

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 8232 : 2009  
ISO/ASTM 51607 : 2004**

Xuất bản lần 1

**TIÊU CHUẨN THỰC HÀNH  
SỬ DỤNG HỆ ĐO LIỀU CỘNG HƯỞNG  
THỤT TỪ ELECTRON-ALANIN**

*Standard Practice for Use of an Alanin-EPR Dosimetry System*

**HÀ NỘI – 2009**

**Lời nói đầu**

TCVN 8232 : 2009 hoàn toàn tương đương với ISO/ASTM 51607:2004;

TCVN 8232 : 2009 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 đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều cộng hưởng thuận từ electron-alanin <sup>1)</sup>

*Standard Practice for Use of an Alanin - EPR Dosimetry System*

### 1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này mô tả các vật liệu, chuẩn bị liều kế, dụng cụ, và các qui trình sử dụng hệ đo liều cộng hưởng thuận từ electron-alanin để đo liều hấp thụ trong các vật liệu được chiếu xạ bởi các photon và electron. Cơ sở của hệ đo liều này là phổ cộng hưởng thuận từ electron (EPR) của các gốc tự do được sinh ra từ axit amin alanin <sup>2)</sup>. Nó được phân loại như là một hệ đo liều chuẩn chính (xem ISO/ASTM 51261).

1.2 Tiêu chuẩn này đề cập đến các hệ đo liều cộng hưởng thuận từ electron-alanin để đo liều hấp thụ trong các điều kiện sau đây:

1.2.1 Dải liều hấp thụ từ 1 Gy đến  $10^5$  Gy.

1.2.2 Suất liều hấp thụ lên đến  $10^2$  Gy.s<sup>-1</sup> đối với trường bức xạ liên tục và lên đến  $5 \times 10^7$  Gy.s<sup>-1</sup> đối với trường bức xạ dạng xung (1-3) <sup>3)</sup>.

1.2.3 Dải năng lượng bức xạ đối với các photon và electron từ 0,1 MeV đến 28 MeV (1,2,4).

1.2.4 Nhiệt độ chiếu xạ từ -60 °C đến + 90 °C (2,5).

1.3 Các giá trị được nêu ra trong hệ đơn vị quốc tế (SI) được xem như là giá trị chuẩn. Các giá trị trong ngoặc đơn chỉ có tính chất tham khảo.

<sup>1)</sup> Tiêu chuẩn thực hành này nằm trong phạm vi thẩm quyền của ASTM Ban E 10 Công nghệ và ứng dụng hạt nhân và thuộc trách nhiệm của Tiểu Ban E10.01 Đo liều quá trình bức xạ và cũng thuộc phạm vi thẩm quyền của ISO/TC 85/WG 3.

Ấn bản hiện hành được thông qua vào ngày 30 tháng 6 năm 2004, được xuất bản ngày 15 tháng 8 năm 2004, nguyên bản là ASTM E 1607-94. ASTM E 1607-94 được ISO thông qua vào năm 1998 với số hiệu tiêu chuẩn là ISO 15566:1998. Tiêu chuẩn ASTM/ISO 51607:2004 hiện hành là bản soát xét chính của ISO 15566.

<sup>2)</sup> Thuật ngữ "cộng hưởng spin electron" (ESR) có thể được dùng thay cho cộng hưởng thuận từ electron (EPR).

<sup>3)</sup> Số in đậm trong dấu ngoặc đơn viện dẫn trong Tài liệu viện dẫn ở cuối Tiêu chuẩn này.

## **TCVN 8232 : 2009**

1.4 Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các vấn đề liên quan đến an toàn. Trách nhiệm của người sử dụng tiêu chuẩn này là phải tự xác lập các tiêu chuẩn thích hợp về thực hành an toàn và sức khoẻ và xác định khả năng áp dụng các giới hạn luật định trước khi sử dụng.

## **2 Tài liệu viện dẫn**

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

### **2.1 Các tiêu chuẩn ASTM**

ASTM E 170, *Terminology Relating to Radiation Measurements and Dosimetry* (Thuật ngữ liên quan đến các phép đo bức xạ và đo liều).

ASTM E 666, *Practice for Calculating Absorbed Dose from Gamma or X-Radiation* (Thực hành về tính toán liều hấp thụ của bức xạ gamma hoặc tia X).

### **2.2 Các tiêu chuẩn ISO/ASTM**

TCVN 7248 (ISO/ASTM 51204), *Tiêu chuẩn thực hành đo liều áp dụng cho thiết bị chiếu xạ gamma dùng để xử lý thực phẩm*.

TCVN 7249 (ISO/ASTM 51431), *Tiêu chuẩn thực hành đo liều áp dụng cho thiết bị chiếu xạ chùm tia electron và tia X (bức xạ hãm) dùng để xử lý thực phẩm*.

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 liều cao).

ISO/ASTM 51707, *Guide for Estimating Uncertainties in Dosimetry for Radiation Processing* (Hướng dẫn đánh giá độ không đảm bảo đo đối với các phép đo liều trong công nghệ xử lý bằng bức xạ).

### **2.3 Báo cáo của Cơ quan Quốc tế về các Đơn vị và các Phép đo liều bức xạ (ICRU)<sup>4)</sup>**

ICRU Report 14, *Radiation Dosimetry: X-Rays and Gamma Rays with Maximum Photon Energies Between 0.6 MeV and 50 MeV* (Đo liều bức xạ: tia X và gamma với năng lượng photon tối đa từ 0,6 MeV đến 50 MeV).

---

<sup>4)</sup> Ủy ban quốc tế về các phép đo và các đơn vị đo bức xạ (ICRU), 7910 Woodmont Ave., Bethesda, MD 20814, Mỹ.

ICRU Report 17, *Radiation Dosimetry: X Rays Generated at Potentials of 5 to 150 kV* (Đo liều bức xạ: Đối với tia X được sinh ra tại các hiệu điện thế từ 5 kV đến 150 kV).

ICRU Report 34, *The Dosimetry of Pulsed Radiation* (Đo liều bức xạ xung).

ICRU Report 35, *Radiation Dosimetry: Electron with Energies Between 1 and 50 MeV* (Đo liều bức xạ đối với chùm electron với năng lượng trong khoảng từ 1 MeV đến 50 MeV).

ICRU Report 37, *Stopping Powers for Electrons and Positrons* (Năng lượng hãm đối với electron và positron).

ICRU Report 44, *Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurements* (Chuỗi thay thế trong phép đo liều chiếu xạ).

ICRU Report 60, *Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation* (Các đại lượng và đơn vị cơ bản đối với bức xạ ion hoá).

## **2.4 Tiêu chuẩn ISO/ASTM <sup>5)</sup>**

*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (Hướng dẫn biểu thị độ không đảm bảo đo trong phép đo).

## **3 Thuật ngữ và định nghĩa**

### **3.1 Định nghĩa**

#### **3.1.1**

**Liều kế alanin (alanine dosimeter)**

Lượng xác định của vật liệu alanin nhạy bức xạ ở dạng nhất định và được bổ sung các chất trợ làm chất kết dính.

#### **3.1.2**

**Hệ đo liều cộng hưởng thuận từ electron-alanin (alanine-EPR dosimetry system)**

Hệ này được sử dụng để xác định liều hấp thụ, bao gồm các liều kế alanin, máy đo quang phổ cộng hưởng thuận từ electron và các vật liệu chuẩn có liên quan, và các qui trình để sử dụng hệ đo liều này.

#### **3.1.3**

**Độ lớn tín hiệu EPR (EPR signal amplitude)**

Là độ lớn từ pic đến pic của tín hiệu trung tâm của phổ EPR. Tín hiệu này tương ứng với nồng độ của gốc tự do sinh ra từ alanin trong liều kế alanin.

<sup>5)</sup> Viện tiêu chuẩn quốc gia Mỹ (ANSI), 25 W. 43 rd St., 4 th floor, New York, NY 10036 hoặc Tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế 1 rue d Varembe, Case Postal 56, CH-1211, Geneva 20, Thụy sỹ.

## **TCVN 8232 : 2009**

### **3.1.4**

#### **Đo phổ EPR (EPR spectroscopy)**

Đo phổ hấp thụ cộng hưởng của năng lượng điện từ, sinh ra trong việc dịch chuyển các electron không cặp đôi giữa các mức năng lượng khác nhau, theo tần số vô tuyến áp lên chất thuận từ đặt trong từ trường.

### **3.1.5**

#### **Phổ EPR (EPR spectrum)**

Phổ hấp thụ thuận từ electron đo được như là một hàm của từ trường.

### **3.1.6**

#### **Độ lớn tín hiệu tại điểm liều bằng 0 (zero dose amplitude)**

Độ lớn tín hiệu EPR của một liều kế alanin chưa chiếu xạ có cùng các thông số của máy đo quang phổ EPR được sử dụng để có thể đo được giá trị liều hấp thụ thấp nhất.

**3.2** Định nghĩa về các thuật ngữ khác dùng trong tiêu chuẩn này có liên quan đến phép đo bức xạ và đo liều có thể tham khảo trong tài liệu ASTM E 170. Định nghĩa trong E 170 phù hợp với ICRU 60, do đó, ICRU 60 có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo thay thế.

## **4 Ý nghĩa và ứng dụng**

**4.1** Hệ đo liều EPR-alanin cung cấp phương pháp đo liều hấp thụ. Phương pháp này dựa vào việc đo các gốc tự do ổn định riêng biệt trong tinh thể alanin được sinh ra do bức xạ ion hóa.

**4.2** Liều kế này chứa tinh thể alanin và xác nhận liều hấp thụ bằng việc hình thành phân tử alanin được sinh ra từ các gốc tự do. Nhận dạng và đo các phân tử alanin được sinh ra từ các gốc tự do được thực hiện bởi quang phổ EPR.

**4.3** Việc đo các gốc tự do bằng quang phổ EPR là phép đo không phá hủy. Các liều kế alanin có thể đọc kết quả lặp lại, và do đó nó có thể được sử dụng cho các mục đích lưu giữ số liệu.

**CHÚ THÍCH 1** Chi tiết hơn về các phương pháp đo liều khác nhau được áp dụng cho các kiểu bức xạ và các mức năng lượng đề cập trong tiêu chuẩn này, xem ASTM E 668, TCVN 7248 (ISO/ASTM 51204), ISO/ASTM 51400, TCVN 7249 (ISO/ASTM 51431), ISO/ASTM Guide 51261 và các báo cáo của ICRU số 14, 17, 34, 35, 44 và 60.

**4.4** Hệ đo liều EPR-alanin được sử dụng như hệ đo liều chuẩn hoặc hệ đo liều truyền chuẩn hoặc hệ đo liều thường xuyên trong các ứng dụng bức xạ bao gồm: khử trùng các dụng cụ y tế và thuốc, chiếu xạ thực phẩm, biến tính polyme, chữa bệnh trong y tế, và các nghiên cứu về ảnh hưởng của bức xạ trong các vật liệu.

**4.5** Độ lớn của tín hiệu EPR của các liều kế alanin đã chiếu xạ chỉ ra sự tương đương với liều hấp thụ của photon và electron (4).

## 5 Đặc tính của alanin

5.1 Là liệu kê được làm từ  $\alpha$ -alanin,  $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$ , ở dạng bột đa tinh thể.

5.2 Tất cả các dạng đồng phân của  $\alpha$ -alanin đều thích hợp để đo liều, trong đó, L-alanin là phổ biến nhất.

5.3 Độ tinh khiết của alanin phải ở cấp độ phân tích (99 % hoặc cao hơn). Alanin có độ tinh khiết này có bán sẵn trong thương mại.

## 6 Chuẩn bị liệu kê

6.1 Liệu kê alanin được sử dụng có thể ở dạng bột hoặc rắn có sử dụng chất kết dính.

CHÚ THÍCH 2 Các nguyên liệu sử dụng trong sản xuất liệu kê như chất phụ gia, capxon hoặc màng phải không có thuộc tính đặc biệt hoặc tín hiệu EPR tạo ra bức xạ. Ví dụ về các chất kết dính thích hợp như xenlulo, cao su etylen-propylen, gelatin, paraffin, polyetylen, polyetylen vinyl axetat, polystyren, polyvinylpyrrolidon, polyvinyl propylen và stearin. Các chất bôi trơn thêm vào trong quá trình sản xuất liệu kê là tùy ý. Ví dụ chất bôi trơn thích hợp là axit stearic.

6.2 Các liệu kê dạng bột

6.2.1 Bột alanin có thể được sử dụng trực tiếp do các nhà sản xuất cung cấp.

CHÚ THÍCH 3 Nên sàng lọc để có được dải kích thước hạt hẹp từ vài chục đến vài trăm  $\mu\text{m}$  để tăng độ tái lập của tín hiệu EPR.

6.2.2 Bột alanin chứa trong túi hoặc dạng con nhộng để sử dụng. Thông thường từ 50 mg đến 200 mg bột được sử dụng cho một liệu kê.

6.3 Các liệu kê sử dụng các chất kết dính

6.3.1 Các liệu kê alanin có thể được chuẩn bị bằng cách nén, đúc, đổ khuôn một hỗn hợp alanin, chất kết dính, chất bôi trơn (tùy chọn).

6.3.2 Dạng vật lý thông thường của liệu kê là dạng viên tròn, các phim mỏng, dạng hình trụ, hoặc các dạng như sợi cáp. Kích thước các chiều của liệu kê phụ thuộc vào đường kính bên trong của khoang vi sóng của khối phổ kế EPR, khe giữ liệu kê, và các yêu cầu về độ chính xác của phép đo.

6.3.3 Nhiệt độ tối đa mong muốn mà liệu kê có thể chịu đựng được phải được xem xét trong mối tương quan với điểm làm mềm của chất kết dính.

6.3.4 Thành phần của alanin có thể rất khác nhau. Một số giá trị về thành phần alanin đã được công bố (với các chất kết dính khác nhau) là 95 % (polyvinylpyrrolidon) (6), 60 % đến 95 % (polyetylen) (2,7-10), 70 % (polystyren) (11), và 67 % (cao su etylen-propylen) (12).

## TCVN 8232 : 2009

**6.3.5** Quá trình sản xuất liệu kê alanine liên quan đến một số công đoạn, chẳng hạn như: các chất kết dính, tấm lọc, chất bôi trơn (tùy chọn) được thêm vào, độ đồng nhất, việc ép khuôn, hoặc đúc khuôn.

### 6.4 Đảm bảo chất lượng trong việc chuẩn bị mẫu liệu kê alanin

**6.4.1** Tiến hành chuẩn bị liệu kê cẩn thận. Việc chuẩn bị này được thực hiện trong các điều kiện phòng thử nghiệm sạch và tuân thủ các qui trình chế tạo có chất lượng cao được qui định trong tài liệu tham khảo (7, 13). Trong quá trình sản xuất liệu kê cần tránh hoàn toàn việc tạo ra các gốc tự do vì lẫn một số lượng rất nhỏ vật liệu thuận từ hoặc do lực cơ học. Một vài kỹ thuật sản xuất liệu kê được miêu tả trong các tài liệu tham khảo (10) và (14). Đo độ lặp lại, độ nhạy bức xạ của mẻ liệu kê và các vật liệu khác có liên quan có thể bị ảnh hưởng bởi mỗi bước trong quá trình sản xuất liệu kê.

**6.4.2** Các yếu tố quan trọng đối với phép đo độ chụm là độ đồng nhất alanin/chất gắn kết, độ tái lặp về khối lượng, tỷ trọng, kích thước và hình dạng của các liệu kê. Những ảnh hưởng về môi trường được thảo luận trong Điều 11 cũng sẽ được xem xét.

**6.4.3** Các mẫu liệu kê đại diện sẽ được lựa chọn từ mỗi mẻ liệu kê và được thử nghiệm để kiểm soát chất lượng, ví dụ kiểm tra bằng mắt thường và kiểm tra khối lượng và kích thước ổn định của liệu kê.

**6.4.4** Kiểm soát chất lượng phép đo liệu đối với mỗi mẻ liệu kê được sản xuất bao gồm độ nhạy bức xạ của mẻ liệu kê và các thay đổi có liên quan khác.

**6.4.5** Để đạt được độ không đảm bảo đo mở rộng trích dẫn trong 13.4, thì các thay đổi có liên quan khác của độ lớn tín hiệu EPR do bức xạ sẽ phải nằm trong giới hạn  $\pm 1,0\%$  (1  $\sigma$ ).

## 7 Thiết bị, dụng cụ

**7.1** Máy đo quang phổ EPR dải X được sử dụng để đo độ lớn tín hiệu EPR của liệu kê alanin. Để đạt được độ không đảm bảo đo mở rộng trích dẫn trong 13.4, thì máy đo quang phổ EPR cần đáp ứng các thông số sau: tần số vi sóng từ 9 GHz đến 10 GHz cùng với hệ khóa tần số tự động (AFC); tương ứng với trường điện từ đặt tại hệ số g là 2,0 (tại tần số 9,8 GHz, tương đương với 350 mT; xem chú thích 4) có dải quét từ trường là 20 mT ở tâm trường điện từ; độ lớn điều biến trường điện từ từ 0,1 mT đến 1,5 mT; công suất vi sóng từ 0,1 mW đến 10 mW; điều chỉnh thời gian quét, hằng số thời gian, và núm chỉnh theo liều hấp thụ. Độ nhạy của máy đo quang phổ cần đạt ít nhất là  $2 \times 10^{11}$  spin/mT. Khoang vi sóng cần chứa được mẫu có đường kính ít nhất 1 mm, lớn hơn đường kính của liệu kê được phân tích.

CHÚ THÍCH 4 Mỗi quan hệ giữa tần số vi sóng và trường điện từ được biểu diễn như sau:

$$h\nu = g\mu_B B \quad (1)$$



trong đó:

$h$  là hằng số Plank,

$\nu$  là tần số vi sóng,

$g$  là hệ số phân tách phổ (thường bằng 2,0),

$\mu_B$  là hệ số Bohr, và

$B$  là trường điện từ

**7.1.1** Có một số phương pháp để định vị liều kế chính xác và có tính tái lập, mà bao gồm cả vị trí thẳng góc và chính giữa của khoang chứa liều kế. Lỗ chứa liều kế thường được làm từ thạch anh nóng chảy và có chất lượng cao, độ trong suốt để không gây nhiễu tín hiệu EPR.

**7.2** Độ chụm tổng thể của hệ đo liều có thể được cải thiện bằng cách hiệu chuẩn độ lớn tín hiệu EPR và khối lượng của liều kế. Để đạt được độ không đảm bảo đo được trích dẫn trong 13.4, thì cần sử dụng cân phân tích có khả năng đo được các khối lượng sai số trong khoảng  $\pm 0,1$  mg. Cân phân tích này cần được hiệu chuẩn theo đúng hướng dẫn của nhà sản xuất.

## 8 Quy trình hiệu chuẩn

### 8.1 Hiệu chuẩn hệ đo liều

**8.1.1** Trước khi sử dụng, hệ đo liều (bao gồm các mẻ liều kế cụ thể và các dụng cụ đo chuyên dụng) cần phải được hiệu chuẩn theo qui trình hướng dẫn sử dụng trong đó qui định chi tiết quá trình hiệu chuẩn và yêu cầu đảm bảo chất lượng. Quy trình hiệu chuẩn này phải được định kỳ lặp lại để đảm bảo duy trì độ chính xác của phép đo liều hấp thụ trong giới hạn quy định. Các phương pháp hiệu chuẩn được nêu trong ISO/ASTM Guide 51261.

**8.1.2** Chiếu xạ là một khâu quan trọng của quá trình hiệu chuẩn hệ đo liều. Việc hiệu chuẩn bằng cách chiếu xạ liều kế phải được thực hiện tại một phòng thử nghiệm được công nhận chính thức, hoặc tại thiết bị hiệu chuẩn tại chỗ áp dụng các yêu cầu trong tiêu chuẩn ISO/ASTM 51400, tiêu chuẩn này cung cấp liều hấp thụ (hoặc suất liều hấp thụ) có liên kết chuẩn đo lường quốc gia hoặc quốc tế được công nhận.

**8.1.3** Khi liều kế alanin được sử dụng như một liều kế thường xuyên, thì việc chiếu xạ hiệu chuẩn có thể được thực hiện theo 8.1.2, hoặc tại một thiết bị chiếu xạ sản xuất hoặc nghiên cứu cùng với các liều kế chuẩn chính hoặc liều kế truyền chuẩn có liên kết chuẩn đo lường quốc gia hoặc quốc tế được công nhận.

#### 8.1.4 Xác nhận tính năng của dụng cụ đo

Có thể thực hiện việc kiểm tra hoạt động của máy đo quang phổ bằng việc đo thường xuyên đối với vật liệu so sánh có cường độ tín hiệu EPR ổn định (ví dụ bao gồm liều kế alanin đã chiếu xạ được

## TCVN 8232 : 2009

bảo quản dưới các điều kiện được kiểm soát, mẫu điển hình là: Cr(III) trong  $Al_2O_3$  (đá quý) hoặc Mn(II) trong CaO hoặc trong MgO). Vật liệu so sánh cường độ phổ EPR có thể được đặt ở bên ngoài liều kế (15) hoặc ngay chính bên trong liều kế (16). Nếu vật liệu so sánh cường độ phổ EPR không đồng nhất với giá trị được thiết lập trong giới hạn có thể chấp nhận, thì chắc chắn sẽ nhận thấy các lỗi, ví dụ lỗi về vị trí của vật liệu so sánh cường độ phổ EPR. Thông thường, độ lớn tín hiệu phổ EPR có thể bù đắp cho vật liệu so sánh cường độ phổ EPR đối với những thay đổi trong quá trình thực hiện phép đo.

CHÚ THÍCH 5 Vật liệu so sánh cường độ EPR truy nguyên theo Viện đo lường quốc gia hiện chưa có. Sự phù hợp của vật liệu so sánh cường độ EPR thích hợp để kiểm tra và bù đắp cho tính năng của máy đo quang phổ EPR cần được thiết lập qua các dữ liệu được nhà sản xuất cung cấp hoặc được đo. Dải có thể chấp nhận đối với phép đo vật liệu so sánh cường độ EPR phụ thuộc vào độ chụm của phép đo của thiết bị được sử dụng. Dải điển hình ở khoảng  $\pm 0,5\%$  ( $1\sigma$ ). Việc bù cho các thay đổi tính năng điển hình chỉ cần đến khi các thay đổi này lớn hơn các yêu cầu về độ chụm của phép đo.

CHÚ THÍCH 6 Nếu các liều kế alanin nhạy với độ ẩm, thì có thể xảy ra các sai số đáng kể khi độ ẩm bảo quản liều khác độ ẩm đo được (17). Có thể sử dụng vật liệu so sánh cường độ EPR để bù đắp khi bị ảnh hưởng của độ ẩm môi trường trong quá trình đo của liều kế alanin (15,16). Nếu liều kế alanin được chọn để dùng như vật liệu so sánh cường độ EPR thì ảnh hưởng của độ ẩm môi trường có thể giảm tối thiểu ở thời điểm đo (sau khi loại bỏ môi trường bảo quản) được giữ không đổi và khác với độ ẩm bảo quản và độ ẩm môi trường được giảm và được kiểm soát.

## 9 Phép đo phổ EPR

9.1 Các qui trình sau đây được áp dụng để thu được và đánh giá phổ EPR của liều kế alanin đã chiếu xạ:

9.1.1 Đặt liều kế alanin trong khoang vi sóng chứa liều kế của quang phổ kế EPR.

CHÚ THÍCH 7 Liều kế phải được đặt chính xác trong khoang vi sóng chứa liều kế của quang phổ kế EPR. Các phép đo độ lớn tín hiệu EPR bằng việc kiểm tra vị trí lặp lại của các liều kế tương tự sẽ chỉ ra sai số trong khoảng được chấp nhận  $\pm 0,5\%$  ( $1\sigma$ ). Độ lớn tín hiệu EPR phụ thuộc vào việc xoay liều kế xung quanh trục thẳng đứng của chúng; thông thường sự phụ thuộc này nhỏ hơn  $0,5\%$  ( $1\sigma$ ).

9.1.2 Đo phổ EPR

9.1.3 Đo độ lớn tín hiệu phổ EPR,  $m$ , (xem Hình 1). Độ lớn này được đo theo các đơn vị tùy chọn và phép đo đó có thể được thực hiện bằng tay hoặc tự động.

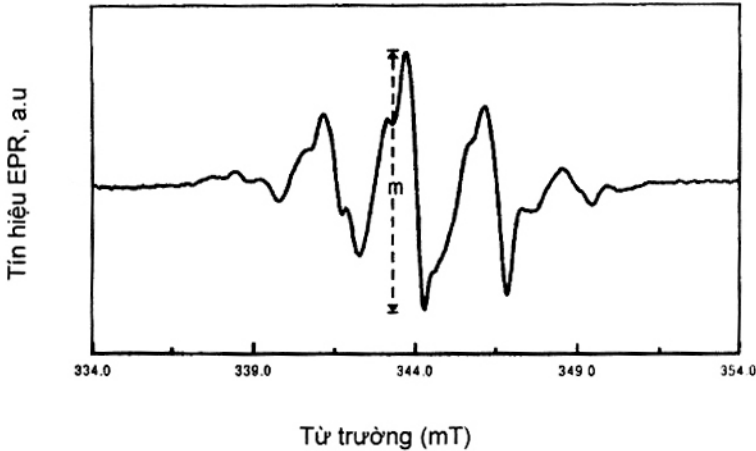
CHÚ THÍCH 8 Đo độ lớn tín hiệu từ pic đến pic được thực hiện nhanh và chính xác hơn việc tích phân hai lần phổ EPR (2).

9.1.4 Công suất vi sóng và độ lớn điều biến sẽ là hằng số thông qua việc thiết lập một đường hiệu chuẩn và thực hiện đối với tất cả các phép đo liều chưa biết.

9.1.5 Thông thường giá trị  $m$  là: thời gian quét, tốc độ nhận, số lần quét, trừ khi nó được tự động thực hiện bởi máy đo quang phổ EPR.

CHÚ THÍCH 9 Có thể cần hiệu chỉnh, ví dụ:

- 1) Hiệu chỉnh đường tuyến tính của  $m$  theo khối liều kế đã được thiết lập và áp dụng hiệu chỉnh khối, phụ thuộc vào loại liều kế và độ chụm yêu cầu của phép đo;
- 2) Nếu cần trừ biên độ  $m$  cho hệ số liều bằng zero, phụ thuộc vào độ lớn liên kết của chúng và độ chụm yêu cầu của phép đo; và
- 3) Độ nhạy của máy đo quang phổ EPR thay đổi  $> 1\%$  có thể được bù bằng biên độ tín hiệu liều kế EPR chuẩn từ giá trị của vật liệu chuẩn cường độ EPR (xem 8.1.4).



**Hình 1 – Phổ EPR của liều kế alanin đã chiếu xạ ở liều hấp thụ 1 kGy; biên độ,  $m$ , của pic trung tâm được sử dụng để đánh giá liều**

## 10 Tổng quát về thực hành đo liều

- 10.1 Bảo quản liều kế alanin theo đúng khuyến cáo của nhà sản xuất.
- 10.2 Sử dụng liều kế alanin đúng cách, tránh làm hư hỏng vật lý.
- 10.3 Nhận dạng mỗi liều kế thích hợp bằng cách phân mẽ và đánh số.
- 10.4 Số lượng liều kế được yêu cầu để thực hiện một phép đo liều hấp thụ được xác định bởi độ chụm của hệ đo liều và phương thức áp dụng. Phụ lục X3 của tiêu chuẩn ASTM E 668 mô tả phương pháp thống kê để xác định số lượng liều kế.
- 10.5 Sử dụng các qui trình chiếu xạ và đo theo Điều 8 và Điều 9.
- 10.6 Nếu cần, đánh giá nhiệt độ của liều kế trong quá trình chiếu xạ, có thể dùng để hiệu chỉnh sự ảnh hưởng của nó đối với độ lớn tín hiệu phổ EPR của liều kế (xem 11.1).
- 10.7 Xác định độ lớn tín hiệu phổ EPR của mỗi liều kế alanin sau chiếu xạ, và đánh giá liều hấp thụ từ độ lớn tín hiệu EPR đã được chuẩn hóa, và đường hiệu chuẩn thích hợp.

## TCVN 8232 : 2009

10.8 Ghi lại các giá trị liều hấp thụ và các số liệu liên quan như trong Điều 12.

## 11 Ảnh hưởng của môi trường đối với liều kế alanin

11.1 Các ảnh hưởng của nhiệt độ chiếu xạ đến độ lớn tín hiệu EPR của liều kế alanin.

CHÚ THÍCH 10 Đối với các liều kế alanin có chứa chất kết dính thì ảnh hưởng của nhiệt độ chiếu xạ lên độ lớn tín hiệu liều kế ERP có thể ảnh hưởng do loại chất kết dính. Hệ số nhiệt độ  $R_i$  ( $\% \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) được biểu thị bằng mối quan hệ của  $(\Delta m/m)/\Delta T$ , trong đó  $m$  là độ lớn tín hiệu EPR (đơn vị tùy ý), và  $T$  là nhiệt độ chiếu xạ ( $^\circ\text{C}$ ). Hệ số nhiệt độ dương trong dải  $+0,1 \text{ } \% \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  đến  $+0,2 \text{ } \% \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  là điển hình đối với các nhiệt độ chiếu xạ từ  $-10 \text{ } ^\circ\text{C}$  đến  $+50 \text{ } ^\circ\text{C}$ , theo tài liệu tham khảo (5) về nhiệt độ chiếu xạ dưới  $-10 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Các hệ số nhiệt độ đã được công bố được lập trong tài liệu tham khảo (18).

11.2 Độ ẩm không khí trong suốt khoảng thời gian bảo quản liều kế trước chiếu xạ, trong khi chiếu xạ, khi thực hiện các phép đo, và thời gian bảo quản liều kế sau khi chiếu xạ có thể ảnh hưởng lên độ lớn tín hiệu EPR của các liều kế alanin. Ảnh hưởng của độ ẩm không khí có thể giảm bằng cách hàn kín các liều kế trong một vật liệu có thể ngăn chặn được nước. Trong suốt quá trình đo, thì các hiệu ứng của độ ẩm có thể bù đắp bằng việc đo tỉ số tín hiệu alanin với vật liệu so sánh cường độ phổ EPR.

CHÚ THÍCH 11 Tổng hợp các thông tin được công bố về ảnh hưởng của độ ẩm lên liều kế alanin, xem tài liệu tham khảo (17).

11.3 Đối với hầu hết các liều kế alanin thì ánh sáng có ảnh hưởng lên độ lớn tín hiệu phổ EPR do bức xạ. Tuy nhiên, nếu hiệu ứng này chưa biết, thì không khuyến cáo việc phơi chiếu dài hơn (2,19).

11.4 Các điều kiện của nhiệt độ môi trường và độ ẩm tương đối của phòng thử nghiệm đặt thiết bị đo phổ EPR sẽ được giám sát, và kiểm soát nếu có thể, tại tất cả các bước phân tích.

## 12 Yêu cầu tối thiểu về hồ sơ

### 12.1 Hiệu chuẩn

12.1.1 Lưu hồ sơ loại, số mẻ, và nhà sản xuất các liều kế alanin.

12.1.2 Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn ngày và nhiệt độ chiếu xạ, dài liều, nguồn bức xạ, các thiết bị có liên quan được sử dụng để hiệu chuẩn hệ đo liều EPR- alanin.

### 12.2 Sử dụng hệ liều kế

12.2.1 Lưu hồ sơ ngày chiếu xạ và ngày đo phổ EPR đối với mỗi liều kế.

12.2.2 Lưu hồ sơ nhiệt độ chiếu xạ được đánh giá hoặc đo được, hiệu chỉnh nhiệt độ được áp dụng, và kết quả liều hấp thụ đối với mỗi liều kế. Viện dẫn đường hiệu chuẩn được sử dụng để thu được các giá trị liều hấp thụ.

12.2.3 Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn các đặc tính của loại nguồn bức xạ.

**12.2.4** Lưu hồ sơ độ lớn tín hiệu phổ EPR và các thông số của phổ kế EPR có liên quan (tần số vi sóng, công suất vi sóng, cường độ trường điện từ và độ rộng vùng quét phổ, độ lớn điều biến và đặt hệ số tốc độ).

**12.2.5** Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn các thành phần của độ không đảm bảo đo liên quan đến giá trị liều hấp thụ (xem Điều 13).

**12.2.6** Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn kế hoạch đảm bảo chất lượng của phép đo đối với ứng dụng hệ đo liều electron-alanin.

**12.2.7** Lưu hồ sơ và/hoặc kiểm soát các điều kiện về nhiệt độ và độ ẩm tương đối trong suốt quá trình bảo quản, chiếu xạ, và phân tích liều kế. Sử dụng thiết bị có vật liệu so sánh cường độ phổ EPR để bù đắp cho các điều kiện về độ ẩm và thực hiện ghi chép độ ẩm tương đối tùy chọn.

### **13 Độ không đảm bảo đo**

**13.1** Phép đo liều cần phải kèm theo độ không đảm bảo đo mới có giá trị.

**13.2** Thành phần độ không đảm bảo sẽ được phân thành hai loại sau đây:

**13.2.1** Loại A - Được đánh giá bằng phương pháp thống kê, hoặc

**13.2.2** Loại B - Được đánh giá bằng phương pháp khác.

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

**13.4** Nếu thực hiện đánh giá độ không đảm bảo theo tiêu chuẩn này, việc đánh giá độ không đảm bảo mở rộng của liều hấp thụ được xác định bởi hệ đo liều này phải khoảng 3 % với hệ số phủ  $k = 2$  (tương ứng với độ tin cậy khoảng 95 % đối với phân bố chuẩn).

**CHÚ THÍCH 12** Nhận biết độ không đảm bảo đo loại A và loại B dựa trên phương pháp đánh giá độ không đảm bảo xuất bản năm 1993 bởi tổ chức tiêu chuẩn quốc tế (ISO) trong tài liệu hướng dẫn về biểu thức độ không đảm bảo trong phép đo (20). Mục đích dùng loại đặc trưng này là để tăng cường sự hiểu biết về độ không đảm bảo được xây dựng như thế nào và cung cấp cơ sở để so sánh quốc tế về kết quả đo.

**CHÚ THÍCH 13** ISO/ASTM 51707 xác định các khả năng về độ không đảm bảo đo trong phép đo thực hiện trong thiết bị xử lý chiếu xạ và đưa ra quy trình đánh giá độ không đảm bảo đo của phép đo liều hấp thụ sử dụng hệ đo liều. Tài liệu này đưa ra và bàn luận các khái niệm cơ bản về phép đo, bao gồm đánh giá giá trị định lượng, giá trị "đúng", sai số và độ không đảm bảo đo. Thành phần của độ không đảm bảo đo được xem xét và đưa ra phương pháp đánh giá chúng. Tài liệu này cũng đưa ra các phương pháp tính độ không đảm bảo đo chuẩn kết hợp và độ không đảm bảo đo mở rộng (tổng thể).

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- (1) McLaughlin, W. L., Boyd, A. W., Chadwick, K. H., McDonald, J. C., and Miller, A., *Dosimetry for Radiation Processing*, Taylor and Francis, London, U.K., 1989.
- (2) Regulia, D. F., and Deflher, U., "Dosimetry by ESR Spectroscopy of Alanine," *Trends in Radiation Dosimetry*, W. L. McLaughlin, Ed., Pergamon Press, Oxford, U.K.; *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 33, 1982, p. 1101.
- (3) Hansen, J. W., and Olsen, K. J., "Theoretical and Experimental Radiation Effectiveness of the Free Radical Dosimeter Alanine to Irradiation with Heavy Charged Particles," *Radiation Research*, Vol 104, 1985, p. 15.
- (4) Onori, S., Bartolotta, A., Caccia, B., Indovina, P. L., Milano, F., Renzi, R., Scarpa, G., Caporali, C., and Moscati, M., "Dosimetric Characteristics of Alanine-Based ESR Detectors in Electron Beams Used in Radiotherapy," *Radiation Protection Dosimetry*, Vol 34, 1990, p. 287.
- (5) Desrosiers, M. F., Cooper, S. L., Puhl, J. M., McBarn, A. L., and Calvert, G. W., "A Study of the Alanine Dosimeter Irradiation Temperature Coefficient in the  $-77^{\circ}\text{C}$  to  $+50^{\circ}\text{C}$  Range," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 71, 2004.
- (6) Hansen, K. W., Olsen, K. J., and Wille, M., "The Alanine Radiation Detector for High and Low LET Dosimetry," *Radiation Protection Dosimetry*, Vol 19, 1987, p. 43.
- (7) Arber, J. M., and Sharpe, P. H. G., "Fading Characteristics of Irradiated Alanine Pellets: The Importance of Pre-irradiation Conditioning," *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 44, 1993, p. 19.
- (8) Bartolotta, A., Indovina, P. L., Onori, S., and Rosati, A., "Dosimetry for Cobalt-60 Gamma Rays with Alanine," *Radiation Protection Dosimetry*, Vol 9, 1984, p. 277.
- (9) Kojima, T., Ranjith, H. L. A., Haruyama, Y., Kashiwazaki, S., and Tanaka, R. "Thin Film Alanine-Polyethylene Dosimeter," *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 44, 1993, p. 41.
- (10) Regulia, D. F., Scharmann, A., and McLaughlin, W. L., Eds., *ESR Dosimetry and Applications*, Pergamon, Oxford, U.K.; *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 40, 1989.
- (11) Kojima, T. and Tanaka, R., "Polymer-Alanine Dosimeter and Compact Reader," *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 40, 1989, p. 851.
- (12) Coninckx, F., and SchSnbacher, H., "Experience with a New Polymer-Alanine Dosimeter in a High-Energy Particle Accelerator Environment," *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 44, 1993, p. 67.

- (13) Nichiporov, D., Kostjuchenko, V., Puhl, J., Bensen, O., Desrosiers, M., Dick, C., McLaughlin, W., Kojima, T., Coursey, B., and Zink, S., "Investigation of Applicability of Alanine and Radiochromic Detectors to the Dosimetry of Proton Clinical Beams" *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 46, 1995, p. 1355.
- (14) Desrosiers, M. F., and Skinner, A. F., Eds., *ESR Dosimetry and Applications*, Pergamon, Oxford, U. K.; *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 44, 1993.
- (15) Nagy, V.Yu., Sleptchonok, O.F., Desrosiers, M. F., Weber, R.T., and Heiss, A. H., "Advancements in Accuracy of the Alanine Dosimetry System, Part 3. Usefulness of an adjacent reference sample," *Radiation Physics and Chemistry*: Vol 59. 2000. p. 429.
- (16) Yordanov, N.D., Gancheva, V, and Pelova, V.A. "Studies on some materials suitable for use as internal standards in high energy FPR dosimetry," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. Vol. 240, 1999, p. 619.
- (17) Sleptchonok, O. F., Nagy, V.Yu., and Desrosiers, M. F., "Advancements in Accuracy of the Alanine Dosimetry System. Part 1. The Effects of Environmental Humidity," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 57,2000, p. 115.
- (18) Nagy, V. Yu., Puhl, I, and Desrosiers, M. F., "Advancements in Accuracy of the Alanine Dosimetry System. Part 2. The Influence of Irradiation Temperature," *Radiation Physics and Chemistry*. Vol 57. 2000, p. 1.
- (19) Wieser, A., Lettau, C, Fill, U., Regulla, D.F., "The Influence of Non-radiation Induced ESR Background Signal from Paraifm-Alanine Probes for Dosimetry in the Radiotherapy Dose Range," *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 44, 1993, p. 59.
- (20) ISO "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement." International Organization for Standardization. 1995 ISBN 92-67-10188-9.
-