

الفصل الثالث

النتائج العملية للخصائص التركيبية البلورية ومناقشتها

Experimental Results of Crystallin Structure

Properties and its Discussions

نتائج دراسة الخصائص التركيبية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت

Results of Structure Properties Study of Bi_2Se_3 Thin Films

استخدم في هذا الجزء من الدراسة تقنية حيود الأشعة السينية X-ray Diffraction (XRD) ، الموجود في مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية في الرياض والمشار إليه في الفصل الثاني ، وذلك بهدف التعرف على التركيب البلوري لسيلينيد البزموت على هيئة مسحوق وعلى صورة أغشية رقيقة محضرة على حوامل زجاجية نظيفة ومستوية ضوئياً. وتم ترتيب النتائج على النحو التالي:

(3-1): نتائج حيود الأشعة السينية لثالث سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 في حالة المسحوق

(powder) عند درجة حرارة الغرفة. ويتضمن ذلك دراسة حجم التبلورات بحيود الأشعة

السينية لثالث سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 في حالة المسحوق.

(3-2): دراسة تأثير السمك على الخصائص التركيبية للأغشية الرقيقة من سيلينيد

البزموث Bi_2Se_3 ، حيث تم تحضير العينات عدد أربعة عينات مختلفة السمك ، وهي على الترتيب الآتي: 85 nm ، 102 nm ، 112 nm ، 227 nm.

(3-3): دراسة تأثير التلدين على الخصائص التركيبية للأغشية الرقيقة من سيلينيد

البزموث Bi_2Se_3 ، حيث تمت دراسة كل سمك تم ذكره في الفقرة السابقة عند درجات حرارة متباينة وهي: عند درجة حرارة الغرفة "كما حضرت" ويرمز لها بالرمز (RT)، بعد تلدين الأغشية عند درجة حرارة 373 K لمدة ساعتين ، و بعد تلدينها عند درجة حرارة 437 K لمدة ساعتين.

(3-4): دراسة تأثير التشعيع باستخدام أشعة جاما على الخصائص التركيبية للأغشية

الرقيقة من سيلينيد البزموث Bi_2Se_3 ، حيث تمت دراسة جميع العينات السابقة الملدنة وغير الملدنة ، بعد تشعيها بثلاثة جرعات تشعيعية وهي: 50 kgy ، 200 kgy ، 500 kgy.

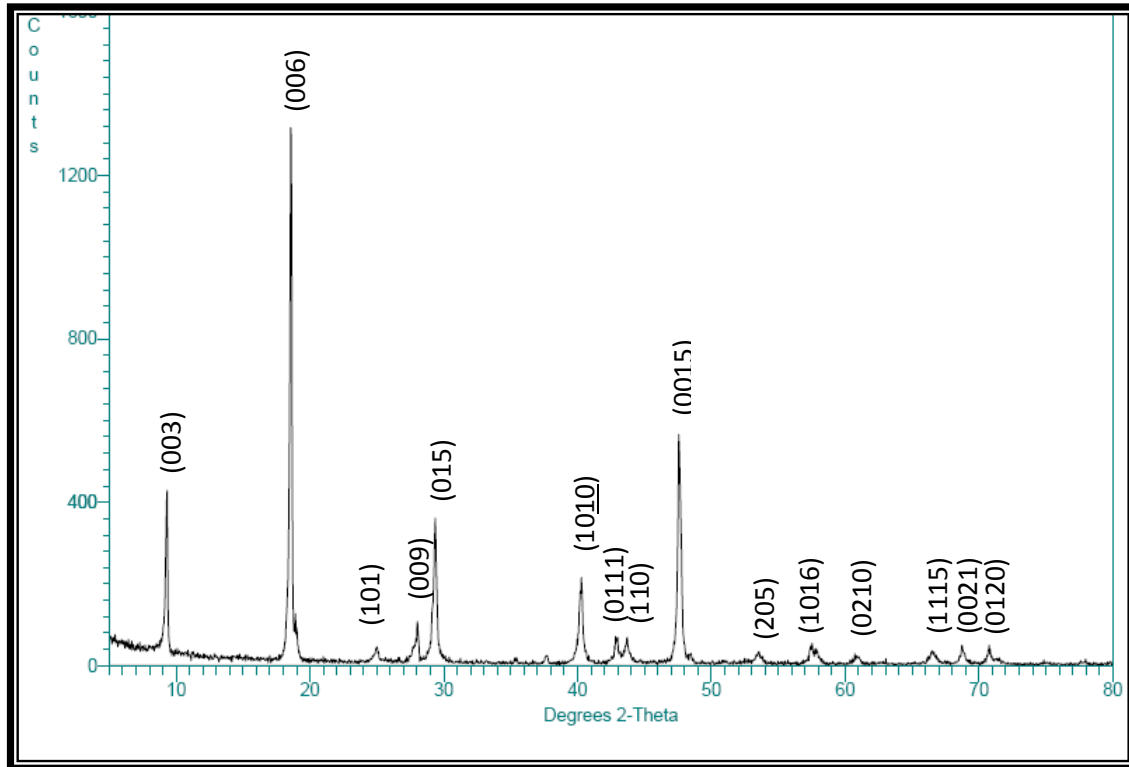
وبذلك نجد أن مجموع العينات المستخدمة كأغشية رقيقة لدراسة الخصائص التركيبية

لسيلينيد البزموث Bi_2Se_3 تساوي 46 عينة على صورة أغشية رقيقة نتجت عنها 32 شكل و 32 جدول يختلف كلاً منها من حيث الظروف التي تعرضت لها العينات من حيث السمك أو درجة التلدين أو جرعة التشعيع.

(3-1-1) نتائج حيود الأشعة السينية لسيلينيد البزموت Bi_2Se_3 في حالة المسحوق

(powder) عند درجة حرارة الغرفة:

تمت دراسة حيود الأشعة السينية عن مسحوق سيلينيد البزموت (عند درجة حرارة الغرفة) من الملحق [1] ، حيث يوضح شكل (1 - 3) نماذج هذب حيود الأشعة السينية عن مسحوق ثالث سيلينيد البزموت ، ويتضح أنه متعدد التبلور Polycrystalline، ومن تحليل هذه النتائج عن طريق حساب قيم المسافات البينية d_{hkl} لكل قمة حيود، وأيضاً ملاحظة شدتها النسبية I/I_0 ، ثم مقارنة هذه النتائج مع نتائج الكارت القياسي A.S.T.M - Card رقم (33-0214) والذي يتضح فيه أن الإتجاه المفضل للإنماء يقع عند الزاوية 29.356° هو المستوى (015). ونتائج هذا التحليل مدونة بالجدول [3 - 1-1] ومن الشكل (3 - 1) نلاحظ أن مدى القياس للزاوية 2θ يتراوح بين ($5^\circ - 80^\circ$)، وقد أظهرت لنا النتائج وجود (15) هدبة حيود في حالة المسحوق متطابقة مع الكارت القياسي ولكن الإتجاه المفضل للإنماء في حالة المسحوق كان هو المستوى (006) عند زاوية حيود 18.58° ، مع العلم أن المركب الموجود لدينا من شركة (CERAC) وله نسبة نقاء % 99.999 .



شكل (1 - 3): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية لمسحوق ثالث سيلينيد البزموت Bi_2Si_3 عند درجة حرارة الغرفة.

جدول (3-1-1): نتائج حيود الأشعة السينية لثالث سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 في حالة المسحوق عند درجة حرارة الغرفة.

| No. | Powder form | | | A.S.T.M Cards 33-0214 | | | |
|-----|-------------|---------------|---------|--------------------------|---------------|------|--------|
| | 2θ | $d(\text{Å})$ | I/I_0 | 2θ | $d(\text{Å})$ | Int. | (hkl) |
| 1. | 9.3 | 9.509 | 33 | 9.243 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 18.58 | 4.775 | 100 | 18.559 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 25 | 3.562 | 5 | 25 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 28.04 | 3.182 | 9 | 28.010 | 3.180 | 4 | (009) |
| 5. | 29.36 | 3.042 | 27 | 29.356 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 40.28 | 2.239 | 16 | 40.265 | 2.238 | 25 | (1010) |
| 7. | 42.900 | 2.107 | 12 | 42.909 | 2.107 | 9 | (0111) |
| 8. | 43.6 | 2.076 | 14 | 43.693 | 2.070 | 25 | (110) |
| 9. | 47.599 | 1.911 | 43 | 47.609 | 1.908 | 8 | (0015) |
| 10. | 53.500 | 1.710 | 4 | 53.514 | 1.710 | 10 | (205) |
| 11. | 57.52 | 1.602 | 6 | 57.531 | 1.601 | 3 | (1016) |
| 12. | 61.28 | 1.513 | 3 | 60.939 | 1.519 | 7 | (0210) |
| 13. | 66.24 | 1.411 | 4 | 66.607 | 1.403 | 7 | (1115) |
| 14. | 69.28 | 1.356 | 6 | 68.791 | 1.364 | <1 | (0021) |
| 15. | 70.84 | 1.330 | 6 | 70.809 | 1.330 | 4 | (0120) |

(3-1-2) دراسة حجم التبلورات بحيود الأشعة السينية لثالث سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 في

حالة المسحوق.

Study of Crystals Size of Bi_2Se_3 by X-ray Diffraction :

وتم استنتاج أن المادة متعددة التبلور وأنها في نظام بلوري ثلاثي Rhombohedral Unit Cell بمجموعة فراغية $R3m$ ويمثل في خلية وحدة سداسية Hexagonal وبثوابت شبكية بلورية لوحدة الخلية هي :

$$a = 4.133 \text{ \AA} \quad c = 28.62 \text{ \AA} \quad c/a = 6.92$$

وحجم خلية الوحدة (V) Unit Cell Volume :

$$V = 423.36 \text{ (\AA)}^3$$

وتم تعيين حجم التبلورات Crystals Size، أو ما يعرف بالحجم الحبيبي Grain Size " D "، حيث يمكن عمل مسح بالخطوة Step Scan لقمة الحيود الأعلى في الشدة للأشعة المنعكسة Broadening، ومنه يمكن حساب الحجم الحبيبي للتبلورات " D " باستخدام معادلة شيرر Scherrer's formula⁽³⁸⁾:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (3-1)$$

حيث: λ : الطول الموجي للأشعة السينية المستخدم فيها هدف من النحاس $\text{CuK}\alpha$ ، وفقاً

لجهاز مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية وقيمتها هنا تساوي $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$

K ثابت يسمى معامل الشكل Shape Factor وله قيمة 0.95 .

θ زاوية براج عند قمة الحيود.

β العرض (الاتساع) لخط الطيف عند منتصف الشدة

The Full Width at half maximum intensity.

حيث β يعتمد على عدة عوامل أهمها حجم التبلورات " D " . وقيمته هنا

$$\beta = 9.89 \times 10^{-3}$$

وبعد التعويض بالقيم السابقة في المعادلة (1 - 3) ، تم حساب قيمة الحجم الحبيبي " D "

$$" D " = 150.20 \text{ \AA}$$

وتم عرض هذه النتائج في جدول (3-1-2) ومقارنتها بالبارمترات القياسية للشبيكة

البلورية لثالث سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 في حالة المسحوق.

جدول (2-1-3): ثوابت الشبكة البلورية المستنتجة من

نتائج حيود الأشعة السينية لثالث سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 في حالة المسحوق.

| ثوابت الشبكة البلورية | القيم القياسية | قيمة ثوابت الشبكة في البحث الحالي | ثوابت الشبكة البلورية في بحث لأجستن عام 2005 ⁽³⁸⁾ |
|---|---------------------|-----------------------------------|--|
| Lattice Parameters | Standard Parameters | Calculated Parameters | |
| المحور البلوري a (Å) | 4.138 | 4.133 | 4.139 |
| المحور البلوري c (Å) | 28.623 | 28.62 | 28.52 |
| النسبة بين المحورين a/c | 6.917 | 6.924 | 6.910 |
| حجم خلية الوحدة V (Å) ³ | 424.60 | 423.36 | 423.20 |
| حجم التبلورات D (Å) | - | 150.20 | 148.64 |

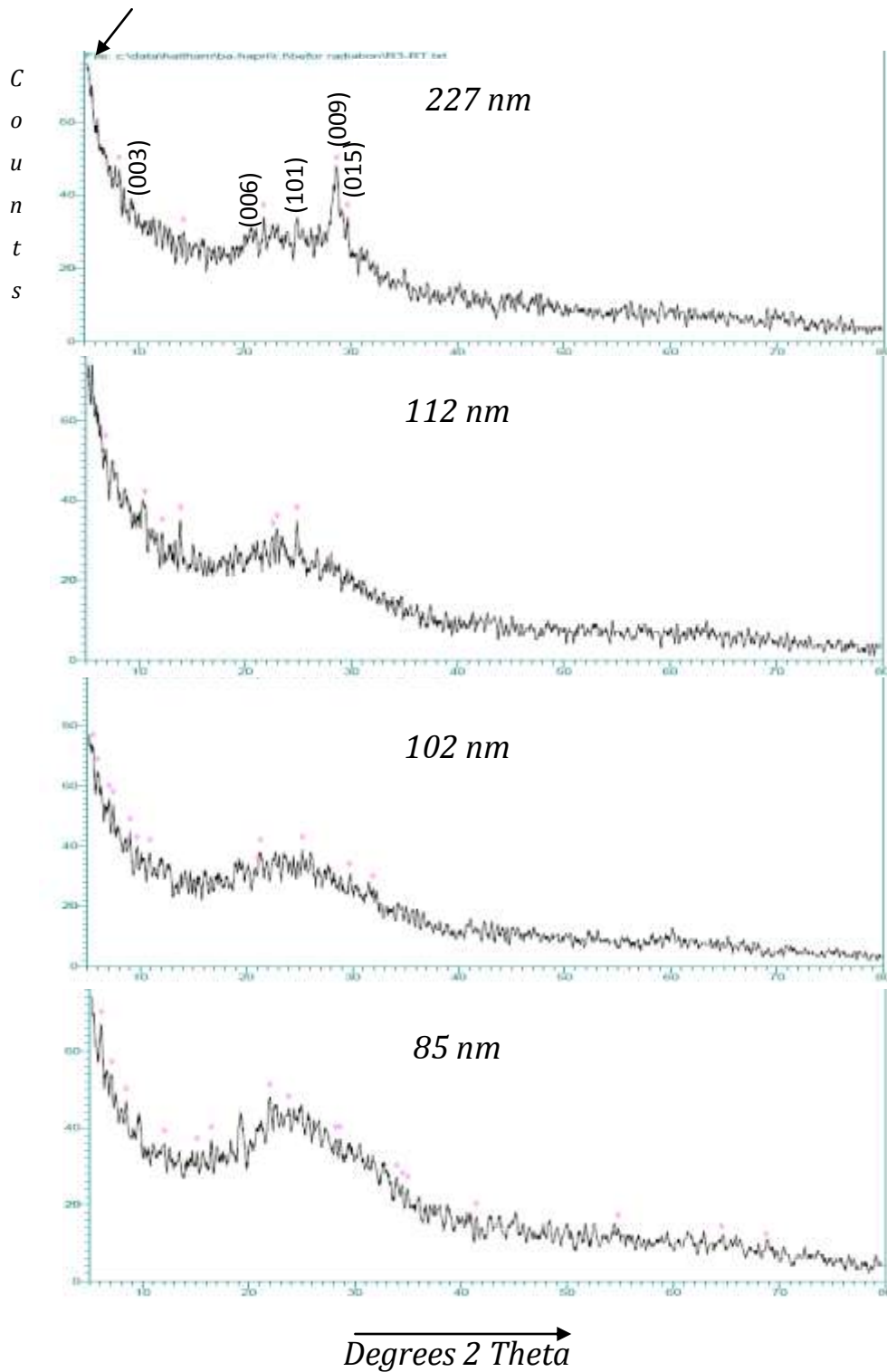
(3-2) دراسة تأثير السمك على الخصائص التركيبية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت

: Bi₂Se₃

تمت دراسة حيود الأشعة السينية عن الأغشية الرقيقة والتي يتراوح سمكها بين 85 nm، 102 nm، 112 nm، 227 nm على الترتيب . ونلاحظ أنه كلما زاد سمك الأغشية الرقيقة زادت قيمة قمم الإتجاه المفضل للإنماء، كما هو الحال عند زيادة درجة تلدين العينات حيث يتضح تأثير السمك على حجم التبلورات فتزداد بزيادة السمك هذا بالإضافة إلى ظهور قمم حادة جديدة لم تظهر في السمك الأقل، ويرجع السبب في زيادة حجم التبلور نتيجة لزيادة سمك الأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi₂Se₃ من وجهة نظر كيفية qualitatively أن الأغشية ذات السمك الأكبر ذات طبيعة تركيبية تقترب من حالتها في المادة وهي على صورة حجمية bulk، وذلك نتيجة تزايد حجم التبلور عن الإتجاهات المختلفة للإنماء. إن عرض وتحليل النتائج تم عرضه مرتباً تحت تأثير المؤثرات التالية:

(3-2-1) قبل تعريضها للتشعيع:

a - عند دراسة أنماط هذب حيود الأشعة السينية قبل تعريضها للتشعيع وقبل تعريضها لدرجات حرارة عالية : نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات بمختلف سمكها وتكون شدة التبلور متقاربة لهذب الحيود في كل سمك ، وكذلك تكون شدته متقاربة للسمك 85 nm، 102 nm، 112 nm كما في الجدول [3-2-1-a] والشكل (3-2-1-a)، ويكون الإتجاه المفضل للإنماء في السمك 102nm هو المستوى (101) بشدة مقدارها 51 ثم تقل شدته في السمك 112 nm لتكون 42 وتبدأ الشدة النسبية للإتجاه المفضل للإنماء بالزيادة بشكل أوضح في حالة السمك 227 nm حيث يزداد إرتفاعها بزيادة السمك وتزاح للمستوى (009) شدة 62 . كما يتضح ذلك من الملاحق [2,3,4,5] .



شكل (3- 2- 1-a): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف عند درجة حرارة الغرفة قبل التشعيع

جدول [3-2-1-a]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف كما حضرت قبل تلدينها وقبل تعريضها للتشعيع .

| No. | قبل تلدين الأغشية وبدون تعريضها للتشعيع. | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.760 | 42 | 67 | 9.782 | 45 | 58 | 9.560 | 40 | 55 | 9.600 | 39 | 52 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.777 | 25 | 34 | 4.690 | 38 | 48 | 4.466 | 26 | 35 | 4.770 | 26 | 34 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.559 | 44 | 60 | 3.523 | 39 | 51 | 3.579 | 35 | 47 | 3.555 | 34 | 45 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.121 | 37 | 50 | 3.205 | 32 | 38 | 3.187 | 24 | 33 | 3.113 | 47 | 62 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.040 | 42 | 67 | 3.006 | 30 | 36 | 3.040 | 22 | 30 | 3.010 | 34 | 45 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.601 | 25 | 34 | 2.804 | 26 | 31 | 2.538 | 17 | 23 | 2.601 | 18 | 24 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.444 | 11 | 12 | 1.438 | 12 | 16 | 1.403 | 8 | 11 | 1.444 | 8 | 11 | 1.403 | 7 | (1115) |

b- عند دراسة أنماط هذب حيود الأشعة السينية قبل تعريضها للتشعيع وبعد تلدينها عند

درجة 100°C والتي تعادل 373K لمدة ساعتين:

نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات بمختلف سمكها كما يوضحها

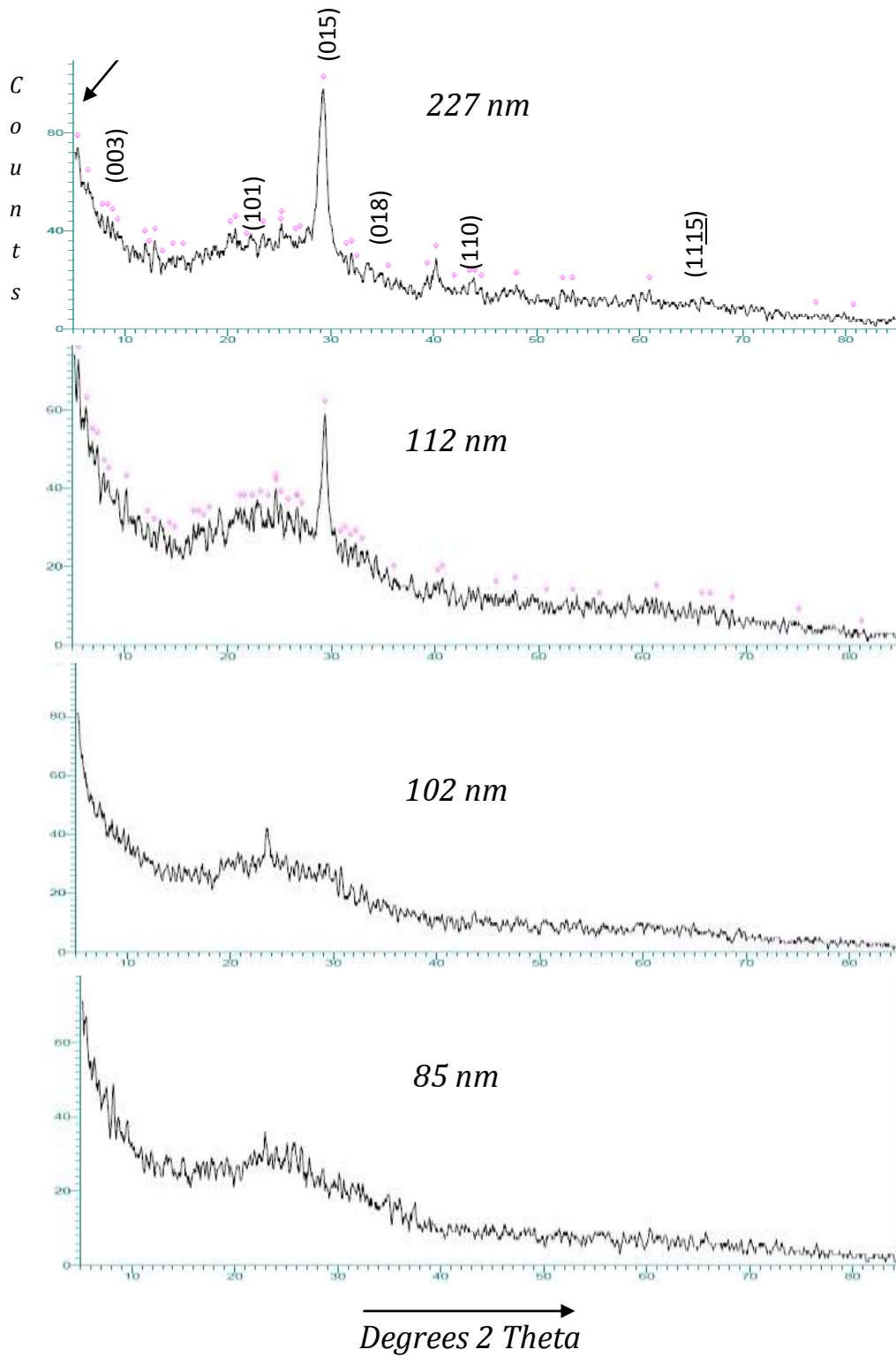
الجدول [3-2-1-b] والشكل (3-2-1-b)، وتكون شدة التبلور متقاربة لهذب الحيود في كل

سمك ، وكذلك تكون شدته متقاربة للسمك 85 nm ، 102 nm وتبدأ الشدة النسبية للإتجاه

المفضل للإنماء بالزيادة بشكل أوضح في حالة السمك 112 nm ليصل مقدار الشدة النسبية إلى

80 لهذا السمك ثم تزداد القيمة إرتفاعاً بزيادة السمك فعند سمك 227 nm تصل الشدة النسبية

إلى 100 ، وأيضاً يتضح ذلك من الملاحق [6,7,8,9] .



شكل (3- 2- 1-b): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند 373 K قبل التشعيع

جدول [3-2-1-b]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند درجة 373 K لمدة ساعتين وقبل تعريضها للتشعيع .

| No. | بعد تلدينها عند درجة 373 K وبدون تعريضها للتشعيع. | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.213 | 39 | 55 | 9.137 | 42 | 52 | 9.329 | 40 | 54 | 9.489 | 40 | 40 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.466 | 26 | 36 | 4.642 | 32 | 37 | 4.864 | 32 | 42 | 4.822 | 36 | 37 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.551 | 33 | 46 | 3.366 | 31 | 38 | 3.545 | 36 | 49 | 3.528 | 43 | 43 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 2.959 | 24 | 34 | 2.959 | 28 | 35 | 3.038 | 59 | 80 | 3.046 | 98 | 100 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.400 | 17 | 18 | 2.558 | 17 | 18 | 2.492 | 17 | 23 | 2.522 | 21 | 21 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.000 | 11 | 12 | 2.128 | 12 | 15 | 2.000 | 13 | 18 | 2.030 | 17 | 16 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.418 | 8 | 9 | 1.406 | 7 | 7 | 1.403 | 10 | 14 | 1.520 | 16 | 16 | 1.403 | 7 | (1115) |

C- عند دراسة أنماط هذب حيود الأشعة السينية قبل تعريضها للتشعيع وبعد تلدينها

عند درجة C^{200} والتي تعادل 473K: نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات

بمختلف سمكها كما يوضحها الجدول [3-2-1-c] والشكل (3-2-1-c) ، ويكون الإتجاه

المفضل للإنماء هو (003) في السمكين 85 nm ، 102 nm وبينما السمك 112 nm يظهر

مستوى جديد مفضل للإنماء وهو (015) بشدة تصل إلى 100 أما عند السمك عند 227 nm

فيكون له نفس الإتجاه المفضل للإنماء ولكن بشكل أكثر حدة لنفس المستوى السابق ولكن تتميز

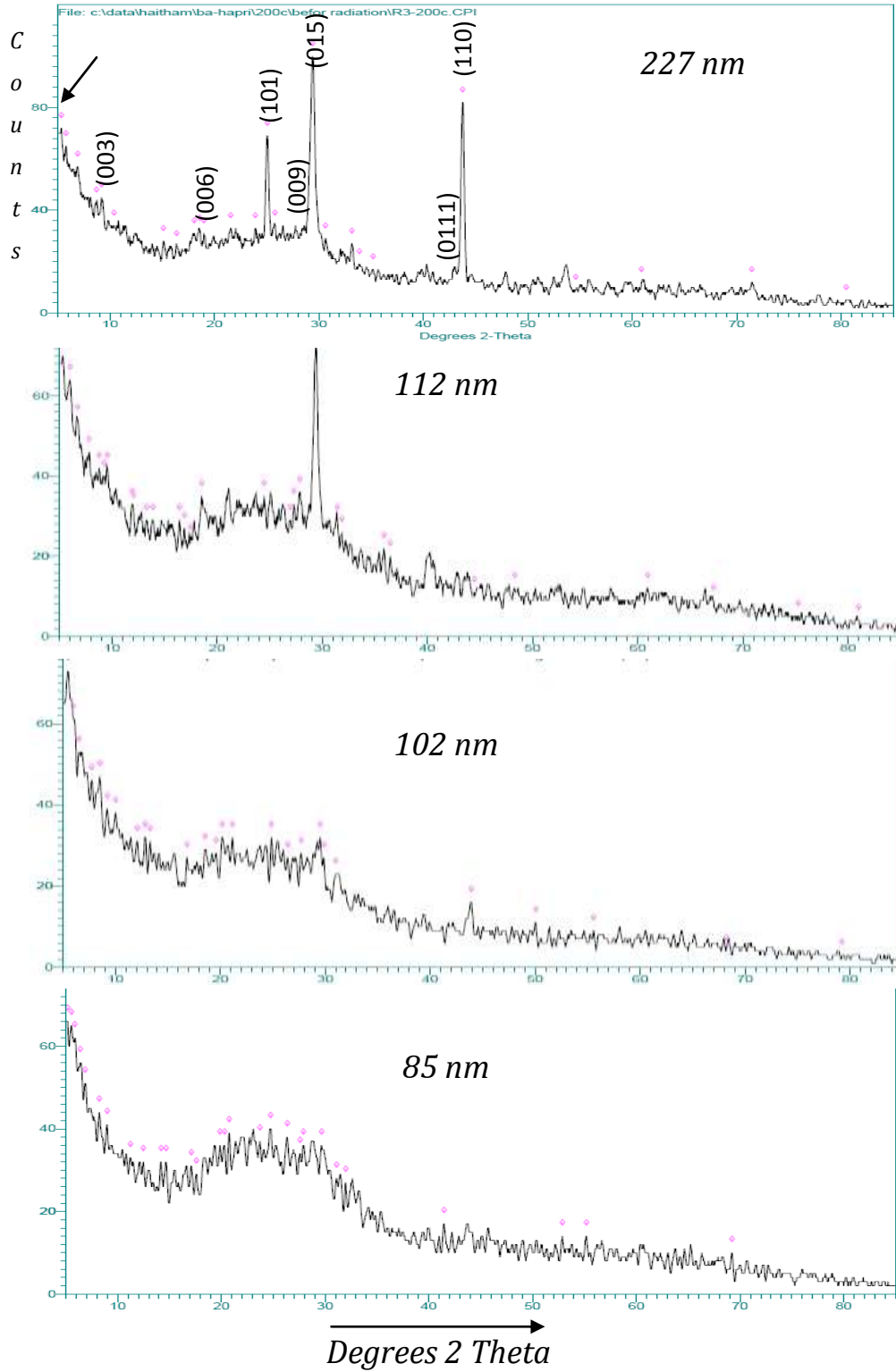
هذه الأغشية بظهور ثلاثة هذب حادة جديدة مفضلة للإنماء يتضمنها المستوى السابق بالإضافة

للمستويين (101) بشدة مقدارها 69 وعند المستوى (110) بشدة مقدارها 82 ويرجع ذلك بسبب

التلدين الذي تصاحبه دخول طاقة إلى الأغشية الرقيقة تعمل على إعادة التوجيهات للحبيبات مما

يحسن من تبلورها ويظهر تأثير التلدين بشكل أوضح مع زيادة السمك. وأيضاً يتضح ذلك

الملاحق [10,11,12,13] .



شكل (3- 2- 1-c): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند 473 K قبل التشعيع

جدول [3-2-1-c]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند درجة 473 K لمدة ساعتين وقبل تعريضها للتشعيع .

| No. | بعد تلدينها عند درجة 473 K وبدون تعريضها للتشعيع. | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|-----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.826 | 41 | 62 | 9.571 | 39 | 53 | 9.530 | 40 | 55 | 9.612 | 45 | 44 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.777 | 33 | 50 | 4.780 | 29 | 40 | 4.780 | 35 | 48 | 4.770 | 32 | 32 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.596 | 40 | 61 | 3.579 | 32 | 44 | 3.636 | 35 | 47 | 3.551 | 69 | 69 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.196 | 36 | 55 | 3.026 | 32 | 44 | 3.034 | 73 | 100 | 3.038 | 100 | 100 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.505 | 23 | 35 | 2.437 | 32 | 44 | 2.503 | 22 | 29 | 2.550 | 17 | 17 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.177 | 17 | 26 | 2.061 | 16 | 22 | 2.037 | 11 | 15 | 2.068 | 82 | 82 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.357 | 10 | 15 | 1.375 | 3 | 4 | 1.393 | 9 | 13 | 1.317 | 12 | 12 | 1.403 | 7 | (1115) |

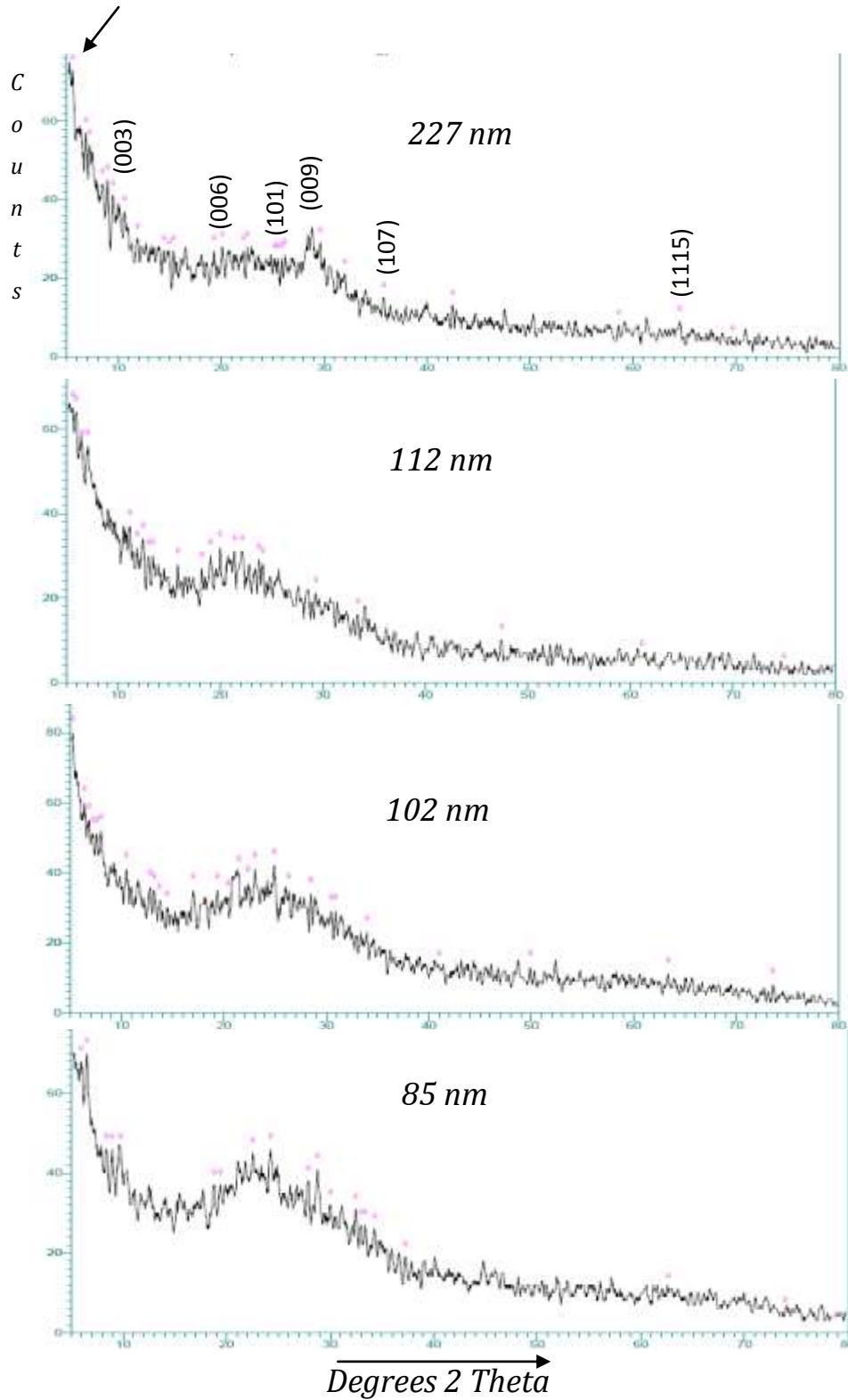
(3-2-2) بعد تعريضها للتشعيع بجرعة 50 kgy:

عند دراسة أنماط حيود الأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سليبيد البزموت Bi_2Se_3 ذات السمك 85 nm ، 102 nm ، 112 nm ، 227 nm على الترتيب بعد تعريضها للتشعيع بجرعة 50 kgy ، نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات بمختلف سمكها. إن عرض وتحليل النتائج تم عرضها مرتبة تحت تأثير المؤثرات التالية:

a - بعد تعريض العينات للتشعيع بجرعة 50 kgy وقبل تعريضها لدرجات حرارة عالية:

نلاحظ من الشكل (3-2-2-a) و الجدول [3-2-2-a] إن شدة التبلور تقل بشكل واضح عنها بالرغم من زيادة السمك ويرجع ذلك بسبب تعرضها للتشعيع بالجرعة السابقة بدون تليدين مما زاد من عيوب التركيب وقلل التبلور على عكس ماكان قبل تشعيها فكان التبلور يزداد بزيادة السمك بالرغم من عدم التليدين. وتكون شدة التبلور متقاربة لهذب الحيود في كل سمك ، وكذلك تكون شدته متقاربة للسمك 85 nm و 102 nm و 112 nm ، ويكون لهم نفس الإتجاه المفضل للإنباء (101) ، ثم يقل التبلور بشكل أوضح في حالة السمك 227 nm ويزاح الإتجاه المفضل للإنباء للمستوى (009) بشدة مقدارها 56 . يتضح ذلك من الملاحق

[14,15.16.17] .



شكل (3- 2- 2-a): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف عند درجة حرارة الغرفة بعد التشعيع بجرعة 50 كيلوجراي

جدول [3-2-2-a]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

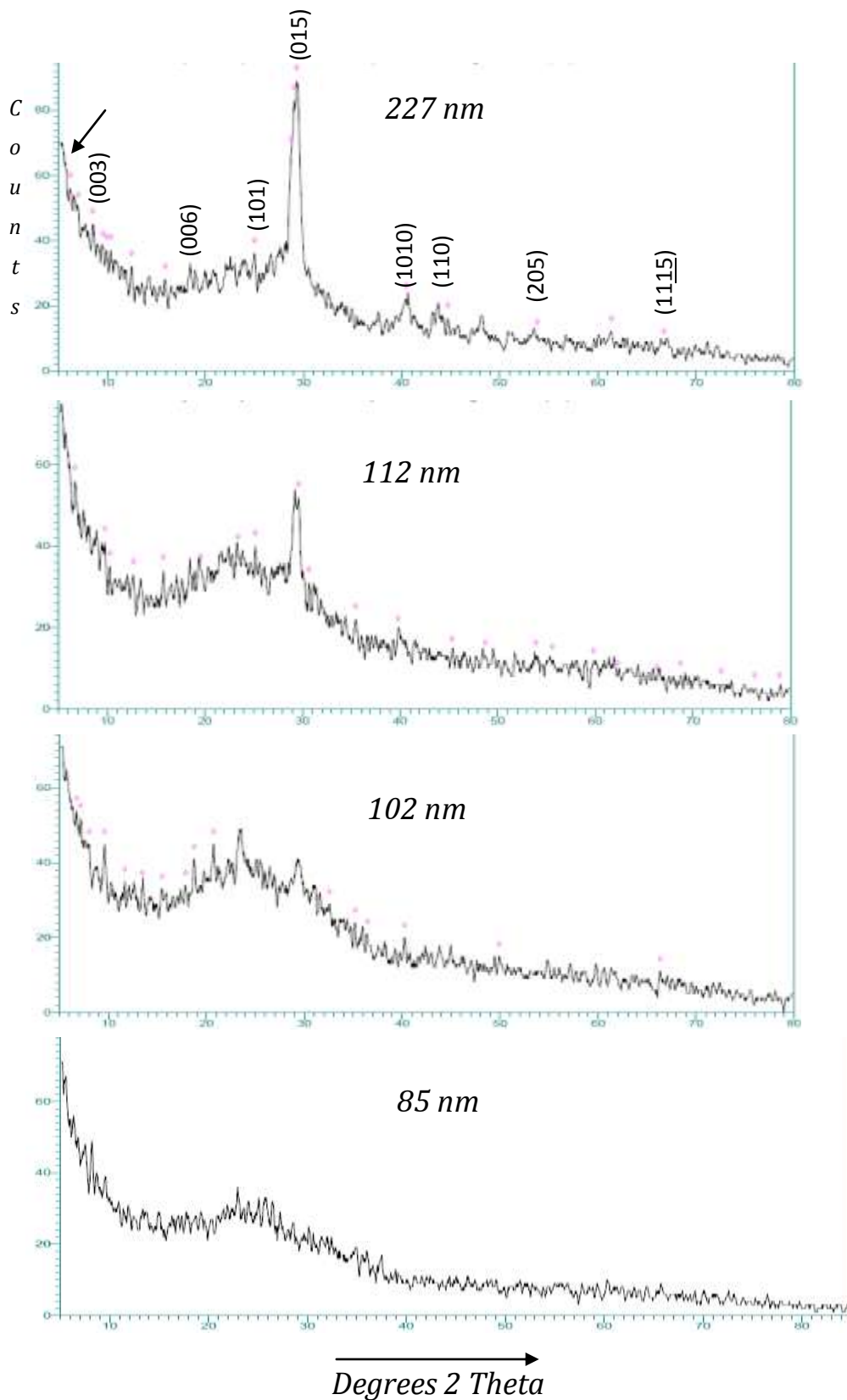
ذات سمك مختلف قبل تلدينها وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 50 kgy.

| No. | قبل تلدينها وبعد تشعيها بجرعة 50 kgy | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--------------------------------------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.062 | 46 | 66 | 8.441 | 41 | 50 | - | - | - | 9.290 | 41 | 55 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.720 | 37 | 53 | 4.585 | 35 | 44 | 4.874 | 27 | 41 | 4.594 | 27 | 36 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.672 | 46 | 66 | 3.573 | 42 | 52 | 3.684 | 28 | 42 | 3.534 | 25 | 33 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.200 | 38 | 54 | 3.386 | 35 | 44 | 3.1200 | 22 | 34 | 3.178 | 42 | 56 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 2.975 | 32 | 46 | 2.933 | 29 | 36 | 3.046 | 21 | 32 | 3.014 | 29 | 39 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.686 | 27 | 39 | 2.640 | 23 | 29 | 2.683 | 18 | 24 | 2.508 | 15 | 20 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.483 | 11 | 12 | 1.468 | 11 | 14 | 1.516 | 9 | 8 | 1.575 | 8 | 11 | 1.403 | 7 | (1115) |

b - عند دراسة أنماط حيود الأشعة السينية بعد تليدين الأغشية إلى درجة 373K لمدة ساعتين وتشيعها بجرعة 50 kgy: نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات بمختلف سمكها كما هو موضح في الجدول [3-2-2-b] والشكل (3-2-2-b).

- يزداد تبلور الأغشية وتزيد الشدة النسبية عن وضعها في الفقرة (a) بسبب التليدين الذي يصحبه دخول طاقة إلى الأغشية الرقيقة تعمل على إعادة التوجهات للحبيبات مما يحسن من تبلورها ولذلك فإن شدة التبلور تقل بشكل ضئيل جداً بمقارنتها مع الأغشية المشعة ولكن غير ملدنة حيث يقل فيها التبلور بشكل أكبر بسبب التشيع بالجرعة السابقة.

- ونجد أنه بزيادة السمك يزداد التبلور، حيث يكون الإتجاه المفضل للسمكين 85 nm، 102 nm هو المستوى (101) ثم يزاح ليكون الإتجاه المفضل للإنماء في حالة السمكين 112 nm، 227 nm هو المستوى (015) وتزداد شدته لتصل 100 عند السمك الأكبر 227 nm، بينما كانت شدته 69 في حالة السمك 112 nm. راجع من الملاحق [18,19,20,21].



شكل (3- 2- 2-b): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف بعد تليدينها عند 373 K بعد التشعيع بجرعة 50 كيلوجراي

جدول [3-2-2-b]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف بعد تليديها عند درجة 373 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 50 kgy .

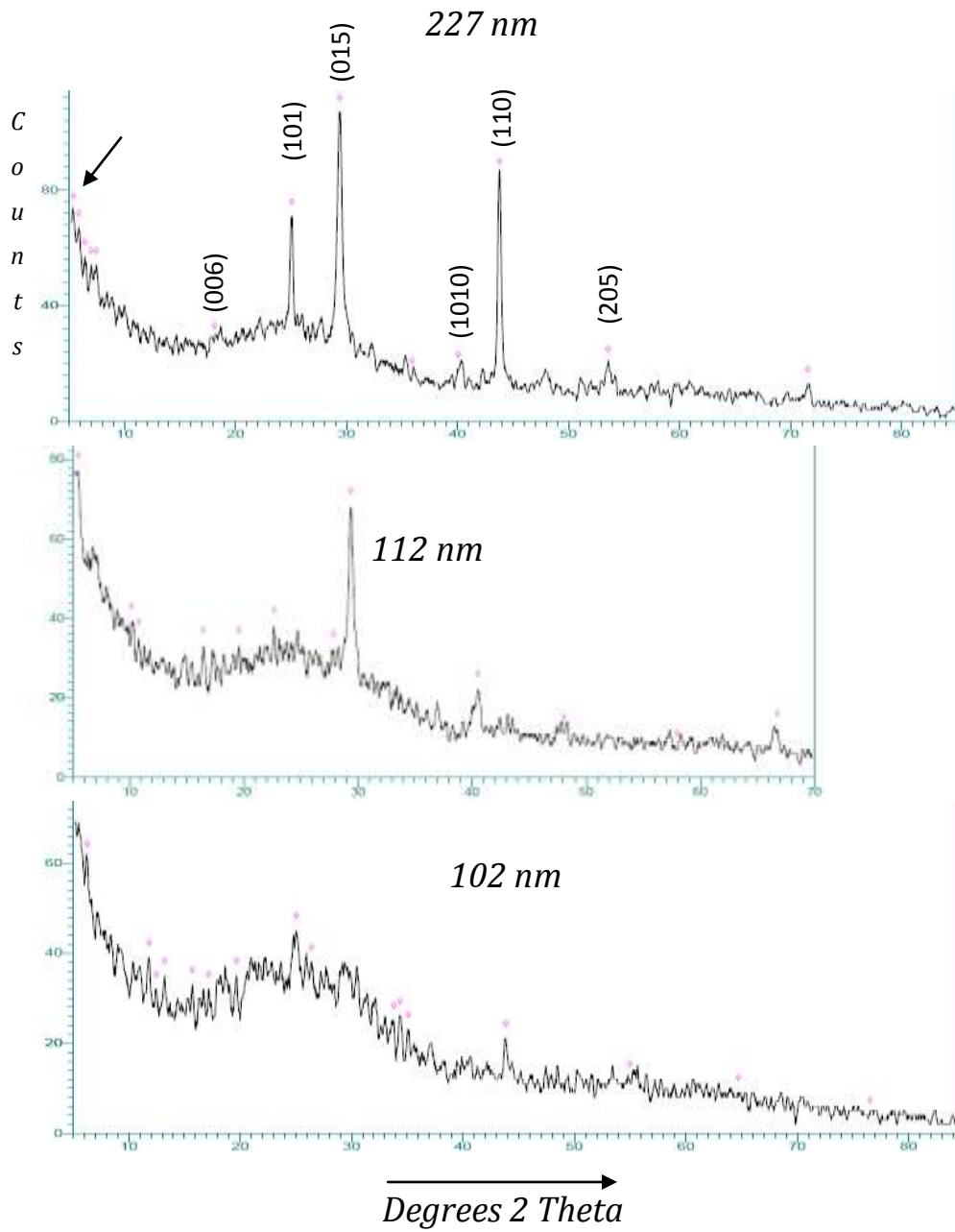
| No. | بعد تليديها عند درجة 373 K وبعد تشعيها بجرعة 50 kgy | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|---|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | - | - | - | 9.213 | 45 | 63 | 9.062 | 41 | 55 | 9.251 | 38 | 43 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.760 | 29 | 41 | 4.730 | 41 | 58 | 4.529 | 34 | 39 | - | - | - | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.789 | 36 | 51 | 3.700 | 52 | 73 | 3.539 | 40 | 45 | 3.562 | 36 | 40 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 2.925 | 29 | 41 | 3.030 | 40 | 60 | 3.071 | 54 | 72 | 3.075 | 67 | 93 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.555 | 19 | 27 | 2.550 | 24 | 34 | 2.533 | 22 | 25 | - | - | - | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.278 | 14 | 20 | 2.241 | 20 | 28 | 2.265 | 19 | 22 | 2.230 | 22 | 25 | 2.238 | 25 | (1010) |
| 7. | 2.087 | 15 | 21 | - | - | - | 2.001 | 14 | 16 | 2.026 | 16 | 18 | 2.070 | 25 | (110) |
| 8. | 1.509 | 11 | 16 | 1.409 | 11 | 15 | 1.409 | 7 | 8 | 1.402 | 8 | 9 | 1.403 | 7 | (1115) |

c- عند دراسة أنماط حيود الأشعة السينية بعد تليدين الأغشية إلى درجة 473K لمدة ساعتين

وتشعيعها بجرعة 50 kgy:

تزداد شدة التبلور بزيادة السمك ويكون الإتجاه المفضل للإنماء في السمك 102 nm هو المستوى (101) بشدة مقدارها 56 وتحدث إزاحة للإتجاه المفضل في السمك 112 nm هو المستوى (015) بشدة مقدارها 88 وتزداد شدة التبلور لنفس المستوى في السمك 227 nm لتصل إلى 100 ، بالإضافة لظهور أطوار إنماء جديدة في السمك الأكبر هو المستويين (101) و (110) بشدة مقدارها 66 و 81 على الترتيب. ويرجع السبب في ذلك إلى أن زيادة السمك تسبب إتصال أجزاء الغشاء الرقيق مما يحسن من تبلوره.

كما أن التليدين لدرجة 473 K له دور كبير في زيادة شدة التبلور لهذه الأغشية عن شدته في الأغشية الملدنة لدرجة 373 K ، وهو السبب المباشر في ظهور أطوار الإنماء المفضلة الجديدة في السمك 227 nm، والسبب في ذلك يرجع إلى أن التليدين يصحبه دخول طاقة إلى الأغشية الرقيقة تعمل على إعادة التوجيهات للحبيبات، مما يحسن من تبلورها . من الملاحظ [22,23,24] ، و الجدول [3-2-2-c]، والشكل (c-2-2-3).- نجد أن شدة التبلور تزداد بعد التشعيع بجرعة 50 kgy بشكل ضئيل جداً عن شدتها قبل التشعيع وبعد تليدينها لدرجة 473 K.



شكل (3- 2- 2-c): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد الزيموث Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند 473 K بعد التشعيع بجرعة 50 كيلوجراي

جدول [3-2-2-c]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

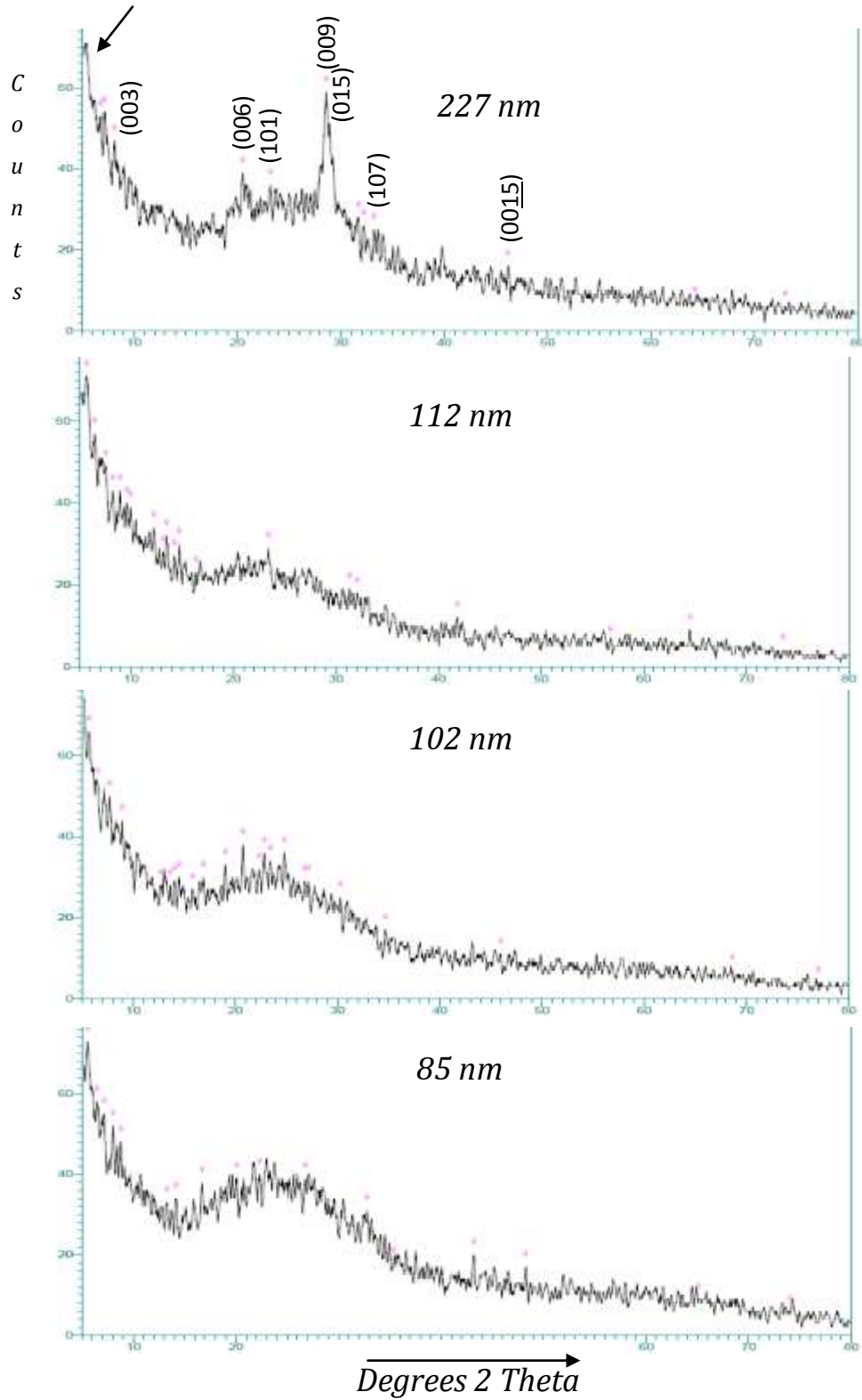
ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند درجة 473 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 50 kgy .

| بعد تلدينها عند درجة 473 K وبعد تشعيها بجرعة 50 kgy | | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|---|-----|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|-----|------------------|-------|------------------|----------------------------|--|--|
| 85 nm | No. | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | | | | | |
| | | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I/I ₀ | hkl | | |
| العينة غير متوفرة | 1. | 4.776 | 37 | 53 | 4.770 | 33 | 43 | 4.896 | 28 | 26 | 4.777 | 19 | (006) | | |
| | 2. | 3.556 | 45 | 56 | 3.550 | 37 | 47 | 3.551 | 71 | 66 | 3.559 | 16 | (101) | | |
| | 3. | 3.040 | 38 | 55 | 3.042 | 68 | 88 | 3.038 | 107 | 100 | 3.040 | 100 | (015) | | |
| | 4. | 2.252 | 18 | 15 | 2.226 | 22 | 23 | 2.250 | 18 | 17 | 2.238 | 25 | (1010) | | |
| | 5. | 2.065 | 21 | 30 | - | - | - | 2.068 | 85 | 81 | 2.070 | 25 | (110) | | |
| | 6. | 1.671 | 12 | 15 | - | - | - | 1.711 | 20 | 19 | 1.710 | 10 | (205) | | |
| | 7. | 1.440 | 9 | 11 | 1.401 | 12 | 12 | 1.319 | 13 | 12 | 1.403 | 7 | (1115) | | |

(3-2-3) بعد تعريضها للتشعيع بجرعة 200 kgy:

عند دراسة أنماط حيود الأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سليبيد البزموت Bi_2Se_3 ذات السمك 85 nm ، 102 nm ، 112 nm ، 227 nm على الترتيب ، بعد تعريضها للتشعيع بجرعة 200 kgy ، نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات بمختلف سمكها. إن عرض وتحليل النتائج تم عرضها مرتبة تحت تأثير المؤثرات التالية:

a - نلاحظ بعد تعريض العينات الغير ملدنة للتشعيع بجرعة 200 kgy : إن شدة التبلور تزيد بزيادة السمك كما هو موضح في الجدول [3-2-3-a] والشكل (3-2-3-a) ويكون الإتجاه المفضل للإنماء في حالة السمك 85 nm هو (101) بينما السمكين 102 nm و 112 nm يكون الإتجاه المفضل للإنماء لهم هو (003) ، وتزيد شدته بزيادة السمك. أما في حالة السمك الأكبر 227 nm فنجد أن حجم التبلور فيه يزداد ويكون الإتجاه المفضل للإنماء له (009) بشدة نسبية مقدارها مقدارها 83 ويظهر تبلور عالي في المستوى (015) بشدة مقدارها 71. يتضح ذلك من الملاحق [24,25,26,27].



شكل (3-2-3-a): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف عند درجة حرارة الغرفة بعد التشعيع بجرعة 200 كيلوجراي

جدول [3-2-3-a]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف قبل تلدينها وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 200 kgy.

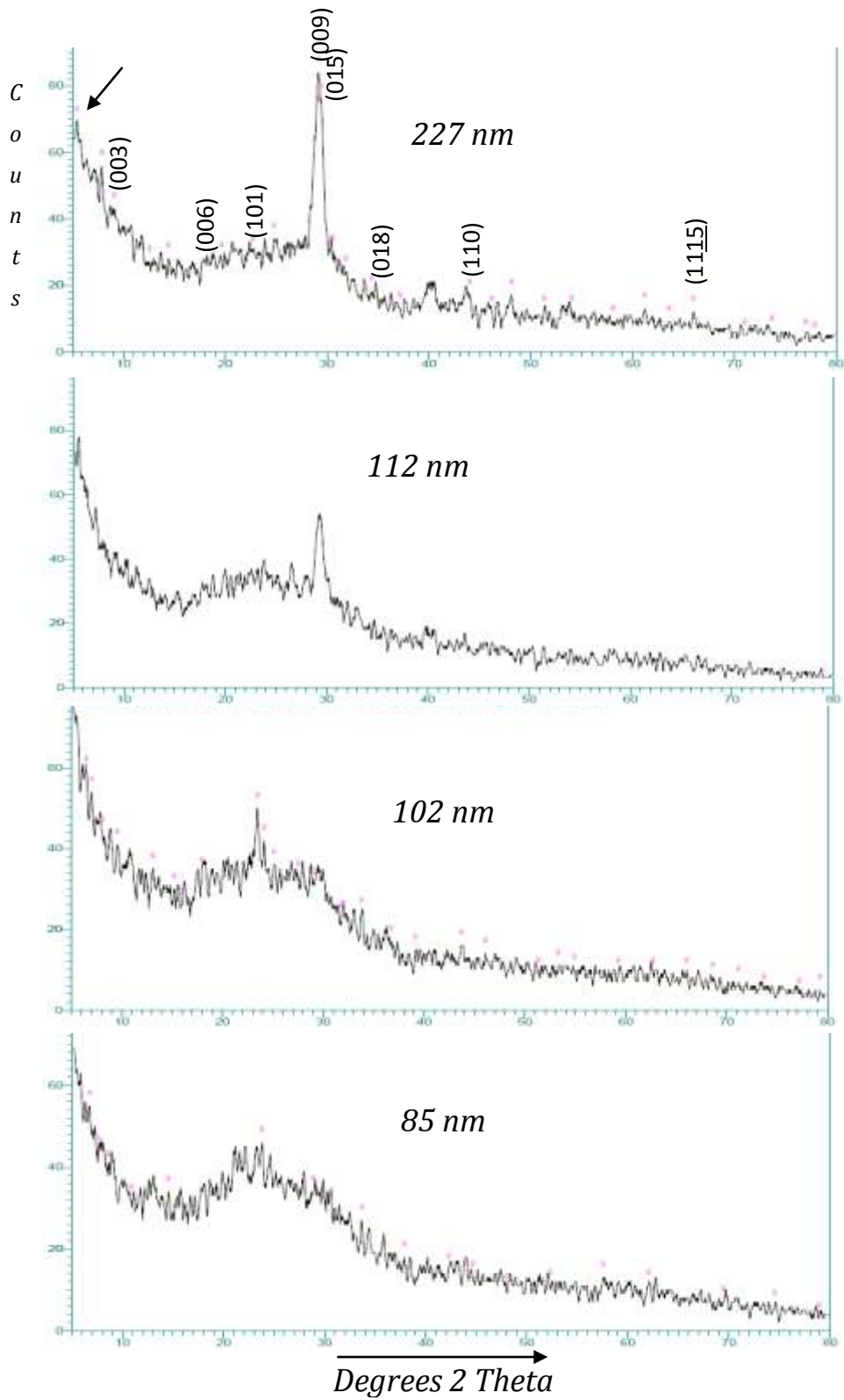
| No. | قبل تلدينها وبعد تشعيها بجرعة 200 kgy | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|---------------------------------------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.500 | 38 | 52 | 9.550 | 39 | 53 | 9.550 | 40 | 56 | 9.100 | 40 | 57 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.422 | 39 | 53 | 4.279 | 38 | 51 | - | - | - | 4.328 | 39 | 55 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.983 | 40 | 54 | 3.893 | 36 | 49 | 3.802 | 29 | 36 | 3.834 | 36 | 51 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.331 | 39 | 53 | 3.283 | 29 | 39 | - | - | - | 3.121 | 59 | 83 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.011 | 36 | 50 | 3.000 | 26 | 35 | 3.010 | 18 | 25 | 3.000 | 52 | 71 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.730 | 31 | 37 | 2.952 | 25 | 34 | 2.790 | 18 | 25 | 2.777 | 26 | 37 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.433 | 9 | 11 | 1.368 | 7 | 8 | 1.444 | 9 | 13 | 1.449 | 7 | 9 | 1.403 | 7 | (1115) |

b - عند دراسة أنماط هذب حيود الأشعة السينية بعد تليدين الأغشية إلى درجة 373K

لمدة ساعتين وتشيعها بجرعة 200kgy: نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات بمختلف سمكها كما يوضحها الجدول [3-2-3-b] والشكل (3-2-3-b).

يزداد تبلور الأغشية وتزداد شدتها عن وضعها في الفقرة (a) بسبب التليدين الذي يصحبه دخول طاقة إلى الأغشية الرقيقة تعمل على إعادة التوجيهات للحبيبات ، مما يحسن من تبلورها ولذلك فإن شدة التبلور تقل بشكل ضئيل جداً بمقارنتها مع الأغشية المشعة وغير المدنة حيث يقل فيها التبلور بشكل أكبر بسبب التشيع بالجرعة العالية.

ونجد أنه بزيادة السمك يزداد التبلور شدة، حيث يكون الإتجاه المفضل للإنماء للسمكين 85 nm و 102 nm هو المستوى (101) ، ثم يزاح ليكون الإتجاه المفضل للإنماء في حالة السمكين 112 nm و 227 nm هو المستوى (015) وتزداد شدته لتصل 100 عند السمك الأكبر 227 nm بينما كانت شدته 59 في حالة السمك 112 nm ، ويظهر توجه للإنماء عند نفس المستوى بشدة مقدارها 85 في حالة السمك الأكبر 227 nm وبشدة مقدارها 38 في حالة السمك 112 nm. راجع الملاحق [28,29,30,31] .



شكل (3- 2- 3-b): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند 373 K بعد التشعيع بجرعة 200 كيلوجراي

جدول [3-2-3-b]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند درجة 373 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 200 kgy .

| No. | بعد تلدينها عند درجة 373 K وبعد تشعيها بجرعة 200 kgy | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.560 | 36 | 43 | 9.560 | 41 | 55 | 9.654 | 42 | 43 | 9.739 | 43 | 43 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.666 | 36 | 47 | 4.676 | 36 | 39 | 4.710 | 36 | 45 | 4.770 | 30 | 30 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.739 | 46 | 65 | 3.789 | 50 | 67 | 3.739 | 40 | 40 | 3.590 | 35 | 35 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.069 | 34 | 40 | 3.067 | 31 | 34 | 3.042 | 54 | 56 | 3.062 | 84 | 100 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.661 | 27 | 39 | 2.655 | 24 | 27 | 2.463 | 18 | 19 | 2.607 | 18 | 18 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.030 | 13 | 15 | 2.072 | 16 | 18 | 2.061 | 12 | 12 | 2.058 | 17 | 17 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.353 | 7 | 8 | 1.481 | 9 | 10 | 1.478 | 11 | 11 | 1.416 | 12 | 12 | 1.403 | 7 | (1115) |

c- عند دراسة أنماط هذب حيود الأشعة السينية بعد تليدينها عند درجة 473K لمدة

ساعتين وتشيعها بجرعة 200 kgy:

- تزداد شدة التبلور بزيادة السمك كما يتضح ذلك من الجدول [3-2-3-c]، والشكل

(3-2-3-c) ، ويكون الإتجاه المفضل للإنماء في السمك 85 nm و 102 nm هو المستوى

(003) بشدة مقدارها 50 و 54 على الترتيب ، وتحدث إزاحة للإتجاه المفضل في السمك 112

nm هو المستوى (015) بشدة مقدارها 73 ، وتزداد شدة التبلور لنفس المستوى في السمك

227 nm لتصل إلى 100 ، بالإضافة إلى ظهور أطوار إنماء جديدة في السمك الأكبر عند

المستويين (101) و (110) بشدة مقدارها 71 و 75 على الترتيب. ويرجع السبب في ذلك إلى

أن زيادة السمك تسبب إتصال أجزاء الغشاء الرقيق مما يحسن من تبلوره.

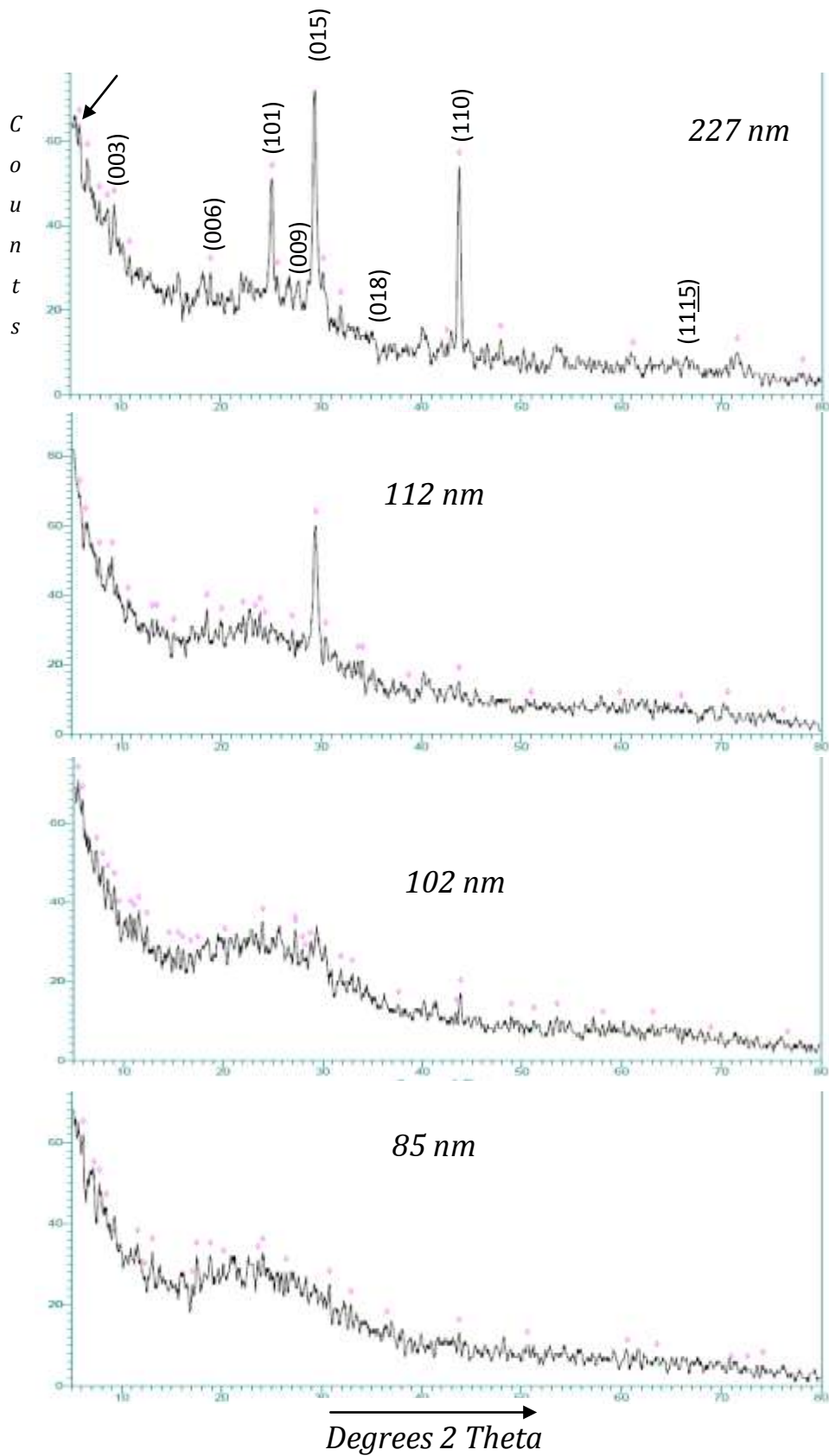
- كما أن التليدين لدرجة 473 K له دور كبير في زيادة شدة التبلور لهذه الأغشية عن

شدتها في الأغشية الملدنة لدرجة 373 K ، وهو السبب المباشر في ظهور أطوار الإنماء

المفضلة الجديدة في السمك 227 nm، والسبب في ذلك أن التليدين الذي يصحبه دخول طاقة إلى

الأغشية الرقيقة تعمل على إعادة التوجيهات للحبيبات ، مما يحسن من تبلورها . يتضح ذلك من

الملاحق [32,33,34,35].



شكل (3- 2- 3-c): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند 473 K بعد التشعيع بجرعة 200 كيلوجراي

جدول [3-2-3-c]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند درجة 473 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 200 kgy .

| No. | بعد تلدينها عند درجة 473 K وبعد تشعيها بجرعة 200 kgy | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.450 | 35 | 50 | 9.520 | 38 | 54 | 9.739 | 51 | 62 | 9.408 | 46 | 62 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.700 | 32 | 47 | 4.760 | 31 | 44 | 4.780 | 36 | 44 | 4.671 | 29 | 40 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.690 | 33 | 47 | 3.714 | 35 | 49 | 3.654 | 31 | 37 | 3.545 | 51 | 71 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 2.903 | 25 | 37 | 3.020 | 34 | 48 | 3.034 | 60 | 73 | 3.038 | 72 | 100 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.460 | 15 | 17 | 2.422 | 13 | 15 | 2.628 | 21 | 26 | 2.472 | 16 | 22 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.069 | 13 | 19 | 2.065 | 17 | 24 | 2.069 | 15 | 18 | 2.067 | 54 | 75 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.464 | 7 | 8 | 1.413 | 5 | 6 | 1.416 | 7 | 7 | 1.516 | 9 | 11 | 1.403 | 7 | (1115) |

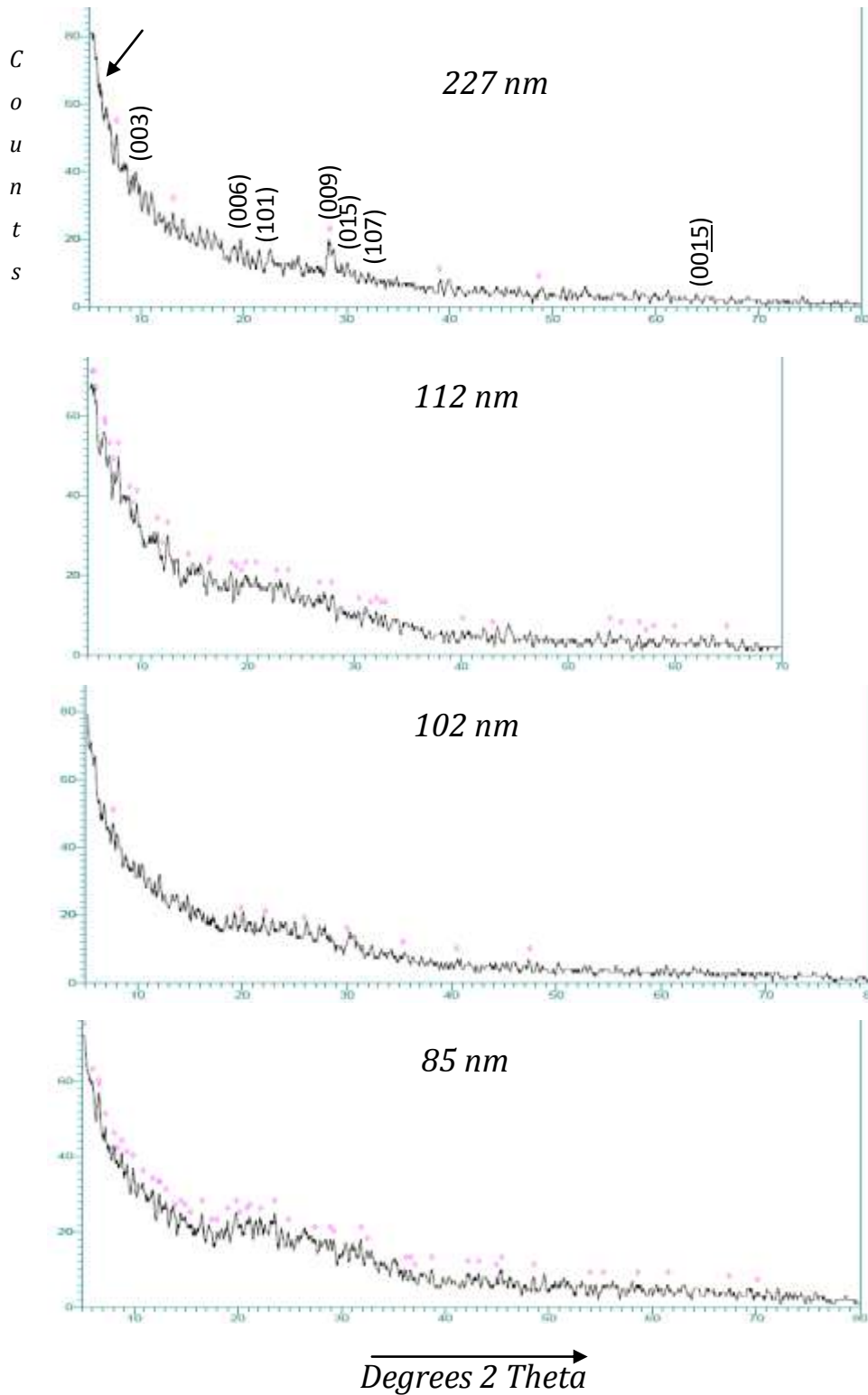
(3-2-4) بعد تعريضها للتشعيع بجرعة 500 kgy:

عند دراسة أنماط حيود الأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سليبيد البزموت Bi_2Se_3 ذات السمك 85 nm ، 102 nm ، 112 nm ، 227 nm على الترتيب بعد تعريضها للتشعيع بجرعة 500 kgy ، نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات بمختلف سمكها و نلاحظ أن شدة التبلور تقل بشكل ملحوظ لجميع العينات المشعة على اختلاف درجات تليدينها ويرجع السبب في ذلك إلى قوة الجرعة التشعيعية.

إن عرض وتحليل النتائج المستنتجة تم عرضها مرتبة تحت تأثير المؤثرات التالية:

a - نلاحظ بعد تعريض العينات غير الملدنة للتشعيع بجرعة 500 kgy:

أن شدة التبلور تزيد بزيادة السمك ويتضح ذلك من الجدول [3-2-4-a] والشكل (-4-3-2a). ولكن الزيادة تكون بشكل ضئيل ، ويكون الإتجاه المفضل للإنماء في حالة السمك 85 nm و 102 nm و 112 nm و 227 nm هو (003) وتزيد شدة التبلور بزيادة السمك ولكن بشكل متقارب . يتضح ذلك من الملاحق [36,37,38,39].



شكل (3- 2- 4-a): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف عند درجة حرارة الغرفة بعد التشعيع بجرعة 500 كيلوجراي

جدول [3-2-4-a]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف قبل تلدينها وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 500 kgy.

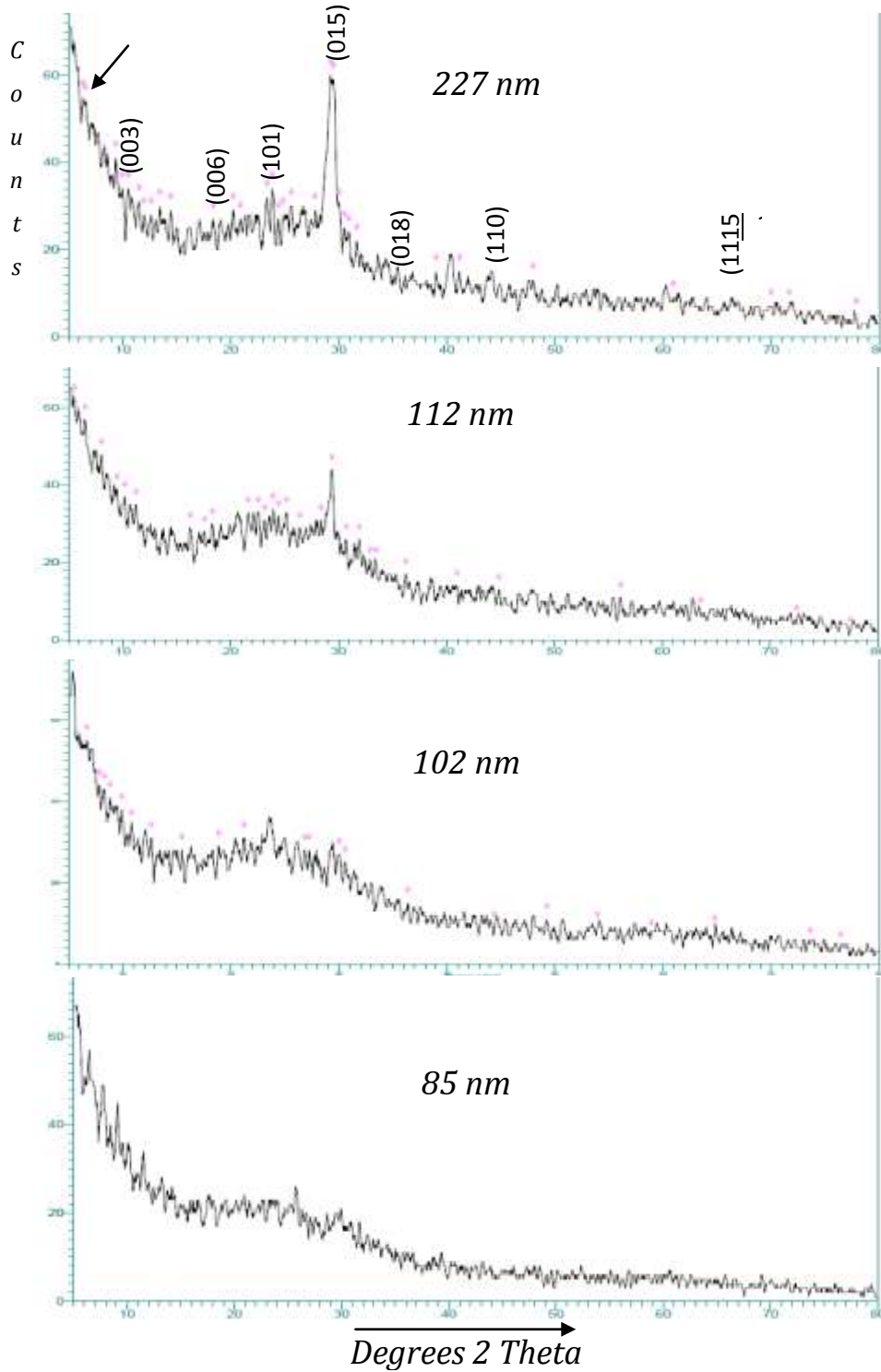
| No. | قبل تلدينها وبعد تشعيها بجرعة 500 kgy | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|---------------------------------------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.489 | 38 | 53 | 9.612 | 35 | 51 | 9.550 | 38 | 48 | 9.600 | 40 | 50 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.466 | 25 | 35 | 4.690 | 19 | 28 | 4.466 | 18 | 20 | 4.770 | 18 | 22 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.579 | 20 | 28 | 3.745 | 18 | 26 | 3.432 | 15 | 16 | 3.555 | 25 | 31 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.250 | 18 | 25 | 3.205 | 15 | 22 | 3.187 | 17 | 18 | 3.147 | 19 | 20 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.050 | 17 | 24 | 2.940 | 11 | 16 | 2.975 | 12 | 13 | 3.000 | 13 | 16 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.753 | 15 | 21 | 2.724 | 10 | 15 | 2.538 | 8 | 9 | 2.666 | 10 | 12 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.390 | 5 | 7 | 1.438 | 4 | 6 | 1.916 | 6 | 7 | 1.872 | 5 | 5 | 1.403 | 7 | (1115) |

b - عند دراسة أنماط هذب حيود الأشعة السينية بعد تليدين الأغشية إلى درجة 373K

لمدة ساعتين وتشيعها بجرعة 500 kgy: نجد أن هذه الأغشية متعددة التبلور لجميع العينات بمختلف سمكها من الشكل (3-2-4-b) و الجدول [3-2-4-b].

يزداد تبلور الأغشية عن وضعها في الفقرة (a) بسبب التليدين الذي يصحبه دخول طاقة إلى الأغشية الرقيقة تعمل على إعادة التوجيهات للحبيبات مما يحسن من تبلورها .

ونجد أنه بزيادة السمك يزداد التبلور شدة، حيث يكون الإتجاه المفضل للسمكين 85 nm، 102 nm هو المستوى (003) ثم يزاح ليكون الإتجاه المفضل للإنماء في حالة السمكين 112 nm، 227 nm عند المستوى (015) وتزداد شدته ليصل مقدارها إلى 85 عند السمك الأكبر 227 nm بينما كان مقدار شدته 44 في حالة السمك 112 nm ويظهر توجه للإنماء في نفس المستوى بشدة مقدارها 59 في حالة السمك الأكبر 227 nm وبشدة مقدارها مقدارها 26 في السمك 112 nm. كما يتضح ذلك من الملاحق [40,41,42,43].



شكل (3- 2- 4-b): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند 373 K بعد التشعيع بجرعة 500 كيلوجراي

جدول [3-2-4-b]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند درجة 373 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 500 kgy .

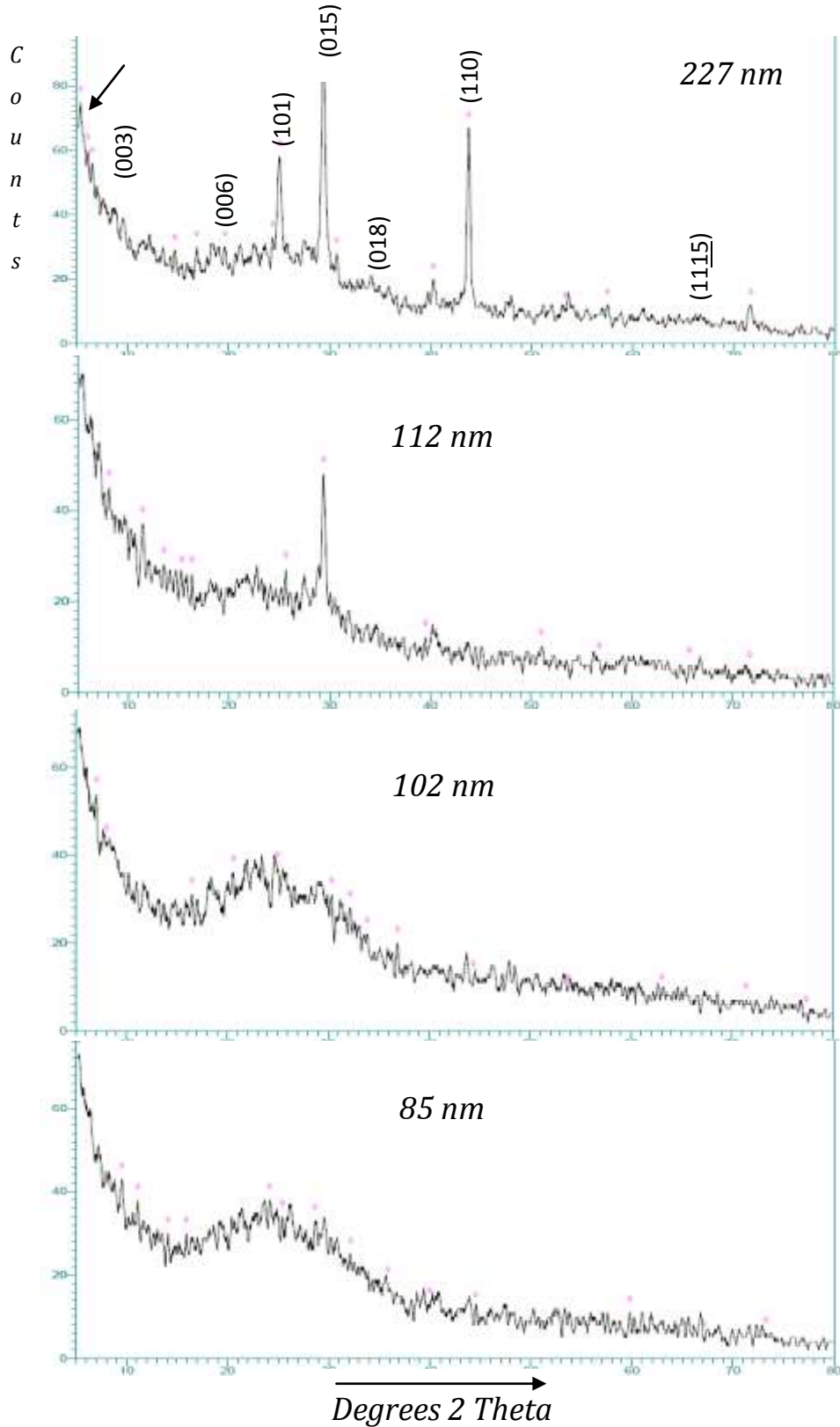
| No. | بعد تلدينها عند درجة 373 K وبعد تشعيها بجرعة 500 kgy | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.696 | 45 | 67 | 9.555 | 38 | 53 | 9.329 | 39 | 60 | 9.448 | 41 | 58 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.246 | 24 | 36 | 4.700 | 29 | 40 | 4.843 | 30 | 46 | 4.822 | 27 | 38 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.458 | 26 | 39 | 3.322 | 28 | 39 | 3.534 | 33 | 51 | 3.584 | 28 | 39 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 2.975 | 20 | 30 | 2.975 | 27 | 38 | 3.038 | 44 | 68 | 3.054 | 60 | 85 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.294 | 11 | 13 | 2.471 | 15 | 21 | 2.479 | 17 | 26 | 2.309 | 15 | 20 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.100 | 9 | 10 | 2.040 | 9 | 11 | 2.021 | 13 | 20 | 2.193 | 15 | 21 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.327 | 4 | 5 | 1.440 | 8 | 10 | 1.464 | 7 | 9 | 1.521 | 9 | 11 | 1.403 | 7 | (1115) |

c - عند دراسة أنماط هذب حيود الأشعة السينية بعد تليدينها عند درجة 473K لمدة

ساعتين وتشيعها بجرعة 500 kgy:

نلاحظ من الشكل (3-2-4-c) والجدول [3-2-4-c] أن شدة التبلور تزداد بزيادة السمك ويكون الإتجاه المفضل للإنماء في السمك 85 nm هو المستوى (003) بشدة نسبية مقدارها 59 و أما في السمك 102 nm فإن الإتجاه المفضل لإنماء هو (101) بشدة نسبية 55 ،وتحدث إزاحة للإتجاه المفضل في السمك 112 nm هو المستوى (015) بشدة نسبية مقدارها 69 وتزداد شدة التبلور لنفس المستوى في السمك 227 nm لتصل قيمته إلى 100 ، بالإضافة لظهور أطوار إنماء جديدة في السمك الأكبر هو المستويين (101) و (110) بشدة نسبية مقدارها 65 و 75 على الترتيب. ويرجع السبب في ذلك إلى أن زيادة السمك تسبب إتصال أجزاء الغشاء الرقيق مما يحسن من تبلوره.

كما أن التليدين لدرجة 473 K له دور كبير في زيادة شدة التبلور لهذه الأغشية عن شدته في الأغشية الملدنة لدرجة 373 K ، وهو السبب المباشر في ظهور أطوار اللإنماء المفضلة الجديدة في السمك 227 nm ، والسبب في ذلك أن التليدين الذي يصحبه دخول طاقة إلى الأغشية الرقيقة تعمل على إعادة التوجيهات للحبيبات ، مما يحسن من تبلورها . يتضح ذلك من الملاحق [44,45,46,47] .



شكل (3- 2- 4-c): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند 473 K بعد التشعيع بجرعة 500 كيلوجراي

جدول [3-2-4-c]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك مختلف بعد تلدينها عند درجة 473 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعة 500 kgy .

| No. | بعد تلدينها عند درجة 473 K وبعد تشعيعها بجرعة 500 kgy | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|---|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|--------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 85 nm | | | 102 nm | | | 112 nm | | | 227 nm | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.251 | 38 | 59 | 9.560 | 36 | 52 | 9.560 | 38 | 55 | 9.590 | 38 | 43 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.777 | 32 | 43 | 4.777 | 35 | 51 | 4.700 | 23 | 31 | 4.511 | 30 | 34 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.501 | 34 | 47 | 3.562 | 37 | 55 | 3.474 | 27 | 39 | 3.551 | 58 | 65 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.117 | 33 | 45 | 2.944 | 31 | 45 | 3.038 | 48 | 69 | 3.038 | 89 | 100 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.505 | 18 | 22 | 2.437 | 20 | 29 | 2.550 | 16 | 20 | 2.555 | 20 | 22 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.035 | 12 | 15 | 2.040 | 12 | 13 | 2.070 | 8 | 10 | 2.068 | 67 | 75 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.546 | 11 | 15 | 1.474 | 9 | 10 | 1.422 | 6 | 8 | 1.317 | 12 | 13 | 1.403 | 7 | (1115) |

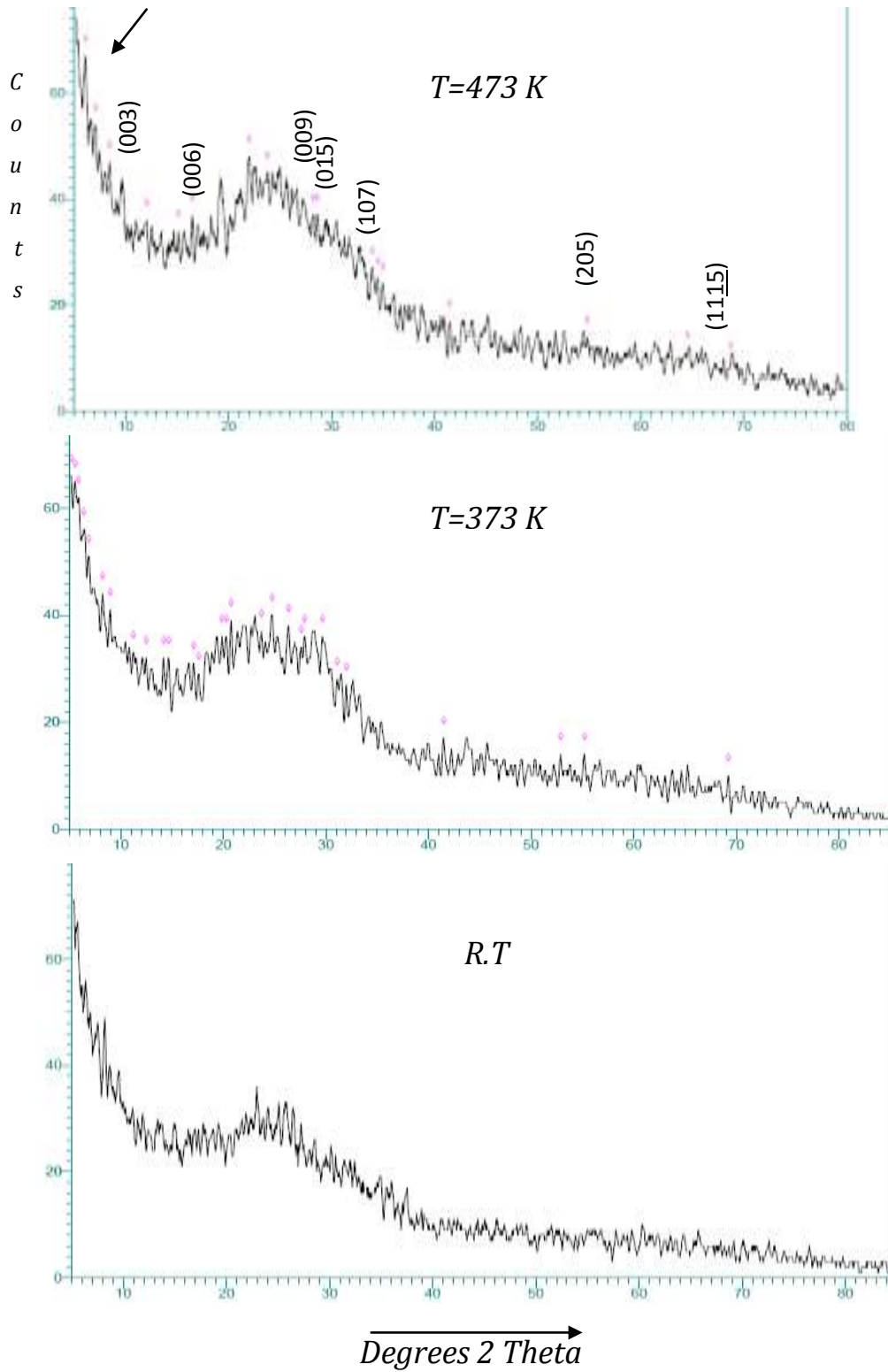
(3-3) دراسة تأثير التلدين على الخصائص التركيبية للأغشية الرقيقة من سيلينيد

البزموت Bi_2Se_3 :

تمت دراسة حيود الأشعة السينية عن الأغشية الرقيقة والتي يتراوح سمكها بين 85 nm، 102 nm، 112 nm، 227 nm على الترتيب بعد ما حضرت بدون تعريضها للحرارة (R.T)، وبعد تلدينها لدرجة 373K لمدة ساعتين، وعينات بعد تلدينها لدرجة 473K لمدة ساعتين. ونلاحظ أن التلدين أثر واضح في زيادة استقرار و تبلور للأغشية الرقيقة⁽³⁸⁾. نجد أن تحسين تبلور الأغشية بالتلدين هو نتيجة لجميع درجات السمك بدون استثناء ويرجع أن التلدين يصاحبه دخول طاقة إلى الأغشية الرقيقة تعمل على إعادة التوجيهات reorientation للحبيبات البلورية، وبالتالي إعادة للاتجاهات عن مستويات الإنعكاس للشبيكة لهذه الحبيبات، ومن الجدير بالذكر أن التلدين لا يؤدي إلى تغيير في الطور، أو ظهور أطوار جديدة في جميع الأغشية المقاسة وهذا يتفق مع جميع الدراسات الخاصة بالأغشية الرقيقة لسيلينيد البزموت، وأن أثر التلدين يقتصر على زيادة درجة التبلور وإعادة ترتيب للاتجاهات المفضلة للإينماء، ويزداد أثر التلدين وضوحاً كلما زاد سمك الأغشية الرقيقة وخاصة للسمك 112 nm و 227 nm ويكون الإتجاه المفضل للإينماء لهما متطابق مع الإتجاه المفضل للكرت القياسي وهو (015). ويسبب التلدين ظهور إتجاهات حادة القمة و عالية التبلور في السمك الأكبر 227 nm. وتم عرض النتائج بالترتيب التالي لكل سمك :

(3-3-1) دراسة تأثير التلدين على السمك 85 nm:

يتضح من الشكل (3-3-1) والجدول [3-3-1] أن الإتجاه المفضل للإنماء لهذا السمك هو المستوى (003) ، وأنه يحافظ على هذا الاتجاه و لايتغير بسبب التلدين ولكن تزداد شدته النسبية بشكل بسيط جداً بزيادة درجة التلدين من الشدة التي مقدارها 55 قبل التلدين إلى شدة مقدارها 62 بعد التلدين عند درجة حرارة 373 K ، ثم تزيد لتصبح قيمة الشدة النسبية 67 بعد تلدين العينات لدرجة 473K ، كما يتضح ظهور اتجاه مفضل آخر للإنماء بالإضافة للإتجاه السابق هو المستوى (015) وهذا يتطابق مع الإتجاه المفضل للإنماء للكارت القياسي .



شكل (3-3-1): أنماط قمع الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi₂Se₃ لسمك 85 نانومتر عند درجات حرارة مختلفة قبل التشعيع

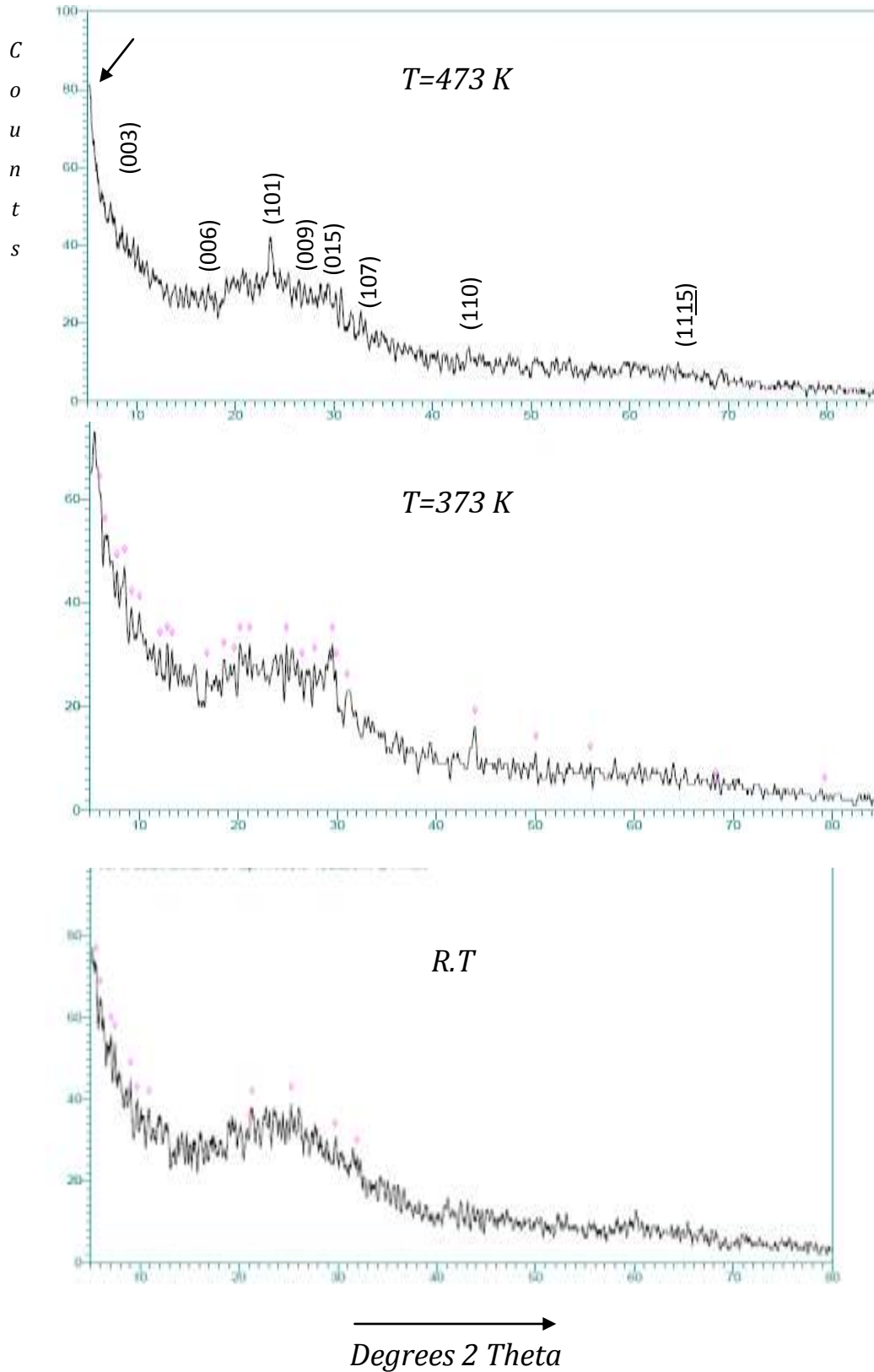
جدول [3- 3-1]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 85 nm كما حضرت وبعد تلدينها عند درجة 373 K و 473 K لمدة ساعتين وبدون تعريضها للتشعيع.

| No. | 85 nm بدون تعريضها للتشعيع | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|----------------------------|----|------------------|-------|----|------------------|-------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | R . T | | | 373 K | | | 473 K | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.213 | 39 | 55 | 9.826 | 41 | 62 | 9.760 | 42 | 67 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.466 | 26 | 36 | 4.777 | 33 | 50 | 4.777 | 25 | 34 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.551 | 33 | 46 | 3.596 | 40 | 61 | 3.559 | 44 | 60 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.117 | 26 | 37 | 3.196 | 36 | 55 | 3.121 | 37 | 50 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 2.959 | 24 | 34 | 3.010 | 36 | 55 | 3.040 | 42 | 67 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.400 | 17 | 18 | 2.505 | 23 | 35 | 2.601 | 25 | 34 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.774 | 10 | 11 | 1.731 | 14 | 20 | 1.675 | 14 | 15 | 1.710 | 10 | (205) |
| 8. | 1.418 | 8 | 9 | 1.357 | 10 | 15 | 1.444 | 11 | 12 | 1.403 | 7 | (1115) |

(3-3-2) دراسة تأثير التلدين على السمك 102 nm:

يتضح من الشكل (3-3-2) والجدول [3-3-2] أن الإتجاه المفضل للإنماء لهذا السمك هو المستوى (003) ، وهو لا يتغير بسبب التلدين ولكن تزداد شدة التبلور لجميع المستويات بشكل ضئيل جداً بزيادة درجة التلدين لنفس الإتجاه ، كما أن التلدين لدرجة 473K يسبب ظهور إتجاه مفضل للإنماء عند المستوى (101) بالإضافة للإتجاه السابق . وبذلك نجد أن سلوك السمك 102 nm بالتلدين يتشابه مع سلوك السمك الأصغر 85 nm بالتلدين.



شكل (3-3-2): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد الزرموث Bi_2Se_3 لسمك 102 نانومتر عند درجات حرارة مختلفة قبل التشعيع

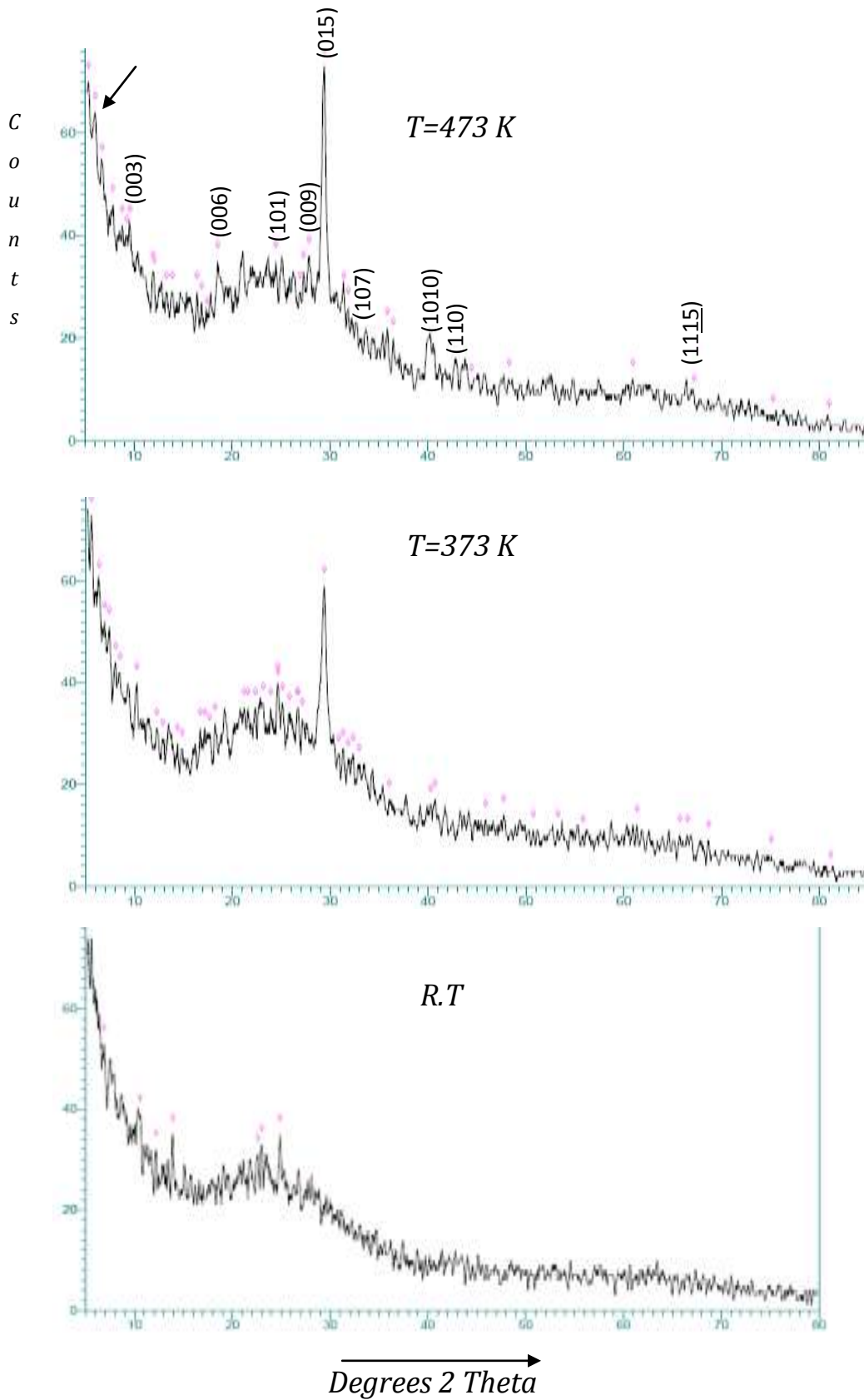
جدول [3-3-2]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 102 nm كما حضرت وبعد تلدينها عند درجة 373 K و 473 K لمدة ساعتين وبدون تعريضها للتشعيع.

| No. | 102 nm بدون تعريضها للتشعيع | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|-----------------------------|----|------------------|-------|----|------------------|-------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | R . T | | | 373 K | | | 473 K | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.571 | 39 | 53 | 9.782 | 45 | 58 | 9.137 | 42 | 52 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.780 | 29 | 40 | 4.690 | 38 | 48 | 4.642 | 32 | 37 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.579 | 32 | 44 | 3.523 | 39 | 51 | 3.782 | 42 | 52 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.218 | 28 | 38 | 3.205 | 32 | 38 | 3.121 | 30 | 37 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.026 | 32 | 44 | 3.006 | 30 | 36 | 2.959 | 28 | 35 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.437 | 32 | 44 | 2.804 | 26 | 31 | 2.558 | 17 | 18 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 2.061 | 16 | 22 | 2.060 | 14 | 18 | 2.070 | 14 | 17 | 2.070 | 25 | (110) |
| 8. | 1.375 | 3 | 4 | 1.438 | 12 | 16 | 1.406 | 7 | 7 | 1.403 | 7 | (1115) |

(3-3-3) دراسة تأثير التلدين على السمك 112 nm:

نلاحظ من الشكل (3-3-3) والجدول [3-3-3] أن الإتجاه المفضل للإنماء للأغشية الرقيقة ذات السمك 112 nm قبل التلدين هو المستوى (003) بشدة تساوي 55، ولكن بعد التلدين لدرجة 373 K يزداد التبلور بشكل واضح جداً ويصبح الإتجاه المفضل للإنماء هو المستوى (015) بشدة مقدارها 80، وتصل الشدة لأعلى قيمها بعد التلدين لدرجة 473 K بشدة عالية جداً تصل إلى 100. وبذلك نجد أن التبلور يزداد بالتلدين بشكل واضح جداً للسمك 112 nm عنه في السمك 102 nm على الرغم من أن الفرق بينهما في السمك هو 10 nm.



شكل (3-3-3): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 لسمك 112 نانومتر عند درجات حرارة مختلفة قبل التشعيع

جدول [3-3-3]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 112 nm كما حضرت وبعد تلدينها عند درجة 373 K و 473 K لمدة ساعتين وبدون تعريضها للتشعيع.

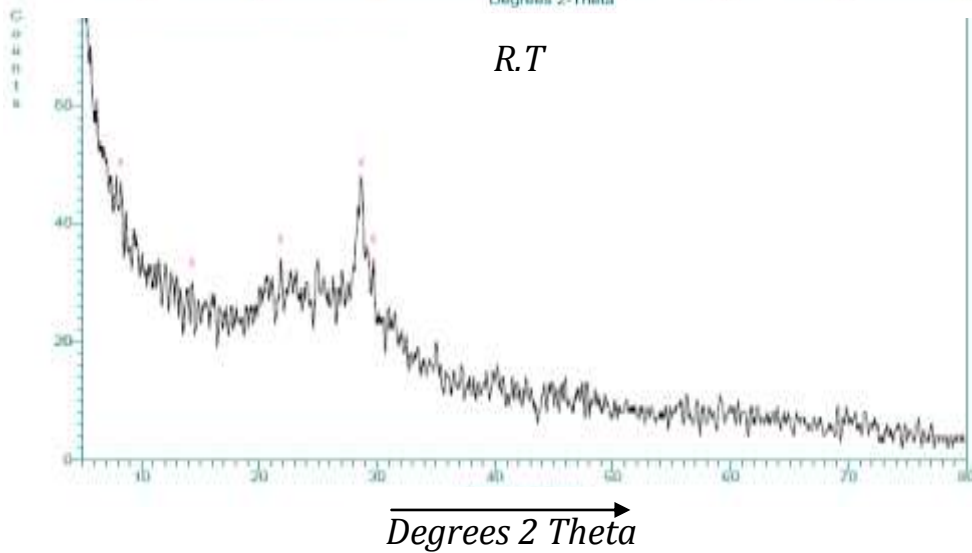
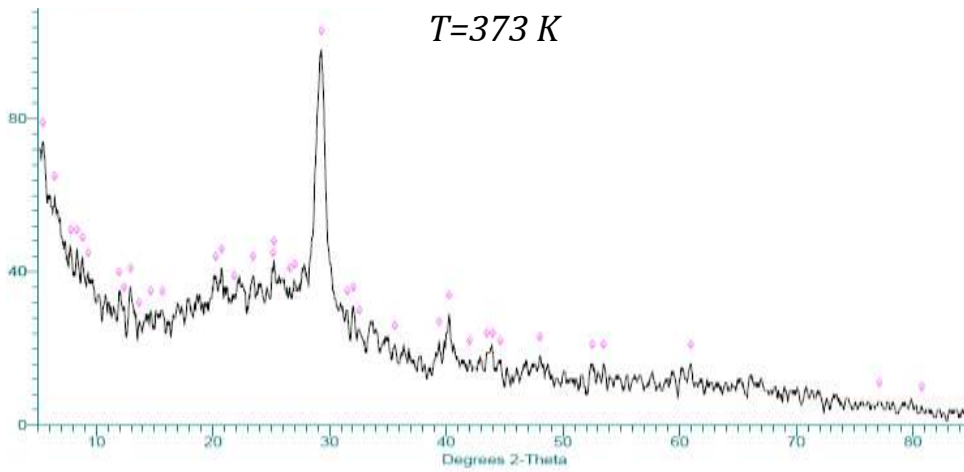
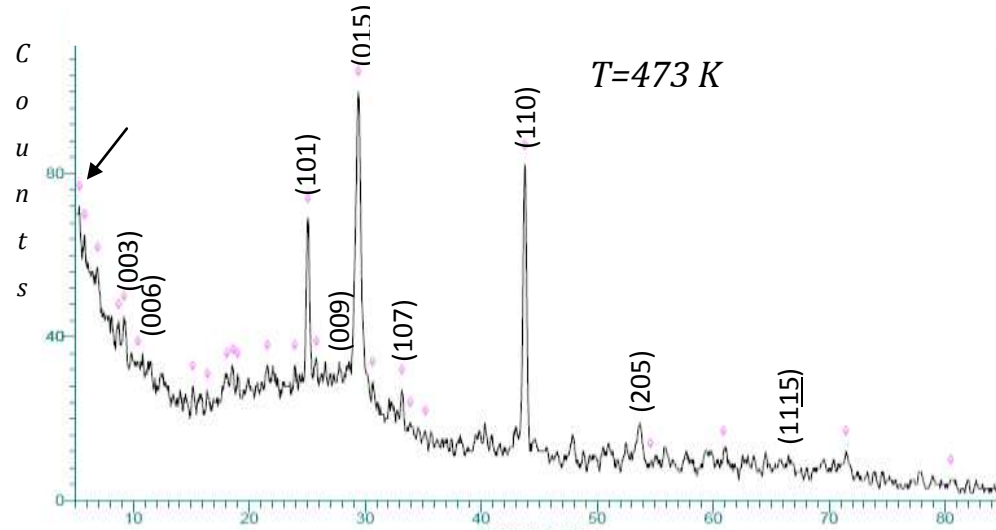
| No. | 112 nm بدون تعريضها للتشعيع | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|-----------------------------|----|------------------|-------|----|------------------|-------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | R . T | | | 373 K | | | 473 K | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.560 | 40 | 55 | 9.329 | 40 | 54 | 9.530 | 40 | 55 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.466 | 26 | 35 | 4.864 | 32 | 42 | 4.780 | 35 | 48 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.579 | 35 | 47 | 3.545 | 36 | 49 | 3.636 | 35 | 47 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.187 | 24 | 33 | 3.283 | 33 | 42 | 3.200 | 36 | 49 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.040 | 22 | 30 | 3.038 | 59 | 80 | 3.034 | 73 | 100 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.538 | 17 | 23 | 2.492 | 17 | 23 | 2.037 | 11 | 15 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 2.230 | 12 | 16 | 2.239 | 16 | 22 | 2.230 | 20 | 27 | 2.238 | 25 | (1010) |
| 8. | 2.060 | 12 | 16 | 2.070 | 14 | 19 | 2.065 | 16 | 22 | 2.070 | 25 | (110) |
| 9. | 1.403 | 8 | 11 | 1.403 | 10 | 14 | 1.393 | 9 | 13 | 1.403 | 7 | (1115) |

(3-3-4) دراسة تأثير التلدين على السمك 227 nm:

يتضح من الشكل (3-3-4) و الجدول [3-3-4] أن الإتجاه المفضل للإنماء للأغشية الرقيقة ذات السمك 227 nm قبل التلدين هو المستوى (009) بشدة تساوي 62، ولكن بعد التلدين لدرجة 373K يزداد التبلور بشكل واضح جداً ويصبح الإتجاه المفضل للإنماء هو المستوى (015) بشدة مقدارها 100، وتصل الشدة لأعلى قيمها بعد التلدين لدرجة 473K بشدة عالية جداً تصل إلى 100 أيضاً ، ولكن بقيمة أعلى ويصاحب التلدين بدرجة 473K ظهور اتجاهات مفضلة جديدة للإنماء بشكل حاد ويقم عالية فنجد أن الشدة النسبية 69 للمستوى (101) ويظهر الإتجاه (110) بقمة عالية وشدته تساوي 82.

ومما سبق نلاحظ أن تأثير التلدين يتناسب طردياً مع زيادة سمك العينات، فكلما كان سمك العينات أكبر كما في السمك 227 nm فنجد أثر التلدين بشكل أكبر ويتضح ذلك في زيادة حجم التبلورات ، كما يتسبب التلدين لدرجة 473K في ظهور اتجاهات إنماء مفضلة لم يسبق ظهورها في السمك الأقل بالرغم من تلدينها عند نفس درجة الحرارة.

وبذلك نوصى لتحسين تبلور الأغشية الرقيقة من مركب سيلينييد البزموت Bi_2Se_3 أن تتعرض الأغشية للتلدين عند درجة حرارة 473K لمدة ساعتين وأن تكون بسمك 227 nm ليكون أثر التلدين فعال أكثر ويتحسن أداء الغشاء الرقيق للاستخدامات المختلفة في التطبيقات الكهروحرارية.



شكل (3-3-4): أنماط قمع الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 لسمك 227 نانومتر عند درجات حرارة مختلفة قبل التشعيع

جدول [3- 3-4]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 227 nm كما حضرت وبعد تلدينها عند درجة 373 K و 473 K لمدة ساعتين وبدون تعريضها للتشعيع.

| No. | 227 nm بدون تعريضها للتشعيع | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|-----------------------------|----|------------------|-------|----|------------------|-------|-----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | R . T | | | 373 K | | | 473 K | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.600 | 39 | 52 | 9.489 | 40 | 40 | 9.612 | 45 | 44 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.770 | 26 | 34 | 4.822 | 36 | 37 | 4.770 | 32 | 32 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.555 | 34 | 45 | 3.528 | 43 | 43 | 3.551 | 69 | 69 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.113 | 47 | 62 | 3.297 | 37 | 37 | 3.200 | 34 | 34 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.010 | 34 | 45 | 3.046 | 98 | 100 | 3.038 | 100 | 100 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.601 | 18 | 24 | 2.522 | 21 | 21 | 2.550 | 17 | 17 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 2.060 | 14 | 18 | 2.081 | 19 | 18 | 2.068 | 82 | 82 | 2.070 | 25 | (110) |
| 8. | 1.700 | 10 | 13 | 1.713 | 16 | 16 | 1.681 | 18 | 18 | 1.710 | 10 | (205) |
| 9. | 1.444 | 8 | 11 | 1.520 | 16 | 16 | 1.317 | 12 | 12 | 1.403 | 7 | (1115) |

(3-4) دراسة تأثير التشعيع على الخصائص التركيبية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت

:Bi₂Se₃

تمت دراسة حيود الأشعة السينية عن الأغشية الرقيقة والتي يتراوح سمكها بين 85 nm، 102 nm، 112 nm، 227 nm على الترتيب بعد تعرضها للتشعيع بالجرعات 50 kgy و 200 kgy و 500 kgy وذلك للعينات كما حضرت عند درجة حرارة الغرفة (R.T) Room Temperature، و العينات التي تم تلدينها لدرجة 373K لمدة ساعتين، والعينات التي تم تلدينها لدرجة 473K لمدة ساعتين وتمت مقارنة النتائج بالكارث القياسي، وتحليلها بالترتيب التالي:

(3-4-1) للعينات كما حضرت قبل التلدين :

في هذه العينات والتي يتراوح سمكها بين 85 nm، 102 nm، 112 nm، 227 nm نجد أن الاتجاه المفضل للإنماء يختلف عنه قبل التشعيع ، ونجد أن قيمة الشدة للإتجاه المفضل للإنماء تزيد بزيادة السمك.

a – أثر التشعيع بجرعة 50 kgy و 200 kgy : قد عمل على زيادة أو تناقص حجم التبلورات ، كما أن التشعيع غير من الإتجاه المفضل للإنماء عند السمك 85 nm و 102 nm و 112 nm .

b - أثر التشعيع بجرعة 500 kgy: نجد أن جميع العينات لها نفس الإتجاه المفضل للإنماء وهو عند المستوى (003) ولكن الشدة له تكون أقل من الشدة الناتجة عن التشعيع بالجرعات الأقل ولكن هذه الشدة تزيد بزيادة السمك.

وبذلك نجد أن التشعيع حافظ على حجم التبلورات في الأغشية الرقيقة المتعددة التبلور

وهذا يتضح من :

خلال الأشكال (3-4-1-a) و (3-4-1-b) و (3-4-1-c) و (3-4-1-d).

ومن خلال الجداول [3-4-1-a] و [3-4-1-b] و [3-4-1-c] و [3-4-1-d].

والتي يتضح من خلالها مقارنة القيم بالكارت القياسي. ومما سبق نجد أن:

الجرعة المفضلة هي 200 kgy وذلك للسمك 112 nm ، حيث تصل الشدة

النسبية بعد التشعيع بجرعة 200 kgy لقيمة 83 وذلك للسمك 227 nm ، أما السمك 85 nm ،

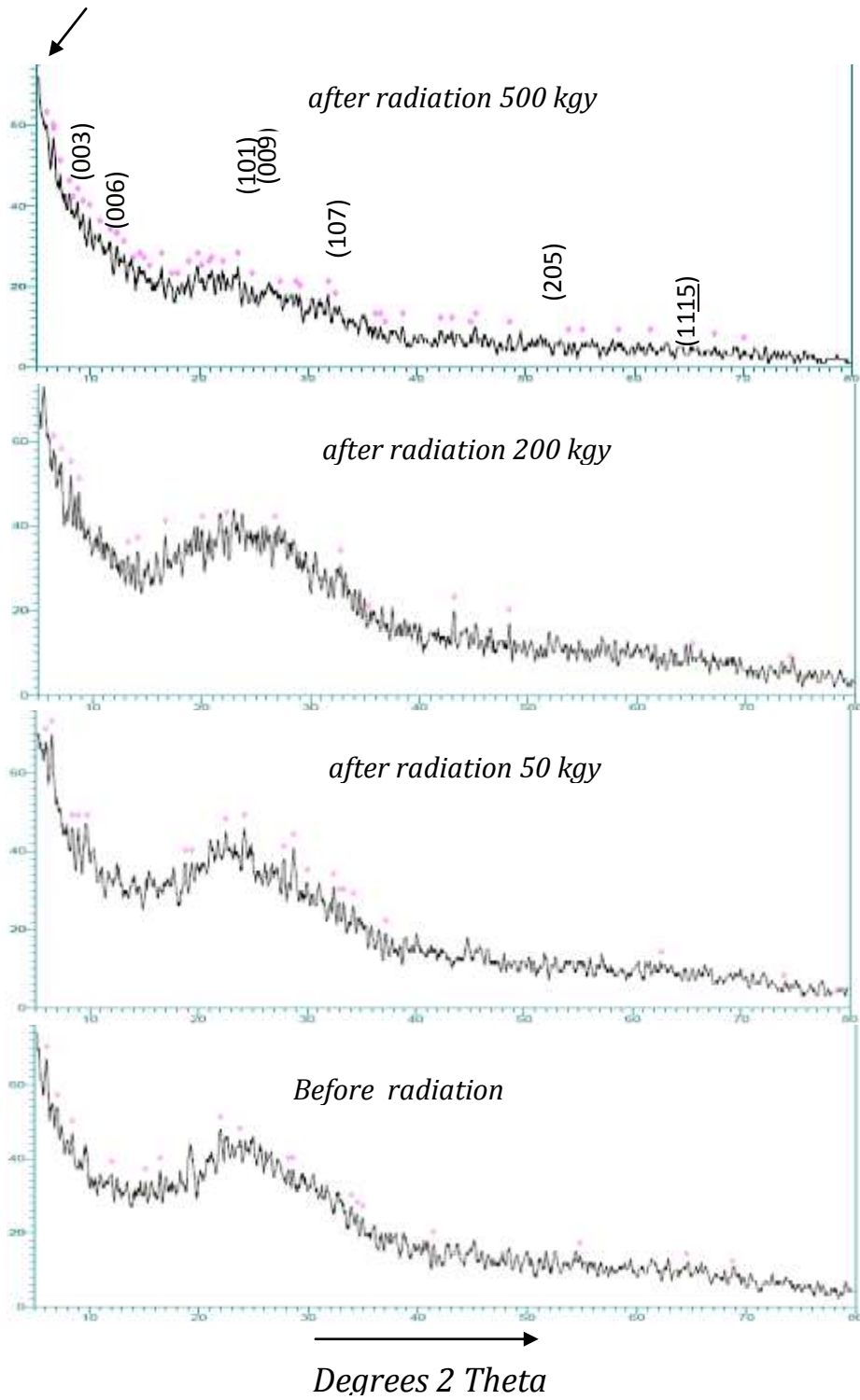
102 nm فالجرعة المفضلة لهما هي 50 kgy والتي حسنت من مواصفات الأغشية الرقيقة

حيث أن قمم الحيود أصبحت أكثر حدة ، مما يؤهلها لأن تستخدم في الأجهزة الفولت ضوئية.

بينما نجد أن الجرعة 500 kgy تقلل من حجم التبلورات وهذا يوصي بإمكانية استخدامها

كمجسات للإشعاع والأجهزة الإلكترونية الحساسة للإشعاع حيث أن هناك تناقص حاد في حجم

التبلورات .

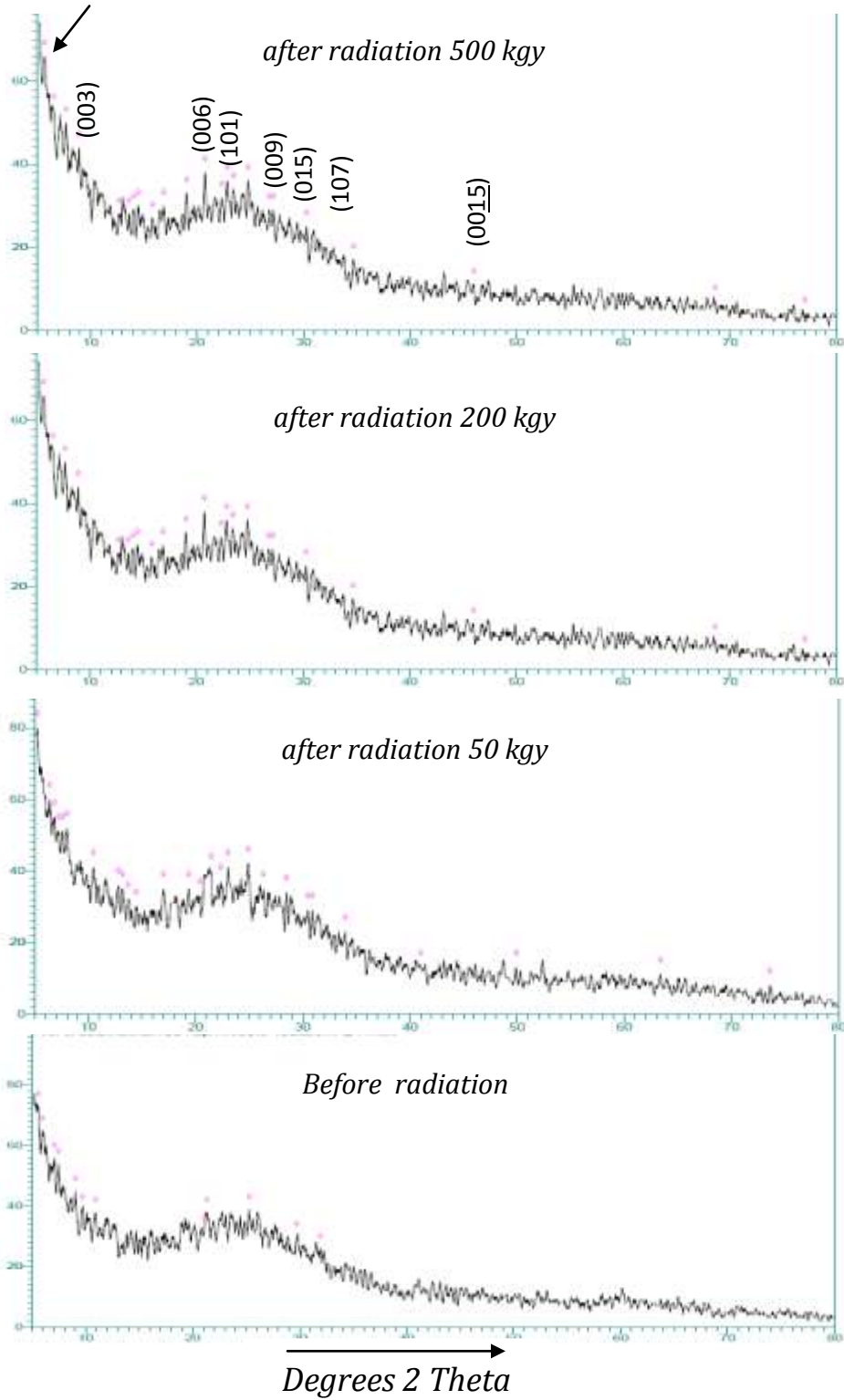


شكل (3-4-1-a): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشعة بجرعات مختلفة ذات سمك 85 nm عند درجة حرارة الغرفة.

جدول [3-4-1-a]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 85 nm قبل تلدينها وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | قبل تلدين الأغشية ذات السمك 85nm | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|----------------------------------|----|------------------|-------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0kgy | | | 50kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I _o | hkl |
| | d(Å) | I | I/I _o | d(Å) | I | I/I _o | d(Å) | I | I/I _o | d(Å) | I | I/I _o | | | |
| 1. | 9.760 | 42 | 67 | 9.062 | 46 | 66 | 9.500 | 38 | 52 | 9.489 | 38 | 53 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.777 | 25 | 34 | 4.720 | 37 | 53 | 4.422 | 39 | 53 | 4.466 | 25 | 35 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.559 | 44 | 60 | 3.672 | 46 | 66 | 3.983 | 40 | 54 | 3.579 | 20 | 28 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.121 | 37 | 50 | 3.200 | 38 | 54 | 3.331 | 39 | 53 | 3.250 | 18 | 25 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.040 | 42 | 67 | 2.975 | 32 | 46 | 3.011 | 36 | 50 | 3.050 | 17 | 24 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.601 | 25 | 34 | 2.686 | 27 | 39 | 2.730 | 31 | 37 | 2.753 | 15 | 21 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.444 | 11 | 12 | 1.483 | 11 | 12 | 1.433 | 9 | 11 | 1.390 | 5 | 7 | 1.403 | 7 | (1115) |

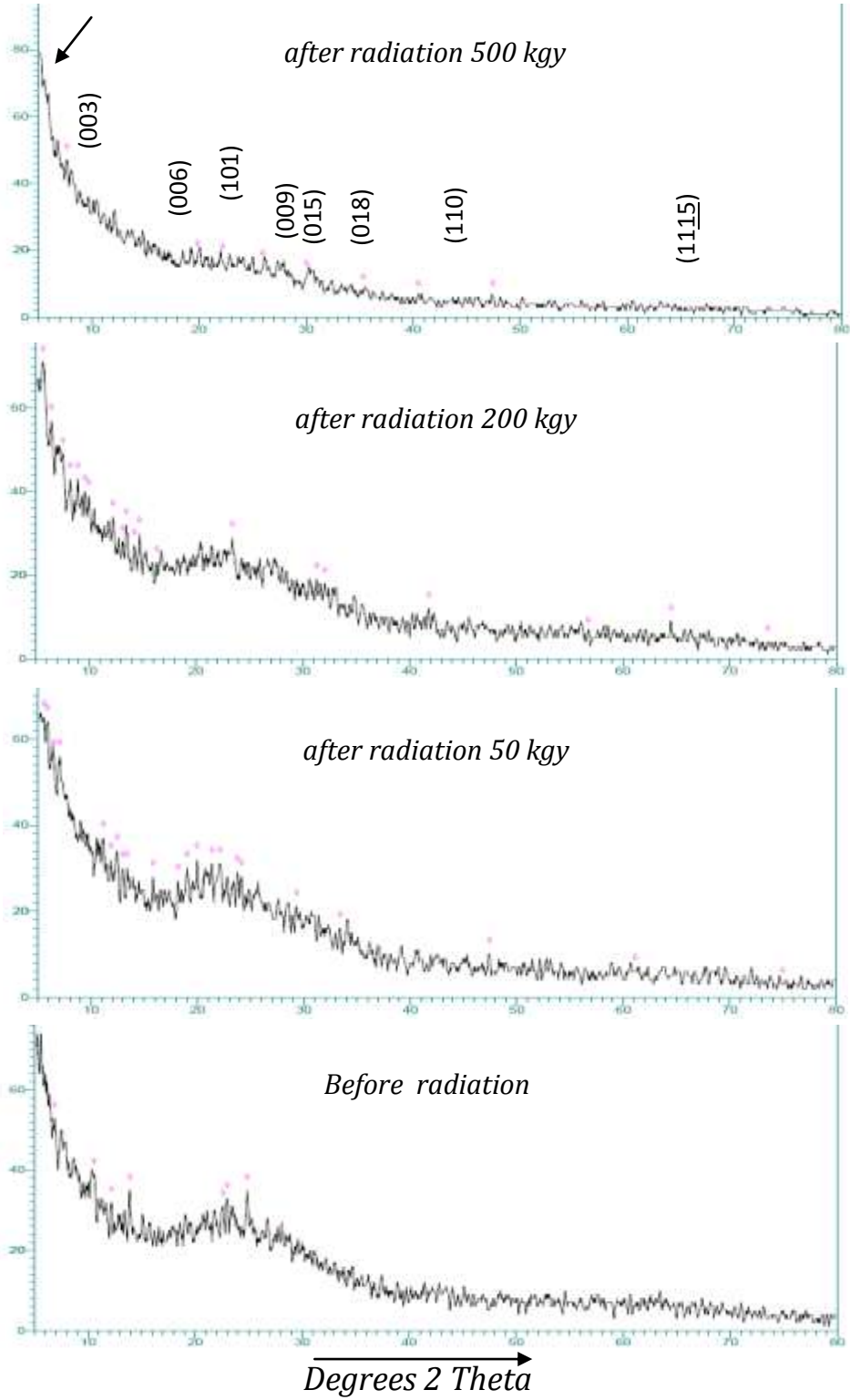


شكل (3- 4-1-b): أنماط قمع الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشعة بجرعات مختلفة ذات سمك 102 nm عند درجة حرارة الغرفة .

جدول [3-4-1-b]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 102 nm قبل تلدينها وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | قبل تلدين الأغشية ذات السمك 102 nm | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|------------------------------------|----|------------------|--------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50 kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I _o | hkl |
| | d(Å) | I | I/I _o | d(Å) | I | I/I _o | d(Å) | I | I/I _o | d(Å) | I | I/I _o | | | |
| 1. | 9.782 | 45 | 58 | 8.441 | 41 | 50 | 9.550 | 39 | 53 | 9.612 | 35 | 51 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.690 | 38 | 48 | 4.585 | 35 | 44 | 4.279 | 38 | 51 | 4.690 | 19 | 28 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.523 | 39 | 51 | 3.573 | 42 | 52 | 3.893 | 36 | 49 | 3.745 | 18 | 26 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.205 | 32 | 38 | 3.386 | 35 | 44 | 3.283 | 29 | 39 | 3.205 | 15 | 22 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.006 | 30 | 36 | 2.933 | 29 | 36 | 3.000 | 26 | 35 | 2.940 | 11 | 16 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.804 | 26 | 31 | 2.640 | 23 | 29 | 2.952 | 25 | 34 | 2.724 | 10 | 15 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.438 | 12 | 16 | 1.468 | 11 | 14 | 1.368 | 7 | 8 | 1.438 | 4 | 6 | 1.403 | 7 | (1115) |

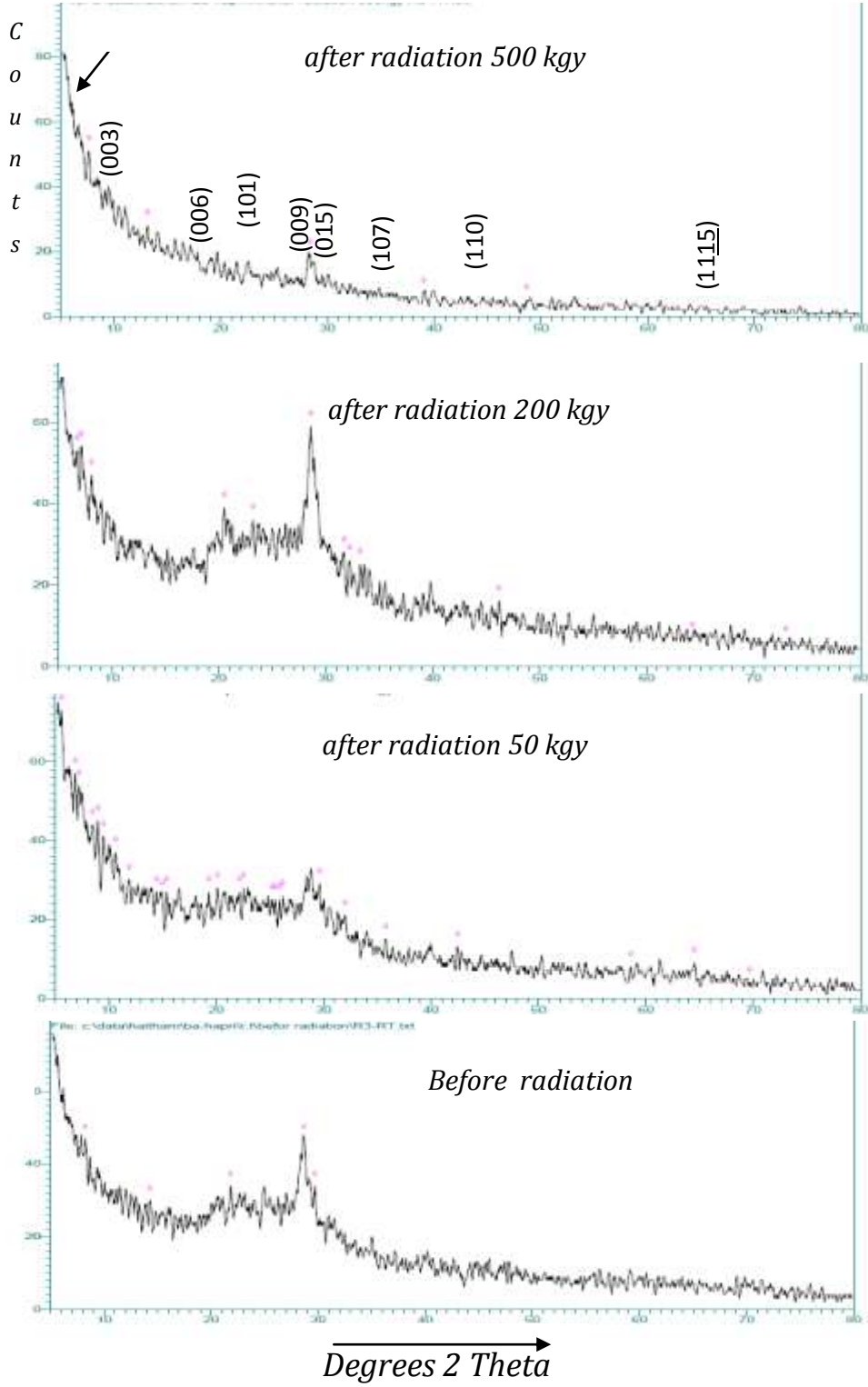


شكل (3-4-1-c): أنماط قمع الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشعة بجرعات مختلفة ذات سمك 112 nm عند درجة حرارة الغرفة .

جدول [3-4-1-c]: أنماط قمع حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 112 nm قبل تلدينها وبعد تعرضها للتشيع بجرعات متفاوتة.

| No. | قبل تلدين الأغشية ذات السمك 112 nm | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|------------------------------------|----|------------------|--------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50 kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.560 | 40 | 55 | - | - | - | 9.550 | 40 | 56 | 9.550 | 38 | 48 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.466 | 26 | 35 | 4.874 | 27 | 41 | - | - | - | 4.466 | 18 | 20 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.579 | 35 | 47 | 3.684 | 28 | 42 | 3.802 | 29 | 36 | 3.432 | 15 | 16 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.187 | 24 | 33 | 3.120 | 22 | 34 | - | - | - | 3.187 | 17 | 18 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.040 | 22 | 30 | 3.046 | 21 | 32 | 3.010 | 18 | 25 | 2.975 | 12 | 13 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.538 | 17 | 23 | 2.683 | 18 | 24 | 2.790 | 18 | 25 | 2.538 | 8 | 9 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.403 | 8 | 11 | 1.516 | 9 | 8 | 1.444 | 9 | 13 | 1.916 | 6 | 7 | 1.403 | 7 | (1115) |



شكل (3-4-1-d): أنماط قمع الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشعة بجرعات مختلفة ذات سمك 227 nm عند درجة حرارة الغرفة.

جدول [3-4-1-d]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 227 nm قبل تلدينها وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | قبل تلدين الأغشية ذات السمك 227 nm | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|------------------------------------|----|------------------|--------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50 kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.600 | 39 | 52 | 9.290 | 41 | 55 | 9.100 | 40 | 57 | 9.600 | 40 | 50 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.770 | 26 | 34 | 4.594 | 27 | 36 | 4.328 | 39 | 55 | 4.770 | 18 | 22 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.555 | 34 | 45 | 3.534 | 25 | 33 | 3.834 | 36 | 51 | 3.555 | 25 | 31 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.113 | 47 | 62 | 3.178 | 42 | 56 | 3.121 | 59 | 83 | 3.147 | 19 | 20 | 3.182 | 4 | (009) |
| 5. | 3.010 | 34 | 45 | 3.014 | 29 | 39 | 3.000 | 52 | 71 | 3.000 | 13 | 16 | 3.040 | 100 | (015) |
| 6. | 2.601 | 18 | 24 | 2.508 | 15 | 20 | 2.777 | 26 | 37 | 2.666 | 10 | 12 | 2.660 | <1 | (107) |
| 7. | 1.444 | 8 | 11 | 1.575 | 8 | 11 | 1.449 | 7 | 9 | 1.872 | 5 | 5 | 1.403 | 7 | (1115) |

(3-4-2) العينات المملدة إلى 373 K لمدة ساعتين:

وجد في هذه العينات التي يتراوح سمكها بين 85 nm ، 102 nm ، 112 nm ، 227 nm أن الإتجاه المفضل للإنماء يختلف عما هو قبل التشعيع و نجد أن قيمة الشدة النسبية للإتجاه المفضل للإنماء تزيد بزيادة السمك.

a - أثر التشعيع بجرعة 50 kgy و 200 kgy: قد عمل على تغيير الإتجاه المفضل للإنماء للعينات ذات السمك 85 nm و 102 nm ليكون عند المستوى (101) وزادت شدته في السمك الأكبر ، أما السمك 112 nm و 227 nm فأصبح الإتجاه المفضل للإنماء متطابق مع الكارت القياسي عند المستوى (015) وزادت كذلك شدته عند السمك الأكبر لتكون بقيمة 100 عند سمك 227 nm. ونلاحظ أن هناك اختفاء لبعض المستويات عند جرعة 50 kgy وهذا يدل على أن هناك استطالة حدثت عن مستويات أخرى مجاورة أدت إلى تلاشي بعض المستويات وزيادة في استطالة بعضها.

b - أثر التشعيع بجرعة 500 kgy: نجد أن العينات ذات السمك 85 nm و 102 nm لها نفس الإتجاه المفضل للإنماء وهو عند المستوى (003) أما العينات ذات السمك 112 nm و 227 nm فحافظت على نفس الإتجاه المفضل للإنماء عند جميع جرعات التشعيع وهو عند المستوى (015) وهو مطابق للكارت القياسي . وتزداد الشدة لكل جرعة تشعيع بزيادة سمك العينات. كما نجد أن التشعيع حافظ على حجم التبلورات في الأغشية الرقيقة المتعددة التبلور وهذا يتضح من :

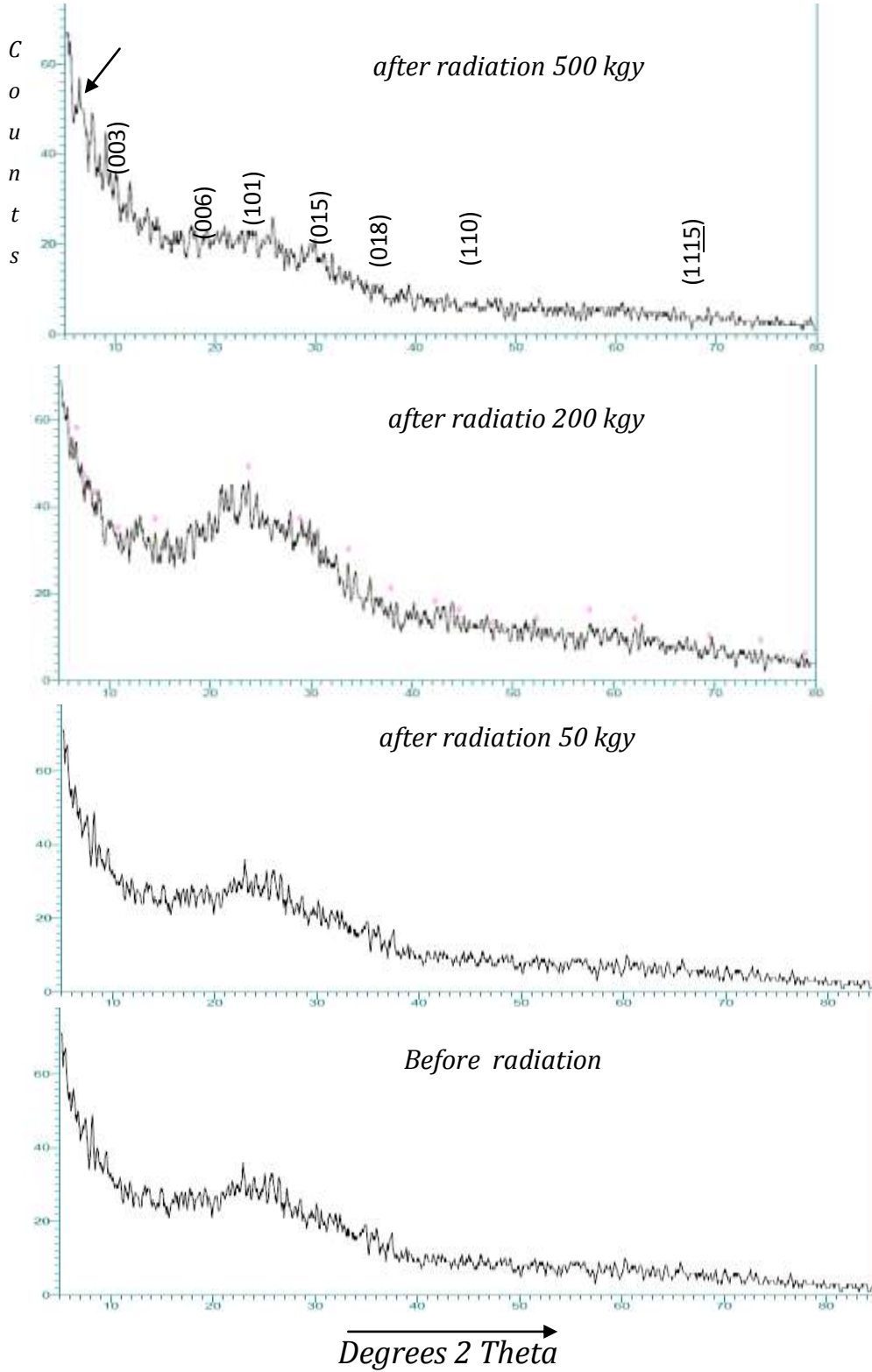
خلال الأشكال (3-4-2-a) و (3-4-2-b) و (3-4-2-c) و (3-4-2-d).

ومن خلال الجداول [3-4-2-a] و [3-4-2-b] و [3-4-2-c] و [3-4-2-d].

والتي يتضح من خلالها مقارنة القيم بالكارت القياسي ، ومما سبق نجد أن:

✓ السمك 112 nm و 227 nm حافظ بعد تليدينه عند درجة 373K على نفس الإتجاه المفضل للإنماء قبل التشعيع وبعده على اختلاف الجرعات التشعيعية وهو مماثل للكارت القياسي وبشدة نسبية عالية عند السمك 227 nm. وأخذت الشدة أعلى قيمها بعد التشعيع بجرعة 200 kgy لسمك 227 nm والتي حسنت من مواصفات الأغشية الرقيقة ، حيث أن قمم الحيود أصبحت أكثر حدة مما يؤهلها لإن تستخدم في الأجهزة الفولت ضوئية.

✓ بينما نجد أن الجرعة 500 kgy تقلل من حجم التبلورات وخاصة عند السمك 85 nm ، وهذا يوصي بإمكانية استخدامها كمجسات للإشعاع ، حيث أن هناك تناقص حاد في حجم التبلورات كما أشارت الأبحاث بأن الأغشية الرقيقة لمركب Bi_2Se_3 تكون ذات فعالية عالية لاستخدامها ككواشف لأشعة جاما ولأشعة الإلكترونات عندما تكون بسمك يتراوح بين 1 nm و 100 nm⁽⁶⁷⁾.

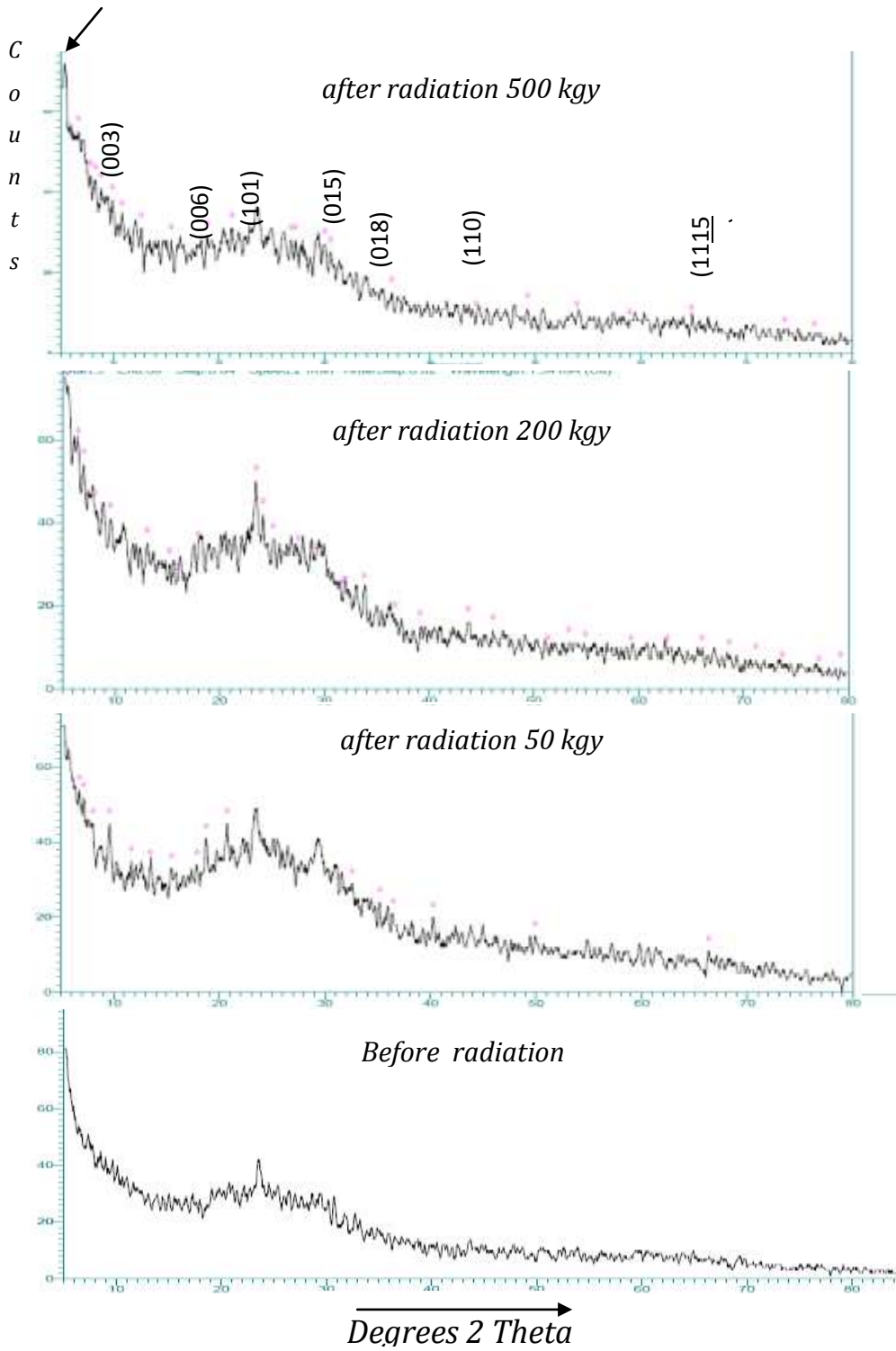


شكل (3- 4- 2-a): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi₂Se₃ المشععة بجرعات مختلفة ذات سمك 85 nm عند درجة حرارة 373 K.

جدول [3- 4-2-a]: أنماط قمع حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليينيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 85 nm بعد تلدينها عند درجة 373 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | بعد تلدين الأغشية ذات السمك 85nm إلى درجة 373 K . | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|-------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0kgy | | | 50kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.213 | 39 | 55 | - | - | - | 9.560 | 36 | 43 | 9.696 | 45 | 67 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.466 | 26 | 36 | 4.760 | 29 | 41 | 4.666 | 36 | 47 | 4.246 | 24 | 36 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.551 | 33 | 46 | 3.789 | 36 | 51 | 3.739 | 46 | 65 | 3.458 | 26 | 39 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 2.959 | 24 | 34 | 2.925 | 29 | 41 | 3.069 | 34 | 40 | 2.975 | 20 | 30 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.400 | 17 | 18 | 2.555 | 19 | 27 | 2.661 | 27 | 39 | 2.294 | 11 | 13 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.000 | 11 | 12 | 2.087 | 15 | 21 | 2.030 | 13 | 15 | 2.100 | 9 | 10 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.418 | 8 | 9 | 1.509 | 11 | 16 | 1.353 | 7 | 8 | 1.327 | 4 | 5 | 1.403 | 7 | (1115) |

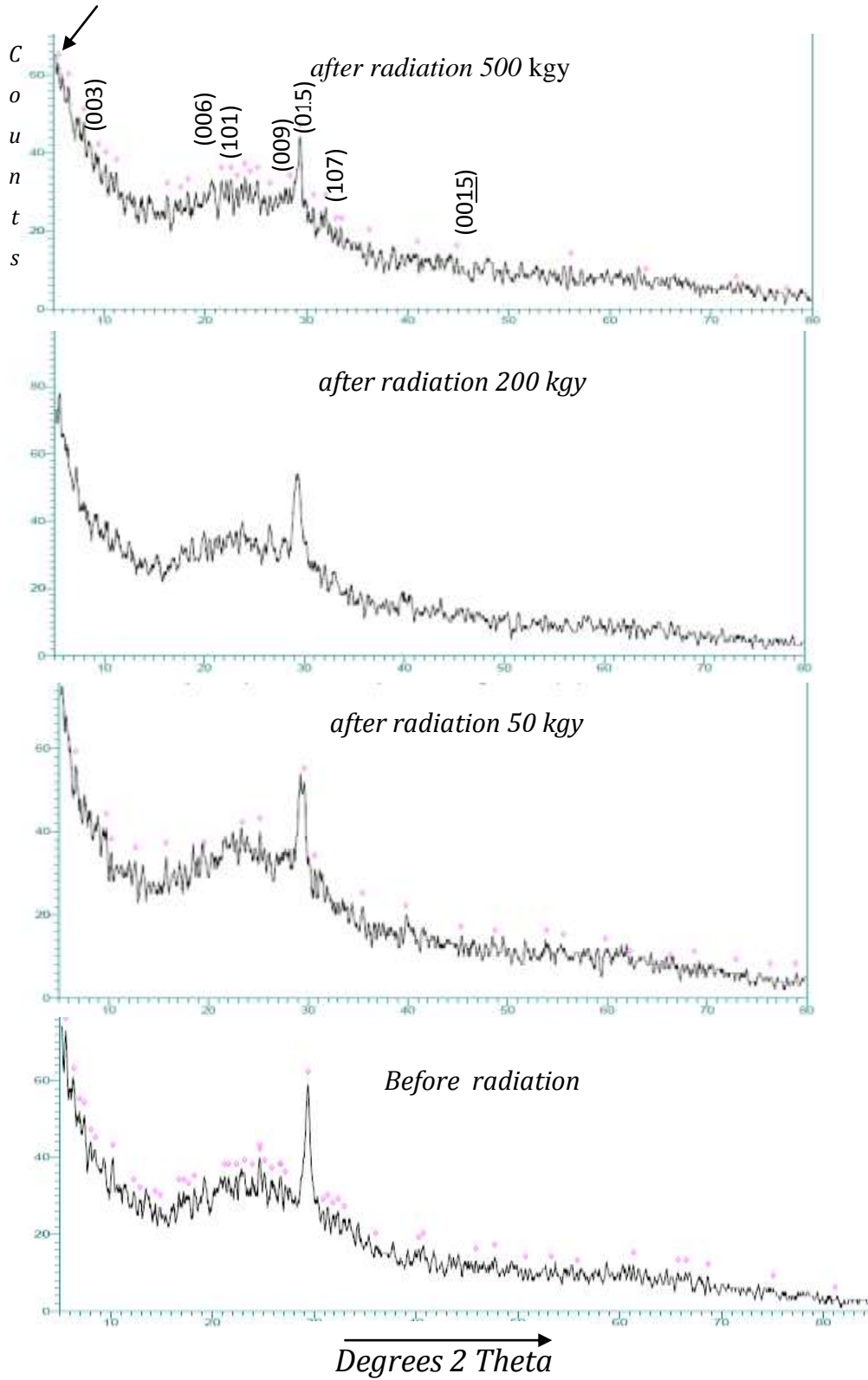


شكل (3- 4- 2-b): أنماط قمع الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشععة بجرعات مختلفة ذات سمك 102 nm عند درجة حرارة 373 K.

جدول [3- 4-2-b]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 102 nm بعد تلدينها عند درجة 373 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | بعد تلدين الأغشية ذات السمك 102nm إلى درجة 373 K | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|---|----|------------------|-------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.137 | 42 | 52 | 9.213 | 45 | 63 | 9.560 | 41 | 55 | 9.555 | 38 | 53 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.642 | 32 | 37 | 4.730 | 41 | 58 | 4.676 | 36 | 39 | 4.700 | 29 | 40 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.366 | 31 | 38 | 3.700 | 52 | 73 | 3.789 | 50 | 67 | 3.322 | 28 | 39 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 2.959 | 28 | 35 | 3.030 | 40 | 60 | 3.690 | 42 | 56 | 2.975 | 27 | 38 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.558 | 17 | 18 | 2.550 | 24 | 34 | 2.655 | 24 | 27 | 2.471 | 15 | 21 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.128 | 12 | 15 | - | - | - | 2.072 | 16 | 18 | 2.040 | 9 | 11 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.406 | 7 | 7 | 1.409 | 11 | 15 | 1.481 | 9 | 10 | 1.440 | 8 | 10 | 1.403 | 7 | (1115) |

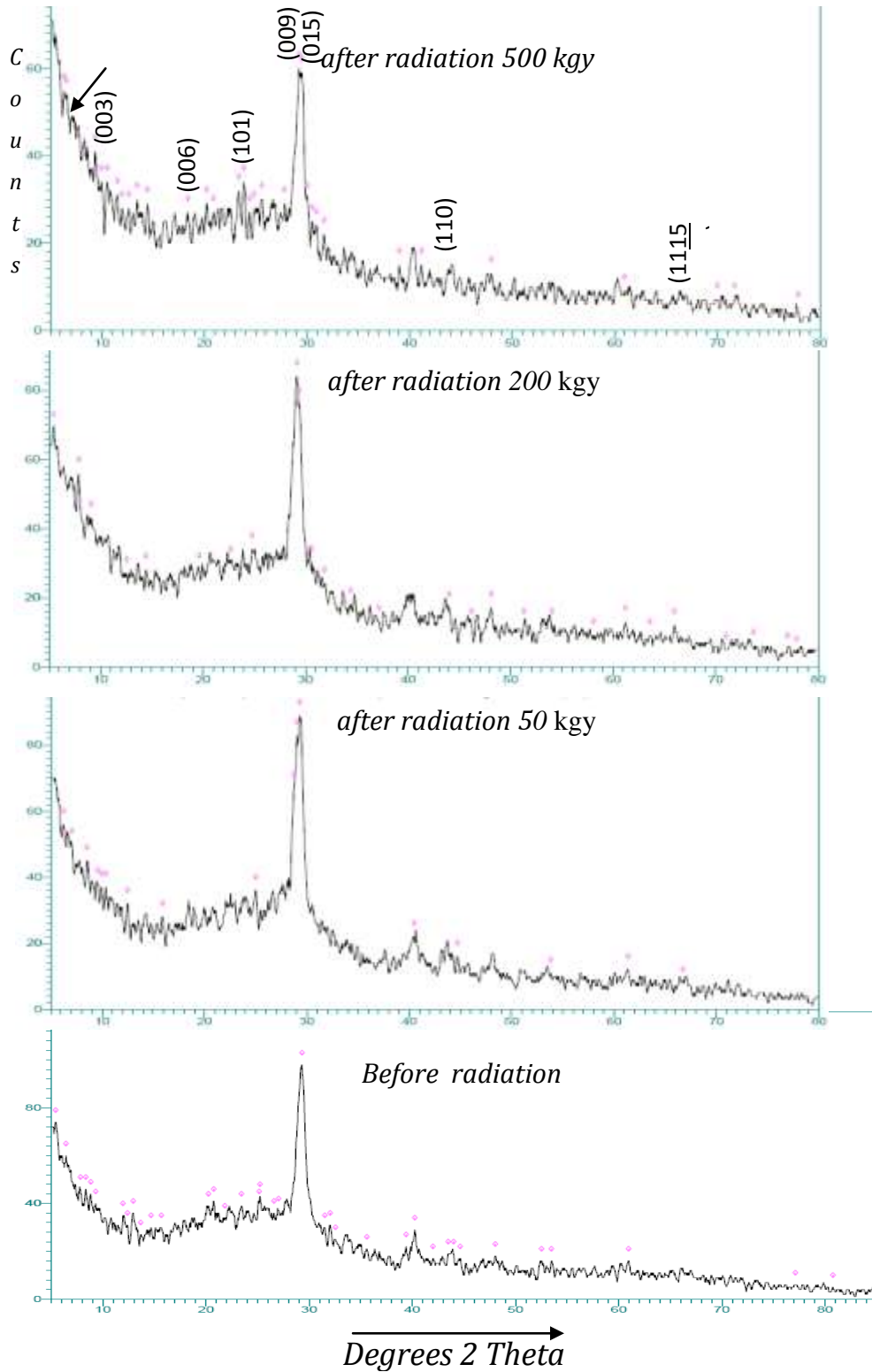


شكل (3- 4- 2-c): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشععة بجرعات مختلفة ذات سمك 112 nm عند درجة حرارة 373 K.

جدول [3- 4-2-c]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 112 nm بعد تلدينها عند درجة 373 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | بعد تلدين الأغشية ذات السمك 112nm إلى درجة 373 K | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|---|----|------------------|--------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50 kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.329 | 40 | 54 | 9.062 | 41 | 55 | 9.654 | 42 | 43 | 9.329 | 39 | 60 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.864 | 32 | 42 | 4.529 | 34 | 39 | 4.710 | 36 | 45 | 4.843 | 30 | 46 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.545 | 36 | 49 | 3.539 | 40 | 45 | 3.739 | 40 | 40 | 3.534 | 33 | 51 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.038 | 59 | 80 | 3.071 | 54 | 72 | 3.042 | 54 | 56 | 3.038 | 44 | 68 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.492 | 17 | 23 | 2.533 | 22 | 25 | 2.463 | 18 | 19 | 2.479 | 17 | 26 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.000 | 13 | 18 | 2.001 | 14 | 16 | 2.061 | 12 | 12 | 2.021 | 13 | 20 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.403 | 10 | 14 | 1.409 | 7 | 8 | 1.478 | 11 | 11 | 1.464 | 7 | 9 | 1.403 | 7 | (1115) |



شكل (3- 4- 2-d): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشعة بجرعات مختلفة ذات سمك 227 nm عند درجة حرارة 373 K.

جدول [3- 4- 2-d]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 227 nm بعد تلدينها عند درجة 373 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | بعد تلدين الأغشية ذات السمك 227nm إلى درجة 373 K . | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|--------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50 kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.489 | 40 | 40 | 9.251 | 38 | 43 | 9.739 | 43 | 43 | 9.448 | 41 | 58 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.822 | 36 | 37 | - | - | - | 4.770 | 30 | 30 | 4.822 | 27 | 38 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.528 | 43 | 43 | 3.562 | 36 | 40 | 3.590 | 35 | 35 | 3.584 | 28 | 39 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.046 | 98 | 100 | 3.046 | 89 | 100 | 3.062 | 84 | 100 | 3.054 | 60 | 85 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.522 | 21 | 21 | - | - | - | 2.607 | 18 | 18 | 2.309 | 15 | 20 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.030 | 17 | 16 | 2.026 | 16 | 18 | 2.058 | 17 | 17 | 2.193 | 15 | 21 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.520 | 16 | 16 | 1.402 | 8 | 9 | 1.416 | 12 | 12 | 1.521 | 9 | 11 | 1.403 | 7 | (1115) |

(3-4-3) للعينات الملدنة إلى 473K لمدة ساعتين:

تمتاز هذه العينات التي يتراوح سمكها بين 85 nm ، 102 nm ، 112 nm ، 227 nm بعد تليدها لدرجة 473K بالمميزات التالية:

✓ يثبت فيها الإتجاه المفضل للإنماء لكل سمك بحيث لا يتغير عما كان قبل التشعيع ، فيثبت للسمك 85 nm و 102 nm عند المستوى (003)، أما العينة 102 nm وعند التشعيع بجرعة 50 kgy ، فإن لها الإتجاه المفضل (101) . بينما يتخذ السمك 112 nm و 227 nm المستوى (015) كاتجاه مفضل للإنماء في جميع الجرعات التشعيعية وهو متطابق مع الكارت القياسي. أما العينة 85 nm بعد تشعيها بجرعة 50 kgy فهي غير متوفرة (مفقودة).

✓ ونجد أن قيمة الشدة للإتجاه المفضل للإنماء تزيد بزيادة السمك وذلك بمقارنة كل جرعة تشعيع على حدة.

✓ تتميز الأغشية ذات السمك 227 nm بظهور ثلاثة قمم حيود حادة لم تظهر في العينات السابقة غير الملدنة لأقل من 473K، وكان الإتجاه المفضل فيها هو المستوى (015) وهو متطابق مع الكارت القياسي ، بالإضافة لمستويين آخرين هما (101) و (110). ونجد أن التشعيع حافظ على هذه القمم ، كما حسن من حجم التبلورات ، حيث تأخذ المستويات السابقة أعلى قيمة في الشدة بعد التشعيع بجرعة 50 kgy. أما الجرعة 200 kgy فإنها تعتبر كمرحلة انتقالية ما بين الجرعتين 50 kgy و 500 kgy ، حيث يتضح فيها التناقص في حجم التبلورات ثم يزداد بعد ذلك عند الجرعة 500 kgy.

وهذا يتضح من:

خلال الأشكال (3-4-3-a) و (3-4-3-b) و (3-4-3-c) و (3-4-3-d).

ومن خلال الجداول [3-4-3-a] و [3-4-3-b] و [3-4-3-c] و [3-4-3-d].

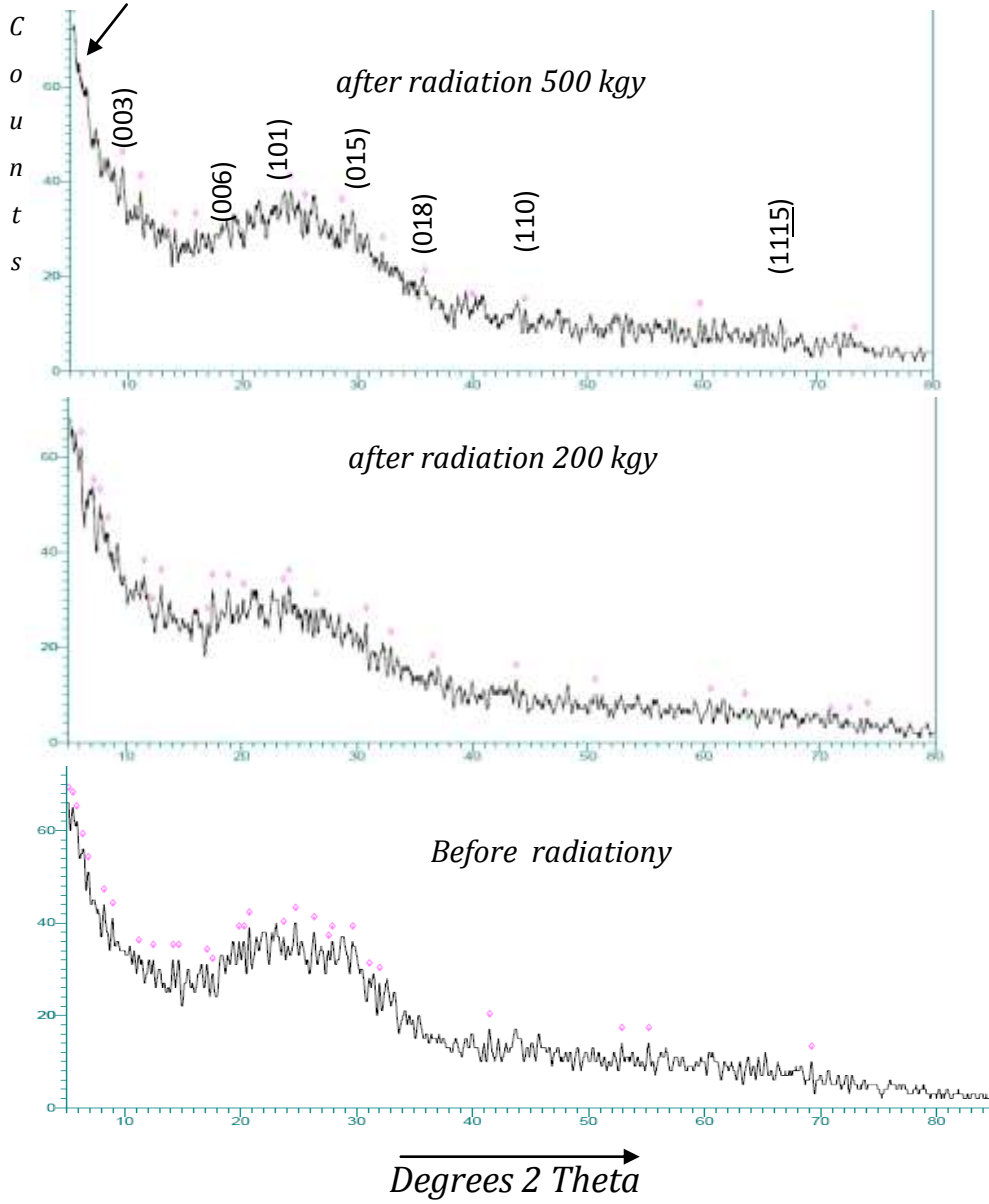
• مما سبق نجد أن أفضل جرعة تشعيرية تتعرض لها الأغشية الرقيقة على اختلاف سمكها هي الجرعة 50 kgy ، حيث أنها تسبب زيادة في حجم التبلورات ، وذلك يتضح من السرد السابق ولكن تختلف هذه العينات بحسب درجة حرارة تليديها .

• كما يمكن أن نلاحظ أن التشعيع بجرعة 500 kgy أعطى أقل قيمة لحجم التبلورات

ومما سبق نجد أن تبلور الأغشية الرقيقة من مركب سيلينيد الزيموث Bi_2Se_3 يكون في أفضل درجاته وبكم حادة وبأقوى شدة عندما تتعرض العينات ذات السمك 227 nm للتدين لدرجة 473K لمدة ساعتين، وللتشعيع بأشعة جاما بجرعة تشعيرية مقدارها 50 kgy.

ولهذا نوصي باستخدام هذه الأغشية في الأجهزة الكهروضوئية بسبب حجم تبلورها العالي بعد تعرضها للمؤثرات السابقة.

بينما نجد أن الجرعة 500 kgy تقلل من حجم التبلورات وهذا يوصي بإمكانية استخدامها كمجسات للإشعاع حيث أن هناك تناقص حاد في حجم التبلورات خاصة للأغشية ذات السمك 85 nm ، والتي لم تتعرض للتدين كما دلت الأبحاث⁽⁶⁷⁾.

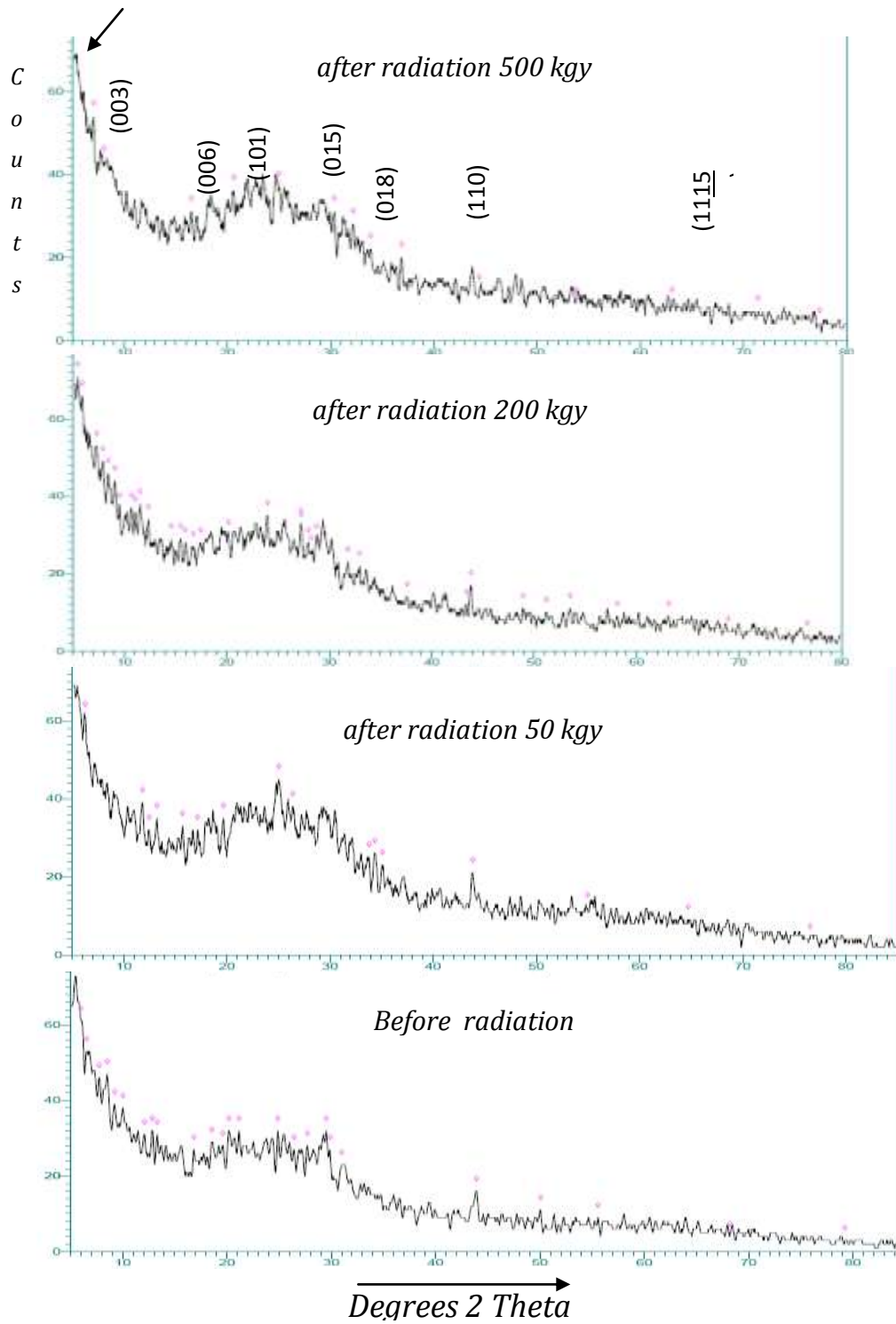


شكل (3- 4- 3-a): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشعة بجرعات مختلفة ذات سمك 85 nm عند درجة حرارة 473 K.

جدول [3- 4-3-a]: أنماط قمع حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليينيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 85 nm بعد تلدينها عند درجة 473 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | بعد تلدين الأغشية ذات السمك 85nm إلى درجة 473 K | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | | |
|-----|--|----|------------------|-------------------------|---------|------------------|------|---------|------------------|----------------------------|-------|------------------|--------|
| | befor Radiation | | | 50kgy | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | | |
| 1. | 9.826 | 41 | 62 | العينة غير متوفرة | 9.450 | 35 | 50 | 9.251 | 38 | 59 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.777 | 33 | 50 | | 4.700 | 32 | 47 | 4.777 | 32 | 43 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.596 | 40 | 61 | | 3.690 | 33 | 47 | 3.501 | 34 | 47 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.196 | 36 | 55 | | 2.903 | 25 | 37 | 3.117 | 33 | 45 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.505 | 23 | 35 | | 2.460 | 15 | 17 | 2.505 | 18 | 22 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.177 | 17 | 26 | | 2.069 | 13 | 19 | 2.035 | 12 | 15 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.357 | 10 | 15 | | 1.464 | 7 | 8 | 1.546 | 11 | 15 | 1.403 | 7 | (1115) |

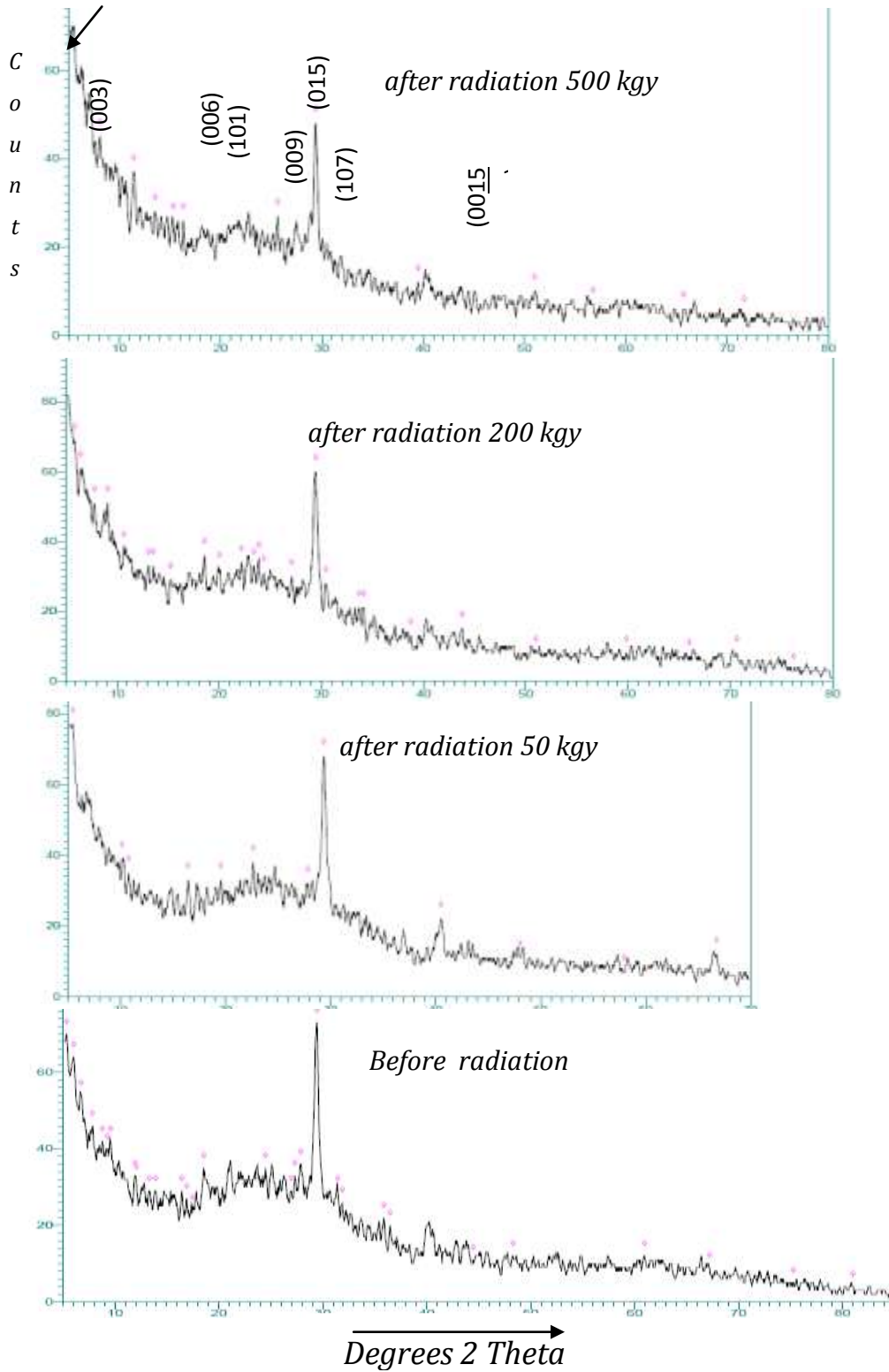


شكل (3- 4- 3-b): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشعة بجرعات مختلفة ذات سمك 102 nm عند درجة حرارة 473 K.

جدول [3- 4-3-b]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 102 nm بعد تلدينها عند درجة 473 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة

| No. | بعد تلدين الأغشية ذات السمك 102 nm إلى درجة 473 K | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|----|------------------|-------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.571 | 39 | 53 | - | - | - | 9.520 | 38 | 54 | 9.560 | 36 | 52 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.780 | 29 | 40 | 4.776 | 37 | 53 | 4.760 | 31 | 44 | 4.777 | 35 | 51 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.579 | 32 | 44 | 3.556 | 45 | 56 | 3.714 | 35 | 49 | 3.562 | 37 | 55 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.026 | 32 | 44 | 3.040 | 38 | 55 | 3.020 | 34 | 48 | 2.944 | 31 | 45 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.437 | 32 | 44 | 2.252 | 18 | 15 | 2.422 | 13 | 15 | 2.437 | 20 | 29 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.061 | 16 | 22 | 2.065 | 21 | 30 | 2.065 | 17 | 24 | 2.040 | 12 | 13 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.375 | 3 | 4 | 1.440 | 9 | 11 | 1.413 | 5 | 6 | 1.474 | 9 | 10 | 1.403 | 7 | (1115) |

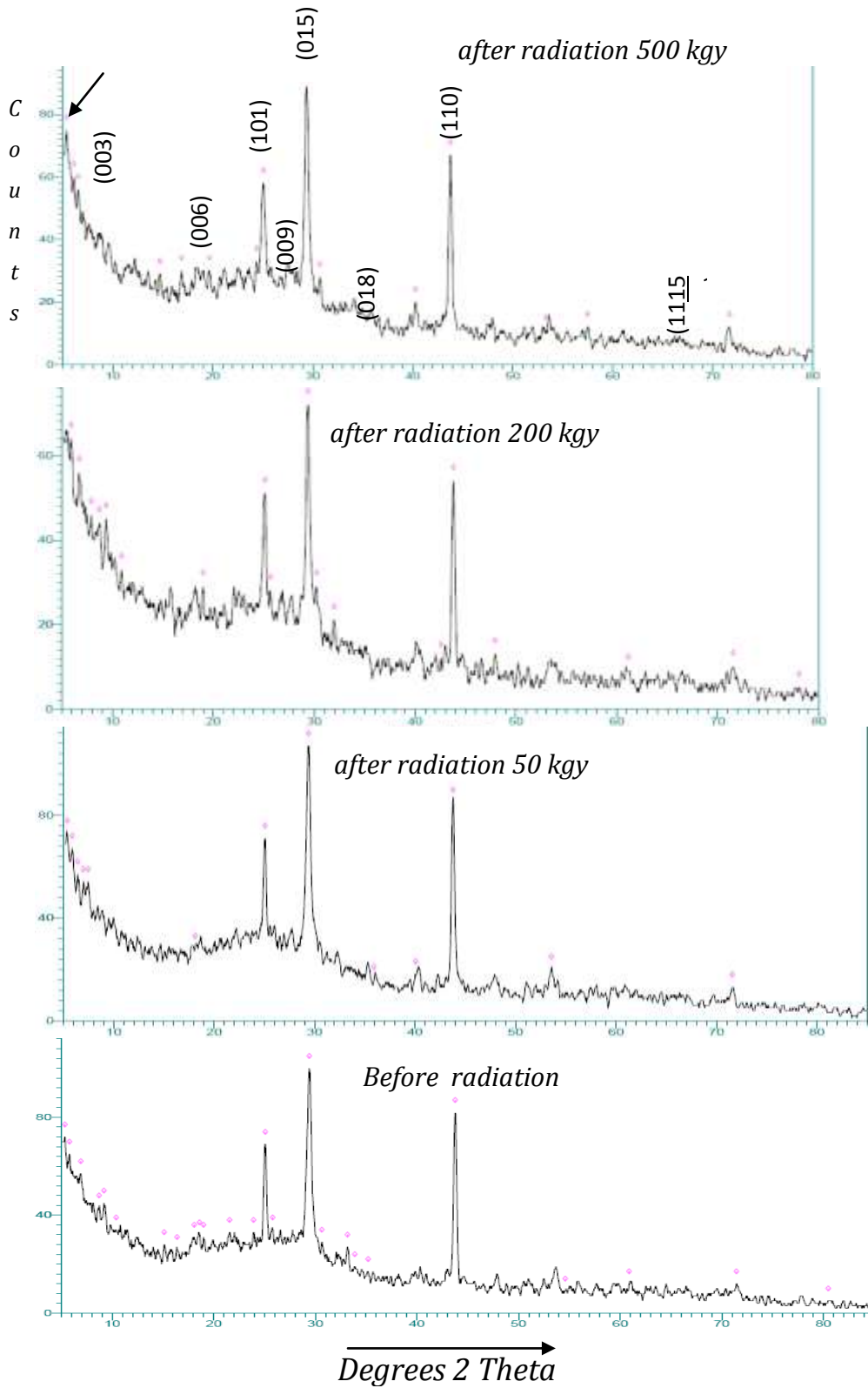


شكل (3-4-3-c): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشععة بجرعات مختلفة ذات سمك 112 nm عند درجة حرارة 473 K.

جدول [3- 4-3-c]: أنماط قمع حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سليبيد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 112 nm بعد تلدينها عند درجة 473 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | بعد تلدين الأغشية ذات السمك 112 nm إلى درجة 473 K . | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|---|----|------------------|--------|----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50 kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.530 | 40 | 55 | - | - | - | 9.739 | 51 | 62 | 9.560 | 38 | 55 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.780 | 35 | 48 | 4.770 | 33 | 43 | 4.780 | 36 | 44 | 4.700 | 23 | 31 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.636 | 35 | 47 | 3.550 | 37 | 47 | 3.654 | 31 | 37 | 3.474 | 27 | 39 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.034 | 73 | 100 | 3.042 | 68 | 88 | 3.034 | 60 | 73 | 3.038 | 48 | 69 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.503 | 22 | 29 | 2.226 | 22 | 23 | 2.628 | 21 | 26 | 2.550 | 16 | 20 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.037 | 11 | 15 | - | - | - | 2.069 | 15 | 18 | 2.070 | 8 | 10 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.393 | 9 | 13 | 1.401 | 12 | 12 | 1.416 | 7 | 7 | 1.422 | 6 | 8 | 1.403 | 7 | (1115) |



شكل (3-4-3-d): أنماط قمم الحيود للأشعة السينية للأغشية الرقيقة من سيلينيد البزموت Bi_2Se_3 المشععة بجرعات مختلفة ذات سمك 227 nm عند درجة حرارة 473 K.

جدول [3- 4-3-d]: أنماط قمم حيود الأشعة السينية لغشاء رقيق من سلينييد البزموت Bi_2Se_3

ذات سمك 227nm بعد تلدينها عند درجة 473 K لمدة ساعتين وبعد تعرضها للتشعيع بجرعات متفاوتة.

| No. | بعد تلدين الأغشية ذات السمك 227 nm إلى درجة 473 K | | | | | | | | | | | | A.S.T.M Cards (33-0214) | | |
|-----|--|-----|------------------|--------|-----|------------------|---------|----|------------------|---------|----|------------------|----------------------------|------------------|--------|
| | 0 kgy | | | 50 kgy | | | 200 kgy | | | 500 kgy | | | d(Å) | I/I ₀ | hkl |
| | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | d(Å) | I | I/I ₀ | | | |
| 1. | 9.612 | 45 | 44 | - | - | - | 9.408 | 46 | 62 | 9.590 | 38 | 43 | 9.560 | 7 | (003) |
| 2. | 4.770 | 32 | 32 | 4.896 | 28 | 26 | 4.671 | 29 | 40 | 4.511 | 30 | 34 | 4.777 | 19 | (006) |
| 3. | 3.551 | 69 | 69 | 3.551 | 71 | 66 | 3.545 | 51 | 71 | 3.551 | 58 | 65 | 3.559 | 16 | (101) |
| 4. | 3.038 | 100 | 100 | 3.038 | 107 | 100 | 3.038 | 72 | 100 | 3.038 | 89 | 100 | 3.040 | 100 | (015) |
| 5. | 2.550 | 17 | 17 | 2.250 | 18 | 17 | 2.472 | 16 | 22 | 2.555 | 20 | 22 | 2.550 | 2 | (018) |
| 6. | 2.068 | 82 | 82 | 2.068 | 85 | 81 | 2.067 | 54 | 75 | 2.068 | 67 | 75 | 2.070 | 25 | (110) |
| 7. | 1.317 | 12 | 12 | 1.319 | 13 | 12 | 1.516 | 9 | 11 | 1.317 | 12 | 13 | 1.403 | 7 | (1115) |