



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة القادسية

كلية التربية - قسم الفيزياء

دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد
الكادميوم CdS النقية والمطعمة بالليثيوم والألمنيوم المحضرة
بطريقة الحمام الكيميائي .

رسالة تقدم بها

داخل عباس عبدزید

إلى عمادة كلية التربية - جامعة القادسية

وهي جزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير في علوم الفيزياء

إشراف

أ.م. د حسين علي نور

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يُوفَى اللَّهُ الْكٰفِرِيْنَ

اٰمَنُوْا مِنْكُمْ وَالْكَافِرِيْنَ

اٰوْتُوْا الْعِلْمَ كَرَجَلٰتٍ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إقرار المشرف

أشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة بـ (دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد الكاديوم Cds النقية والمطعمة بالليثيوم والألمنيوم المحضرة بطريقة الحمام الكيميائي) المقدمة من قبل طالب الماجستير (داخل عباس عبدزید) قد جرت تحت إشرافي في قسم الفيزياء - كلية التربية - جامعة القادسية، وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الفيزياء.


التوقيع: 

الاسم: أ.م. د حسين علي نور

التاريخ: ٢٠١٧/٨/٢٧

توصية رئيس القسم

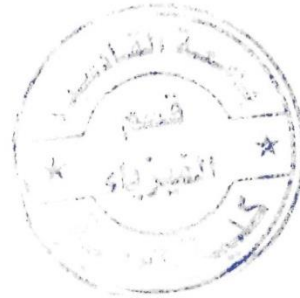
بناءً على التوصيات المتوفرة أرشح هذه الرسالة للمناقشة .

التوقيع: 

الاسم: أ.م. د سليم عزاره حسين

العنوان: كلية التربية / جامعة القادسية

التاريخ: ٢٠١٧/٨/٢٧



إقرار المقوم النهائي

أشهد إنني قد قومت الرسالة الموسومة بـ دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد الكادميوم Cds النقية والمطعمة بالليثيوم والألمنيوم المحضرة بطريقة الحمام الكيميائي) لطالب الماجستير ((داخل عباس عبدزید)) لغويا فوجدتها صالحة للمناقشة .

التوقيع: 

الاسم: د. فرح مهدي صالح

الدرجة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان : جامعة القادسية / كلية التربية / قسم اللغة العربية

التاريخ: ٢٤ / ٩ / ٢٠١٧

إقرار لجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة المناقشة بأننا قد اطلعنا على الرسالة الموسومة بـ (دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد الكادميوم CdS النقية والمطعمة بالليثيوم والألمنيوم المحضرة بطريقة الحمام الكيميائي) المقدمة من قبل طالب الماجستير (داخل عباس عبدزید) وناقشناها في محتوياتها وفيما له علاقة بها، ونعتمد أنها جديرة بالقبول لنيل شهادة ماجستير في علوم الفيزياء بتقدير (امتياز) .

التوقيع :

الاسم : د. فؤاد شاكر هاشم

الدرجة العلمية : أستاذ

العنوان : جامعة بابل / كلية التربية للعلوم الصرفة

رئيس لجنة المناقشة

التاريخ : / /

التوقيع :

الاسم : د. سليم عزارة حسين

الدرجة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : جامعة القادسية / كلية التربية

عضو لجنة المناقشة

التاريخ : / /

التوقيع :

الاسم : د. عادل حبيب عمران

الدرجة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان : جامعة الكوفة / كلية العلوم

عضو لجنة المناقشة

التاريخ : / /

التوقيع :

الاسم : د. حسين علي نور

الدرجة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : جامعة القادسية / كلية التربية

مشرف وعضو لجنة المناقشة

التاريخ : / /

مصادقة عمادة كلية التربية / جامعة القادسية على اقرار لجنة المناقشة بتاريخ

/ /

التوقيع :

الاسم : د. خالد جواد كاظم العادلي

الدرجة العلمية : استاذ

المنصب : عميد كلية التربية

التاريخ : ٢٠١٨ / ١ / ٢٠

الاهداء

إلى :

- صاحب اليد خفية الألفاف ..أمامي وصاحب زماني ومنقذ الأمة من الغمة المهدي المنتظر ع

- وطني وإنْ جار الزمان عليه يبقى كريمٌ ... العراق

- من دافعوا وضحّوا بأغلى ما يملكون ... ابطالنا وشهدائنا الابرار

- من كان للعلم سراجاً ... أساتذة قسم الفيزياء

- المخلصين الذين زادوا الحياة جمالاً ... اصدقائي

- القلب الناصع بالبياض المملوء بالإنسانية والشمعة الذي أنار لي الحياة ... والدي الحبيب

- اوكسجين الحياة والروح التي سكنت روحي اذ كان دعاؤها سر نجاحي وسعادتي ... والدتي الحبيبة

- أغلى ما أملك في هذه الدنيا ... اخواتي

- شريكة حياتي ورفيقة دربي ومن وقفت بجانبني ... زوجتي

- فلذات كبدي من يمشي على الارض ... ابنتي نور الهدى وطيبة

اهديكم هذا العمل المتواضع

داخل

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على معلم البشرية وهاذي الإنسانية والرسول الامجد ابي القاسم محمد صلوات ربي وسلامه عليه وعلى آله الطيبين الطاهرين .

أحمد الله وأشكره على فضله وسابغ نعمائه وجزيل عطائه في تسهيل هذا العمل فهو وحده يستحق الحمد والشكر اولاً واخراً.

يسرني أن اتقدم بالشكر الجزيل والثناء اللامتناهي الى رئاسة قسم الفيزياء في كلية التربية / جامعة القادسية لمنحي هذه الفرصة في إكمال مسيرتي العلمية وما أبدوه من مساعدات وتسهيلات طيلة فترة البحث ممثلة بالدكتور عبدالحسين عباس خضير رئيساً لقسم الفيزياء في السنة التحضيرية والدكتور سليم عزارة حسين رئيساً لقسم الفيزياء في مرحلة البحث .

وأقدم شكري وعرفاني بالجميل وانا أضع اللمسات الاخيرة الى المشرف على الرسالة الدكتور حسين علي نور لاقتراحه مشروع البحث ومتابعته وتوجيهاته المستمرة لإكمال انجاز هذا البحث ودعائي له بالتوفيق ودوام الصحة والعافية .

وكما أوجه شكري وتقديري الى جميع اساتذة قسم الفيزياء في كلية التربية / جامعة القادسية لاسيما الاساتذة الذين درسوني في السنة التحضيرية وما أبدوه من تعاون ومساندة وتشجيع طيلة فترة السنة ومرحلة البحث .

كذلك أوجه الشكر الجزيل والثناء الجميل الذي اعجز عن ترجمته بكلمات الى الدكتور الرائع عادل حبيب عمران كلية العلوم / جامعة الكوفة للروح المعطاء التي يحملها وبذله جهد كبير في تدريس مادة (تقنية اجهزة) في السنة التحضيرية . كما اوجه شكري وتقديري الى الاساتذة في جامعة بابل الدكتور رحيم كعيد ، الدكتورة ناهدة الجعيفري ، الاستاذ محمد جاسم / كلية العلوم ، والدكتور فؤاد شاكر ، الدكتور خالد حنين / كلية التربية للعلوم الصرفة لما قدموا لي من تسهيلات واكمال الفحوصات الكهربائية الخاصة بالبحث .

كما اوجه شكري وتقديري إلى العائلة الكريمة لما منحتني من اهتمام ورعاية ومساندة وتشجيع لا سيما شمعة دربي والدي وأمي الحنون واخواني وزوجتي وأبنتي نور الهدى وطيبة . كذلك اتقدم بالشكر والعرفان بالجميل لجميع زملائي وأخص بالذكر استاذ علي عبدالحسين واستاذ باسم عجيل وكذلك أصدقائي المخلصين لوقوفهم معي في انجاز البحث .

الخلاصة

في هذا البحث تمت دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد الكادميوم (CdS) النقي بسماك (150,300 and 450) nm والمشوب بالليثيوم والالمنيوم بنسب حجمية (2.5, 5, 7.5 %) لسُمك 450 nm. وتم تحضير الاغشية بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي على اغشية زجاجية ودرجة حرارة الحمام (75±3 °C) ومقدار pH:9.5 وقد تم الحصول عليه بإضافة محلول الامونيا بشكل تناسبي مع خليط الحمام الكيميائي . تم تليدين الاغشية في الهواء عند درجة حرارة 300 °C ولمدة 1 hr.

درست الخواص التركيبية للأغشية من خلال حيود الاشعة السينية حيث بينت النتائج ان جميع الاغشية المرسبة متعددة التبلور من النوع المكعب. والاتجاه المفضل للنمو هو المستوي (111)، وقد تم حساب الحجم البلوري لجميع الاغشية حيث وجد انه يزداد بزيادة السمك ونسب التشويب وبعد التليدين. كذلك وجد ان كثافة الانخلاعات وعدد البلورات والمطاوعة المايكروية تقل قيمتها بزيادة السمك ونسب التشويب وبعد التليدين. وقد تم استخدام المجهر الالكتروني الماسح الذي بوساطته وجد ان الاغشية كثيفة وذات توزيع متجانس وبصورة منتظمة. كما درست مورفولوجيا السطح بواسطة مجهر القوة الذرية (AFM)، وجد ان متوسط الجذر التربيعي وخشونة السطح تزداد بعد التشويب وبعد تليدين اغشية CdS النقي والمشوب بالليثيوم بينما تقل بعد تليدين اغشية CdS المشوبة بالالمنيوم.

كما درست الخصائص البصرية لاغشية CdS النقية والمشوبة حيث تم تسجيل طيفي النفاذية والامتصاصية ضمن مدى الاطوال الموجية من (300-1100) nm. وقد بينت النتائج ان النفاذية تقل بزيادة السمك وزيادة نسب تشويب الالمنيوم والليثيوم بينما تزداد بعد التليدين. حافة الامتصاص الأساسية لأغشية CdS تزحف نحو طاقات الفوتون الواطئة (red shift) عند زيادة السمك وزيادة نسب التشويب بالليثيوم والالمنيوم وتزحف نحو طاقات الفوتون العالية (blue shift) بعد التليدين. من خلال قيم معامل الامتصاص الذي تم حسابه من طيف الامتصاصية وهو اكبر من. كذلك تم حساب الثوابت البصرية الانعكسية (R)، معامل الخمود (k_0) ومعامل الانكسار (n). فجوة الطاقة الممنوعة لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم نانوية التبلور كبيرة مقارنة مع فجوة الطاقة للأغشية الكتلية (2.42 eV) وذلك نتيجة للحصر الكمي (quantum confinement).

أما الخواص الكهربائية لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم فقد تضمنت تأثير درجة الحرارة على المقاومة (R) للأغشية ضمن المدى (303- 473) K. وتم حساب التوصيلية الكهربائية وطاقة التنشيط، حيث كانت النتائج تشير الى وجود طاقتي تنشيط وهذا يعني وجود ميكانيكيتين توصيل . كذلك تبين من خلال قياسات تأثير هول أن اغشية CdS النقية والمشوبة تمتلك توصيلية من النوع السالب (n-type).

المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
I	المحتويات	-
IV	قائمة الجداول	-
V	قائمة الاشكال	-
VIII	قائمة الرموز والوحدات	-
1-14	مقدمة عامة	الفصل الاول
1	المقدمة	(1-1)
2	تصنيف المواد الصلبة	(2-1)
2	العوازل	(1-2-1)
2	اشباه الموصلات	(2-2-1)
3	الموصلات	(3-2-1)
3	خصائص اشباه الموصلات	(3-1)
4	اشباه الموصلات النقية	(4-1)
4	اشباه الموصلات المشوبة	(5-1)
5	مجموعة مركبات (II-VI) الشبه موصله	(6-1)
5	خصائص الترسيب بالحمام الكيميائي	(7-1)
6	الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب (CdS)	(8-1)
7	خواص الالمنيوم	(9-1)
8	خواص الليثيوم	(10-1)
10	الدراسات السابقة	(11-1)
14	الهدف من البحث	(12-1)
15-32	نظريات ومفاهيم اساسية	الفصل الثاني
15	المقدمة	(1-2)
15	تركيب المواد الصلبة	(2-2)
15	المواد البلورية	(1-2-2)
15	المواد العشوائية	(2-2-2)
16	التبلور الناتوي لأغشية اشباه الموصلات	(3-2)
17	الحصر الكمي	(4-2)
18	الخواص التركيبية	(5-2)
18	حيود الاشعة السينية	(1-5-2)
19	المعلمات التركيبية	(2-5-2)

21	المجهر الالكتروني الماسح	(3-5-2)
22	مجهر القوة الذرية	(4-5-2)
23	الخصائص البصرية	(6-2)
23	الانتقالات الالكترونية	(7-2)
23	الانتقال المباشر	(1-7-2)
24	الانتقال الغير مباشر	(2-7-2)
25	النفاذية البصرية	(8-2)
26	الامتصاصية البصرية	(9-2)
26	الانعكاسية البصرية	(10-2)
26	الثوابت البصرية	(11-2)
27	معامل الامتصاص	(1-11-2)
28	معامل الانكسار	(2-11-2)
28	معامل الخمود	(3-11-2)
29	فجوة الطاقة البصرية	(4-11-2)
29	التوصيلية الكهربية	(12-2)
30	تأثير هول	(13-2)
32	التلدين	(14-2)
33-42	الجزء العملي	الفصل الثالث
33	المقدمة	(1-3)
34	منظومة الترسيب بالحمام الكيمائي	(2-3)
35	ترسيب الاغشية الرقيقة	(3-3)
35	تنظيف الارضيات	(1-3-3)
35	تحضير المحاليل	(2-3-3)
37	تلدين الاغشية الرقيقة	(4-3)
37	القياسات	(5-3)
37	قياس السمك	(1-5-3)
38	تقنية حيود الاشعة السينية	(2-5-3)
39	المجهر الالكتروني الماسح	(3-5-3)
39	مجهر القوى الذرية (AFM)	(4-5-3)
39	القياسات البصرية	(6-3)
40	القياسات الكهربية	(7-3)
40	تحضير الاقنعة	(1-7-3)
41	قياس تأثير هول	(2-7-3)
41	قياس التوصيلية الكهربية المستمرة	(3-7-3)

43-88	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
43	المقدمة	(1-4)
43	نتائج القياسات التركيبية	(2-4)
43	نتائج حيود الأشعة السينية	(1-2-4)
49	نتائج المعلمات التركيبية	(2-2-4)
54	نتائج فحوصات المجهر الإلكتروني الماسح	(3-2-4)
56	نتائج قياسات مجهر القوة الذرية	(4-2-4)
59	نتائج القياسات البصرية	(3-4)
59	النفذية	(1-3-4)
61	الامتصاصية	(2-3-4)
64	الانعكاسية	(3-3-4)
66	معامل الامتصاص	(4-3-4)
70	معامل الانكسار	(5-3-4)
72	معامل الخمود	(6-3-4)
76	فجوة الطاقة البصرية	(7-3-4)
79	نتائج القياسات الكهربائية	(4-4)
80	المقاومة النوعية	(1-4-4)
82	طاقة التنشيط	(2-4-4)
86	تأثير هول	(3-4-4)
87	الاستنتاجات	(5-4)
88	المشاريع المستقبلية	(6-4)
89	المصادر	-

قائمة الجداول

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
1-14	مقدمة عامة	الفصل الاول
6	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب CdS	(1-1)
8	بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لعنصر Al	(2-1)
9	بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لعنصر Li	(3-1)
33-42	الجزء العملي	الفصل الثالث
37	المعلومات المستخدمة في عملية الترسيب	(1-3)
37	النسب الحجمية للمحاليل المستخدمة لتحضير الاغشية	(2-3)
43-88	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
45	نتائج حيود الاشعة السينية لأغشية CdS لسُمك (150,300,450)nm قبل وبعد التلدين	(1-4)
48	نتائج حيود الاشعة السينية (XRD) لأغشية كبريتيد الكاديوم (CdS) والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسب % (2.5,5,7.5) قبل وبعد التلدين	(2-4)
53	نتائج المعلومات التركيبية لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين	(3-4)
58	نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية (AFM)	(4-4)
79	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الكترونية المباشرة المسموحة لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين	(5-4)
85	قيم طاقتي التنشيط لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين	(6-4)
86	نتائج قياسات هول لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين	(7-4)

قائمة الإشكالات

رقم الصفحة	العنوان	الرقم
1-14	مقدمة عامة	الفصل الاول
3	معامل التوصيل الكهربائي للعوازل ، أشباه الموصلات و الموصلات	(1-1)
7	التركيب البلوري لمركب CdS المكعب من نوع (Zinc blende)	(2-1)
7	التركيب البلوري لمركب CdS السداسي (Hexagonal Wurtzite)	(3-1)
15-31	نظريات ومفاهيم اساسية	الفصل الثاني
16	ترتيب الذرات للمواد a: احادية التبلور b: متعددة التبلور c:	(1-2)
17	علاقة فجوة الطاقة مع قطر حجم التبلور	(2-2)
18	تدرج مستويات الطاقة ومقدار فجوة الطاقة من الجزيء ، البلورات النانوية والمواد الكتلية	(3-2)
19	حيود براك والمستويات البلورية	(4-2)
23	التركيب البسيط لمجهر القوة الذرية AFM	(5-2)
25	انواع الانتقالات الالكترونية (a) انتقال مباشر مسموح، (b) انتقال مباشر ممنوع (c) انتقال غير مباشر مسموح ، (d) انتقال غير مباشر ممنوع	(6-2)
31	ظاهرة تأثير هول لشبه الموصل من نوع (n-type)	(7-2)
33-42	الجزء العملي	الفصل الثالث
33	مخطط الخطوات المتبعة في الجزء العملي	(1-3)
34	التركيب البسيط لمنظومة الترسيب بالحمام الكيميائي	(2-3)
39	جهاز (SEM)	(3-3)

40	جهاز UV-Visible	(4-3)
40	الاقنعة المستخدمة لترسيب الاقطاب الكهربائية	(5-3)
41	جهاز قياس تأثير هول	(6-3)
42	الدائرة الكهربائية المستخدمة لقياس التوصيلية الكهربائية المستمرة	(7-3)
43-88	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
44	حيود الأشعة السينية لأغشية CdS قبل وبعد التلدين لسُمك (150, 300, 450) nm	(1-4)
46	حيود الأشعة السينية لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم قبل وبعد التلدين	(2-4)
47	حيود الأشعة السينية لأغشية CdS المشوبة بالالمنيوم قبل وبعد التلدين	(3-4)
50	ثابت الشبكة (a) كدالة لتغير السمك لأغشية CdS ونسب التشويب % (2.5, 5, 7.5) بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين	(4-4)
51	كثافة الانخلاعات وعدد البلورات كدالة للسمك ونسب التشويب قبل وبعد التلدين	(5-4)
52	المطاوعة المايكروية كدالة للسمك ونسب التشويب (قبل وبعد التلدين)	(6-4)
55	شكل (6-4) صور (SEM) بقوة تكبير (1 μm , 5 μm) CdS :a بعد التلدين CdS :b بعد التلدين CdS:7.5%Li:d CdS:7.5%Li:c بعد التلدين CdS:7.5%Al:f CdS:7.5%Al:e بعد التلدين	(7-4)
58	صور (AFM) ببعدين (2D) وثلاثة ابعاد (3D) ومخطط التوزيع الاحصائي لمعدلات الحجوم الحبيبية CdS :a بعد التلدين CdS:7.5%Li:d CdS:7.5%Li:c بعد التلدين CdS:7.5%Al:f CdS:7.5%Al:e بعد التلدين	(8-4)
59	النفاذية لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين	(9-4)
60	النفاذية (T) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة a: بالليثيوم b: بالالمنيوم	(10-4)
61	تأثير التلدين على نفاذية أغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(11-4)
62	الامتصاصية لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين	(12-4)
63	الامتصاصية لأغشية (CdS) النقية والمشوبة a: بالليثيوم b: بالالمنيوم	(13-4)

63	تأثير التلدين على امتصاصية أغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(14-4)
64	الانعكاسية لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين	(15-4)
65	الانعكاسية لأغشية (CdS) النقية والمشوبة a: بالليثيوم b: بالالمنيوم	(16-4)
66	تأثير التلدين على انعكاسية أغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(17-4)
67	معامل الامتصاص لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين	(18-4)
68	معامل الامتصاص (α) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(19-4)
69	تأثير التلدين على معامل الامتصاص لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(20-4)
70	معامل الانكسار لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين	(21-4)
71	معامل الانكسار (n) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(22-4)
72	تأثير التلدين على معامل الانكسار لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(23-4)
74	معامل الخمود لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين	(24-4)
74	معامل الخمود لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(25-4)
75	تأثير التلدين على معامل الخمود لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(26-4)
77	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المسموحة لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين	(27-4)
78	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المسموحة لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(28-4)
79	تأثير التلدين على قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المسموحة لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم	(29-4)
81	المقاومة النوعية (ρ) لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين	(30-4)
82	التوصيلية (σ) لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين	(31-4)
85	طاقتي التنشيط لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين	(32-4)

قائمة الرموز والاختصارات

الرمز	الوصف	الوحدة
N	عدد القمم الظاهرة في قياس حيود الأشعة السينية	-
Tc	عامل التشكيل	-
a, b, c	ثوابت الشبكة	Å
hkl	معاملات ميلر	-
δ	كثافة الانخلاع	cm ⁻²
XRD	حيود الأشعة السينية	-
N_o	عدد البلورات لوحدة المساحة	cm ⁻²
d_{hkl}	المسافة البينية بين المستويات البلورية	Å
d_{ICDD}	قيم المسافات البينية في بطاقة ICDD	Å
d_{XRD}	قيم المسافات البينية المحسوبة من XRD	Å
D_{av}	معدل الحجم الحبيبي	nm
S	المطووعة الميكروية	-
β	عرض المنحني عند منتصف القمة (FWHM) Full width at half maximum	rad
SEM	المجهر الإلكتروني الماسح	-
AFM	مجهر القوى الذرية	-
E_g	فجوة الطاقة البصرية	eV
E_c	طاقة حزمة التوصيل	eV
E_v	طاقة حزمة التكافؤ	eV
E_p	طاقة الفونون	eV
hν	طاقة الفوتون	eV
I_A	شدة الإشعاع الممتص	eV/m ² .s
I_T	شدة الإشعاع النافذ	eV/m ² .s
I_R	شدة الإشعاع المنعكس	eV/m ² .s
I_{hkl}	الشدة القياسية المقاسة من XRD	CPS
I_{o hkl}	الشدة القياسية المأخوذة من (ICDD)	CPS
R	الانعكاسية	-

-	معامل الخمود	k_0
cm^{-1}	معامل الامتصاص	α
-	الامتصاصية	A
-	النفاذية	T
cm^{-1}	متجه الموجه	\hat{k}
mol/L	التركيز المولاري	M
g/mol	الوزن الجزيئي	M_{wt}
nm	الجذر التربيعي لمربع معدل الخشونة	RMS
cm^2	مساحة الغشاء	A
ml	حجم الماء المقطر	V
$^{\circ}C$	درجة حرارة الترسيب	T_d
nm	الطول الموجي	λ
sec	زمن الترسيب	t_d
deg	زاوية الحيود	θ
m/s	سرعة الضوء	c
-	معامل أسي يعتمد على طبيعة الانتقال الالكتروني	r
-	عامل الشكل (shape factor)	k
nm	معدل خشونة السطح	RA
cm^3/c	معامل هول	R_H
$cm^2/V.s$	تحركية هول	μ_H
eV	طاقة التنشيط	E_a
$(\Omega.cm)^{-1}$	معامل التوصيل الكهربائي	σ
$(\Omega.cm)$	المقاومة النوعية	ρ

الفصل الاول

مقدمة عامة

Introduction**(1-1) المقدمة**

بدأ الاهتمام بدراسة المواد شبه الموصلة في أوائل القرن التاسع عشر، فقد تم خلال السنين اللاحقة دراسة الكثير من أشباه الموصلات نظراً لتواجد هذه المواد في الطبيعة بشكل كبير جداً ولما تمتاز به من مميزات فريدة من نوعها، حيث تتأثر توصيلة شبه الموصل بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي ووجود كميات ضئيلة من ذرات الشائبة. وأن حساسية الشبه الموصل اتجاه هذه العوامل جعلت منها مادة بالغة الأهمية في التطبيقات الالكترونية. وقد كان استخدام شبة الموصل قبل ظهور الترانزستور في 1946 يقتصر على صناعة النبائط ذات الطرفين (two –terminal devices) كالثنائيات الضوئية (Photodiodes) والمقومات (Rectifiers) [1].

الاعشوية الرقيقة هي مواد ذات السمك القليل جداً لا يتجاوز المايكرومتر الواحد التي أسهمت في تركيز دراسة الخصائص الفيزيائية لأشباه الموصلات إذ أعطت فكرة عن العديد من خصائص التركيب البلوري والتعرف على طبيعة الانتقالات الالكترونية ومعرفة كفاءتها في مجال التطبيق العملي مما أدى إلى تحضير أغشيه رقيقه وتطوير انتاجها بمواصفات مميزة وتكلفة قليلة [2].

وتستخدم الأغشية الرقيقة في الوقت الحاضر في بناء الدوائر الإلكترونية للنبائط المعقدة، إذ تترسب طبقاتها بعضها فوق البعض الآخر [3]، وللأغشية الرقيقة أهمية كبيرة في تصنيع الخلايا الشمسية (SolarCells)، المتسعات (Capacitors)، المقومات (Rectifiers)، الترانزستورات (Transistors)، المفاتيح الكهربائية (Electrical Switches) والكواشف (Detectors) [4].

تمتاز طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي بترسيب اغشية لمساحات واسعة وبتكلفة قليلة مقارنة مع التقنيات الأخرى، إن الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD) المعروف أيضاً بترسيب المحاليل الكيميائية (CSD) كانت لأول مرة في عام 1869، واستخدمت منذ ذلك الحين لترسيب أغشية أشباه الموصلات المختلفة. وربما هو أبسط وسيلة متاحة لهذا الغرض، كل ما هو مطلوب هو وعاء لاحتواء المحلول والقاعدة التي يتعين الترسيب عليها و وضعه داخل حمام مائي للسيطرة على ثبوت درجة الحرارة بالإضافة إلى آلية لتحريك المحلول [5].

Classification Of Solid Materials**(2-1) تصنيف المواد الصلبة**

تصنف المواد الصلبة تبعاً إلى ترتيب حزم الطاقة، أو حسب خصائصها الكهربائية إلى ثلاثة أنواع من المواد هي العوازل، أشباه الموصلات والموصلات [6] كما في الشكل (1-1).

Insulators**(1-2-1) العوازل**

هي المواد التي تكون فيها فجوة الطاقة كبيرة جداً وبحدود (5eV) ، وتفصل تماماً كل مستويات حزمة التوصيل الفارغة عن حزمة التكافؤ المملوءة ، إذ يكون عرض حزمة التوصيل وعرض حزمة التكافؤ صغيراً مقارنة بفجوة الطاقة بين الحزمتين [7].

وتشكل إلكترونات التكافؤ أوأصر قوية ما بين الذرات المتجاورة، ويصعب كسر هذه الأصرة إلا بالطاقات العالية، وعليه فإنه يندم وجود إلكترونات التوصيل في حزمة التوصيل، ولا يوجد غاز إلكتروني في هذه المواد ، لهذا لا يمكن للمجال الكهربائي المسلط ولا للطاقة الحرارية العاديين أن يهيجا الإلكترونات في أعلى حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل، وبذلك لا يمكن للتيار أن يسري بسهولة وبذلك تصبح التوصيلة الكهربائية واطئة جداً في مدى $(\Omega.cm)^{-1} (10^{-18} - 10^{-8})$ [6].

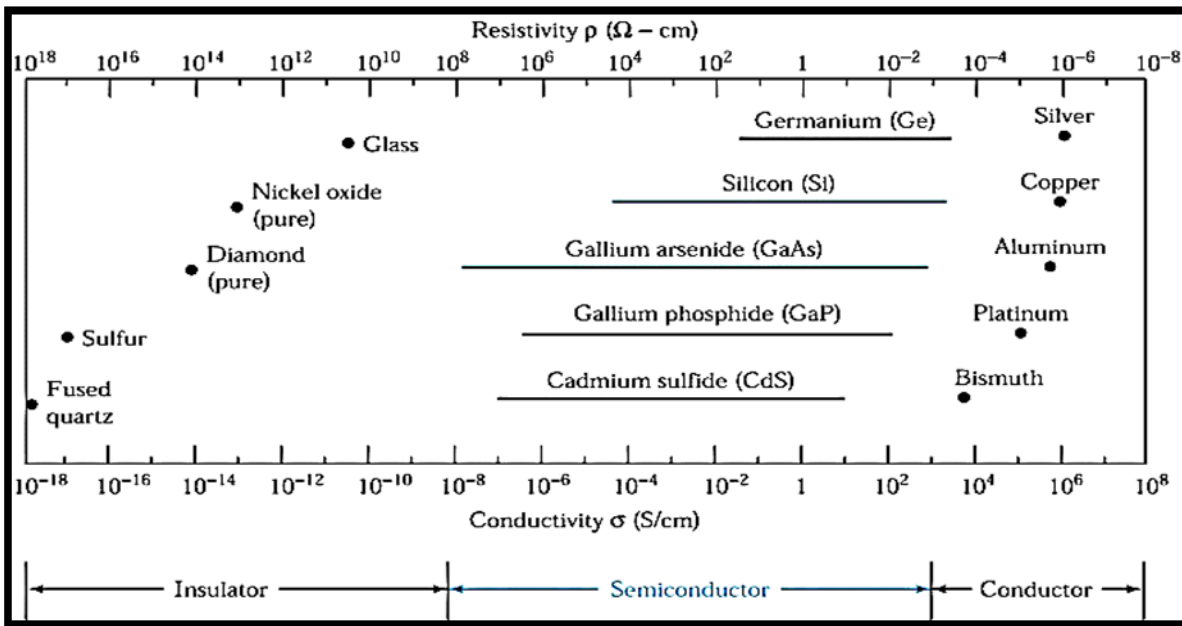
Semiconductors**(2-2-1) أشباه الموصلات**

هي المواد التي تكون خصائصها الكهربائية واقعة بين العوازل و الموصلات ، وذلك بسبب ترتيبها الخاص من الإلكترونات في مستويات الطاقة [8]، هذه الخواص المتوسطة تحدد كل من تركيب البلورة وحزم طاقة الإلكترون وميزة الأصرة [9].

تمتاز أشباه الموصلات بوجود فجوة طاقة صغيرة نسبياً بين قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل تتراوح بين $(0 < E_g < 3.5)eV$ ، لذلك يمكن لبعض إلكترونات التكافؤ عبور فجوة الطاقة المحظورة إلى حزمة التوصيل ، تاركة فجوات في حزمة التكافؤ، وبفعل المجال الكهربائي المسلط تكتسب الإلكترونات في حزمة التوصيل وكذلك الفجوات في حزمة التكافؤ طاقة حركية تساهم في التوصيل الكهربائي وبذلك فإن التوصيلية الكهربائية في أشباه الموصلات هي أصغر من الموصلات ولكنها أكبر من العوازل في مدى $(\Omega.cm)^{-1} (10^{-8} - 10^3)$ [10] .

Conductors**(3-2-1) الموصلات**

تمتلك المعادن ما يسمى الغاز الإلكتروني الحر (Free Electron Gas)، وهو عبارة عن غيمة من الإلكترونات السالبة التي توجد في كل أجزاء المعدن [11] ، إذ تكون حزمة التوصيل مملوءة بهذه الإلكترونات، وتتحرك تحت تأثير المجال المغناطيسي أو الكهربائي الاعتيادي المسلط والمسبب للتداخل الحاصل بين حزم التكافؤ والتوصيل لذلك فإن جزءاً من الإلكترونات في حزمة التكافؤ تسهم في عملية التوصيل وتجعل المعدن بأعلى توصيلية كهربائية في مدى $(10^3 - 10^8) (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ [12].



شكل (1-1) معامل التوصيل الكهربائي للعوازل ، أشباه الموصلات و الموصلات [1].

Semiconductors properties**(3-1) خصائص اشباه الموصلات**

تكون أشباه الموصلات النقية مواد عازلة تامة، عند درجة حرارة الصفر المطلق (0K) ولكن خصائصها الكهربائية تتأثر عند زيادة درجة الحرارة، وذلك لتهديج الإلكترونات حرارياً (Thermal Excitation) خلال فجوة الطاقة (E_g) و إنتقالها من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل، ونتيجة لذلك تساهم كل من الفجوات في حزمة التكافؤ والإلكترونات في حزمة التوصيل في زيادة التوصيلية الكهربائية [13] ، وتتأثر خواصها أيضاً في إضافة بعض الشوائب (Impurities)، أو إحداث بعض عيوب الشبكة (Lattice Defects) التي تؤدي إلى زيادة توصيلية شبه الموصل وإلى ظهور نوع

واحد من حاملات الشحنة وتضاؤل النوع الآخر [14]، إن الاختلاف بين أشباه الموصلات والعوازل هو مقدار فجوة الطاقة الممنوعة (E_g) عند درجة حرارة الصفر المطلق ($0^\circ K$)، وأهم صفة لشبه الموصل التي تميزه عن الموصل والعازل هو امتلاكه مقاومة ذات معامل حراري سالب ووجود فجوة طاقة معتدلة [15,16].

(4-1) أشباه الموصلات النقية *Intrinsic Semiconductors*

تدعى أشباه الموصلات النقية والخالية من الشوائب بأشباه الموصلات الذاتية مثل (Si, Ge) النقي، وتكون حزمة التكافؤ في درجة الصفر المطلق مملوءة كلياً بالإلكترونات، في حين ستكون حزمة التوصيل فارغة، وعند رفع درجة حرارة شبه الموصل الذاتي فإن عدداً معيناً من الإلكترونات الموجودة في حزمة التكافؤ يمكن أن تثار حرارياً وتنتقل إلى حزمة التوصيل تاركة خلفها عدداً من الفجوات (Holes)، حيث إن الإلكترونات (Electrons) التي تصل حزمة التوصيل ستتملاً هذه الحزمة جزئياً وتكون جاهزة للتوصيل الكهربائي عند تسليط مجال كهربائي عليها، أما الفجوات المتكونة في حزمة التكافؤ سوف تملأ مباشرة بواسطة الإلكترونات مجاورة متحركة باتجاه معاكس لاتجاه المجال وتزاح الفجوة باتجاه المجال وهذا النوع يحتوي على نفس العدد المتساوي من حاملات الشحنة السالبة والموجبة (الإلكترونات والفجوات) [17]، وإن مستوى (فيرمي) يقع في منتصف فجوة الطاقة المحظورة في أشباه الموصلات النقية [18].

(5-1) أشباه الموصلات المشوبة *Extrinsic Semiconductors*

تدعى عملية الإضافة المتعمدة للشوائب إلى شبه الموصل النقي بالتطعيم (doping) وهي عملية مستحسنة فيها لمعظم التطبيقات، لهذا فإن شبه الموصل المشوب يصنف إلى نوعين حسب نوع الشوائب المضافة إليه الأول شبه الموصل من نوع (n-type) ويسمى بالنوع السالب لأن حاملات الشحنة الأغلبية فيها (Majority Carries) هي الإلكترونات وحاملات الشحنة الاقلية (Minority Carries) هي الفجوات، والثاني هو شبه موصل من النوع الموجب (P-type) لكون حاملات الشحنة الغالبية فيه هي الفجوات، أما بالنسبة لمستوى (فيرمي) في أشباه الموصلات المشوبة، نجده في شبه الموصل من النوع السالب يُزاح مقرباً من حزمة التوصيل و يقترب من حزمة التكافؤ في شبه الموصل من النوع الموجب [17,19].

(6-1) مجموعة مركبات (II-VI) الشبه موصله***Group (II-VI) semiconductor***

مجموعة (II-VI) الشبه موصله تتألف من المجموعة الثانية والمجموعة السادسة من الجالوجينات من الجدول الدوري ، ومن بين تلك أشباه الموصلات هي (ZnO, ZnS, ZnSe,) ZnO, ZnS, ZnSe,) حيث جذبت الكثير من المهتمين بتطبيقات الخلايا الشمسية، الثنائيات الباعثة للضوء، ليزر اشباه الموصلات، وأجهزة الاستشعار البصرية وغيرها من التطبيقات الالكترونوية، إن مجموعة أشباه الموصلات II-VI هي مواد ذات فجوة مباشرة التي تتراوح بين 1.5 - 3.7 eV [20].

(7-1) خصائص الترسيب بالحمام الكيميائي Characteristics of CBD

تعد تقنية الترسيب بالحمام الكيميائي هي إحدى تقنيات الترسيب للأغشية الرقيقة مع وجود المميزات الآتية التي تتميز بها :

1. تقنية بسيطة مقارنة مع التقنيات الأخرى حيث لا تحتاج إلى معدات قدرة عالية [21].
2. إمكانية استخدامها لترسيب مساحات كبيرة بصورة منتظمة حيث تقوم بتغطية السطوح الخشنة بطريقة سهلة ومثالية [22].
3. تكون تقنية الترسيب بالحمام الكيميائي ذات تكلفة منخفضة حيث تكون مكوناتها رخيصة الثمن مقارنة بتقنيات الترسيب الأخرى مثل تقنية الترسيب بالفراغ [23].
4. يمكن ترسيب الأغشية على جميع أنواع الأرضيات (الزجاج ، البوليمر ، السيراميك) لأنها ترسب بدرجات حرارة منخفضة (أقل من 90 °C)، وعلى نقيض ذلك في الرش الكيميائي الحراري أو التبخير في الفراغ تستخدم عدد محدود من الأرضيات التي تستطيع أن تقاوم ارتفاع درجات الحرارة أو التآكل الكيميائي الحراري [24].

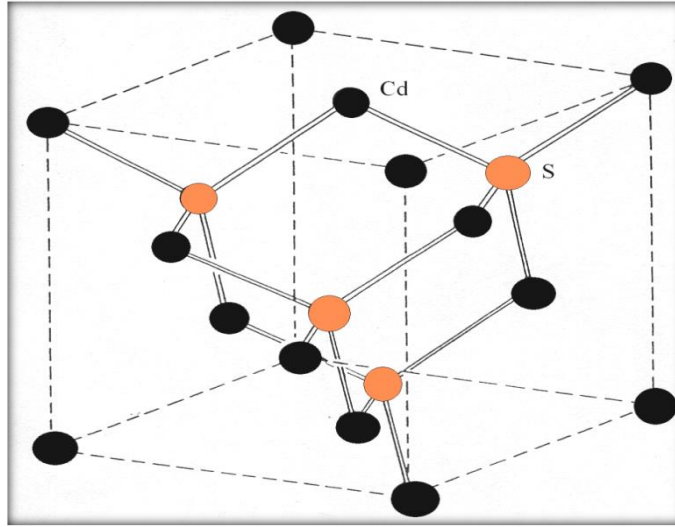
(8-1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب (CdS)

Physical and chemical properties of (CdS)

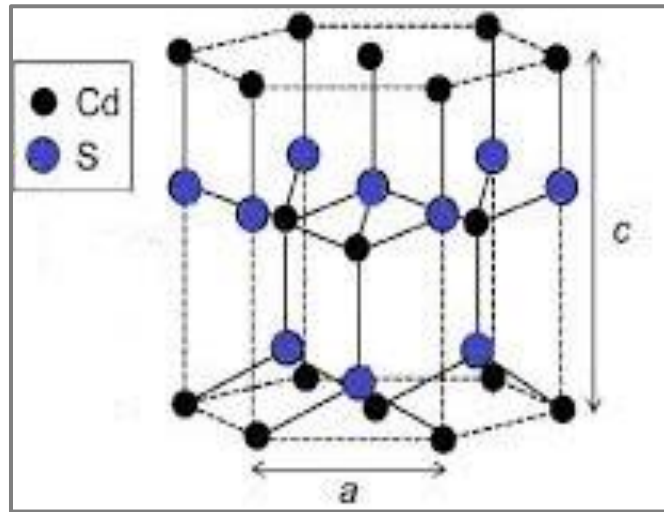
كبريتيد الكاديوم (CdS) مادة شبه موصلة ، من عناصر المجموعة (الثانية - السادسة II-VI) التركيب البلوري لمادة (CdS) هو المكعب (Zinc blende)، أو السداسي (Hexagonal Wurtzite) كما موضح في الشكل (2-1) و(3-1) على التوالي [18]. الأصرة التي تربط بين أيونات الكبريت والكاديوم هي أصرة تساهمية ناتجة عن اشتراك الكترونيين بين ذرة الكاديوم والكبريت، وكذلك يمتلك فجوة طاقة مباشرة وتوصيلية ضوئية عالية وعرض فجوة الطاقة هي (2.42 eV) عند درجة حرارة الغرفة [25]، لذلك فإن الطول الموجي القاطع (0.52 μm) في منطقة اللون الأخضر (green) من الطيف المرئي. نستنتج من ذلك أن الغشاء يكون ذا إمتصاصية عند الأطوال الموجية الخضراء والزرقاء بينما الأطوال الموجية الطويلة الصفراء والحمراء تكون نافذة . إن مادة (CdS) لها لون أصفر مائل للبرتقالي (yellow-orange) [26]، ونوع التوصيلية لمادة (CdS) في طبيعتها هي (n-type) ويمكن أن تكون نوع (p-type) اعتماداً على عملية التحضير، أو بإضافة بعض الشوائب مثل (Br , Cl , In) [27] ، والجدول (1-1) يوضح بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب (CdS).

جدول (1-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب CdS [28].

<i>Properties</i>	<i>Specification</i>
<i>Molecular formula</i>	<i>CdS</i>
<i>Molecular Weight</i>	<i>144.46 g/mole</i>
<i>Band Gap</i>	<i>2.42 eV at RT</i>
<i>Color</i>	<i>Yellow</i>
<i>Mlting temperature</i>	<i>2023 °K</i>
<i>Absorption coefficient</i>	<i>10⁵ cm⁻¹</i>
<i>The refractive index</i>	<i>2.3, 2.26</i>
<i>Dielectric constant</i>	<i>8.64</i>
<i>Density</i>	<i>4.82 g/cm³ at 293 °K</i>



شكل (2-1) التركيب البلوري لمركب CdS المكعب من نوع (Zinc blende) [11].



شكل (3-1) التركيب البلوري لمركب CdS السداسي (Wurtzite) [11].

Properties of Aluminum

(9-1) خواص الألمنيوم

الألمنيوم عنصر من الزمرة الثالثة في الجدول الدوري الخواص الرئيسية التي تستند إليها مادة الألمنيوم هي كثافتها المنخفضة حوالي 2.7 g/cm^3 ، القوة الميكانيكية العالية التي يمتلكها عند إضافته إلى عناصر سبيكة. وهناك خصائص أخرى تتضمن التوصيلية الحرارية عالية، موصل جيد

للكهربائية ، الانعكاسية ، ليونة عالية ، وانخفاض تكلفة إنتاجه ، ويمتلك خصائص بارامغناطيسية ، وبما انه مادة غير سامة وطبيعة اللون الذي ومقاومته العالية للتآكل عالية لذلك يسهل استخدامه في الصناعات الكيميائية وتجهيز الأغذية [29]. والجدول (2-1) يوضح أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للألمنيوم .

جدول (2-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعنصر Al [28].

<i>Properties</i>	<i>Specification</i>
<i>Classification</i>	<i>Metallic</i>
<i>Color</i>	<i>Silvery-white</i>
<i>Crystal structure</i>	<i>Face centered cubic</i>
<i>Density</i>	<i>2.7 g/cm³ at 293 K</i>
<i>Boiling point</i>	<i>2740 °K</i>
<i>Melting point</i>	<i>933.15 °K</i>
<i>Standard state</i>	<i>Solid at 293 °K</i>
<i>Ionic radius</i>	<i>0.57 Å</i>
<i>Atomic weight (g/mol)</i>	<i>26.98</i>

Properties of Lithium

(10-1) خواص الليثيوم

الليثيوم هو العنصر الأول الذي ينتمي الى الزمرة الثانية التي تحتوي على إلكترون احادي التكافؤ ، وتسمى عناصر المجموعة الأولى المعادن القلوية، و يمتلك الليثيوم لون أبيض - فضي ، ولكنه يتحول في دقيقة أو نحو ذلك في الهواء لإعطاء سطح رمادي، ويهيمن على كيمياء هذا الميل إلى فقدان الإلكترون لتشكيل Li^+ ، ويستخدم الليثيوم كسبيكة مع الألمنيوم والمغنيسيوم للسبائك خفيفة الوزن، ويستخدم أيضا في البطاريات، وبعض النظارات، وفي الطب، لا يوجد الليثيوم كمعدن حر في الطبيعة بسبب تفاعله العالي. ومن بين أهم خصائص الليثيوم هي [30] :

1. الحرارة النوعية والموصلية العالية.

2. اللزوجة المنخفضة.

3. الكثافة المنخفضة.

وتترد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لليثيوم في الجدول (3-1).

جدول (3-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعنصر Li [28].

<i>Properties</i>	<i>Specification</i>
<i>Classification</i>	<i>Metallic</i>
<i>Color</i>	<i>silvery white/grey</i>
<i>Atomic mass</i>	<i>6.941 amu</i>
<i>Atomic weight</i>	<i>74.693 g/mol</i>
<i>Crystal structure</i>	<i>Body centered cubic</i>
<i>Standard state</i>	<i>solid at 298 °K</i>
<i>Density</i>	<i>0.53 g/cm³ at 293 °K</i>
<i>Melting point</i>	<i>453.5 °K</i>
<i>Boiling point</i>	<i>1615 °K</i>
<i>Ionic radius</i>	<i>0.76 Å</i>

Literature Survey**(11-1) الدراسات السابقة**

قام الباحث (Jae-Hyeong Lee) وجماعته [31] سنة (2003) بدراسة الخصائص الكهربائية والتركيبية لأغشية CdS النقية والمشوبة بالبورون المحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي والمرسبة على ارضيات زجاجية بدرجة حرارة ترسيب 75 °C وكان مصدر أيونات الكاديوم هو املاح خلات الكاديوم ومصدر الكبريت هو الثايوريا ، وعند دراسة الخصائص التركيبية وجد أن

الاعشية متعددة التبلور من النوع السداسي والمستوى المفضل للنمو هو (002)، ومن خلال دراسة الخواص الكهربائية وجد أن المقاومة تقل بزيادة تركيز ايونات البورون بسبب زيادة تركيز حاملات الشحنة .

قامت الباحثة (Selma. M. Al-Jawad) [24] سنة (2006) بدراسة بعض الخصائص الفيزيائية على اغشية CdS المحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي والمرسبة على ارضيات زجاجية مع تليدين الاعشية بدرجة حرارة (300 , 350 , 400 , 450, 500 °C) لمدة نصف ساعة كذلك تليدين الاعشية لأزمان مختلفة (15,30,45,60,90) min وبدرجة حرارة (300 °C) وإن أفضل الظروف للتليدين هي عند درجة حرارة (300 °C) ،ومن خلال دراسة الخصائص التركيبية وجدت ان الاعشية متعددة التبلور من النوع السداسي والمكعب وأن الحجم الحبيبي يزداد بزيادة السمك وعند تليدين الاعشية بدرجة حرارة (300 °C) لا يتغير الطور مع زيادة الحجم الحبيبي عند التليدين ، ومن خلال دراسة الخصائص الكهربائية وجدت ان المقاومة تقل بزيادة درجة الحرارة والمقاومة تقل والتوصيلية تزداد عند تليدين الاعشية المحضرة بدرجة حرارة (300 °C) ، ومن خلال دراسة الخصائص البصرية وجدت ان فجوة الطاقة البصرية لأغشية تزداد عند التليدين بدرجة حرارة (300 °C) وكانت بمقدار 2.85 eV وهي اكبر من فجوة الطاقة القياسية 2.42 eV وذلك بسبب تأثير الحصر الكمي للبلورات النانوية .

درس الباحث (Jae-Hyeong Lee) [32] سنة (2007) تأثير الارضيات المختلفة على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdS المحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي ، وباستخدام طيف حيود الاشعة السينية وجد ان الاعشية المرسبة على ارضيات زجاجية متعددة التبلور ذات طور مختلط (مكعب - سداسي) وعند دراسة الخصائص البصرية وجد ان النفاذية تزداد بزيادة الطول الموجي وكانت فجوة الطاقة البصرية للاغشية المرسبة على الارضيات الزجاجية 2.37 eV .

قام الباحث (F. Yakuphanoglu) وجماعته [33] سنة (2009) تأثير السمك على الثوابت البصرية لأغشية CdS المحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي المرسبة على ارضيات زجاجية ، ومن خلال دراسة الخصائص البصرية تبين ان الامتصاصية تزداد بزيادة السمك ، النفاذية تقل بزيادة سمك الاعشية ، الانعكاسية تزداد بزيادة السمك ، معامل الانكسار يزداد بزيادة السمك .

قام الباحث (Bharat N.) وجماعته [34] سنة (2011) الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdS المشوب بالألمنيوم بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي على ارضيات زجاجية وكانت درجة حرارة الترسيب 85°C و pH:10.5 ، ومن خلال دراسة حيود الاشعة السينية تبين الاعشية متعددة التبلور

ذات طورين سداسي ومكعب، وعند التشخيص بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) وجدت ان جميع العينات المحضرة منتظمة بصورة مستمرة دون وجود فراغات او فجوات ، ومن خلال طيف اشعة UV-Visible تم حساب فجوة الطاقة البصرية وتبين ان فجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة نسب التشويب eV (2.32 – 2.41) .

قام الباحثان (A. Hasnat and J. Podder) [35] سنة (2012) بدراسة خصائص العزل الكهربائي لأغشية CdS النقي والمشوب بالألمنيوم المحضر بطريقة الرش بالتحلل الحراري على أرضيات زجاجية، من خلال التشخيص بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) تبين ان الاغشية موزعة بانتظام ، ومن خلال دراسة الخصائص البصرية تبين ان النفاذية تزداد بزيادة الطول الموجي وتكون زيادة سريعة عند الطول الموجي 500nm ، معامل الامتصاص ومعامل الخمود لأغشية CdS يزداد بزيادة نسب تشويب الألمنيوم من نسبة (1-9%) وبعد نسبة (9%) يبدأ بالانخفاض بزيادة نسب التشويب .

حضر الباحث (Panda) وجماعته [36] سنة (2012) أغشية CdS النقي والمشوب بالنحاس بطريقة التحلل الكيميائي الحراري بدرجة حرارة (350 °C) ومن خلال طيف حيود الاشعة السينية وجد أن جميع الاغشية متعددة التبلور ذات الطور السداسي وأن الحجم الحبيبي يزداد بزيادة نسب التشويب وان أيون النحاس يكون استبدالياً ، ودرس الخصائص البصرية فلاحظ أن النفاذية تقل مع زيادة نسب تشويب النحاس وأن فجوة الطاقة تقل بزيادة نسب تشويب النحاس.

قام الباحث (U. Sandoval) وجماعته [37] سنة (2013) بدراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdS النقي والمشوب بالليثيوم المحضرة بطريقة التحلل الحراري فوجد ان جميع الاغشية متعددة التبلور ذو الطور المكعب دون وجود قمع اضافية عند التشويب وهذا يعني أن أيونات الليثيوم شغلت مواقع استبدالية ، وقد تم حساب الحجم الحبيبي ووجد أنه يزداد بزيادة نسب التشويب ، وتمت دراسة الخصائص البصرية وجد أن فجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة نسب التشويب من 3.6 – 2.7 eV .

قامت الباحثة (Munirah) وآخرون [38] سنة (2013) بدراسة طيفية لأغشية CdS النانوية المحضرة بطريقة (Sol- gel) المرسبة على ارضيات زجاجية واستعملت خلاص الكادميوم كمصدر لأيونات الكادميوم والثايوريا كمصدر لأيونات الكبريت ، ومن خلال فحص طيف حيود الاشعة السينية تبين أن الاغشية متعددة التبلور عند الزاوية ($2\theta = 26^\circ, 43^\circ$) وتمتلك حبيبات نانوية ، ومن خلال التشخيص بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) وجد انها اغشية متجانسة خالية من الفجوات والثقوب

، ومن خلال دراسة الخصائص البصرية تبين ان فجوة الطاقة البصرية اكبر من فجوة الطاقة القياسية (2.42 eV) وهذا بسبب الحصر الكمي للبلورات النانوية .

قام الباحث (M. Muthusamy) وجماعته [39] سنة (2014) بدراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdS النقية والمشوبة بالألمنيوم والمحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي والمرسبة على أرضيات زجاجية وكانت درجة حرارة الترسيب 80°C ، ومن خلال دراسة الخصائص التركيبية وجد أن الاغشية النقية والمشوبة متعددة التبلور ذات طور مكعب ولا يتغير الطور عند التشويب والحجم الحبيبي يزداد بزيادة نسب التشويب والمطواعة تقل ، ومن خلال دراسة الخصائص البصرية وجد أن فجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة نسب التشويب .

قام الباحث (H. L. Pushpalatha) وجماعته [40] سنة (2014) بدراسة تأثير التلدين بدرجة حرارة (300°C) لمدة ساعة واحدة على الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية CdS المحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي المرسبة على أرضيات زجاجية وكانت درجة القاعدية PH:11 ودرجة حرارة الترسيب 80°C وبعد دراسة الخصائص التركيبية وجد أن الاغشية متعددة التبلور ذات طورين (سداسي – مكعب) وبعد عملية التلدين يتحول الى الطور السداسي ، كذلك وجد أن الحجم الحبيبي يزداد عند التلدين من (15.5- 47.8) nm ، ومن خلال دراسة الخصائص البصرية وجد أن النفاذية تزداد بزيادة الطول الموجي وتقل عند التلدين ، ومعامل الامتصاص ومعامل الخمود يقل بزيادة الطول الموجي ويقل عند التلدين .

قام الباحثان (F. Hashim , B. Kahdum) [41] سنة (2016) بدراسة تأثير تشويب الليثيوم لأغشية CdS على الخصائص التركيبية والبصرية المحضرة بطريقة (Sol-gel) المرسبة على اغشية زجاجية ، وبعد دراسة الخصائص التركيبية للاغشية النقية والمشوبة تبين عدم وجود قمم إضافية بعد التشويب مما يؤكد إن أيونات الليثيوم سلكت سلوك استبدالي وكانت جميع الاغشية متعددة التبلور من النوع السداسي كما وجد ان المطواعة المايكروية وكثافة الانخلاعات تقل بزيادة نسب التشويب ، كذلك وجد ان الحجم الحبيبي يزداد ضمن المدى (8.66- 11.11) nm ، ومن خلال فحص AFM تبين إن خشونة السطح ومعدل الجذر التربيعي يزداد بزيادة نسب تشويب الليثيوم ، ومن خلال دراسة الخصائص البصرية تبين ان النفاية تقل بزيادة نسب التشويب ومعامل الامتصاص يزداد بزيادة نسب تشويب الليثيوم وفجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة نسب التشويب من (3.08-2.89) eV وهي قيمة اكبر من فجوة الطاقة للقيمة القياسية لأغشية CdS .

قام الباحث (Z. Makhdoumi-Kakhaki) وجماعته [42] سنة (2016) بدراسة تأثير السمك على الخصائص البصرية والكهربائية والكشافات الضوئية لأغشية CdS المحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي حيث بين تحليل حيود الاشعة السينية ان الاغشية متعددة التبلور ذو طورين (مكعب وسداسي)، وجد ان الحجم البلوري يزداد بزيادة السمك والمطاوعة المايكروية تقل بزيادة السمك، ومن خلال نتائج الفحوصات البصرية تبين ان النفاذية تقل بزيادة السمك ، الامتصاصية تزداد بزيادة السمك ، وفجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة السمك من (2.49 - 2.73) eV، ومن خلال الفحوصات الكهربائية تبين ان تركيز وتحركية حاملات الشحنة تزداد بزيادة السمك.

قام الباحثان (Bijumon C. C. and V. Senthil Kumar) [43] سنة (2016) بدراسة تأثير هول على اغشية CdS المحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي والمرسبة على ارضيات زجاجية والمعدنة بدرجة حرارة 200 °C لمدة 1.5 h ، ومن خلال نتائج تأثير هول تبين ان الاغشية من نوع (n-type) كذلك وجد أن المقاومة تقل عند التلدين بينما التوصيلية ومعامل هول والتحركية لحاملات الشحنة تزداد عند التلدين، كذلك وجد ان تركيز حاملات الشحنة يقل عند التلدين .

درس الباحث (Ligang Ma) وجماعته [44] سنة (2017) تأثير تشويب (Zn) على الخصائص التركيبية لأغشية CdS المحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي على ارضيات مختلفة وبدرجة حرارة تحضير 80 °C و ph:10.5 ، وعند دراسة طيف حيود الاشعة السينية وجد ان الاغشية المحضرة على ارضيات زجاجية متعددة التبلور ذات طور سداسي والمستو المفضل للنمو هو (002) ، وأظهرت نتائج فحوصات طبوغرافية السطح AFM وجد أن خشونة السطح ومعدل الجذر التربيعي تزداد عند زيادة نسب التشويب .

قام الباحث (Muhammad Amir Hassan) وجماعته [45] سنة (2017) بتحضير أغشية CdS بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي وأغشية $Cu(In,Ga)(S,Se)_2$ المحضر بالرش الحراري لتصنيع خلايا شمسية ، فوجد أن سمك الاغشية يزداد بزيادة زمن الترسيب وعند قياس الاغشية بمجهر القوة الذرية تبين ان خشونة السطح تزداد بزيادة السمك كذلك وجد ان النفاذية تقل عند تلدين اغشية CdS بدرجة حرارة 200 °C ، وكانت كفاءة تحويل الخلية الشمسية % 9.91 عندما يكون مصدر ايونات الكاديوم هو خلات الكاديوم $Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$.

Aim of the Work**(12-1) الهدف من البحث**

نظراً لأهمية أغشية Cds لما يمتلكه من خصائص فيزيائية كالنفاذية العالية وفجوة الطاقة الممنوعة لذلك يمكن ان يستخدم في التطبيقات الالكتروضوئية الحديثة كخلايا الشمسية وغيرها .

لذا الهدف من الدراسة الحالية هو تحضير أغشية كبريتيد الكادميوم بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي على قواعد زجاجية ودراسة كل من :

- ❖ تأثير السمك على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية كبريتيد الكادميوم النقية .
- ❖ تأثير التشويب بالليثيوم والالمنيوم بنسب (2.5 , 5 , 7.5 %) على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد الكادميوم.
- ❖ تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد الكادميوم النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم.

الفصل الثاني

نظريات و مفاهيم

اساسية

Introduction**(1-2) المقدمة**

يتناول هذا الفصل وصفاً عاماً في الجانب النظري الذي يختص بالخصائص التي تمت دراستها في الدراسة الحالية والمفاهيم الفيزيائية وإيضاح بعض العلاقات والقوانين الرياضية التي من خلالها يمكن حساب ومناقشة النتائج .

Structure Of Solid Materials**(2-2) تركيب المواد الصلبة**

تنقسم المواد الصلبة تبعاً للترتيب الذي تملكه الذرات المكونة لها إلى قسمين هما المواد البلورية (Crystalline materials) والمواد العشوائية (Amorphous materials) .

Crystalline materials**(1-2-2) المواد البلورية**

البلورة هي المادة الصلبة التي تحتوي على ذرات مرتبة على شكل صفوف منتظمة وتمتلك هذه الذرات داخل الشكل الهندسي صفة الترتيب الدوري وتكون المسافة بين الذرات متساوية وأنواع البلورات هي :

Single Crystal**a. البلورة الاحادية**

هي البلورة التي تترتب ذراتها في الفراغ بحيث تشكل نمطاً هندسياً دورياً، أي تمتلك نوعاً من التماثل (Symmetry) و ينتشر هذا النمط ليشغل كل أجزاء المادة . لذلك فإن هذه المواد تمتلك نظام المدى الطويل (Long Range Order) الذي يمكن ان يحقق أقل طاقة داخلية حرة لمنظومة الذرات وكما مبين في الشكل (1a-2) [46] .

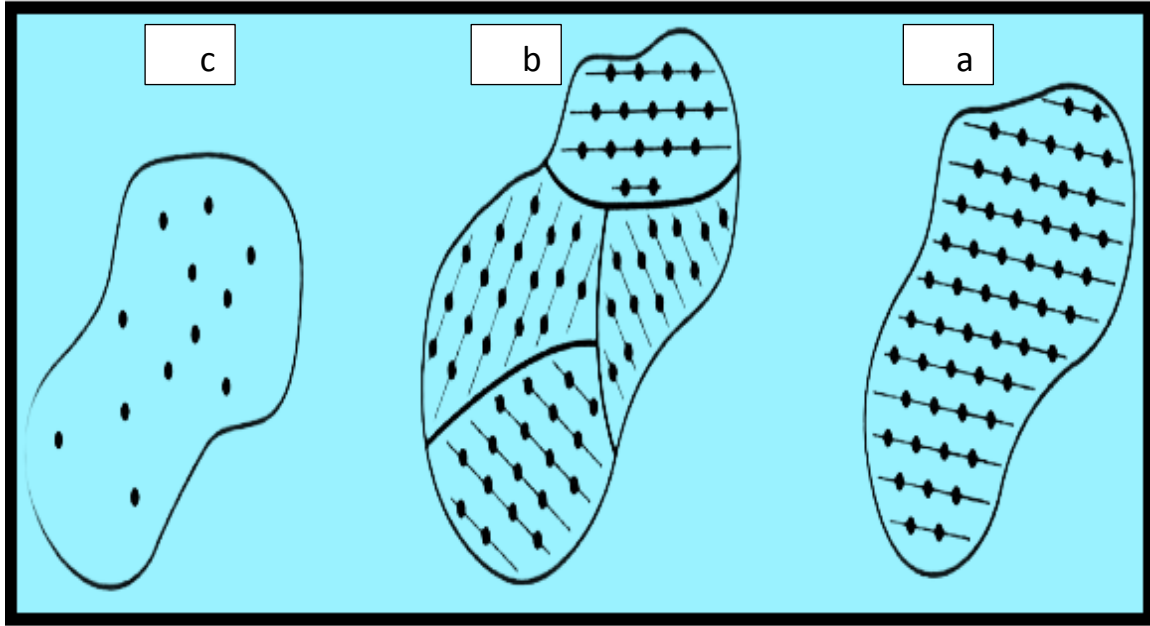
Polycrystalline Crystal**b. المواد متعددة التبلور**

هي المواد التي يمتد فيها النمط الهندسي لمدى متوسط فلا يشغل كل أجزاء المادة حيث يتوقف عند حدود داخل المادة مكونة تجمعات متبلورة تدعى الحبيبات (Grains) وتفصل بينها حدود تدعى الحدود الحبيبية (Grain Boundaries) وكل حبيبة تتكون من آلاف من وحدات الخلايا وكما موضح بالشكل (1b-2) [46].

(2-2-2) المواد غير البلورية (العشوائية) Amorphous Materials :- هي المواد التي يغلب

على ذراتها ترتيب المدى القصير (Short-Range Order) حيث تتجمع الذرات بشكل عشوائي والترتيب الذري في أي موقع معين منها يبدو مختلفاً عن الترتيب الذري في موقع آخر ، وبذلك لا

يمكن إعتبار ترتيبها دوري لوحدة الخلية ، وهذا الترتيب لايعزى إلى وجود تكسر في الأواصر الداخلية بل لأنه خاص بتركيب ذرات المادة[47] والشكل (2-1c) يبين المواد عشوائية التبلور .



الشكل (2-1) ترتيب الذرات للمواد a: احادية التبلور b: متعددة التبلور c: العشوائية [47].

(3-2) التبلور النانوي لأغشية اشباه الموصلات

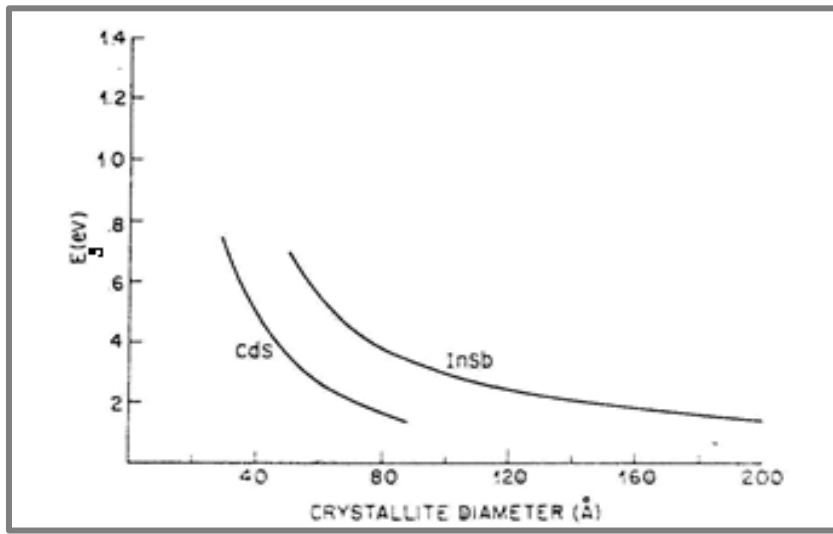
Nanocrystalline of Semiconductor Films

أشبه الموصلات نانوية التبلور (nanocrystalline) هي مساحات صغيرة ذات قطر (1-10 nm) ومن بين هذه المواد هي أشباه الموصلات التقليدية مثل (CdS, ZnS, PbS, CdSe) حيث أنها تظهر خصائص فيزيائية مختلفة جدا عن تلك التي لوحظت في أشباه موادها الصلبة الكتلية . وتنشأ هذه الاختلافات أساساً عن تأثير الحصر الكمي. إن انشطار تركيب الحزمة إلى مستويات كمية منفصلة ناتجة عن الحجم المحدود للجسيمات. هذه المواد النانوية لها خصائص فيزيائية مثيرة للاهتمام نظراً لصغر حجمها، وغالبا ما تكون بلورات مثالية خالية من العيوب أو الاجهاد داخلي [48,49] .

معظم دراسات أشباه الموصلات النانوية تنتمي إلى المجموعة (II-VI) لأنها ذات تركيب بسيط نسبياً ويتم تحضيرها عموماً على شكل أغشية رقيقة . ومن بين مركبات (II-VI) هو CdS الذي يعد أكثر

المواد نانوية التبلور (عدد قليل من النانومتر) وتحمل "تأثير الحصر الكمي" حيث تمتلك خصائص فيزيائية تختلف عن حالتها إذا كانت في حالتها الكتلية اعتماداً على حجم التبلور [50].

في حالة البلورات النانوية الإلكترونية والفجوات لديها مساحة محدودة للتحرك وحركة تكون ضمن قيم محددة من الطاقة، ونتيجة لذلك يتم تقسيم حزمة التوصيل وحزمة التكافؤ إلى حالات منفصلة مع تباعد الطاقة بالنسبة إلى حافة الحزمة، التي تتناسب عكسياً تقريباً مع مربع نصف قطر الجسيمات مما يؤدي إلى اتساع فجوة الطاقة وبذلك تختلف عن حالتها الكتلية كما في الشكل (2-2). ويلاحظ ذلك عادة من خلال الإزاحة الزرقاء في طيف الامتصاص البصري [51].

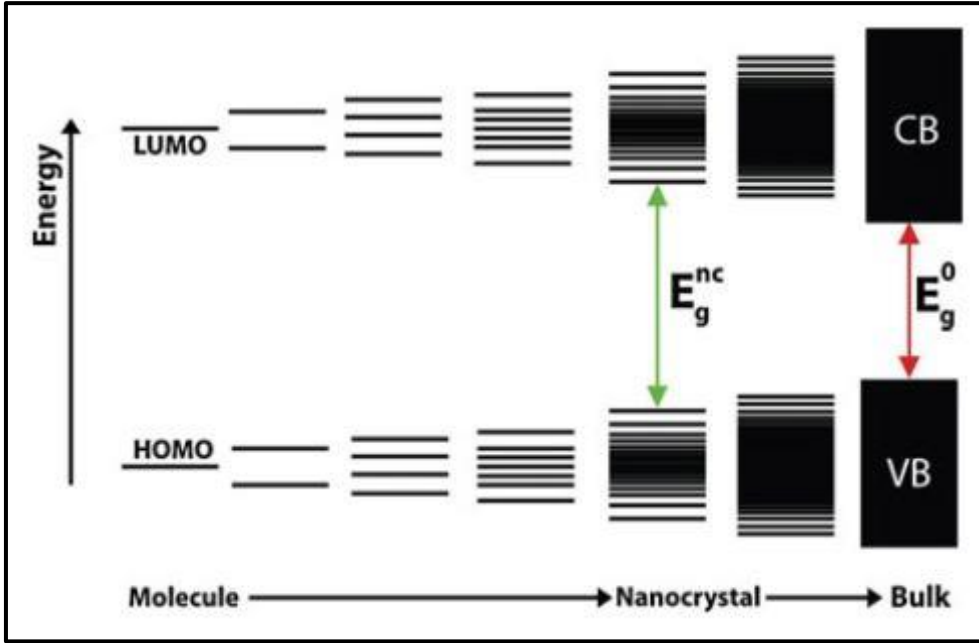


شكل (2-2) علاقة فجوة الطاقة مع قطر حجم التبلور [52].

Quantum confinement

(4-2) الحصر الكمي

إن مستويات الطاقة الإلكترونية تصبح منفصلة على مستوى النانو أي أن هناك كثافة محدودة من المستويات بسبب حصر وظيفة الموجة الإلكترونية على الأبعاد الفيزيائية للجسيمات كما في الشكل (3-2) حيث نلاحظ اتساع فجوة الطاقة كلما اقتربنا من الأبعاد النانوية وهذا ما يسمى ظاهرة "الحصر الكمي" [53]. وهو عندما يكون حجم المواد على مقياس نانو ($D < 10\text{nm}$)، حيث إن خصائصها البصرية والإلكترونية تختلف بشكل ملحوظ عن المواد الكتلية. عندما البعد المقيد يكون صغيراً بالمقارنة مع الطول الموجي للجسيمات يصبح طيف الطاقة منفصلاً وعندما يكون كبيراً مقارنةً مع الطول الموجي للجسيمات، فإن الجسيمات تتصرف كجسيم حر [54].



شكل (3-2) تدرج مستويات الطاقة بين مقدار فجوة الطاقة من الجزيء الى المواد الكتلية [55].

Structure properties

(5-2) الخصائص التركيبية

تعد الخصائص التركيبية وسيلة مهمة لدراسة التركيب البلوري للأغشية ويتم من خلال استخدام حيود الأشعة السينية .

X - ray diffraction

(1-5-2) حيود الأشعة السينية

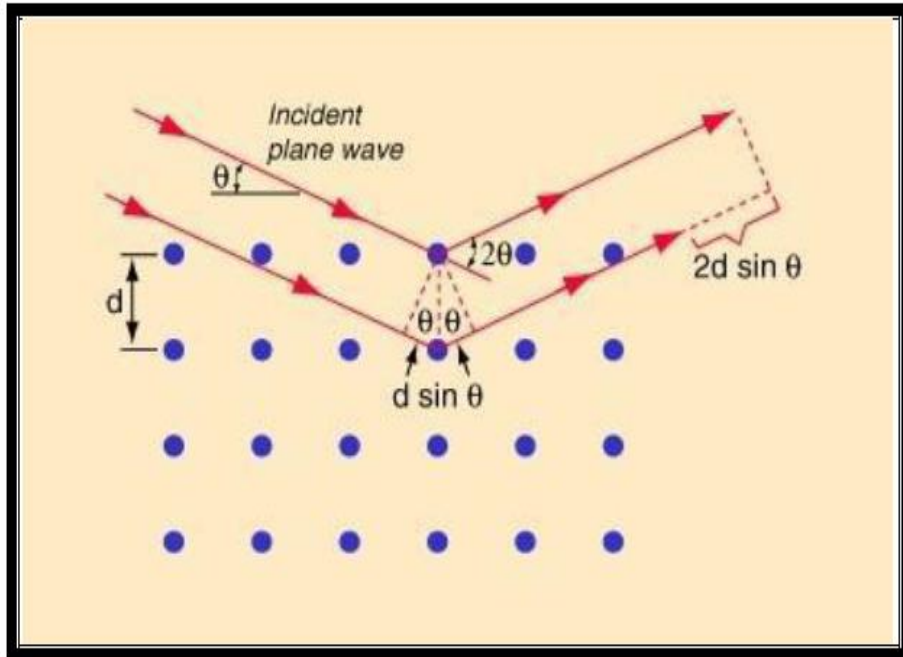
يستخدم تحليل حيود الأشعة السينية لمعرفة طبيعة التركيب البلوري والاطوار البلورية الرئيسية وكذلك معرفة الاتجاه السائد للأغشية المحضرة عند ظروف معينة، إذ يعتمد المبدأ العام للحيود على ظاهرة التداخل الذي يحدث عندما تنتشر حركة موجة ما عند عدد من مراكز الذرات ونتيجة لذلك يحدث إما تداخلاً بناءً (Constructive Interference) أو تداخلاً إتلافياً (Destructive Interference) . العالم الإنكليزي (براك) فرض إنموذج بسيط للتركيب البلوري يمكن بواسطته معرفة اتجاه حيود الأشعة السينية من البلورة بعد سقوطها عملياً، وينص هذا الأنموذج على أن المستويات المختلفة التي تتكون من ذرات البلورة يمكنها أن تعكس الأشعة السينية [56,57] .

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (1 - 2)$$

حيث ان d : المسافة بين مستويين ذريين متعاقبين . θ : زاوية الحيود.

$n =$ عدد صحيح (1,2,3,4,.....). λ : الطول الموجي للأشعة السينية.

حيث ان انعكاس براك يحدث فقط عندما يكون الطول الموجي للأشعة الساقطة الذي من خلاله يمكن الحصول على انعكاس من مستوى له احداثيات (hkl) أصغر او مساوي لضعف المسافة البينية بين مستويين بلوريين متعاقبين، وكما موضح بالشكل (4-2) ولذلك لا يمكن استخدام الضوء المرئي لدراسة البنية البلورية، اي ان شرط براك للانعكاس هو $\lambda \leq 2d_{hkl}$ [57,58].



شكل (4-2) حيود براك والمستويات البلورية [59].

structure parameters

المعلومات التركيبية (2-5-2)

lattice constants

1- ثوابت الشبكة

إن معرفة العوامل التركيبية الخاصة بأي مادة والتي تعتمد على طيف حيود الأشعة السينية يعد أمراً مهماً في تفسير الكثير من الخصائص الفيزيائية للمادة ، ففي حالة التركيب المكعب (Cubic) والذي يمثل الطور السائد لتركيب (CdS) الموضح في الشكل (2-1) فإن (a,b,c) تمثل ثوابت الشبكة وأن $a=b=c$ وبذلك يمكن حساب ثابت الشبكة (a) باستخدام المعادلة الآتية [60].

$$d_{hkl} = \frac{a}{(h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}} \quad \dots \quad (2 - 2)$$

Texture Coefficient**2- عامل التشكيل (Tc)**

يستخدم عامل التشكيل لوصف الاتجاه السائد للمستوي في الاغشية الرقيقة ويمكن حسابه من خلال العلاقة الآتية [28]:

$$Tc = \frac{I(hkl)/I_o(hkl)}{N^{-1}\sum I(hkl)/I_o(hkl)} \quad \dots \quad (3 - 2)$$

حيث ان (N) هي عدد القمم الظاهرة في حيود الاشعة السينية (XRD).

$I_{(hkl)}$ الشدة المقاسة للمستوي (hkl).

$I_{o(hkl)}$ الشدة القياسية للمستوي (hkl) في بطاقة (ICDD).

Average Grain Size**3- معدل الحجم الحبيبي**

يتم حساب معدل حجم الحبيبات باستعمال معادلة شرر (Scherer's Formula) [61].

$$D_{av} = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad \dots \quad (4 - 2)$$

اذ ان K: عامل الشكل *shape factor* ويساوي 0.94

λ : الطول الموجي للأشعة السينية المستخدمة. θ : زاوية حيود براك.

β : العرض الكامل عند منتصف القمة (FWHM) (*full-width at half-maximum*) بوحدة (rad).

4- كثافة الانخالات وعدد البلورات

Dislocation density and number of grains

كثافة الانخالات هي عدد خطوط الانخالات لوحدة المساحة في تلك البلورة، وهي النسبة بين الطول الكلي لجميع خطوط الانخلاع وحجم البلورة، ويمكن حساب كثافة الانخلاع باستخدام علاقة Williamson and Smallmans [62].

$$\delta = \frac{1}{D_{av}^2} \quad \dots \quad (5-2)$$

كذلك يمكن حساب عدد البلورات لوحدة المساحة (N_0) من العلاقة الآتية [62].

$$N_0 = \frac{t}{D_{av}^3} \quad \dots \quad (6-2)$$

حيث أن t : السمك .

5 - تشوه البلورة (المطاوعة الميكروية) **Crystal distortion (Micro strain)**

إنّ التغير الذي يحصل في الفسحة بين السطوح الذرية يشير إلى وجود تشوه في البلورة وهذا يعني ان (d) قد لا تكون متساوية في كل جزء من أجزاء البلورة فيؤدي ذلك الى أن يعكس كل جزء من اجزاء البلورة اشعة (x -ray) بزوايه تختلف عن الجزء الآخر ومن ثم فإن الإنعكاس الناتج عن الأجزاء المختلفة في البلورة سيكون بزوايا مختلفة، تحدث المطاوعة الميكروية خلال الأعشبية اذ تنشأ من توسع او انضغاط (*Compressing*) الشبكة ويمكن حساب المطاوعة الميكروية (S) من المعادلة الآتية [63]:

$$S = \frac{\beta \cos\theta}{4} \quad \dots \quad (7-2)$$

Scanning Electron Microscope (3-5-2) **المجهر الالكتروني الماسح**

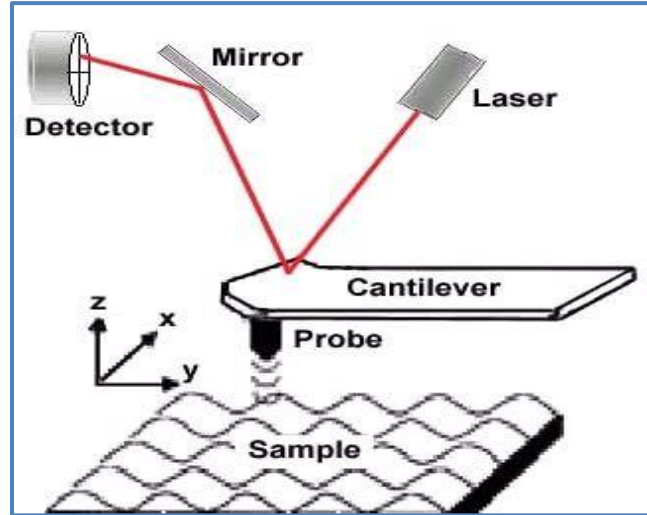
المجهر الالكتروني الماسح يعد من أهم التقنيات العلمية في العصر الحديث، حيث يمكن من خلاله تكوين صور ثلاثية الأبعاد ومكبرة بدرجة كبيرة تفوق تلك الناتجة عن المجاهر الضوئية، حيث يتم تسليط حزمة الكترونيات بواسطة المدفع الالكتروني ويتم توجيهها على العينة ومسح سطحها ومن ثم تظهر نسخة طبق الأصل على الشاشة، وبدلاً من أن يقوم الشعاع الالكتروني بمسح سطح العينة

في بعد واحد فإنه يقوم بمسح ثلاثي الأبعاد للمادة ليكوّن صورة ثلاثية الأبعاد بكل التفاصيل الموجودة من تجايف وخدوش وشقوق، و يتم ذلك عندما يمسخ الشعاع الإلكتروني سطح العينة الذي يتم التحكم بحركته من خلال المجال المغناطيسي ، فإنه يتفاعل مع سطح العينة وينتزع الإلكترونات من السطح بشكل محدد، إذ ان هذه الإلكترونات المنتزعة يتم كشفها عن طريق كاشف وذلك بواسطة جذب الإلكترونات المنتزعة وبالاعتماد على عدد الإلكترونات التي تصل للكاشف، فإنها تسجل درجة من مستوى الإضاءة على الشاشة، وتستعمل مجسات إضافية يتم الكشف عن الإلكترونات المنتزعة بالانعكاس عن سطح العينة (*backscattered*) وكذلك الأشعة السينية المنبعثة من العينة [64] .

Atomic Force Microscopy

(2-5-4) مجهر القوى الذرية

إخترع ميكروسكوب القوة الذرية (*AFM*) العالمين Quate و Gerber وتوفر أول جهاز استخدام في المختبرات العلمية في عام 1986. ويعد هذا الميكروسكوب الأكثر شهرة كأداة تكبير وقياس وتحريك على المستوى النانوي، يتكون جهاز مجهر القوى الذرية (*AFM*) من ذراع (*Cantilever*) ويتميز بمرونة عالية والمجس (*Probe*) وهو الجزء المتصل بطرف الذراع المكوّن من رأس حاد يدعى (*Tip*) وهو الجزء الادق المسؤول عن فحص أسطح العينات، وكذلك يحتوي على وحدة المسح ثلاثية الاتجاهات (*Piezo – electric xyz scan driver*) وتعمل هذه الوحدة على تحريك سطح العينة تحت المجس في جميع الاتجاهات مما يتيح للمجس من مسح سطح العينة في جميع الاتجاهات، فعندما يقترب راس المجس من سطح العينة تنشأ قوة تؤدي إلى إنحراف الذراع ويخضع هذا الانحراف لقانون (هوك)، وقد تكون القوة المتبادلة من نوع قوة فاندرفألز أو غيرها من أنواع القوى فتتغير قوة التفاعل بين سطح العينة ورأس المجس تبعاً لنوعية مكونات سطح العينة وخصائص سطحها (*Surface Topography*) والتي بدورها تغير من إنحراف الذراع، ان هذا التغير يتم رصده بواسطة شعاع ليزر دقيق ينعكس من قمة الذراع وذلك بتسجيل التغير في حركة هذا الشعاع عن طريق كاشف ضوئي حساس جداً (*Sensitive Photo-detector*) ويتم معالجة هذه الإشارات المرسله من الكاشف الضوئي في وحدة المعالجة المركزية لتكوين صور ثلاثية الأبعاد لسطح العينة. وكذلك يعطي معلومات في غاية الدقة عن خشونة السطح ومعدلها (*RMS*) بالإضافة إلى التحليلات الإحصائية المهمة كما في الشكل (2-5) [65] .



شكل (5-2) التركيب البسيط لمجهر القوة الذرية AFM [65].

Optical Properties

(6-2) الخصائص البصرية

تعد دراسة الخصائص البصرية لأشباه الموصلات لها أهمية كبيرة لأنها تعطي الكثير من المعلومات عن نوع الانتقالات الإلكترونية التي تحدث في المادة، بالإضافة إلى تركيب حزم الطاقة، وكذلك تصف الخصائص التي تحدد تفاعل الضوء مع المادة.

عندما تكون طاقة الإشعاع الممتص من قبل شبه الموصل أكبر أو مساوية تقريباً إلى قيمة فجوة الطاقة (E_g) فإنها تتسبب في انتقال الإلكترون من حزمة التكافؤ المملوءة بالإلكترونات إلى حزمة التوصيل الخالية من الإلكترونات، حيث تعرف منطقة طيف الأشعة الساقطة والتي تبدأ فيها الإلكترونات بالانتقال بحافة الامتصاص (Absorption Edge)، وان المقدار في الفرق بين طاقة ادنى نقطة في حزمة التوصيل ($C.B$) وطاقة أعلى نقطة في حزمة التكافؤ ($V.B$) يطلق عليه بفجوة الطاقة البصرية (E_g) [66].

Electronic Transitions

(7-2) الانتقالات الإلكترونية

direct Transitions

(1-7-2) الانتقال المباشر

يكون هذا الانتقال عندما ينتقل الإلكترون من قمة حزمة التكافؤ إلى قعر حزمة التوصيل لنفس النقطة في فضاء متجه الموجة k وبشكل عمودي حيث ($\Delta k = 0$) وبصورة مباشرة عندما يمتص إلكترون في حزمة التكافؤ المملوءة بالإلكترونات فوتوناً طاقته أكبر أو تساوي طاقة الفجوة ($E_g \leq h\nu$) لينتقل إلى مكان في حزمة التوصيل حيث يتحقق فيه قانون حفظ الطاقة والزخم، وتسمى المواد التي

يحدث فيها تلك الانتقالات بأشبه الموصلات المباشرة، وتكون الانتقالات الالكترونية المباشرة على نوعين [1] :

Direct allowed transition

1 - الانتقال المباشر المسموح

يحدث هذا النوع من الانتقالات عندما ينتقل الإلكترون بصورة مباشرة من أعلى قمة حزمة التكافؤ $(V.B)$ الى أدنى قعر حزمة التوصيل $(C.B)$ ، وعند نفس قيمة المتجه الموجي أي أن $(\Delta k = 0)$ [1] كما في الشكل (6a-2).

Direct forbidden transition

2- الانتقال المباشر الممنوع

عند حدوث الانتقال بين النقاط المجاورة لأعلى وأوطأ نقطة وبشكل مباشر أيضاً وعند نفس قيمة المتجه الموجي أي أن $(\Delta k = 0)$ ، وحسب المعادلة (9-2) يحدد نوع الانتقال، فإذا كان $(r=1/2)$ يكون الانتقال مباشراً مسموحاً أما إذا كان $(r=3/2)$ فإن الانتقال يكون مباشراً ممنوعاً، كما موضح في الشكل (6b-2)، وان معامل الامتصاص للانتقالات المباشرة يعطى بالعلاقة الآتية [67] .

$$\alpha h\nu = \hat{A} (h\nu - E_g)^r \quad \dots \quad (8-2)$$

اذ ان :

α : معامل الامتصاص (cm^{-1}) ، $h\nu$: طاقة الفوتون الممتص (eV) .

\hat{A} : ثابت يعتمد على خواص كل من حزمتي التكافؤ والتوصيل .

E_g : فجوة الطاقة الممنوعة (eV) . ، r : معامل أسّي مقداره يعتمد على طبيعة الانتقال .

Indirect Transitions

(2-7-2) الانتقال الغير مباشر

تكون هذه الانتقالات الالكترونية عندما ينتقل الكترون من قمة حزمة التكافؤ إلى قعر حزمة التوصيل بصورة غير عمودية ولا تتساوى قيمة متجه الموجة للإلكترون أي ان $(\Delta k \neq 0)$ و تحدث هذه الانتقالات بمساعدة الفونون من اجل حفظ الزخم (Conservation of momentum) الناتج عن تغيير متجه الموجة (Wave vector) للإلكترون، تكون الانتقالات غير المباشرة على نوعين [1] :

Indirect allowed transition s

1- الانتقال غير المباشر المسموح

يحدث هذا الانتقال عندما ينتقل الكترون من أعلى نقطة في حزمة التكافؤ الى أوطأ نقطة من حزمة التوصيل وفي مناطق مختلفة لفضاء (k) كما في الشكل (6c-2) .

Indirect forbidden transitions

2- الانتقال غير المباشر الممنوع

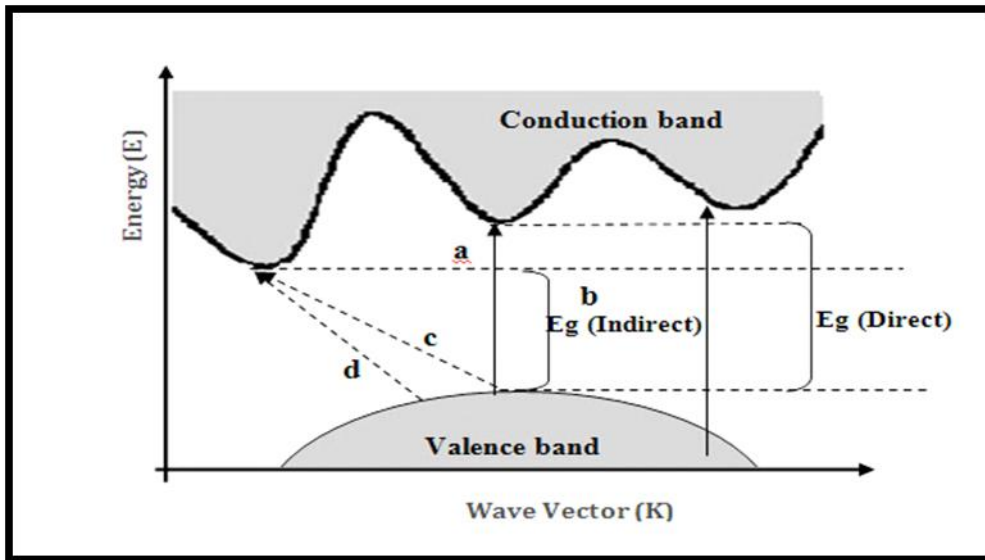
هي الانتقالات التي تحدث بين نقاط مجاورة لأعلى وأوطأ نقطة في حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل ولمناطق مختلفة لفضاء (k) [62] ، وكما موضح بالشكل (6d-2) .
وان معامل الامتصاص للانتقال غير المباشر بمصاحبة فونون ممتص أو منبعث يعطى بالمعادلة الآتية [67].

$$(\alpha h\nu) = \hat{A} (h\nu - E_g \pm E_p)^r \quad \dots \quad (9-2)$$

حيث ان :

r: ثابت يعتمد على طبيعة الانتقال يكون (2) للانتقال الغير مباشر المسموح ، ويكون (3) للانتقال الغير مباشر الممنوع .

E_p : طاقة الفونون ، الاشارة (+) تعني انبعاث الفونون ، والاشارة (-) هي امتصاص للفونون .



شكل (6-2) انواع الانتقالات الالكترونية (a) انتقال مباشر مسموح، (b) انتقال مباشر ممنوع (c) انتقال غير مباشر مسموح ، (d) انتقال غير مباشر ممنوع [68] .

Optical Transmittance

(8-2) النفاذية البصرية

النفاذية (T) هي النسبة بين شدة الإشعاع النافذ (I_T) من الغشاء الرقيق الى شدة الإشعاع الساقط (I_0) ويعبر عنها بالعلاقة الآتية [69] :

$$T = \frac{I_T}{I_0} \quad \dots \quad (10 - 2)$$

ان مادة شبه الموصل عندما تتعرض إلى حزمة من الأشعة فان جزءاً من هذه الاشعة الساقطة سوف ينفذ، وأن الشدة النافذة للأشعة تعتمد على طاقة الفوتونات الساقطة وخصائص مادة شبه الموصل وكذلك تعتمد على سُمك الأغشية ودرجة حرارة التحضير و نسبة الإضافة من الشوائب .

Absorbance Optical

(9-2) الامتصاصية البصرية

أن النسبة بين شدة الإشعاع الممتص من قبل الغشاء (I_A) إلى شدة الإشعاع الساقط عليه (I_0) تعرف بالامتصاصية (A)، اذ تمثل النقص الحاصل في طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي عند دخوله الى الغشاء، تعتمد الامتصاصية على طبيعة وسُمك شبه الموصل، و يعبر عنها بالعلاقة الآتية : [70]

$$A = \frac{I_A}{I_0} \quad \dots \quad (11 - 2)$$

Optical Reflectance

(10-2) الانعكاسية البصرية

أن النسبة بين شدة الشعاع الساقط الى شدة الشعاع المنعكس عند الحد الفاصل بين وسطين تعرف بالانعكاسية (R)، يمكن حساب الانعكاسية حسب قانون حفظ الطاقة ومن خلال معرفة قيمة كل من النفاذية (T) والامتصاصية (A) [70] :

$$R+T+A=1 \quad \dots \quad (12-2)$$

Optical Constants

(11-2) الثوابت البصرية

يوجد الكثير من الطرق لإيجاد وحساب الثوابت البصرية من طيفي الامتصاصية والنفاذية والتي تشمل معامل الامتصاص ،معامل الانكسار، معامل الخمود وفجوة الطاقة البصرية.

Absorption Coefficient

(1-11-2) معامل الامتصاص

أن نسبة النقص الحاصل في فيض طاقة الاشعاع الساقط بالنسبة إلى وحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط يعرف بمعامل الامتصاص (α) [71] ، ويعتمد معامل الامتصاص (α) على خصائص شبه الموصل من حيث فجوة الطاقة ونوع الانتقالات الالكترونية التي تحدث بين حزم الطاقة وعلى طاقة الفوتونات الساقطة $(h\nu)$ من خلال العلاقة الآتية [72]:

$$E = h\nu \quad \dots \quad (13-2)$$

عندما تكون طاقة الفوتون الساقط أقل من قيمة فجوة الطاقة فإن الفوتون سوف ينفذ ، ويعبر عن النفاذية هنا بالعلاقة الآتية [72] :

$$T = (1 - R)^2 e^{-\alpha t} \quad \dots \quad (14 - 2)$$

(t) سمك الغشاء

ومن خلال علاقة النفاذية مع الامتصاصية [73] :

$$A = \text{Log} \frac{1}{T} \quad \dots \quad (15 - 2)$$

$$T = e^{-2.303A} \quad \dots \quad (16 - 2)$$

ومن خلال تساوي المعادلتين (14-2) و (16-2) نحصل على :

$$e^{-2.303A} = (1 - R)^2 e^{-\alpha t} \quad \dots \quad (17 - 2)$$

ومنها نحصل على :

$$A = \frac{1}{2.303} (\alpha t - 2 \text{Ln} (1 - R)) \quad \dots \quad (18 - 2)$$

وللتخلص من الحد $(2 \text{Ln} (1 - R))$ الذي يمثل الانعكاسية للغشاء .

وعند تحضير غشائين من المادة نفسها فان الانعكاسية تكون متساوية في الظروف نفسها .

فإذا كان سُمك الغشاء الأول t_1 وانعكاسيته R_1

فإن امتصاصيته A_1 :

$$A_1 = \frac{1}{2.303} (\alpha t_1 - 2 \text{Ln} (1 - R_1)) \quad \dots \quad (19 - 2)$$

إذا كان سُمك الغشاء الأول t_2 وأنعكاسيته R_2 فإن امتصاصيته A_2 :

$$A_2 = \frac{1}{2.303} (\alpha t_2 - 2 \ln (1 - R_2)) \quad \dots \quad (20 - 2)$$

وبطرح المعادلة (19-2) من (20-2) في حالة R صغيرة جدا نحصل على معامل الامتصاص

$$\alpha(\Delta t) = 2.303 \Delta A \quad \dots \quad (21-2)$$

ويمكن كتابة المعادلة كما يلي [72] :

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \quad \dots \quad (22 - 2)$$

حيث (t) سمك الغشاء بوحدة (cm) ، (A) الامتصاصية

Refractive Index

(2-11-2) معامل الانكسار

تدعى النسبة بين سرعة الضوء (c) في الفراغ الى سرعته في وسط ما (v) بمعامل الانكسار (n) ، ويعتمد معامل الانكسار على نوع المادة وعلى تركيبها البلوري ويعبر عنه بالمعادلة الآتية [74] :

$$n = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (k_o^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \quad \dots \quad (23 - 2)$$

Extinction Coefficient

(3-11-2) معامل الخمود

معامل الخمود k_o هو كمية الطاقة الممتصة في الغشاء الرقيق، ويمثل كمية ما تمتصه الكترونات المادة من طاقة الفوتونات الساقطة، بمعنى اخر انه يمثل الخمود او التوهين الحاصل في الموجه الكهرومغناطيسية في داخل المادة ، ويعبر عنه بالعلاقة التالية [75] :

$$k_o = \alpha \lambda / 4\pi \quad \dots \quad (24-2)$$

Optical Energy Gap

(4-11-2) فجوة الطاقة البصرية

تعد فجوة الطاقة من الثوابت البصرية المهمة ، وتعد دالة لدرجة الحرارة اذ تتغير قيمتها تغيراً بسيطاً مع تغير درجة الحرارة (T) حيث تزداد فجوة الطاقة في بعض أشباه الموصلات في حين تقل في بعضها الآخر، ان فجوة الطاقة لشبه الموصل النقي لا تكون خالية تماماً حيث توجد فيها مستويات موضعية ناتجة من العيوب التركيبية . ويمكن حساب فجوة الطاقة للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة من خلال رسم العلاقة البيانية بين (hv) و $(ahv)^2$ وحسب المعادلة (9-2) بواسطة مد أفضل خط مستقيم يكون امتداده قاطعا لمحور طاقة الفوتون (hv) . إذ يتم تحديد قيمة فجوة الطاقة من خلال نقطة التقاطع مع محور x التي يكون عندها $(ahv)^2 = 0$ [76] .

Electrical conductivity

(12-2) التوصيلية الكهربائية

تعرف التوصيلية الكهربائية σ بأنها عامل التناسب بين كثافة التيار الكهربائي (J) والمجال الكهربائي E [77] .

$$J = \sigma E \quad \dots \quad (25 - 2)$$

تعد اكثر اشباه الموصلات هي مواد متعددة التبلور تلعب فيها الحدود الحبيبية دورا مهما في تحديد الخصائص الفيزيائية لان هذه الحدود تعتبر عيوباً بلورية ينشأ من خلالها حاجز الجهد الالكتروستاتيكي على جانبي الحبيبات الذي يعمل على إعاقة سريان أغلبية حاملات الشحنة كما تسبب هذه العيوب تكوين مستويات طاقة مسموحة تقع ضمن فجوة الطاقة الممنوعة . ويتم إيجاد المقاومة من خلال العلاقة الاتية [18]:

$$\rho = \frac{R \cdot b \cdot t}{L} \quad \dots \quad (26 - 2)$$

R: مقاومة الغشاء ، b : عرض القطب (cm) ، t: سمك الغشاء (cm) ، L: المسافة بين قطبي الالمنيوم (cm) .

ويتم حساب التوصيلية المستمرة من حساب مقلوب قيمة المقاومة النوعية [18]:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \dots \quad (27 - 2)$$

ومن رسم العلاقة البيانية بين $\ln\sigma$ ومقلوب درجة الحرارة المطلقة، حيث أنها تساوي ميل المستقيم من الرسم البياني مضروباً بثابت بولتزمان (k_B) بوحدات الالكترن فولت (eV) ويتم حساب طاقة التنشيط وفقاً للمعادلة الاتية [1] :

$$\sigma = \sigma_0 e^{-Ea/k_B T} \quad \dots \quad (28 - 2)$$

حيث ان: σ_0 : اقل توصيلية معدنية ، k_B : يمثل ثابت بولتزمان بوحدات (eV) ، Ea : طاقة التنشيط التي تساوي قوة أصرة (الكترن – ذرة) حيث تعرف بأنها الشغل اللازم لتحرير الالكترن من ذرته في المادة .

إن المعادلة أعلاه تمثل التوصيلية الكهربائية المستمرة التي تحصل في الدرجات الحرارية العالية وتتم من خلال الإثارة الحرارية (Thermal Excitation) لحاملات الشحنة، أما عند الدرجات الحرارية الأوطأ فإن التوصيلية تتم بسبب إثارة حاملات الشحنة إلى المستويات الموضعية بالإضافة إلى عملية التنطط (Hopping) بمساعدة الفونونات [78] وعند تسليط مجال كهربائي على شبه الموصل فإن نوعين من حاملات الشحنة تشارك في عملية التوصيل الكهربائي هما الإلكترونات والفجوات، وبحسب معادلة التوصيلية لشبه الموصل الآتية [79] وبأخذ اللوغاريتم الطبيعي لطرفي المعادلة (29-2) نحصل على:

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_a}{k_B T} \quad \dots \quad (29 - 2)$$

بذلك تكون طاقة التنشيط تساوي ميل المستقيم للعلاقة البيانية بين $\ln \sigma$ ومقلوب درجة الحرارة $1000/T$ مضروباً بثابت بولتزمان بوحدة (eV).

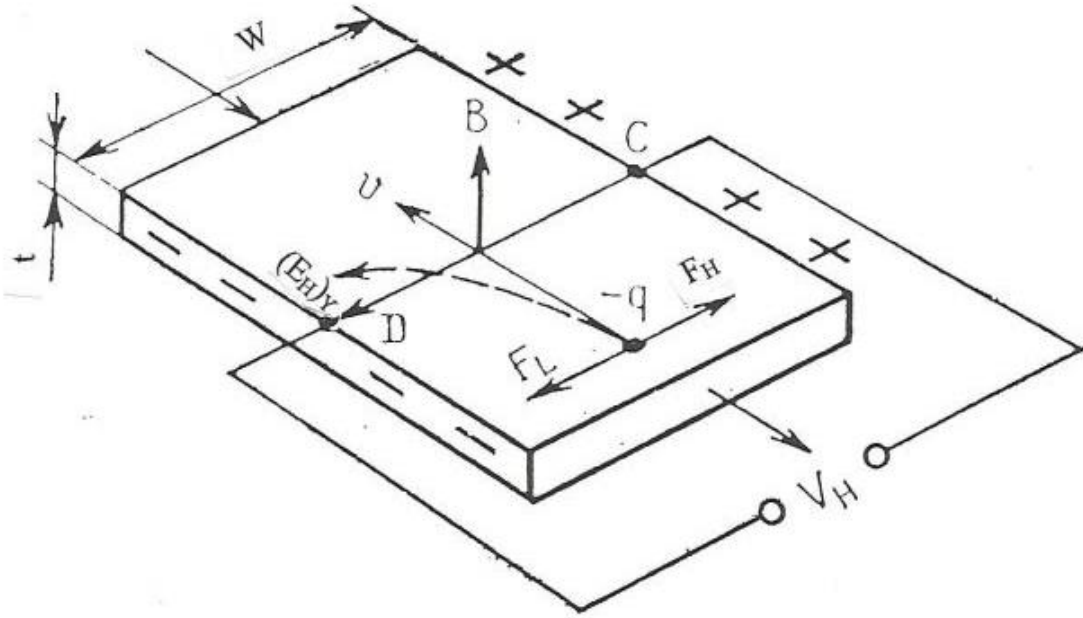
إذا كان شبه الموصل يحتوي على شوائب مانحة أو قابلة فليس هنالك إلكترون أو فجوة (Hole) حرة تماماً في درجة (0K) وعند زيادة درجة الحرارة فإن إلكترونات الشوائب تكون أول من يفلت من الأواصر التساهمية لأن طاقة تنشيط إلكترونات ذرات الشوائب أقل من طاقة تنشيط إلكترونات ذرات شبه الموصل، وذلك يؤدي إلى تأين ذرات الشوائب [10]. وبزيادة درجة الحرارة أكثر فإن التوصيلية الذاتية ستلعب دوراً مهماً حيث أن إلكترونات حزمة التكافؤ ستأخذ كمية كافية من الطاقة الحرارية لعبور فجوة الطاقة إذ أن مراكز الشوائب ستنفذ أي تستطيع أن تزود حزمة التوصيل بالإلكترونات [80]. كذلك يوجد عامل مهم في تحديد تحركية حاملات الشحنة في الأغشية متعددة التبلور وهو وجود الحبيبات البلورية إذ يؤثر حجم الحبيبات وطبيعة حواجز الجهد التي تتولد عند حدود الحبيبات على حركة حاملات الشحنة [81].

Hall Effect

(13-2) تأثير هول

إن مرور تيار في موصل يمكن أن يعزى إلى حاملات شحنة موجبة تتحرك في اتجاه التيار أو سالبة تتحرك في عكس اتجاه التيار أو كلاهما معاً. ولتحديد حاملات الشحنة قام العالم إدوين هول (Edwin Hall) في العام 1879 بتصميم تجربة عملية لتحديد نوع حاملات الشحنة في مادة الموصل وكذلك تمكن من إيجاد عدد حاملات الشحنة لكل وحدة حجم. كما توفر هذه التجربة وسيلة لقياس شدة المجال المغناطيسي. وتقوم فكرة تجربة هول كالتالي: عند وضع قطعة من مادة موصلة في شكل

شريحة يمر بها تيار كهربائي في اتجاه محور x، في مجال مغناطيسي (B) خارجي عمودي على مستوى الشريحة على المحور y كما في الشكل (2-7)، ينشئ على جانبي الشريحة على المحور z فرق جهد يدعى بفرق جهد هول (Voltage Hall) [82].



شكل (2-7) ظاهرة تأثير هول لشبه الموصل من نوع (n-type) [83] .

يمكن إيجاد معامل هول (R_H) من العلاقة [21] :

$$R_H = \frac{V_H}{I} \cdot \frac{t}{B} \quad \dots \quad (2 - 30)$$

حيث ان I : التيار المار في الشريحة، t : سمك العينة ، B : شدة المجال المغناطيسي. فإذا كان ميل العلاقة أعلاه سالباً، فإن حوامل الشحنات ذات إشارة سالبة وإن شبه الموصل يحتوي على فيض من الإلكترونات وهو من النوع السالب (n-type)، أما إذا كان الميل موجباً فيدل ذلك على أن حوامل الشحنات ذات شحنة موجبة وإن شبه الموصل يحتوي على فيض من الفجوات وهو من النوع الموجب (p-type).

ويمكن حساب تركيز حاملات الشحنة بالعلاقتين [18] :

$$R_H = \frac{-1}{ne} \quad \dots \quad (2 - 31)$$

$$R_H = \frac{1}{np} \quad \dots \quad (2 - 32)$$

حيث ان : n : تركيز حوامل الشحنات السالبة (الإلكترونات) (cm^{-3}) ، P : تركيز حوامل الشحنات الموجبة (الفجوات) (cm^{-3}) ، e : شحنة الإلكترون .

Annealing

(14-2) التلدين

التلدين هو زيادة درجة حرارة العينة تحت درجة انصهارها مع استمرارية الثبات عند درجة حرارة معينة للوصول للتجانس الحراري عند جميع اجزاء العينة حيث يعاد ترتيب مواقع الذرات مما يطرأ عادة تغير في التركيب البلوري للمادة وكذلك تغير كثافة الانخلاعات ، وقد تجري عملية التلدين في الفراغ أو بوجود غاز معين أو بالهواء وقد تتم بأفران خاصة أو باستخدام تقنية الليزر، وقد تسبب نقصان في قيمة فجوة الطاقة للغشاء نتيجة لتكوين مستويات موضعية داخل فجوة الطاقة مما يقلل من مقاومة الغشاء وزيادة التوصيلية الكهربائية أو قد تسبب عملية التلدين زيادة في قيمة فجوة الطاقة للغشاء وبالتالي تؤدي الى زيادة المقاومة نتيجة نقصان المستويات الموضعية داخل فجوة الطاقة وبالتالي نقصان التوصيلية الكهربائية، تقسم عملية التلدين الى [84,85]:

1- التلدين الحراري السريع

في هذا النوع من التلدين تتعرض المادة الى حرارة لمدة زمنية تقريبا (100 sec) .

2- التلدين الحراري التقليدي

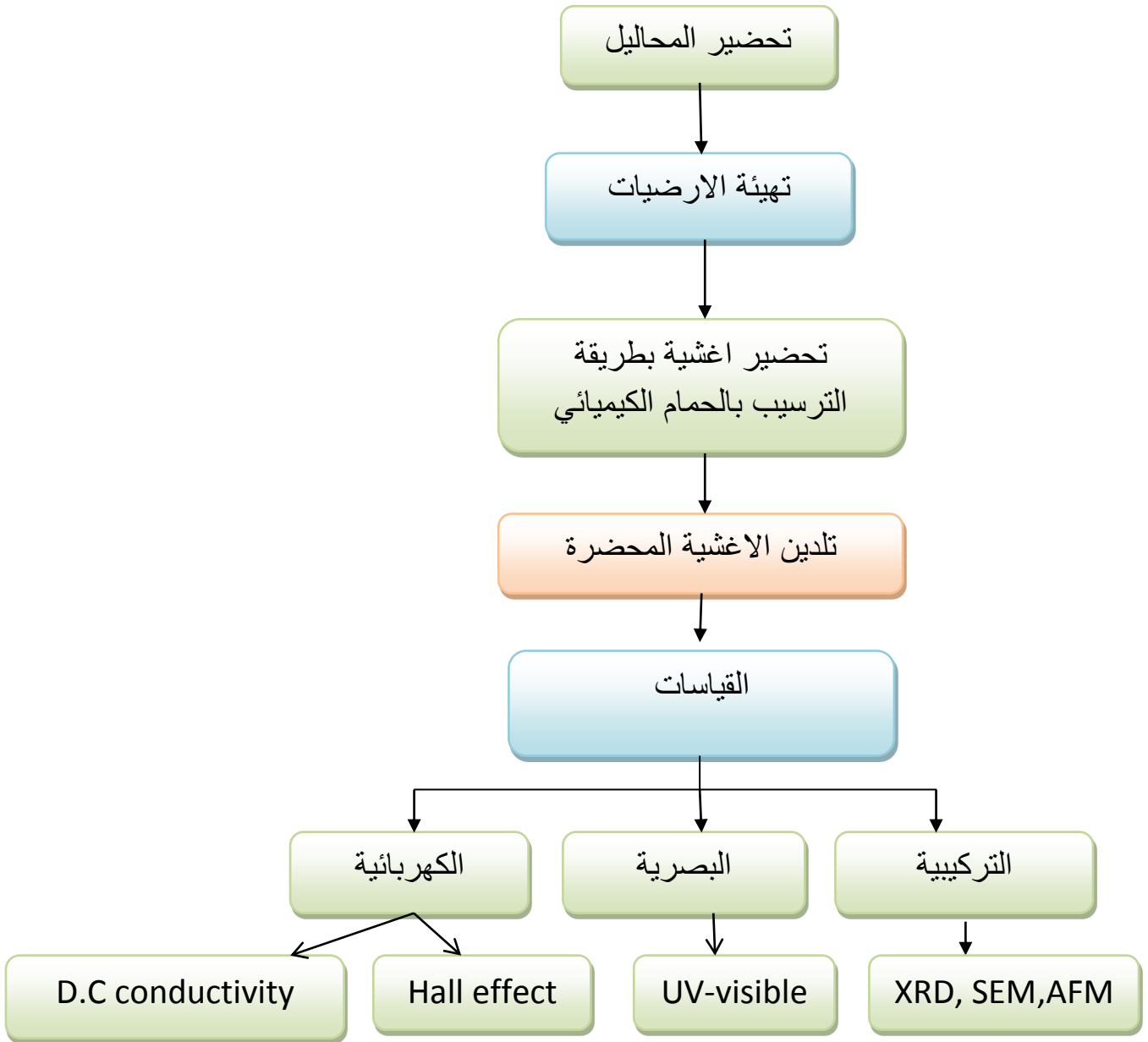
وهو التلدين الذي يستخدم بالفرن الحراري لمعالجة العيوب البلورية ويختلف عن التلدين الحراري السريع من حيث زمن التلدين، تتم عملية التلدين عن طريق الطور الصلب وان أقل مدة زمنية لازمة لعملية التلدين الحراري هو من (15-20 min) .

الفصل الثالث

الجزء العملي

Introduction**(1-3) المقدمة**

يتضمن هذا الفصل وصفاً تفصيلياً لمنظومة الترسيب بالحمام الكيميائي المستخدمة، والخطوات المعتمدة لتحضير أغشية (CdS) وبسمك $(150,300,450 \pm 20)$ nm والمشوب بالألمنيوم والليثيوم وبنسب حجمية % (2.5,5,7.5) وبسمك (450 ± 20) nm، وتلدين الأغشية المحضرة بدرجة حرارة (300°C) ، والتعرف على الاجهزة المستخدمة في اجراء الفحوصات التركيبية والبصرية والكهربائية وفيما يلي مخطط يبين الخطوات المتبعة في الجزء العملي :

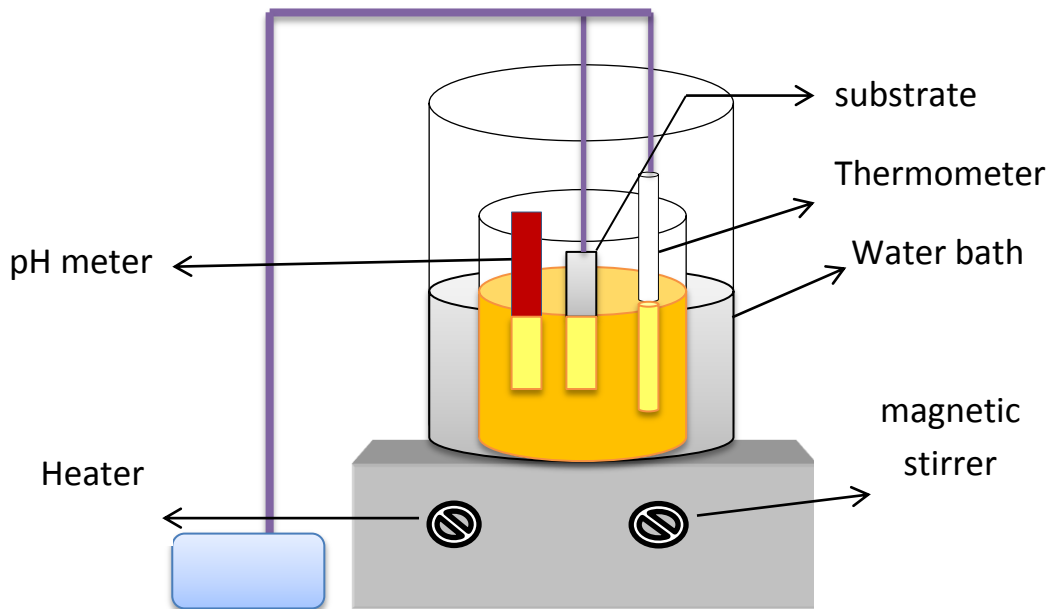


مخطط (1-3) الخطوات المتبعة في الجزء العملي

(2-3) منظومة الترسيب بالحمام الكيميائي Chemical bath deposition system

تتكون منظومة الترسيب بالحمام الكيميائي من أدوات بسيطة ومتوفرة محليا، ويمكن من خلالها ترسيب اغشية رقيقة وعلى أرضيات مختلفة، والشكل (2-3) يبين الاجزاء البسيطة للمنظومة وهي تتألف من :

- 1- الخلاط المغناطيسي مع مصدر للحرارة (magnetic stirrer hot plate) .
- 2- حامل مع ماسك .
- 3- pH meter : يستخدم لقياس الحامضية والقاعدية للمحلول المُحضّر ،مجهز من شركة (HANNA) نوع (pHep, RI02895,Romania) .
- 4- مقياس حرارة (Thermometer) يستخدم لقياس درجة حرارة المحلول .
- 5- بيكرات (Beakers) مختلفة في الاحجام .



شكل (2-3) منظومة الترسيب بالحمام الكيميائي .

(3-3) ترسيب الأغشية الرقيقة**Cleaning substrates****(1-3-3) تنظيف الارضيات**

الارضيات المستخدمة في هذا البحث من الزجاج أبعادها تقريبا (7.62×2.54×0.1) cm وتم تهيئة هذه الارضيات وذلك بتنظيفها جيداً بالماء ومسحوق الغسيل للتخلص من الاتربة والعوالق الكبيرة ،بعد ذلك تغمر بالماء المقطر وتوضع في جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة (10 min) ،وبعد ذلك توضع في محلول الاسيتون ذو نقاوة (99.5%) ووضعه في جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة (10 min) ،ثم توضع الارضيات في الماء المقطر الخالي من الأيونات لمدة (10 min) ،ثم تجفف بفرن حراري بدرجة 50°C لمدة (15 min) ومن ثم حساب وزنها بواسطة ميزان رقمي ذي حساسية 10^{-4} g .

Solutions preparation**(2-3-3) تحضير المحاليل**

1- تحضير محاليل اغشية CdS النقية *Preparation pure CdS films* : لتحضير محاليل أغشية كبريتيد الكاديوم النقية تم استخدام خلاص الكاديوم المائية $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ كمصدر لأيونات الكاديوم مجهزة من شركة (CDH-India)، وهو عبارة عن مسحوق أبيض سريع الذوبان في الماء ذات وزن جزيئي (266.53g/mol) ونقاوة 98.0%، حيث تم تحضيره في درجة حرارة الغرفة وبتركيز (0.025M) ومن خلال معادلة (1-3) [86] .

$$W_t = \frac{M_{wt} * V * M_o}{1000} \quad (1 - 3)$$

(M_o) التركيز المولاري .

(W_t) الوزن المراد إذابته .

(M_{wt}) الوزن الجزيئي .

(V) حجم الماء المقطر بوحدة (ml) .

حيث تم إذابة (1.33 g) في (200 ml) من الماء المقطر الخالي من الايونات ووضعه على الخلاط المغناطيسي لمدة (10 min) وذلك للحصول على الإذابة التامة ويصبح محلول رائق عديم اللون ، بعد ذلك توضع عليه كمية (10±3)ml من محلول الأمونيا (NH_3) (المجهزة من شركة CHD-India) وبتركيز 25% وذات وزن جزيئي (17.03 g/mol) لغرض زيادة القاعدية للمحلول فيتحول محلول

خلات الكاديوم $Cd(CH_3COO)_2$ الى لون حليبي ومع استمرارية الاضافة قطرات من محلول الامونيا يصبح $pH=9.5$ وعندها يصبح المحلول شفاف عديم اللون ، بعد ذلك يتم ترشيح المحلول للتخلص من الرواسب والجزيئات الكبيرة .

وفي اثناء ذلك وبدرجة حرارة الغرفة يتم تحضير محلول الثايوريا $(NH_2)_2CS$ وبتركيز (0.05 M) كمصدر لأيون الكبريت (المجهزة من شركة CHD-India ذات وزن جزيئي (76.12 g/mol) ونقاوة (98.0%) وهو عبارة عن مسحوق ابيض سريع الذوبان في الماء المقطر، ومن خلال المعادلة (1-3) تم اذابة (0.76 g) في (200 ml) من الماء المقطر الخالي من الأيونات و باستخدام جهاز الخلط المغناطيسي لمدة 10 min لضمان ذوبان المحلول بشكل تام ويتم ترشيحه للتخلص من العوالق والجزيئات الكبيرة .

بعد ذلك يتم وضع المحلولان خلات الكاديوم والثايوريا في بيكر 500 ml ووضعه داخل حمام مائي كما في الشكل (2-3) ثم تغمر الارضيات داخل المحلول وبصورة عمودية للحصول على ترسيب متجانس لجميع أجزاء الغشاء، وباستخدام جهاز الخلط المغناطيسي يتم تحريك المحلول مع الحرارة ولمدة زمنية معينة وكما في الجدول (1-3) للحصول على اغشية CdS النقي وبسُمك $(150,300,450 \pm 20)$ nm .

2- التشويب بالألمنيوم (*Doping of Al*) : تم استخدام مادة كبريتات الالمنيوم المائية $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ ذات مسحوق ابيض وسريعة الذوبان في الماء (المجهزة من شركة CHD-India ذات وزن جزيئي 630.38 g/mol ونقاوة 99.5%) وبتركيز (0.025 M)، وحسب المعادلة (1-3) وفي درجة حرارة الغرفة تم اذابة (1.575 gm) في (100 ml) من الماء المقطر الخالي من الايونات وباستخدام جهاز الخلط المغناطيسي لمدة 10 min لضمان الذوبان التام ، وتم تشويب الاغشية المحضرة وبنسب حجمية (2.5,5,7.5%) وكما موضحة في الجدول (2-3) وبسُمك 450nm .

3- التشويب بالليثيوم (*Doping of Li*): تم استخدام مادة كلوريد الليثيوم (LiCl) وهي مسحوق ابيض سريع الذوبان في الماء المقطر (المجهزة من شركة Fluka-Switzerland ذات وزن جزيئي 42.39 g/mol ونقاوة 99.5%) وبتركيز (0.1 M)، وحسب المعادلة (1-3) وفي درجة حرارة الغرفة تم اذابة (0.211 g) في (50 ml) من الماء المقطر الخالي من الأيونات، وباستخدام جهاز الخلط المغناطيسي لمدة 10 min لضمان الذوبان التام ، حيث تم تشويب الاغشية المحضرة وبنسب حجمية (2.5,5,7.5%) وكما موضحة ايضاً في الجدول (2-3) وكذلك بسُمك 450 nm .

جدول (1-3) المعلمات المستخدمة في عملية الترسيب.

Thickness (nm)	Time Deposition (min)	Temperature (°C)	PH
150	10	75	9.5
300	15	75	9.5
450	20	75	9.5

جدول (2-3) النسب الحجمية للمحاليل المستخدمة لتحضير الاغشية.

$Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ (0.025M) $(NH_2)_2CS$ (0.05M)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ (0.025M) or $LiCl$ (0.1M)	النسبة المئوية للشائبة
400ml	0	0%
390ml	10ml	2.5%
380ml	20ml	5%
370ml	30ml	7.5%

Thin Films Annealing

(4-3) تليدين الاغشية الرقيقة

لغرض إعادة تنظيم التركيب البلوري للمادة وكذلك العيوب البلورية يتم تليدين الاغشية المحضرة حيث تمنح الذرات الطاقة الحركية اللازمة لإعادة ترتيب نفسها في الشبكة البلورية، حيث استخدم الفرن الكهربائي نوع (MATEST) ذو مدى $1200^\circ C$ ، تم تليدين جميع الاغشية النقية والمشوبة بدرجة حرارة $(300^\circ C)$ ولفترة زمنية 1 hr .

Measurements

(5-3) القياسات

بعد اكتمال عملية الترسيب للاغشية المحضرة النقية والمشوبة يتم اجراء القياسات الاتية :

Thickness Measurement

(1-5-3) قياس السمك

تم قياس سمك الاغشية الرقيقة بالطريقة الوزنية حيث يتم وزن الارضيات الزجاجية بعد اكتمال تنظيفها وقبل عملية الترسيب بواسطة ميزان رقمي ذو حساسية $10^{-4} g$ فتكون كتلتها m_1 ، وبعد

اكتمال عملية الترسيب يتم إعادة وزنها فتكون كتلتها m_2 وتحسب كتلة الغشاء من خلال الفرق بين الكتلتين قبل وبعد الترسيب ومن ثم حساب السمك (t) بعد معرفة أبعاد الغشاء ومن خلال المعادلة الآتية [57]:

$$t = \frac{m_2 - m_1}{\rho * A} \quad (2 - 3)$$

حيث ان: ρ كثافة الغشاء Cds ، A مساحة سطح الغشاء

وعند التشويب بالألمنيوم أو الليثيوم يتم حساب الكثافة الكلية من خلال العلاقة التالية :

الكثافة الكلية = ρ_{total} = كثافة Cds x نسبتها الحجمية + كثافة المادة الشائبة (Al, Li) x نسبتها الحجمية .

X-ray diffraction technique

(2-5-3) تقنية حيود الأشعة السينية

تم استخدام تقنية حيود الأشعة السينية (XRD) للتعرف على التركيب البلوري الدقيق للغشاء ، حيث تم تسليط اشعة سينية على الغشاء ستظهر قمم وفقاً لانعكاسات (براك) تمثل الذرات المترتبة باتجاه معين، ومن خلال البيانات الناتجة من فحوصات الاغشية المحضرة يمكن حساب الحجم الحبيبي وثوابت الشبكة وكثافة الانخلاعات وعدد الحبيبات والمطاوعة المايكروية ، وتكون مواصفات جهاز حيود الأشعة السينية الذي تم استخدامه في جامعة بغداد ابن الهيثم كالتالي :

Type	XRD- 6000 Shimadzu
Target	Cu-Kα
Wave Length	1.54060 °A
Speed	5deg/min
Current	30mA
Voltage	40KV

Scanning Electron Microscopy (SEM) المجهر الإلكتروني الماسح (3-5-3)

لدراسة طبوغرافية السطح ومعرفة التركيب الداخلي للأغشية المحضرة ومدى تجانسية الغشاء تم استخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) نوع (SEM Manufacturer: FEL , Quanta) في جامعة بابل كلية الصيدلة كما في الشكل (3-3) .



شكل (3-3) جهاز (SEM).

(4-5-3) (AFM) مجهر القوة الذرية

لغرض معرفة خصائص تضاريس السطح وتوزيع الحبيبات ومعدل خشونة السطح تم استخدام جهاز مجهر القوة الذرية (AFM) وهو جهاز ذو قدرة تحليلية كبيرة حيث تم استخدامه في جامعة بغداد كلية العلوم ويحمل المواصفات الآتية :

standard unit 10 micron by 10 micron

Type SPM AA3000 / Angstrom
Advanced Inc.

Company U.S.A

Optical Measurements القياسات البصرية (6-3)

تم فحص الاغشية الرقيقة المحضرة (CdS) النقية والمشوبة بالألمنيوم والليثيوم وكذلك الاغشية المُلدنة بواسطة جهاز (UV/Visible 1800 ,Cyprus) جامعة بغداد ابن الهيثم كما

في الشكل (3-4) وتم تسجيل طيفي النفاذية والامتصاصية لمدى الاطوال الموجية من (300- 1100) nm حيث تم حساب الانعكاسية، معامل الامتصاص، معامل الخمود، معامل الانكسار وفجوة الطاقة البصرية .



شكل (3-4) جهاز UV-Visible .

Electrical Measurements

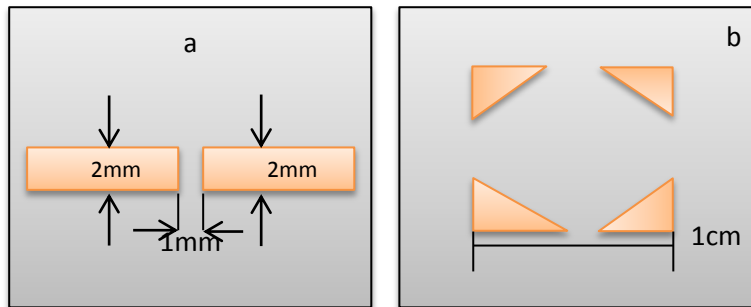
(3-7) القياسات الكهربائية

تم إجراء فحوصات تأثير هول (Hall effect)، وحساب المقاومة و التوصيلية الكهربائية المستمرة ومنها حساب طاقة التنشيط .

Masks Preparation

(3-7-1) تحضير الاقنعة

تم تحضير الاقنعة (Masks) المعدة لترسيب الاقطاب الكهربائية لقياس تجربة تأثير هول (Hall Effect) والتوصيلية المستمرة (Electrical Conductivity) باستخدام رقائق من الالمنيوم بحجم يتلائم مع حجم الغشاء الرقيق وكما في الشكل (3-5)، حيث تم ترسيب الاقطاب في منظومة التبخير الحراري نوع (Edward 306-Thermal Evaporation Coating Unit) وضغط 10^{-3} (mbar) ، حيث تم استخدام الالمنيوم ذو النقاوة (99.9%) كمادة للأقطاب .



شكل (3-5) الاقنعة المستخدمة لترسيب الاقطاب الكهربائية

a: D.C conductivity b: Hall Effect .

Hall Effect Measurement**(2-7-3) قياس تأثير هول**

لتحديد خصائص أشباه الموصلات اذا كانت المادة من نوع n-type او من النوع p-type كذلك لتحديد كثافة حاملات الشحنة والتحركية وتركيز الحاملات ومعامل هول يستخدم قياس تأثير هول كما في الشكل (6-3) في جامعة بابل كلية العلوم والذي يحمل المواصفات الاتية :

Maximum sample size :	20 mm * 20 mm
Measurement Temperature :	300K, 77K
Resistivity Range :	10^{-4} to 10^7 (R .cm)
Magnet Flux Density :	0.55 T
Current Source : Range :	ln A – 20 mA
Mobility ($cm^2/V.s$) :	$1 \approx 10^7$
Density (cm^{-3}):	$10^7 \approx 10^{21}$

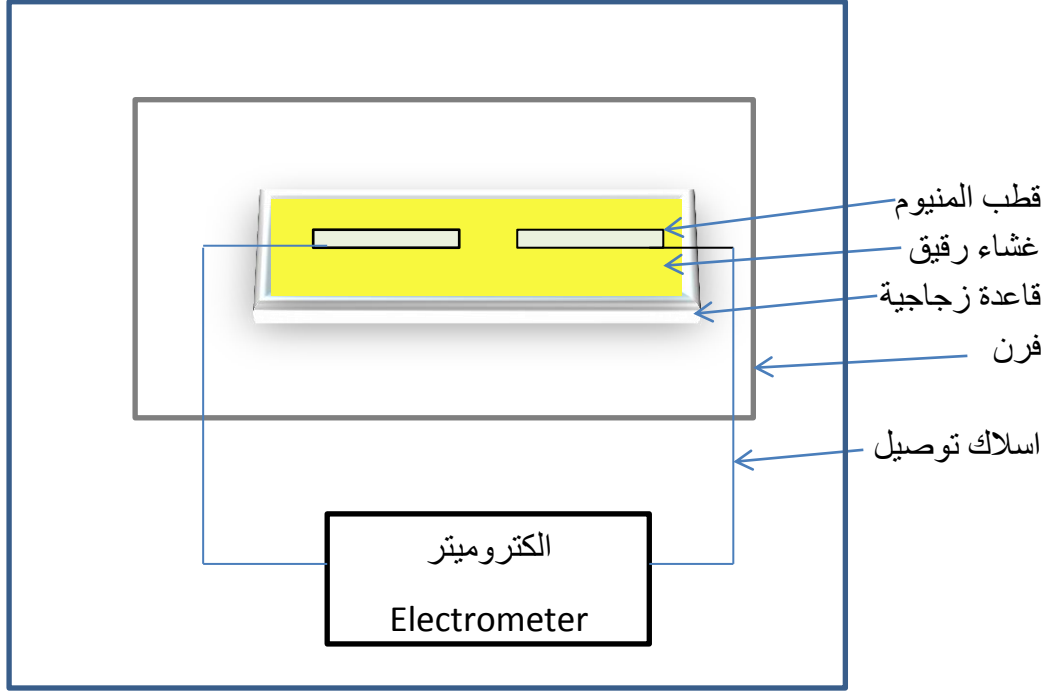


شكل (6-3) جهاز قياس تأثير هول .

(3-7-3) قياس التوصيلية الكهربائية المستمرة**D.C. Electrical Conductivity Measurement**

تم اجراء حساب التوصيلية المستمرة لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالألمنيوم والليثيوم قبل وبعد التلدين، وذلك من خلال دراسة اختلاف مقاومة الغشاء مع درجات الحرارة باستخدام الدائرة الكهربائية في الشكل (7-3) ويتم ذلك بوضع العينات داخل فرن حراري، ويتم تثبيت أسلاك من النحاس المعزول على أقطاب الألمنيوم باستخدام سيلفر بيست لغرض زيادة جودة التوصيل، ثم توصل الاسلاك بطرفي جهاز (Keithley 616 Digital Electrometer) حيث يحتوي الفرن على محرار

لقياس درجة الحرارة داخل الفرن ليتم قياس المقاومة كدالة لدرجة الحرارة للأغشية المحضرة ومنها يمكن حساب مقاومة الغشاء والتوصيلية وكذلك حساب طاقة التنشيط .



شكل [7-3] الدائرة الكهربائية المستخدمة لقياس التوصيلية الكهربائية المستمرة .

الفصل الرابع

النتائج و المناقشة

(1-4) المقدمة

Introduction

يشمل هذا الفصل القياسات التي اجريت لأغشية كبريتيد الكادميوم (CdS) النقية والمشوبة بالألمنيوم والليثيوم وبنسب حجمية (7.5% , 5 , 2.5) الذي يتضمن النتائج للخواص التركيبية والبصرية والكهربائية ومناقشة تلك النتائج وفقا لمتغيرات سمك الاغشية، نسب التشويب، وتلدين الاغشية .

(2-4) نتائج القياسات التركيبية

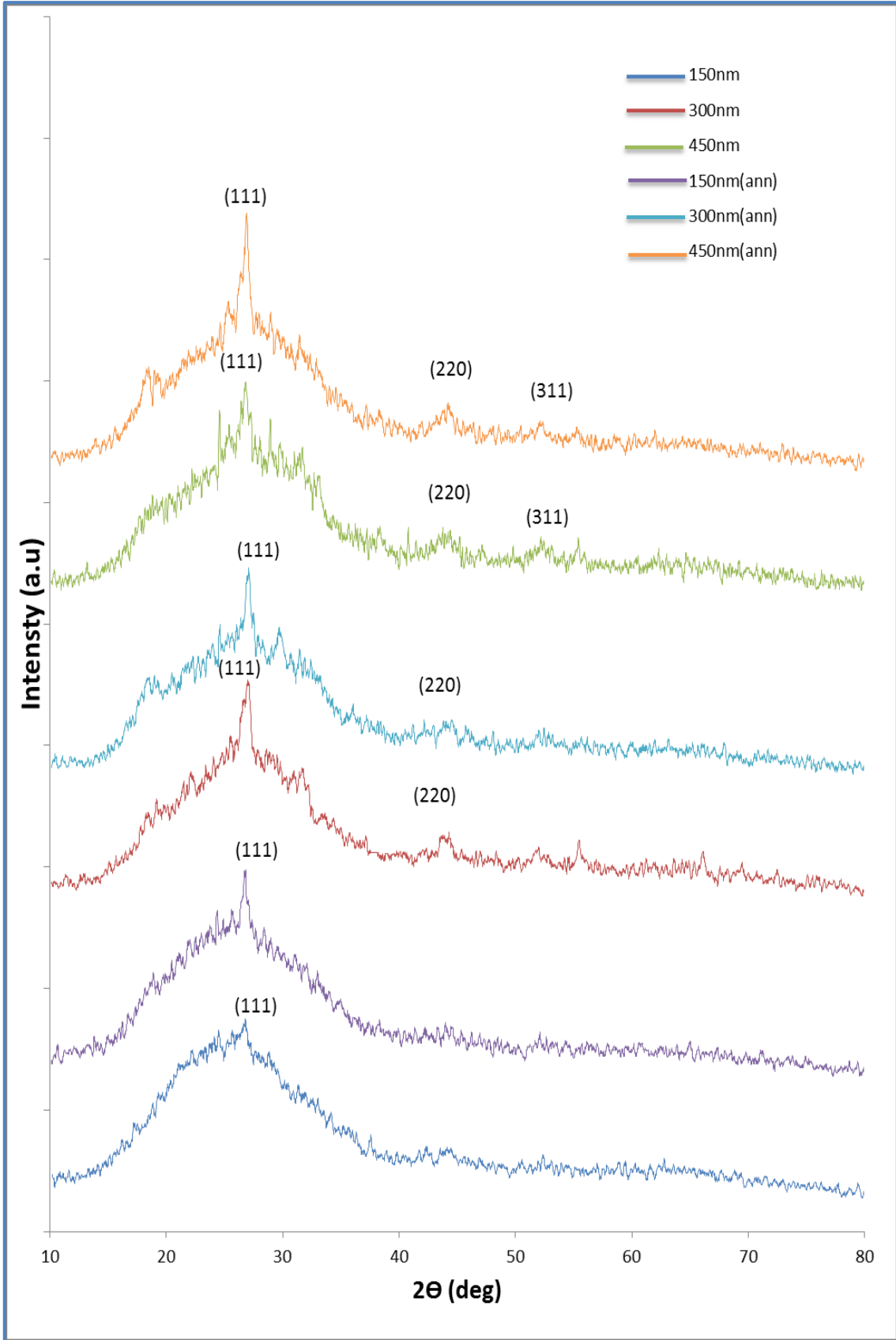
Results of Structural Measurements

(1-2-4) نتائج حيود الاشعة السينية

Results of X-Ray Diffraction

من خلال نتائج حيود الاشعة السينية لأغشية كبريتيد الكادميوم (CdS) النقية والمحضرة بسُمك nm (150 , 300 , 450) قبل وبعد التلدين بدرجة حرارة 300 °C ولمدة (1 hr) ، وكذلك اغشية كبريتيد الكادميوم (CdS) المشوبة بالألمنيوم والليثيوم وبنسب حجمية (7.5% , 5 , 2.5) قبل وبعد التلدين لجميع الاغشية وكما في الشكل (1-4) , (2-4) , (3-4) تبين أن جميع الاغشية ذات تركيب متعدد التبلور (polycrystalline) ومن النوع المكعب، وعند مقارنة الشدة ومواقع القمم للنتائج مع البطاقة (ICDD) ذات الرقم (00-010-0454) وجد انها مطابقة معها مع وجود اختلاف بسيط بسبب الزيادة في السُمك أو الشوائب أو الفراغات الموجودة في الغشاء وهذه النتائج تتفق مع [87,88] وكما في الجداول (1-4),(2-4) .

من الشكل (1-4) نلاحظ ان المادة منخفضة التبلور عند السمك (150nm) وتبدأ الزيادة في التبلور من خلال زيادة في شدة القمم للمستويات البلورية مع زيادة سمك الاغشية وكذلك عند تلدين الاغشية حيث تترتب الذرات ويزداد تراصفها ، حيث تقل الحدود الحبيبية بين الحبيبات للأغشية وهذه النتائج تتفق مع [89,90,91] .

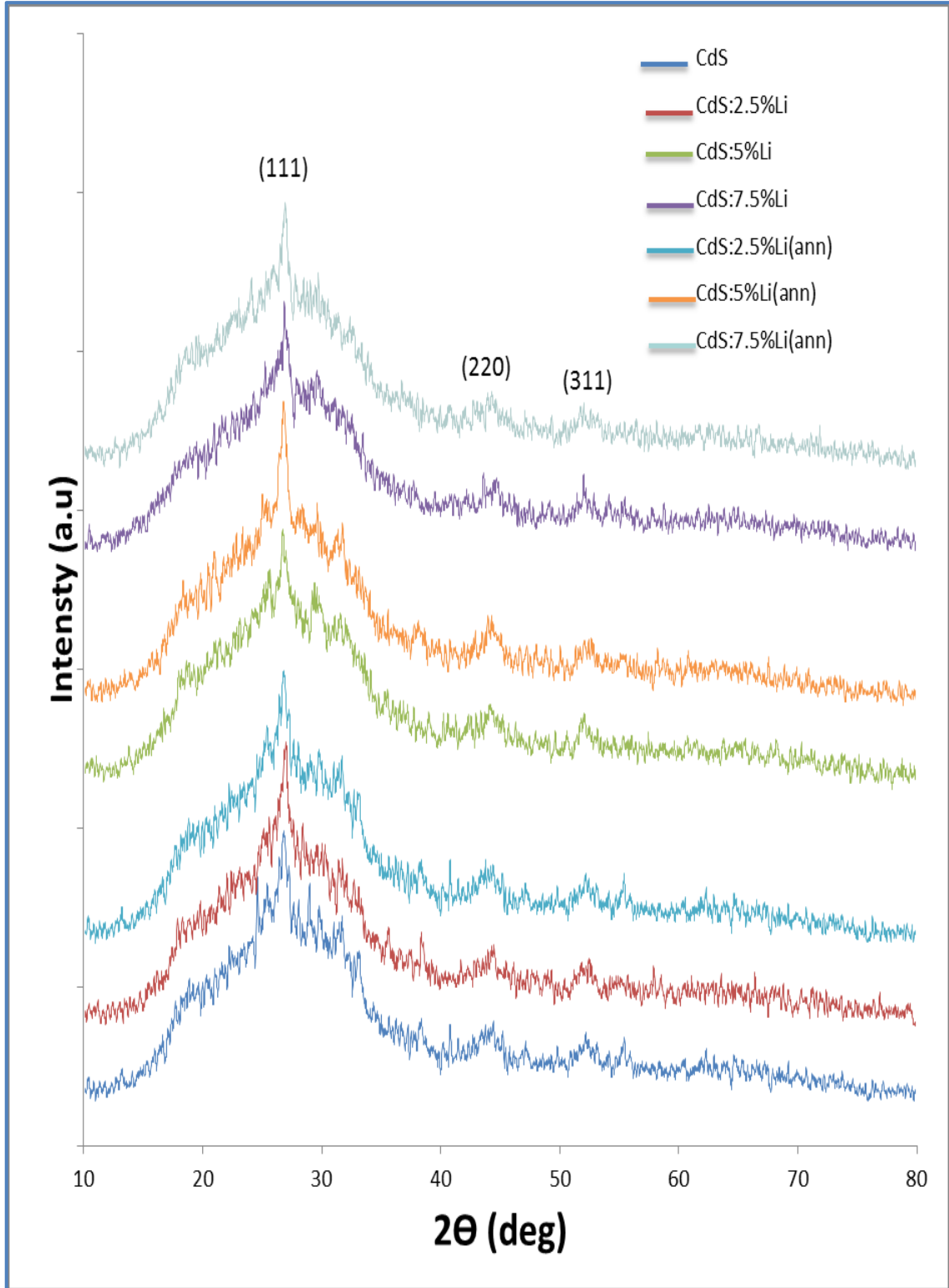


شكل (1-4) حيود الاشعة السينية لأغشية CdS قبل وبعد التلدين لسُمك (150, 300 ,450) nm.

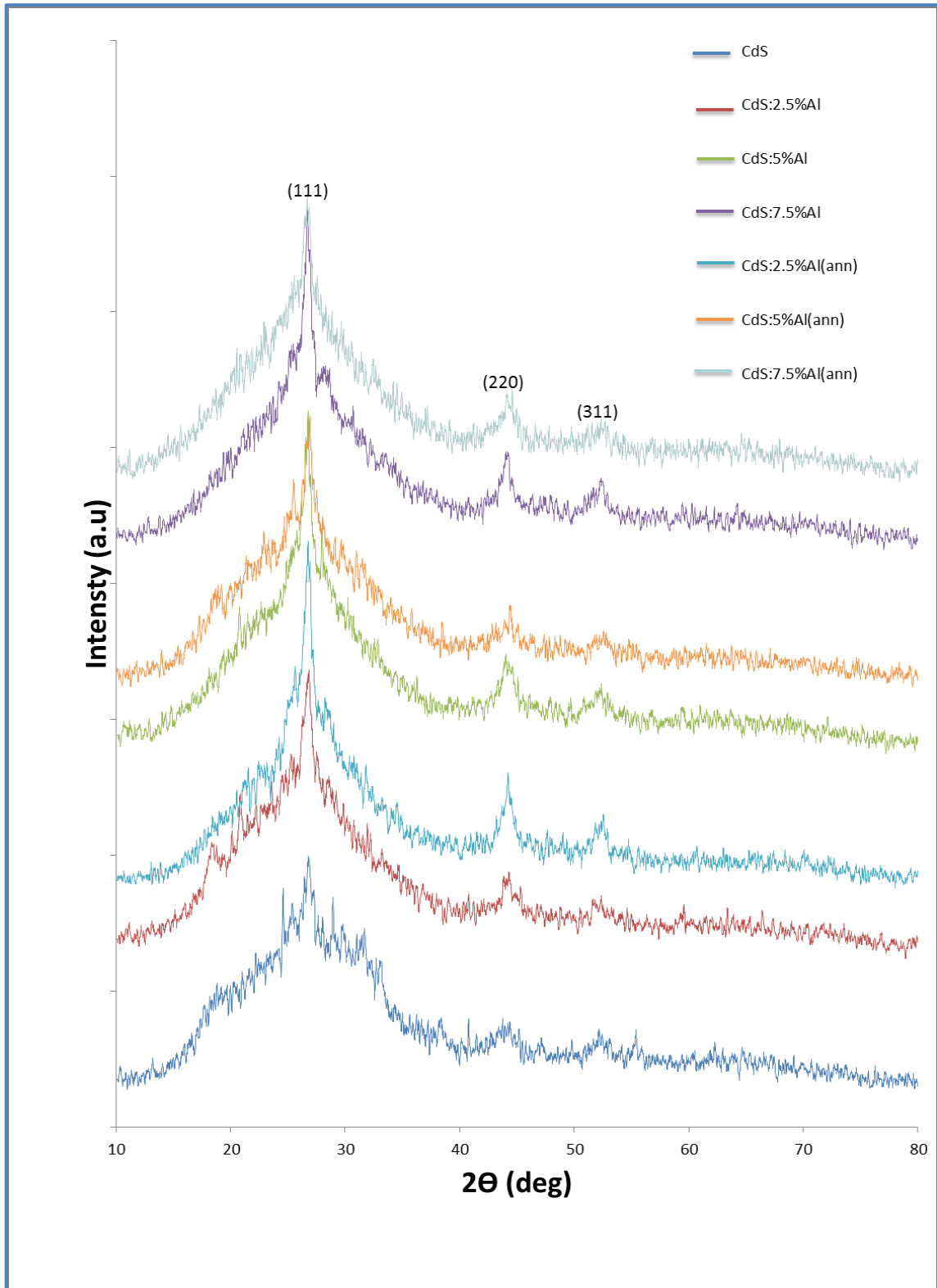
جدول(1-4)نتائج حيود الاشعة السينية لأغشية Cds لسُمك (150,300,450)nm قبل وبعد التلدين.

No.	Material	thiknees (nm)	2 θ (deg)	d(\AA) Observed	d(\AA) Standard	FWHM	(hkl)
1	CdS	150	26.35	3.37	3.35	1.45	(111)
2	CdS	300	26.82 43.9	3.32 2.06	3.35 2.07	0.95 0.7	(111) (220)
3	CdS	450	26.75 44.12 52.1	3.32 2.05 1.75	3.35 2.07 1.76	0.82 0.66 0.4	(111) (220) (311)
4	CdS (ann)	150	26.69	3.33	3.35	0.78	(111)
5	CdS (ann)	300	26.96 43.87	3.3 2.06	3.35 2.07	0.72 0.24	(111) (220)
6	CdS (ann)	450	26.79 44.21 52.21	3.32 2.04 1.75	3.35 2.07 1.76	0.54 0.28 0.3	(111) (220) (311)

الشكل (2-4), (3-4) يمثل حيود الاشعة السينية لأغشية (CdS) المحضرة بسُمك (450)nm والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم على التوالي قبل وبعد التلدين كانت شدة القمم واضحة عند المستوى (111) مما جعله المستوى المفضل للنمو مع بروز طفيف لباقي مواقع القمم عند المستويات (220),(311) واختلاف بسيط في مواقعها بسبب نسب التشويب، مع ملاحظة زيادة طفيفة في شدة القمم مع زيادة نسب التشويب للألمنيوم والليثيوم وكذلك عند المعاملة الحرارية لجميع الاغشية ، وهذه النتائج تتفق مع [37,92,93,94] .



شكل (2-4) حيود الاشعة السينية لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم قبل وبعد التلدين .



شكل (3-4) حيود الاشعة السينية لأغشية CdS المشوبة بالألومنيوم قبل وبعد التلدين .

جدول (2-4) نتائج حيود الاشعة السينية (XRD) لأغشية كبريتيد الكاديوم (CdS) والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسب % (2.5,5,7.5) قبل وبعد التلدين.

No.	Material	thickness (nm)	2θ (deg)	Observed $d(\text{\AA})$	FWHM	(hkl)
1	CdS:Li 2.5%	450	26.84	3.31	0.88	(111)
			44.32	2.04	0.42	(220)
			51.56	1.77	0.2	(311)
2	CdS:Li 5%	450	26.74	3.33	0.81	(111)
			44.11	2.05	0.56	(220)
			51.95	1.75	0.58	(311)
3	CdS:Li 7.5%	450	26.88	3.31	0.76	(111)
			44.61	2.02	0.6	(220)
			52.04	1.75	0.44	(311)
4	CdS:Li 2.5%(ann)	450	26.77	3.32	0.82	(111)
			44.01	2.05	1.04	(220)
			52.19	1.75	0.26	(311)
5	CdS:Li 5%(ann)	450	26.75	3.32	0.78	(111)
			44.17	2.04	0.87	(220)
			52.19	1.75	0.34	(311)
6	CdS:Li 7.5%(ann)	450	26.86	3.31	0.67	(111)
			44.25	2.04	0.60	(220)
			51.83	1.76	0.50	(311)
7	CdS:Al 2.5%	450	26.63	3.34	1.02	(111)
			44.10	2.05	0.78	(220)
			51.72	1.76	0.32	(311)
8	CdS:Al 5%	450	26.72	3.33	0.96	(111)
			44.07	2.05	0.84	(220)
			52.26	1.74	0.76	(311)
9	CdS:Al 7.5%	450	26.64	3.34	0.925	(111)
			44.13	2.05	0.72	(220)
			52.38	1.74	0.16	(311)
10	CdS:Al 2.5%(ann)	450	26.67	3.33	1.02	(111)
			44.14	2.05	0.94	(220)
			52.26	1.74	0.92	(311)
11	CdS:Al 5%(ann)	450	26.78	3.32	1.0	(111)
			44.3	2.04	0.62	(220)
			52.44	1.74	0.81	(311)
12	CdS:Al 7.5%(ann)	450	26.65	3.34	0.96	(111)
			44.04	2.05	0.87	(220)
			52.20	1.75	0.88	(311)

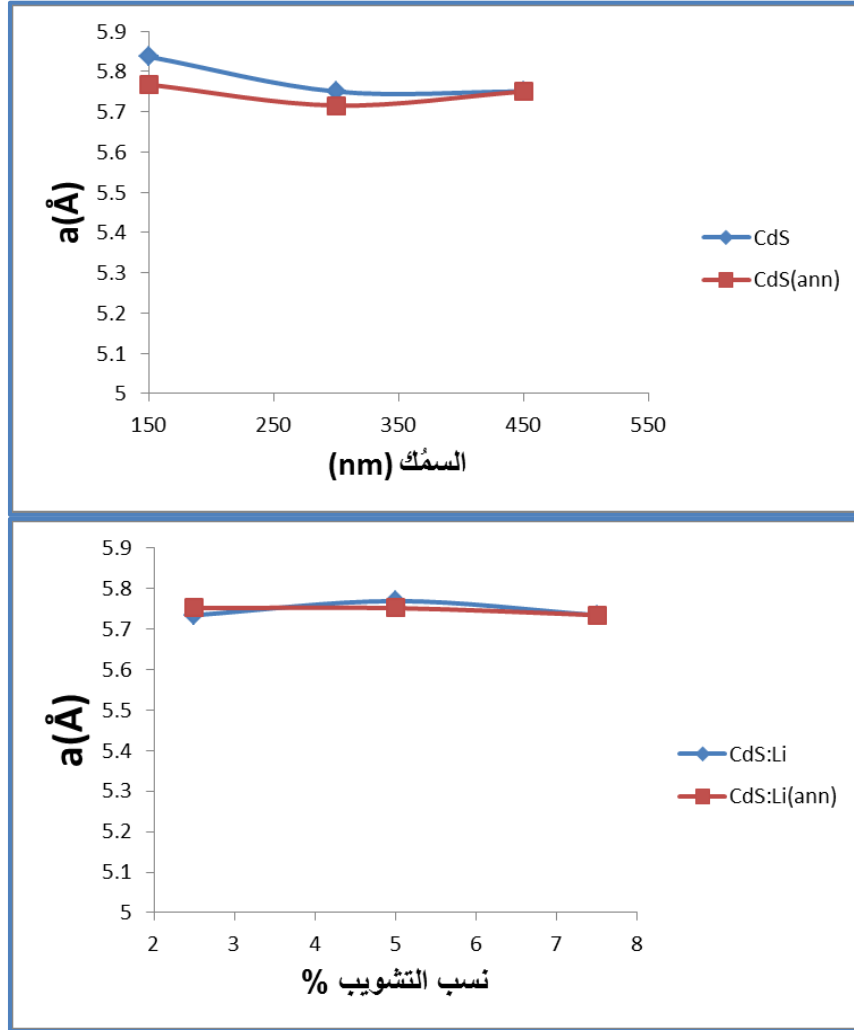
Results of Structure Parameters

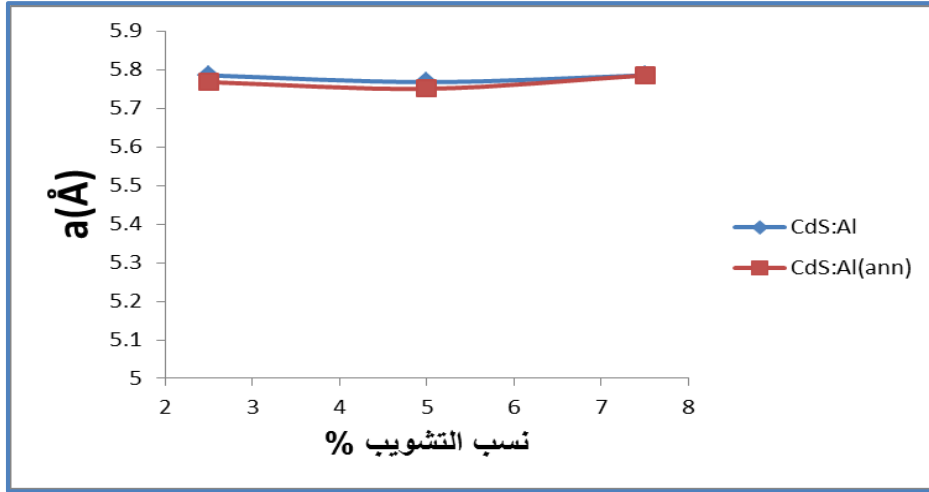
(2-2-4) نتائج المعلمات التركيبية

Lattice Constants

◆ ثوابت الشبكة

تم حساب ثوابت الشبكة من خلال المعادلة (2-2) لأغشية كبريتيد الكاديوم النقي والمشوب بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين لجميع الاغشية، ومن خلال النتائج التي تم الحصول عليها في الجدول (3-4) وجد ان قيمة ثابت الشبكة a مقارنة لقيمتها في البطاقة (ICDD) ذات الرقم (00-010-0454) ، ومن خلال الشكل (4-4) تم ملاحظة نقصان قليل في قيمة a بزيادة السمك وثبوتها تقريبا عند زيادة نسب تشويب الليثيوم ، وزيادة بسيطة جدا عند زيادة نسب التشويب بالالمنيوم قبل وبعد التلدين لجميع الاغشية وهذا يؤكد ان ذرات الالمنيوم والليثيوم شغلت مواقع استبداليه لبلورة (CdS) وهذا يتفق مع [41, 94] .





شكل (4-4) ثابت الشبكة a كدالة لتغير السمك لأغشية CdS ونسب التشويب (2.5,5,7.5%) بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين .

Texture Coefficient

◆ عامل التشكيل T_c

بالاعتماد على المعادلة (2-3) تم حساب عامل التشكيل T_c حيث كانت قيمته للمستوى (111) أكبر من واحد ولجميع أغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين مما يجعله هو المستوى السائد والمفضل للنمو وهذا يتفق مع [87,88] .

Average Crystallites Size

◆ معدل الحجم الحبيبي

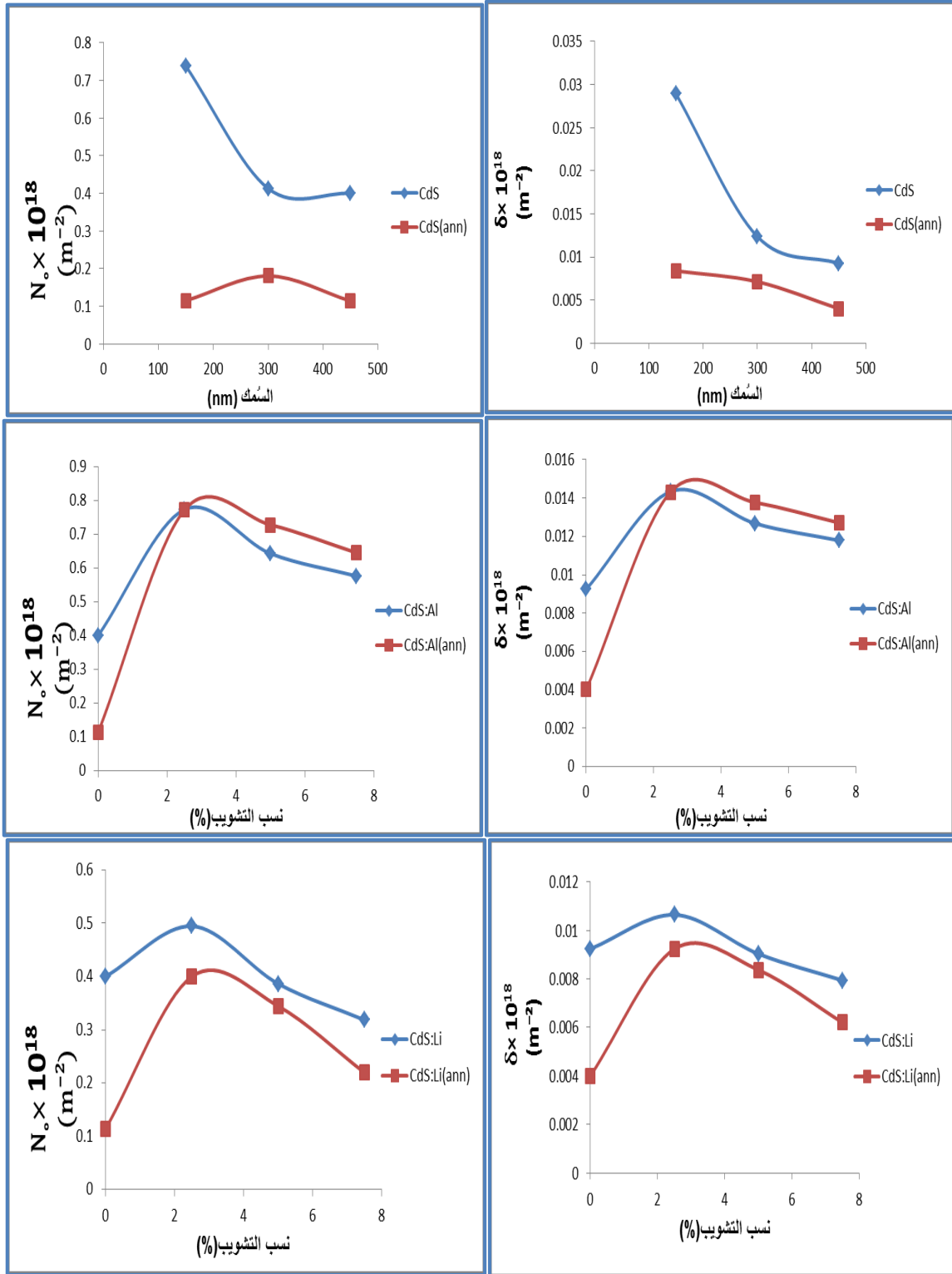
تم حساب معدل الحجم الحبيبي بالاعتماد على المعادلة (2-4) للمستوى المفضل للنمو (111) ومن خلال الجدول (3-4) نلاحظ أن الحجم الحبيبي يزداد بزيادة السمك ، حيث تزداد عملية التبلور ويكتمل البناء البلوري مع زيادة السمك [24] ، كذلك عند تشويب أغشية (CdS) نلاحظ زيادة طفيفة في الحجم الحبيبي بزيادة نسب تشويب الليثيوم ومتباين نحو الزيادة عند التشويب بالالمنيوم ، كذلك عند تلدين جميع الاغشية النقية والمشوبة نلاحظ زيادة في الحجم الحبيبي وتعزى الزيادة الى نقصان العيوب البلورية إذ تأخذ الذرات مواقعها الحقيقية وتعيد ترتيب نفسها مما تؤدي الى زيادة في حجم الحبيبات . [28,95] .

Dislocation Density

◆ كثافة الانخلاعات

تم حساب كثافة الانخلاعات (δ) وعدد البلورات (N_0) بالاعتماد على معادلة (2-5) و (2-6) على التوالي والنتائج المدرجة في الجدول (3-4) توضح ان كثافة الانخلاعات وعدد البلورات تقل بزيادة

الحجم الحبيبي وهذا مؤشر على تحسين البنية البلورية والشكل (5-4) يوضح كثافة الانخلاعات وعدد البلورات كدالة لنسب التشويب وتغير سُمك الاغشية قبل وبعد التلدين [89,96].

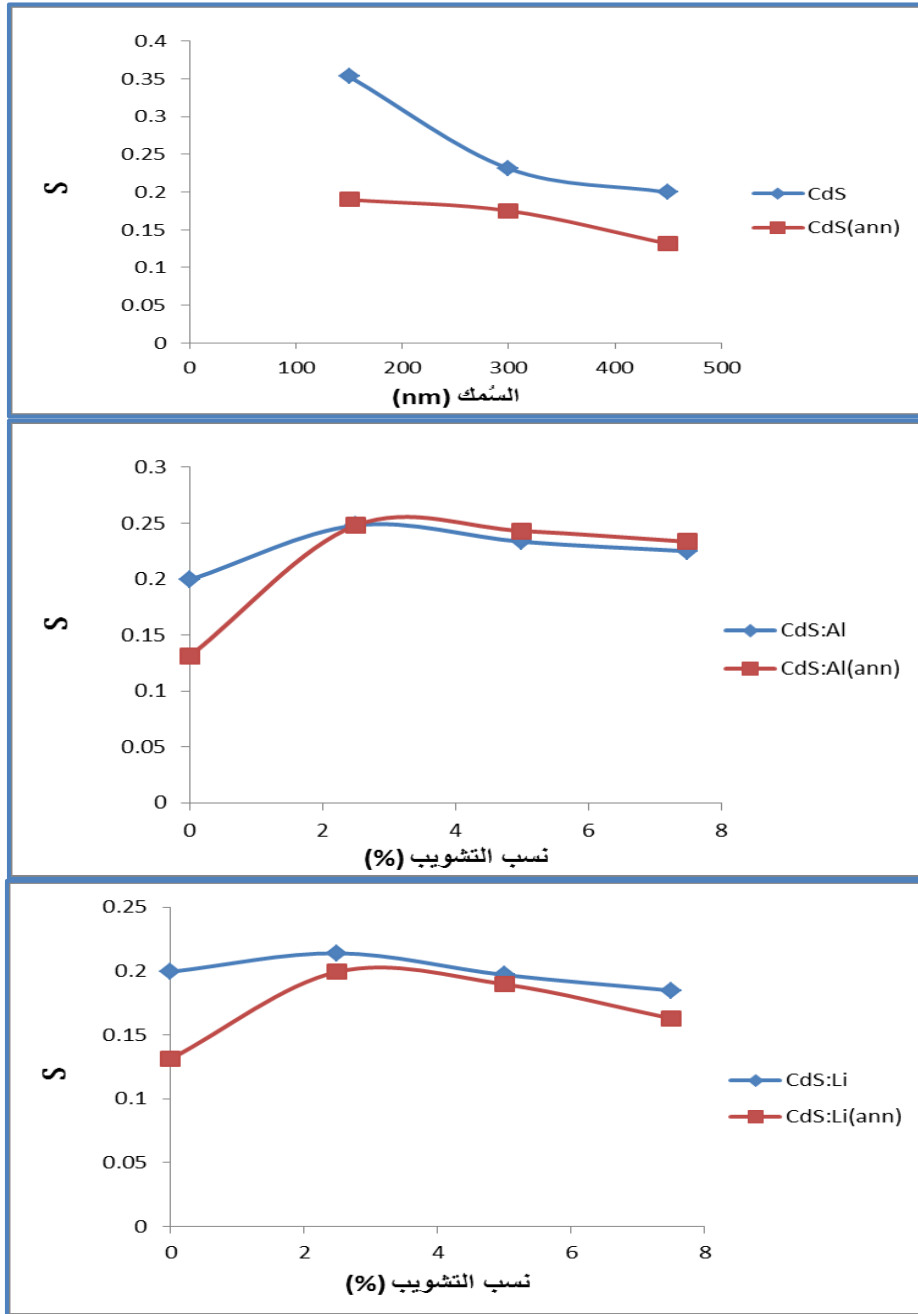


شكل (5-4) كثافة الانخلاعات وعدد البلورات كدالة للسُمك ونسب التشويب قبل وبعد التلدين.

◆ المطاوعة المايكروية

Micro strain

بالاعتماد على المعادلة (7-2) تم حساب المطاوعة المايكروية وكما في الشكل (4-6) نلاحظ ان المطاوعة تقل عند زيادة السُمك وعند تشويب أغشية (CdS) بالليثيوم والالمنيوم، وبصورة عامة عند تلدين جميع الاغشية نلاحظ نقصان في المطاوعة المايكروية وهذا مؤشر جيد لتحسين خصائص الغشاء [41,89,94].



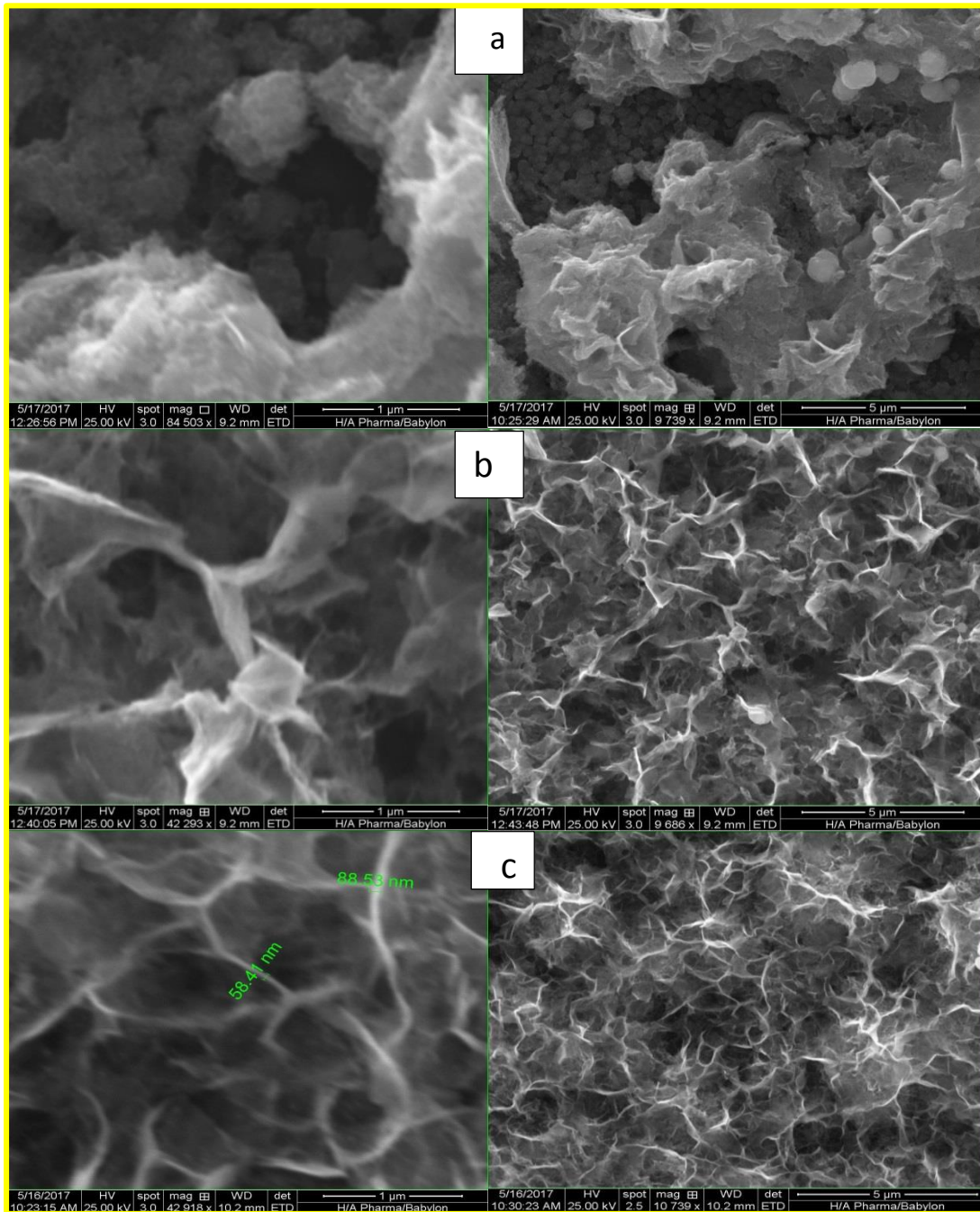
شكل (4-6) المطاوعة المايكروية كدالة للسُمك ونسب التشويب قبل وبعد التلدين.

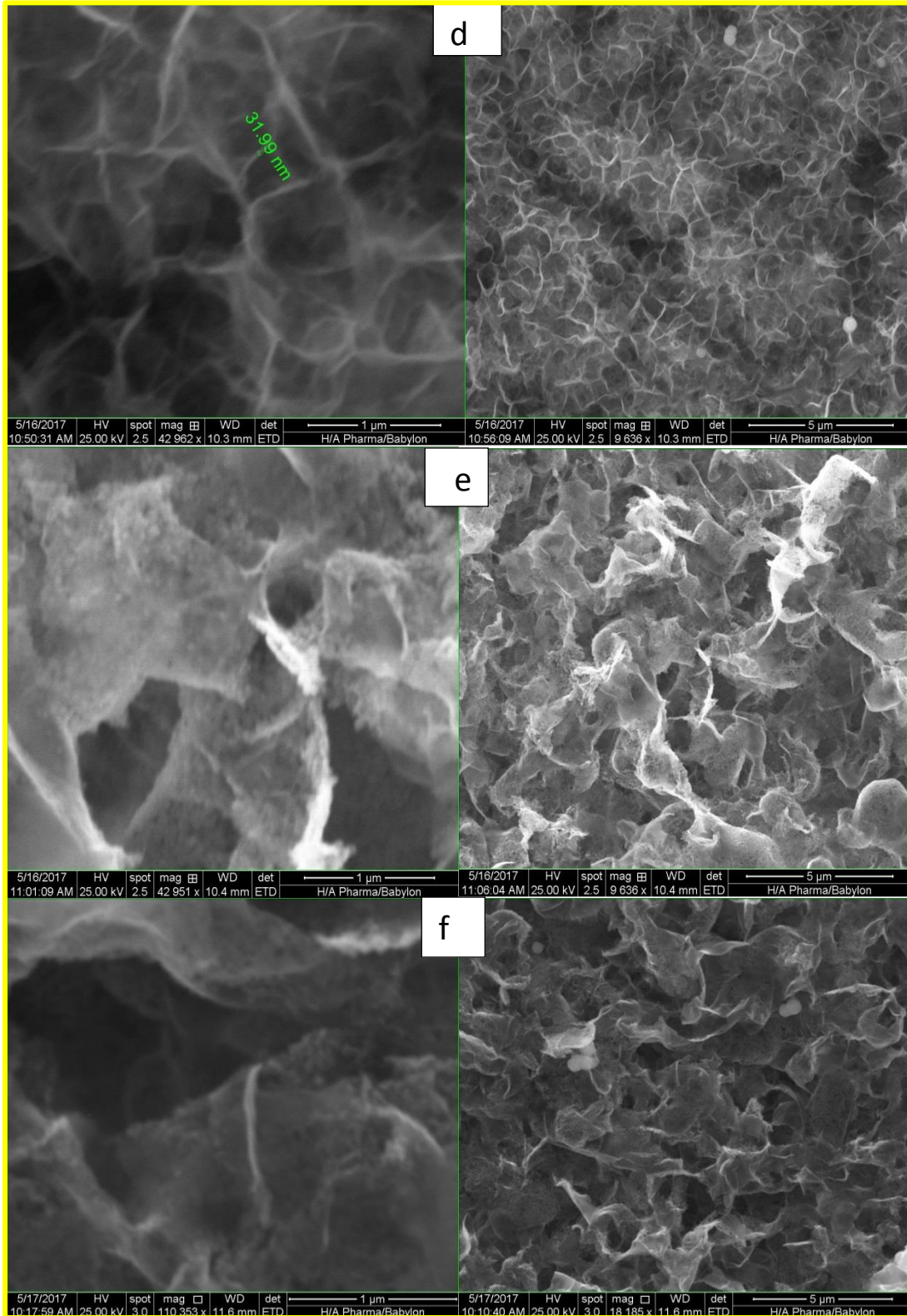
جدول (3-4) نتائج المعلمات التركيبية لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين .

No.	State	Material	thickness (nm)	Average crystalline Size (nm)	a (Å)	Tc	$\delta \times 10^{16} (m^{-2})$	$N_s \times 10^{18} (m^{-2})$	S
1	قبل التلدين	CdS	150	5.87	5.83	1	2.89	0.73	0.35
2		CdS	300	8.97	5.75	1.4	1.23	0.41	0.23
3		CdS	450	10.39	5.75	1.9	0.92	0.40	0.19
4	بعد التلدين	CdS	150	10.92	5.76	1	0.83	0.11	0.18
5		CdS	300	11.84	5.71	1.6	0.71	0.18	0.17
6		CdS	450	15.79	5.75	1.7	0.40	0.11	0.13
7	قبل التلدين	CdS:Li 2.5%	450	9.69	5.73	1.8	1.06	0.49	0.21
8		CdS:Li 5 %	450	10.52	5.76	1.4	0.90	0.38	0.19
9		CdS:Li 7.5 %	450	11.22	5.73	1.4	0.79	0.31	0.18
10	بعد التلدين	CdS:Li 2.5%	450	10.39	5.75	1.7	0.92	0.40	0.19
11		CdS:Li 5 %	450	10.93	5.75	1.7	0.83	0.34	0.18
12		CdS:Li 7.5 %	450	12.72	5.73	1.6	0.62	0.22	0.16
13	قبل التلدين	CdS:Al 2.5%	450	8.35	5.78	1.8	1.43	0.77	0.24
14		CdS:Al 5 %	450	8.88	5.76	1.7	1.26	0.64	0.23
15		CdS:Al 7.5 %	450	9.21	5.78	1.9	1.17	0.57	0.22
16	بعد التلدين	CdS:Al 2.5%	450	8.35	5.76	1.8	1.43	0.77	0.24
17		CdS:Al 5 %	450	8.52	5.75	1.9	1.37	0.72	0.24
18		CdS:Al 7.5 %	450	8.87	5.78	1.7	1.27	0.64	0.23

Result of (SEM) measurement (3-2-4) نتائج فحوصات المجهر الإلكتروني الماسح

يوضح الشكل (7-4) نتائج فحص جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم والملدنة بدرجة حرارة (300 °C) والمحضرة على ارضيات زجاجية بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي ، حيث بينت الصور أن اغشية (CdS) يزداد تجانسها بالتشويب بالألمنيوم و الليثيوم وتقل الفراغات ، وكذلك عند تلدين الاغشية النقية والمشوبة يظهر واضحاً عملية اكتمال النمو البلوري وتقل العيوب وهذه النتيجة تتفق مع زيادة حجم الحبيبات المشخصة من نتائج حيود الاشعة السينية [97,98] .

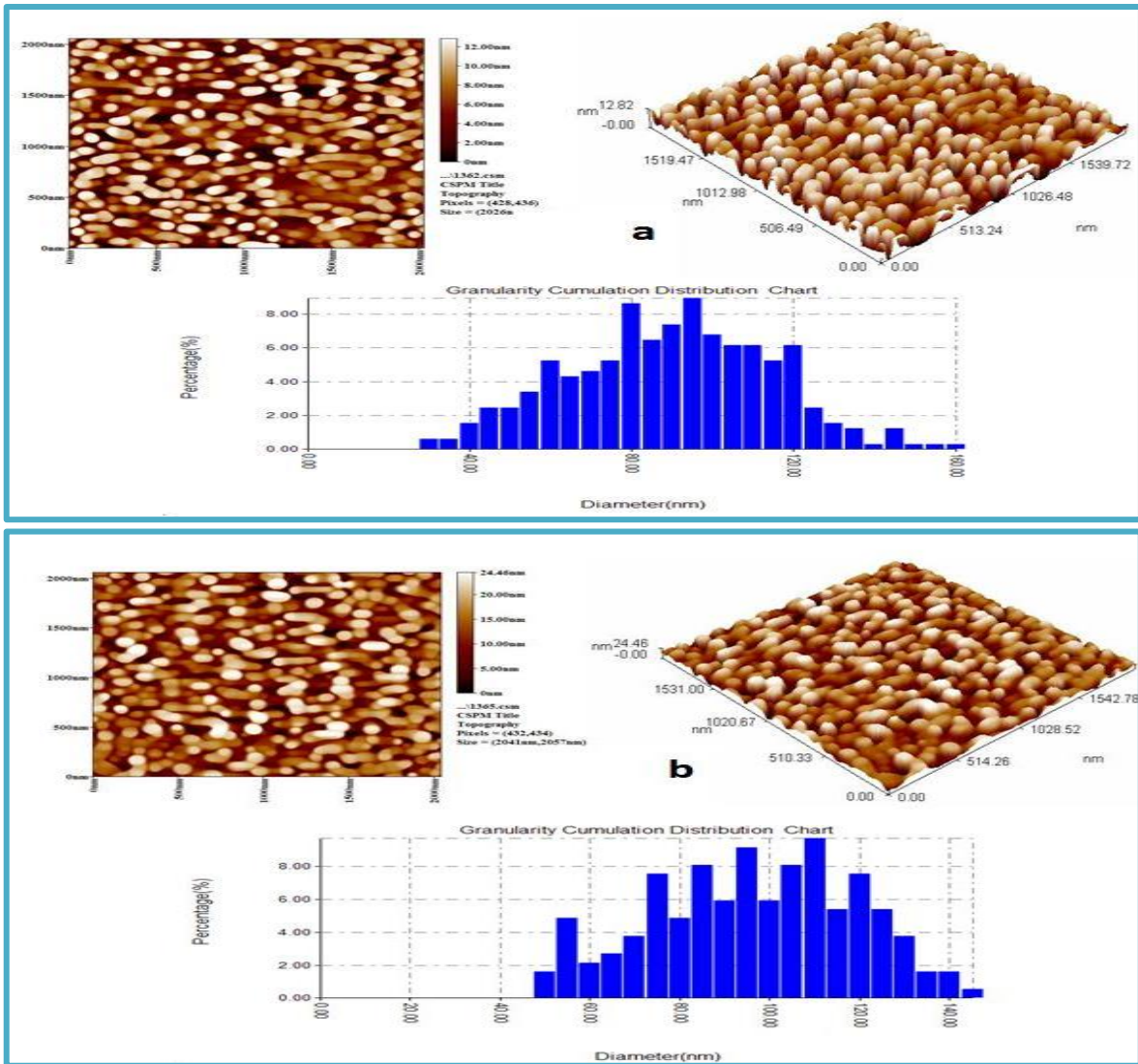


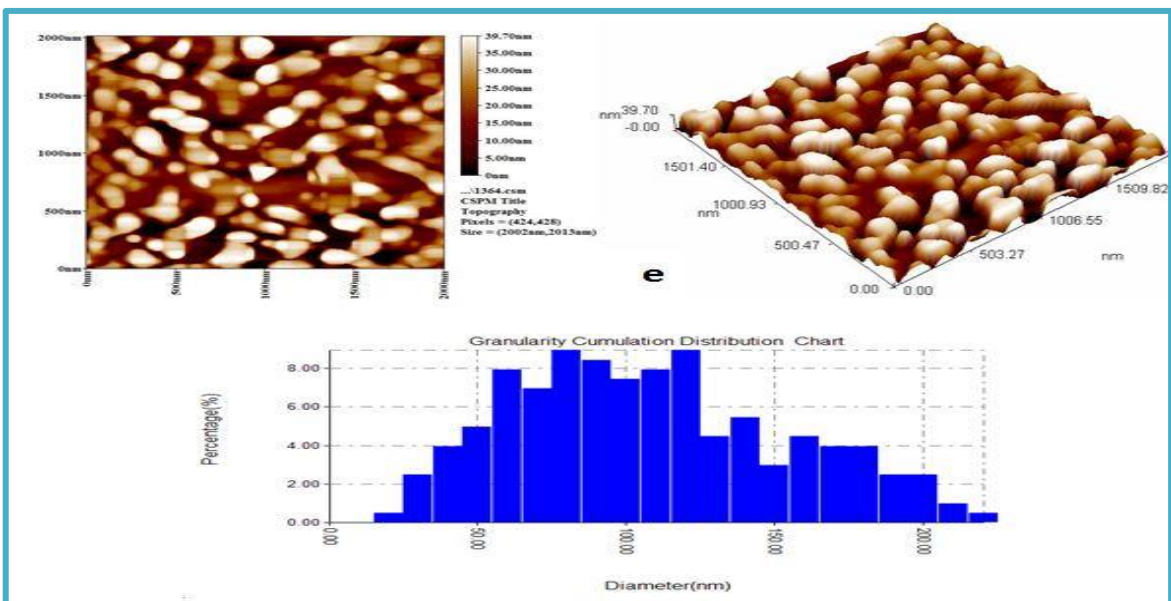
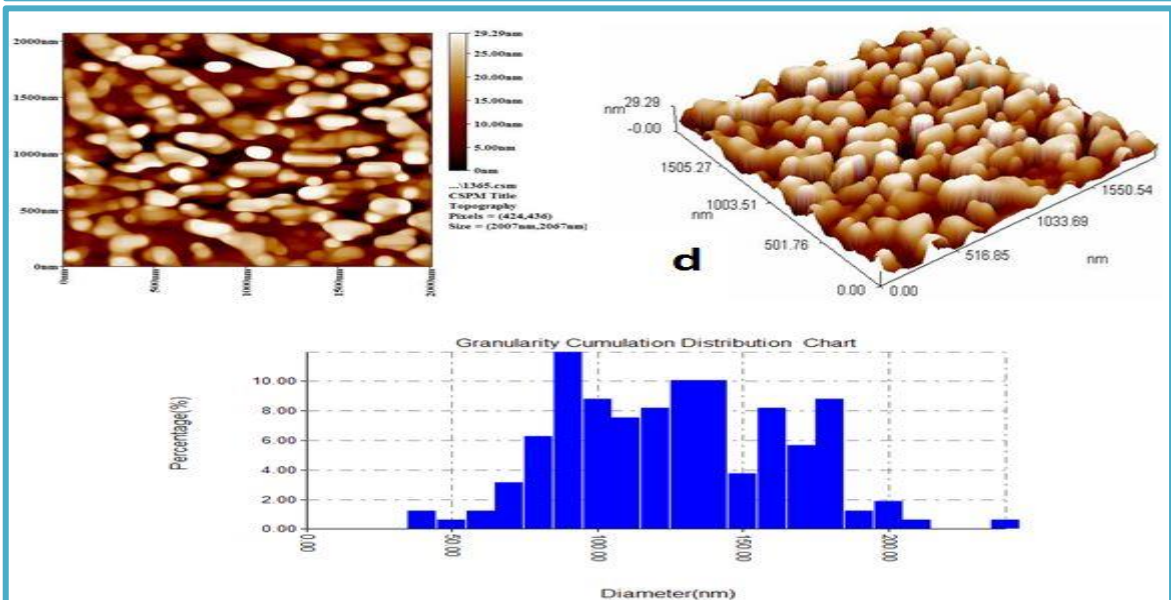
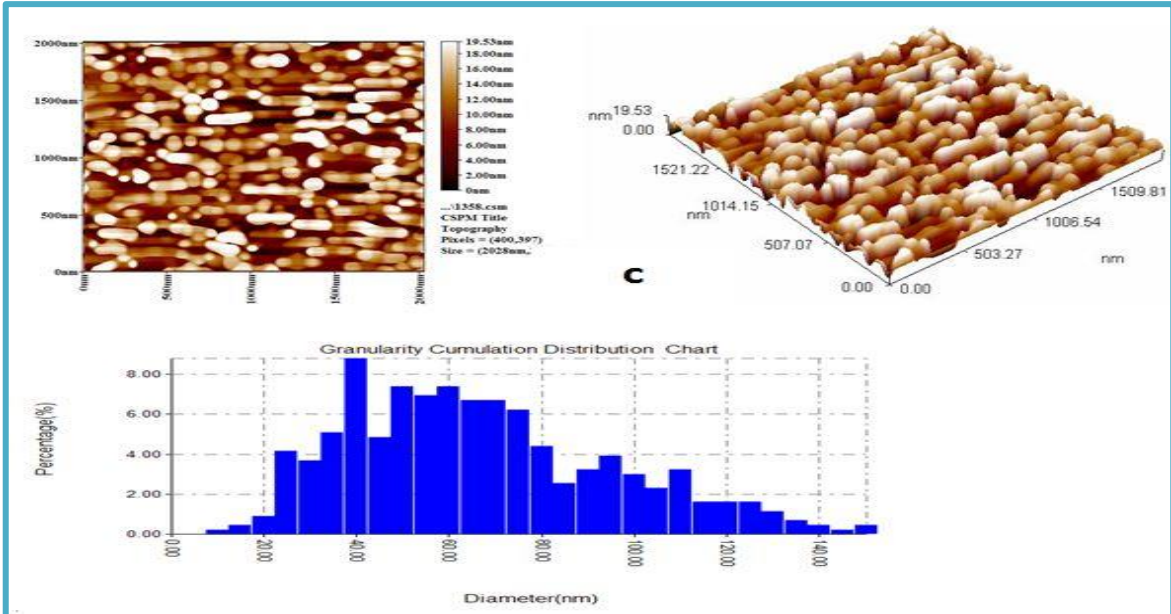


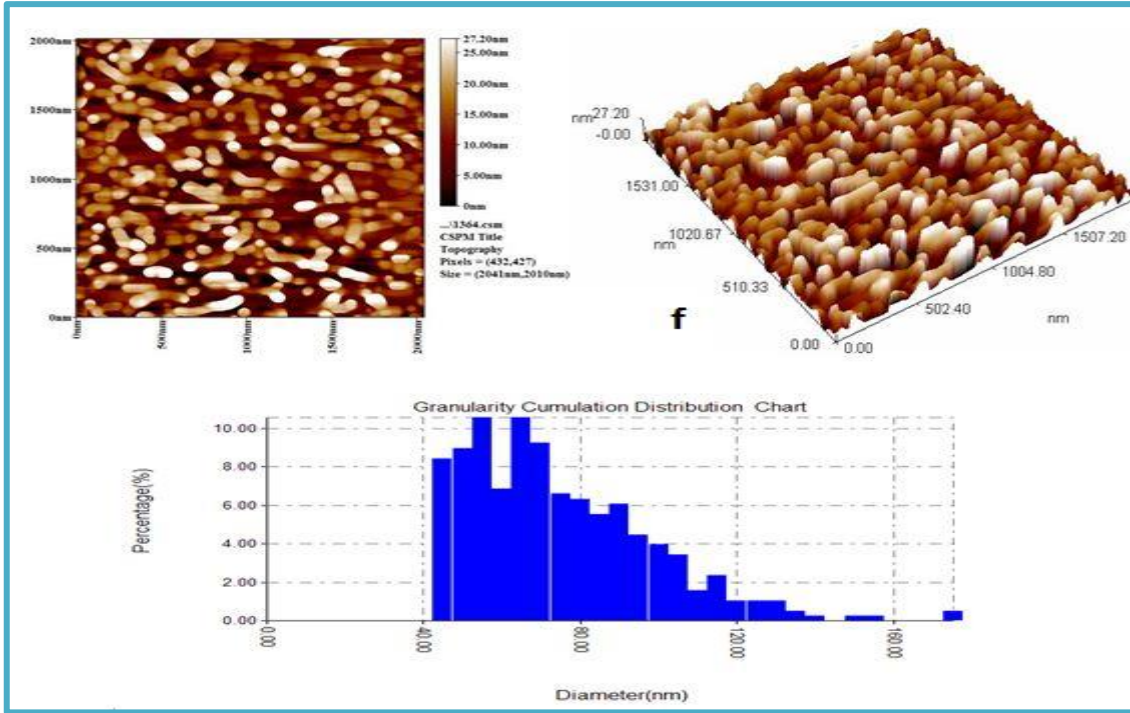
شكل (7-4) صور (SEM) بقوة تكبير (1 μ m , 5 μ m) CdS :a CdS :b بعد التلدين
 CdS:7.5%Li :c CdS:7.5%Li :d بعد التلدين CdS:7.5%Al:e CdS:7.5%Al:f بعد التلدين.

نتائج قياسات مجهر القوة الذرية (4-2-4) Result of (AFM) measurement

تم تشخيص أغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين بجهاز مجهر القوة الذرية (AFM) ، ومن خلال الشكل (4-8a,b,c,d,e,f) نلاحظ ان صور الاغشية ببعدين (2D) وثلاثة ابعاد (3D) ذات توزيع متجانس وخالي من الفراغات وتتضمن الاشكال منحني التوزيع الحجمي للحبيبات البلورية حيث يتباين مع التشويب بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين ، وتبين من خلال النتائج المدرجة في الجدول (4-4) أن خشونة السطح ومعدل الجذر التربيعي تزداد عند تشويب الأغشية النقية بالليثيوم او الالمنيوم لسُمك (450nm)، وايضاً تزداد عند تلدين الاغشية النقية والمشوبة بالليثيوم بينما تقل للأغشية المشوبة بالالمنيوم بعد التلدين . وهذه النتائج تتفق مع فحوصات حيود الاشعة السينية (XRD) وتحليل المجهر الالكتروني الماسح (SEM) [99,100] .







شكل (8-4) صور (AFM) ببعدين (2D) وثلاثة ابعاد (3D) ومخطط التوزيع الاحصائي لمعدلات الحجوم الحبيبية a: CdS :b CdS بعد التلدين CdS:7.5%Li:c CdS:7.5%Li:d بعد التلدين CdS:7.5%Al:e CdS:7.5%Al:f بعد التلدين .

جدول (4-4) نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية (AFM) .

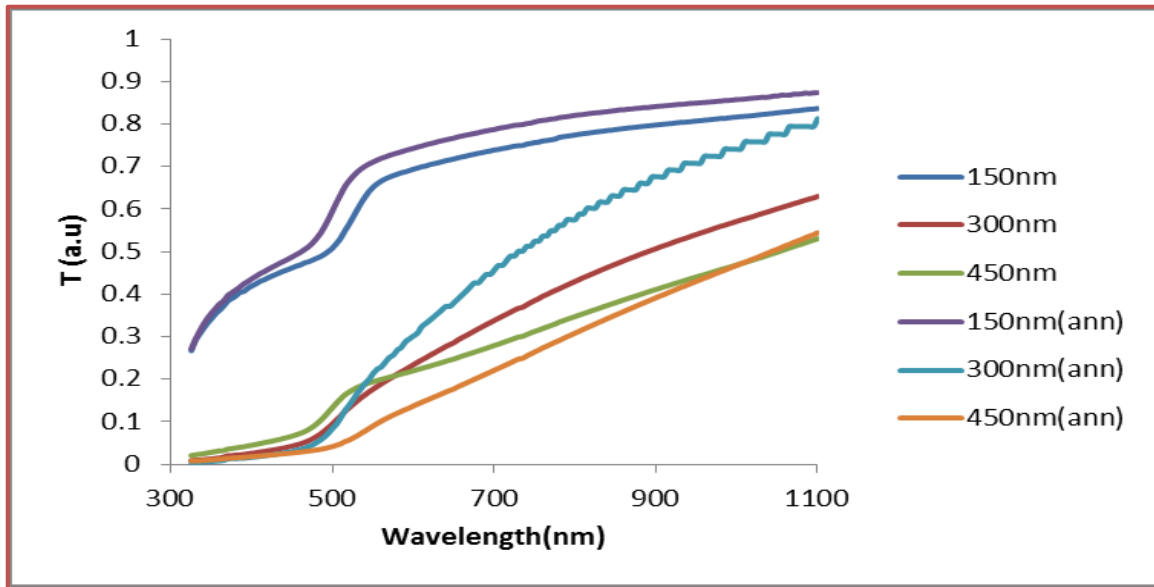
Materials	Root Mean Square(nm)	Roughness (nm)	Ten point height	Average diameter
CdS	3.37	2.87	7.05	87.04 nm
CdS (annealing)	5.61	4.67	14	94.20 nm
CdS:7.5%Li	5.17	4.4	19.5	64.33 nm
(annealing) CdS:7.5%Li	8.36	7.27	15.7	121.82 nm
CdS:7.5%Al	11.4	9.87	39.6	103.14 nm
CdS:7.5%Al (annealing)	7.03	5.98	27.1	72.10 nm

Results of optical measurements**(3-4) نتائج القياسات البصرية**

تضمنت القياسات البصرية دراسة تأثير تغير السُمك ونسب التشويب كل من الليثيوم والالمنيوم على الخصائص البصرية لأغشية (CdS) وكذلك تأثير التلدين على جميع الأغشية المحضرة ، حيث تم تسجيل طيفي النفاذية والامتصاصية ومن خلالها يمكن حساب الإنعكاسية وفجوة الطاقة البصرية ونوع الانتقالات الالكترونية وحساب بعض الثوابت البصرية كعامل الامتصاص، معامل الخمود ومعامل الانكسار .

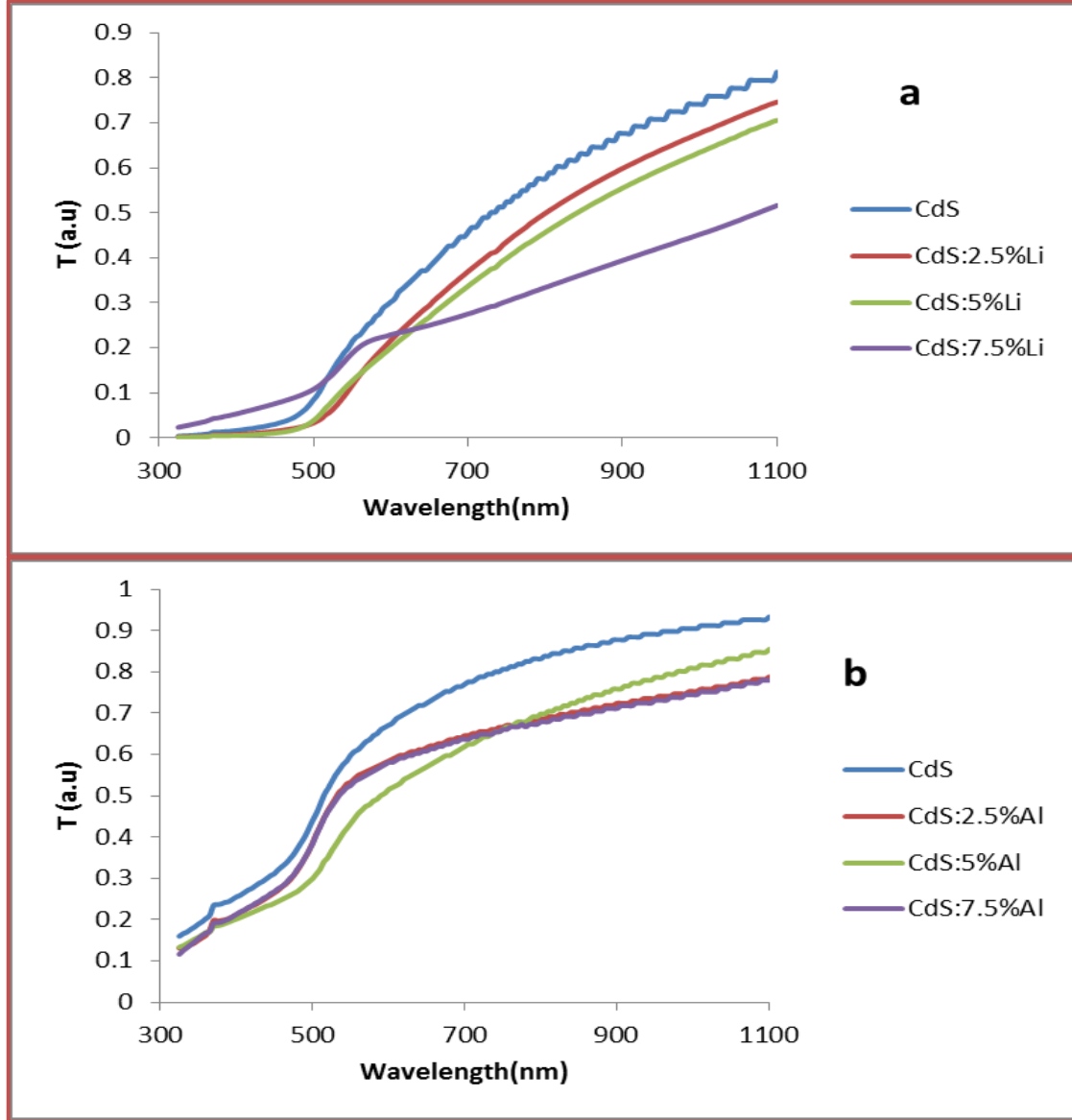
Transmittance**(1-3-4) النفاذية**

تم قياس طيف النفاذية لأغشية (CdS) النقية بسُمك (150,300,450) nm قبل وبعد التلدين والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسب حجمية (2.5 , 5 , 7.5 %) قبل وبعد التلدين لجميع الأغشية ضمن مدى الأطوال الموجية (300-1100) nm ، يوضح الشكل (4-9) النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية كبريتيد الكاديوم النقية ولسُمك (150 , 300, 450) nm حيث نلاحظ زيادة في النفاذية بزيادة الطول الموجي [38]. كما تمت ملاحظة ان النفاذية تقل بزيادة السُمك وسبب ذلك هو زيادة إمتصاصية الغشاء [101,102] . حيث ان النقص الحاصل في فجوة الطاقة يسبب زيادة الامتصاصية وهذا يؤدي الى نقصان في النفاذية وقد لوحظ من الشكل (4-9) ان النفاذية تزداد عند التلدين وذلك لتحسن تركيب الغشاء [94] .



شكل (4-9) النفاذية لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين.

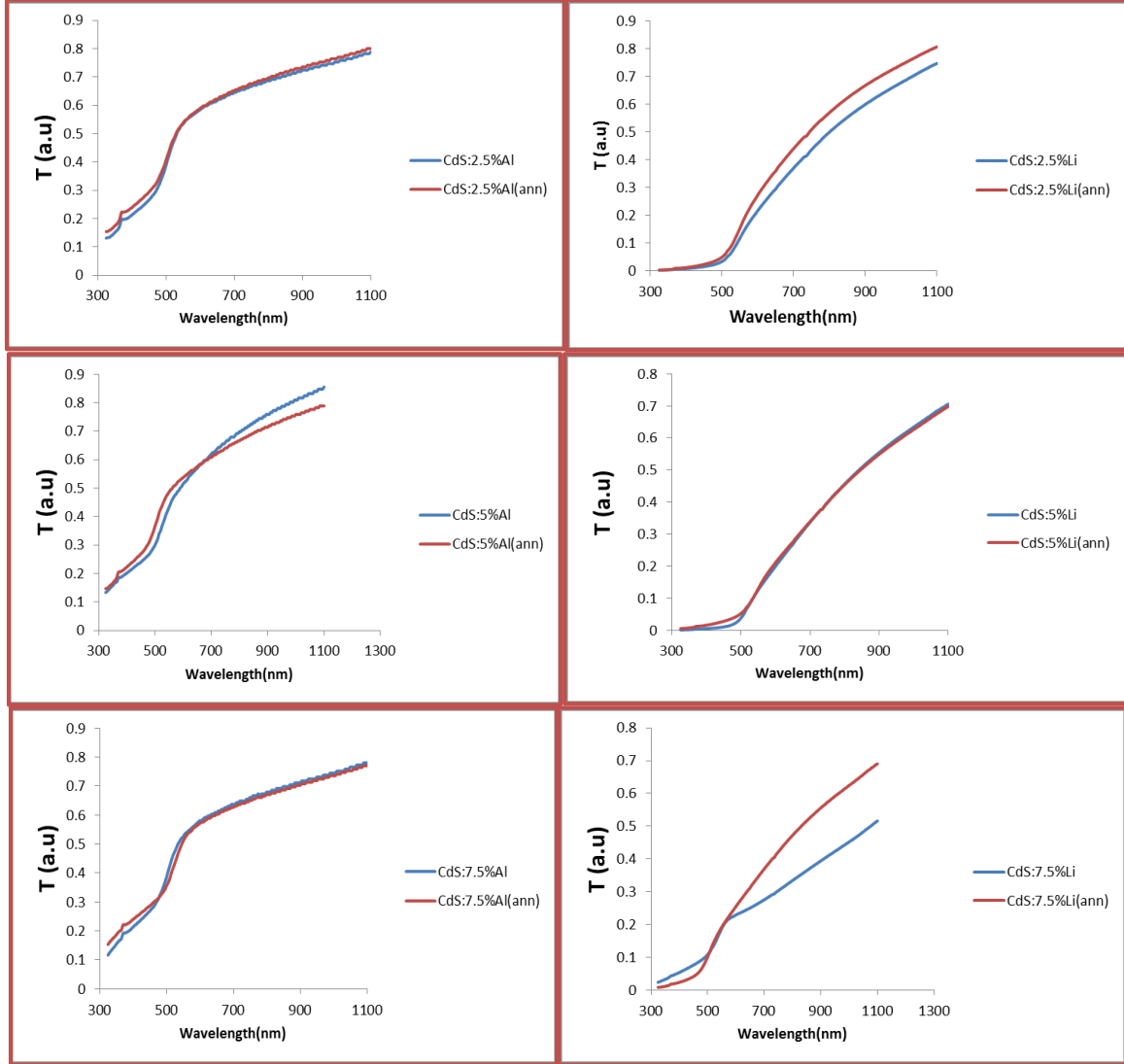
نلاحظ من الشكل (10a,b-4) النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية (CdS) المشوبة بالليثيوم والألنيوم وبنسب حجمية (0 , 2.5 , 5 , 7.5 %) ان النفاذية تزداد بزيادة الطول الموجي ، وتقل بزيادة نسب التشويب ويعزى ذلك الى زيادة الامتصاصية بزيادة نسب التشويب [35,103] .



شكل (10-4) النفاذية (T) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة a: بالليثيوم b: بالألنيوم.

ومن خلال ملاحظة الشكل (11-4) الذي يمثل النفاذية لأغشية (CdS) والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم وبنسب (2.5 , 5 , 7.5%) قبل وبعد التلدين يتبين ان النفاذية تزداد بزيادة طفيفة عند التلدين بدرجة حرارة (300 °C) مما يدل على تحسن الخصائص التركيبية للغشاء [28,94] .

ومما يجدر الذكر اليه ملاحظة الاشكال (9-4) (10-4) (11-4) زيادة سريعة في النفاذية عند الطول الموجي (500 ± 20) nm [24] ، وان الاغشية المحضرة تمتلك نفاذية 80% مما يتيح استخدامها في التطبيقات الالكتروبصرية .



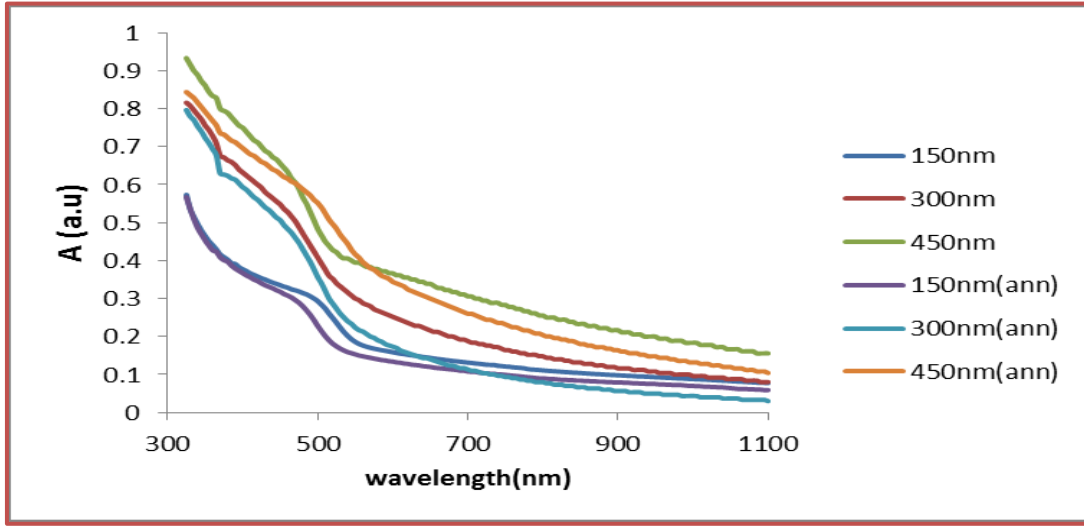
شكل (11-4) تأثير التلدين على نفاذية أغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم.

Absorbance

(2-3-4) الامتصاصية

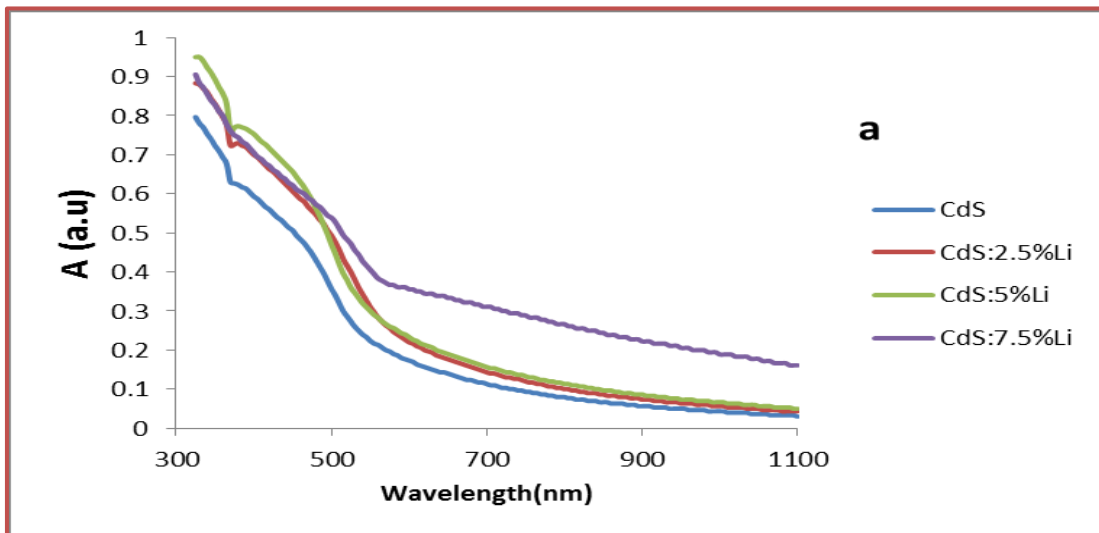
تم قياس طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي لمدى (300-1100) nm لجميع اغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين . من الشكل (12-4) الذي يمثل الامتصاصية لأغشية CdS النقية وبسُمك (150 , 300, 450) nm قبل وبعد التلدين نلاحظ أن الامتصاصية تقل بزيادة

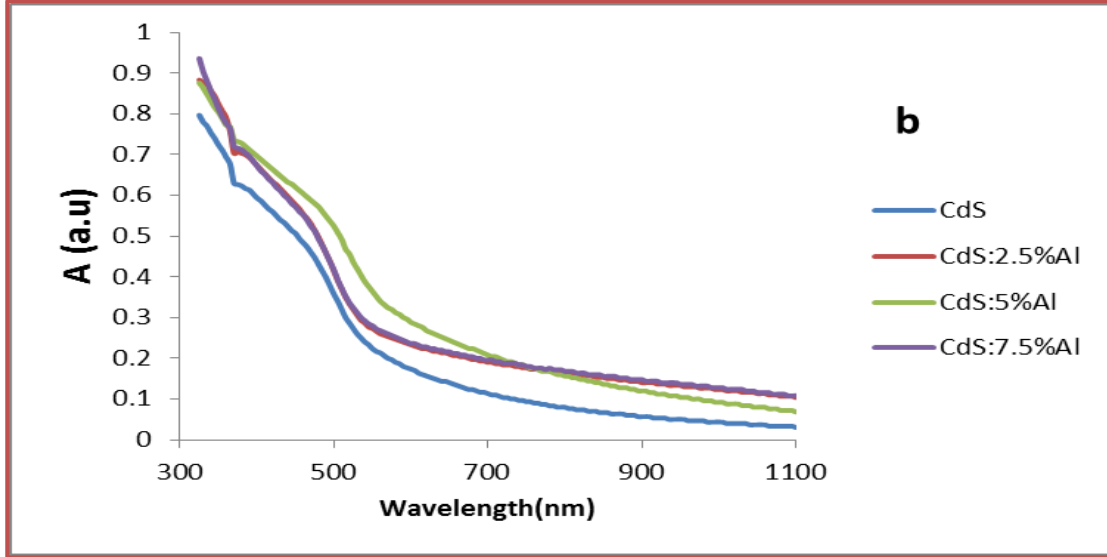
الطول الموجي ، بينما تزداد بزيادة السُمك وهذه النتائج متفقة مع [89]، كما نلاحظ من الشكل (12-4) ادت عملية تلدين الاغشية الى نقصان في الامتصاصية [24] .



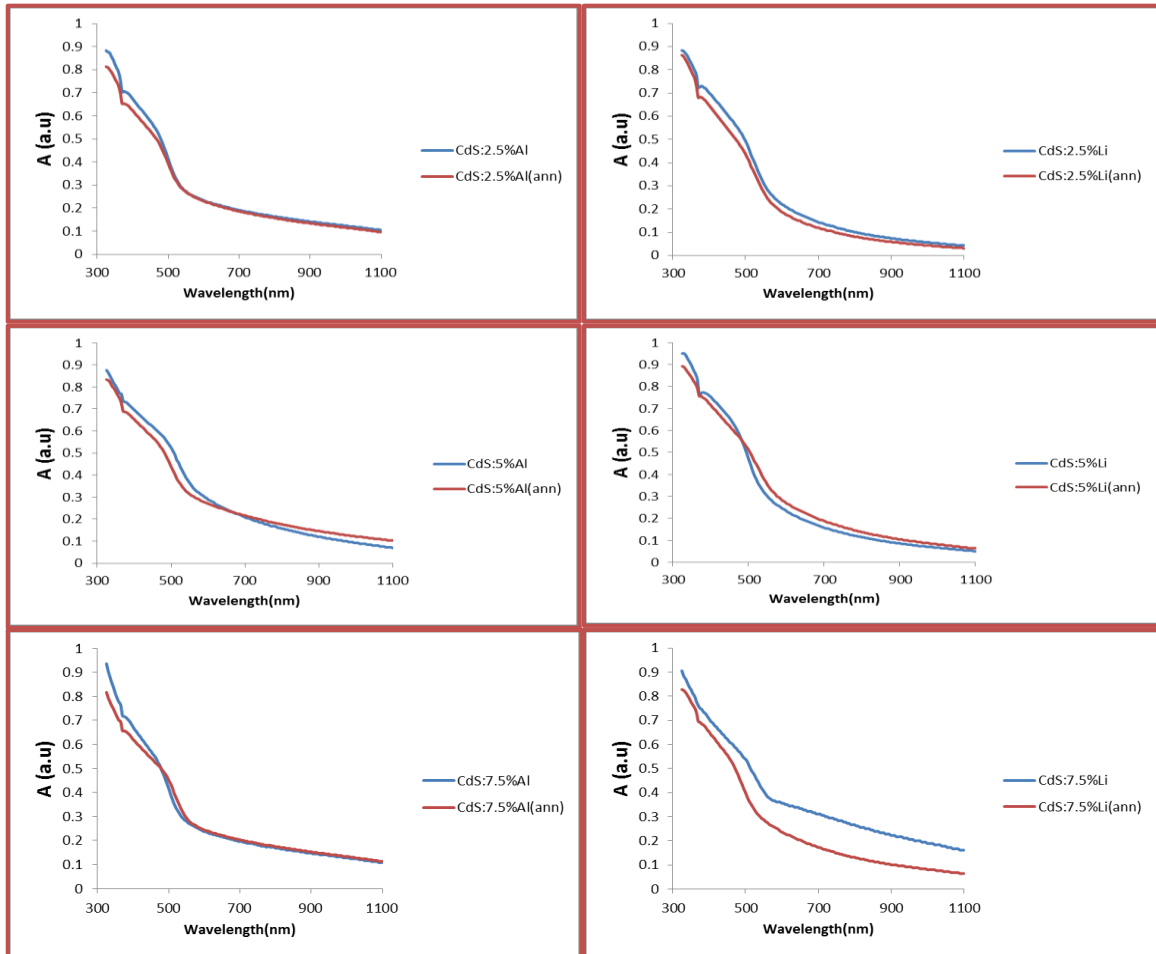
شكل (12-4) الامتصاصية لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين.

ومن الشكل (13-4) الذي يمثل الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية (CdS) المشوب بالليثيوم والالمنيوم بنسب حجمية (0 , 2.5 , 5 , 7.5 %) حيث نلاحظ ان الامتصاصية تكون عالية ثم تقل بزيادة الطول الموجي لتصل اقل قيمة لها عند المنطقتين المرئية والحمراء القريبة مما يتيح استخدام هذه الاغشية كنوافذ في تطبيقات الخلايا الشمسية [104] ، كما نلاحظ ان الامتصاصية تزداد بزيادة نسب التشويب [105] . كذلك عند ملاحظة الشكل (14-4) يتبين أن الإمتصاصية تتغير بصورة متباينة نحو النقصان عند تلدين اغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسب (2.5 , 5 , 7.5 %) [45] .





شكل (13-4) الامتصاصية (Abs) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة a: بالليثيوم b: بالألومنيوم.

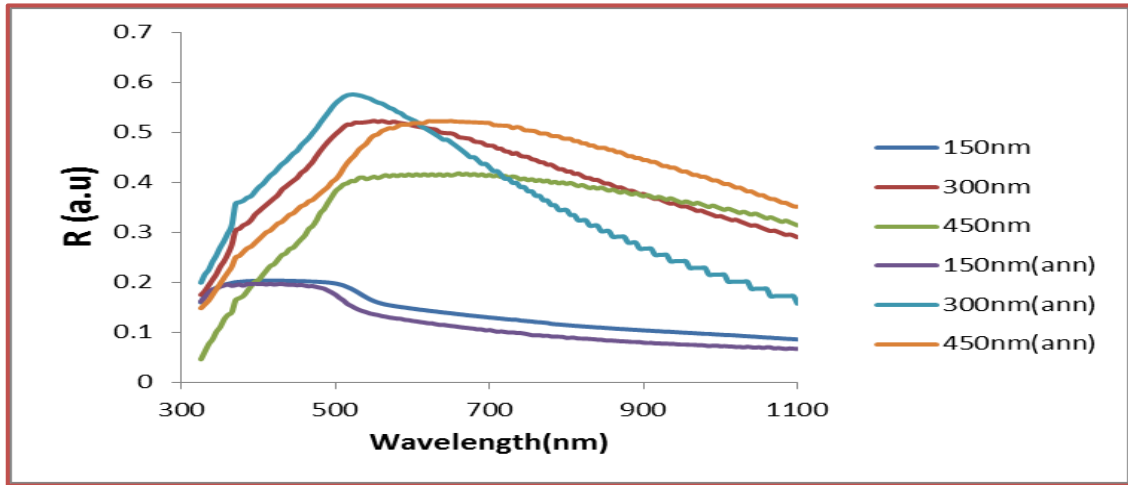


شكل (14-4) تأثير التلدين على امتصاصية أغشية CdS المشوبة بالليثيوم والألمنيوم.

Reflectance

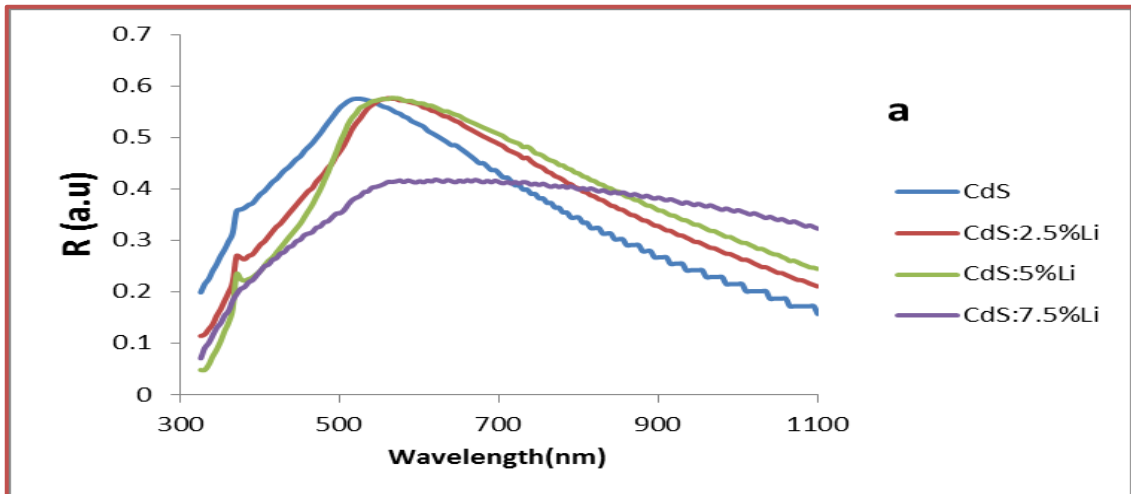
(3-3-4) الانعكاسية

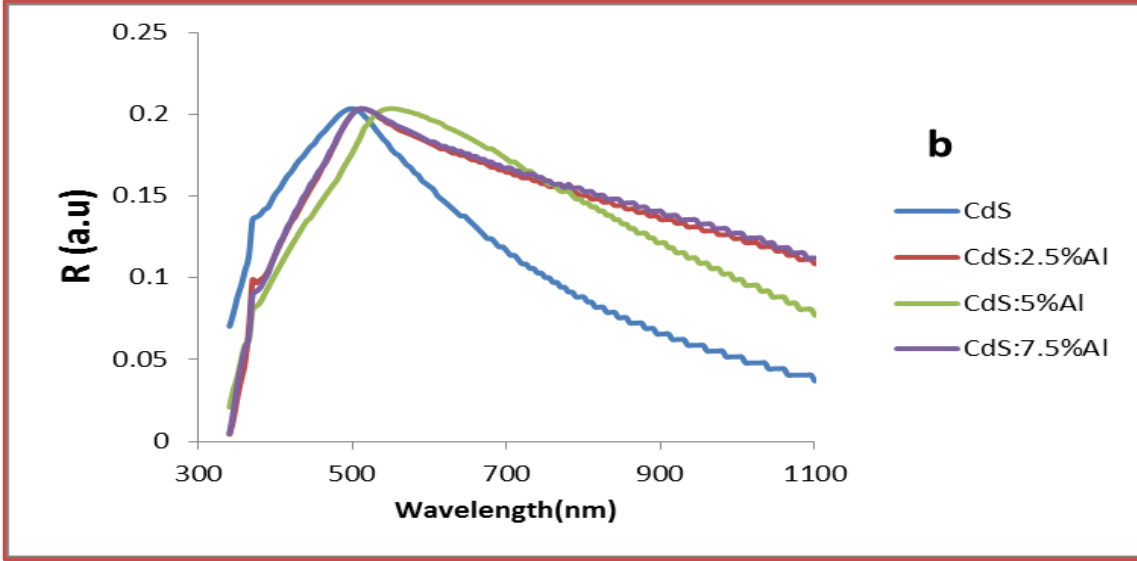
تم حساب الانعكاسية وذلك بالاعتماد على طيفي النفاذية والامتصاصية بالاعتماد على قانون حفظ الطاقة وحسب المعادلة (2-12). يوضح الشكل (4-15) الانعكاسية لأغشية CdS النقية وبسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين حيث نلاحظ زيادة في الانعكاسية بزيادة الطول الموجي لتصل الى اقصى قيمة لها عند الطول الموجي (500±20) nm ثم تبدأ بالتناقص بزيادة الطول الموجي [96] ، كذلك نلاحظ ان الانعكاسية تزداد بزيادة السُمك وتقل عند التلدين [33].



شكل (4-15) الانعكاسية لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين.

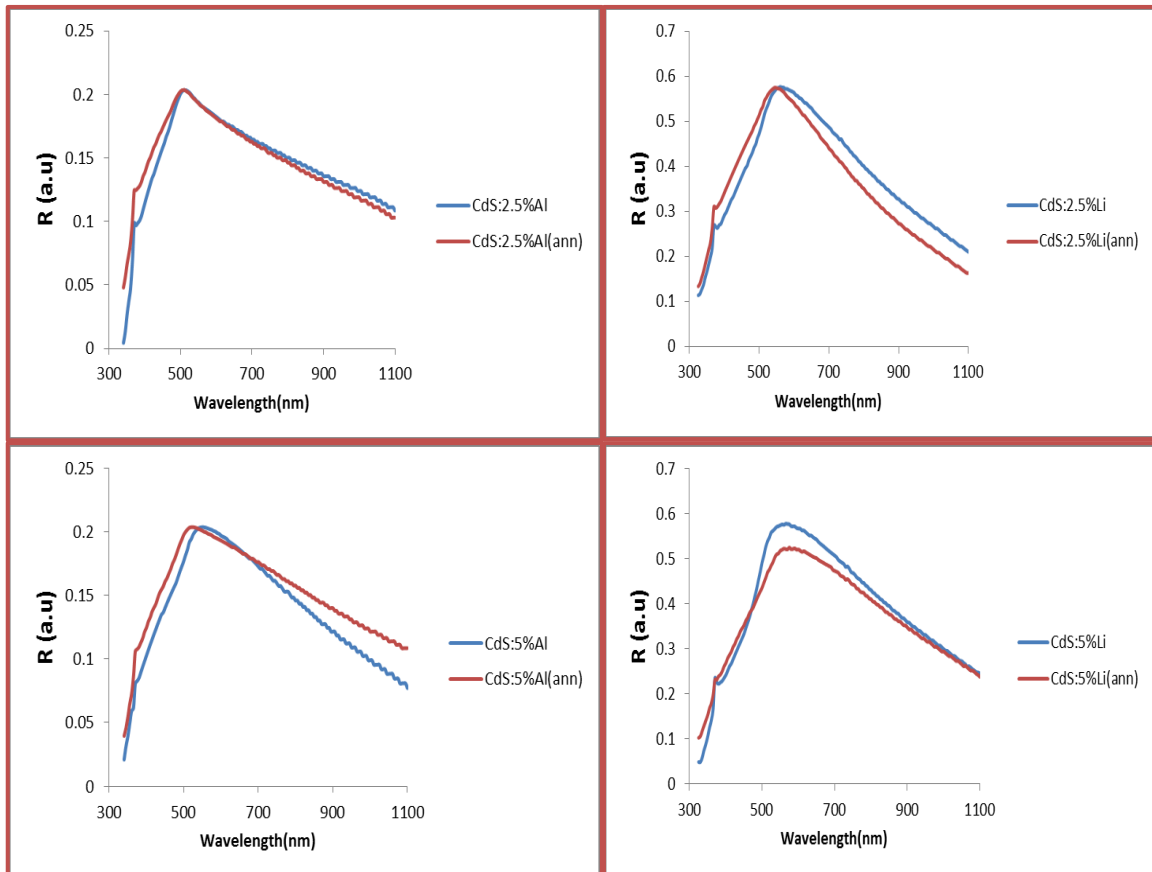
كذلك من الشكل (4-16) نلاحظ ان الانعكاسية تقل عند زيادة نسب التشويب بالليثيوم والالمنيوم عند الاطوال الموجية القصيرة بينما تزداد قيمتها بزيادة نسب التشويب في المنطقتين المرئية و تحت الحمراء القريبة [39].

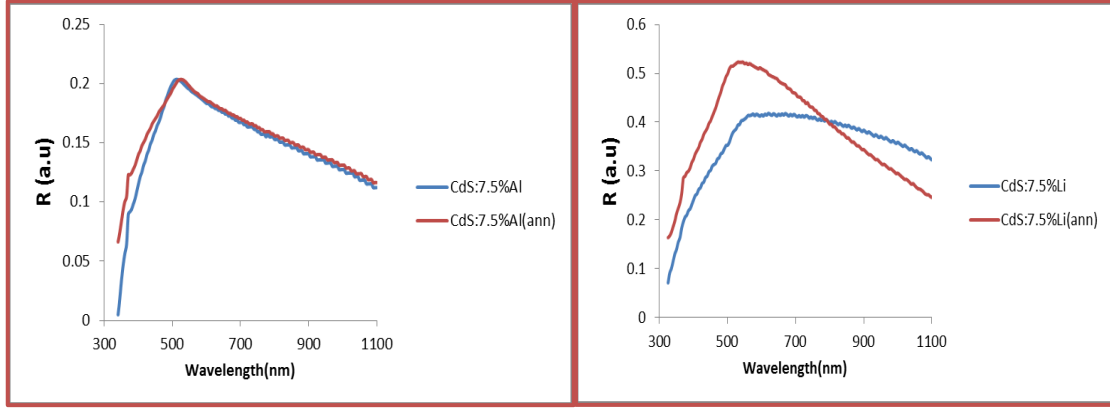




شكل (16-4) الانعكاسية (R) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة a: بالليثيوم b: بالألومنيوم.

يوضح الشكل (17-4) تأثير التلدين على الانعكاسية لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والألمنيوم بنسب (2.5 , 5 , 7.5 %) كدالة للطول الموجي حيث نلاحظ ان عملية التلدين اثرت على الانعكاسية بصورة متباينة نحو الزيادة وهذا يعزى الى تغير التركيب البلوري مما ادى الى تغير سطوح الاغشية . [96]



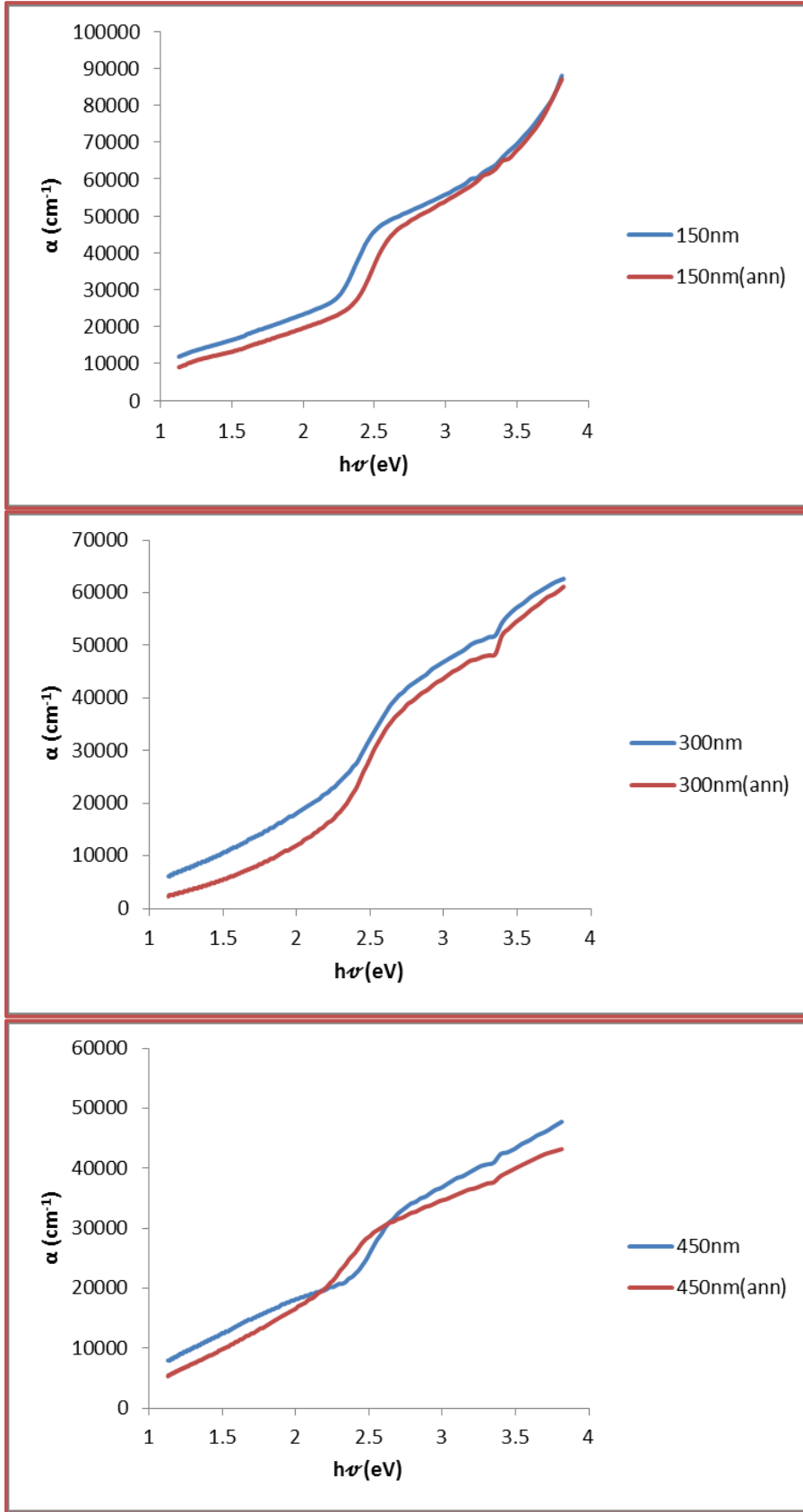


شكل (17-4) تأثير التلدين على انعكاسية أغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم.

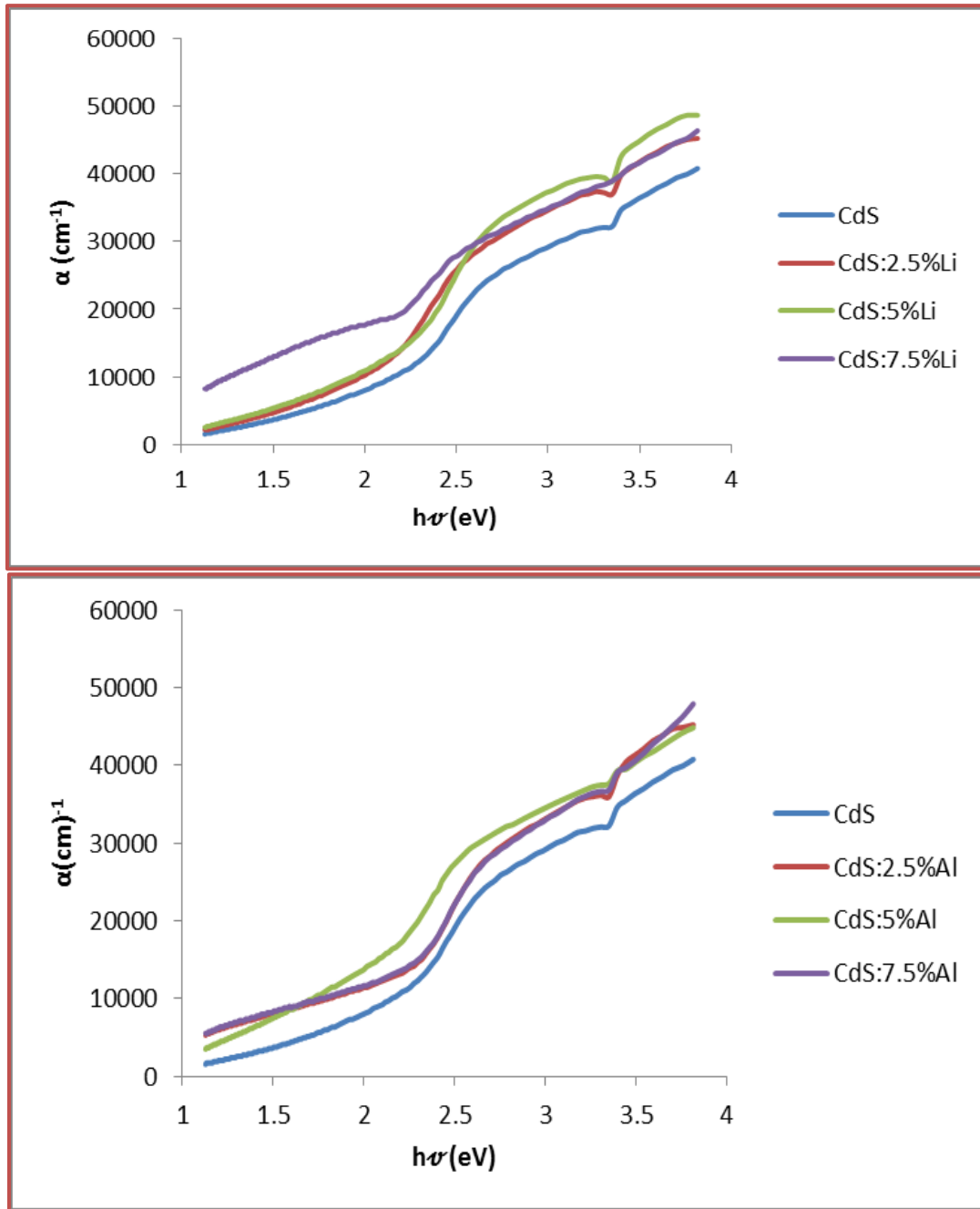
Absorption Coefficient

(4-3-4) معامل الامتصاص

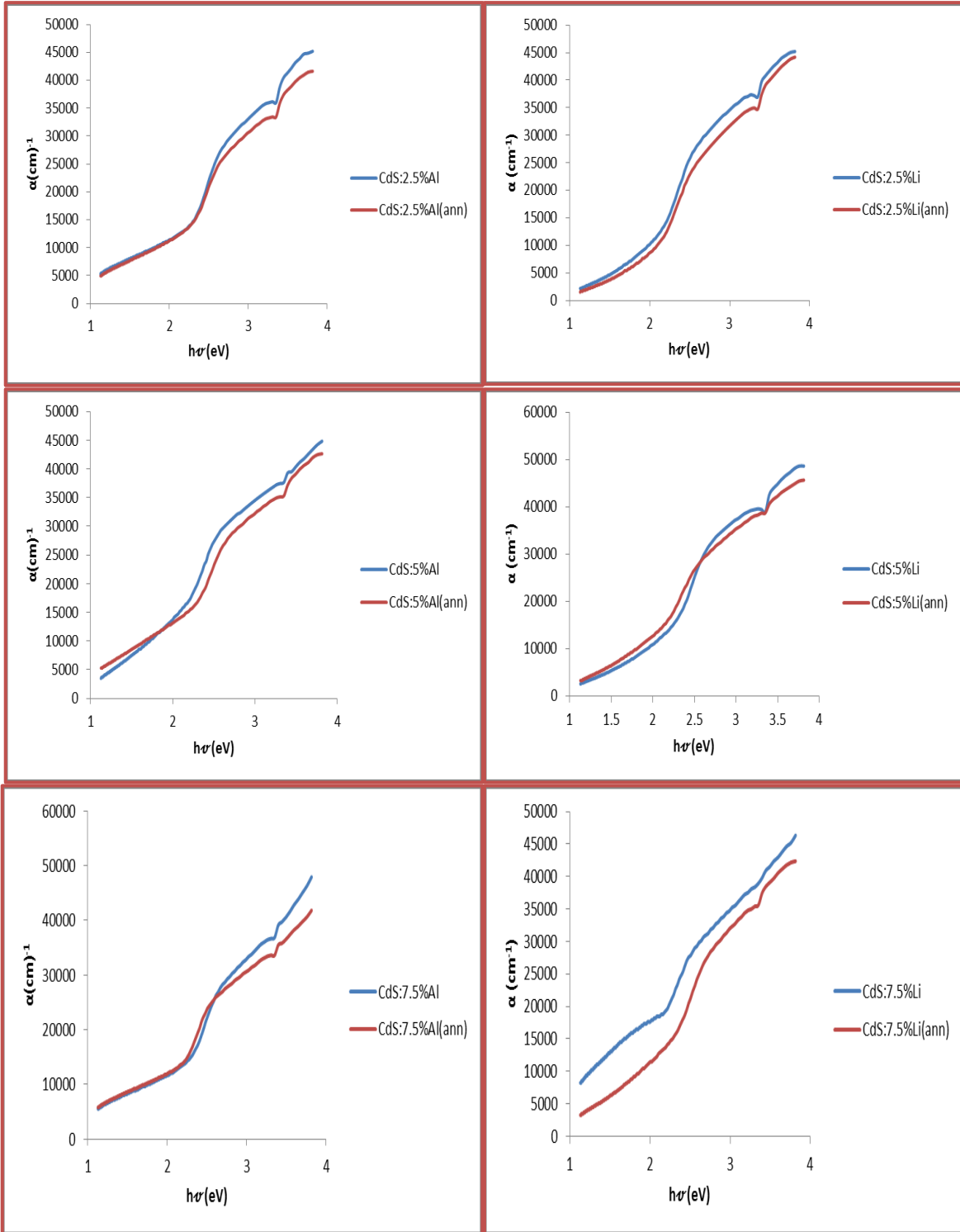
تم حساب معامل الامتصاص (α) لأغشية CdS النقية لسُمك (150 , 300, 450) nm الغير ملدنة والملدنة بدرجة حرارة 300 °C لمدة ساعة واحدة وكذلك اغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسب حجمية (2.5 , 5 , 7.5 %) قبل وبعد التلدين بالاعتماد على المعادلة (22-2) . والشكل (18-4) يوضح تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية كبريتيد الكاديوم CdS النقية لسُمك (150 , 300, 450) nm قبل وبعد التلدين حيث نلاحظ زيادة الامتصاص بزيادة طاقة الفوتون ونقصانه بعد التلدين للمنحني الواحد ولنفس الطول الموجي [91,106] . والشكل (19-4) يوضح تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسب (0 , 2.5 , 5 , 7.5 %) حيث نلاحظ زيادة معامل الامتصاص بزيادة نسب التشويب لليثيوم والالمنيوم مع ملاحظة أن حافة الامتصاص تزحف نحو الطاقات الواطئة بزيادة نسب التشويب مما يؤدي الى زيادة امتصاص الفوتونات ذات الطاقة الواطئة وهذا يعزى الى تكوين مستويات موضعية تخللت مستويات الطاقة الاساسية [36,93,103] . والشكل (20-4) يوضح تأثير التلدين على أغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم حيث نلاحظ معامل الامتصاص يقل عند التلدين وهذا يدل على تحسن الخواص التركيبية وتقليل العيوب في البلورة عند التلدين [24] . وعموماً نلاحظ من الاشكال (18-4),(19-4),(20-4) ان معامل الامتصاص يزداد بزيادة طاقة الفوتون الساقط وقيم معامل الامتصاص ($\alpha > 10^4 \text{cm}^{-1}$) عند حافة الامتصاص وهذا يعني إمكانية حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة [107,108] .



شكل (18-4) معامل الامتصاص لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150, 300, 450)nm قبل وبعد التلدين.



شكل (19-4) معامل الامتصاص (α) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والألمنيوم.

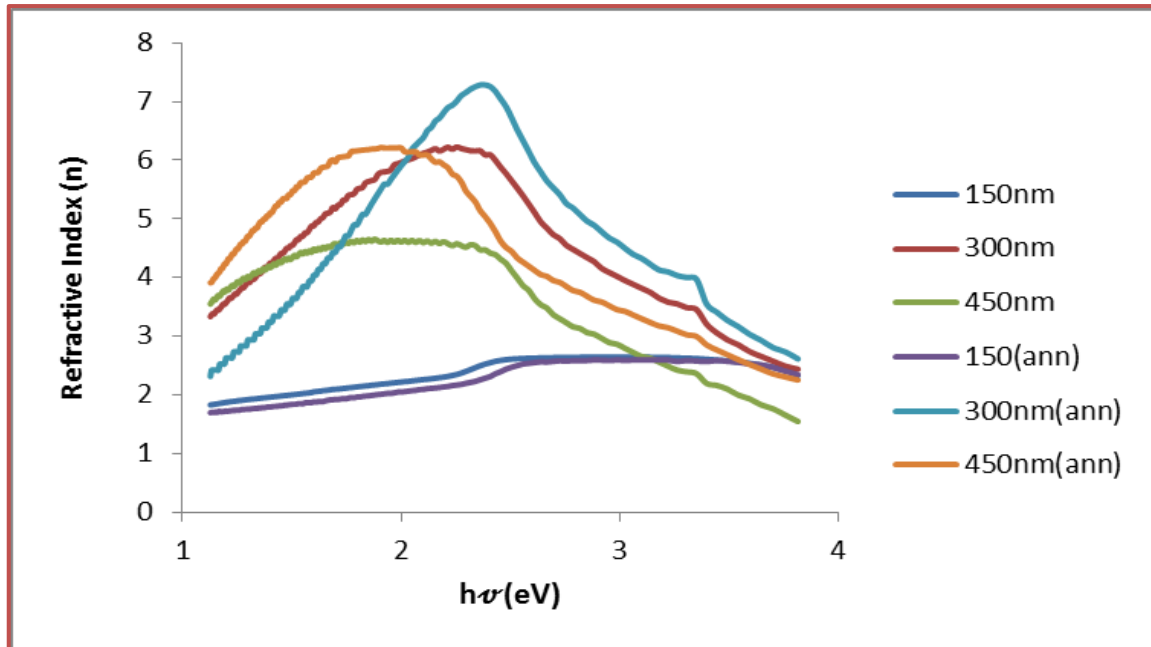


شكل (20-4) تأثير التلدين على معامل الامتصاص لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم.

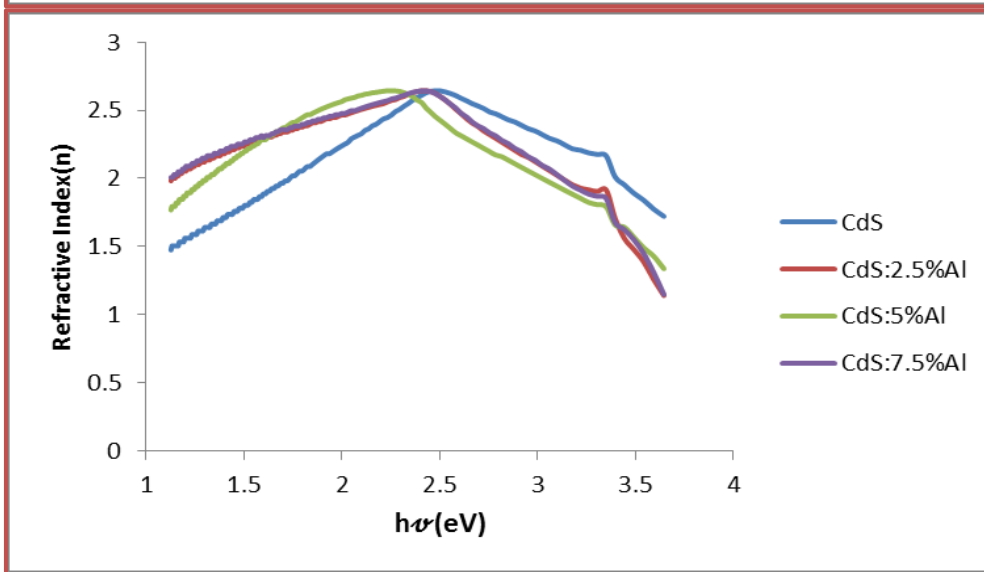
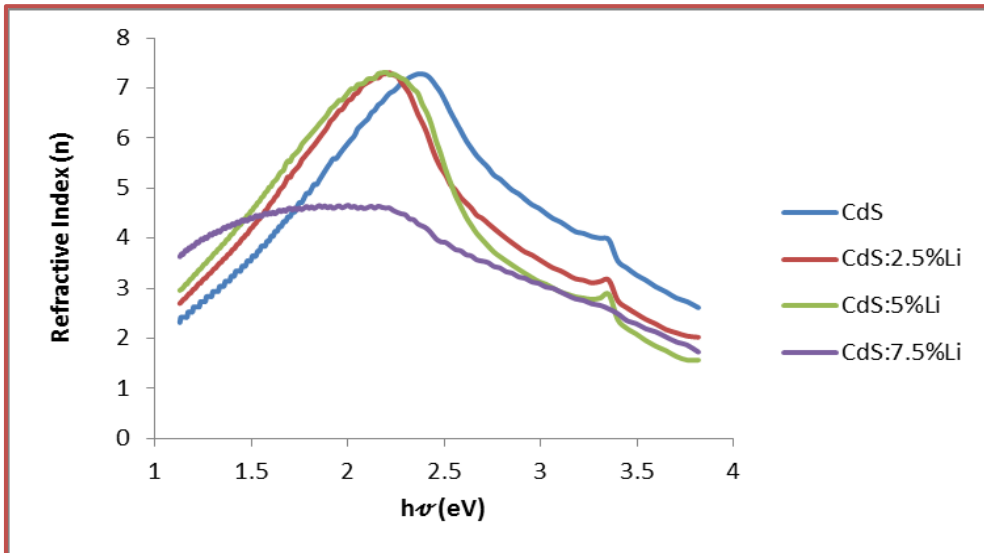
Refractive Index

(5-3-4) معامل الانكسار (n)

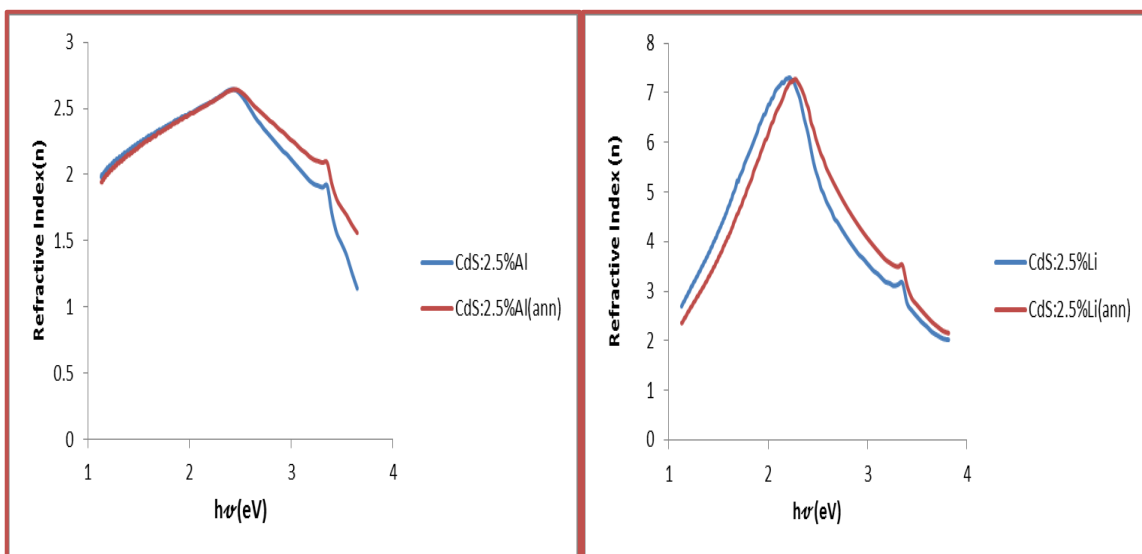
تم حساب معامل الانكسار بالاعتماد على المعادلة (23-2) لأغشية Cds النقية والمشوبة . يوضح الشكل (21-4) تغير معامل الانكسار بالنسبة لطاقة الفوتون الساقط لأغشية Cds النقية والمحضرة بسُمك (150 , 300, 450) nm الغير ملدنة والملدنة بدرجة حرارة 300 °C لمدة ساعة واحدة حيث نلاحظ زيادة معامل الانكسار بزيادة السمك ، بينما يقل عند التلدين وهذا يدل على تحسن الخصائص التركيبية وتقليل العيوب عند المعاملة الحرارية التي تعمل على انتظام الحبيبات وزيادة الحجم الحبيبي وبالتالي زيادة التراص للذرات مما يؤدي الى تقليل معامل الانكسار [33] . والشكل (22-4) يوضح تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية Cds المشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسب (0 , 2.5 , 7.5 %) حيث نلاحظ زيادة لمعامل الانكسار عند الطاقات الواطئة ليصل الى أعلى قيمة عند طاقة الفوتون (2.6 ± 0.2) eV ثم يبدأ بالتناقص عند الطاقات العالية للفوتون الساقط [96]. وعند تلدين الاغشية المشوبة بالليثيوم والالمنيوم نلاحظ قيم متباينة في قيم معامل الانكسار نحو الانخفاض، حيث يقل عند التلدين في الطاقات الواطئة ويزداد في الطاقات العالية للفوتون كما في الشكل (23-4). كما نلاحظ أن طبيعة منحنى معامل الانكسار في جميع الاشكال مشابهة لمنحنى الانعكاسية وذلك لارتباطه بها وفق المعادلة (24-2) .

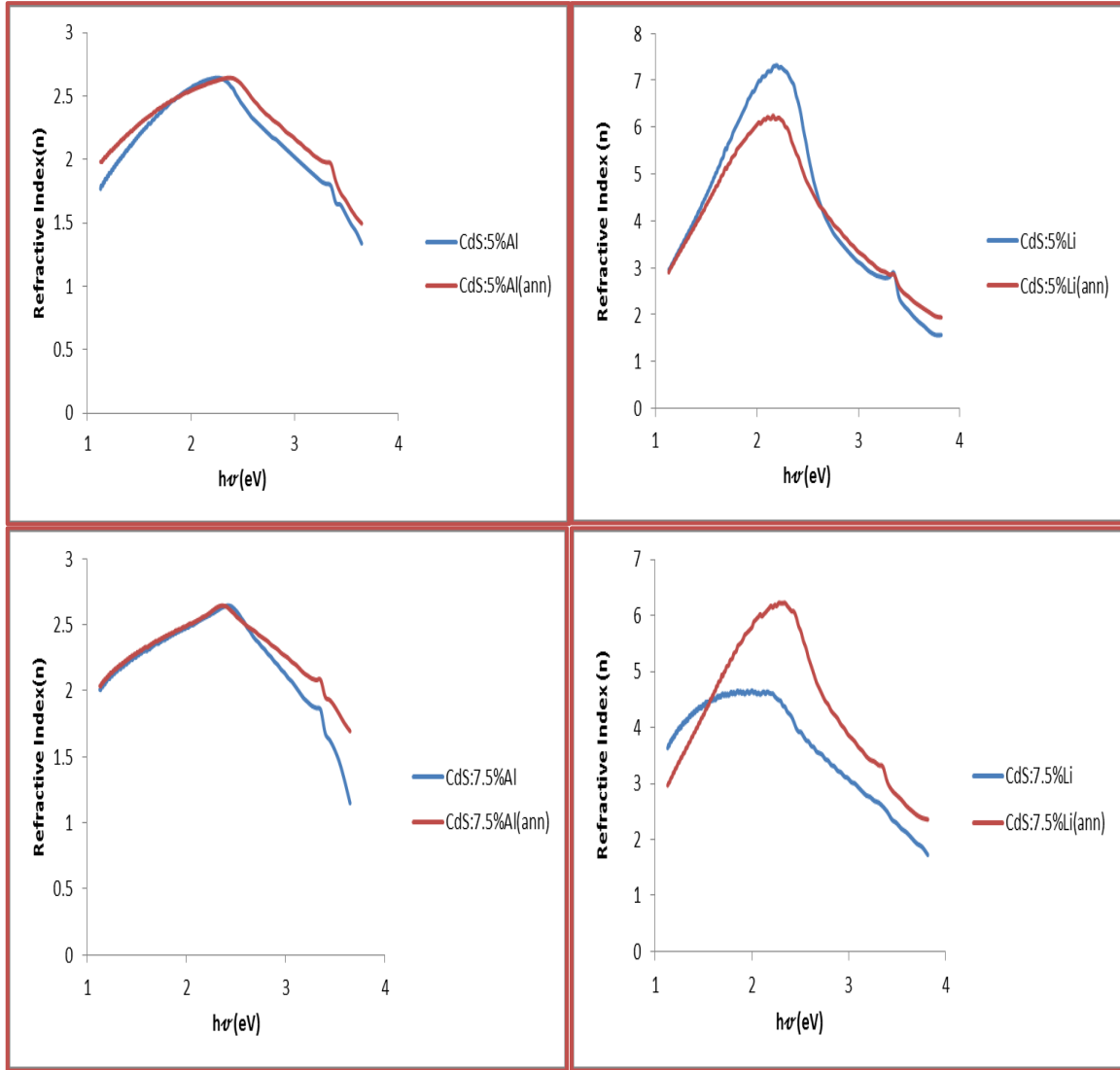


شكل (21-4) معامل الانكسار لأغشية (Cds) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين.



شكل (4-22) معامل الانكسار (n) لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والألمنيوم.





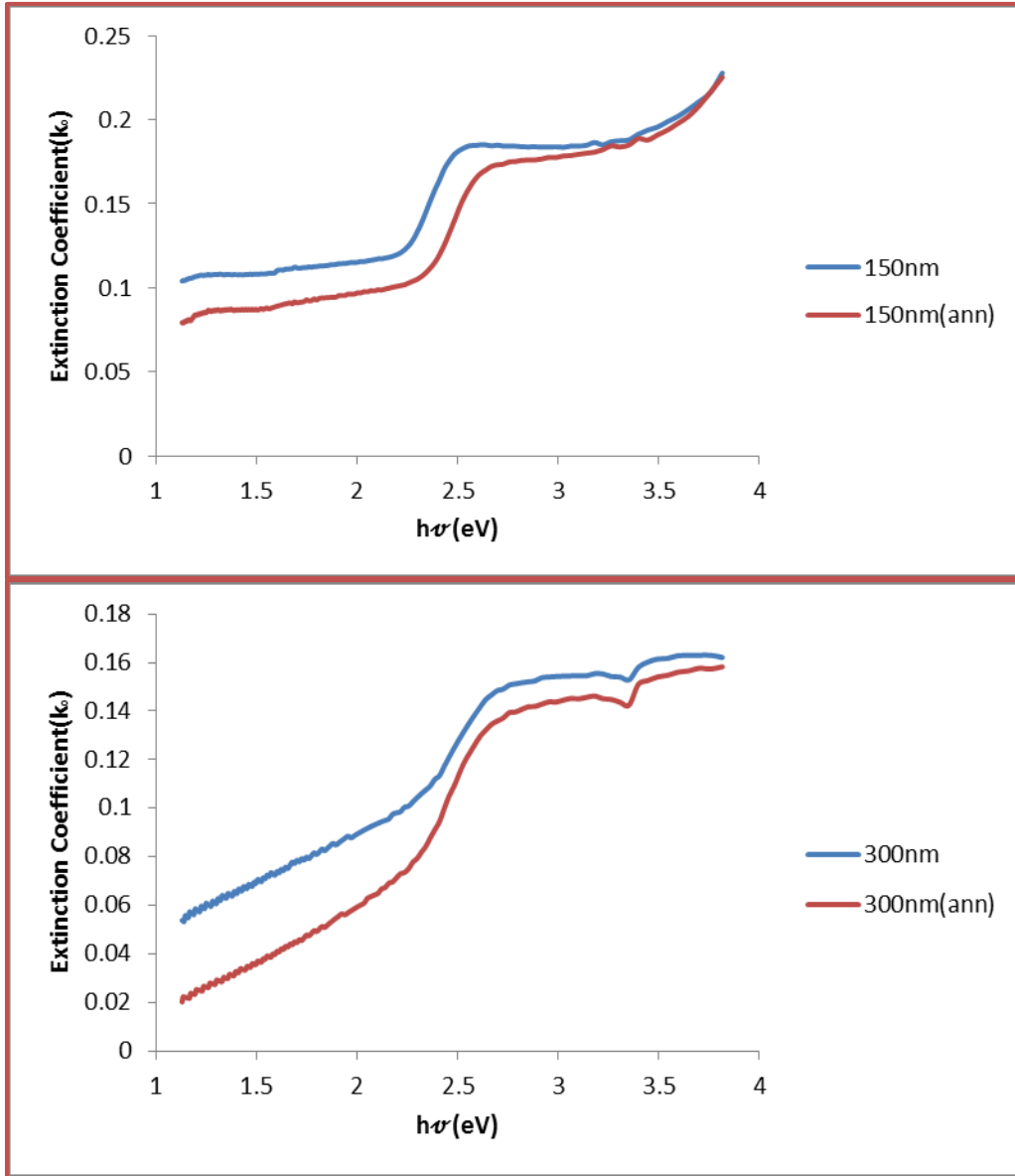
شكل (4-23) تأثير التلدين على معامل الانكسار لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم.

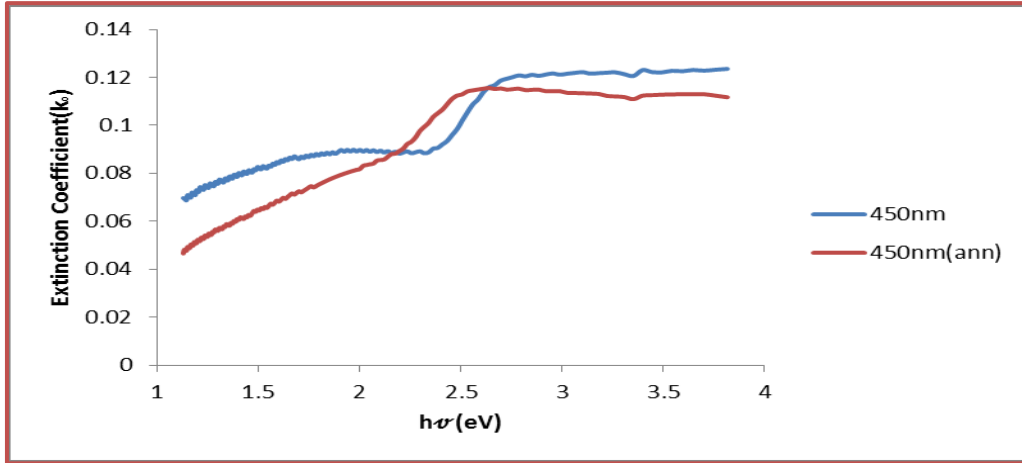
Extinction Coefficient

(4-3-6) معامل الخمود (k_0)

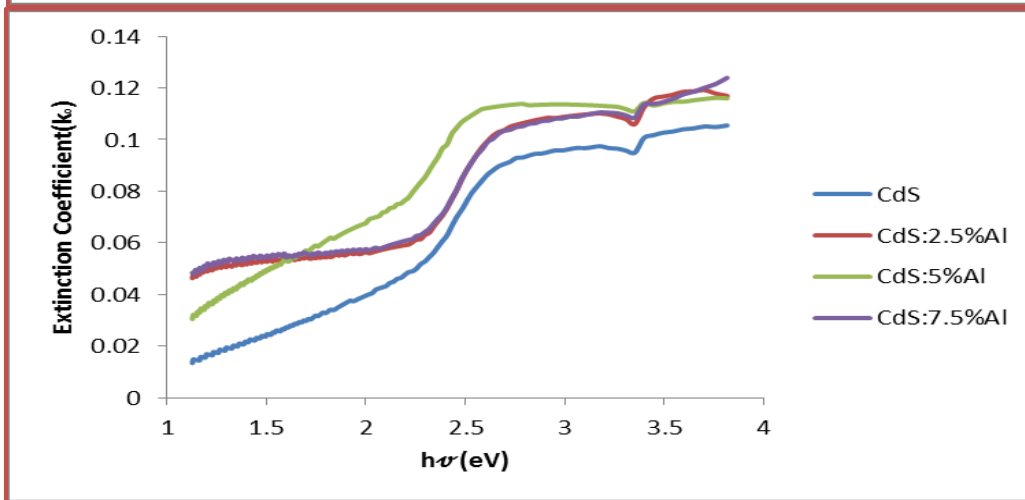
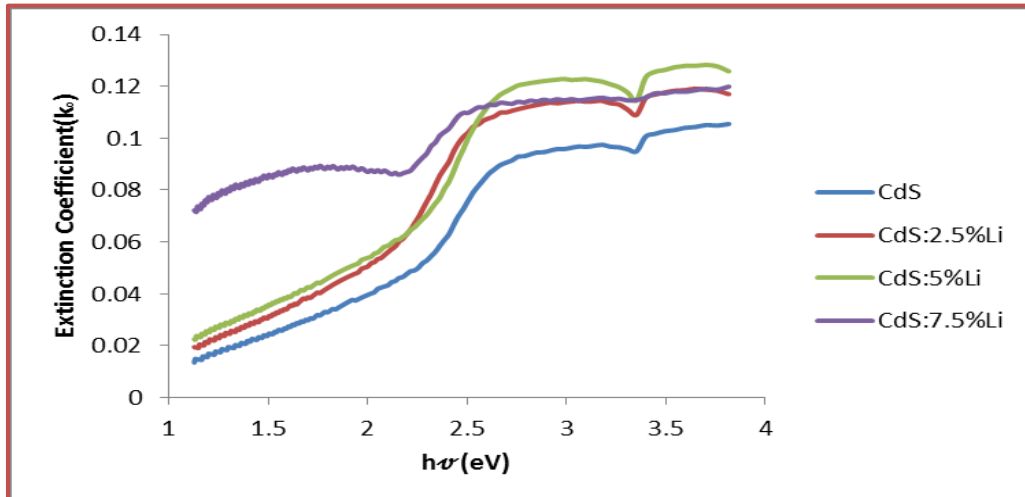
تم حساب معامل الخمود حسب العلاقة (2-24) لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين. يوضح الشكل (4-24) معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون الساقط لأغشية CdS النقية ولسمك (150, 300, 450) nm غير المدلنة والمدلنة بدرجة 300°C لمدة ساعة واحدة حيث نلاحظ زيادة معامل الخمود بزيادة طاقة الفوتون الساقط مع زيادة سريعة عند طاقة الفوتون (2.6 ± 0.2) eV وهذا يعني حدوث انتقالات الكترونية في هذه المنطقة [109,110]. بينما عند التلدين نلاحظ إنخفاض في قيم معامل الخمود [111]. ويوضح الشكل (4-25) تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسب حجمية (0, 2.5, 5, 7.5 %) حيث

نلاحظ معامل الخمود يزداد عند الزيادة في نسب التشويب لليثيوم والالمنيوم وهذا يرجع الى زيادة المستويات الموضعية التي تخلت المستويات الاساسية نتيجة الزيادة في نسب التشويب [28]. وعند تلدين اغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم نلاحظ معامل الخمود يقل عند التلدين كما في الشكل (26-4) [111]. وعموماً معامل الخمود يسلك سلوكاً مشابهاً لمعامل الامتصاص لأنه يعتمد عليه وفق المعادلة (4-25) .

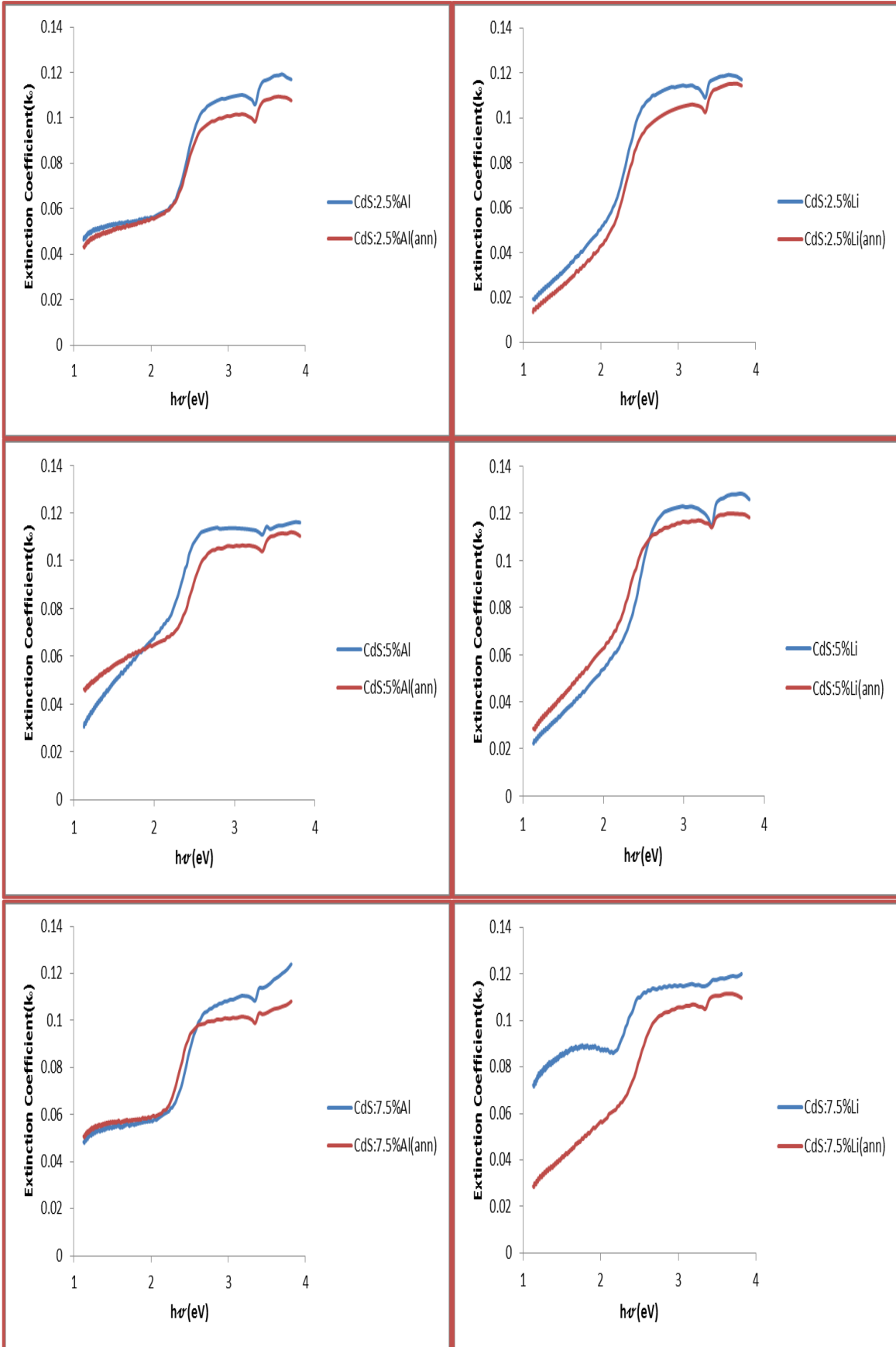




شكل (24-4) معامل الخمود لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين.



شكل (25-4) معامل الخمود لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والألمنيوم.

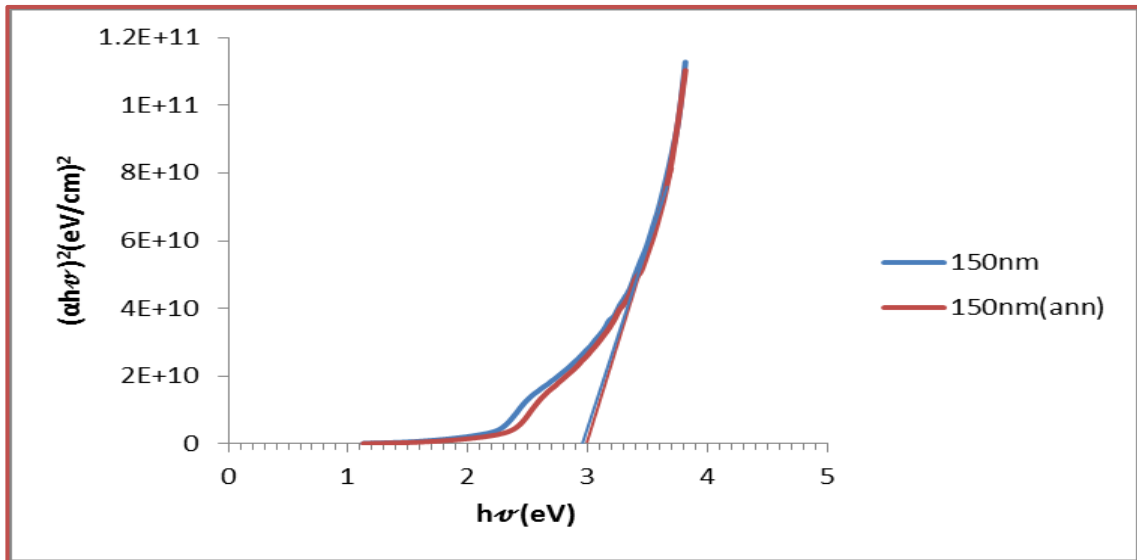


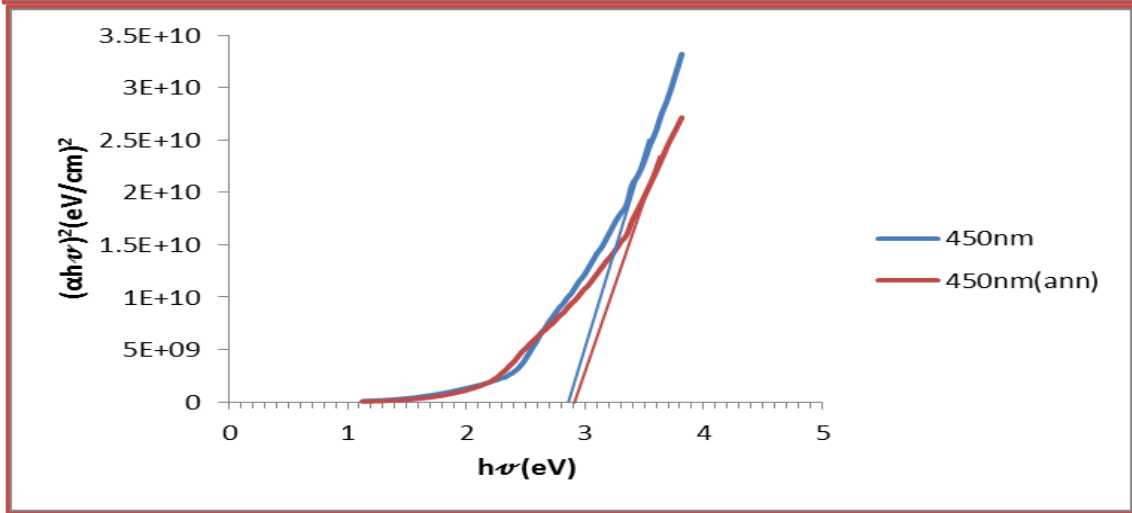
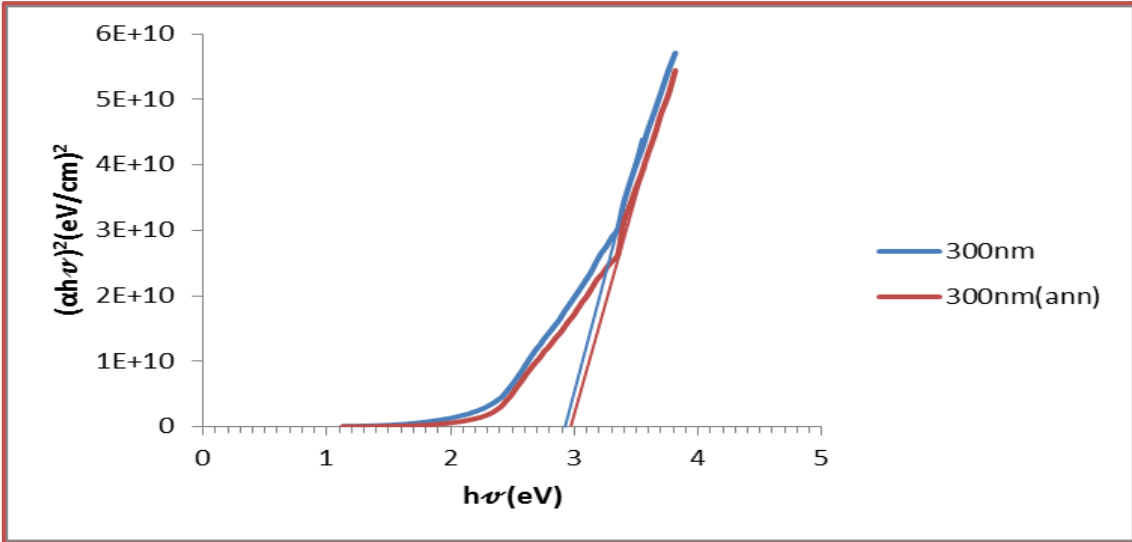
شكل (4-26) تأثير التلدين على معامل الخمود لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم.

Optical Energy Gap

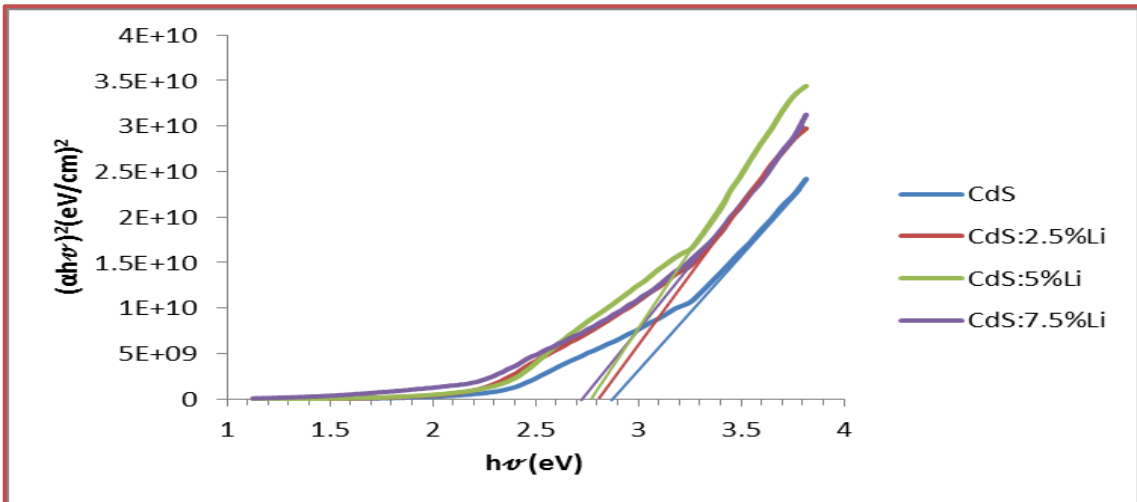
(7-3-4) فجوة الطاقة البصرية

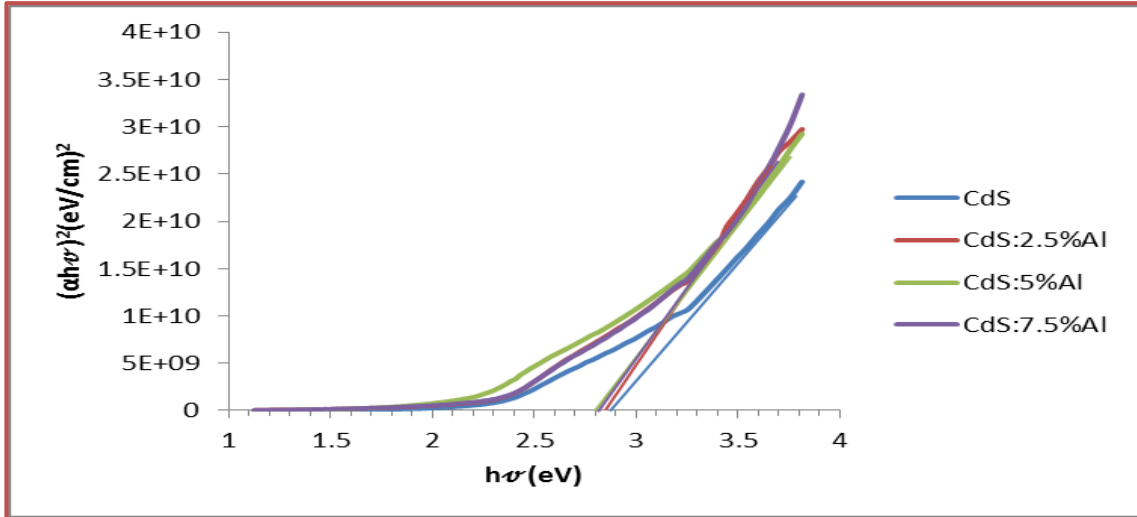
تم حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة وذلك باستخدام معادلة (8-2) عندما تكون قيمة $(r=1/2)$ وذلك من خلال رسم العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون الساقط $(h\nu)$ وبين $(\alpha h\nu)^2$ ويرسم المماس الخارجي لمنطقة الامتصاص العالي للمنحنى ليقطع محور طاقة الفوتون عندما $\nu=0$ حيث تمثل نقطة التقاطع عند المحور x هي قيمة فجوة الطاقة البصرية ، ومن خلال الاشكال (27-4), (28-4), (29-4) أظهرت النتائج المبينة في الجدول (4-5) فجوة الطاقة تقل بزيادة السمك [24,42,89]، وتقل عند التشويب بالليثيوم والالمنيوم وذلك لأن الشوائب عملت على تكوين مستويات موضعية داخل فجوة الطاقة أدت الى امتصاص الفوتونات ذات الطاقة الواطئة فتقل فجوة الطاقة البصرية [24,39,100]. ومن خلال النتائج المبينة في الجدول (4-5) فإن فجوة الطاقة البصرية تقل عند تلدين جميع الاغشية بدرجة حرارة 300°C لمدة ساعة واحدة ويمكن تفسير ذلك الى تحسن الخواص التركيبية حيث تعمل الحرارة على زيادة الطاقة الاهتزازية للذرات وبالتالي تصطف الذرات وتعيد ترتيبها مما يقلل من العيوب البلورية [39,112]. أما القيمة العالية لفجوة الطاقة البصرية في النتائج التجريبية مقارنة مع فجوة الطاقة القياسية يعزى الى تشكيل جسيمات نانوية ووجود تأثير الحصر الكمي للأغشية المحضرة [113,114] فاذا كان المجال صغير فحركة الالكترون والثقب يتم تقييدها فتبدو محصورة فتؤدي الى زيادة الطاقة المطلوبة لتحفيز الالكترون في حزمة التوصيل [109,111,115].



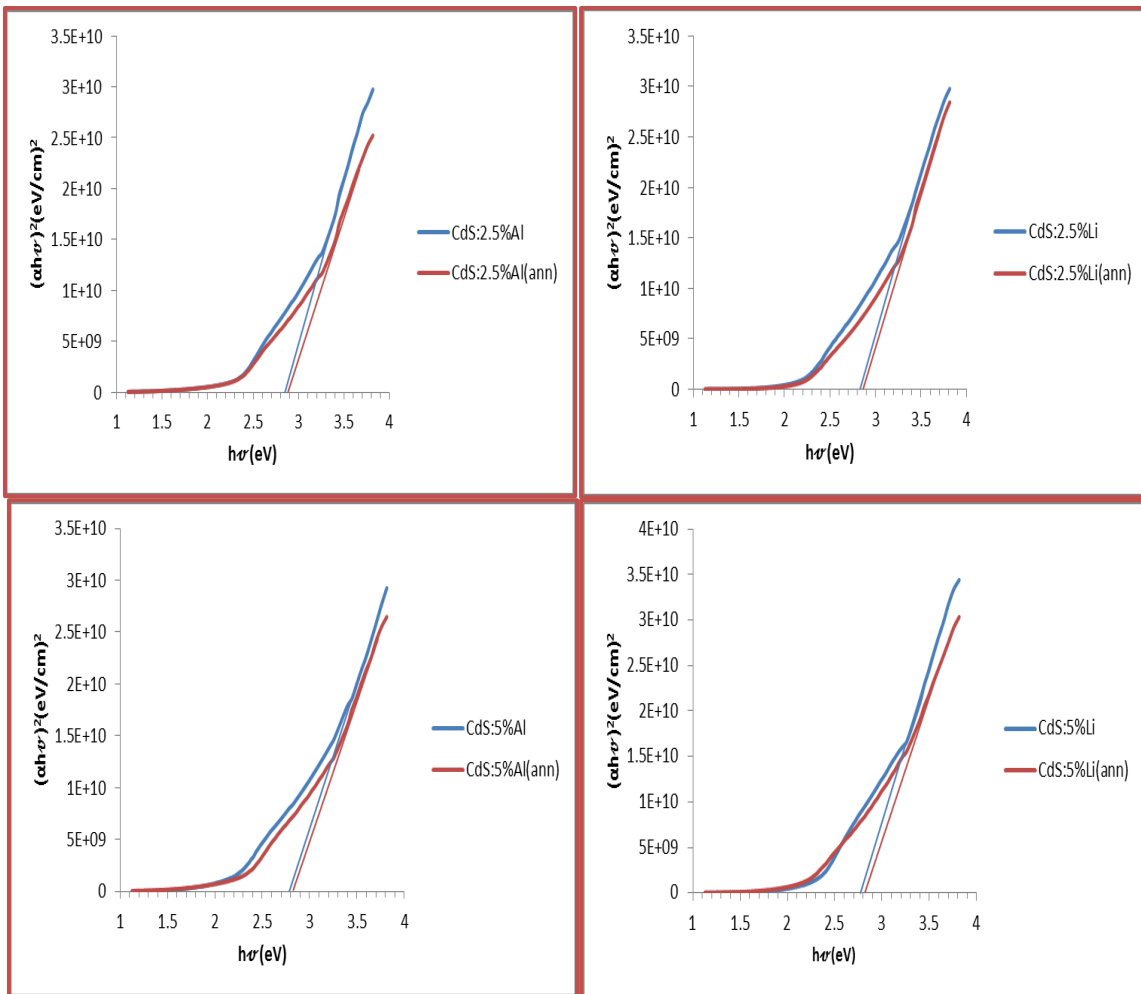


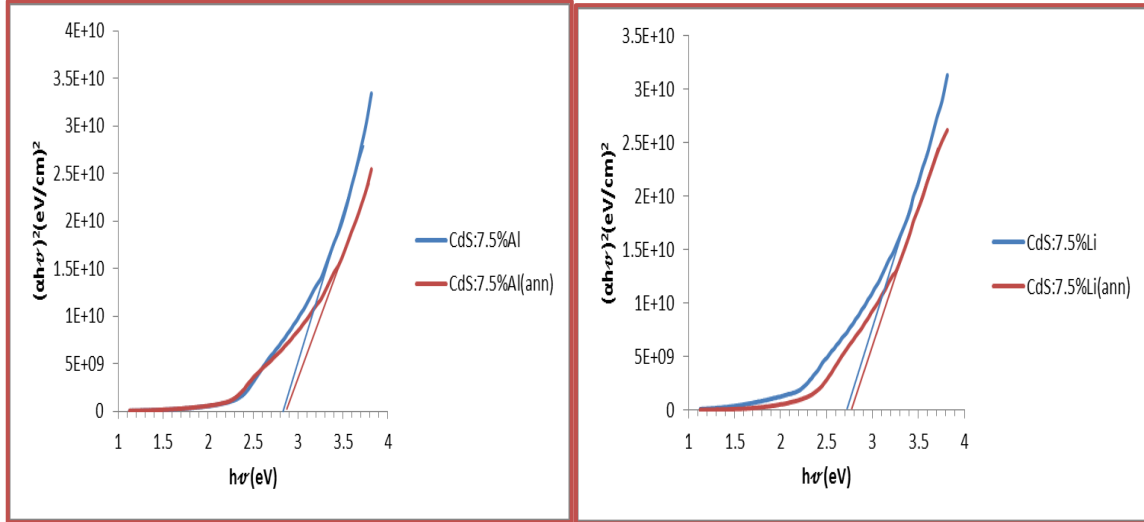
شكل (27-4) قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المسموحة لأغشية (CdS) النقية لسُمك (150 , 300, 450)nm قبل وبعد التلدين





شكل (28-4) قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المسموحة لأغشية (CdS) النقية والمشوبة بالليثيوم والألنيوم





شكل (4-29) تأثير التلدين على قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المسموحة لأغشية CdS المشوبة بالليثيوم والالمنيوم.

جدول (4-5) قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الكترونية المباشرة المسموحة

لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين.

sample	$E_g(eV)$ قبل التلدين	$E_g(eV)$ بعد التلدين
CdS(150nm)	2.97	3
CdS(300nm)	2.92	2.99
CdS(450nm)	2.89	2.91
CdS:2.5%Li	2.81	2.85
CdS:5%Li	2.79	2.81
CdS:7.5%Li	2.72	2.77
CdS:2.5%Al	2.85	2.88
CdS:5%Al	2.79	2.82
CdS:7.5%Al	2.81	2.85

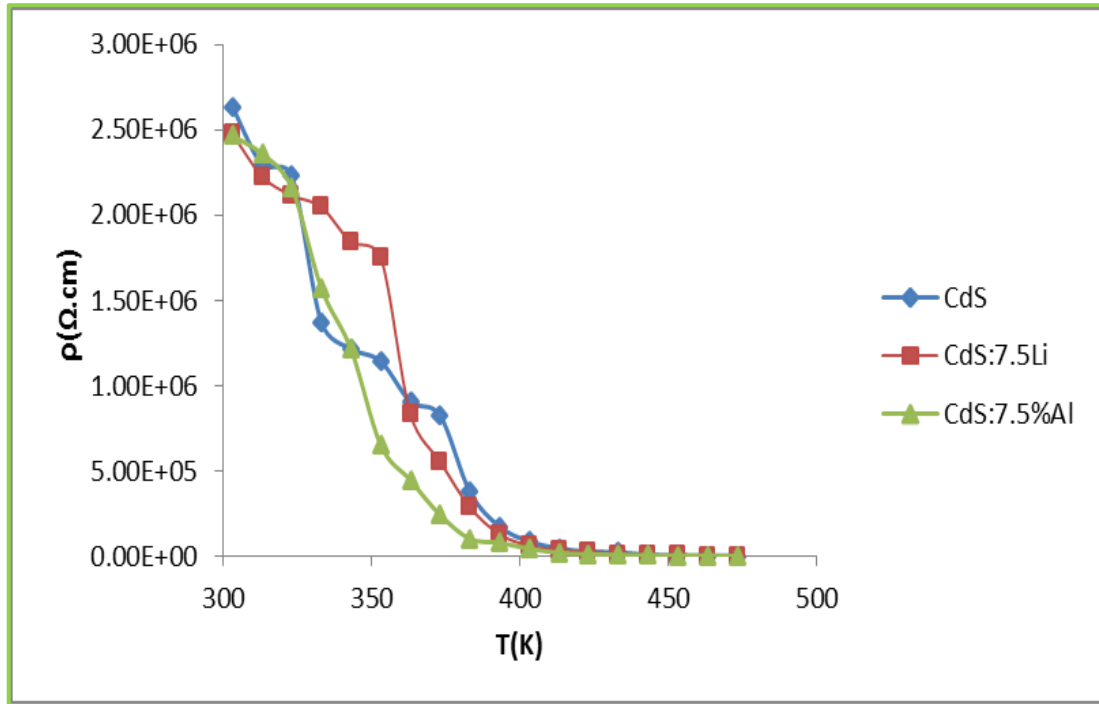
نتائج القياسات الكهربائية (4-4) Results of electrical measurements

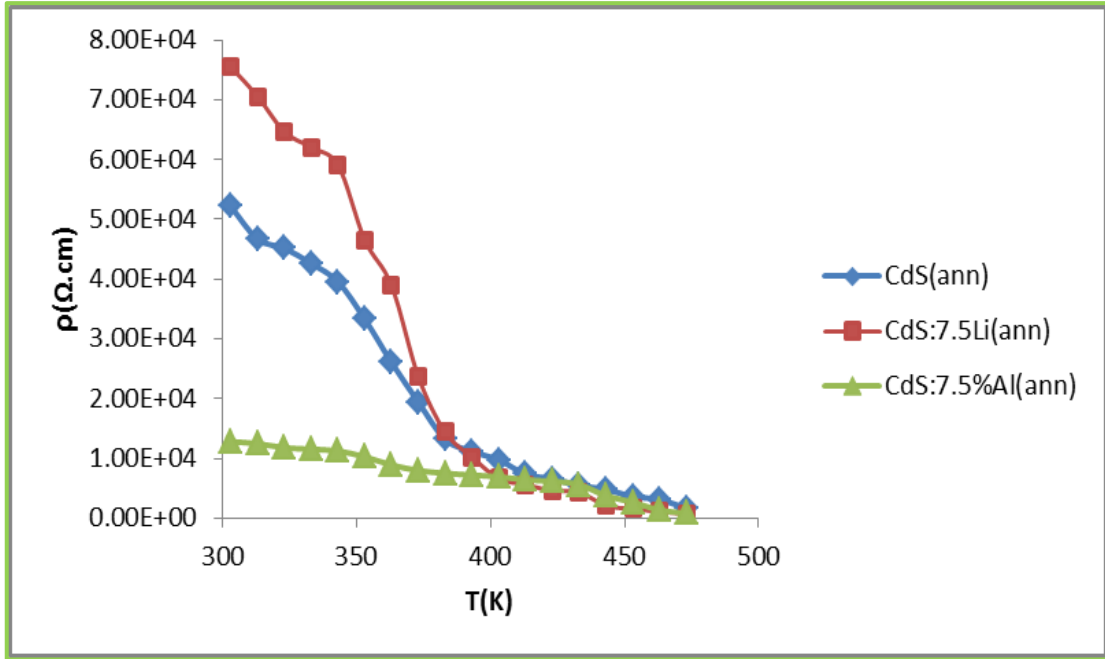
تضمنت القياسات الكهربائية دراسة تأثير التلدين وتشويب كل من الليثيوم والالمنيوم بنسبة (7.5%) على الخصائص الكهربائية لأغشية (CdS)، حيث تم قياس مقاومة الاغشية وذلك من خلال التغير الحاصل في درجات الحرارة ضمن المدى (303- 473)K ومن ثم حساب المقاومة والتوصيلية والتعرف على ميكانيكيات الانتقال وحساب طاقة التنشيط وحساب تركيز الحاملات ومعامل هول .

Resistivity

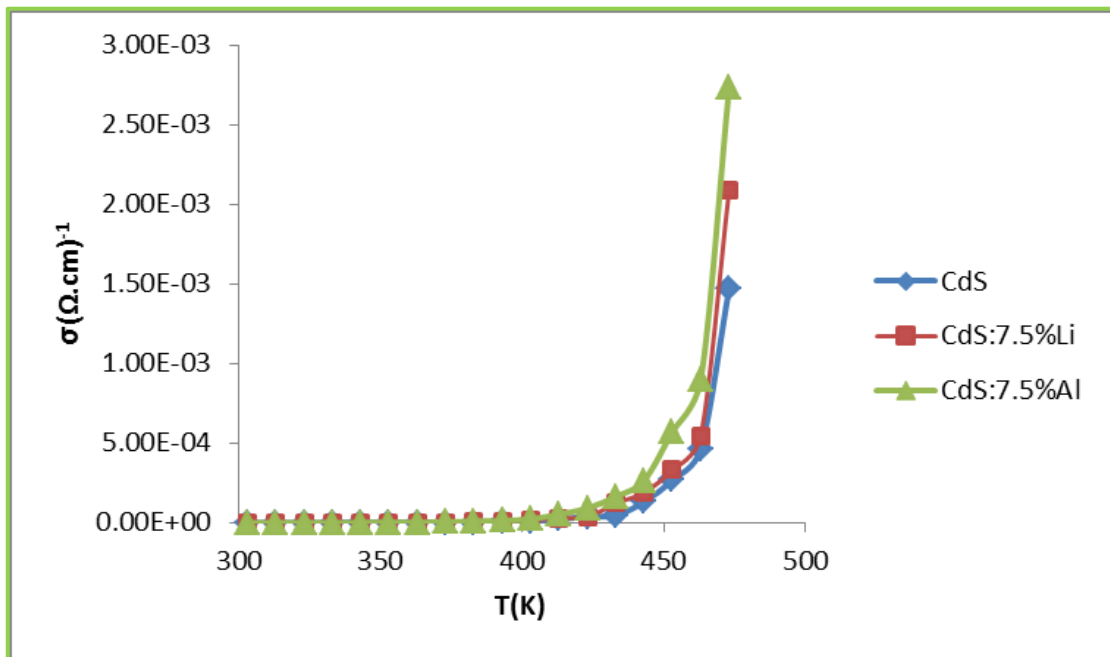
(1-4-4) المقاومة النوعية

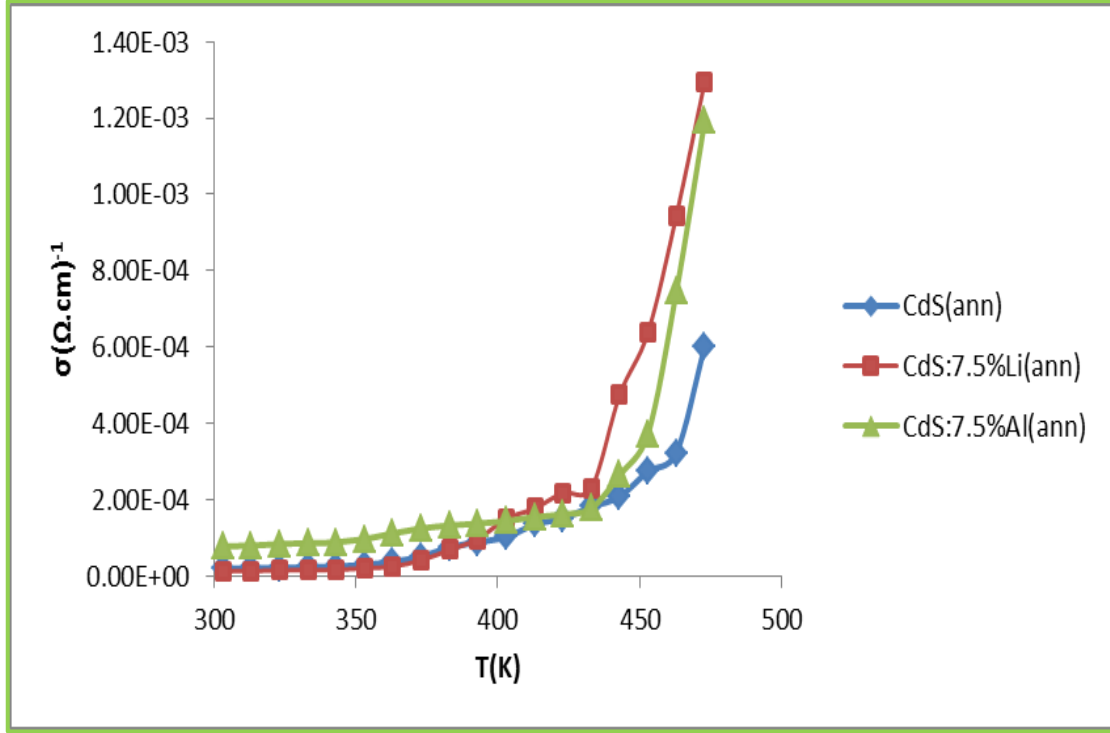
تم حساب المقاومة النوعية (ρ) بالاعتماد على المعادلة (26-2) و الشكل (4-30) يوضح المقاومة النوعية كدالة لدرجة الحرارة لأغشية Cds النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسبة (7.5%) قبل وبعد التلدين حيث نلاحظ ان المقاومة النوعية تقل بزيادة درجات الحرارة لجميع الاغشية وهذه صفة مميزة بأشباه الموصلات وهذا يرجع الى زيادة كثافة الحاملات بزيادة درجة الحرارة وتنتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل لامتلاكها الطاقة الكافية وبالتالي يزداد عددها في حزمة التوصيل مما يؤدي الى زيادة التوصيلية ونقصان المقاومة النوعية . وان أعلى قيمة للمقاومة النوعية هي $(26.3 \times 10^5 \Omega.cm)$ عند درجة حرارة (303 K) لأغشية Cds النقية قبل التلدين. كذلك نلاحظ من الشكل (4-29) أن المقاومة النوعية تقل عند التشويب وعند التلدين بدرجة حرارة $300^\circ C$. كذلك تم حساب التوصيلية (σ) من خلال المعادلة (27-2) والشكل (4-31) يوضح التوصيلية كدالة لدرجة الحرارة لمدى (303-473)K لأغشية Cds النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين حيث نلاحظ زيادة التوصيلية بزيادة درجة الحرارة وكذلك تزداد عند التشويب بالليثيوم والالمنيوم ويعزى ذلك الى زيادة حاملات الشحنة عند التشويب [31] .





شكل (30-4) المقاومة (ρ) لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين.





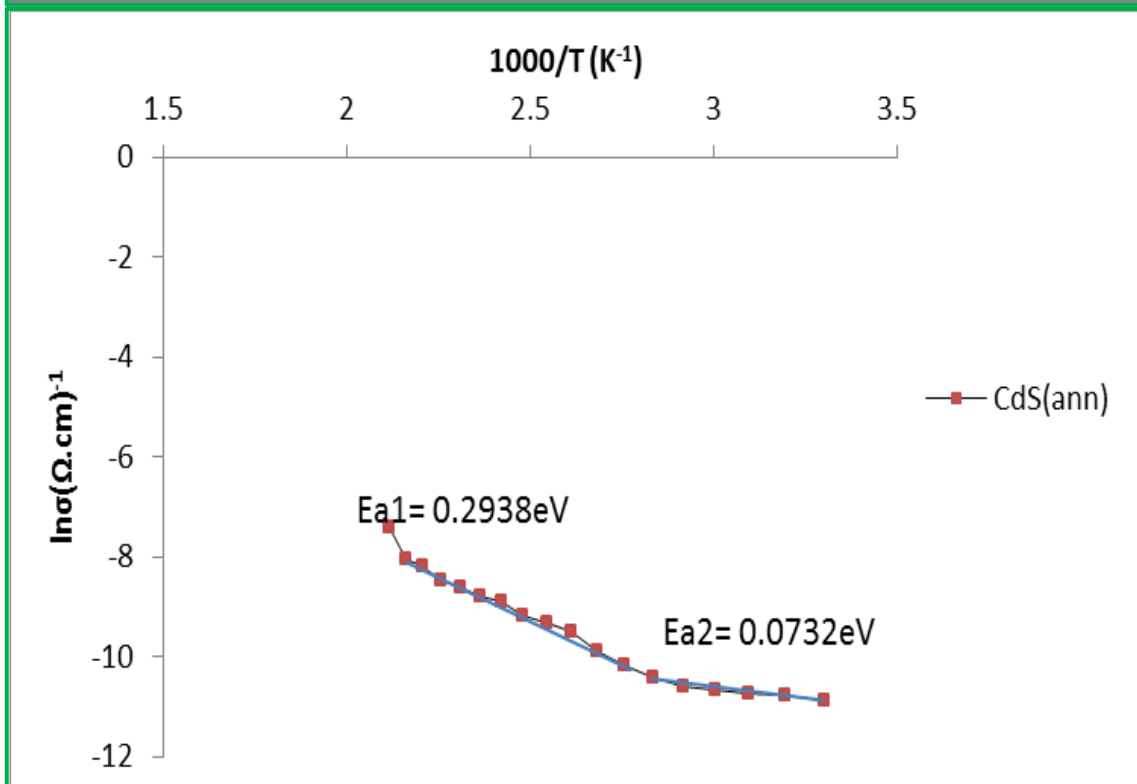
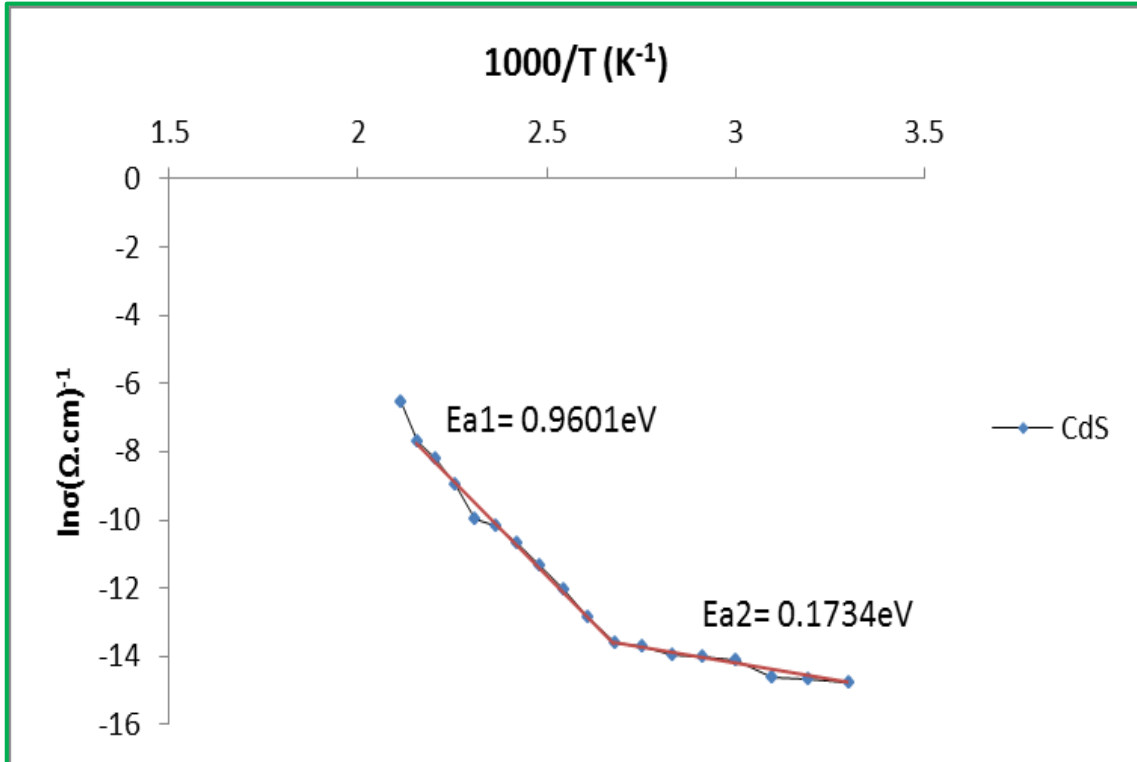
شكل (31-4) التوصيلية (σ) لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين .

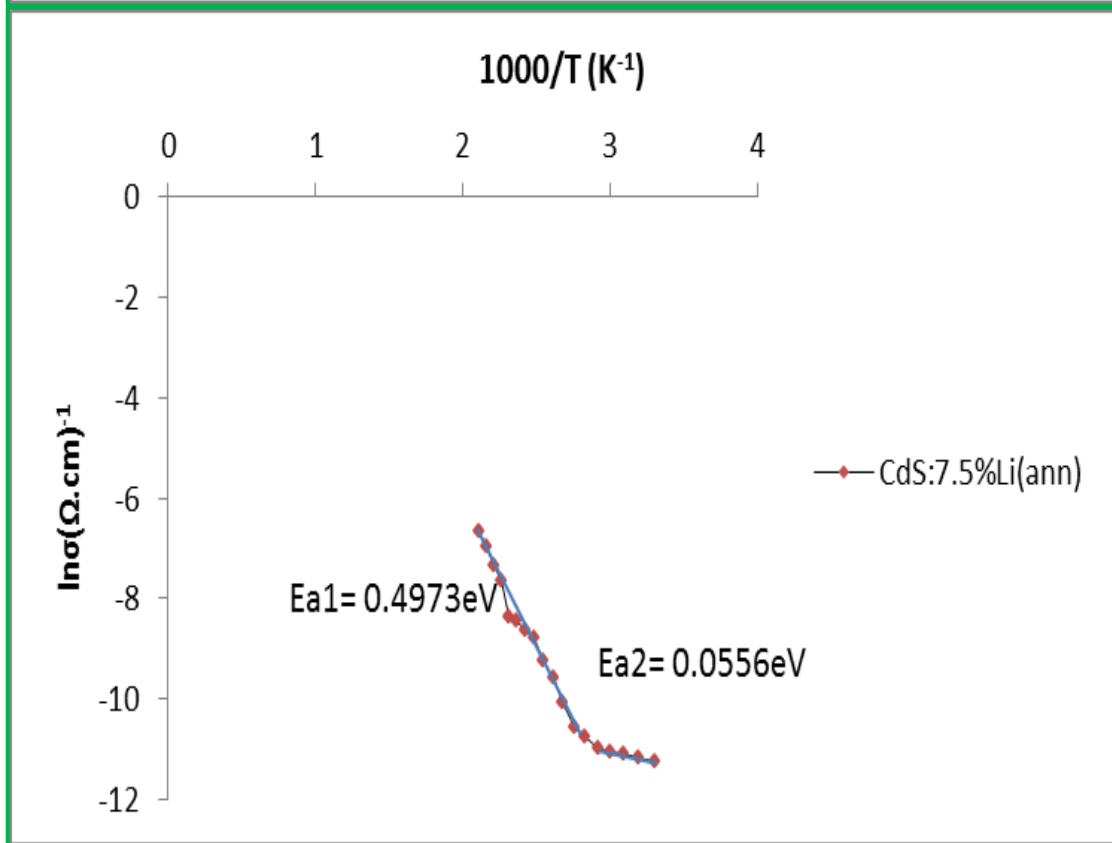
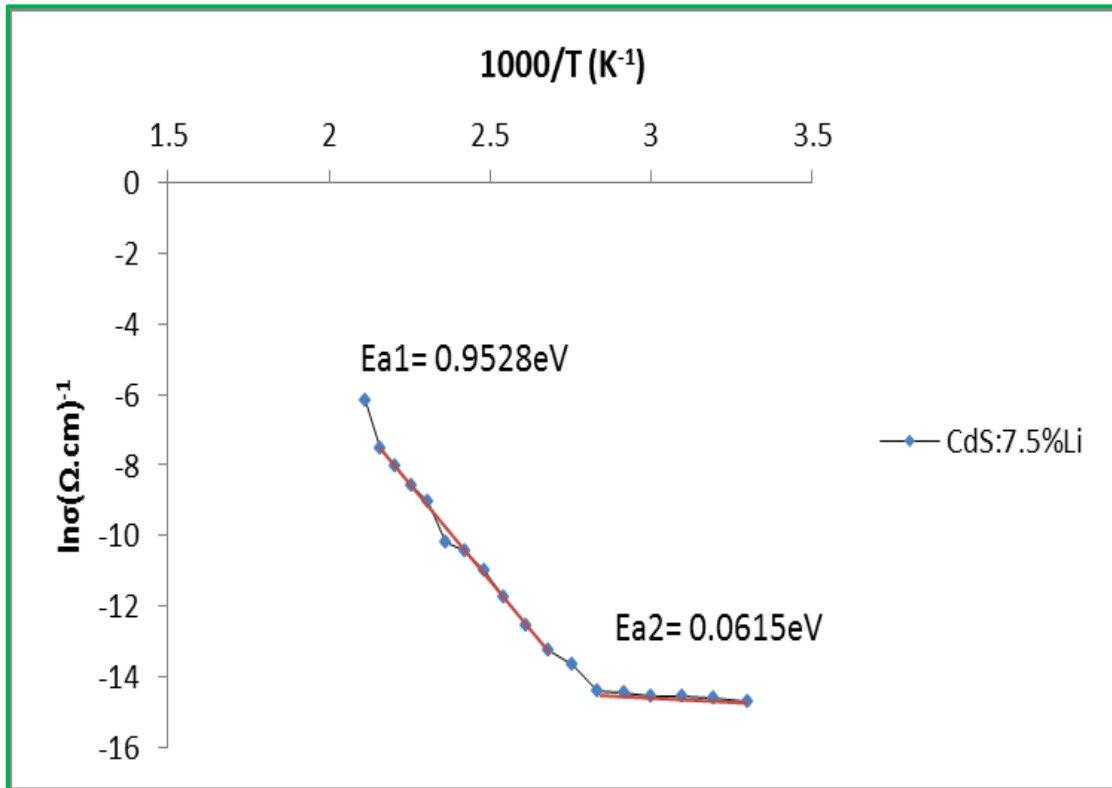
Activation energy

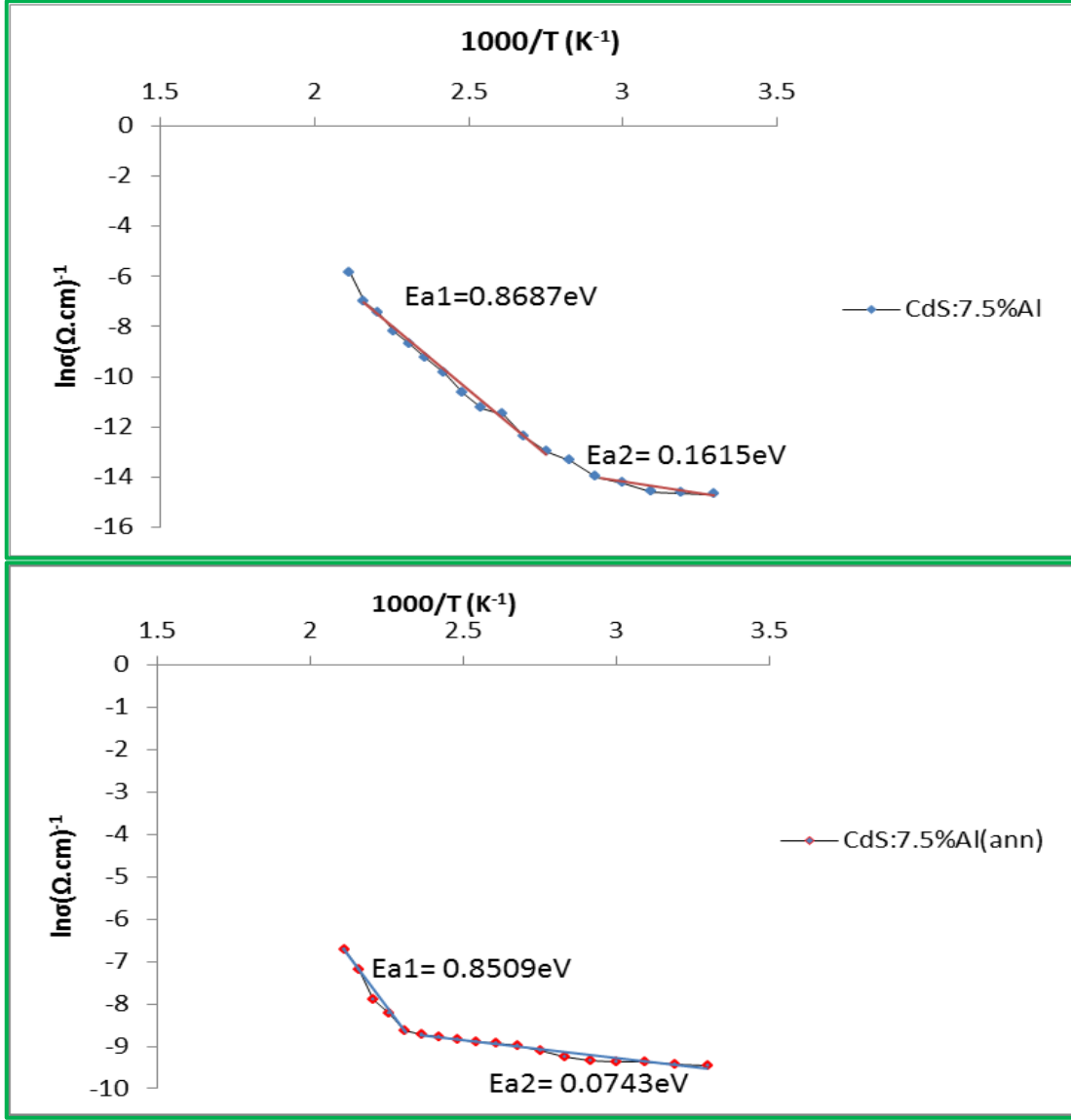
(2-4-4) طاقة التنشيط

من خلال المعادلة (28-2) تم حساب طاقة التنشيط كما في الشكل (32-4) من خلال ميل العلاقة البيانية التي ترسم بين $\ln\sigma$ ومقلوب درجة الحرارة ($1/T$) مضروباً بثابت بولتزمان (k_B) بوحدة (eV) ، ويبين الشكل (32-4) العلاقة بين التوصيلية ($\ln\sigma$) ومقلوب درجات الحرارة لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسبة (7.5%) قبل وبعد التلدين ، أظهرت التوصيلية وجود طاقتي تنشيط لجميع الأغشية المقاسة كما موضحة في الجدول (6-4) وهذا يتفق مع النتائج التي وجدت عند قياسات XRD فان تغير كثافة العيوب مع تغير درجات الحرارة تؤدي الى تغير طاقة التنشيط مع درجات الحرارة ، وهذا يعني وجود ميكانيكيتين توصيل الأولى في منطقة الدرجات الحرارة العالية والتي تكون عندها طاقة التنشيط (E_{a1}) وآلية التوصيل فيها تكون التوصيل بواسطة حاملات الشحنة المتهيجة بين حزم الممتدة للطاقة ، والثانية في منطقة درجات الحرارة الاوطأ (E_{a2}) ناتجة عن التنشط لحاملات الشحنة بين المستويات الموضعية قرب مستوى فيرمي . نلاحظ أن أعلى طاقة تنشيط عند أغشية CdS النقية والغير ملدنة $E_{a1} = 0.9601\text{eV}$ وأن طاقة التنشيط تقل عند التشويب بالألمنيوم

او الليثيوم ويمكن ان يعزى ذلك الى زيادة تركيز حاملات الشحنة عند التشويب يؤدي الى زيادة التوصيلية وبالتالي يؤدي الى نقصان E_a .







شكل (32-4) طاقتي التنشيط لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين.

جدول (6-4) قيم طاقتي التنشيط لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين.

activation energy	CdS	CdS (ann)	CdS:7.5%Li	CdS:7.5%Li (ann)	CdS:7.5%Al	CdS:7.5%Al (ann)
$E_{a1}(eV)$	0.9601	0.2938	0.9528	0.4973	0.8687	0.8509
$E_{a2}(eV)$	0.1734	0.0732	0.0615	0.0556	0.1615	0.0743

Hall effect

(3-4-4) تأثير هول

أظهرت نتائج قياسات تأثير هول (Hall effect) لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم بنسبة (7.5%) قبل وبعد التلدين والمقاسة بدرجة حرارة الغرفة أن جميع الاغشية تمتلك توصيلية من نوع (n-type) وذلك من خلال ملاحظة اشارة معامل هول لا تتغير بالتشويب او التلدين، والنتائج المبينة في الجدول (7-4) توضح أن تركيز حاملات الشحنة (الالكترونات) يزداد عند التشويب بالليثيوم او الالمنيوم وكذلك عند التلدين، تحركية حاملات الشحنة تقل عند التشويب وتزداد عند التلدين [43,92]. المقاومة تقل عند التشويب بالليثيوم والالمنيوم وكذلك تقل عند التلدين ويقابلها زيادة في التوصيلية عند التشويب وبعد التلدين .

جدول (7-4) نتائج قياسات هول لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم قبل وبعد التلدين.

sample	Conductivity ($\Omega. cm$) ⁻¹	Average Hall coefficient (cm^3 /c)	Resistivity ($\Omega. cm$)	Mobility (cm^2 /Vs)	Carriers concentratio n (cm^{-3})
CdS	9.09×10^{-7}	-5.10×10^8	1.09×10^6	4.64×10^2	-1.22×10^{10}
CdS (ann)	5.87×10^{-6}	-2.07×10^8	1.71×10^5	1.21×10^3	-3.02×10^{10}
CdS:7.5%Li	2.27×10^{-6}	-1.88×10^7	4.41×10^5	0.42×10^2	-3.31×10^{11}
CdS:7.5%Li (ann)	5.06×10^{-6}	-1.77×10^8	1.98×10^5	8.94×10^2	-3.53×10^{10}
CdS:7.5%Al	3.99×10^{-6}	-7.61×10^7	2.51×10^5	3.03×10^2	-8.21×10^{10}
CdS:7.5%Al (ann)	6.15×10^{-6}	-2.62×10^5	1.63×10^5	1.62×10^3	-2.37×10^{10}

الاستنتاجات (5-4)

Conclusions

- ❖ عند دراسة حيود الأشعة السينية وجد أن أغشية كبريتيد الكاديوم النقية و المشوبة بالليثيوم بالألمنيوم بنسب (2.5 , 5 , 7.5 %) جميعها متعددة التبلور من النوع المكعب وذات اتجاه مفضل للنمو هو (111) قبل وبعد التلدين وذات حجم بلوري نانوي تقع ضمن المدى (5.87 - 15.79) nm لجميع الأغشية المحضرة .
- ❖ عند دراسة السطح طبوغرافيا (AFM) وجد أن خشونة السطح ومتوسط الجذر التربيعي تزداد ضمن المدى (2.8-9.87 nm) و (3.37-11.4 nm) على التوالي عند التشويب بالألمنيوم والليثيوم وكذلك تزداد بعد التلدين لأغشية كبريتيد الكاديوم النقية والمشوبة بالليثيوم وتقل بعد التلدين لأغشية كبريتيد الكاديوم المشوبة بالألمنيوم .
- ❖ عند دراسة مورفولوجيا السطح بجهاز (SEM) وجد أن الأغشية ذات تجانس وتوزيع منتظم .
- ❖ من خلال طيف النفاذية والامتصاصية وجد ان النفاذية تزداد بزيادة الطول الموجي وتقل قيمتها بزيادة السمك وعند التشويب بالليثيوم والألمنيوم وتزداد قيمتها بعد التلدين لجميع الأغشية ، وان الامتصاصية تقل بزيادة الطول الموجي وتزداد بزيادة السمك وعند التشويب بالليثيوم والألمنيوم وتقل قيمتها بعد التلدين لجميع الأغشية ، ومن خلال طيف النفاذية يتضح أن أعظم نفاذية مستقرة في المنطقة تحت الحمراء القريبة من المنطقة المرئية ، مما يؤكد أهمية الأغشية المحضرة في التطبيقات الألكتروبصرية .
- ❖ تمتلك الأغشية معامل امتصاص عالي ($\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$) وهذا يعني حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة .
- ❖ وجد ان فجوة الطاقة تقل بزيادة السمك وزيادة نسب التشويب بالليثيوم والألمنيوم وتزداد فجوة الطاقة بعد التلدين لجميع الأغشية ، وتكون فجوة الطاقة تقع ضمن المدى (3 - 2.72) eV وهي اكبر من فجوة الطاقة للمواد الكتلية (Bulk) وذلك بسبب الحصر الكمي للأغشية نانوية التبلور ($D < 10 \text{ nm}$) مما يتيح استخدامه كنافذة عالية للخلايا الشمسية .
- ❖ من خلال الفحوصات الكهربائية وحساب التوصيلية الكهربائية المستمرة وجد أن هناك قيمتي لطاقة التنشيط وهذا يعني وجود ميكانيكيتين للانتقال احدهما في درجات الحرارة الواطئة والاخرى في درجات الحرارة العالية .
- ❖ عند اجراء قياسات هول وجد أن أغشية كبريتيد الكاديوم النقية والمشوبة بالألمنيوم والليثيوم قبل وبعد التلدين من النوع السالب (n-type) مما يتيح استخدامها في الدوائر الألكترونية .

Future Works

(6-4) المشاريع المستقبلية

- ❖ دراسة تأثير تشويب الليثيوم والالمنيوم لأغشية كبريتيد الكادميوم على الخصائص التحسسية لغاز NH_3 .
- ❖ دراسة تأثير التركيز المولاري لمصدر الكادميوم على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية كبريتيد الكادميوم بطريقة الرش الكيميائي .
- ❖ تأثير تغير الرقم الهيدروجيني pH على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية كبريتيد الكادميوم النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم المحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي .
- ❖ دراسة الخصائص التركيبية والكهربائية لأغشية كبريتيد الكادميوم النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم المرسبة على ارضيات مختلفة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي .
- ❖ تصميم خلية شمسية من اغشية كبريتيد الكادميوم CdS النقية والمشوبة بالليثيوم والالمنيوم بطريقة التريذ الماكنتروني .

المصادر

References**المصادر**

- [1] اس.ام.زي " نبائط اشباه الموصلات فيزياء وتقنية"، ترجمة د. فهد غالب د. حسين علي احمد ،جامعة الموصل، (1990) .
- [2] K. L. Chopra, "Thin film phenomena" , Mc. Graw-Hill book company, New York, 1969.
- [3] M. Ohring , "The Materials Science of Thin Films" , Academic Press, (1992).
- [4] L. Eckertova , "Physics of Thin Films" , Plenum presses, New York and London (1977).
- [5] G. Hodes, "Chemical Solution Deposition of Semiconductor Films", Marcel Dekker (2003).
- [6] A. S. Grove , "Physics and Technology of Semiconductor Devices", University of California , Berkeley , (1967) .
- [7] S. M. Sze, "Semiconductor Devices Physics and Technology" , (1990) . Printce- Hall of India Private Limited (1985) .
- [8] J. C. Philips , " Bonds and Bands in Semiconductors " , Academic Press , New York & London , (1973) .
- [9] B. G. Streetman, "Solid State Electronic Devices" , University of Texas At Austin , Dep. Of Electrical & Computer Engineering , Printce. Hall of India , New Delhi , (1997) .
- [10] V. A. Bruk , V. V. Garshcnin & A. I. K. Wroov , "Semiconductor Technology" , Translated from Russia by A.Ulaynove , Mir Pullishers , Moscow , (1969) .
- [11] J. S. Blakmore , "Solid State Physics" , 2nd ed. , W. B. Saunders Company , U.S.A , (1974) .

- [12] B. Sapoval and C. Hermann, "Physics of Semiconductors", Springer. Verlag, New York ,Inc (1995).
- [13] R. B. Alder , A. C. Smith , R. L. Langini , " Introduction to Semiconductors Physics " , John Wiley & Sons , Inc. , New York , London (1964) .
- [14] M. G. Yousif , "Solid State Physics " , Vol.2 , Baghdad University , (1989) , (Arabic Version) .
- [15] K. A. A. Adem , "Study of The Some Physical Properties of $Hg_{1-x}Cd_xTe$ Compound" , M. Sc . Thesis , University of Baghdad , (2002) .
- [16] A. G. Milnes & D. L. Feucht , " Hetrojunction and Metal Semiconductor Junctions " , Academic Press , New York & London , (1972) .
- [17] B. L. Sharma and R. K. Purohit, " Semiconductor Hetrojunction", Pergamon Press, (1974) .
- [18] S. M. Sze , "Semiconductors Devices", John Wiley and Sons,Ins, (2002).
- [19] صبحي سعيد الراوي ، " فيزياء الالكترونيات "، مطبعة جامعة الموصل،(1987).
- [20] Hani M. Khallaf, chemical bath deposition of group ii-vi semiconductor thin films for solar cells applications, M.Sc.thesis University of Central Florida, 2005 .
- [21] K.L. Chopra and I. Kaur, "Thin film device applications", Plenum Press, New York, 1983.
- [22] L.R.D.Gutierrez ,J.J.C.Romero,and M.O.Lopez,Materials Letters , Vol.60, pp. 3866-3870, 2006.
- [23] D.D.O.Eya,A.J.Ekpunobi, and C.E.Okeke, The pacific J. of Science and Technology, Vol. 6(2), pp98-104 ,2005.

- [24] S.M.H.AL-Jawad,"Study of Some Physical Properties of CdS Films Prepared by Chemical Bath Deposition , PhD. thesis "Applied Science Dep, University of Technology, 2006.
- [25] K. Ng Kwok, "Complete Guide to Semiconductor Devices", McGraw-Hill, U.S.A. (1995).
- [26] L. Eckertova , "Physics of Thin Films", Plenum press, New York and London, (1977).
- [27] L. Floyd Thomas, "Electronic Devices", 5th ed., New Jersey, (1999).
- [28] B. Kahdum, "Effect of Li,Al doping on the Structural and some Optical studies of CdS thin films fabricated by Sol–Gel Technique" M.Sc. Thesis, University of Babylon , 2017 .
- [29] P.G. Sheasby and R. Pinner , "The Surface Treatment and Finishing of Aluminum and Its Alloys", 6th Edition, ASM International (2001) .
- [30] Y. A. Bagaryatskiy, " The Chromium Corner of the Cr-Ni-Al System and the Cr-Ni-Al Pseudo binary Section", Zh. Neorg. Khim., 1958, Vol. 3(3), pp. 722-728, in Russian; TR: Russ. J. Inorg. Chem., Vol. 3(3), pp. 247-252,1958 .
- [31] Jae-Hyeong Lee , Jun-Sin Yi, Kea-Joon Yang , Joon-Hoon Park , Ryum-Duk Oh, "Electrical and optical properties of boron doped CdS thin films prepared by chemical bath deposition" ,Thin Solid Films Vol.431 pp. 344–348,(2003) .
- [32] Jae-Hyeong Lee , "Influence of substrates on the structural and optical properties of chemically deposited CdS films", Thin Solid Films Vol. 515 pp. 6089–6093,2007 .
- [33] F. Yakuphanoglu , C. Viswanathan , P. Peranantham , D. Soundarrajan , "Effects of the film thickness on optical constants of transparent CdS thin films deposited by chemical bath deposition" Journal OF Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 11, pp. 945 – 949, 2009 .

- [34] Bharat N. Patila, D. B. Naikb and V. S. Shrivastava , "Synthesis and characterization of Al doped CdS thin films grown by chemical bath deposition method and its application to remove dye by photocatalytic treatment" , Chalcogenide Letters, Vol. 8, pp. 117 – 121,2011 .
- [35] A. Hasnat , J. Podder ," Dielectric properties of spray pyrolyzed Aluminum doped Cadmium sulfide (Al-doped CdS) thin films", Physical Sciences Vol. 7(47), pp.6158-6161,2012 .
- [36] R. Panda, V. Rathore, M. Rathore, V. Shelke, N. Badera, L.S. Sharath, D. Jain, M. Gangrade, T. Shripati and V. Ganesan, "Carrier recombination in Cu doped CdS thin films: photocurrent and optical studies", Applied Surface Science, Vol. 258 pp. 5086–5093,(2012).
- [37] U. Sandoval , M. E. Hernández Torres ,J. M. Garcia Jimenez , N. R. Silva González, "Optical and Structural Characterization of Li-doped CdS Nanoparticles" Mater. Res. Soc. Vol. 1509 , 2013.
- [38] Munirah , Mohd. Shahid Khan , Anver Aziz , Saadah Abdul Rahman , Ziaul Raza Khan , 'Spectroscopic studies of sol–gel grown CdS nanocrystalline thin films for optoelectronic devices", Materials Science in Semiconductor Processing Vol. 16 pp. 1894–1898,(2013) .
- [39] M. Muthusamy, S. Muthukumaran , M. Ashokkumar, "Composition dependent optical, structural and photoluminescence behavior of CdS:Al thin films by chemical bath deposition method" , Ceramics International Vol. 40 pp. 10657–10666 ,2014.
- [40] H L Pushpalatha,S. Bellappa , T. N. Narayanaswamy and R. Ganesha, "Structural and optical properties of CdS thin film obtained by chemical bath deposition and effect of annealing", Indian Journal of Pure & Applied Physics Vol. 52, pp. 545-549, 2014 .

- [41] F. Hashim , B. Kahdum, "Effect of Li doping on the Structural and some Optical studies of CdS thin films fabricated by Sol–Gel Technique" , International Journal of Research in Applied, Vol. 4, pp. 155-164, 2016.
- [42] Z. Makhdoumi-Kakhaki,A. Youzbashi1 , P. Sangpour , N. Naderi , A.Kazemzadeh , "Effects of film thickness and stoichiometric on the electrical, optical and photodetector properties of CdS quantum dots thin films deposited by chemically bath deposition method at different bath temperature" , J Mater Sci: Mater Electron, (2016) .
- [43] Bijumon C. C. , V. Senthil Kumar,"Raman, PL and Hall effect studies of CdS thin film deposited by Chemical bath deposition", nternational Journal of Physics and Research, Vol. 6,pp. 31-36, 2016 .
- [44] Ligang Ma , Xiaoqian Ai and Xiaoshan Wu," Effect of substrate and Zn doping on the structural, optical and electrical properties of CdS thin films prepared by CBD method" , Journal of Alloys and Compounds Vol. 691 pp. 399-406,2017 .
- [45] Muhammad A. H., Mohammad M., Shin Woei Leow, Li WenJie, Rajiv Ramanujam P., and Lydia H. W. ,"Investigation of selenization and various CBD CdS deposition conditions to fabricate high performing spray pyrolysis synthesized Cu(In,Ga)(S,Se)₂ solar cells" Journal of Renewable and Sustainable Energy Vol.9, 013504 (2017) .
- [46] B.En.G. Streetman ,"*Solid State Electronic Devices*"2ndEdition ,Prentice Hall ,Inc, Englewood Cliffs ,N.J.(1980).
- [47] M. H. Brodsky," *Amorphous Semiconductors*", 2nd ed. Springer Verlag , Germany,(1979).
- [48] M.J. Seong, O.I. Micic, A.J. Nozik, and A. Mascarenhas, Applied Physics Letters, Vol.82 (2), pp. 185 – 187, 2003.

- [49] D. Matsuura, Y. Kanemitsu, T. Kushida, C.W. White, J.D. Budai, and A. Maldrum, *Applied Physics Letters*, Vol.77 (15), pp. 2289 – 2291, 2000.
- [50] B.K. Patel, K.K. Nanda, and S.N. Sahu, *J. Appl. Phys.*, Vol.85 , pp.3666 – 3670, 1999.
- [51] W. Liu, C. Jin, C. Jia, L. Yao, W. Cai, and X. Li, *Chemistry Letters*, Vol.33 , pp.228 – 229, 2004.
- [52] L.E. Brus, *J. Chem. Phys.*, Vol.79 , pp.5566 – 5571, 1983.
- [53] S. Jindal, "Optical and structural properties of Tb doped CdS nanoparticles ", M.Sc. thesis , Thapar University, Patiala Vol.147 004, 2015 .
- [54] V. Singh, P. K. Sharma and P. Chauhan, " Materials Characterization ", Vol.62, pp. 43-52, 2011 .
- [55] Groeneveld E. ,"Synthesis and optical spectroscopy of (hetero)-nanocrystals" .,PhD. Thesis, Utrecht University, Utrecht (2012).
- [56] Y. N. Al-Jammal, "*Solid State Physics*", Al-Mousal University Press, Arabic Version, (1990).
- [57] محمد امين سليمان، احمد فؤاد باشا وشريف احمد خيرى، "فيزياء الجوامد"، مطبعة الفكر العربي (2000).
- [58] W. D. Callister, "*Materials Science and Engineering*", 4th ed., John Wiley and Sons, (2007).
- [59] B. E. Warren, "*X-RAY diffraction*" Published by Courier Dover, (1990).
- [60] يحيى نوري الجمال ، "فيزياء الحالة الصلبة " جامعة الموصل ، المكتبة الوطنية (2000) .
- [61] F. K. Emmett, "*Hand Book of X-rays*", McGraw-Hill, New York, (1967).

- [62] عبدالفتاح الشاذلي، "فيزياء الجوامد" الطبعة الاولى ، الدار العربية للنشر والتوزيع، مدينة النصر (2003) .
- [63] Santhosh K. N, Govinda D2 and Thirumala R. G., *Synthesis, Structural and Morphological Studies of CdS Nanopowder*, International Journal of chemical sciences, Vol.15,Iss1, 2017 .
- [64] S.J.B.Reed," *Electron Microprobe Analysis And Scanning Electron Microscopy In Geology*," ,Cambridge University Press, New York,(2005).
- [65] A. V. Clemente , K. Gloystein," *Principles of atomic force microscopy* ", Physics of Advanced Materials Winter School , (2008).
- [66] S. K. J. Al- Ani, "*Studies of optical and related properties of thin amorphous films* ", Ph.D. Thesis, Brunel University, (1984).
- [67] J. Taunce ,"*Amorphous and Liquid Semiconductors*", Plenum Press, London, (1974).
- [68] C.kittel,"*Introduction to Solid State Physics*",6th .Edition ,Wiley ,(1986) .
- [69] S. Ben , "*Solid State Electronic Devices*" , Hall International , Inc. , U.S.A , (1990) .
- [70] O. Stenz, "*The Physics of Thin Film Optical Spectra*", An Introduction, Winzerlaer Str. 10, 07745 Jena, Germany, (2005).
- [71] حسن الشربتي، بتول الخياط وصبحي كمال، "البصريات الفيزيائية"، جامعة الموصل (1982) .
- [72] عادل حبيب عمران ، "دراسة الخواص البصرية والكهربائية لأغشية (CuO, CdO) ومزيجهما بطريقة الرش الكيميائي الحراري " رسالة ماجستير ، جامعة بابل، (1998).
- [73]B. L. Theraja, "*Modern Physics*", S. Chandand Company (PVY), New Delhi, (1987) .

- [74] Ekbal A. M., "Study of the Physical Properties of $ZrO_2 : (Co, Ti)$ Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis", M.Sc. Thesis, Al- Qadisiya University, (2016)
- [75] M.Fox, "Optical Properties Of Solide", Oxford University Press Inc, NewYork, (2001).
- [76] Sura N. T. , "Study The Structural, optical and electrical properties of Indium doped Tin oxide thin films deposited by thermal evaporation", M.Sc. Thesis, kufa University, (2017).
- [77] Reitz, Frederic J. Milford, Robert W. Christy. "Foundations of electromagnetic theory", 4th ed. San Francisco, Calif. , 2009.
- [78] R. K. Al-Hakim and A. Kh-Knidaira, "Fundamentals of electric engineering", Ministry of higher education and scientific research press, (1980).
- [79] N.F. Mott and E.A. Davis , "Electronic processes in non-crystalline materials" , 2nd ed. , Oxford University Press, New York, 1971.
- [80] M. H. Brodsky, Topics in Applied Physics , "Amorphous semiconductors", 2nd ed. Springer-Verlag , 1979 .
- [81] Emin D., Polycrystalline and amorphous thin films and devices , Kazmeraski press, New York, 1980.
- [82] مؤيد جبرائيل يوسف ، فيزياء الحالة الصلبة ، الجزء الثاني ، جامعة بغداد ، 1989 .
- [83] Yepifanov G.I., and Moma Y.A., Introduction to solid state Electronics , Mir publishers, Moscow , 1984.
- [84] نوال فتاح ناجي ، "دراسة تأثير ابعاد الحبيبات على الخواص الكهربائية للنحاس" ، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، (1997) .

[85] Nedhal Ali Hussein, "Study The Influence of Thickness and Difference Temperature on The Electrical Photo Electronic Properties for ZnSe Thin Films", M.Sc. Thesis, Baghdad University,(2002) .

[86] جي.أي.د.، "الكيمياء اللاعضوية العامة"، ترجمة د.حبيب عبد الاحد، مطبعة الموصل(1986).

[87] S. Mageswari , L. Dhivya , Balan Palanivel , Ramaswamy M. , "Structural, morphological and optical properties of Na and K dual doped CdS thin film", Journal of Alloys and Compounds Vol. 545 pp. 41–45 ,2012 .

[88] A. Mukherjee , P. Ghosh , A.A. Aboud , P. Mitra , "Influence of copper incorporation in CdS: Structural and morphological studies", Materials Chemistry and Physics Vol.184 pp. 101-109 ,2016 .

[89] N. Kavitha, R. Chandramohan, S. Valanarasu, T. A. Vijayan, S. Rex Rosario, A. Kathalingam, "Effect of film thickness on the solar cell performance of CBD grown CdS/PbS heterostructure", Materials Science Materials in Electronics, (2015).

[90] A.M. Perez Gonzalez , I. Valeriano Arreola , "Structural, optical and electrical properties of CdS thin films obtained by spray pyrolysis" , Revista Mexicana Defisica , Vol.54 (2) pp. 112–117,2008 .

[92] A. jafari , Z. Rizwan, M. S. Mohd Ghazali, F. Uddin, A. zakaria , Optical and Structural Characterization of air-anneale CdS film prepared by chemical bath deposition (CBD) Technique, Chalcogenide Letters, Vol. 7, No. 12, pp 641-646, 2010 .

[92] A. Hasnat , J. Podder, "Structural and Electrical Transport Properties of CdS and Al-doped CdS Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis", J. Sci. Res. Vol.4 (1), pp. 11-19 2012 .

- [93] Al-Salman, Husam, S., "Optical and Structure properties of heavily Al-doped CdS Films", Basrah Journal of Scienc (A), Vol.28 ,pp23-38, 2010.
- [94] L.S. Ravangave ,S.D. Misal, U.V. Biradar, K.N. Rothod, " Comparative Study of Structural, Morphological And Optical Characterization of CdS, CdAlS and CdAlS Annealed Thin Films"Materials Physics and Mechanics Vol.14 pp.129-136 ,2012 .
- [95] S. A. Zahra," studied Effect of grain size on the electrical conduction mechanism for aluminum doped CdS thin films " , Journal of Electron Devices, Vol. 17, pp. 1494-1499, 2013 .
- [96] Al-Ubady A. Abdul Hussain , "A Study of the Influence of the Substrate Temperature and Doping with Copper on the Some Structural and Optical Properties of Nanocrystalline Cadmium sulfide Films", M.sc Thesis, Al-Mustansiriyah University, 2012 .
- [97] H. Khallaf, G. Chai, O. Lupan, L. Chowa, S. Park and A. Schulte, "Characterization of gallium-doping CdS thin films grown by chemical bath deposition", Applied Surface Science, Vol.255 pp.4129-4134 ,2009 .
- [98] Jaehyeong L., "Raman scattering and photoluminescence analysis of B-doped CdS thin films", Thin Solid Films, Vol. 451 pp.170–174 ,2004.
- [99] L. I. Soliman, H.H. Afify , I.K. Battisha, "Growth impedece of pure CdS films", Indian J. of Pure and Applied Phys., Vol.42 ,pp.12-17 , 2004.
- [100] Al-Jumaili S. Hamid. , Taha N. Mahmood "Structural and optical properties of CdS:In nanoparticals thin films prepared by CBD technique" (IJAIEM) Vol. 2, pp. 60-65, 2013 .
- [101] J. Nicholas Alexander, Seiichiro Higashiya , Douglas Caskey Jr , Harry Efstathiadis , Pradeep Haldar," Deposition and characterization of cadmium

sulfide (CdS) by chemical bath deposition using an alternative chemistry cadmium precursor", Solar Energy Materials & Solar Cells Vol.125 pp.47–53,2014 .

[102] Ezenwa I. A., "Effect of Film Thickness on the Transmittance of Chemical Bath Fabricated CdS Thin Film", Advances in Applied Science Research, Vol.3 (5)pp.2826-2829, 2012.

[103] N.A. Shah,R.R. Sagar, W. Mahmood, W.A.A. Syed, "Cu-doping effects on the physical properties of cadmium sulfide thin films", J. of Alloys and Compounds, Vol.512 pp.185–189, 2012 .

[104] M.A ,Olopade, A.M, Awobode, Awe, O.E , Imalerio, T.I,IJRRAS ,Vol.15,pp.120-124, 2013 .

[105] A. Mukherjee , P. Ghosh , A.A. Aboud , P. Mitra , "nfluence of copper incorporation in CdS: Structural and morphological studies" Materials Chemistry and Physics Vol.184, pp101-109,2016 .

[106] Y. Al-Douri, Q. Khasawneh, S. Kiwan , U. Hashim, S.B. Abd Hamid, A. H. Reshak, A. Bouhemadou, M. Ameri and R. Khenata, "Structural and optical insights to enhance solar cell performance of CdS nanostructures ", Energy Conversion and Management, Vol. 82, pp. 238-243, (2014) .

[107] B. Ray, "II-VI Compound",1st ed., Printed in Greet Brititain by Neili and Co, Ltd., of Edinburgh, (1969).

[108] H. R. A. AL-Dawodi, " A study of the structural and optical properties of obliquely deposited (CdS) thin films ", College of Science, physics department, PhD thesis, Al- Mustansiriyah University, (2010).

[109] Ali M. Mousa, Adawiya J. Haider and Selma M.Hassan Al-Jawad, "Optical Properties of Nanostructure in CdS at Different Condition Bath

Deposition", Journal of Materials Science and Engineering Vol.5 pp.184-491,2011 .

[110] Nada K. Abbas , Lamia K. Abbas and Suaad A-Muhameed, "Effect Of Thickness On Structural And Optical Properties Of $Zn_xCd_{1-x}S$ Thin Films Prepared By Chemical Spray Pyrolysis" , Int. J. Thin Film Sci. Tec. Vol.2 pp.127-132 ,2013 .

[112] Ruby Das , Suman Pandey, "Comparison of Optical Properties of Bulk and Nano Crystalline Thin Films of CdS Using Different", International Journal of Material Science, Vol.1 , PP.35-40, 2011.

[112] R. Mariappan , V. Ponnuswamy , M. Ragavendar , D. Krishnamoorthi , C. Sankar , "The effect of annealing temperature on structural and optical properties of undoped and Cu doped CdS thin films" Optik Vol.123 pp.1098–1102 ,2012 .

[113] K.K. Nanda, S.N. Sarangi, S. Mohanty, and S.N. Sahu, Thin Solid Films, Vol.322, pp 21 – 27, 1998.

[114] N.N. Parvathy, G. is attributed to presence M.Pajonk, A.V.Rao. J. Mater. Synth. Proc. Vol.7, 221 ,1999 .

[115] Haider A. Abdulwahid," Fabrication and Characterization of Nanostructures CdS-Dye Sensitized Solar Cells", M.Sc. Thesis, University of Basrah,(2016).

Abstract

In this research studied the structure , optical and electrical properties of thin films of pure cadmium sulfide (CdS) with thickness (150,300, 450) nm and Li, Al- doped CdS with different percentages of (2.5, 5 , 7.5 %) with thickness (450nm). thin films were prepared by using chemical bath deposition method on glass slides substrate at ($75\pm 3^{\circ}\text{C}$) bath temperature and the desired pH value 9.5 was achieved by the addition of aqueous ammonia solution proportionally into the mixture in the chemical bath . The films were annealed in air at constant temperature 300°C and constant time (60) min.

The structural properties of the films were studied by X-ray analysis revealed that all deposited films are found to be polycrystalline with a cubic structure with a preferred orientation along the (111) plane , the crystallite size calculated that all deposited films are found to be increase with increase (thickness , Al and Li doping percentage) as increase at annealing . Dislocation density, Number of grains and Micro strain values are decreasing with the increasing of (thickness ,Al and Li doping percentage) as decrease with annealing . Using scanning electron microscope (SEM) and found that the films have dense and homogeneous distribution and uniform . The surface morphology of thin films is studied by using atomic force microscope (AFM), the root mean square and surface roughness values are increasing with (Al and Li dopant), It also increases with annealing of pure CdS and Li- doped CdS while decreasing with annealing of Al- doped CdS .

The optical properties of all deposited CdS films contained study of transmittance and absorbance spectral in the range of wave length (300-1100)nm by using UV- Visible . Transmittance decreased with increasing (thickness ,Al and Li doping percentage) of CdS thin films . While the transmittance increased after annealing . The fundamental absorption edge of CdS thin films shifted towards the lowest photon energies with increasing

(thickness, Al and Li doped CdS) and shifted toward the highest photon energies after annealing. From the absorption coefficient values which calculated from the absorbance spectrum which is larger than (10^4 cm^{-1}) gives an indicate that all (CdS) films were direct semiconductors and the electronic transition was a direct transition. Also The optical constant calculated reflectance (R),extinction coefficient (K) and refractive index (n) . Nanocrystalline pure CdS and Li, Al-doped CdS have been deposited the band gap changes from (2.72 – 3) eV as compared to the bulk CdS band gap of 2.42 eV as a result of quantum confinement .

The electrical properties of pure CdS and (Li, Al- doped CdS) films were indicated to the effect of temperature on the resistance of the films within range (303- 473) °K . Calculation of electrical conductance and activation energies showed that there are two activation energy and these mean that there are two mechanisms of conductive. And the results of Hall effect showed that the type of films are n-type .

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Qadisiyah
College of Education
Physics Department



**Study the structural, optical and electrical
properties of pure and (Lithium , Aluminum)
doped Cadmium Sulfide CdS thin films prepared
by chemical bath method .**

A thesis

Submitted to the council of the college of Education
Qadisiyah University in partial fulfillment of the
requirements for the degree of M.Sc. in physics science

By
Dakhil Abbas Abedzaid

Supervised by
Asst. Prof. Dr
Hussein Ali Noor

2017 A.D

1439 H.D