

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 8769:2011**

**ISO/ASTM 51818:2009**

Xuất bản lần 1

**TIÊU CHUẨN THỰC HÀNH ĐO LIỀU  
ÁP DỤNG CHO THIẾT BỊ XỬ LÝ CHIẾU XẠ BẰNG CHÙM  
TIA ĐIỆN TỬ CÓ NĂNG LƯỢNG TỪ 80 keV ĐẾN 300 keV**

*Standard practice for dosimetry in an electron beam facility  
for radiation processing at energies between 80 and 300 keV*

HÀ NỘI – 2011

**Lời nói đầu**

TCVN 8769:2011 hoàn toàn tương đương với ISO/ASTM 51818:2009;

TCVN 8769:2011 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/F5 Vệ sinh Thực phẩm và chiếu xạ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Tiêu chuẩn thực hành đo liều áp dụng cho thiết bị xử lý chiếu xạ bằng chùm tia điện tử có năng lượng từ 80 keV đến 300 keV<sup>1)</sup>

*Standard practice for dosimetry in an electron beam facility  
for radiation processing at energies between 80 and 300 keV*

### 1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn thực hành này bao gồm các qui trình đo liều để xác định hiệu suất của năng lượng liều thấp (300 keV hoặc thấp hơn) hoặc của các thiết bị xử lý bức xạ chùm tia điện tử khe đơn. Các tiêu chuẩn thực hành khác và các qui trình có liên quan đến các đặc tính của thiết bị, chất lượng quá trình và các quá trình xử lý thường xuyên cũng được xem xét trong tiêu chuẩn này.

1.2 Dải năng lượng điện tử đưa ra trong tiêu chuẩn này từ 80 keV đến 300 keV. Chùm tia điện tử này có thể được tạo ra từ sợi nhiệt tự phát khe đơn hoặc từ các máy gia tốc nguồn plasma.

1.3 Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các vấn đề an toàn. Trách nhiệm của những người áp dụng tiêu chuẩn này là phải thiết lập được các tiêu chuẩn thực hành thích hợp đảm bảo an toàn về sức khỏe cũng như phải xác định rõ giới hạn quy định trước khi quyết định áp dụng tiêu chuẩn.

### 2 Tài liệu viện dẫn

#### 2.1 Tiêu chuẩn ASTM<sup>2)</sup>

ASTM E 170, *Terminology relating to radiation measurements and dosimetry (Thuật ngữ liên quan đến các phép đo bức xạ và đo liều)*.

<sup>1)</sup> Tiêu chuẩn này thuộc thẩm quyền của Ban kỹ thuật ASTM E 10 Công nghệ và ứng dụng hạt nhân, thuộc trách nhiệm của Tiểu ban kỹ thuật E10.01 Hệ đo liều và Ứng dụng và cũng thuộc thẩm quyền của ISO/TC 85/WG 3.

Ấn bản hiện hành được thông qua vào ngày 18 tháng 6 năm 2008, được xuất bản tháng 6 năm 2009, nguyên bản là ASTM E 1818-96. Bản soát xét gần đây nhất là ASTM E 1818-96. ASTM E 1818-96 được ISO thông qua vào năm 1998 với số hiệu tiêu chuẩn là ISO 15573:1998 (E). Tiêu chuẩn ASTM/ISO 51818:2008 (E) hiện hành là bản soát xét chính của ISO/ASTM 51818:2002 (E) và thay thế ISO 15573.

<sup>2)</sup> Đối với các tiêu chuẩn của ASTM, xem website của ASTM [www.astm.org](http://www.astm.org), hoặc liên hệ với Dịch vụ Khách hàng của ASTM theo địa chỉ [service@astm.org](mailto:service@astm.org). Về sổ tay tiêu chuẩn của ASTM, xem bảng tổng hợp tài liệu trên trang điện tử của ASTM.

## TCVN 8769:2011

ASTM E 2232, *Guide for selection and use of mathematical methods for calculating absorbed dose in radiation processing applications* (Tiêu chuẩn hướng dẫn lựa chọn và sử dụng các mô hình toán học để tính toán liều hấp thụ trong các ứng dụng sử dụng bức xạ).

ASTM E 2303, *Guide for absorbed-dose mapping in radiation processing facilities* (Hướng dẫn lập biểu đồ liều hấp thụ trong quá trình chiếu xạ).

### 2.2 Tiêu chuẩn ISO/ASTM<sup>2)</sup>

TCVN 7910 (ISO/ASTM 51275), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều màng mỏng nhuộm màu trong xử lý bằng bức xạ*.

TCVN 8232 (ISO/ASTM 51607), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều cộng hưởng thuận từ electron-alanin*.

TCVN 8233 (ISO/ASTM 51650), *Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều xenluloza triaxetat*.

ISO/ASTM 51261, *Guide for selection and calibration of dosimetry systems for radiation processing* (Hướng dẫn lựa chọn và hiệu chuẩn các hệ đo liều trong công nghệ xử lý bằng bức xạ).

ISO/ASTM 51400, *Practice for characterization and performance of a high-dose radiation dosimetry calibration laboratory* (Thực hành xác định các đặc tính và chất lượng vận hành của phòng thử nghiệm hiệu chuẩn đo liều cao trong công nghệ bức xạ).

ISO/ASTM 51649, *Practice for dosimetry in an electron beam facility for radiation processing at energies between 300 keV and 25 MeV* (Thực hành đo liều trong thiết bị chiếu xạ chùm tia điện tử ở năng lượng từ 300 keV đến 25 MeV trong công nghệ bức xạ).

ISO/ASTM 51707, *Guide for estimating uncertainties in dosimetry for radiation processing* (Thực hành đánh giá sai số đối với các phép đo liều trong công nghệ xử lý bằng bức xạ).

### 2.3 Báo cáo của ủy ban quốc tế phép đo và đơn vị bức xạ (ICRU)<sup>3)</sup>

ICRU Report 60, *Fundamental quantities and units for ionizing radiation* (Các đơn vị và các loại cơ bản của bức xạ ion hoá).

### 2.4 Qui tắc Monte Carlo để tính liều hấp thụ và phân bố liều<sup>4)</sup>

ZTRAN

<sup>3)</sup> Ủy ban quốc tế về đơn vị và phép đo bức xạ (ICRU). 7910 Woodmont Ave., Suite 800, Bethesda, MD 20814, Mỹ.

<sup>4)</sup> Trung tâm Thông tin điện toán về an toàn bức xạ (RSICC), Mỹ, Phòng thử nghiệm quốc gia Oak Ridge (ORNL), PO, Box 2008, Oak Ridge, TN 37831, Tel: 865-574-6176, Fax: 865-574-6182, Web: [www.rsicc.ornl.gov](http://www.rsicc.ornl.gov). Ở Châu Âu từ CERN hoặc địa chỉ web [www.cern.ch/geant4](http://www.cern.ch/geant4), Năng lượng bức xạ phân tử OECD, Le Seine Sait-Germain, 12 boulevard des Iles, 92130 Issy-les-Moulineaux, Pháp. Tel: + 33 (0) 1 4525 8200, fax: +33 (0) 1 4524 1110, địa chỉ web: [www.nea.fr](http://www.nea.fr).

PENELOPE

Tập hợp các dãy số (ITS)

Monte Carlo Neutron Proton (MCNP)

Electron Gamma Shower (EGS4)

Năng lượng kết lắng trong các lớp kép (EDMULT)

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

#### 3.1 Định nghĩa

##### 3.1.1

##### **Liều hấp thụ ( $D$ ) (absorbed dose ( $D$ ))**

Lượng năng lượng bức xạ ion hoá truyền cho một đơn vị khối lượng vật chất xác định. Đơn vị đo liều hấp thụ của quốc tế SI là gray (Gy), 1 Gy tương đương với sự hấp thụ 1 J trên 1 kg vật chất xác định (1 Gy = 1 J/kg). Biểu thức toán học là tỷ số giữa  $d\bar{\epsilon}$  và  $dm$ , trong đó  $d\bar{\epsilon}$  là năng lượng hấp thụ trung bình mà bức xạ ion hoá truyền cho khối vật chất có khối lượng là  $dm$ .

$$D = d\bar{\epsilon} / dm \quad (1)$$

**3.1.1.1 Giải thích:** Trước đây, đơn vị đo liều hấp thụ là rad (1 rad = 100 erg/g = 0,01 Gy). Cách gọi đơn giản liều hấp thụ được gọi là liều.

##### 3.1.2

##### **Cường độ chùm tia trung bình (average beam current)**

Cường độ chùm điện tử phát ra từ máy gia tốc theo thời gian.

##### 3.1.3

##### **Độ dài chùm tia (beam length)**

Kích thước của vùng chiếu xạ dọc theo hướng chuyển động của sản phẩm tại khoảng cách xác định đối với cửa sổ máy gia tốc.

**3.1.3.1 Giải thích:** Đồ thị minh họa, xem ISO/ASTM Practice 51649. (1) Thuật ngữ này thường áp dụng cho chiếu xạ điện tử. (2) Do đó, độ dài chùm tia vuông góc với độ rộng chùm tia và với trục chùm tia điện tử. (3) Trong trường hợp sản phẩm chiếu xạ đặt cố định trong suốt quá trình chiếu xạ, thì độ dài chùm tia và độ rộng chùm tia có thể hoán đổi cho nhau.

##### 3.1.4

##### **Công suất chùm tia (beam power)**

## **TCVN 8769:2011**

Tích năng lượng trung bình của hạt điện tử trong chùm tia với cường độ trung bình của chùm tia (đơn vị kW).

### **3.1.5**

#### **Tính đồng nhất của chùm tia (beam uniformity)**

Sự thay đổi về liều phân bố dọc theo độ rộng chùm tia.

### **3.1.6**

#### **Độ rộng chùm tia (beam width)**

Kích thước của vùng chiếu xạ vuông góc với hướng chuyển động của sản phẩm tại khoảng cách được quy định trên cửa sổ máy gia tốc.

**3.1.6.1 Giải thích:** Đồ thị minh họa, xem ISO/ASTM Practice 51649. (1) Thuật ngữ này thường áp dụng cho chiếu xạ điện tử. (2) Độ rộng chùm tia vuông góc với độ dài chùm tia và vuông góc với trục chùm tia điện tử. (3) Trong trường hợp dùng máy gia tốc điện tử khe đơn năng lượng thấp, thì độ rộng chùm tia bằng độ dài hoạt động của cực âm lắp trong chân không. (4) Trong trường hợp sản phẩm chiếu xạ đặt cố định trong suốt quá trình chiếu xạ, thì độ rộng chùm tia và độ dài chùm tia có thể hoán đổi cho nhau. (5) Độ rộng chùm tia có thể định lượng được là khoảng cách giữa hai điểm dọc theo biểu đồ liều, nằm trong dao động xác định của giá trị liều cực đại trong biểu đồ liều. (6) Một số công nghệ khác nhau có thể được sử dụng để tạo ra các chùm tia điện tử có độ rộng đủ để bao phủ cả vùng sản phẩm được xử lý, ví dụ, phương pháp quét điện tử của chùm tia hẹp (trong trường hợp đó độ rộng chùm tia cũng được xem như độ rộng quét), phương pháp dùng các phần tử đặt cách xa tiêu điểm và phương pháp dùng các lá tán xạ.

### **3.1.7**

#### **Phân bố liều theo độ sâu (depth dose distribution)**

Sự thay đổi liều hấp thụ theo độ sâu tính từ bề mặt tới của vật liệu được chiếu xạ đối với bức xạ xác định.

**3.1.7.1 Giải thích:** Trong Hình 1 là các giá trị tính được đối với mức năng lượng điện tử từ 100 keV đến 300 keV.

### **3.1.8**

#### **Hệ số đồng đều về liều (dose uniformity ratio)**

Tỷ số giữa liều hấp thụ cực đại và cực tiểu trong một đơn vị nạp hàng. Khái niệm này cũng là tỉ số liều tối đa/tối thiểu.

### **3.1.9**

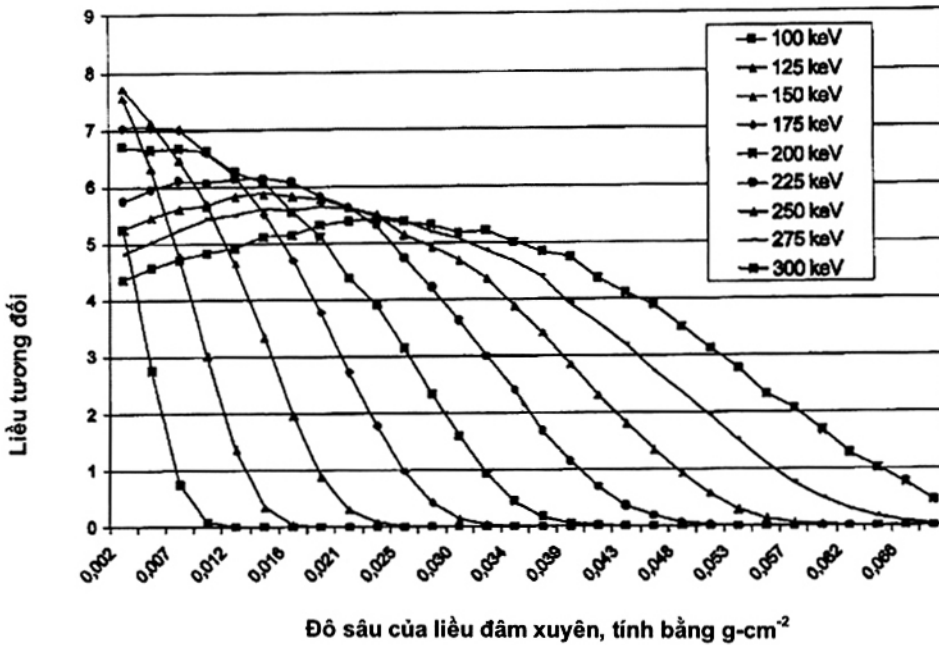
#### **Liều kế (dosimeter)**

Dụng cụ, khi bị chiếu xạ sẽ tạo ra sự thay đổi có thể định lượng được, sự thay đổi này có thể liên quan đến liều hấp thụ trong vật liệu bằng cách sử dụng các thiết bị và phương pháp đo thích hợp.

## 3.1.10

**Hệ đo liều (dosimetry system)**

Hệ được dùng để xác định liều hấp thụ bao gồm các liều kế, các dụng cụ đo liều và các chuẩn có liên quan cũng như các qui trình sử dụng chúng.



Hình 1 – Đường cong phân bố liều theo độ sâu được tính theo phương pháp Monte Carlo (ITS) với điện áp gia tốc trong dải từ 100 keV đến 300 keV có gia số là 25 keV. Các đường cong này chỉ cho thấy độ sâu về liều trong chất mẫu có mật độ bằng một đi qua chùm tia (cửa sổ titan 13  $\mu\text{m}$ , khe không khí 20 mm)

## 3.1.11

**Năng lượng chùm tia điện tử (electron beam energy)**

Động năng trung bình của điện tử được gia tốc trong chùm tia. [Đơn vị: eV (electron vol)].

**3.1.11.1 Giải thích:** Thông thường, giá trị bằng số của gia tốc điện áp được tính bằng kV sử dụng để mô tả năng lượng chùm tia trong kiloelectron vol (keV). Năng lượng tối đa của chùm tia bên trong máy gia tốc bằng với gia tốc điện áp nhưng được biểu thị bằng đơn vị là keV. Năng lượng chùm tia ở bề mặt sản phẩm nhỏ hơn năng lượng tối đa trong máy gia tốc do sự hao hụt về dải chùm tia qua cửa sổ hoặc khe không khí.

## 3.1.12

**Quãng chạy của chùm tia điện tử,  $R_p$  (practical electron range,  $R_p$ )**

Độ sâu tính từ bề mặt vật liệu mà điện tử đi vào đến điểm mà ở đó tiếp tuyến tại điểm dốc nhất (điểm uốn) trên phần thẳng dốc xuống của đường phân bố liều theo độ sâu gặp trục tia X ngoại suy.

**3.1.12.1 Giải thích:** Đồ thị minh họa, xem ISO/ASTM Practice 51649.

## **TCVN 8769:2011**

### **3.1.13**

#### **Đơn vị nạp hàng (process load)**

Thẻ tích vật liệu với cấu hình nạp hàng cụ thể như một thực thể riêng rẽ để chiếu xạ.

### **3.1.14**

**Chu trình chiếu xạ** [production run (for continuous-flow and shuffle-dwell irradiation)] (dùng cho chiếu xạ dòng chảy liên tục và ngắt quãng)

Dãy các đơn vị nạp hàng bao gồm các vật liệu hoặc sản phẩm có đặc tính hấp thụ bức xạ giống nhau, được chiếu xạ liên tiếp với cùng một dải liều hấp thụ quy định.

### **3.1.15**

#### **Máy gia tốc tự che chắn (self-shield accelerator)**

Nguồn chùm điện tử được thiết kế đầy đủ với tấm chắn bức xạ, hệ thống vận chuyển sản phẩm và khoang bức xạ.

### **3.1.16**

#### **Tính liên kết chuẩn (Traceability)**

Đặc tính kết quả đo hoặc giá trị của chuẩn, hoặc các giá trị của chuẩn, có liên quan đến các chuẩn chính được viện dẫn, thông thường là chuẩn quốc gia hoặc quốc tế, qua chuỗi so sánh liên tục tất cả các độ không đảm bảo đo đã công bố.

### **3.1.17**

#### **Độ không đảm bảo đo (uncertainty)**

Thông số liên quan đến kết quả của phép đo, mô tả độ phân tán của các giá trị mà có thể được phân bố hợp lý từ phép đo hoặc lượng phân bố (xem ISO/ASTM Guide 51707).

## **3.2 Các thuật ngữ đặc thù với tiêu chuẩn này**

### **3.2.1**

#### **Khe không khí (air gap)**

Khoảng cách giữa mặt phẳng của sản phẩm và cửa chùm tia điện tử.

### **3.2.2**

#### **Bộ xử lý điện tử (electron processor)**

Máy gia tốc chùm tia điện tử và các thiết bị có liên quan.

### **3.2.3**

#### **Hệ số tốc độ tuyến tính ( $K_L$ ) [linear rate coefficient ( $K_L$ )]**

Chiều dài được chiếu xạ trên đơn vị thời gian liên quan đến cường độ chùm tia và liều hấp thụ.



**3.2.3.1 Giải thích:** Giá trị này thường được biểu thị bằng kilogray met. Các giá trị lý thuyết này có thể tính được từ hệ số tốc độ xử lý bề mặt đưa ra trong Bảng 1 cho độ rộng chùm tia cụ thể. Lượng này đôi khi được gọi là hệ số xử lý tuyến tính (xem 9.3). Trong tiêu chuẩn này thuật ngữ "rad" hoặc "megarad (Mrad)" được sử dụng không kể đến đơn vị SI để tạo thuận lợi cho một số nhà sản xuất công nghiệp.

### 3.2.4

#### **Tốc độ xử lý khối lượng** (mass processing rate)

Năng suất dựa vào năng lượng đầu ra (tính bằng wat) của chùm tia điện tử, khối lượng của vật liệu được chiếu xạ và liều.

**3.2.4.1 Giải thích:** Giá trị điển hình này được tính bằng kilogray kilogam trên kilowat giờ hoặc megarat pound trên kilowat giờ. Trong tiêu chuẩn này thuật ngữ "rad" hoặc "megarad (Mrad)" cũng được sử dụng không kể đến đơn vị SI để tạo thuận lợi cho một số nhà sản xuất công nghiệp.

### 3.2.5

#### **Mặt phẳng sản phẩm** (product plane)

Mặt phẳng tương đương với lớp bề mặt của sản phẩm được chiếu xạ.

### 3.2.6

#### **Máy gia tốc khe đơn** (single-gap accelerator)

Nguồn chùm tia điện tử gồm có buồng chân không và nguồn điện áp cao, mà có thể làm tăng chùm phân tán của các điện tử từ điện thế cao đến điện thế tiếp đất trong một giai đoạn.

### 3.2.7

#### **Hệ số tốc độ xử lý bề mặt ( $K_A$ )** [surface area rate coefficient ( $K_A$ )]

Diện tích sản phẩm được chiếu xạ trên một đơn vị thời gian tính theo cường độ chùm tia và liều hấp thụ.

**3.2.7.1 Giải thích:** Giá trị điển hình này được tính bằng kilogray mét vuông trên miliampe phút hoặc megarad foot vuông trên miliampe phút. Các giá trị ví dụ được nêu trong Bảng 1. Đại lượng này đôi khi được gọi là hệ số xử lý diện tích. Trong tiêu chuẩn này thuật ngữ "rad" hoặc "megarad (Mrad)" ngoài hệ SI cũng được sử dụng để tạo thuận lợi cho một số nhà sản xuất.

**3.3 Định nghĩa về các thuật ngữ khác dùng trong tiêu chuẩn này liên quan đến phép đo bức xạ và đo liều có thể tham khảo ở ASTM E170.** Định nghĩa trong E170 phù hợp với ICRU 60; do đó, ICRU 60 có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo.

**Bảng 1 – Liều đo được ở bề mặt, liều  $K_A f_i$ , thu được từ  $K_A$ , và các giá trị thu được của  $f_i$  ở gia tốc điện áp cụ thể (cửa sổ titan 13  $\mu\text{m}$ , khe không khí 20 mm, khoảng chạy của bộ vi xử lý 30 cm với tốc độ 25 cm  $\text{sec}^{-1}$  có cường độ chùm tia là 10 mA)**

Điện áp gia tăng của chùm điện tử	Hệ đo liều kGy (Mrad)	kGy $\text{m}^2/\text{milliampe s}$ ( $K_A \cdot f_i$ ) <sup>A</sup>	Mrad $\text{fut}^2/\text{milliampe min}$ ( $K_A \cdot f_i$ ) <sup>A</sup>	Kết quả từ phép tính Monte Carlo TIGER, kGy (Mrad) <sup>B</sup>	Hiệu ứng sử dụng cường độ chùm tia ( $f_i$ )
100 kV	9,37 (0,937)	0,0722	4,69	13,6 (1,36)	0,69
125 kV	34,3 (3,43)	0,265	17,2	51,4 (5,15)	0,67
150 kV	46,2 (4,62)	0,355	23,1	66,8 (6,68)	0,69
175 kV	49,5 (4,95)	0,382	24,8	69,5 (6,95)	0,71
200 kV	47,3 (4,73)	0,365	23,7	66,1 (6,61)	0,72
225 kV	45,1 (4,51)	0,348	22,6	61,7 (6,17)	0,73
250 kV	41,2 (4,12)	0,317	20,6	55,8 (5,58)	0,74
275 kV	39,6 (3,96)	0,305	19,8	50,7 (5,07)	0,78
300 kV	35,8 (3,58)	0,275	17,9	46,7 (4,67)	0,77

<sup>A</sup> Phép tính dựa trên hệ đo liều (8). Hệ số hiệu ứng sử dụng cường độ chùm tia ( $f_i$ ) là một phần không thể thiếu của phép tính.

<sup>B</sup> Phép tính Monte Carlo TIGER 1-D không bao gồm hệ số hiệu ứng dùng cường độ chùm tia ( $f_i$ ). Khi so sánh phép tính với hệ đo liều, thì hệ số hiệu ứng dùng cường độ chùm tia ( $f_i$ ) nhận được đối với mỗi điện áp (Xem Chú thích 7 trong 9.2)

## 4 Đặc điểm và ứng dụng

**4.1** Sự khác nhau về quá trình chiếu xạ hoặc xử lý dùng máy gia tốc có năng lượng điện tử thấp để thay đổi các đặc tính của sản phẩm. Các yêu cầu về đo liều, số lượng và tần suất của phép đo, các yêu cầu về lưu giữ hồ sơ cũng sẽ khác nhau phụ thuộc vào loại và mục đích sử dụng cuối cùng của sản phẩm cần xử lý. Phép đo liều thường được sử dụng cùng với các phép thử vật lý, hóa học hoặc sinh học của sản phẩm, để giúp cho việc kiểm tra xác nhận các thông số xử lý cụ thể.

**CHÚ THÍCH 1** Trong một số trường hợp có thể tiến hành xây dựng các dữ liệu đối chứng, so sánh các kết quả đo liều với phép thử định lượng sản phẩm khác, ví dụ có thể sử dụng các phép thử phân đoạn của gel, tốc độ nóng chảy, mô-đun, phân bố trọng lượng phân tử hoặc các phép thử phân tích sự lưu hóa để đánh giá liều bức xạ trong các vật liệu có liên quan cụ thể.

**4.2** Các quy định về xử lý bức xạ thường gồm giới hạn liều hấp thụ tối thiểu hoặc tối đa hoặc cả hai. Đối với ứng dụng nhất định, các mức liều này có thể được quy định hoặc theo giới hạn của chính sản phẩm.

**4.3** Cần kiểm soát các thông số tới hạn của quá trình để thu được độ lặp lại về sự phân bố liều trong các vật liệu chiếu xạ. Năng lượng chùm tia điện tử (tính bằng eV hoặc keV), cường độ chùm tia (tính bằng mA), sự phân bố chùm tia trong không gian và thời gian chiếu xạ hoặc tốc độ vận chuyển ảnh hưởng liều hấp thụ.

**CHÚ THÍCH 2** Trong một số ứng dụng về polyme hóa từ lỏng thành rắn (thường được hiểu là sự lưu hóa bức xạ), cần kiểm soát mức oxy dư trong suốt quá trình chiếu xạ để đạt được kết quả ổn định. Mức oxy dư cao có thể ảnh hưởng đến tính năng của sản phẩm trong các ứng dụng về sự lưu hóa này, nhưng không ảnh hưởng đến liều hấp thụ. Tuy nhiên, cần phải tính đến các ảnh hưởng của oxy lên hàm đặc trưng độ nhạy của liều kế được sử dụng trong phép đo liều.

**4.4** Trước khi sử dụng bất kỳ hệ thống xử lý bức xạ nào thì cũng cần phải đánh giá xác nhận để khẳng định tính hiệu lực của chúng. Điều này kéo theo phép thử thiết bị, hiệu chuẩn dụng cụ đo và chứng minh khả năng cung cấp liều yêu cầu trong dải liều yêu cầu đáng tin cậy và khả năng tái lập.

## **5 Hệ đo liều**

### **5.1 Mô tả các loại liều kế**

**5.1.1** Liều kế có thể chia thành bốn loại cơ bản theo đặc trưng tương ứng của chúng và miền áp dụng: liều kế chuẩn đầu, chuẩn chính, liều kế truyền chuẩn và liều kế đo thường xuyên. ISO/ASTM Guide 51261 cung cấp các thông tin để lựa chọn hệ liều kế cho các ứng dụng khác nhau. Tất cả các loại liều kế, trừ liều kế chuẩn đầu, các loại còn lại phải được hiệu chuẩn trước khi dùng.

#### **5.1.1.1 Liều kế chuẩn đầu**

Loại liều kế được thiết lập và duy trì bởi các phòng thử nghiệm chuẩn quốc gia để hiệu chuẩn các trường bức xạ và các loại liều kế khác. Hai loại liều kế chuẩn đầu thường dùng nhất là buồng ion hóa và liều kế đo nhiệt lượng.

#### **5.1.1.2 Liều kế chuẩn chính**

Loại liều kế được dùng để hiệu chuẩn các trường bức xạ và liều kế đo thường xuyên. Loại liều kế này cũng có thể được dùng làm liều kế đo thường xuyên. Các ví dụ về loại liều kế chuẩn chính và dải liều sử dụng của chúng được đưa ra trong ISO/ASTM Guide 51261.

#### **5.1.1.3 Liều kế truyền chuẩn**

Loại liều kế được lựa chọn chuyên dùng để truyền thông tin về liều từ phòng thử nghiệm chuẩn quốc gia hoặc được công nhận tới một thiết bị chiếu xạ để xác nhận độ chính xác cho thiết bị đó. Những liều kế này cần được dùng cẩn thận trong điều kiện quy định bởi phòng thử nghiệm phát hành liều kế. Loại liều kế này có thể được chọn từ liều kế chuẩn chính hoặc liều kế đo thường xuyên, được liệt kê trong ISO/ASTM Guide 51261.

#### **5.1.1.4 Liều kế đo thường xuyên**

Loại liều kế có thể được dùng để kiểm soát chất lượng trong xử lý bức xạ, kiểm soát liều và phân bố liều. Kỹ thuật đo liều đúng cách, bao gồm cả hiệu chuẩn được dùng để đảm bảo rằng phép đo có độ tin

## TCVN 8769:2011

cậy và chính xác. Ví dụ về các loại liều kế đo thường xuyên và dải liều sử dụng của chúng được nêu trong ISO/ASTM Guide 51261.

**5.2** Các tài liệu được liệt kê trong Điều 2 cung cấp các thông tin chi tiết về sự lựa chọn và cách sử dụng hệ đo liều thích hợp đối với chiếu xạ chùm tia điện tử. Do bị giới hạn về độ đâm xuyên của chùm điện tử năng lượng thấp và khe không khí hẹp nên thường được sử dụng các liều kế màng mỏng đi cùng với thiết bị hơn là hệ liều kế dày (xem Tài liệu tham khảo 1-6<sup>5)</sup>, TCVN 7910 (ISO/ASTM 51275), TCVN 8232 (ISO/ASTM 51607), TCVN 8233 (ISO/ASTM 51650) và ISO/ASTM Guide 51261).

CHÚ THÍCH 3 Các hệ đo liều có bán sẵn đưa ra sự lựa chọn về việc sử dụng phương pháp liều kế đo một điểm đơn hoặc kỹ thuật đọc diện tích quét liên tục để sử dụng với dải màng mỏng hoặc các đoạn màng.

## 6 Hiệu chuẩn hệ đo liều

**6.1** Hệ đo liều phải được hiệu chuẩn trước khi sử dụng và được hiệu chuẩn định kỳ theo quy trình hướng dẫn sử dụng, trong đó quy định chi tiết quá trình hiệu chuẩn và yêu cầu đảm bảo chất lượng. Phương pháp hiệu chuẩn được nêu trong ISO/ASTM Guide 51261.

### 6.2 Chiếu xạ hiệu chuẩn

Chiếu xạ là một thành phần quan trọng của phép hiệu chuẩn hệ đo liều. Cách thực hiện chiếu xạ hiệu chuẩn có thể chấp nhận phụ thuộc vào liều kế được sử dụng là liều kế chuẩn chính, truyền chuẩn hoặc liều kế đo thường xuyên.

#### 6.2.1 Liều kế chuẩn chính hoặc liều kế truyền chuẩn

Chiếu xạ hiệu chuẩn được thực hiện trong phòng thử nghiệm quốc gia hoặc phòng thử nghiệm đã được công nhận theo quy định trong ISO/ASTM Practice 51400.

#### 6.2.2 Liều kế đo thường xuyên

Chiếu xạ hiệu chuẩn có thể thực hiện bằng chiếu xạ các liều kế tại (a) phòng thử nghiệm quốc gia hoặc phòng thử nghiệm đã được công nhận sử dụng các chuẩn quy định trong ISO/ASTM Practice 51400, (b) tại thiết bị chiếu xạ cung cấp liều (hoặc suất liều) có liên kết chuẩn quốc gia hoặc quốc tế được công nhận, hoặc (c) ở điều kiện chiếu xạ thực tế, chiếu cùng với liều kế chuẩn chính hoặc liều kế truyền chuẩn có liên kết với chuẩn quốc gia hoặc quốc tế được công nhận. Trong trường hợp chọn (a) hoặc (b), đường chuẩn tạo thành phải được xác nhận cho các điều kiện sử dụng thực tế (xem ISO/ASTM Guide 51261).

CHÚ THÍCH 4 Trong khi 6.2.2 có hiệu lực đối với hầu hết các phép hiệu chuẩn các liều kế, phải công nhận rằng việc chiếu xạ nhiều liều kế với năng lượng điện tử thấp (nhỏ hơn 300 keV) sẽ tạo ra gradient liều qua độ dày của liều kế. Khi các liều kế

<sup>5)</sup> Các số in đậm là số liệt kê tài liệu trong Thư mục tài liệu tham khảo ở trang cuối của tiêu chuẩn này.

được đo sẽ cho liều biểu kiến liên quan đến sự phân bố liều. Ở các điều kiện chiếu xạ xác định, liều biểu kiến sẽ phụ thuộc vào độ dày của liều kế, nghĩa là các liều kế có độ dày khác nhau sẽ cho các liều biểu kiến khác nhau (7). Biện pháp khắc phục vấn đề này là tất cả các phép đo liều được tham chiếu theo liều trong nước trong vi kế đầu tiên của vật liệu hấp thụ và được ký hiệu là  $D_{\mu}$  và không phụ thuộc vào độ dày của liều kế.

Mối liên hệ giữa  $D_{\mu}$  và liều biểu kiến phụ thuộc nhiều vào hàm đặc trưng độ nhạy của liều kế, độ dày của liều kế, liều, năng lượng bức xạ, vật liệu và độ dày của cửa sổ máy gia tốc, khoảng cách của cửa sổ đến liều kế và nhiệt độ của không khí giữa cửa sổ và liều kế. Mối quan hệ này cần được tính cho trong từng điều kiện chiếu xạ đã định. Mối quan hệ này phải được áp dụng để hiệu chuẩn bằng cách so sánh giữa hai hệ liều kế khác nhau. (ISO/ASTM Guide 51261).

### 6.3 Hiệu chuẩn dụng cụ đo và xác nhận tính năng hoạt động

Để hiệu chuẩn thiết bị và đánh giá xác nhận tính năng của thiết bị giữa các lần hiệu chuẩn, xem ISO/ASTM Guide 51261, tiêu chuẩn ISO/ASTM hoặc ASTM tương ứng về hệ đo liều, và/hoặc sổ tay hướng dẫn vận hành thiết bị cụ thể.

## 7 Đánh giá chất lượng lắp đặt

7.1 Tiến hành đánh giá chất lượng lắp đặt để xác định các hoạt động của thiết bị chiếu xạ phù hợp với các chi tiết kỹ thuật được thiết kế. Quy trình này bao gồm phép thử cơ học và điện của máy gia tốc chùm tia điện tử và các thiết bị chiếu xạ có liên quan nhưng không bị giới hạn bao gồm:

7.1.1 Vận hành của tất cả các bộ phận kiểm tra theo dõi bức xạ.

7.1.2 Vận hành của tất cả các hệ thống các khóa liên động.

7.1.3 Khi chứng minh thêm về hiệu năng của hệ chùm tia điện tử ở tốc độ qui định.

7.1.4 Vận hành hệ chùm tia điện tử trên toàn dải liều của cường độ chùm tia và dòng điện áp.

7.1.5 Khảo sát bức xạ ở dòng điện áp vận hành tối đa.

7.1.6 Kiểm tra phần cơ của hệ thống,

7.1.7 Kiểm tra phần điện của hệ thống,

7.1.8 Hiệu suất của hệ thống xả khí trơ, nếu áp dụng,

7.1.9 Hiệu suất của hệ thống khí ozon, nếu áp dụng, và

7.1.10 Phép thử và hiệu chuẩn hệ thống vận hành sản phẩm trên toàn dải vận hành.

7.2 Tiến hành đánh giá chất lượng vận hành để thể hiện đặc tính của thiết bị sử dụng hệ đo liều. Mục đích của phép đo này là để xác nhận các đặc tính phân bố liều của thiết bị được chấp nhận và được dùng để đối chứng tiếp sau. Quy trình này phải bao gồm nhưng không giới hạn các vấn đề sau:

**7.2.1 Phép đo hệ số tốc độ xử lý bề mặt:** Sử dụng tối thiểu năm phép đo trên dải điện áp quan tâm bằng ít nhất năm liều kế hoặc phép đo liều cách đều ngang qua chiều rộng của chùm tia với mức liều thông thường trên mặt phẳng sản phẩm. Các phép đo tốc độ xử lý bề mặt được lặp lại ở mức điện áp vận hành điển hình tại các mức dòng chùm tia khác nhau để thiết lập và kiểm tra độ tuyến tính giữa dòng chùm tia và liều bề mặt (xem Phụ lục A1).

**7.2.2 Phép đo độ đồng đều của chùm tia:** Sử dụng tối thiểu một liều kế hoặc phép đo liều trên 2,5 cm trên toàn bộ độ rộng chùm tia (xem Phụ lục A1).

**7.2.3 Phép đo độ sâu của liều:** Các phép đo độ sâu liều phải được tiến hành trên dải điện áp quan tâm. Tiến hành tối thiểu ba phép đo ở từng điện áp được lựa chọn để thử. Thực tế phép đo này là để đo độ sâu của liều bằng một bộ các liều kế ở bề mặt sản phẩm (xem Phụ lục A1).

## **8 Đánh giá chất lượng vận hành**

**8.1** Đánh giá chất lượng của hệ thống ban đầu phải phù hợp với Điều 7 để thiết lập cơ sở thực hiện cho thiết bị cụ thể.

**CHÚ THÍCH 5** Các phép đo sự phân bố liều hấp thụ có thể cần đối với các ứng dụng đã qui định. Đối với hệ thống xử lý bức xạ và hướng dẫn biểu đồ phân bố liều trong sản phẩm xem ASTM E 2303.

**8.2** Phải thực hiện các phép đo tốc độ xử lý bề mặt trong suốt qui trình đánh giá xác nhận sản phẩm để so sánh với các kết quả của phép thử nghiệm sản phẩm.

### **8.3 Tần suất của phép đo liều**

**8.3.1 Bảo dưỡng thường xuyên:** Sau khi bảo dưỡng thường xuyên vì có sự thay đổi cửa sổ máy gia tốc, do đó cần tiến hành tối thiểu ba phép đo hệ số tốc độ xử lý bề mặt.

**8.3.2 Bảo dưỡng hệ thống chính:** Sau khi bảo dưỡng hệ thống chính vì catot hoặc lớp lót cách điện được thay thế, do đó cần tiến hành tối thiểu ba phép đo hệ số tốc độ xử lý bề mặt và thực hiện đo độ đồng đều của chùm tia để đảm bảo rằng quang học chùm tia không bị tổn thất.

**8.3.3 Kiểm soát quá trình thường xuyên:** Có thể thực hiện phép đo tốc độ xử lý bề mặt trong suốt quá trình vận hành sản phẩm. Trong một số ứng dụng có thể yêu cầu luật định về kiểm soát phép đo liều ở một thời điểm cụ thể hoặc một số điểm của lô hàng hoặc để lưu hồ sơ kiểm soát chất lượng sản phẩm.

## **9 Tính toán về tốc độ**

### **9.1 Tốc độ xử lý khối lượng**

Năng lượng chùm tia của máy gia tốc điện tử có thể được tính bằng wat (W), là sản phẩm của gia tốc điện áp trung bình tính bằng kilovol (kV) và cường độ chùm tia trung bình tính bằng miliampe (mA),

hoặc bằng kilowatt (kW), là sản phẩm tính bằng megavolt (MV) và milliampe (mA). Liều hấp thụ 10 kGy (1 Mrad) tương ứng liều hấp thụ đồng đều 10 kilowatt giây (10 kilojun) của năng lượng trong 1 kilogam sản phẩm. Đối với máy có công suất 1 kilowatt thì có thể được chuyển đổi tốc độ xử lý khối lượng 360 kg (794 lb) sản phẩm trên 1 h với liều hấp thụ 10 kGy (1 Mrad) giả định ứng dụng 100 % năng lượng chùm tia.

**9.1.1** Ứng dụng năng lượng chùm tia thực tế là thấp hơn 100 %, vì vậy để chấp nhận khái niệm này cho từng tình huống đã cho, thì cần phải biết được hiệu suất hấp thụ bức xạ trong sản phẩm. Khái niệm điển hình này được biểu thị theo công thức đơn giản sau:

$$\text{Tốc độ xử lý khối lượng} = \frac{C_{\text{cap}} \cdot P \cdot f_p}{D} \quad (2)$$

Trong đó:

$C_{\text{cap}}$  là 3600 kGy kg/kW h hoặc 794 Mrad lb/kW h,

$P$  là năng lượng chùm tia, tính bằng kW,

$f_p$  là hiệu suất ứng dụng năng lượng chùm tia, và

$D$  là liều, tính bằng kGy hoặc Mrad.

**CHÚ THÍCH 6** Hệ số hiệu suất ứng dụng năng lượng chùm tia,  $f_p$ , là phần năng lượng chùm tia được hấp thụ vào sản phẩm. Liều  $D$ , trong công thức này là liều trung bình trong toàn bộ sản phẩm.

**9.2 Tốc độ xử lý bề mặt:** Để tính tốc độ xử lý bề mặt thì sử dụng hệ số tốc độ xử lý bề mặt,  $K_A$ . Phương pháp này gồm một công thức đơn giản dựa trên hệ số xử lý tốc độ bề mặt,  $K_A$ , được lấy để tính năng lượng chùm tia điện tử, cường độ chùm tia trung bình và tốc độ đường truyền. Tốc độ xử lý bề mặt được tính bằng Công thức 3. Bảng 1 đưa ra cách tính giá trị  $K_{Af}$  ở gia tốc điện áp cụ thể. Các kết quả trong Bảng 1 là đặc trưng cho phép đo liều đối với máy gia tốc điện áp thấp loại màn che có sự so sánh với công thức Monte Carlo dựa trên mô hình ITS/TIGER. Xem Tài liệu tham khảo (8) mô tả chi tiết hơn nghiên cứu này

$$\text{Tốc độ xử lý bề mặt} = W_b \cdot V_l = \frac{K_A \cdot I \cdot f_i}{D} \quad (3)$$

Trong đó:

$K_A$  là hệ số tốc độ xử lý bề mặt, tính bằng kGy m<sup>2</sup>/mA min (Mrad ft<sup>2</sup>/mA min),

$D$  là liều, tính bằng kGy (Mrad),

$W_b$  là độ rộng chùm tia, m (ft),

## TCVN 8769:2011

$V_1$  là tốc độ xử lý tuyến tính hoặc tốc độ đường truyền, m/min (ft/min),

$f_i$  hiệu suất ứng dụng cường độ chùm tia, và

$I$  là cường độ chùm tia trung bình, mA.

**CHÚ THÍCH 7** Hiệu suất ứng dụng cường độ chùm tia,  $f_i$  là phần cường độ chùm tia bị chặn bởi sản phẩm/liều kế. Điều này tính đến các thất thoát khác về cường độ chùm tia bị chặn bởi lưới đỡ cửa sổ chân không của máy gia tốc và cường độ chùm tia có thể có như độ rộng chùm tia lớn hơn độ rộng giữa các sản phẩm. Trong Bảng 1,  $f_i$  là tỷ số giữa kết quả của phép đo liều (các giá trị đo được) và kết quả theo công thức Monte Carlo tương ứng. Các giá trị điển hình của  $f_i$  nằm trong dải từ 0,7 đến 0,8 trong các máy xử lý bán sẵn trên thị trường. Trường hợp mô tả trong Bảng 1, các giá trị  $f_i$  gần với hệ số chùm tia dùng đo được (có cấu trúc giá đỡ) 0,78 và sự thay đổi nhỏ về điện áp. Mô hình ITS/ACCEPT 3-D được dựng lên theo các yếu tố 3-D của lưới đỡ và nguồn. Các kết quả hầu hết được hiệu chỉnh theo mô tả chùm tia (8).

**9.3 Tốc độ xử lý tuyến tính:** Đây là phép thực hành thông thường để chỉ rõ tính năng của máy gia tốc điện tử năng lượng thấp liên quan đến tốc độ xử lý tuyến tính hoặc tốc độ đường truyền. Tốc độ này có thể thu được từ công thức 3 theo cách sắp xếp lại như sau:

$$\text{Tốc độ xử lý tuyến tính} = V_1 = \frac{(K_A/W_b) \cdot I \cdot f_i}{D} \quad (4)$$

$(K_A/W_b)$  có thể được coi là hệ số tốc độ xử lý tuyến tính,  $K_L$ . Công thức này có thể được viết như sau:

$$\text{Tốc độ xử lý tuyến tính} = V_1 = \frac{K_L \cdot I \cdot f_i}{D} \quad (5)$$

**CHÚ THÍCH 8** Trong công thức 3 và 4, giá trị  $K_A$  phụ thuộc vào độ rộng chùm tia, nhưng giá trị  $K_L$  trong công thức 5 nghịch đảo với độ rộng chùm tia. Do đó, các máy xử lý có cùng giá trị  $K_A$  nhưng có độ rộng chùm tia khác nhau có thể có các giá trị  $K_L$  khác nhau. Các giá trị  $K_L$  có thể được tính từ  $K_A$  nêu trong Bảng 1 đối với các giá trị độ rộng chùm tia,  $W_b$ , tương ứng với máy xử lý được sử dụng đối với một ứng dụng cụ thể.

## 10 Độ không đảm bảo đo

**10.1** Phép đo liều cần phải kèm theo đánh giá độ không đảm bảo đo mới có ý nghĩa.

**10.2** Các thành phần độ không đảm bảo đo sẽ được phân thành hai loại sau đây:

**10.2.1** Loại A: Được đánh giá bằng phương pháp thống kê, hoặc

**10.2.2** Loại B: Được đánh giá bằng phương pháp khác.

**10.3** Các cách khác về phân loại độ không đảm bảo đo đã được dùng rộng rãi và có thể có ích cho báo cáo về độ không đảm bảo đo. Ví dụ, thuật ngữ độ chính xác và độ lệch, sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống (không ngẫu nhiên) được dùng để mô tả các loại sai số khác nhau.



**CHÚ THÍCH 9** Nhận biết độ không đảm bảo đo loại A và loại B dựa trên phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo xuất bản năm 1995 bởi Tổ chức Tiêu chuẩn hoá quốc tế (ISO) trong tài liệu hướng dẫn về biểu thức không đảm bảo đo trong phép đo (9). Mục đích dùng loại đặc trưng này là để tăng sự hiểu biết về độ không đảm bảo đo và tạo cơ sở để so sánh với quốc tế về các kết quả đo.

**CHÚ THÍCH 10** ISO/ASTM Guide 51707 định nghĩa nguồn không đảm bảo đo có thể trong đo lường ở thiết bị chiếu xạ và đưa ra quy trình đánh giá độ không đảm bảo đo trong đo lường sử dụng hệ đo lường. Tài liệu định nghĩa và thảo luận các khái niệm cơ bản về phép đo, bao gồm đánh giá giá trị đo về lượng, giá trị thực, độ sai lệch và độ không đảm bảo đo. Thành phần độ không đảm bảo đo được thảo luận và phương pháp đánh giá các giá trị sai số. Các phương pháp cũng tính toán kết hợp các sai số chuẩn và sai số mở rộng (toàn bộ).

## 11 Chứng chỉ

### 11.1 Hồ sơ

**11.1.1** Thiết lập dữ liệu thu được và xây dựng lại hệ thống các tài liệu của tất cả dữ liệu hệ đo lường từ các qui trình đảm bảo chất lượng lắp đặt, đánh giá quá trình, bảo dưỡng máy móc và các thay đổi khác.

**11.1.1.1** Lưu hồ sơ các phép đo hiệu suất đánh giá các đặc tính phân bố liều của thiết bị. Báo cáo kiểm soát chiếu xạ phải được ghi ngày tháng, thời gian, các thông số quá trình cụ thể và tên người vận hành máy móc (xem 4.3).

**11.1.1.2** Khi thích hợp, lưu hồ sơ các kết quả đo lường và các giá trị thông số quá trình ảnh hưởng liều hấp thụ cùng với thông tin đầy đủ về việc nhận biết các thông số này trong qui trình vận hành cụ thể.

**11.1.1.3** Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn việc hiệu chuẩn và bảo dưỡng thiết bị và dụng cụ sử dụng để kiểm soát hoặc đo liều phân bố trong sản phẩm (xem ISO/ASTM Guide 51261).

### 11.1.2 Nhật ký thiết bị

**11.1.2.1** Ghi chép ngày tháng và thời gian của bất kỳ quá trình bảo dưỡng thiết bị nào, bao gồm các thành phần cụ thể được thay thế. Ghi lại tất cả các lỗi của thiết bị, nguồn gốc nguyên nhân gây ra lỗi và các bất kỳ hoạt động hiệu chỉnh nào được thực hiện.

### 11.2 Xem xét lại và phê chuẩn

**11.2.1** Xem xét lại và phê chuẩn tất cả các hồ sơ hệ đo lường phù hợp với chương trình bảo đảm chất lượng đã thiết lập.

**11.2.2** Định kỳ kiểm tra tất cả các tài liệu để đảm bảo rằng hồ sơ là chính xác và đầy đủ.

### 11.3 Lưu giữ hồ sơ

**11.3.1** Lưu giữ tất cả các hồ sơ ở cơ sở chiếu xạ và sẵn sàng cho việc kiểm tra khi cần. Giữ các file tài liệu định kỳ theo các luật định có liên quan (xem 4.1).

## Phụ lục A

(Tham khảo)

### A.1 Phương pháp đo hệ số tốc độ xử lý bề mặt hiệu quả ( $K_{Af}$ ), sự phân liều theo độ sâu và độ đồng đều liều

**A1.1** Phụ lục này mô tả phương pháp đo hệ số tốc độ xử lý bề mặt hiệu quả ( $K_{Af}$ ), sự phân bố liều theo độ sâu và độ đồng đều liều.

#### A1.2 Phương pháp đo hệ số tốc độ xử lý bề mặt hiệu quả ( $K_{Af}$ ):

**A1.2.1** Hệ số tốc độ xử lý bề mặt hiệu quả ( $K_{Af}$ ) là phép đo hiệu suất của chùm tia điện tử ở bề mặt của sản phẩm. Hệ số này được xác định bằng phép đo liều bề mặt trên dải điện áp vận hành.

**A1.2.2** Điều quan trọng là xác định giá trị  $K_{Af}$  trên khắp dải điện áp bởi vì giá trị  $K_{Af}$  có thể thay đổi nhiều theo điện áp. Nhìn chung,  $K_{Af}$ , sẽ cao nhất ở điện áp khoảng 175 kV. Ở điện áp thấp hơn, sự thay đổi giá trị  $K_A$  là kết quả của sự suy yếu tăng dần của liều gây ra do hao hụt năng lượng trong cửa sổ và khe không khí. Ở các điện áp cao hơn, việc giảm  $K_{Af}$  là kết quả của việc giảm pic năng lượng ra ngoài mặt phẳng liều kế.

**A1.2.3** Giá trị  $K_{Af}$  xác định được từ phép đo liều ở các điện áp khác nhau sử dụng công thức đơn giản trong 9.2.

**A1.2.4** Bước đầu tiên trong việc xác định  $K_{Af}$  là chuẩn bị các dây liều kế hoặc dải màng mỏng được gắn trên vật liệu mang thích hợp. Mỗi bộ liều kế hoặc các dải này sẽ có tối thiểu năm liều kế riêng biệt. Các liều kế sẽ được đặt nối tiếp từ liều kế này đến liều kế khác trên một dãy dọc theo tâm của vật mang. Các liều kế sẽ được đối xứng với vật mang tại các mép liều kế. Khi rút các liều kế từ vật mang phải tiến hành cẩn thận không để che phần giữa của liều kế khi tiến hành đọc.

**A1.2.5** Điều quan trọng là giảm thiểu các electron bị phân tán từ sự phân bố đến phép đo  $K_{Af}$ . Giá trị  $K_{Af}$  sẽ liên quan trực tiếp đến công suất của chùm tia ban đầu.

**A1.2.6** Liều kế thường được sử dụng cho phép đo loại này là liều kế màng mỏng nhuộm màu [xem TCVN 7910 (ISO/ASTM 51275)].

**A1.2.7** Thực hành cẩn thận trong khi chuẩn bị các liều kế trên vật liệu mang sao cho để giảm sự phơi nhiễm của các liều kế với ánh sáng môi trường như năng lượng UV, có thể cũng gây ra sự thay đổi mật độ quang của hầu hết các liều kế bức xạ nhuộm màu. Việc xử lý và đọc dữ liệu đối với liều kế đưa ra theo chỉ dẫn của nhà sản xuất liều kế.

**A1.2.8** Mỗi khi các bộ liều kế được chuẩn bị, chúng có thể được gắn lên một đĩa chuyển động để kiểm tra chúng qua chùm điện tử.

**A1.2.9** Mỗi khi cường độ chùm tia và tốc độ đĩa được cài đặt trước khi lựa chọn điện áp chùm tia, thì bộ liều kế phải đi qua chùm điện tử. Nếu các liều kế không được bọc lại trong suốt quá trình phơi nhiễm thì cần phải thực hành cẩn thận để tránh sai số do phơi nhiễm ánh sáng UV, phơi nhiễm với thay đổi độ ẩm và nhiễm bẩn. Nếu dùng các vật liệu mỏng được bọc để bảo vệ liều kế thì phải áp dụng hệ số hiệu chỉnh đối với giá trị  $K_{Af}$  để bù cho việc giảm đi của vật liệu bao bọc.

**A1.2.10** Điện áp tối thiểu, tối đa và một vài điện áp trung gian sẽ được lựa chọn để đưa ra số lượng đầy đủ các phép đo xác định chính xác các giá trị  $K_{Af}$  trong vùng điện áp quan tâm.

**A1.2.11** Lưu hồ sơ liều trung bình ở từng điện áp. Các dữ liệu này kèm theo tốc độ mạng, dòng điện và độ rộng chùm tia sẽ xác định được giá trị  $K_{Af}$ .

### **A1.3 Phương pháp đo sự phân bố liều theo độ sâu**

**A1.3.1** Xử lý các vật liệu đồng nhất bằng chùm tia điện tử tạo ra sự phân bố liều hấp thụ, thay đổi theo độ sâu. Hình dạng của đường cong liều theo độ sâu được xác định bởi sự va chạm của các điện tử sơ cấp và thứ cấp với electron nguyên tử và hạt nhân trong vật liệu hấp thụ. Vì vậy, hình dạng này phụ thuộc vào vị trí nguyên tử của vật liệu và năng lượng điện tử đó.

Độ đâm xuyên (dải điện tử) phụ thuộc vào năng lượng điện tử. Mối liên quan này được thể hiện trong họ đường cong liều theo độ sâu nêu trong Hình A1.1.

**A1.3.2** Các đường cong liều theo độ sâu thường được dựng bằng đơn vị đã chuẩn hóa. Độ đâm xuyên được biểu thị bằng khối lượng trên đơn vị diện tích hoặc độ dày nhân với tỷ trọng.

**A1.3.3** Bước đầu tiên trong phép đo và vẽ sự phân bố liều theo độ sâu của máy là để chuẩn bị bộ liều kế. Độ dày của bộ liều kế phải lớn hơn dải điện tử thực tế của năng lượng quan tâm. Các liều kế màng mỏng nhuộm màu thường được sử dụng cho mục đích này (1-6).

**A1.3.4** Cần thực hành cẩn thận khi chuẩn bị bộ liều kế để giảm thiểu sự phơi nhiễm của các liều kế với ánh sáng môi trường vì năng lượng UV cũng sẽ gây ra sự thay đổi về mật độ quang của hầu hết các liều kế nhuộm màu. Xử lý và đọc liều đúng theo hướng dẫn của nhà sản xuất liều kế đối với liều kế đã cho.

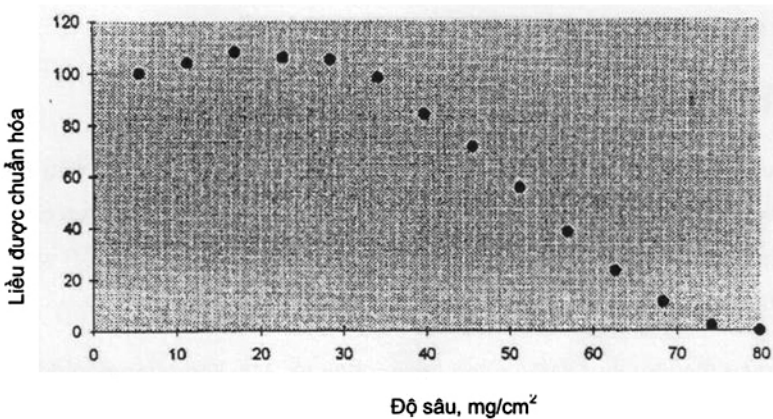
**A1.3.5** Mỗi khi bộ liều kế đã chuẩn bị, thì nên đặt lên vật liệu lót có thành phần tương tự, có ít nhất 1/3 dải điện tử thực tế của năng lượng quan tâm. Điều này sẽ ngăn cản sự phân tán các điện tử từ các băng chuyển sản phẩm, trống (bể) làm nguội, hoặc các cấu trúc khác trong khoang sản phẩm khỏi ảnh hưởng của các liều kế gần đáy của bộ liều kế.

**A1.3.6** Bộ liều kế sau đó đi qua cửa sổ chùm tia điện tử và được chiếu xạ đến mức đủ để cho phép đo được sự phân bố liều.

**A1.3.7** Độ dày, liều và vị trí của mỗi liều kế trong bộ liều kế sẽ được ghi lại và lưu hồ sơ.

**A1.3.8** Bước tiếp theo là chuẩn hóa cả số đọc liều và các phép đo độ dày. Số đọc liều thường được chuẩn hóa bằng cách chia số đọc của từng liều riêng biệt cho liều bề mặt và sau đó biểu thị các kết quả theo phần trăm. Có thể tính độ sâu của từng lớp bằng cách nhân độ dày của từng lớp liều kế riêng biệt với tỷ trọng của liều kế.

**A1.3.9** Bảng A1.1 đưa ra ví dụ về các bước thực hiện nói trên. Hình A1.1 là đồ thị điển hình theo dữ liệu trong Bảng A1.1.



**Hình A1.1** Đường cong liều theo độ sâu 300 kV (khe không khí 2,5 cm, cửa sổ lá Titan 13  $\mu\text{m}$ ).  
Khoảng cách giá trị theo độ sâu dựa trên các phép đo độ sâu từ bề mặt sau của liều kế

**A1.4 Phương pháp đo độ đồng đều liều ngang qua độ rộng của chùm tia điện tử:**

**A1.4.1** Sự phân bố liều dọc theo độ rộng chùm tia phụ thuộc vào độ đồng đều của nguồn điện tử và khoảng cách giữa nguồn và sản phẩm. Để đo sự phân bố liều của chùm tia điện tử cần thực hiện các bước sau:

**A1.4.1.1** Các liều kế cần được đặt trên vật liệu lót hơi rộng hơn độ rộng hoạt động của chùm tia được thử nghiệm. Tiếp theo, vật liệu lót phải có thành phần giống với liều kế và có độ dày bằng với dải điện tử thực tế để ngăn cản các điện tử phân tán từ băng chuyền sản phẩm, trống làm nguội hoặc các cấu trúc khác trong khoang sản phẩm hơi vênh với phép đo liều.

**A1.4.1.2** Các liều kế cần được đặt ở các khoảng cách khoảng 2,5 cm dọc khắp độ rộng của chùm tia điện tử. Tiến hành cẩn thận theo các khuyến cáo của nhà cung cấp liều kế về cách xử lý và đọc các liều kế trước và sau phơi nhiễm. Nếu sử dụng các liều kế liên tiếp, ví dụ dưới dạng các dải hoặc tấm bao trùm độ rộng của chùm tia thì cần đưa ra thông tin chi tiết hơn.

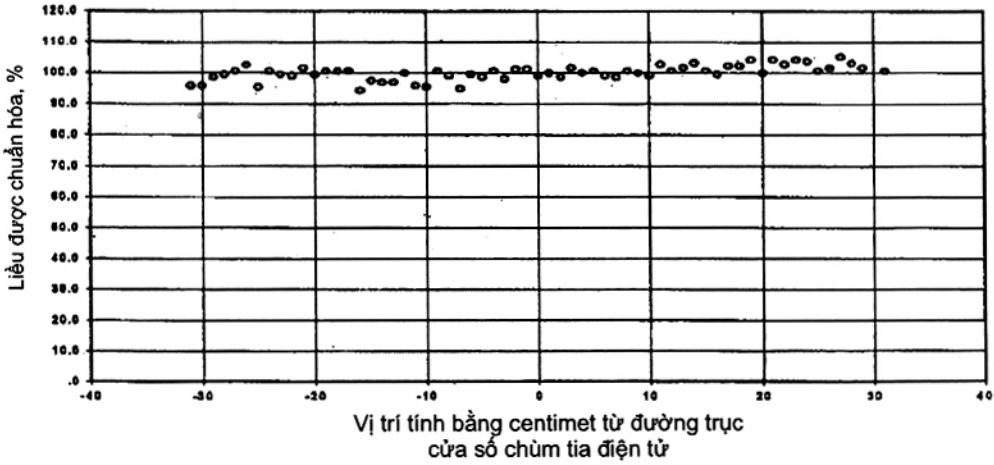
**A1.4.1.3** Bước tiếp theo trong quá trình này là gắn màng liều kế vào bộ phận vận chuyển sản phẩm thích hợp sao cho các liều kế có thể đi qua khoang chiếu xạ ở khoảng cách từ cửa sổ bằng với mặt phẳng sản phẩm thông thường. Tiến hành cẩn thận để ghi chép và lưu lại đường tâm của chùm điện tử và đường tâm của màng liều kế, càng thẳng hàng với tâm của chùm tia càng tốt trong suốt quá trình phơi nhiễm.

**A1.4.1.4** Khi các liều kế bị phơi nhiễm với mức liều cho phép đo mặt cắt của chùm tia, thì có thể lấy chúng ra để đọc.

**Bảng A1.1 – Ví dụ về sự phân bố liều theo độ sâu ở 300 kV**  
(khe không khí 2,5 cm, cửa sổ lá titan 13  $\mu\text{m}$ )

Lớp	Độ dày riêng lẻ $\mu\text{m}$	Vẽ đồ thị theo độ sâu $\mu\text{m}$	Liều kGy	Độ sâu ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )	Phần trăm liều đã được chuẩn hóa
1	50	50	32,5	5,7	100 %
2	50	100	33,7	11,4	104 %
3	50	150	35,2	17,1	108 %
4	50	200	34,4	22,8	106 %
5	50	250	34,2	28,5	105 %
6	50	300	32,0	34,2	98 %
7	50	350	27,3	39,9	84 %
8	50	400	23,2	45,6	71 %
9	50	450	17,8	51,3	55 %
10	50	500	12,3	57	38 %
11	50	550	7,4	62,7	23 %
12	50	600	3,6	68,4	11 %
13	50	650	1,5	74,1	2 %
14	50	700	0	79,8	0 %

**A1.4.1.5** Bước cuối cùng trong phép xác định độ đồng đều liều của chùm điện tử là vẽ đồ thị dữ liệu thu được theo các bước ở trên. Mặt cắt liều theo chiều ngang lưới có thể được dựng theo đơn vị liều hoặc phần trăm của liều trung bình ngang qua độ rộng chùm tia. Hình A1.2 là đồ thị điển hình của độ đồng đều liều ngang qua nguồn chùm tia điện tử rộng 60 cm. Sự thay đổi liều cần nằm trong dải qui định của nhà sản xuất máy gia tốc. Sự thay đổi nằm ngoài dải qui định có thể cho thấy sự sai về thành phần hoặc có vấn đề về sự thẳng hàng chùm tia mà cần phải hiệu chỉnh.



Hình A1.2 Độ đồng đều liều theo độ rộng chùm tia điện tử

**A2. Phương pháp tính liều bề mặt từ các thông số chùm tia điện tử**

**A2.1** Phụ lục này mô tả phương pháp tính liều bề mặt từ chùm tia điện tử có sử dụng hàm Monte Carlo (xem ASTM guide E 2232). Các qui phạm Monte Carlo chuẩn bao gồm ZTRAN, PENELOPE, ITS (TIGER), MCNP, EGS4 và EDMULT.

**A2.2** Năng lượng tích tụ trên điện tử,  $E$  (MeV/(g cm<sup>-2</sup>)), tính được sử dụng công thức 1-D ITS TIGER đối với tổ hợp của gia tốc điện áp và khe không khí điển hình của thiết bị điện áp thấp. Độ dày của cửa sổ titan là 12 μm.

**A2.3** Liều  $D$  có thể tính được đối với các giá trị dòng điện ( $I$ ) đã chọn, tốc độ lưới ( $V_l$ ), độ rộng chùm tia ( $W_b$ ) và hiệu suất ứng dụng dòng chùm tia ( $f_i$ ) theo công thức A2.1. Giá trị thích hợp đối với  $E$  (xem A2.2) được lựa chọn từ Bảng A2.1. Cần lưu ý rằng Công thức 3 trong Điều 9.2 với  $1000 E = K_A$ , nhưng  $W_b$  và  $V_l$  được tính bằng đơn vị centimet phù hợp với đầu ra của Monte Carlo chuẩn:

$$D \text{ (kGy)} = \frac{1000 \cdot E \cdot I \cdot f_i}{(W_b \cdot V_l)} \tag{A2.1}$$

**A2.4** Cần điều tra về chênh lệch lớn giữa liều đo được và liều dự kiến từ phép tính này. Có thể kết quả của đầu vào không đúng đối với công thức A2.1 nhưng cũng có thể là không đồng nhất ngang qua độ rộng chùm tia, trục trục trong việc cung cấp nguồn hoặc qui trình đo liều không đúng.

**Bảng A2.1 Năng lượng tích tụ trên điện tử trong liều kế FWT tính được theo hàm Monte Carlo (MeV/g-cm<sup>-2</sup>) (cửa sổ titan 12 μm, khe không khí có thể thay đổi)**

Tăng điện áp (kV)	Khe không khí 1 cm	Khe không khí 2 cm	Khe không khí 3 cm	Khe không khí 4 cm	Khe không khí 5 cm
100	5,21	3,88	2,67	1,64	0,87
125	7,65	7,10	6,26	5,58	4,72
150	7,79	7,61	7,33	7,03	6,56
175	7,21	7,34	7,28	7,08	7,06
200	6,84	6,84	6,86	6,77	6,68
225	6,00	6,02	6,26	6,25	6,37
250	5,39	5,48	5,56	5,66	5,75
275	4,92	5,07	5,18	5,30	5,36
300	4,44	4,64	4,66	4,82	4,92

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- (1) McLaughlin, W. L., Boyd, A. W., Chadwick, K. H., McDonald, J. G., and Miller, A., *Dosimetry For Radiation Processing*, Taylor & Francis, 1989.
  - (2) McLaughlin, W. L., "Dosimetry for Low-Energy Electron Machine Performance and Process Control," *Proceeding of RadTech 90 North America*. Chicago. March 1990, Vol 2, Radtech International North America, 60 Revere Drive. Suite 500. Northbrook. IL 60062. 1990. pp. 91-99.
  - (3) McLaughlin, W. L., "Low-Energy Electron Dose-Distribution Measurements With Thin-Film Dosimeters." *Beta-Gamma*, Vol 4, No. 2 & 3. 1991, pp. 20-29.
  - (4) McLaughlin, W. L., Humphreys, J. C, Hocken, D., and Chappas, W. J., "Radiochromic Dosimeters for Validation and Commissioning of Industrial Radiation Processes," *Radiat. Phys. Chem*, 31, 1988. pp. 505-514.
  - (5) Menezes. T. J., "Developments in Electron Beam Curing." *Radiat. Phys. Chem.*, 31, 1990, pp. 52-58.
  - (6) Miller. A., McLaughlin, W. L., "Evaluation of Radiochromic Dye Film and Other Plastic Dose Meters Under Radiation Processing Conditions." *High-Dose Measurements in Industrial Radiation Processing. Technical Report Series 205*, International Atomic Energy Agency. Vienna. 1981. pp. 119-138.
  - (7) Helt-Hansen, J., Miller. A., McEwen. M., Sharpe, P., and Duane. S., "Calibration of Thin-film Dosimeters Irradiated with 80-120 keV Electrons," *Radiat. Phys. Chem.*, 71, 2004. pp. 353-357.
  - (8) Weiss. D. E., Kalweit, H. W., and Kensek. R. P., "Low-voltage Electron-beam Simulation Using the Integrated Tiger Series Monte Carlo Code and Calibration Through Radiochromic Dosimetry." in *Irradiation of Polymers, Fundamentals and Technological Applications*, Clough. R. L., and Shalaby. S. W. (eds.), ACS Symposium Series 620 American Chemical Society, Washington. 1994.
  - (9) "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement." International Organization for Standardization, 1995. ISBN 92-67-10188-9. Available from International Organization for Standardization, 1 rue de Varembé. Case Postale 56. CH-1211. Geneva 20. Switzerland.
-