộ phát laser khác nhau trong cùng một cấp. Nguy hiểm tiềm ẩn có thể giảm đáng kể bằng các biện pháp bảo vệ bổ sung của người sử dụng kể cả các không chế kỹ thuật bổ sung ví dụ như vỏ bảo vệ.

C.2 Mô tả các cấp

C.2.1 Cấp 1

Các sản phẩm laser là an toàn trong quá trình sử dụng, kể cả việc quan sát nội chùm tia trực tiếp trong thời gian dài, ngay cả khi phơi nhiễm xảy ra khi sử dụng ống nhòm. Cấp 1 cũng bao gồm các bộ phát laser công suất cao được bao kín hoàn toàn sao cho không có bức xạ nguy hiểm tiềm ẩn nào tiếp cận được trong sử dụng (sản phẩm laser lắp trong). Quan sát nội chùm tia của các sản phẩm laser Cấp 1 phát ra năng lượng bức xạ nhìn thấy được có thể vẫn sinh ra các hiệu ứng nhìn lóa mắt, đặc biệt là trong ánh sáng môi trường thấp.

Thuật ngữ “an toàn cho mắt” có thể chỉ được sử dụng đối với các sản phẩm laser Cấp 1. Thuật ngữ “bộ phát laser an toàn cho mắt” không nên được sử dụng để mô tả bộ phát laser, chỉ trên cơ sở bước sóng đầu ra của nó lớn hơn 1 400 nm. Các bộ phát laser có bước sóng bất kỳ với công suất ra đủ cũng có thể gây thương tích.

C.2.2 Cấp 1M

Sản phẩm laser an toàn kể cả khi quan sát nội chùm tia trực tiếp dài hạn đối với mắt thường (mắt không có hỗ trợ thị lực). MPE có thể bị vượt quá và có thể gây thương tích cho mắt sau khi phơi nhiễm có sử

dụng kính thiên văn ví dụ như ống nhòm đối với chùm tia chuẩn trực có đường kính lớn hơn đường kính đo quy định cho Điều kiện 3 (xem Bảng 10).

Vùng bước sóng đối với các laser Cấp 1M được hạn chế ở vùng phổ trong đó hầu hết các vật liệu quang thủy tinh được sử dụng trong các thiết bị đo quang có thể truyền đáng kể, tức là trong khoảng từ 302,5 nm đến 4 000 nm. Quan sát nội chùm tia của sản phẩm laser Cấp 1M phát ra năng lượng bức xạ nhìn thấy có thể vẫn sinh ra các hiệu ứng lóa mắt, đặc biệt là trong ánh sáng môi trường thấp.

C.2.3 Cấp 1C

Các sản phẩm laser được thiết kế để chiếu trực tiếp bức xạ laser lên da hoặc các mô bên trong cơ thể người trong các quy trình y tế, chẩn đoán, điều trị hoặc thẩm mỹ ví dụ như triệt lông, mờ nếp nhăn khóe mắt, mờ mụn trứng cá. Mặc dù bức xạ laser phát ra có thể ở mức Cấp 3R, 3B hoặc 4, nhưng phơi nhiễm mắt được ngăn ngừa bởi một hoặc nhiều phương tiện kỹ thuật. Mức phơi nhiễm của da phụ thuộc vào ứng dụng, do đó khía cạnh này được đề cập trong các tiêu chuẩn sản phẩm cụ thể. Cấp này được đưa vào trong tiêu chuẩn này vì các sản phẩm này hiện đang có sẵn trên thị trường, và các biện pháp khống chế thường được quy định đối với các sản phẩm laser Cấp 3B hoặc 4 là không thích hợp với chúng. Ban kỹ thuật sử dụng Cấp 1C phải xây dựng các quy định kỹ thuật cần thiết đối với an toàn trong các tiêu chuẩn sản phẩm cụ thể của họ.

C.2.4 Cấp 2

Các sản phẩm laser phát bức xạ nhìn thấy trong dải bước sóng từ 400 nm đến 700 nm là an toàn đối với các phơi nhiễm tạm thời nhưng có thể nguy hiểm khi nhìn trực diện vào chùm tia. Góc thời gian 0,25 s là cố hữu trong định nghĩa của cấp và giả thiết là có rủi ro bị thương rất thấp khi phơi nhiễm tạm thời lâu hơn chút ít.

Các hệ số dưới đây góp phần loại trừ thương tích trong các điều kiện dự đoán được một cách hợp lý:

- phơi nhiễm không chủ ý hiếm khi phản ánh điều kiện trường hợp xấu nhất, ví dụ, của việc sắp xếp chùm tia thẳng với con người khi đầu được giữ cố định, không gian chứa ở trường hợp xấu nhất;
- biên dự phòng an toàn cố hữu trong MPE là cơ sở cho AEL;
- phản ứng khó chịu tự nhiên khi phơi nhiễm với ánh sáng mạnh.

Đối với Cấp 2, ngược với Cấp 2M, việc sử dụng các thiết bị đo quang không làm tăng rủi ro chấn thương mắt.

Tuy nhiên, chùm tia từ sản phẩm laser Cấp 2 có thể gây lóa mắt, mù đèn flash và dư ảnh, đặc biệt là trong điều kiện ánh sáng môi trường yếu. Điều này có thể có ảnh hưởng gián tiếp đến an toàn chung do nhiễu tạm thời của việc nhìn hoặc do phản ứng giật mình. Các nhiễu thị lực này có thể cần được quan tâm đặc biệt nếu xảy ra trong quá trình thực hiện các thao tác mà việc an toàn là rất quan trọng ví dụ như làm việc với máy điện hoặc ở độ cao với điện áp cao.

TCVN 12670-1:2020

Người sử dụng được hướng dẫn bởi các ghi nhãn là không nhìn chăm chăm vào chùm tia, tức là thực hiện các phản ứng bảo vệ chủ động bằng cách di chuyển đầu hoặc nhắm mắt lại và tránh quan sát nội chùm tia một cách liên tục có chủ ý.

C.2.5 Cấp 2M

Các sản phẩm laser phát ra chùm tia laser nhìn thấy được và chỉ an toàn đối với phơi nhiễm ngắn hạn đối với mắt thường (không có hỗ trợ thị lực). MPE có thể bị vượt quá và mắt có thể bị tổn thương sau khi phơi nhiễm có sử dụng kính thiên văn vì dụ ống nhòm đối với chùm tia chuẩn trực có đường kính lớn hơn đường kính đo quy định cho Điều kiện 3 (xem Bảng 10).

Tuy nhiên, chùm tia từ sản phẩm laser Cấp 2M có thể gây lóa mắt, mù đèn flash và dư ảnh, đặc biệt là trong điều kiện ánh sáng môi trường yếu. Điều này có thể có ảnh hưởng gián tiếp đến an toàn chung do nhiễu tạm thời của việc nhìn hoặc do phản ứng giật mình. Các nhiễu thị lực này có thể cần được quan tâm đặc biệt nếu xảy ra trong quá trình thực hiện các thao tác mà việc an toàn là rất quan trọng ví dụ như làm việc với máy điện hoặc ở độ cao với điện áp cao.

Người sử dụng được hướng dẫn bởi các ghi nhãn là không nhìn chăm chăm vào chùm tia, tức là thực hiện các phản ứng bảo vệ chủ động bằng cách di chuyển đầu hoặc nhắm mắt lại và tránh quan sát nội chùm tia một cách liên tục có chủ ý. Ghi nhãn sản phẩm Cấp 2M cũng hướng dẫn người sử dụng khi phơi nhiễm sử dụng thiết bị đo quang viễn vọng.

C.2.6 Cấp 3R

Các sản phẩm phát bức xạ có thể vượt quá MPE khi quan sát nội chùm tia trực tiếp, nhưng rủi ro bị thương trong hầu hết các trường hợp thường tương đối thấp. AEL đối với Cấp 3R được giới hạn ở 5 lần AEL Cấp 2 (bức xạ laser nhìn thấy) hoặc 5 lần AEL Cấp 1 (bức xạ laser không nhìn thấy). Vì rủi ro thấp nên ít các yêu cầu chế tạo và các biện pháp khống chế của người sử dụng (tùy thuộc vào quy định quốc gia) được áp dụng hơn so với Cấp 3B. Trong khi các sản phẩm laser Cấp 3R không được coi là an toàn vốn có nhưng rủi ro được hạn chế vì

- phơi nhiễm không chủ ý hiếm khi phản ánh các điều kiện trường hợp xấu nhất của (ví dụ) sự bố trí chùm tia thẳng hàng với con người và không gian trường hợp xấu nhất với toàn bộ năng lượng chùm tia đi vào mắt,
- yếu tố giảm cố hữu (biên dự phòng an toàn) trong MPE,
- phản ứng khó chịu tự nhiên khi phơi nhiễm với ánh sáng mạnh.

Rủi ro bị thương tăng theo thời gian phơi nhiễm, và phơi nhiễm có thể nguy hiểm đối với phơi nhiễm mắt trong các điều kiện trường hợp xấu nhất hoặc đối với quan sát nội chùm tia trực tiếp cố ý.

Do phạm vi rủi ro liên quan đến các bộ phát laser Cấp 3R thay đổi nên khả năng áp dụng các kiểm soát cụ thể của người sử dụng (kể cả kiểm soát về hành chính và bảo vệ mắt cho cá nhân) cần được mô tả rõ ràng trong các hướng dẫn sử dụng.

CHÚ THÍCH: So với các giá trị MPE của mắt cũng như các giá trị AEL đối với Cấp 1, 1M, 2, 2M và 3R quy định trong phiên bản trước của tiêu chuẩn này, các giá trị kỳ vọng trong phiên bản này đã được giảm đi đối với các nguồn điểm dạng xung đơn, nhưng tăng lên đối với hầu hết các nguồn xung lặp lại, và cũng tăng đối với hầu hết các nguồn kéo dài dạng xung; các hệ số giảm (biên dự phòng an toàn) trong các giá trị này được thay đổi tương ứng. Do đó, một số sản phẩm dạng xung đã được phân loại là Cấp 3R trong phiên bản trước thì lại được phân loại là Cấp 2 trong phiên bản này, và một số sản phẩm dạng xung đã được phân loại là Cấp 3B trong phiên bản trước thì lại được phân loại là Cấp 3R trong phiên bản này. Với loại sản phẩm thứ hai đề cập ở trên thì có ít kinh nghiệm thực tế liên quan đến rủi ro bị thương đối với các nguồn CW có chùm tia chuẩn trực có công suất đến 5 mW.

Chùm tia từ sản phẩm laser Cấp 3R trong dải bước sóng nhìn thấy (như từ bộ phát laser Cấp 2) có thể gây lóa mắt, mù đèn flash và dư ảnh, đặc biệt là trong điều kiện ánh sáng môi trường yếu. Điều này có thể có ảnh hưởng gián tiếp đến an toàn chung do nhiễu tạm thời của việc nhìn hoặc do phản ứng giật mình. Các nhiễu thị lực này có thể cần được quan tâm đặc biệt nếu xảy ra trong quá trình thực hiện các thao tác mà việc an toàn là rất quan trọng ví dụ như làm việc với máy điện hoặc ở độ cao với điện áp cao.

Các bộ phát laser Cấp 3R chỉ nên sử dụng khi ít có khả năng quan sát nội chùm tia trực tiếp.

C.2.7 Cấp 3B

Các sản phẩm laser thường nguy hiểm khi xảy ra phơi nhiễm mắt nội chùm tia (tức là trong phạm vi NOHD) kể cả phơi nhiễm ngẫu nhiên trong thời gian ngắn. Việc quan sát các phản xạ khuếch tán thường là an toàn. Các bộ phát laser Cấp 3B tiếp cận đến AEL đối với Cấp 3B có thể gây ra các thương tích nhỏ trên da hoặc thậm chí gây ra rủi ro mỗi chất vật liệu dễ cháy. Tuy nhiên, điều này chỉ có khả năng xảy ra nếu chùm tia có đường kính nhỏ hoặc được hội tụ.

CHÚ THÍCH: Tồn tại một vài điều kiện quan sát về lý thuyết (nhưng hiếm) khi việc quan sát phản xạ khuếch tán có thể vượt quá MPE. Ví dụ đối với bộ phát laser Cấp 3B có công suất đạt đến AEL, việc quan sát kéo dài hơn 10 s các phản xạ khuếch tán thực của bức xạ nhìn thấy và quan sát ở các khoảng cách ngắn hơn 13 cm giữa bề mặt khuếch tán và giác mạc có thể vượt quá MPE.

C.2.8 Cấp 4

Các sản phẩm laser mà việc quan sát nội chùm tia và phơi nhiễm da là nguy hiểm và việc quan sát các phản xạ khuếch tán cũng có thể nguy hiểm. Các bộ phát laser này cũng thường có nguy hiểm về cháy.

C.2.9 Lưu ý về các tên gọi

"C" trong Cấp 1C được rút ra từ chế độ làm việc trong đó bức xạ laser cao hơn AEL của Cấp 1 chỉ có thể phát ra khi tiếp xúc với (hoặc rất gần với) da hoặc mô bên trong của cơ thể.

"M" trong Cấp 1M và Cấp 2M rút ra từ các thiết bị đo quan sát quang khuếch đại. "R" trong Cấp 3R được rút ra từ các yêu cầu được giảm nhẹ: các yêu cầu giảm nhẹ cho cả nhà chế tạo (ví dụ không yêu cầu thiết bị đóng cắt dạng chìa khóa, bộ khóa chùm tia hoặc bộ suy giảm và bộ nổi khóa liên động) và người

TCVN 12670-1:2020

sử dụng. "B" đối với Cấp 3B có nguồn gốc lịch sử, trong phiên bản trước của tiêu chuẩn này, đã đề cập đến Cấp 3A có ý nghĩa tương tự với Cấp 1M và Cấp 2M hiện nay.

Lưu ý rằng đối với các mô tả nêu trên, bất cứ khi nào sử dụng từ "nguy hiểm" hoặc có nhắc tới rủi ro gây thương tích cao, thì nguy hiểm và rủi ro này chỉ tồn tại trong khu vực xung quanh bộ phát laser nơi vượt quá các mức MPE tương ứng. Đối với phơi nhiễm của mắt thường, vùng này được bao bởi NOHD, hoặc đối với Cấp 1M và 2M chuẩn trực cao được quan sát bằng ống nhòm hoặc kính viễn vọng bởi NOHD kéo dài (ENOHĐ). Sản phẩm laser cụ thể (Cấp 3B hoặc Cấp 4) có NOHD rất ngắn sao cho việc lắp đặt và ứng dụng đối với những người ở bên ngoài NOHD thì việc bảo vệ mắt là không cần thiết. Ví dụ của việc lắp đặt này là các laser quét hoặc các laser đơn sắc lắp trên trần nhà của khu vực gia công dùng để chiếu dạng hoặc đường lên vật cần gia công trong khu vực chế tạo nằm bên dưới. Trong khi mức công suất và dạng quét có thể khiến cho phơi nhiễm trong khu vực gia công thấp hơn MPE và do đó an toàn, thì khi bảo dưỡng và bảo trì sẽ cần lưu ý đặc biệt. Ví dụ, phơi nhiễm ở các khoảng cách gần có thể nguy hiểm, ví dụ khi người sử dụng đứng trên thang để làm sạch cửa sổ. Ví dụ khác là trong khi dạng quét có thể an toàn nhưng vẫn có thể có nguy hiểm nếu chùm tia chuyển sang chế độ không quét. Ngoài ra, đối với các sản phẩm laser Cấp 4, có NOHD kết hợp với các phản xạ khuếch tán (mặc dù NOHD này có nhiều khả năng được giới hạn về mức độ). Đặc tính của nguy hiểm liên quan đến bộ phát laser cụ thể và ứng dụng của nó là một phần trong đánh giá rủi ro.

Các thử nghiệm phân loại được thiết kế là trường hợp xấu nhất và khắc nghiệt để đảm bảo sản phẩm laser cấp thấp (ví dụ Cấp 1) không có nguy hiểm đến mắt hoặc da ngay cả trong các tình huống trường hợp xấu nhất dự đoán được một cách hợp lý; các điều kiện thử nghiệm được thiết kế để xét đến các loại tình huống trường hợp xấu nhất (xem Sliney et al.). Do đó, sản phẩm Cấp 3B hoặc Cấp 4 có thể vẫn được thiết kế theo cách sao cho nó có thể được coi là an toàn đối với sử dụng dự kiến và hoạt động bình thường, vì nguy hiểm chỉ trở nên tiếp cận được trong các tình huống trường hợp xấu nhất. Ví dụ, sản phẩm có thể có vỏ bảo vệ (phù hợp với IEC 60825-4) nhưng không phù hợp với sản phẩm laser Cấp 1 lắp trong vì các lý do dưới đây.

- Vỏ bảo vệ không đạt thử nghiệm theo tiêu chuẩn này trong giai đoạn kéo dài (trong khi đối với các máy điện theo IEC 60825-4 cho phép sử dụng thời gian đánh giá ngắn hơn).
- Nó không có nắp phía trên nhưng có thể được coi là an toàn đối với môi trường ở đó không có người bên trên tấm bảo vệ đó.
- Nó không có bộ phát hiện tự động các truy cập đi vào. (Tuy nhiên, trong môi trường có khóa chế, điều này có thể được thay bằng biện pháp an toàn hệ thống của các khóa riêng rẽ mà ngăn việc đóng cửa khi có ai đó bên trong vỏ bảo vệ - điều này không ảnh hưởng đến phân loại nhưng thể hiện quy trình đạt được mức an toàn mong muốn cho người sử dụng).

Trong các trường hợp khi nguy hiểm kết hợp với sản phẩm laser Cấp 3B và Cấp 4 được giới hạn trong phạm vi vỏ bảo vệ, các biện pháp an toàn hệ thống có thể là đủ. Tương tự, đối với hệ thống laser không

có nắp che, hoặc trường hợp khi cháy xuyên qua tấm bảo vệ có thể xảy ra sau một vài sự cố kéo dài lâu hơn thì các biện pháp an toàn hệ thống có thể là đủ.

Các ví dụ khác là khi các nguy hiểm kết hợp với bộ phát laser Cấp 3B và Cấp 4 chỉ xuất hiện trong các tình huống cụ thể. Ví dụ, xét đến tình huống khi phân loại dựa trên các phụ kiện như thấu kính trực chuẩn áp dụng cho nguồn có độ phân kỳ cao để điều trị bằng laser mức thấp. Sản phẩm này có thể được phân loại là Cấp 3B dựa trên các thấu kính được bắt vít vì thấu kính này sinh ra chùm tia chuẩn trực có nguy hiểm tiềm ẩn. Tuy nhiên, việc sử dụng không có thấu kính được bắt vít, mà tạo ra chùm tia phân kỳ, có thể an toàn (tức là phơi nhiễm bất kỳ cho mắt có thể thấp hơn MPE). Do đó vùng nguy hiểm chỉ tồn tại xung quanh bộ phát laser một khi phụ kiện được bắt vít.

C.3 Các hạn chế của phương thức phân loại

Mặc dù thử nghiệm phân loại theo nhiều cách khá khắc nghiệt và trường hợp xấu nhất những vấn đề có những hạn chế mà, trong số ít các trường hợp, có thể dẫn đến nguy hiểm vượt quá các nguy hiểm liên quan đến các cấp tương ứng. Việc phân loại dựa trên ba “thành phần”:

- a) AEL của các cấp khác nhau;
- b) Các yêu cầu của phép đo bao gồm khoảng cách đo, đường kính lỗ mở và góc chấp nhận để phản ánh các điều kiện phơi nhiễm tiềm ẩn. Các yêu cầu đo này, đối với sản phẩm laser cho trước, xác định phát xạ tiếp cận được được so sánh với AEL để xác định cấp của sản phẩm;
- c) Các điều kiện thử nghiệm để xác định AEL và phát xạ tiếp cận được. Điều này bao gồm cả việc tính đến các điều kiện sự cố đơn dự đoán được một cách hợp lý. Ngoài ra vận hành, bảo trì và bảo dưỡng cần được phân biệt. Cũng cần xét đến việc sử dụng các phụ kiện và cấu hình khác nhau của sản phẩm có thể thay đổi mà không cần sử dụng dụng cụ.

Mỗi thành phần trong ba thành phần này có một số giả thiết ngầm sao cho trong một số ít các trường hợp, khi các giả thiết này không được đáp ứng, có thể phát sinh các nguy hiểm vượt quá hiểu biết thông thường của cấp đó. Ví dụ, AEL đối với Cấp 1 và 1M khi phơi nhiễm thời gian dài dựa trên giả thiết về các chuyển động của mắt không bị gây tê. Do đó, nếu phơi nhiễm mắt kéo dài xảy ra trong quá trình y tế đối với mắt bị gây tê thì phát xạ laser Cấp 1 và 1M có thể dẫn đến các phơi nhiễm nguy hiểm tiềm ẩn. Ngoài ra, các yêu cầu của phép đo phụ thuộc vào các giả thiết và đánh giá của khả năng xảy ra phơi nhiễm với các kiểu thiết bị đo quang nhất định. Ví dụ chùm tia chuẩn trực đường kính lớn (lớn hơn 50 mm) bị chặn bởi kính thiên văn lớn có thể nguy hiểm ngay cả đối với sản phẩm laser Cấp 1. Tuy nhiên, xác suất của phơi nhiễm mắt ngẫu nhiên này thường rất nhỏ do trường quan sát nhỏ của kính thiên văn lớn. Tình huống khác mà có thể cần xét đến là khi sản phẩm được đặt vào điều kiện không được yêu cầu xem xét để phân loại nhưng từ bức xạ nguy hiểm cũng có thể trở nên tiếp cận được. Ví dụ ngay cả khi không được cung cấp bởi nhà chế tạo sản phẩm như một phụ kiện nhưng chùm tia phân kỳ từ sản phẩm Cấp 1M hoặc Cấp 2M có thể được biến đổi thành chùm tia chuẩn trực với khoảng cách nguy hiểm

TCVN 12670-1:2020

lớn tiềm ẩn bằng cách gắn các thấu kính chuẩn trực vào sản phẩm. Tuy nhiên, điều này được coi là thay đổi sản phẩm và người thực hiện thay đổi này cần phải thực hiện phân loại lại sản phẩm đó.

Mặc dù vậy, nhà chế tạo cần nhận thức các hạn chế sao cho có thể đưa ra các cảnh báo trong sổ tay sử dụng cho sản phẩm. Các ví dụ cụ thể của các hạn chế có thể có được cho dưới đây (lưu ý là các hạn chế này chỉ là có thể có vì nó phụ thuộc vào kiểu sản phẩm có áp dụng các hạn chế này hay không).

- Sản phẩm laser Cấp 1, Cấp 2 hoặc Cấp 3R có chùm tia chuẩn trực đường kính lớn được quan sát bằng kính thiên văn lớn.
- Sản phẩm laser Cấp 1, Cấp 2 hoặc Cấp 3R có chùm tia chuẩn trực đường kính lớn được quan sát bằng kính phóng đại (xem thêm chú thích 1 trong 5.4.1 của IEC 60825-2).
- Ống nhòm hoặc kính thiên văn có độ khuếch đại nhỏ hơn $\times 7$. Trong trường hợp này, đối với Điều kiện 1, khuếch đại của nguồn góc α mà có thể áp dụng (xem 4.3 c)), hoặc một cách khác, việc giảm góc chấp nhận (xem 5.4.3 b)) cần bằng hệ số khuếch đại thực, tức là nhỏ hơn $\times 7$.
- Các chùm tia quét khi được quan sát bằng kính thiên văn.
- Việc quan sát nội chùm tia ở các khoảng cách rất gần với bức xạ laser UV-A từ các sản phẩm laser Cấp 1 có thể vượt quá MPE đối với mắt khi phơi nhiễm trong các khoảng thời gian dài hơn 1 000 s.
- Điều kiện sự cố kép có thể xảy ra. Điều này có nghĩa là từng sự cố bản thân nó không gây ra phát xạ tiếp cận được cao hơn AEL nhưng cả hai sự cố xảy ra đồng thời thì lại có thể. Khi các sự cố này được kỳ vọng là xảy ra với xác suất tương đối cao thì xác suất đối với sự cố kép có thể đủ cao để cần được xét đến trong thiết kế sản phẩm.
- Cấp của bộ phát laser có thể không cho biết nguy hiểm tại các vị trí khi người có nhiều khả năng phơi nhiễm với chùm tia laser. Cần xét đến NOHD đặc biệt là với các chùm tia laser có độ phân kỳ cao.

C.4 Tài liệu tham khảo

[1] HENDERSON, R. and SCHULMEISTER, K. *Laser Safety*, Taylor and Francis Ltd., United Kingdom, 2004

[2] SLINEY DH, MARSHALL WJ, BRUMAGE EC. Rationale for laser classification measurement conditions. *J Laser Appl.* 2007; 19(3):197-206

[3] ISO/IEC GUIDE 51 :1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

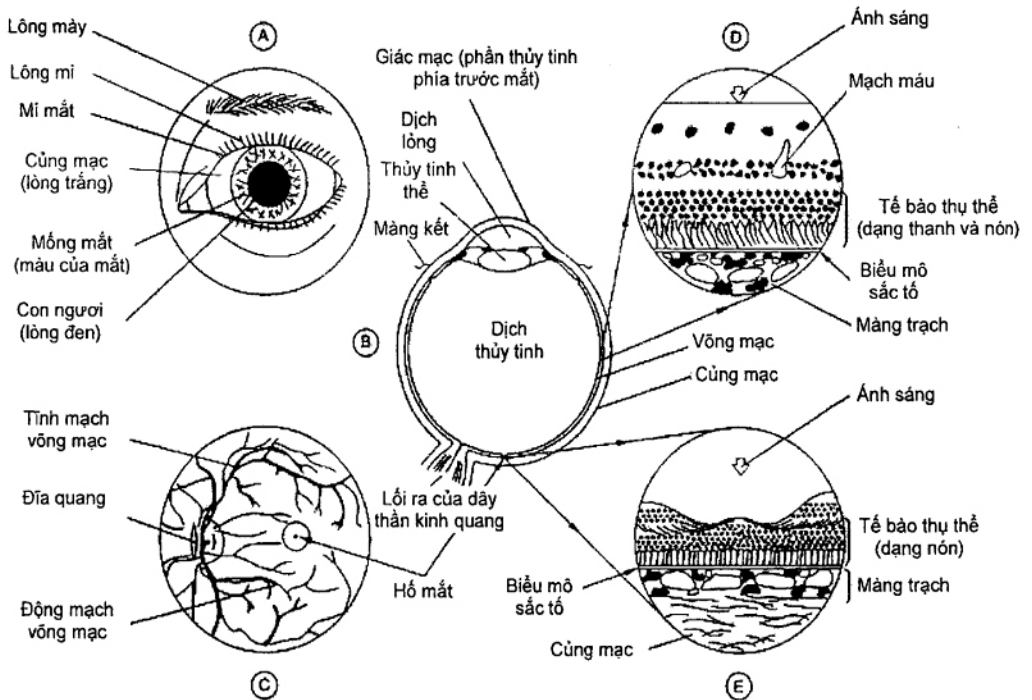
Phụ lục D

(tham khảo)

Lưu ý về lý sinh

D.1 Giải phẫu mắt

Hình D.1 đưa ra chi tiết giải phẫu của mắt người.



Hình D.1 – Giải phẫu mắt

Trong Hình D.1, phần (A) là sơ đồ của các đặc trưng bên ngoài của mắt trái. Lỗ mở giữa các mí mắt phủ lên trên sẽ giới hạn trường nhìn (FOV) của mắt ở hình dạng hạt hạnh nhân. Các đặc trưng chính của phần phía trước của mắt được minh họa.

Phần (B) là mặt cắt ngang dạng biểu đồ của mắt trái. Mắt được chia thành hai phần, phần phía trước được bao bởi giác mạc, mống mắt và thủy tinh thể, và phần cốc mắt phía sau được bao bởi võng mạc và chứa dịch thủy tinh dạng gel.

Phần (C) là bên trong phần mắt không chạm tới được nhìn thông qua kính soi đáy mắt. Thiết bị này chiếu trực tiếp chùm tia sáng qua con ngươi và rơi vào bên trong mắt để cho phép nhìn thấy mắt. Hình ảnh quan sát được đáy mắt. Nó có màu hơi đỏ nhưng có thể nhìn rõ tinh mạch võng mạc. Các đặc trưng nổi bật khác là đĩa quang màu hơi trắng và hố mắt. Hố mắt là điểm lõm nhỏ trên bề mặt võng mạc

TCVN 12670-1:2020

mà có thể có sắc tố nhiều hơn võng mạc xung quang và là vùng nhìn chính xác nhất. Hố mắt là tâm của điểm vàng; điểm vàng dùng để nhìn chi tiết.

Phần (D) là kết cấu của võng mạc như nhìn trên mặt phẳng cắt của Hình D.1 (B) nhưng được khuếch đại vài trăm lần so với thực tế. Võng mạc gồm một loạt các lớp tế bào thần kinh chồng lên các thanh nhạy sáng và tế bào thụ thể dạng nón; tức là ánh sáng rơi trên bề mặt của võng mạc phải đi qua các lớp tế bào thần kinh của biểu mô sắc tố có chứa các sắc tố đen hơi nâu; và bên dưới là lớp mạch máu nhỏ, màng trạch. Lớp hấp thụ cuối cùng là màng trạch có chứa cả tế bào sắc tố và mạch máu.

Phần (E) là kết cấu của vùng hố mắt được phóng đại lên hàng trăm lần. Ở đây chỉ thể hiện dạng hình nón. Các tế bào thần kinh được dịch chuyển theo hướng kính ra khỏi vùng quan sát chính xác nhất này. Sắc tố đen mà hấp thụ mạnh bước sóng từ 400 nm đến 500 nm, được nằm trong lớp sợi của Henle.

D.2 Ảnh hưởng của bức xạ laser lên các mô sinh học

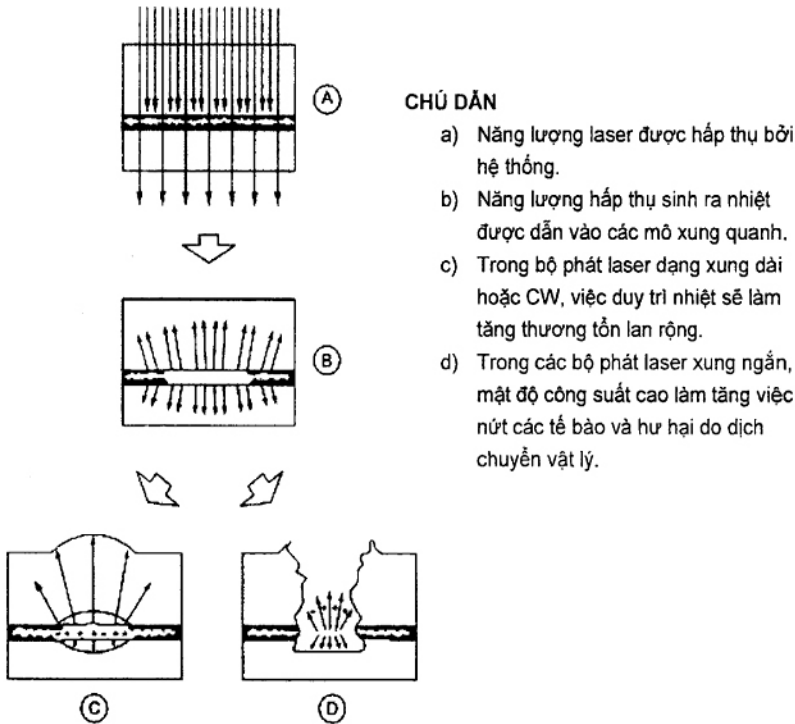
D.2.1 Quy định chung

Cơ chế mà bức xạ laser gây ra hư hại tương tự nhau đối với tất cả các hệ thống sinh học và có thể liên quan đến sự tương tác lẫn nhau của nhiệt, chuyển tiếp âm-nhiệt, các quá trình quang hóa và các ảnh hưởng không tuyến tính khác. Mức độ mà các cơ chế này chịu trách nhiệm cho việc hư hại đều có thể liên quan đến một số tham số vật lý của nguồn bức xạ mà quan trọng nhất là bước sóng, thời gian xung, kích cỡ hình ảnh, độ rọi và phơi nhiễm bức xạ.

Nhìn chung, trong phơi nhiễm cao hơn ngưỡng, cơ chế chiếm ưu thế có liên quan nhiều đến thời gian xung của phơi nhiễm. Do đó, khi tăng thời gian xung, các ảnh hưởng chiếm ưu thế trong vùng thời gian dưới đây là:

- trong các phơi nhiễm nano giây và ngắn hơn nano giây, các vi lỗ hồng, chuyển tiếp âm thanh và các ảnh hưởng không tuyến tính,
- từ khoảng 100 μ s đến vài giây, ảnh hưởng nhiệt, và
- lớn hơn khoảng 10 s, ảnh hưởng quang hóa.

Bức xạ laser được phân biệt với hầu hết các kiểu bức xạ đã biết khác bởi sự chuẩn trực của chùm tia và độ bức xạ cao. Điều này, cùng với năng lượng ban đầu cao, tạo ra lượng năng lượng quá mức được truyền vào các mô sinh học. Sự kiện sơ cấp trong kiểu hồng bất kỳ do bức xạ laser đến hệ thống sinh học là sự hấp thụ bức xạ quang bởi hệ thống đó. Hấp thụ xảy ra ở mức nguyên tử hoặc phân tử và là quá trình cụ thể của bước sóng. Do đó, nó là bước sóng xác định mô nào có nhiều khả năng bị hồng bởi chùm tia laser cụ thể.



Hình D.2 – Sơ đồ hư hại liên quan đến laser trong các hệ thống sinh học

Ảnh hưởng về nhiệt. Khi hệ thống hấp thụ đủ năng lượng bức xạ, các phân tử thành phần của nó chịu rung tăng lên, và tăng thành phần nhiệt. Hầu hết hư hại về laser là do nhiệt của các mô hấp thụ. Hư hại nhiệt này thường được giữ trong vùng giới hạn kéo dài sang cả hai phía của vị trí hấp thụ năng lượng laser, và có tâm nằm trên chùm tia rọi. Các tế bào nằm trong vùng này cho thấy đặc tính bông, và hư hại mô chủ yếu do biến chất của protein. Như chỉ ra ở trên, việc xuất hiện cơ chế hư hại thứ cấp do các tác động của laser có thể liên quan đến khoảng thời gian mà mô phản ứng với nhiệt và liên quan trực tiếp đến thời gian xung (xem Hình D.2) và giai đoạn làm mát. Các phản ứng nhiệt hóa xảy ra trong cả hai giai đoạn đốt nóng và làm mát, làm tăng sự phụ thuộc vào kích thước điểm của thương tích do nhiệt. Nếu xung lượng laser dạng xung dài hoặc dạng CW được chiếu thẳng vào mô thì do tính dẫn, vùng mô sinh học chịu nhiệt độ tăng lên sẽ ngày càng lan rộng. Việc lan rộng nhiệt này làm cho vùng hư hại tăng lên khi ngày càng nhiều tế bào được nâng lên cao hơn mức chịu nhiệt của chúng. Kích cỡ ảnh của chùm tia cũng đóng vai trò rất quan trọng vì mức độ lan rộng do tính dẫn là hàm của kích cỡ cũng như nhiệt độ của vùng mô gia nhiệt ban đầu. Kiểu thương tổn nhiệt này thường được thấy trên phoi nhiễm với các bộ phát laser dạng xung dài hoặc CW nhưng cũng xảy ra với các xung ngắn. Đối với các kích cỡ điểm được rọi cỡ 1 mm đến 2 mm hoặc nhỏ hơn, dòng nhiệt hướng kính dẫn đến sự phụ thuộc của thương tích vào kích cỡ điểm.

TCVN 12670-1:2020

Ảnh hưởng quang hóa. Mặt khác, hiệu ứng hư hại có thể là kết quả trực tiếp của quá trình quang hóa. Quá trình này được tạo ra bởi hấp thụ năng lượng ánh sáng cho trước. Khác với việc nhà năng lượng, các loài chịu phản ứng hóa học đơn nhất theo tình trạng bị kích thích của chúng. Phản ứng quang hóa này được cho là nguyên nhân của hư hại ở các mức phơi nhiễm thấp. Bằng cơ chế này, một vài mô sinh học ví dụ như da, thủy tinh thể của mắt, và đặc biệt là võng mạc có thể cho thấy sự thay đổi không đảo ngược gây ra do phơi nhiễm kéo dài với mức trung bình của bức xạ UV và ánh sáng có bước sóng ngắn. Sự thay đổi gây ra do quang hóa này có thể gây ra hư hại đến hệ thống nếu thời gian chiếu rọi quá mức hoặc nếu các phơi nhiễm ngắn hơn lặp lại trong các giai đoạn kéo dài. Một số phản ứng quang hóa được khởi phát bởi phơi nhiễm laser có thể là bất thường hoặc là sự phóng đại các quá trình bình thường. Các phản ứng quang hóa nhìn chung là theo Quy luật Bunsen and Roscoe, đối với khoảng thời gian cỡ 1 h đến 3 h hoặc ít hơn (trong trường hợp cơ chế sửa chữa không thể đối phó với tỷ lệ hư hại); ngưỡng thể hiện là phơi nhiễm bức xạ là không đổi trong dải rộng của thời gian phơi nhiễm. Sự phụ thuộc vào kích cỡ điểm, như xảy ra với các ảnh hưởng về nhiệt do khuếch tán nhiệt, không xảy ra ở đây.

Ảnh hưởng không tuyến tính. Bộ phát laser có công suất giá trị đỉnh cao, dạng xung ngắn (tức là được đóng cắt Q hoặc khóa chế độ) có thể làm tăng hư hại các mô khi kết hợp khác nhau của các cơ chế cảm ứng. Năng lượng được truyền đến đích sinh học trong thời gian rất ngắn và do đó sinh ra độ rọi cao. Các mô đích chịu sự tăng nhanh về nhiệt độ đến mức các thành phần chất lỏng trong các tế bào của chúng bị chuyển thành thể khí. Trong hầu hết các trường hợp, các giai đoạn này nhanh đến mức chúng nổ và các tế bào bị nứt vỡ. Sự truyền áp lực có thể gây ra do dẫn nở nhiệt và cả hai cũng có thể cắt các mô ở xa các lớp hấp thụ do dịch chuyển vật lý lớn. Tại các phơi nhiễm cỡ nhỏ hơn nano giây, việc tự hội tụ của môi chất trong mắt sẽ làm tập trung thêm năng lượng laser từ chùm tia trực chuẩn và làm giảm thêm ngưỡng giữa xấp xỉ 10 ps và 1 ns. Ngoài ra, cơ chế quang không tuyến tính khác xuất hiện để đóng vai trò trong thương tích võng mạc trong vùng nhỏ hơn nano giây.

Tất cả các cơ chế hư hại được mô tả ở trên đều đã cho thấy sự vận hành trong võng mạc, và được phản ánh trong các điểm gây hoặc thay đổi độ dốc trong các mức phơi nhiễm an toàn mô tả trong tiêu chuẩn này.

D.2.2 Nguy hiểm cho mắt

Mô tả ngắn gọn về giải phẫu mắt được cho trong Điều D.1. Mắt được điều tiết đặc biệt để nhận và chuyển đổi bức xạ quang. Các bệnh lý gây ra bởi phơi nhiễm quá mức được tổng hợp trong Bảng D.1. Cơ chế tương tác nhiệt được thể hiện trên Hình D.2. Các bộ phát laser phát bức xạ cực tím và bức xạ xa hồng ngoại thể hiện nguy hiểm giác mạc trong khi các hệ thống phát bước sóng nhìn thấy và gần hồng ngoại sẽ truyền đến võng mạc.

Các chùm tia laser nhìn thấy và gần hồng ngoại là nguy hiểm đặc biệt cho mắt vì các đặc tính cần thiết cho mắt là bộ chuyển đổi hiệu quả ánh sáng tạo ra phơi nhiễm bức xạ cao được đưa đến các mô nhiều sắc tố. Việc tăng độ rọi từ giác mạc đến võng mạc xấp xỉ tỷ lệ của diện tích con ngươi với hình ảnh của nó trên võng mạc. Việc tăng này xảy ra vì ánh sáng đi vào con ngươi tập trung vào "điểm" trên võng mạc.

Con người là lỗ mờ thay đổi nhưng đường kính có thể lớn cỡ 7 mm khi giãn nở tối đa trong mắt người trẻ. Hình ảnh trên võng mạc tương ứng với con người có thể có đường kính trong khoảng 10 μm đến 20 μm . Khi xét đến sự sai lệch của giác mạc và sự phân tán nội trong mắt thì việc tăng độ rọi giữa giác mạc và võng mạc cỡ khoảng 2×10^5 .

Bảng D.1 – Tổng hợp các ảnh hưởng bệnh lý liên quan đến phơi nhiễm quá mức với ánh sáng

Vùng phổ theo CIE ^a	Mắt	Da
Cực tím C (180 nm đến 280 nm)	Viêm giác mạc xạ quang	Ban đỏ (cháy nắng)
Cực tím B (280 nm đến 315 nm)		Quá trình lão hóa da gia tốc Tăng sắc tố da
Cực tím A (315 nm đến 400 nm)	Đục nhân mắt do quang hóa	Sẫm màu da
Nhìn thấy (400 nm đến 780 nm)	Thương tích võng mạc do quang hóa và nhiệt	Phản ứng nhạy sáng Bỏng da
Hồng ngoại A (780 nm đến 1 400 nm)	Đục nhân mắt, bỏng võng mạc	Bỏng da
Hồng ngoại B (1,4 μm đến 3,0 μm)	Aqueous flare, đục nhân mắt, bỏng giác mạc	
Hồng ngoại C (3,0 μm đến 1 mm)	Chỉ bỏng giác mạc	
^a Các vùng phổ được xác định bởi CIE là những câu ngắn gọn có ích trong việc mô tả các hiệu ứng sinh học và có thể không hoàn toàn phù hợp với các điểm gãy phổ trong các bảng MPE từ Bảng A.1 đến Bảng A.3.		

Nếu giả thiết tăng 2×10^5 , chùm tia 50 W·m⁻² trên giác mạc trở thành 1×10^7 W·m⁻² trên võng mạc. Trong tiêu chuẩn này, con người 7 mm được coi là lỗ mờ giới hạn vì đây là trường hợp xấu nhất và được suy ra từ các con số có được khi đo đường kính đồng tử từ mắt người trẻ tuổi. Có một ngoại lệ cho giả thiết đồng tử 7 mm áp dụng trong việc rút ra các giới hạn phơi nhiễm để bảo vệ chống viêm võng mạc xạ quang trong khi quan sát các nguồn laser ánh sáng nhìn thấy mạnh (400 nm đến 700 nm) trong các khoảng thời gian vượt quá 10 s. Trong trường hợp này, con người 3 mm được giả thiết là điều kiện trường hợp xấu nhất; tuy nhiên lỗ mờ trung bình độ rọi 7 mm cho phép đo vẫn được coi là thích hợp do dịch chuyển sinh lý của con người trong không gian. Do đó, AEL đối với các thời gian lớn hơn 10 s vẫn được sử dụng đối với lỗ mờ 7 mm.

Nếu chùm tia cường độ mạnh của ánh sáng laser được đưa đến tiêu cự của võng mạc thì chỉ một phần nhỏ của ánh sáng (đến 5 %) sẽ được hấp thụ bởi sắc tố hình ảnh trong các tế bào dạng thanh và dạng nón. Hầu hết ánh sáng sẽ được hấp thụ bởi sắc tố được gọi là hắc tố chứa trong biểu mô sắc tố. (Trong vùng điểm vàng, một số năng lượng trong dải bước sóng 400 nm đến 500 nm sẽ được hấp thụ bởi sắc

TCVN 12670-1:2020

tổ điểm vàng). Năng lượng hấp thụ sẽ đốt nóng cục bộ và sẽ gây bỏng cho cả biểu mô sắc tố và các tế bào dạng thanh hoặc nón nhạy sáng liền kề. Bỏng hoặc thương tổn có thể làm mất khả năng nhìn. Tổn thương do quang hóa, mặc dù không nhiệt, cũng được cục bộ hóa trong các biểu mô sắc tố.

Tùy thuộc vào biên độ phơi nhiễm, việc mất thị lực có thể vĩnh viễn hoặc không. Giảm thị lực sẽ thường được ghi lại một cách chủ quan bởi từng cá nhân phơi nhiễm chỉ khi liên quan đến vùng tâm hoặc vùng hố mắt của điểm vàng. Hố mắt, phần lõm tại tâm của điểm vàng, là phần quan trọng nhất của võng mạc vì nó chịu trách nhiệm trong việc nhìn sắc nét nhất. Nó là một phần của võng mạc được sử dụng để "nhìn thẳng vào vật thể". Góc nhìn này được tương đương bởi hố mắt xấp xỉ bằng góc được tương đương bởi mặt trăng. Nếu vùng này bị hư hại, việc giảm thị lực có thể xuất hiện ban đầu là điểm trắng mờ làm mờ vùng tâm của thị lực; tuy nhiên, trong hai tuần tiếp theo hoặc nhiều hơn, nó có thể chuyển thành điểm đen. Cuối cùng, nạn nhân sẽ không nhận thấy điểm mù (ám điểm) trong thị lực bình thường. Tuy nhiên, có thể bộc lộ tức thì khi nhìn vào một phòng trống rỗng ví dụ một tờ giấy trắng. Thương tổn ngoại vi sẽ chỉ được ghi nhận chủ quan khi xảy ra hư hại võng mạc nặng. Các thương tổn ngoại vi nhỏ sẽ không gây chú ý và thậm chí có thể không được phát hiện trong quá trình kiểm tra mắt một cách hệ thống.

Trong dải bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm, nguy hiểm lớn nhất là hư hại võng mạc. Giác mạc, dịch lỏng, thủy tinh thể và dịch thủy tinh là trong suốt đối với bức xạ của các bước sóng này. Trong trường hợp chùm tia trực chuẩn, nguy hiểm không phụ thuộc vào khoảng cách giữa nguồn bức xạ và mắt, vì ảnh võng mạc được coi là điểm giới hạn nhiễu xạ có đường kính xấp xỉ 10 μm đến 20 μm . Trong trường hợp này, giả thiết cân bằng nhiệt, vùng nguy hiểm võng mạc được xác định bằng góc tương đương giới hạn α_{min} , thường tương ứng với điểm trên võng mạc có đường kính xấp xỉ 25 μm .

Trong trường hợp nguồn kéo dài, nguy hiểm thay đổi theo khoảng cách quan sát giữa nguồn và mắt vì trong khi bức xạ võng mạc tức thời chỉ phụ thuộc vào bức xạ của nguồn và vào đặc tính thủy tinh thể của mắt, sự truyền năng lượng nhiệt từ các ảnh trên võng mạc lớn hơn có hiệu quả kém hơn dẫn đến sự phụ thuộc vào kích cỡ điểm ảnh trên võng mạc đối với thương tích về nhiệt nhưng không xảy ra đối với thương tích quang hóa (chủ yếu chiếm ưu thế trong vùng phổ từ 400 nm đến 600 nm). Ngoài ra, các dịch chuyển của mắt mở rộng thêm năng lượng hấp thụ đối với các phơi nhiễm laser CW dẫn đến sự phụ thuộc khác nhau của rủi ro đối với các kích cỡ ảnh võng mạc khác nhau.

Khi rút ra các giới hạn đối với phơi nhiễm mắt trong vùng nguy hiểm võng mạc, các hệ số hiệu chỉnh đối với dịch chuyển của mắt chỉ áp dụng đối với khoảng thời gian quan sát vượt quá 10 s. Mặc dù dịch chuyển sinh lý của mắt được biết đến như sự di chuyển mắt cụ thể làm lan rộng năng lượng hấp thụ trong các hình ảnh võng mạc nhỏ nhất (cỡ 25 μm hoặc nhỏ hơn) trong khoảng thời gian từ 0,1 s đến 10 s, các giới hạn cung cấp hệ số an toàn bổ sung mong muốn đối với điều kiện quan sát này. Ở 0,25 s, điểm võng mạc trung bình được chiếu rọi xấp xỉ 50 μm . Đến 10 s, vùng võng mạc được chiếu rọi trở nên xấp xỉ 75 μm và hệ số an toàn cộng thêm đối với điều kiện ảnh nhỏ nhất trở thành 1,7 với mắt ổn định, có tính đến sự phụ thuộc vào kích cỡ điểm. Đến 100 s, hiếm khi đạt được vùng được chiếu rọi (được đo ở 50 % số điểm) nhỏ cỡ 135 μm dẫn đến hệ số an toàn bổ sung là 2,3 hoặc lớn hơn trong điều kiện ảnh nhỏ nhất.

Dữ liệu từ các nghiên cứu chuyển động của mắt và thương tích võng mạc do nhiệt được kết hợp lại để rút ra điểm gãy trong thời gian quan sát T_2 tại đó chuyển động của mắt được bù với rủi ro về lý thuyết tăng cao của thương tích do nhiệt trong các khoảng thời gian phơi nhiễm võng mạc tăng nếu mắt không chuyển động. Vì ngưỡng thương tích do nhiệt được thể hiện là công suất bức xạ đi vào mắt giảm theo thời gian phơi nhiễm t được tăng đến $-0,25$ công suất (tức là chỉ giảm 44 % khi thời gian phơi nhiễm tăng 10 lần), chỉ những lần tăng vừa phải về diện tích võng mạc bị phơi nhiễm sẽ bù cho rủi ro tăng lên đối với thời gian quan sát dài hơn. Diện tích võng mạc được chiếu rọi tăng lên do các chuyển động của mắt nhiều hơn với thời gian quan sát tăng sẽ mất lâu hơn khi bù tác động giảm của sự truyền nhiệt trong các nguồn kéo dài lớn hơn. Do đó, đối với góc trường α tăng, điểm gãy T_2 tăng từ 10 s đối với các nguồn nhỏ lên 100 s đối với các nguồn lớn hơn. Quá 100 s, rủi ro thương tích do nhiệt sẽ không tăng thêm đối với các hình ảnh có kích cỡ nhỏ và trung bình. Quy định kỹ thuật về các giới hạn và điều kiện đo để cố gắng theo kịp những thay đổi này với một số đơn giản hóa dẫn đến việc xác định rủi ro một cách bảo toàn. Giả thiết là các ngưỡng thương tích võng mạc do nhiệt thay đổi nghịch đảo với kích cỡ hình ảnh trên võng mạc (ổn định) từ xấp xỉ 25 μm đến 1 mm (tương ứng với các kích thước góc cỡ 1,5 mrad đến 59 mrad), trong khi vượt quá 1,7 mm (tương ứng với các kích thước góc lớn hơn 100 mrad), không có sự phụ thuộc vào kích cỡ điểm. T_2 và các giới hạn công suất và sự chiếu xạ không thay đổi khi đó sẽ phản ánh ảnh hưởng của việc chuyển động của mắt, dòng máu cũng như giảm việc phụ thuộc của ngưỡng thương tích đối với các khoảng thời gian phơi nhiễm dài hơn liên quan đến sự phụ thuộc vào thời gian của các giới hạn. Điều này sẽ không áp dụng cho các thiết bị đo mắt; xem ISO 15004-2.

Đối với thương tích võng mạc gây ra do quang hóa, không có sự phụ thuộc vào cỡ điểm ảnh đối với ảnh ổn định. Không như cơ chế thương tích về nhiệt, ngưỡng thương tích quang hóa phụ thuộc nhiều vào bước sóng và phụ thuộc vào liều lượng phơi nhiễm, tức là các ngưỡng giảm nghịch đảo với độ dài thời gian phơi nhiễm. Các nghiên cứu về thương tích võng mạc do quang hóa từ hồ quang hàn trường các góc cỡ 1 mrad đến 1,5 mrad cho thấy thương tổn điển hình vào khoảng 185 μm đến 200 μm (tương ứng với các góc nhìn từ 11 mrad đến 12 mrad) thể hiện rõ ràng ảnh hưởng của chuyển động của mắt trong khi cố định; nghiên cứu này và các nghiên cứu khác về chuyển động của mắt trong khi cố định dẫn đến việc suy ra MPE để bảo vệ chống thương tích võng mạc do quang hóa. Các nghiên cứu này cũng dẫn đến việc chiếu rọi MPE cần quy định là được lấy trung bình trong 11 mrad đối với khoảng thời gian phơi nhiễm từ 10 s đến 100 s. Do đó, các nguồn có góc trường α nhỏ hơn 11 mrad được coi giống như các nguồn "điểm", và khái niệm α_{min} được mở rộng cho quan sát bộ phát laser CW. Cách tiếp cận này không hoàn toàn đúng, vì các phép đo sự chiếu rọi của nguồn 11 mrad không tương đương với độ rọi lấy trung bình trong trường nhìn (γ) 11 mrad trừ khi nguồn có phân bố bức xạ chữ nhật ("top-hat"). Do đó, trong tiêu chuẩn này, phân biệt giữa góc trường của nguồn và độ rọi lấy trung bình đối với các giá trị MPE quang hóa. Đối với thời gian quan sát vượt quá xấp xỉ từ 30 s đến 60 s, sự chuyển động rất nhanh của mắt trong khi giữ cố định thường được bắt kịp bằng các chuyển động đáp ứng được xác định bởi tác vụ hình ảnh, và hoàn toàn không hợp lý để giả thiết rằng nguồn sáng chỉ là hình ảnh trong hỏ mắt trong thời gian dài hơn 100 s. Với lý do này, góc chấp nhận γ_{ph} được tăng tuyến tính với căn bậc hai của t . Góc

TCVN 12670-1:2020

trường nhỏ nhất α min giữ đúng tại góc tham chiếu 1,5 mrad đối với tất cả các khoảng thời gian phơi nhiễm được sử dụng trong đánh giá nguy hiểm võng mạc về nhiệt. Tuy nhiên, đối với đánh giá nguy hiểm võng mạc về quang hóa, khái niệm thực sự khác, vì góc γ_{ph} là góc chấp nhận tuyến tính để đo độ rọi, và điều quan trọng chỉ để sử dụng đối với các nguồn kéo dài lớn hơn xấp xỉ 11 mrad.

Khoảng cách quan sát. Trong trường hợp nguồn điểm có chùm tia phân kỳ, nguy hiểm tăng khi khoảng cách giảm giữa phần thu hẹp của chùm tia và mắt. Lý do là vì với khoảng cách giảm, công suất thu nhận tăng lên, trong khi kích cỡ ảnh võng mạc có thể được giả thiết là vẫn được giới hạn nhiều xạ gần đối với các nguồn laser thực đến khoảng cách 100 mm (do khả năng điều tiết hình ảnh của mắt). Nguy hiểm lớn nhất xảy ra ở khoảng cách điều tiết ngắn nhất. Với khoảng cách giảm thêm thì nguy hiểm đến mắt không có hỗ trợ cũng sẽ giảm, vì có sự tăng nhanh về hình ảnh trên võng mạc và giảm tương ứng độ rọi sáng, mặc dù có thể thu nhận công suất lớn hơn. Để mô phỏng rủi ro quan sát có hỗ trợ quang của chùm tia trực chuẩn bằng ống nhòm hoặc ống viễn vọng, khoảng cách tiếp cận gần nhất là 2 m với lỗ mở 50 mm được giả thiết dựa trên khoảng cách gần nhất để quan sát rõ.

Trong tiêu chuẩn này, khoảng cách điều tiết ngắn nhất của mắt người được đặt là 100 mm ở tất cả các bước sóng từ 400 nm đến 1 400 nm. Điều này được chọn là sự thỏa hiệp vì tất cả trẻ em tuổi và rất ít người cận thị không thể điều tiết mắt của họ ở khoảng cách nhỏ hơn 100 mm. Khoảng cách này có thể được sử dụng để đo độ rọi trong trường hợp quan sát nội chùm tia (xem Bảng 10).

Đối với các bước sóng nhỏ hơn 400 nm hoặc lớn hơn 1 400 nm, nguy hiểm lớn nhất là hư hại thủy tinh thể hoặc giác mạc. Tùy thuộc vào bước sóng, bức xạ quang được hấp thụ một cách ưu tiên hoặc dành riêng bởi giác mạc hoặc thủy tinh thể (xem Bảng D.1). Đối với các nguồn chùm tia phân kỳ (kéo dài hoặc nguồn điểm) có các bước sóng này, cần tránh sử dụng các khoảng cách ngắn giữa nguồn và mắt.

Trong dải bước sóng từ 1 500 nm đến 2 600 nm, bức xạ thâm nhập vào dịch lỏng. Ảnh hưởng về nhiệt do đó được tiêu tán trên thể tích lớn hơn của mắt, và MPE được tăng lên đối với phơi nhiễm nhỏ hơn 10 s. MPE tăng nhiều nhất xảy ra trong các khoảng thời gian xung rất ngắn và trong dải bước sóng từ 1 500 nm đến 1 800 nm ở đó thể tích hấp thụ là lớn nhất. Ở các thời gian lớn hơn 10 s, tính dẫn nhiệt phân phối lại nhiệt năng sao cho tác động của độ sâu thẩm thấu không còn ý nghĩa nữa.

D.2.3 Nguy hiểm trên da

Nhìn chung, da có thể chịu được phơi nhiễm với chùm tia laser nhiều hơn rất nhiều so với mắt có thể chịu. Ảnh hưởng sinh học của độ rọi lên da bởi bộ phát laser hoạt động trong các vùng phổ ánh sáng nhìn thấy (400 nm đến 700 nm) và hồng ngoại (lớn hơn 700 nm) có thể thay đổi từ ban đỏ nhẹ đến vết phỏng rộp nghiêm trọng. Sự xém thành than màu xám tro là phổ biến trong các mô có sự hấp thụ bề mặt cao sau khi phơi nhiễm với các tia laser công suất đỉnh cao và có dạng xung rất ngắn. Điều này có thể không theo sau bởi ban đỏ.

Việc đen da, loét da và tạo sẹo trên da và hồng các tế bào hữu cơ nằm bên dưới có thể xảy ra do độ rọi rất cao. Hiệu ứng âm ỉ hoặc lũy tích của bức xạ laser là không phổ biến. Tuy nhiên, một vài nghiên cứu hạn chế đã đề xuất rằng trong các điều kiện đặc biệt, các vùng nhỏ của mô người có thể nhạy cảm bởi

các phơi nhiễm cục bộ lặp lại với kết quả là mức phơi nhiễm đối với phản ứng nhỏ nhất được thay đổi và phản ứng trong các mô sẽ khắc nghiệt hơn đối với phơi nhiễm mức thấp này.

Trong dải bước sóng từ 1 500 nm đến 2 600 nm, các nghiên cứu về ngưỡng sinh học chỉ ra rằng rủi ro bị thương da có dạng tương tự với tổn thương mắt. Đối với các phơi nhiễm đến 10 s, MPE được tăng lên trong phạm vi dải phổ này.

D.3 MPE và lấy trung bình độ rọi

Trong tiêu chuẩn này, chấp nhận các giá trị phơi nhiễm lớn nhất cho phép (MPE) được khuyến cáo bởi the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Chấp nhận các lỗ mở lấy trung bình độ rọi (lỗ mở đo) được khuyến cáo bởi ICNIRP hoặc sử dụng hệ số an toàn bổ sung áp dụng theo tiêu chuẩn này. Việc xác định độ lệch của AEL, mặc dù nhìn chung phụ thuộc vào MPE, đòi hỏi phân tích rủi ro và xác định các điều kiện phơi nhiễm dự đoán trước một cách hợp lý. Việc chọn lỗ mở để đo đóng vai trò trong việc suy ra AEL và phản ánh cả hệ số sinh học và hệ số sinh lý học. Trong một số trường hợp, việc xem xét phân tích rủi ro và đơn giản hóa việc thể hiện cũng đóng vai trò quan trọng. Bảng D.2 tổng hợp các yếu tố được giả thiết trong khi lựa chọn các lỗ mở đo. Nhìn chung, tuân thủ các khuyến cáo của ICNIRP hoặc áp dụng các hệ số an toàn bổ sung.

Bảng D.2 – Giải thích các lỗ mở đo áp dụng cho MPE của mắt

Băng tần phổ λ nm	Thời gian phơi nhiễm t	Đường kính lỗ mở nm	Nhận xét và tiêu chí đường kính lỗ mở
180 đến 400	Tất cả các t	1 mm	Sự phát tán trong biểu mô giác mạc và trong lớp sừng dẫn đến 1 mm; giả thiết không có chuyển động của mô bị phơi nhiễm trong các điều kiện phơi nhiễm liên tục được áp dụng bởi IEC. Tuy nhiên, ICNIRP khuyến cáo 3,5 mm đối với các phơi nhiễm dài do có chuyển động của mắt
400 đến 600 quang hóa	$t > 10$ s	3 mm là suy ra từ MPE nhưng sử dụng 7 mm cho các phép đo	Chuyển động bên của con người đường kính 3 mm trong không gian tạo ra lỗ mở 7 mm lấy trung bình đối với các phơi nhiễm CW áp dụng cho cơ chế bị thương do quang hóa
400 đến 1 400 nhiệt	Tất cả các t	7 mm	Đường kính của con người khi dẫn nở và chuyển động bên khi phơi nhiễm CW
$1\,400 \leq \lambda < 10^5$	$t < 0,35$ s	1 mm	Khuếch tán nhiệt trong các mô thuộc lớp sừng và lớp biểu mô
	$0,35$ s $< t < 10$ s $t > 10$ s	$1,5 \times t^{3/8}$ mm 3,5 mm	Khuếch tán nhiệt lớn hơn và chuyển động của mô đang xét tương đối so với chùm tia sau 0,35 s
$10^5 \leq \lambda \leq 10^6$	Tất cả các t	11 mm	Lỗ mở cần lớn hơn giới hạn nhiễu xạ (tức là xấp xỉ $10 \times$) đối với các phép đo chính xác

D.4 Tài liệu tham khảo

- [1] HENDERSON, R. and SCHULMEISTER, K.: *Laser Safety*, Taylor and Francis Ltd., Bristol United Kingdom, 2003 2004
- [2] *ICNIRP guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 μm*. Health Physics 105(3): 271 -295, 2013
- [3] NESS, J., ZWICK, H.A., STUCK, B.E., LUND, D.J., MOLCHANY, J.A. and SLINEY, D.H.: *Retinal image motion during deliberate fixation: implications to laser safety for long duration viewing*. Health Phys. 78(2):131 -142, 2000
- [4] ROACH, W.P., JOHNSON, P.E. and ROCKWELL, B.A.: *Proposed maximum permissible exposure limits for ultrashort laser pulses*, Health Phys. 76(4):349-354, 1999
- [5] SCHULMEISTER, K., STUCK, B.E., LUND, D.J. and SLINEY, D.H. *Review of thresholds and recommendations for revised exposure limits for laser and optical radiation for thermally induced retinal injury*. Health Phys.; 100(2):210-220, 2011
- [6] SLINEY, D.H. and WOLBARSH, M.L.: *Safety with Lasers and Other Optical Sources*, New York, Plenum Publishing Corp., 1980
- [7] SLINEY, D., ARON-ROSA, D., DELORI, F., FANKHAUSER, F., LANDRY, R., MAINSTER, M., MARSHALL, J., RASSOW, B., STUCK, B., TROKEL, S., WEST, T.M. and WOLFFE, M.: *Adjustment of guidelines for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement of a task group of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*, Applied Optics, 44(11): 2162-2176, 2005
- [8] United Nations Environment Programme (UNEP); World Health Organization (WHO); International Radiation Protection Association (IRPA): *Environmental Health Criteria No. 23: Lasers and Optical Radiation*, Geneva, WHO, 1982

Phụ lục E

(tham khảo)

MPE và AEL thể hiện dưới dạng bức xạ

E.1 Tổng quan

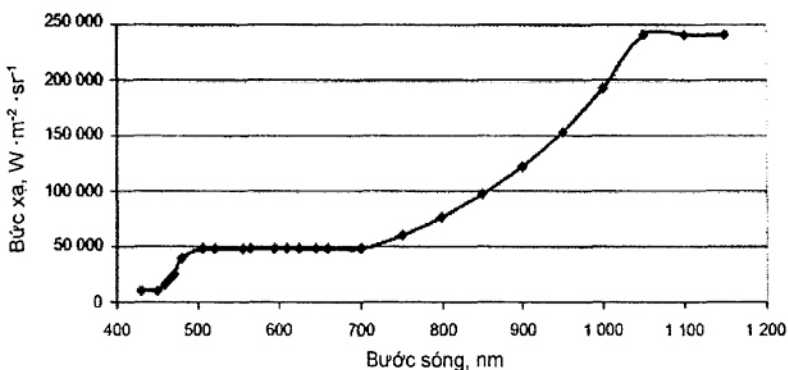
Đối với các nguồn kéo dài kích thước lớn, có thể dễ phân tích các nguy hiểm võng mạc tiềm ẩn bằng cách sử dụng bức xạ của nguồn. Phụ lục này cung cấp cho người sử dụng bảng và các đồ thị của các bức xạ lớn nhất cho phép dựa trên AEL đối với Cấp 1 và Cấp 1M và các giá trị MPE tương ứng trong vùng bước sóng nguy hiểm võng mạc từ 400 nm đến 1 400 nm đối với các điều kiện quan sát trong đó góc trường của nguồn biểu kiến được giả thiết là lớn hơn α_{max} . Bằng luật bảo toàn bức xạ, tất cả các nguồn kéo dài đều khuếch tán và phát ra thấp hơn mức bức xạ quy định trong Bảng E.1 hoặc trên Hình E.1 không thể vượt quá mức phát xạ tiếp cận được (AEL) Cấp 1 bất kể có thiết bị quang đặt trước nguồn khuếch tán hay không.

E.2 Giá trị bức xạ

Các giá trị bức xạ trong Bảng E.1 dựa trên các mức MPE của IEC/ICNIRP. Vì MPE nhìn chung được biểu thị bằng phơi nhiễm bức xạ ($J \cdot m^{-2}$) hoặc độ rọi ($W \cdot m^{-2}$), nên cần chuyển các giá trị MPE thành bức xạ ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$). Các giá trị bức xạ khi đó được vẽ là hàm của bước sóng (xem Điều E.3).

Bảng E.1 thể hiện các giá trị phơi nhiễm bức xạ cho phép là hàm của bước sóng đối với thời gian phơi nhiễm 100 s trong đó α tương đương một góc lớn hơn hoặc bằng 100 mrad. Các giới hạn nghiêm ngặt nhất, về quang hóa hoặc nhiệt, được liệt kê. Các giới hạn nguy hiểm quang hóa võng mạc được in nghiêng.

Giá trị bức xạ MPE khi phơi nhiễm 100 s của nguồn trường một góc 100 mrad



Hình E.1 – Bức xạ dưới dạng hàm của bước sóng

Bảng E.1 – Bức xạ lớn nhất của nguồn khuếch tán đối với Cấp 1

Bước sóng nm	Bức xạ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	Bức xạ $W \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$
430	10 000	1,00
450	10 000	1,00
460	15 848	1,58
465	19 952	2,00
470	25 119	2,51
480	39 811	3,98
505	48 316	4,83
520	48 316	4,83
555	48 316	4,83
565	48 316	4,83
595	48 316	4,83
610	48 316	4,83
625	48 316	4,83
645	48 316	4,83
660	48 316	4,83
660	48 316	4,83
700	48 316	4,83
750	60 826	6,08
800	76 576	7,66
850	96 403	9,64
900	121 365	12,14
950	152 789	15,28
1 000	192 350	19,24
1 050	241 580	24,16
1 100	241 580	24,16
1 150	241 580	24,16

Chữ số in nghiêng chỉ thị các giới hạn nguy hiểm võng mạc về quang hóa.

E.3 Cơ sở hợp lý

Các giá trị bức xạ được tính toán sử dụng các mức MPE của IEC/ICNIRP. Vì MPE nhìn chung được biểu thị bằng phơi nhiễm bức xạ ($J \cdot m^{-2}$) hoặc độ rọi ($W \cdot m^{-2}$), nên cần chuyển các giá trị MPE thành bức xạ ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$). Các giá trị bức xạ khi đó được vẽ là hàm của bước sóng.

Đối với MPE được thể hiện là độ rọi, sử dụng phương pháp dưới đây để tính bức xạ. Bức xạ được xác định như sau:

$$L = \frac{d\Phi}{d\Omega \cdot dA \cdot \cos\theta} \quad (E.1)$$

trong đó Φ là công suất bức xạ, Ω là đơn vị góc khối với đỉnh nằm trên mặt phẳng đo độ rọi, và A là diện tích mà trên đó xác định độ rọi. MPE thường được thể hiện dưới dạng độ rọi và được xác định như sau:

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (\text{E.2})$$

Thay công thức E.2 vào công thức E.1 ta có bức xạ là hàm của độ rọi:

$$L = \frac{dE}{d\Omega \cdot \cos\theta} \quad (\text{E.3})$$

Cần tìm góc khối Ω và góc quan sát θ . Thay công thức dưới đây đối với Ω :

$$\Omega = \frac{\pi\alpha^2}{4} \quad (\text{E.4})$$

và giả thiết góc quan sát trường hợp xấu nhất khi $\theta = 0^\circ$ (người quan sát nhìn thẳng vào chùm tia). Công thức E.3 đơn giản còn:

$$L = \frac{4E}{\pi\alpha^2} \quad (\text{E.5})$$

Đối với MPE được thể hiện bằng phơi nhiễm bức xạ, sử dụng phương pháp khác một chút. Phơi nhiễm bức xạ được xác định như sau:

$$H = \frac{dQ}{dA} \quad (\text{E.6})$$

trong đó Q là năng lượng bức xạ thể hiện bằng Jun. Chia cho thời gian ta có

$$\frac{H}{dt} = \frac{dQ}{dA \cdot dt} \quad (\text{E.7})$$

Vì công suất bức xạ được thể hiện là

$$\Phi = \frac{dQ}{dt} \quad (\text{E.8})$$

Thay công thức E.8 vào công thức E.7 ta có

$$\frac{H}{dt} = \frac{d\Phi}{dA} \quad (\text{E.9})$$

Trở lại công thức E.1, thay công thức E.9 ta có

$$L = \frac{dH}{d\Omega \cdot dt \cdot \cos\theta} \quad (\text{E.10})$$

Lại thay công thức E.4 và giả thiết kịch bản trường hợp xấu nhất $\theta = 0^\circ$, ta có

$$L = \frac{4H}{\pi\alpha^2 t} \quad (\text{E.11})$$

Đối với các tính toán, giả thiết rằng kịch bản trường hợp xấu nhất là góc tương 100 mrad đối với thời gian phơi nhiễm 100 s. Các kết quả được liệt kê trong Bảng E.1 và được vẽ trên Hình E.1.

Phụ lục F

(tham khảo)

Các bảng tổng hợp

Bảng F.1 tổng hợp các đại lượng vật lý trong tiêu chuẩn này, và đưa ra các đơn vị (và ký hiệu cho đơn vị) được sử dụng cho từng đại lượng. Các định nghĩa về đơn vị SI được lấy từ TCVN 7870-1 (ISO 80000-1). Các đơn vị và ký hiệu được lấy từ IEC 60027-1. Bảng F.2 tổng hợp các yêu cầu của nhà chế tạo.

Bảng F.1 – Tổng hợp các đại lượng vật lý sử dụng trong tiêu chuẩn này

Đại lượng	Tên đơn vị	Ký hiệu đơn vị	Định nghĩa
Chiều dài	mét	m	Mét là chiều dài của quãng đường di chuyển của ánh sáng trong chân không trong khoảng thời gian 1/299 792 458 giây
	milimét	mm	10^{-3} m
	micromét	μ m	10^{-6} m
	nanomét	nm	10^{-9} m
Diện tích	mét vuông	m ²	1 m ²
Khối lượng	kilogram	kg	Khối lượng bằng khối lượng của nguyên mẫu quốc tế của kilogram
Thời gian	giây	s	
Tần số	héc	Hz	Tần số của hiện tượng chu kỳ bằng một chu kỳ trong mỗi giây
Góc phẳng	radian	rad	Góc phẳng giữa hai bán kính của đường tròn tại một cung bằng chiều dài của bán kính
	miliradian	mrad	10^{-3} rad
Góc khối	steradian	sr	Góc khối có đỉnh nằm trên tâm hình cầu, cắt phần bề mặt của hình cầu bằng phần hình vuông có các cạnh chiều dài bằng bán kính hình cầu.
Lực	niu tơn	N	$1 \text{ m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
Năng lượng	jun	J	1 N·m
Phơi nhiễm bức xạ	jun trên mét vuông	J·m ⁻²	1 J·m ⁻²
Bức xạ tích hợp	jun trên mét vuông trên steradian	J·m ⁻² ·sr ⁻¹	1 J·m ⁻² ·sr ⁻¹
Công suất	oát	W	1 J·sr ⁻¹
	milioát	mW	10^{-3} W
Độ rọi	oát trên mét vuông	W·m ⁻²	1 W·m ⁻²
Bức xạ	oát trên mét vuông trên steradian	W·m ⁻² ·sr ⁻¹	1 J·m ⁻² ·sr ⁻¹

CHÚ THÍCH: Để thuận tiện, bội số và ước số của đơn vị được đưa vào bảng khi thích hợp.

Bảng F.2 – Tổng hợp các yêu cầu của nhà chế tạo

Yêu cầu	Phân loại							
	Điều	Cấp 1*	Cấp 1M	Cấp 2	Cấp 2M	Cấp 3R	Cấp 3B	Cấp 4
Mô tả cấp nguy hiểm Phụ lục C	An toàn trong các điều kiện dự đoán được một cách hợp lý	Như với Cấp 1 ngoại trừ có thể nguy hiểm nếu người sử dụng sử dụng thiết bị quang	Công suất thấp; bảo vệ mắt thường được thực hiện bởi các đáp ứng khó chịu hoặc tích cực	Như với Cấp 2 ngoại trừ có thể nguy hiểm hơn nếu người sử dụng sử dụng thiết bị quang	Quan sát nội chùm tia trực tiếp có thể nguy hiểm	Quan sát nội chùm tia trực tiếp thường sẽ nguy hiểm	Công suất cao, các phản xạ khuếch tán có thể nguy hiểm	
Vỏ bọc vệ 6.2		Được yêu cầu bởi từng sản phẩm laser; các giới hạn truy cập cần thiết cho việc thực hiện các chức năng của sản phẩm						
Khóa liên động an toàn trong vỏ bảo vệ 6.3	Được thiết kế để ngăn việc tháo tấm chắn cho đến khi các giá trị phát xạ tiếp cận được thấp hơn mức đối với Cấp 3R				Được thiết kế để ngăn việc tháo tấm chắn cho đến khi các giá trị phát xạ tiếp cận được thấp hơn mức đối với Cấp 3B hoặc Cấp 3R			
Khóa liên động từ xa 6.4	Không yêu cầu					Cho phép dễ dàng bổ sung các khóa liên động bên ngoài trong lắp đặt bộ phát laser. Không yêu cầu đối với các sản phẩm Cấp 3B		
Đặt lại bằng tay 6.5	Không yêu cầu						Yêu cầu đặt lại bằng tay nếu công suất bị gián đoạn hoặc kích hoạt khóa liên động từ xa	
Cơ cấu điều khiển bằng chìa khóa 6.6	Không yêu cầu					Laser bị mất hiệu lực khi chìa khóa bị rút ra		
Thiết bị cảnh báo phát xạ 6.7	Không yêu cầu				Đưa ra cảnh báo âm thanh hoặc hình ảnh khi bộ phát laser được bật hoặc nếu dây tụ điện của laser dạng xung được nạp. Đối với Cấp 3R, chỉ áp dụng nếu phát bức xạ không nhìn thấy			
Bộ suy giảm 6.8	Không yêu cầu					Đưa ra phương tiện chặn tạm thời chùm tia		
Vị trí đặt cơ cấu điều khiển 6.9	Không yêu cầu				Cơ cấu điều khiển được bố trí sao cho không có nguy hiểm phơi nhiễm với AEL cao hơn Cấp 1 hoặc Cấp 2 khi thực hiện việc điều chỉnh			
Thiết bị quang quang sát 6.10	Không yêu cầu				Phát xạ từ tất cả các hệ thống quan sát phải thấp hơn AEL Cấp 1			

Bảng F.2 (kết thúc)

Yêu cầu	Phân loại						
	Điều	Cấp 1*	Cấp 1M	Cấp 2	Cấp 2M	Cấp 3R	Cấp 3B
Quét bức xạ 6.11	Không quét được không được làm cho sản phẩm vượt quá phân loại của nó						
Nhãn các cấp 7.2 đến 7.7	Nội dung yêu cầu		Hình 3 và Hình 4 và nội dung yêu cầu				
Nhãn lỗ mở 7.8	Không yêu cầu				Quy định nội dung yêu cầu		
Nhãn bức xạ đầu ra 7.9	Không yêu cầu	Nội dung yêu cầu					
Nhãn thông tin tiêu chuẩn 7.9	Yêu cầu trên sản phẩm hoặc trong thông tin cho người sử dụng		Nội dung yêu cầu				
Nhãn tiếp cận dịch vụ 7.10.1	Không yêu cầu	Yêu cầu khi thích hợp cho cấp bức xạ tiếp cận được					
Nhãn mất hiệu lực khóa liên động 7.10.2	Yêu cầu trong các điều kiện nhất định khi thích hợp cho cấp của laser được sử dụng						
Nhãn dải bước sóng 7.10 và 7.12	Yêu cầu đối với các dải bước sóng nhất định						
Nhãn nguy hiểm bông 7.13	Nội dung yêu cầu khi AE tại điểm tiếp cận gần nhất với người (lỗ mở 3,5 mm) vượt quá AEL của Cấp 3B					Không áp dụng	
Thông tin cho người sử dụng 8.1	Sổ tay vận hành phải có hướng dẫn cho việc sử dụng an toàn. Các yêu cầu bổ sung áp dụng cho Cấp 1M và Cấp 2M.						
Thông tin mua hàng và dịch vụ 8.2	Tài liệu giới thiệu sản phẩm phải quy định phân loại của sản phẩm; sổ tay bảo trì phải có thông tin về an toàn.						
Thông tin cho người sử dụng 9.2	Không yêu cầu					Đối với an toàn các sản phẩm laser y tế, cho phép áp dụng TCVN 7303-2-22 (IEC 60601-2-22)	
* CHÚ THÍCH: Bảng này được thiết kế để cung cấp tổng hợp các yêu cầu một cách thuận tiện. Xem nội dung của tiêu chuẩn này đối với các yêu cầu hoàn chỉnh. Do khái niệm cụ thể của Cấp 1C, các yêu cầu đối với các sản phẩm laser Cấp 1C không được đưa vào bảng này; trong tiêu chuẩn này, hầu hết các yêu cầu chung được quy định; yêu cầu cụ thể kiểu sản phẩm được xác định trong các tiêu chuẩn cho sản phẩm.							

Phụ lục G

(tham khảo)

Tổng quan các phần kết hợp của bộ tiêu chuẩn IEC 60825

Các phần kết hợp của IEC 60825 được thiết kế để sử dụng cùng với tiêu chuẩn cơ bản IEC 60825-1. Từng phần đề cập đến một phạm vi áp dụng xác định và cung cấp các hướng dẫn quy định và tham khảo bổ sung cho phép nhà chế tạo và người sử dụng phân loại đúng và sử dụng sản phẩm theo cách an toàn bằng cách tính đến các điều kiện sử dụng cụ thể và năng lực/huấn luyện của người vận hành/người sử dụng. Thông tin đề cập có thể bao gồm lý do cơ bản, ví dụ, giải thích, phương pháp, ghi nhãn, và các giới hạn và yêu cầu bổ sung bất kỳ. Xem Bảng G.1.

Bảng G.1 – Tổng quan về các dữ liệu bổ sung trong các phần kết hợp của IEC 60825

Phần số	Loại	Mô tả	Nhà thiết kế sản phẩm	Người cung cấp sản phẩm	Người sử dụng sản phẩm	Nhà cung cấp linh kiện thiết yếu về an toàn	Phương pháp thử nghiệm	Đánh giá nguy hiểm	Tiêu chuẩn liên quan
1	Tiêu chuẩn	Phân loại thiết bị và yêu cầu	Có	Có	Có	Có	Có	Có	
2	Tiêu chuẩn	An toàn hệ thống truyền bằng cáp sợi quang (đưa ra chú thích và ví dụ về các ứng dụng)	Có	Có	Có	Có	Có	Có	
3	Báo cáo kỹ thuật	Hướng dẫn hiển thị và trình chiếu laser	Không	Không	Có	Không	Không	Có	
4	Tiêu chuẩn	Cơ cấu bảo vệ laser (cũng đề cập đến khả năng của các bộ phát laser công suất lớn để tháo vật liệu tấm bảo vệ)	Có	Có	Có	Có	Có	Có	
5	Báo cáo kỹ thuật	Danh mục kiểm tra của nhà chế tạo theo IEC 60825-1 (thích hợp để sử dụng trong báo cáo về an toàn)	Có	Có	Không	Có	Không	Không	
6	Quy định kỹ thuật (hủy)								
7	Quy định kỹ thuật (hủy)								
8	Báo cáo kỹ thuật	Hướng dẫn sử dụng an toàn bộ phát laser y tế	Không	Không	Có	Không	Không	Không	TCVN 7303-2-22 (IEC 60601-2-22)
9	Báo cáo kỹ thuật	Giải thích phơi nhiễm lớn nhất cho phép với bức xạ quang rời rạc (các nguồn băng thông rộng)	Không	Không	Có	Không	Có	Có	IEC 62471

Bảng G.1 (kết thúc)

Phần số	Loại	Mô tả	Nhà thiết kế sản phẩm	Người cung cấp sản phẩm	Người sử dụng sản phẩm	Nhà cung cấp linh kiện thiết yếu về an toàn	Phương pháp thử nghiệm	Đánh giá nguy hiểm	Tiêu chuẩn liên quan
10	Báo cáo kỹ thuật (hủy)								
12	Tiêu chuẩn	An toàn của các hệ thống truyền quang trong không gian tự do được sử dụng để truyền thông tin	Có	Có	Có	Có	Có	Có	
13	Báo cáo kỹ thuật	Các phép đo để phân loại sản phẩm laser	Có	Có	Có	Có	Có	Có	
14	Báo cáo kỹ thuật	Hướng dẫn sử dụng	Không	Có	Có	Không	Không	Có	
17	Báo cáo kỹ thuật	Khía cạnh an toàn để sử dụng các thành phần quang thụ động và cáp quang trong hệ thống truyền thông bằng sợi quang công suất cao	Không	Có	Có	Có	Có	Có	

Bảng này được thiết kế để cung cấp các chỉ thị về nội dung – xem nội dung của tiêu chuẩn cụ thể để có các yêu cầu hoàn chỉnh. Một số phần được liệt kê trong bảng có thể đang được thảo luận bằng các ban kỹ thuật và có thể chưa được công bố chính thức.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] IEC 60027-1, *Letters symbols to be used in electrical technology – Part 1: General (Ký hiệu bằng chữ cái được sử dụng trong công nghệ điện – Phần 1: Quy định chung)*
- [2] TCVN 6385 (IEC 60065), *Thiết bị nghe, nhìn và thiết bị điện tử tương tự – Yêu cầu an toàn*
- [3] TCVN 10888 (IEC 60079) (all parts), *Khí quyển nổ*
- [4] TCVN 10888-0:2015 (IEC 60079-0:2011), *Khí quyển nổ – Phần 0: Thiết bị – Yêu cầu chung*
- [5] TCVN 12669-1 (IEC 60204-1), *An toàn máy – Thiết bị điện của máy – Phần 1: Yêu cầu chung*
- [6] TCVN 7303-2-22 (IEC 60601-2-22), *Thiết bị điện y tế. Phần 2-22: Yêu cầu riêng về an toàn của thiết bị chẩn đoán và điều trị bằng laze*
- [7] IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS) (An toàn sản phẩm laser – Phần 2: An toàn của hệ thống truyền thông bằng cáp sợi quang (OFCS))*
- [8] IEC/TR 60825-3, *Safety of laser products – Part 3: Guidance for laser displays and shows (An toàn sản phẩm laser – Phần 3: Hướng dẫn hiển thị và trình diễn laser)*
- [9] IEC 60825-4, *Safety of laser products – Part 4: Laser guards (An toàn sản phẩm laser – Phần 4: Tấm chắn bảo vệ laser)*
- [10] IEC/TR 60825-5, *Safety of laser products – Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1 (An toàn sản phẩm laser – Phần 5: Danh mục kiểm tra của nhà chế tạo theo IEC 60825-1)*
- [11] IEC/TR 60825-8, *Safety of laser products – Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans (An toàn sản phẩm laser – Phần 8: Hướng dẫn sử dụng an toàn chùm tia laser trên người)*
- [12] IEC/TR 60825-9, *Safety of laser products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation (An toàn sản phẩm laser – Phần 9: Biên soạn tài liệu về phơi nhiễm lớn nhất cho phép đối với bức xạ quang cổ hữu)*
- [13] IEC 60825-12, *Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information (An toàn sản phẩm laser – Phần 12: An toàn của các hệ thống truyền thông quang trong không gian tự do để truyền thông tin)*
- [14] IEC/TR 60825-13, *Safety of laser products – Part 13: Measurements for classification of laser products (An toàn sản phẩm laser – Phần 13: Phép đo để phân loại các sản phẩm laser)*
- [15] TCVN 12670-14 (IEC/TR 60825-14), *An toàn sản phẩm laser – Phần 14: Hướng dẫn sử dụng*
- [16] TCVN 7326 (IEC 60950) (all parts), *Thiết bị công nghệ thông tin*

TCVN 12670-1:2020

- [17] IEC 61010-1, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements* (Yêu cầu về an toàn đối với thiết bị điện để đo, điều khiển và sử dụng trong phòng thí nghiệm)
- [18] IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems* (An toàn về chức năng của các hệ thống điện/điện tử/điện tử lập trình được liên quan đến an toàn)
- [19] TCVN 11332 (IEC 62115), *Đồ chơi sử dụng điện – An toàn*
- [20] IEC 62368-1, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements* (Audio/video, thiết bị công nghệ thông tin và truyền thông – Phần 1: Yêu cầu về an toàn)
- [21] IEC/ISO 11553 (all parts), *Safety of machinery – Laser processing machines* (An toàn máy – Máy xử lý bằng laser)
- [22] IEC/ISO 11553-1, *Safety of machinery – Laser processing machines – Part 1: General safety requirements* (An toàn máy – Máy xử lý bằng laser – Phần 1: Yêu cầu chung về an toàn)
- [23] ISO 11146-1, *Lasers and laser-related equipment – Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios – Part 1: Stigmatic and simple astigmatic beams* (Bộ phát laser và thiết bị liên quan đến laser – Phương pháp thử nghiệm độ rộng chùm tia laser, góc phân kỳ và tỷ số lan truyền chùm tia)
- [24] TCVN 7383 (ISO 12100), *An toàn máy – Khái niệm cơ bản, nguyên tắc chung cho thiết kế*
- [25] ISO 13694, *Optics and photonics – Lasers and laser-related equipment – Test methods for laser beam power (energy) density distribution* (Quang học và quang tử học – Bộ phát laser và thiết bị liên quan đến laser – Phương pháp thử nghiệm mật độ phân bố công suất (năng lượng) chùm tia laser)
- [26] ISO 13849 (all parts), *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems* (An toàn máy – Các bộ phận liên quan đến an toàn của hệ thống điều khiển)
- [27] ISO 15004-2:2007, *Ophthalmic instruments – Fundamental requirements and test methods – Part 2: Light hazard protection* (Thiết bị đo mắt – Yêu cầu cơ bản và phương pháp thử - Phần 2: Bảo vệ khỏi nguy hiểm của ánh sáng)
- [28] TCVN 7870-1 (ISO 80000-1), *Đại lượng và đơn vị - Phần 1: Quy định chung*
- [29] IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (Chuẩn bị các tài liệu về an toàn và sử dụng các tài liệu an toàn cơ bản và các tài liệu an toàn theo nhóm)