



تصميم وتصنيع خلية شمسية من ITO/ ZnO/ CdS/ CdTe بتقنية التبخير الحراري ودراسة الخواص الفيزيائية

¹جاسم محمد عباس
¹خليل ابراهيم حمد
²فلاح ابراهيم مصطفى

¹جامعة الأنبار - كلية التربية للعلوم الصرفة ، ²مركز بحوث الطاقة الشمسية

الخلاصة:

تم في هذا البحث تحضير اغشية (ITO, ZnO, CdS, CdTe) بطريقة التبخير الحراري في الفراغ حيث رسبت الاغشية على شرائح زجاجية كل على حده وقد تم اجراء فحوصات (XRD, AFM, UV-Vis) على العينات ووجد ان جميع الاغشية متعدد التبلور وان غشاء (ITO) ذو تركيب مكعبي عند اتجاه النمو الحبيبي المفضل (222) , كما اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية ان غشاء اوكسيد الخارصين (ZnO) ذو تركيب سداسي عند اتجاه النمو الحبيبي المفضل (200). اظهرت النتائج ايضا ان غشاء كبريتيد الكاديوم (CdS) ذو تركيب سداسي عند اتجاه النمو الحبيبي المفضل (002) , واطهرت النتائج ان غشاء تلوريد الكاديوم (CdTe) ذو تركيب مكعبي عند اتجاه النمو الحبيبي المفضل (111). وتم دراسة نتائج مجهر القوة الذرية (AFM) Atomic Force Microscop كذلك تم قياس اطيف الامتصاص والنفوذ لجميع الاغشية المحضرة كدالة للطول الموجي (λ) ضمن المدى (300 - 1100) نانومتر. وقد حسبت فجوة الطاقة البصرية (Eg) عن طريق طيف الامتصاص وكانت قيمتها لغشاء Indium Tin Oxide (ITO) (3.50) إلكترون- فولت ولغشاء اوكسيد الخارصين (ZnO) (3.70) إلكترون- فولت ولغشاء كبريتيد الكاديوم (CdS) (2.40) إلكترون- فولت ولغشاء تلوريد الكاديوم (CdTe) (1.40) إلكترون - فولت وتم كذلك ايجاد النفاذية (T) ومعامل الانكسار (n) للأغشية المرسبة.

معلومات البحث:

تاريخ التسليم: 2017/1/9
تاريخ القبول: 2017/5/3
تاريخ النشر: 2018 / 11 / 27
DOI: 10.37652/juaps.2022.171609

الكلمات المفتاحية:

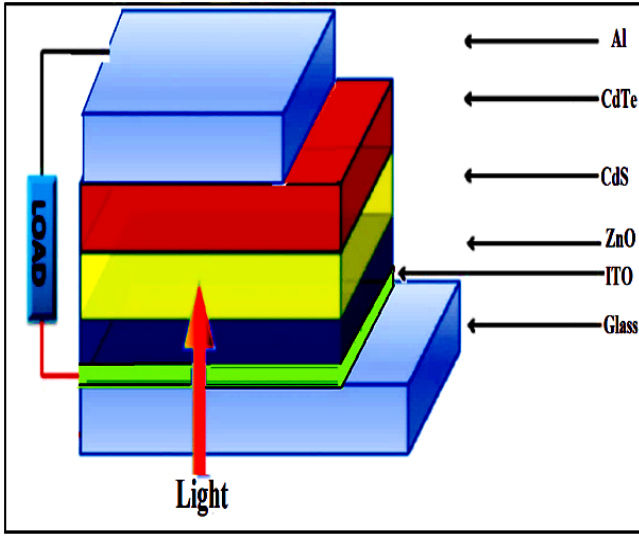
التبخير الحراري،
شرائح زجاجية،
الاغشية متعدد التبلور،
غشاء اوكسيد الخارصين،
النمو الحبيبي.

1. المقدمة Introduction:

يشكل (CdTe/CdS) زوج مثالي في خلايا الأغشية الرقيقة الشمسية ذات المفروق المتباين (CdS/CdTe)(Heterojunction) اما كبريتيد الكاديوم (CdS) يمتلك فجوة طاقة مباشرة (2.5 eV) وهو طبقة نافذة تسمح لغالبية الضوء بالمرور خلالها ويعتبر من مركبات المجموعتين الثانية والسادسة (VI-II). تصنع أغلب خلايا كبريتيد الكاديوم/ تلوريد الكاديوم (CdS/CdTe) الشمسية كما في المخطط

المبين في الشكل (1)، حيث يتم ترسيب أكاسيد موصل شفاف (TCO) على الزجاج كطبقة موصل أمامية شفافة غير عاكسة (Front Contact) مثل أكسيد القصدير (SnO₂) أو أكسيد القصدير والاندسيوم Indium Tin Oxide (ITO). ثم يرسب اوكسيد الخارصين (ZnO) كطبقة نافذة ثم كبريتيد الكاديوم كطبقة نافذة (Window Layer) وتشارك مع الطبقة الماصة لتلوريد الكاديوم (CdTe) لتشكيل المفروق المتباين (p-n). لقد أثبتت خلايا (CdTe) إنها منافساً قوياً في الأسواق لجميع خلايا الأغشية الرقيقة الشمسية [1]. سجلت خلايا (CdTe) زيادات مستمرة في الكفاءة منذ عام (1970) فضلاً عن غيرها من خلايا الأغشية الرقيقة. الكفاءة المسجلة عملياً في

* Corresponding author at: University of Anbar/College of Education
E-mail address: kalel_1960@yahoo.com



الشكل(1): يوضح مخطط الخلية الشمسية المحضرة

وبالرغم من ان كلا المادتين (CdS/CdTe) من مركبات المجموعتين الثانية والسادسة (VI-II), ويمتلكان خصائص كيميائية متقاربة، إلا ان ثابت الشبيكة (Constant Lattice) بينهما يختلف بحوالي (10%) مما يؤدي إلى تكوين كثافة كبيرة لمستويات السطح البيني والذي يؤدي لإعادة اتحاد حاملات الشحنة بقوة حيث يظهر بالفعل انخفاض في كفاءة تجميع حاملات الشحنة في منطقة المفرق . وبالتالي انخفاض كفاءة التحويل حوالي (2%). ان تليدين النظام عند درجة حرارة (400 °C) يؤدي إلى بعض التحسينات. ان مرحلة المعالجة الحرارية (Heat Treatment) تتم عن طريق تليدين المفرق المتباين (CdS/CdTe) بدرجة حرارة حوالي (400-500)°C بوجود كلوريدات بعض المواد وأهمها كلوريد الكاديوم.

2. الجانب العملي Experimental Part

تم تحضير أغشية (ITO/ZnO/CdS/CdTe) متعددة التبلور (Polycrystalline) بتقنية التبخير الحراري تحت الفراغ بنقاوة (99.999%) تحت ضغط بحدود (10-6 Torr)، باستخدام جهاز من نوع (Edwards E 306A) كما في الشكل(2)، حيث تبلغ درجة

الوقت الحالي حسب المركز الدولي للطاقت المتجددة) The (National Renewable Energy Laboratory) حوالي (16.5%) [2]. يمكن تحضير الأغشية الرقيقة لأوكسيد الخارصين وكبريتيد الكاديوم وتلوريد الكاديوم بطرق ترسيب مختلفة منها: الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD) Deposito Chemical Bath [3]، الترسيب بالتسامي المتقارب (CSS) Close Space Sublinedion [4]، الترسيب بالبخار الكيميائي Chemical vapour deposition (CVD) [5]، الرش الكيميائي الحراري [6]، ترسيب الألواح المطبوعة [7]، التريذ تحت الفراغ Sputtering [8]، بالإضافة إلى الترسيب الكهربائي (ED) [9]. ويعتبر استخدام تقنية التبخير الحراري تحت الفراغ (Thermal Evaporation) لتحضير الأغشية الرقيقة من أهم التقنيات التي أمكن منها الحصول على أغشية رقيقة من أشباه موصلات لها خصائص معينة مناسبة ومرغوبة في كثير من التطبيقات العملية لما تتميز به من كفاءة وجودة عالية. إن لطرق الترسيب تأثير كبير على خصائص المواد وعلى أداء النبيلة، أما بالنسبة لسماك الطبقات المحضرة (Thickness) فإن السمك النموذجي لعشاء (CdTe) هو بحدود (2-10)µm و(CdS) يكون السمك دون المايكرون. بعد ترسيب طبقة (CdTe) يتم ترسيب الوصلة الخلفية (Back Contact) والتي يتم إعدادها عن طريق ترسيب طبقة رقيقة من النحاس (Cu) يتبعه الكرافيت (C) أو الذهب (Au) لتشكيل طبقة أومية التوصيل (Ohmic Contact) ذات مقاومة قليلة جداً. ويعتبر الحصول على طبقة أومية التوصيل من الأمور المهمة وذلك لوجود ميلول لتشكيل حاجز شوتكي (Schotky Barrier) بين (CdTe) والوصلة الخلفية مما يؤثر كثيراً على أداء الخلية الشمسية.

الحويص الى القواعد. ومن أهم العوامل التي تتحكم بالخواص التركيبية والخواص الفيزيائية للأغشية هي:

- 1- معدل الترسيب.
- 2- درجة حرارة الأساس.
- 3 - ضغط الغاز المتبقي ونوعيته داخل حجرة التفريغ.
- 4 - الشوائب(Defect) في حويص التبخير والغازات الممتصة من جدران حجرة التفريغ.
- 5 - البعد العمودي بين الحويص والقاعدة والزوايا بينهما.

أن العامل الذي يحدد طبيعة الأغشية هو درجة حرارة الأساس أو درجة حرارة التلدين (Annealing), إذ تمتلك الأغشية المحضرة بالتبخير الحراري بالنسبة لمركبات (II-VI) وبدرجة حرارة الغرفة مقاومة عالية وتراكيب حبيبية صغيرة, ولذلك نجد أن التوصيلية الكهربائية لها معدومة أو واطئة.



الشكل(3): صور العينات

تم تحضير الخلية الشمسية (CdS/ CdTe) الموضحة في الشكل (1)، بمراحل متعددة وهي كالاتي:

- تم استخدام الزجاج نوع (Corning Glass).
- تم ترسيب طبقة رقيقة من اوكسيد الأنديوم المشوب بالقصدير (ITO) ($In_2O_3:Sn$) بطريقة التبخير الحراري تحت الفراغ وبسمك (200 nm) كوصلة أمامية موصلة شفافاً (Front Contact) للخلية الشمسية.
- تم ترسيب الطبقة (ZnO) على وصلة (ITO) وبسمك (200nm).

حرارة تبخير (ZnO) حوالي ($1970^{\circ}C$) كما تبلغ درجة حرارة التبخير لـ(CdS) حوالي ($1750^{\circ}C$) ، كما تبلغ درجة حرارة التبخر لـ(CdTe) حوالي ($1140^{\circ}C$).

وتكون المسافة بين حويص الموليبدنيوم (Molybdenum Boat) المستخدم لعملية التبخير والقواعد(Substrates) بحدود (20 cm). ويكون معدل التبخير (Deposition Rate) لكل الأغشية المحضرة بحدود (0.8 nm/s) وقبل ترسيب الأغشية على القواعد نتبع الخطوات الآتية:

- 1- غسل القواعد بالماء الجاري ومسحوق الغسيل لمدة (15 min) لإزالة المواد الدهنية منها.
- 2- غسل القواعد بكحول الميثانول عالي النقاوة لمدة (15 min).
- 3- غسل القواعد في الماء المقطر.
- 4- تجفيف القواعد في فرن لمدة (10 min) وبدرجة حرارة ($30^{\circ}C$).
- 5- وضع القواعد في حاويات بلاستيكية وحفظها لحين استخدامها.



الشكل(2): وحدة التبخير الحراري الفراغي

إن أساس عمل هذه التقنية هو تكثيف المادة المتبخرة من حويص مسخن لدرجة غليانها على سطح أساس (Substrate Surface) بارد في جو مفرغ يصل إلى (10^{-6} Torr) لنضمن مساراً حراً للذرات من

اماغشاء (CdS) فقد تبين امتلاكه التركيب السداسي (Hexagonal-wurtzite) وهذا يتفق مع الباحثين (Ngamnit et al) [11]. وجد أن غشاء (CdTe) يمتلك الطور المكعب (Cubic-Zincblende) وهذا يتوافق مع الدراسات السابقة للباحث (H. I. Mohammed) [12]. اما قيم الحجم الحبيبي (Grain Size) للأغشية فكانت محدود (25.7 nm) عند المستوى المفضل لغشاء (ITO) و(19.7 nm) عند المستوى المفضل لغشاء (ZnO) و(42.5 nm) عند المستوى المفضل لغشاء (CdS) و(28.8nm) عند المستوى المفضل لغشاء (CdTe) حيث تم حسابها من خلال حيود الأشعة السينية وفقاً لمعادلة (Scherrer formula) [13].

$$D = \left(\frac{k\lambda}{w \cos \theta} \right) \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن w: تمثل عرض نصف القمة (FWHM) (Full Width) (Half Maximum).

D: متوسط الحجم الحبيبي.

k: معامل شكلي (Shape Factor) قيمته (0.94).

θ: زاوية براك. وتم حساب المسافة البينية من معادلة براك (Bragg)

[14].Law)

$$2d \sin \theta = n \lambda \dots \dots \dots (2)$$

حيث d: المسافة بين سطحين متتاليين.

λ: الطول الموجي للأشعة الساقطة

n: عدد صحيح (يمثل مرتبة الحيود).

θ: زاوية الحيود للأشعة السينية الساقطة على سطح معين.

• تم ترسيب الطبقة النافذة (CdS) على (ZnO) وبسمك (200nm) والتي تم تحضيرها عن طريق التبخير.

• تم ترسيب الطبقة الماصة (CdTe) على (CdS) وبسمك (500nm) والتي تم تحضيرها عن طريق التبخير أيضاً.

• رسبت الوصلة الخلفية (Back Contact) والتي هي عبارة عن (Al), حيث رسبت طبقة رقيقة من الالمنيوم تكون حدود (40nm) كوجه للوصلة الخلفية.

3. قياس خصائص تيار - جهد في حالة الإضاءة

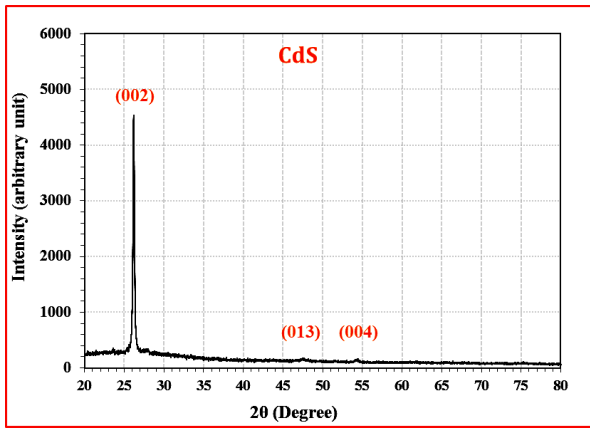
Current –Voltage Measurements under Illumination
تم قياس خصائص تيار - جهد في حالة الإضاءة (Illumination) للخلية الشمسية (glass/ ITO/ ZnO/ CdS/ CdTe/ AL) تحت الانحياز العكسي من خلال تعريض الخلية الشمسية لضوء أبيض باستعمال مصباح هالوجين (1000 W) نوع (Philips) ذو شدة محدود (100)mW/cm² مع تسليط جهد خارجي، واستعمل مقياس قدرة لقياس القدرة الضوئية للمصباح المستعمل (Lux-meter). تم تحديد معالمات الخلية الشمسية. وكما مبين في الجدول (1) ادناه:

Pin (mW)	I _{sc} (mA)	V _{oc} (V)	I _m (mA)	V _m (v)	F.F
100	4.000	0.550	3.000	0.495	0.675

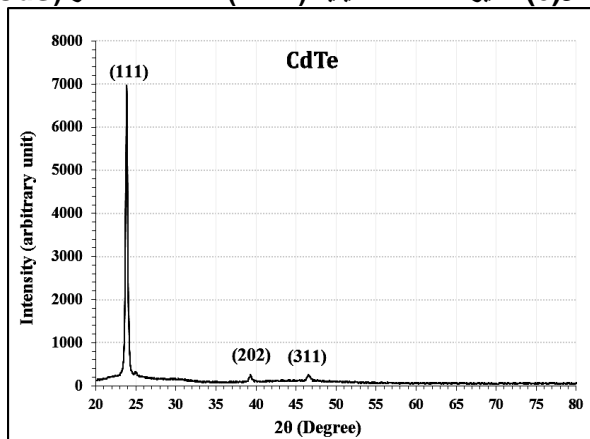
4. النتائج والمناقشة

1.4 حيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction

أجريت قياسات الخصائص التركيبية عن طريق حيود الأشعة السينية (XRD) وقد أستخدم جهاز نوع (Philips PW 1840) والمزود بمهدف (Cu-Kα). ذي طول موجي (1.5406 Å) ويعمل بفرق جهد مقداره (40kV) وبسرعة مسح مقدارها (40 dig/min) وزوايا (2θ=20-60) لمعرفة طبيعة النمو البلوري والمستويات التي تكونت لأغشية (ITO, CdS, ZnO CdTe) المحضرة بدرجة حرارة الغرفة والمرسبة على قواعد زجاجية، حيث أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية وكما هو موضح بالأشكال (4) و (5) و (6) و (7). إن جميع الأغشية المحضرة متعددة التبلور (Polycrystalline) وعند مقارنة النتائج التي حصلنا عليها في (الجدول 2) مع البطاقة القياسية (ASTM) تبين أن غشاء (ITO) المرسب على قواعد زجاجية يمتلك طوراً مكعبياً Cubic-Zincblende، أما غشاء (ZnO) يمتلك الطور السداسي (Hexagonalwurtzite) وهذا يتوافق مع الدراسة التي اجراها الباحث (Liu Tingliang et al) [10].



الشكل(6): حيود الاشعة السينية (XRD) للغشاء المحضر (CdS)



الشكل(7): حيود الاشعة السينية (XRD) للغشاء المحضر (CdTe)

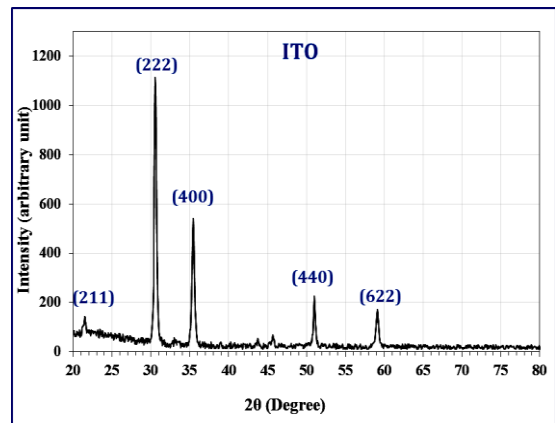
2.4 نتائج مجهر القوة الذرية (AFM) Atomic Force Microscope

تحليل مجهر القوة الذرية (AFM) لدراسة طبوغرافية السطح للأغشية المرسبة (ITO, ZnO, CdS, CdTe). حيث أن دراسة أسطح أغشية المواد المرسبة تعتبر ذات أهمية في إدراك كيفية توزيع وترتيب الذرات على الأسطح والتعرف على أوجه الاختلاف أو التجانس. كما ويمكن من خلاله تحديد تأثير عوامل استخدام عديدة ومنها سمك الغشاء ودرجة الحرارة وطريقة التحضير وغيرها على خصائص أغشية المواد المرسبة. من تحليل مجهر القوة الذرية (AFM) يمكن حساب متوسط الجذر التربيع (RMS Roughness) ومعدل خشونته (Ave. Roughness) والحجم الحبيبي (Average Diameter) الذي يكون أكثر دقة من تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) [15].

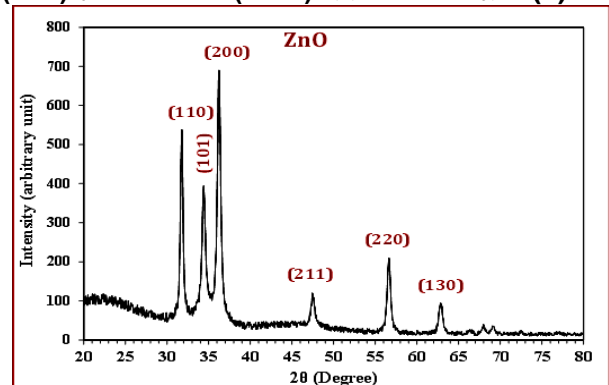
من خلال هذا البحث وجد ان معدل الحجم الحبيبي (Avg. Diameter) للأغشية المرسبة (ITO, ZnO, CdS, CdTe) وكان قيمها (85.11, 76.73, 78.46, 82.70) على التوالي. وكذلك حسب قيمة متوسط الجذر التربيعي (Root Mean Squa), وهي تمثل مجموع مربع الارتفاعات والانخفاضات

الجدول (2): الأطوار والمستويات البلورية والحجم الحبيبي لأغشية (ITO, ZnO, CdS, CdTe)

Sample	Grain size	2θ	d _{hkl} Exp. (Å)	hkl	Phase
ITO	25.7 nm	21.48	4.132	211	Cubic
		30.58	2.920	222	Cubic
		35.44	2.530	400	Cubic
		51.01	1.788	440	Cubic
ZnO	19.7 nm	31.76	2.815	110	Hexagonal
		34.40	2.604	101	Hexagonal
		36.24	2.476	200	Hexagonal
		47.51	1.912	211	Hexagonal
CdS	42.5 nm	26.19	3.399	002	Hexagonal
		47.23	1.922	013	Hexagonal
		54.17	1.691	004	Hexagonal
CdTe	28.8 nm	23.85	3.726	111	Cubic
		39.32	2.289	202	Cubic
		46.59	1.947	311	Cubic



الشكل(4): حيود الاشعة السينية (XRD) للغشاء المحضر (ITO)

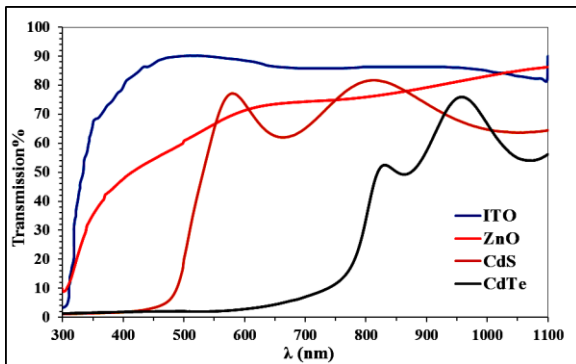


الشكل(5): حيود الاشعة السينية (XRD) للغشاء المحضر (ZnO)

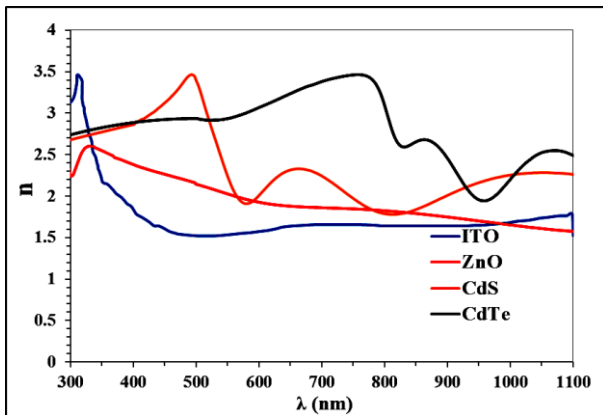
الجدول(3): الثوابت البصرية لكل من (ITO, ZnO, CdS, CdTe) عند الطول الموجي (550nm)

Sample	T%	k	n	Eg (eV) Tauc
ITO	89.93	0.045	1.528	3.50
ZnO	66.58	0.052	2.027	3.70
CdS	65.13	0.055	2.243	2.40
CdTe	2.06	0.124	2.934	1.40

الاشكال(9) و (8) تمثل العلاقة البيانية بين الطول الموجي وكل من النفاذية (T) ومعامل الانكسار (n). اما الشكل (10) يمثل العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) على المحور السيني و $(\alpha hv)^2$ على المحور الصادي وبمد الخط المستقيم من المنحني الناتج سوف يقطع المحور السيني (hv) عند نقطة معينة تمثل فجوة الطاقة البصرية المباشرة (Eg).



الشكل(8): طيف النفاذية كدالة للطول الموجي للأغشية المحضرة (ITO, ZnO, CdS, CdTe)



الشكل(9): تغير معامل الانكسار (n) للأغشية (ITO, ZnO, CdS, CdTe) مع الطول الموجي لأغشية

السطحية مقسومة على حاصل جمع اعدادهم, حيث كانت قيمها كالآتي (0.219, 1.75, 1.91, 3.78 على التوالي. ثم تم حساب معدل الخشونة (Ave. Roughness nm) وكانت قيمة (0.16, 3.23, 1.64, 1.44) على التوالي وتشير هذه النتائج إلى أن طوبوغرافية سطح الأغشية ذات انتظامية بلورية جيدة وتجانس سطحي عالٍ ويتضح مما تقدم أنّ سطوح الأغشية المحضرة تمتلك خصائص تركيبية وطوبوغرافية تؤهل لاستعمالها في تصنيع نباط أشباه الموصلات كالحلأيا الشمسية.

3.4 الخواص البصرية Optical Properties

تم دراسة الخواص البصرية للأغشية (ITO, ZnO, CdS, CdTe) وكذلك للمفروق والمحضرة بطريقة التبخير الحراري تحت الفراغ وذلك بقياس طيفي الامتصاصية والنفاذية كونه دالة للطول الموجي للفوتونات الساقطة في المنطقة المحصورة بين (300-1100)nm. ومن خلال هذه القياسات تم حساب النفاذية (T) Transmission باستخدام العلاقة: [16]

$$T = I_T / I_0 \quad (3)$$

I_T : شدة الاشعاع النافذ.

I_0 : شدة الاشعاع الساقط .

وتم حساب معامل الامتصاص (α) باستخدام العلاقة: [16]

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \quad (4)$$

A : الامتصاصية t : سمك الغشاء

وفجوة الطاقة البصرية (Eg) تم حسابها من العلاقة: [17]

$$\alpha hv = A_0 (hv - E_g)^r \quad (5)$$

A_0 : ثابت يعتمد على الكتلة الفعالة للإلكترونات والفجوات وكثافة

الوسط البصرية r : معامل أسي يحدد طبيعة الانتقال

تم حساب معامل الخمود (k) من العلاقة: [18]

$$k = \frac{\lambda n}{4\pi} \quad (6)$$

وتم حساب معامل الإنكسار (n) من خلال العلاقة: [19]

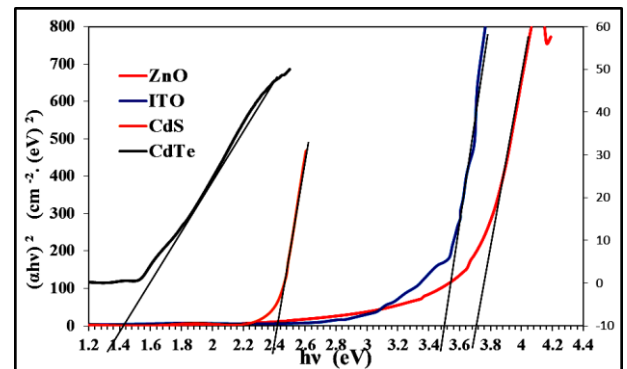
$$n = \left[\frac{(1+R)^2}{(1-R)^2} - (1+k^2) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \quad (7)$$

$$R = 1 - T - A$$

حيث R : الانعكاسية وتحسب من المعادلة

Thin-Film CdS/CdTe Solar Cells", 26th PVSC. IEEE, Anaheim, pp.(343-346), (1997).

- [6] S. Albright, B. Ackerman, J. Jordan, "Efficient CdTe/CdS solar cells and modules by spray processing", IEEE Trans. Electron Dev., Vol.37, pp.(434-437), (1990).
- [7] H. Matsumoto, K. Kuribayashi, H. Uda, Y. Komatsu, A. Nakano and A. S. Ikegami, "Screen-printed CdS/CdTe solar cell of 12.8% efficiency for an active area of 0.78 cm²", Solar Cells, 11, pp.(367-373), (1984).
- [8] F. Abou-Elfotouh and T. Coutts, " RF magnetron sputtering of polycrystalline CdTe thin film solar cells", Int. J. Solar Energy, Vol.12, pp.(223-246), (1992).
- [9] D. Cunningham, M. Rubcich and D. Skinner, "Cadmium telluride PV module manufacturing at BP Solar" Prog. Photovolt. Res. Appl.,Vol.10, pp.159, (2004).
- [10] Liu Tingliang, He Xulin, Zhang Jingquan, Feng Lianghuan, Wu Lili, Li Wei, Zeng Guanggen, and Li Bing, "Effect of ZnO films on CdTe solar cells", Journal of Semiconductors, Vol.33, No.9, 2012.
- [11] Ngamnit Gaewdang and Thitinai Gaewdang, "Thickness Dependence and Structural, Optical and Electrical Properties of CdS and CdS:In Films Prepared by Thermal Evaporation", Technical Digest of the International PVSEC-14, Bangkok, Thailand, pp.(581-582), (2004).
- [12] Hanaa I. Mohammed, "Study the Structural and Electrical Properties of CdTe:Ag thin films", Journal of AL-Nahrain University, Vol.13, No.2, pp.(129-135), (2010).
- [13] Enriquez J.P. and Mathew X., "XRD study of the grain growth in CdTe films annealed at different



الشكل(10): قيمة فجوة الطاقة البصرية المباشرة للأغشية المحضرة (ITO, ZnO, CdS, CdTe)

المصادر References

- [1] T. Markvart and L. Castaner, "Practical Handbook of Photovoltaics Fundamental and Application", ELSEVIER, p.334, (2003).
- [2] X. Wu, R.G. Dhere, D.S. Albin, T. A. Gessert, C. DeHart, J.C. Keane, A. Duda. T.J. Coutts, S. Asher, D.H. Levi, H.R. Moutinho. Y. Yan, T. Moriarty. S. Johnston, K. Emery, and P. Sheldon, "High-Efficiency CTO/ZTO/CdS/CdTe Polycrystalline Thin-Film Solar Cells", NREL/C, Vol.25, PP.(310-520), (2001).
- [3] D. Albin, Y. Yan and M. Al-Jassim, "The effect of oxygen on interface and microstructure evolution in CdTe/CdS solar cells", Prog. Photovolt. Res. Appl.,Vol.10, pp.(309-322), (2002).
- [4] S. Kumazawa, S. Shibutani, T. Nishio, T. Aramoto, H. Higuchi, T. Arita , A. Hanafusa, K. Omura, M. Murozono, H. Takakura, "15.1% Highly efficient thin film CdS/CdTe solar cell", Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol.49, pp.(205-212), (1997).
- [5] H. Ohyama, T. Aramoto, S. Kumazawa, H. Higuchi, T. Arita, S. Shibutani, T. Nishio, J. Nakajima, M. Tsuji, A. Hanafusa, T. Hibino, K. Omura and M. Murozono, "16.0% Efficient

- [17] H. S. AL-Jumaili, "Structural and Optical properties of Nano crystalline $Pb_{1-x}Cd_xS$ Thin films prepared by chemical Bath Deposition", Applied phys. Res., Vol.4, No.3, pp.(75-82), (2012).
- [18] Sridharan M., Narayondass Sa. K., Mangataraj D. and Hee C. L., "Optical and Optoelectronic Properties of Polycrystalline $Cd_{0.9}Zn_{0.04}Te$ Thin Films", Cryst. Res. Tech., Vol.38, No.6, pp.(479-487), (2003).
- [19] M. Amlouk, M. Dachraout, S. Belgacem and R. Bennaceur, "Structural, Optical and Electrical Properties of $SnO_2:F$ and CdS Airless Sprayed Layer", Vol.105, pp.(131-138), (1983).
- temperature", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 81, pp.(363-369), (2004).
- [14] C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics", Wiley Eastern Limited, 5th Edition, p.39, (1985).
- [15] G. L. Maxwell, "Characterization and Modeling of $CdCl_2$ treated $CdTe/CdS$ Thin Film Solar Cells", MS.c Thesis, Colorado state University, Fort Collins, Colorado, (2010).
- [16] Greenaway D. L. and Harbeke G., "Optical Properties and Band Structure of Semiconductors", Pergamon Press, Oxford, (1970).

Design and Manufactur of Solar Cell from ITO/ ZnO/ CdS/ CdTe by Thermal Vaporization Technique and Studying the Physical Properties

Jassim Mohammed Abb* Khalil Ibrahim Hamad* Dr. Falah Ibrahim Mustafa**

University of Anbar/College of Education*

solar energy research center**

E-mail: kalel_1960@yahoo.com

Abstract:

In this research, (ITO, ZnO, CdS and CdTe) films had been prepared by thermal vaporization, where the films deposited on glass slides separately at (1350 °C) (XRD, AFM and UV) tests were done on the samples, and found that all films were multiple crystallization. And the ITO film was cubic structure at the favorite granular growth orientation (222). The results of X-Ray Diffraction showed that the film of Zinc Oxide was hexagonal structure at the favorite granular growth orientation (200). Also, the results showed that the CdS film was hexagonal structure at the favorite granular growth orientation (002). And the results showed that CdTe film was cubic structure at the favorite granular growth orientation (111). The results of Atomic Force Microscope (AFM).Were studied Also the absorption and transmittance spectra for all prepared films in wave length (λ) range (300-1100) nanometer. The optical energy gap (E_g) was calculated by absorption spectrum and had the value of (3.50 eV) for ITO film, (3.70 eV) for ZnO, (2.40 eV) for CdS and (1.40 eV) for CdTe film. Also the transmittance (T) and the refractive coefficient (n) for the deposited films were calculated.