



تصنيع ودراسة خصائص كاشف المفرق الهجين CdO/Si بتقنية الترسيب بالحمام الكيمائي

عبد المجيد عيادة السامرائي* رائد عبد الوهاب إسماعيل** صبري جاسم محمد* هاني هادي احمد***

جامعة تكريت - كلية التربية

الجامعة التكنولوجية - قسم العلوم التطبيقية

جامعة تكريت - كلية العلوم

الخلاصة:

في هذا البحث تم تصنيع كاشف المفرق الهجين CdO/Si وذلك بترسيب غشاء CdO على شرائح سليكونية أحادية البلورة نوع (p-type) بتقنية ترسيب بالحمام الكيمائي. وتم دراسة تأثير تركيز ايونات الكاديوم على الخصائص التركيبية للغشاء المرسب والخصائص الكهرو بصرية للكاشف المصنع. نتائج حيود الأشعة السينية بينت إن غشاء CdO يمتلك تركيب أحادي التبلور في الطور المكعب بأفضل اتجاه بلوري هو (311). وخواص تيار-جهد في حالة الظلام بينت عامل المثالية (n) للمفرق لمختلف ظروف الترسيب يأخذ قيم كبيرة (>1). نتائج تيار جهد تحت الإضاءة بينت أن التيار الضوئي يزداد مع زيادة تركيز ايونات الكاديوم في الحلول. وخصائص سعة-جهد بينت أن المفرق الهجين من نوع الحاد. والقياسات الكهرو بصرية بينت إن الكاشف CdO/Si يمتلك استجابة طيفية جيدة في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة مع اعلي قمة للاستجابة عند طول موجي 900 nm بلغت 0.38 A/W.

معلومات البحث:

تاريخ التسليم: 2012/1/5

تاريخ القبول: 2013/5/27

تاريخ النشر: 2013 / 11/30

DOI: 10.37652/juaps.2013.83053

الكلمات المفتاحية:

كاشف المفرق الهجين CdO/Si،
ترسيب بالحمام الكيمائي،
تركيز ايونات الكاديوم،
استجابة طيفية،
التيار الضوئي.

المقدمة

الرش الكيمائي الحراري والتبخير الحراري المحلول الجلاتيني والترسيب بالليزر النبضي وتقنية ترسيب بالحمام الكيماوي وغيرها من التقنيات [10-14].

خلال السنوات الأخيرة استخدمت طريقة ترسيب بالحمام الكيماوي (CBD) لتحضير أغشية CdO، كونها طريقة بسيطة ولا تحتاج إلى أجهزة معقدة وذات كلفة رخيصة نسبياً كما أنها مناسبة لتهيئة أغشية رقيقة ذات مساحة كبيرة وإشكال متنوعة [14]. تحضر الأغشية الرقيقة من مادة اوكسيد الكاديوم (CdO) بطريقة ترسيب الحمام الكيمائي بالإطلاق البطيء لايونات الكاديوم الموجبة (Cd²⁺) وايونات الهيدروكسيد السالبة (OH⁻) في محلول الحمام الكيمائي، الإطلاق البطيء للأيون الموجب يكون باستخدام احد الأملاح المائية لعنصر الكاديوم مثل كلوريد الكاديوم ونوات الكاديوم وخرات الكاديوم [15,16,17]. ان الحصول على غشاء رقيق بتقنية (CBD) يتطلب حدوث آليتين متميزتين هما: الأولى هي آلية النمو (Growth) التي تتضمن تفاعل الذرات على سطح العينة، وتتمثل ذرة بواسطة ذرة (Atom-by-Atom) وتدعى كذلك عملية ايون بواسطة ايون [18].

اوكسيد الكاديوم مادة شبه موصلة من مجموعة الاكاسيد الموصلة الشفافة (TCO) [1,2,3] التي تمتاز بخصائص متميزة كفجوة طاقة كبيرة نسبياً تتراوح من 2.2eV الى 2.7 eV [4] ، الشفافية في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة وانعكاسية عالية في المنطقة الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي [5] ، تحريكه الحاملات العالية [6]، توصيلية كهربائية عالية مقارنة لتوصيلية المعادن من النوع السالب (n-type) [4,7] وخصائص تألق مطلوبة، وذات تطبيقات واسعة في النبائط الكهرو بصرية والنبائط الفوتوفولتائية وأجهزة العرض [8]. ويمتلك اوكسيد الكاديوم مقاومة كهربائية واطئة ناتجة من وجود ذرات الكاديوم في مواضع بينية او بسبب فراغات الأوكسجين. ويمتاز اوكسيد الكاديوم بمعامل امتصاص عالٍ يمكنه من الاستخدام في المنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها في الخلايا الضوئية [9,10]. والعديد من الطرق والتقنيات استخدمت لتحضير أغشية CdO مثل

* Corresponding author at: Tikrit University - College of Education;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5859-6212>. Mobil:777777
E-mail address:

لتحضير أغشية اوكسيد الكاديوم (CdO) بطريقة ترسيب الحمام الكيميائي استخدمت مادة نترات الكاديوم المائية وبنقاوة (99.99%) المجهزة من قبل شركة (Fluka) وهي مادة صلبة ذات لون ابيض سريعة الذوبان في الماء، وزنها الجزيئي (308.74g/mol). وحضر محلول نترات الكاديوم بتركيزين هما (0.03M) و (0.1M) وذلك بإذابة الوزن المطلوب (بتغير حسب التركيز المولاري) من المادة في (200ml) من الماء المقطر اذابة تدريجية باستخدام خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) في درجة حرارة الغرفة لمدة (10min) للتأكد من الإذابة التامة وصولاً إلى محلول نترات الكاديوم فنحصل على محلول رائق متجانس شفاف عديم اللون. وبعد الانتهاء من عملية الإذابة والحصول على المحلول المناسب تتم عملية الإضافة التدريجية (بالتقطير) من محلول هيدروكسيد الامونيوم (NH₄OH) تركيز (30%) المجهزة من قبل شركة (Fluka) أيضاً" ثم يتغير لون المحلول إلى اللون الحليبي (Milky) وبعدها نستمر بإضافة محلول هيدروكسيد الامونيوم إلى ان نحصل على محلول رائق متجانس شفاف عديم اللون مرة ثانية ودرجة القاعدية للمحلول تم قياسها باستخدام (pH meter) رقمي نوع (Inolab pH720) الماني الصنع وكانت تتراوح (12-12.5) في جميع المحاليل المحضرة وتغمر الشرائح السلكونية بصورة عمودية في الحمام وبدون أثاره مغناطيسية بزمن ترسيب ثابت 48hr. وبعد انتهاء الفترة الزمنية للترسيب ترفع العينات وتعامل حرارياً باستخدام فرن حراري نوع (Yamato FM 27) ياباني الصنع وبوجود الأوكسجين عند 673K لمدة 90 min بعدها نحصل على مفرق هجين نوع CdO/Si . ولغرض حساب سمك الأغشية المحضرة استخدمت الطريقة الوزنية التقليدية حيث توزن الأرضيات قبل وبعد إجراء عملية الترسيب باستخدام ميزان إلكتروني رقمي حساس (10-4gm) نوع (Mettler) ويتم استخدام المعادلة الآتية لحساب السمك [26]:

$$d(\text{nm}) = \frac{\Delta m}{\rho \cdot A} \dots\dots\dots(1)$$

حيث إن:

d: سمك الغشاء المطلوب تحضيره ب (nm).

Δm: الفرق في وزن الأرضية قبل وبعد الترسيب gm(2-)

(m1).

p: كثافة مادة (CdO) وهي (ρ=8.15 gm / cm³) [27].

الآلية الثانية هي التي ترتبط بتكتل مواد غروية (طحنية) داخل المحلول وتسمى بعملية النمو عنقود بواسطة عنقود او ميكانيكية الهيدروكسيد (Hydroxide). وفي الحالات العملية لكلتا العمليتين تحدث تفاعلات تقود إلى الحصول على أغشية رقيقة تتضمن مواد طحنية مع النماء [19, 20]. بعبارة أخرى فان تشكل النوى في المحلول المائي يتضمن حدوث تنوي (Nucleation) متجانسة وغير متجانسة على سطح العينة .

إحدى تطبيقات أشباه الموصلات هي تصنيع المفارق الهجينة التي تتكون من اتصال بين شبه موصلين مختلفين في فجوتي الطاقة. وتستخدم المفارق الهجينة لتحسين عمل أجهزة أشباه الموصلات التي اقترحت من قبل William Shokley عام 1951 الذي درس التحليل النظري لهذه المفارق كما يذكر الباحث P.Sharma [21]، ولكن أول من قام بصناعة مفرق هجين هو Anderson عام 1960 [21,22]. ومنذ ذلك الوقت تطور مجال أشباه الموصلات ذات المفارق الهجينة تطوراً سريعاً وازدادت أهميته في جميع أنحاء العالم لما أحدثته هذه التقنية من تحول كبير - كمياً ونوعاً - في هذا المجال [21]. لذلك استخدمت المفارق الهجينة في صناعة العديد من نباتات أشباه الموصلات مثل صناعة الخلايا الشمسية بكفاءة عالية [23] والترانسسترات والكواشف وليزرات أشباه الموصلات [24] وغيرها.

طريقة العمل

تم استخدام شرائح سليكونية أحادية البلورة انكليزي الصنع (U.K) ذا سطح صقيل ذات اتجاهية بلورية (100) من نوع (p-type) بمقاوميه كهربائية Ω.cm (14-22) وسمك (0.5-0.55)mm. وتم تنظيف شرائح السليكون أولاً بالماء المقطر ثم وضعها في كحول الايثانول داخل جهاز الذبذبات فوق الصوتية لمدة (15min) بعد ذلك تم إجراء عملية التتميش الكيميائي للتخلص من الشوائب والملوثات وطبقة الاوكسيد المتكونة على السطح حيث غمرت العينات في حامض الهيدروفلوريك (HF) المخفف بنسبة (HF: H₂O(1:10)) وبتريز (10%) لمدة دقيقة واحدة إذ ان لحامض (HF) قابلية على إزالة طبقة الاوكسيد المتكونة على سطح السليكون دون التأثير على السليكون نفسه [25]. ثم تغسل الشرائح بكحول الايثانول لغرض إزالة الحامض المتبقي واخيراً تجفف الشرائح بالهواء الساخن لتصبح جاهزة للترسيب.

النتائج والمناقشة

حيود الأشعة السينية

الشكل (1) يبين طيف الأشعة السينية لأغشية CdO المحضرة بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي والمرسبة على أرضيات سليكونية نوع (p-type) عند تركيز مولاريه مختلفة (0.03M,0.1M) المحضرة عند درجة حرارة الغرفة بزمان ترسيب 48hr مؤكسد حرارياً عند 673 K لمدة 90 min. ونلاحظ من أطراف حيود الأشعة السينية (a) و (b) لأغشية CdO ان الاتجاهية البلورية السائدة هي (311) عند الزوايا 66.6° و 66.85° على التوالي حيث تشير إلى تركيب أحادي التبلور من النوع المكعب ، كما ان زيادة تركيز ايونات الكاديوم يؤدي إلى زيادة شدة الحيود نتيجة زيادة سمك الغشاء. ويتبين من الشكل أن خصائص الأرضية لها تأثير كبير في النمء البلوري لأغشية CdO كذلك في البناء الكيماوي للمركب، إذ نجد أن الاتجاهية السائدة هي (311) بدلاً من (111) الذي حصل عليه الباحث [51] والاتجاهية (222) الذي حصل عليه الباحثون [45,56]، حيث ان الاتجاه البلوري ذا الشدة العالية من نقاط الشبكية يقابل طاقات سطحية واطئة، حيث تنمو الحبيبات بسهولة على طول الاتجاه (311) بدلاً من الاتجاه (111) ونتيجة لذلك يكون الاتجاه (311) أعلى شدة. وتمت مطابقة القمم لغشاء CdO مع بطاقة المركز الدولي لبيانات الحيود (JCPDS file No.05-0640).

معدل الحجم الحبيبي (Grain Size) لمادة بلورية يمكن أن يحسب من طيف X-Ray باستخدام معادلة شيرر (Scherrer) [31]:

$$D = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos\theta} \dots\dots\dots(2)$$

حيث إن .

λ : طول موجة الأشعة السينية الساقطة ويقاس (nm).

β : عرض المنحني عند منتصف الشدة (FWHM) ويقاس بالدرجة او الرديان.

θ : زاوية سقوط الأشعة السينية (زاوية براك).

معدل الحجم الحبيبي المحسوب من معادلة شرر (2) عند المستوي (311) لأغشية CdO المرسبة على أرضيات من السليكون فوجد أنه يزداد مع الزيادة في تركيز ايونات الكاديوم في محلول الحمام الكيميائي من 65 nm الى 86 nm نتيجة زيادة معدل النمو للغشاء التي سيؤثر على سمك الغشاء وتحسن التركيب البلوري للمركب نتيجة

A: مساحة الغشاء (الطول × العرض) وتقاس ب cm^2 .

وبهذه الطريقة أمكن الحصول على أغشية سمكها (996-327 nm±). من اجل دراسة الخصائص التركيبية طبقة غشاء CdO المرسبة على السليكون استخدم جهاز من نوع (X-ray6000) مجهز من قبل شركة (Shimadzu) اليابانية بالموصفات الآتية: المصدر Cu-K α والطول الموجي 1.541Å و تيار 30mA وفولتية 40 kV ومدى الزوايا 80-20. ولدراسة الخصائص الكهربائية والفولتائية الضوئية للمفرق المصنوع لآبد من إجراء عملية الاتصالات الاومية والتي تعرف على أنها اتصال معدن- شبه موصل لا يضيف أي مقاومة إلى مقاومة شبة الموصل تم ترسيب طبقة من الألمنيوم النقي (99.99%) سمكها (200nm) وباستخدام منظومة التبخير الحراري نوع (Balzers BAE 370) تحت ضغط واطئ (5-10 Torr) على الجانب الأمامي والخلفي للسليكون باستخدام القناع الخاص المصمم لكل جانب. وتم قياس خصائص تيار - جهد في حالة الظلام بوضع الكاشف داخل حجرة مظلمة وقياس تيار الانحياز الأمامي (ربط الجزء المانع من الكاشف بالجهد السالب للمصدر وربط الجزء الموجب من الكاشف بالجهد الموجب للمصدر) عند جهد انحياز يمتد من 0V إلى 3V. وعند قياس تيار الانحياز العكسي تم (ربط الجزء المانع من الكاشف بالجهد الموجب للمصدر وربط الجزء الموجب للكاشف بالجهد السالب للمصدر) عند جهد انحياز يمتد من 0V إلى 3V. وتتألف المنظومة التي تم فيها قياس (تيار- جهد) من مجهز قدرة مستمر نوع (Farnell) وجهاز مقياس التيار والفولتية نوع (Viictop-81B). كما تم قياس سعة - جهد للكواشف المصنعة تحت جهد الانحياز العكسي الذي يتراوح ما بين (0-3V) وعند تردد (100) MHz باستخدام جهاز (LRC) نوع (LCZ system hp/4192 ALF). تم قياس التيار في الدائرة كدالة لجهد الانحياز العكسي ، حيث تم تعريض الكاشف لضوء مصباح هالوجين نوع (Philips) وكثافة قدرات ضوئية مختلفة تراوحت بين (20-500)mW/cm 2 مع تسليط جهد خارجي. وتم قياس الاستجابة الطيفية للكاشف المصنوع CdO/Si باستخدام منظومة فحص الكواشف المؤلفة من موحد الطول الموجي (Monochromator) الذي يعمل ضمن المدى الطيفي (400-1100)nm ومجهز قدرة مستمر نوع (Farnell) وجهاز مقياس التيار والفولتية نوع (Victor-81B) حيث تم إجراء معايرة محدد الطول الموجي من خلال استخدام مقياس قدرة سلكوني.

الاختراق عند الفولتيات العالية غالباً عندما يكون جهد الانحياز كبيراً نسبياً مقارنة مع جهد ارتفاع الحاجز. هذه النتيجة تتوافق مع نتائج الباحثين [33,34]. وان عامل المثالية للمفروق CdO/Si يمكن حسابه من المعادلة الآتية [35]:

$$n = \frac{q}{K_{\beta} T} \frac{V}{\partial \ln \frac{I_f}{I_s}} \dots\dots\dots(3)$$

حيث إن n: عامل المثالية و V: الفولتية المطبقة و I_f: تيار الانحياز الأمامي و I_s: تيار الإشباع و q: شحنة الإلكترون و T: درجة الحرارة و K_β: ثابت بولتزمان. قيمة عامل المثالية المحسوبة من المعادلة (3) وجدت أنها تقل من 3.69 إلى 2.20 كما وجد إن عامل المثالية يأخذ قيم كبيرة (n>1) مما يعكس وجود أكثر من ميكانيكية لنقل التيار. إن العيوب الناشئة من عدم التوافق الشبكي الكبير بين مادة CdO والسليكون وكذلك العيوب البلورية التي تحدث خلال عملية الترسيب منها زيادة طور الهيدروكسيد والكاميوم تحرف المفروق عن الخصائص المثالية، حيث إن زيادة طور الهيدروكسيد والكاميوم تؤدي إلى زيادة العيوب البينية وبالتالي ارتفاع قيم عامل المثالية. إن مقدار عامل المثالية المحسوب اقل من القيم التي حصل عليها باحثون لمفروق CdO/Si محضرة بتقنيات مختلفة [13,28].

يبين الشكل (4) منحنيات تغير قيم تيار الإضاءة مع جهد الانحياز العكسي للمفروق الهجين (CdO/p-Si) المصنع بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي عند تراكيز مولارية مختلفة. وتم تعريف الكواشف لضوء ابيض بقدرات مختلفة حيث يلاحظ زيادة التيار الضوئي مع زيادة فولتية الانحياز ولقدرات ضوئية مختلفة كما نلاحظ إن زيادة تركيز ايونات الكادميوم تؤدي إلى زيادة في قيم التيار الضوئي، حيث تعمل الزيادة في تركيز ايونات الكادميوم على تحسين الخواص التركيبية والكهربائية لمادة CdO التي تعمل كنافذة للأشعة وبالتالي حدوث زيادة في تحريكه الحاملات وتقليل زمن عبور الحاملات التي تساهم في نقل التيار. كذلك نلاحظ ان التيار الضوئي يستقر عند جهد انحياز 2V ويتكرر التصرف نفسه لجميع القدرات الضوئية.

خصائص سعة-جهد.

تعد خصائص سعة-جهد من الخصائص المهمة التي يتم من خلالها تحديد نوع المفروق فيما إذا كان حاداً (Abrupt) أو متدرجاً

زيادة شدة حيود الأشعة السينية. وهذه النتيجة تتوافق مع نتائج حصل عليها باحثون لأغشية CdO محضرة بتقنيات مختلفة [32].

خصائص تيار - جهد

يبين الشكل (2) خصائص تيار - جهد في حالة الظلام للمفروق الهجين (CdO/p-Si) المصنع بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي عند تراكيز مولارية مختلفة، وهي تمثل سلوكية التيار مع الجهد المسلط في حالتي الانحياز الأمامي والعكسي. نلاحظ من الشكل ان زيادة تركيز ايونات الكادميوم (Cd²⁺) في محلول الحمام تؤدي الى تحسن واضح في خصائص تيار - جهد، حيث يقل تيار الظلام رغم عدم التوافق الشبكي الكبير (14.6%) بين اوكسيد الكادميوم والسليكون نتيجة الزيادة في معدل الحجم الحبيبي وتحسن التركيب البلوري، كما بينا في نتائج حيود الأشعة السينية. كذلك نجد أن عامل التقويم الذي يعرف بأنه النسبة بين تيار الانحياز الأمامي إلى تيار الانحياز العكسي عند فولتية انحياز معينة يزداد من 12.638 إلى 13.931 مع الزيادة في تركيز ايونات الكادميوم في محلول الحمام الكيميائي.

لغرض دراسة ميكانيكيات نقل التيار، تم رسم تيار الانحياز الأمامي للمفروق الهجين (CdO/p-Si) لمختلف ظروف الترسيب على مقياس شبه لوغاريتمي (Semi-log scale) من أجل تحديد مناطق التغير الأسي وكما موضح في الشكل (3). ويتبين من خصائص تيار - جهد، أن المفارق المصنعة في هذا البحث بشكل عام تتميز بمنطقتين متميزتين:

الأولى: منطقة الانحياز الواطئ (V < 0.5 Volt) وتهيمن فيها إليه إعادة الاتحاد.

الثانية: منطقة الانحياز الأعلى من (V > 0.5 Volt) وتهيمن فيها آلية الاختراق.

إن مدى سيادة احد الآليتين على الأخرى يعتمد على طبيعة السطح البيني للاتصال بين غشاء CdO والسليكون. لذلك يمكن اعتبار مفارق CdO/Si مفارق ذات آلية نقل تيار مزدوجة تتمثل بألية إعادة الاتحاد - الاختراق (Tunneling-Recombination) التي تنشأ من تكون مفروق MS الناتج من اتصال مادة CdO المنحلة (degenerated) مع شبه الموصل Si [28] وآلية الاختراق الناشئة من اختراق الإلكترونات نتيجة العيوب البينية في منطقة الاتصال المتولدة من اللاتوافق الشبكي بين CdO و Si [28]. وتحدث آلية

حياة حاملات الشحنة الأقلية مما يؤدي الى زيادة في طول انتشار الحاملات. ان أعلى قيمة للاستجابة بلغت $0.38 A/W$ عند الطول الموجي 900 nm وهذه القيمة اعلي من النتائج التي تتوافق مع نتائج توصل إليها الباحثين [33,34] مما يدل على الكفاءة العالية في اختيار الظروف المثلى للتصنيع بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي.

الاستنتاجات

في ضوء هذه الدراسة تم استنتاج النقاط التالية :

1. إمكانية توظيف أغشية CdO المحضرة بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي لتصنيع مفارق هجينة في مختلف التطبيقات منها الكواشف.
2. أن خصائص الأرضية لها تأثير كبير في النماء البلوري لأغشية كذلك في البناء الكيماوي للمركب، إذ نجد أن الاتجاهية السائدة هي (311) في غشاء CdO المرسب على السليكون.
3. إن سلوك تيار الظلام يؤكد إن المفارق الهجينة المصنعة هي من النوع غير المتمائل حيث يختلف سلوك تيار الانحياز الأمامي عن سلوك تيار الانحياز العكسي.
4. عامل المثالية (n) للمفارق لمختلف ظروف الترسيب يأخذ قيم كبيرة ($n > 1$) مما يعكس وجود أكثر من ميكانيكية لنقل التيار.
5. أن المفارق المصنعة هي من النوع الحاد.
6. إن الاستجابة الطيفية تتميز بوجود قمتين، الأولى عند طول موجي 600 nm وتمثل الامتصاص حافة في غشاء CdO والثانية عند طول موجي 900 nm وتمثل حافة الامتصاص في السليكون.

المصادر

- [1] M.Ocampo,P.J.Sebastian,J. Campos, (1994). Chemically deposited n-CdO thin films for solar cell applications. Physica Status Solidi.1:14,29-32.
- [2] A.A.Dakhel,(2010). Effect of tellurium doping on the structural, optical,and electrical properties of CdO. Solar Energy,84,1433-1438.
- [3] Y. Caglar, S. Ilcan, M. Caglar, (2007).Eur. Phys. ,58,251.
- [4] A.A. Dakhel,(2008).Influence of hydrogenation on the electrical and optical properties of CdO:Tl thin films. Thin Solid Films. 517, 886–890.
- [5] Y. Zhang ,J. Mu,(2005).Preparation of CdO Thin Films by Annealing Cd+2-DithiolSelf-

(Graded) كذلك حساب جهد البناء الداخلي (V_{bi}) وعرض منطقة النضوب [28]. ويبين الشكل (5) العلاقة بين مقلوب مربع السعة ($1/C^2$) مع جهد الانحياز العكسي للمفارق الهجين (CdO/p-Si) المصنع بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي ولمختلف التراكيز المولارية ، حيث نلاحظ ان العلاقة خطية بين الفولتية ومقلوب مربع السعة، وهذا يدل على أن المفارق المصنعة هي من النوع الحاد وهذا يتفق مع نتائج بحوث أخرى [33,34].

ومن تقاطع خط المستقيم مع محور الفولتية ($1/C^2=0$) تم تحديد جهد البناء الداخلي، حيث نجد ان زيادة في جهد البناء الداخلي للمفارق من $1.4V$ الى $1.7V$ مع الزيادة في تركيز ايونات الكاديوم (Cd^{2+}) في محلول الحمام، وذلك نتيجة تحسن التركيب البلوري وزيادة معدل الحجم الحبيبي التي تعمل على زيادة عرض منطقة النضوب وبالتالي نقصان في سعة المفارق رغم عدم التوافق الشبكي الكبير (14.6%) بين اوكسيد الكاديوم والسليكون كما بينا في نتائج حيود الأشعة السينية. إن قيمة جهد البناء الداخلي للمفارق الهجين (CdO/p-Si) قريب من نتائج حصل عليها باحثون [28,33,34].

الاستجابة الطيفية

يبين الشكل (6) الاستجابة الطيفية دالة للطول الموجي لكاشف المفارق الهجين (CdO/p-Si) المصنع بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي عند تراكيز مولارية مختلفة، حيث تم حساب الاستجابة الطيفية وفق المعادلة الآتية [22]:

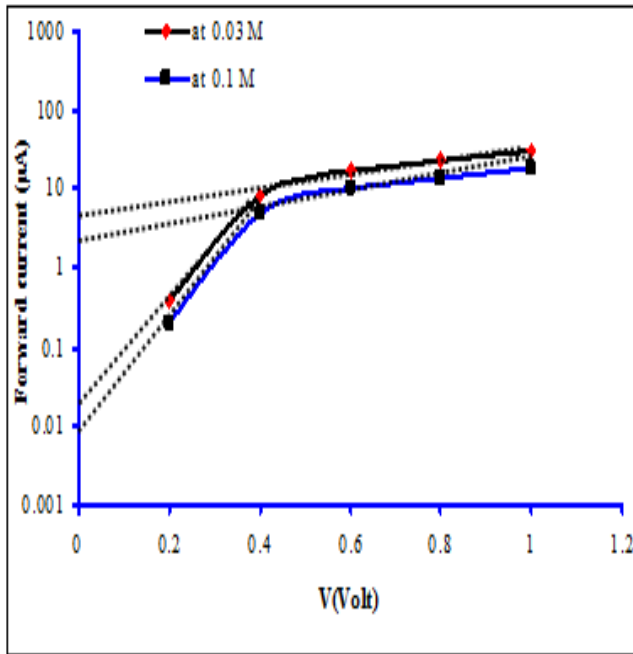
$$\Re_{\lambda} = \frac{I_{ph}}{P_{in}} \text{ or } \frac{V_{ph}}{P_{in}} \dots\dots\dots(4)$$

حيث إن P_{ph} و V_{ph} : التيار الضوئي والفولتية الضوئية.

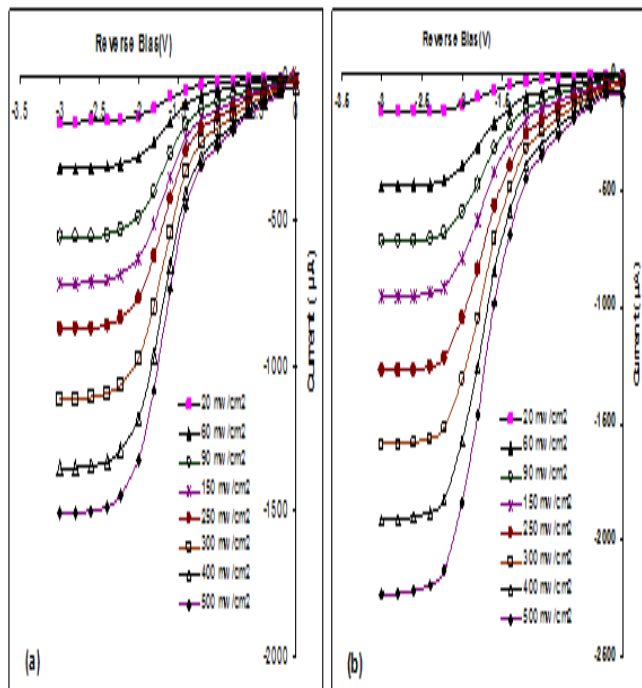
P_{in} : القدرة الضوئية الساقطة (الداخلية).

نلاحظ من الشكل ان الاستجابة الطيفية تتميز بوجود قمتين، الأولى عند طول موجي 600 nm وتمثل حافة الامتصاص في غشاء CdO والثانية عند طول موجي 900 nm وتمثل حافة الامتصاص في السليكون. كما يبين الشكل ان الاستجابة الطيفية تزداد مع الزيادة في تركيز ايونات الكاديوم في محلول الحمام الكيميائي نتيجة تحسن التركيب البلوري للغشاء الذي يقلل من العيوب البلورية ومن عدم التطابق الشبكي والحراري لمادتي المفارق المصنع والتي تؤدي الى نقصان مقاومة التوالي بسبب زيادة التوصيلية لمادة CdO بالإضافة الى نقصان في معدل سرعة إعادة الاتحاد الناتجة أي زيادة في مقدار فترة

- properties of Sn-doped CdO thin films prepared by chemical bath deposition. *Materials Letters*, 60:3866-3870.
- [17] S.Dhar, S.Chakrabarti (2000). Large photoresponse of CdO/porous Si diodes. *Semiconductor Science Technology*, 15:39-40.
- [18] I.Kaur, D. K. Pandya, K. L. Chopra. (1980). *Electrochem Soc.* 127:943.
- [19] P. O'Brien, J. McAleese (1998). *Mater. Chem.*, 8:11:2309-2314.
- [20] B.Sang, W.N.Shafarman and R.W.Birkmire, Institute of Energy Conversion, University of Delaware, 2003.
- [21] B.L.Sharma, R.K.Purohit, (1974) *Semiconductor Heterojunctions*. Pergamon Press, New York.
- [22] M. Sze and Kwok K. Ng (2007). *Physics of Semiconductor Devices*, 3rd Edition. John Willy & Sons Inc, New York
- [23] B.Streetman, S.Banerjee (2000). *Solid State Electronic Devices*. 5th Edition, New Jersey.
- [24] H.Kresse, J.K.Butter (1977). *Semiconductor Laser and Heterojunction Led's*. Academic Press, New York.
- [25] Streetman BG, (1995). *Solid State Electronic Devices*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 4th edn.
- [26] A.Goswami (1996). *Thin Film Fundamentals*. New Age International (P) Limited, New Delhi.
- [27] D.R.Lind, Editor (1998/1999). *Handbook of Physics and Chemistry*. (79th ed.), CRC, New York.
- [28] M.Caglar, F.Yakuphanoglu (2009). Fabrication and electrical characterization of flower-like CdO/p-Si heterojunction diode. *Phys. D: Appl. Phys.*, 41:903-907.
- [29] M., Dewei, Ye, Z. Lei, Wang, Jingyun, Huang, B. Zhao (2003). Deposition and characteristics of CdO films with absolutely (200)-preferred orientation. *Materials Letters*, 58:1-2: 128-131.
- [30] M. Zaien, K. Omar, Z. Hassan (2011). Growth of nanostructured CdO by solid-vapor deposition. *International Journal of the Physical Sciences*. 6:17:4176-4180.
- [31] E.F. Kaelble (Ed.) (1967). *Handbook of X-rays for Diffraction, Emission, Absorption, and Microscopy*, McGraw-Hill, New York, pp. 17-25.
- [32] A.A. Dakhel (2011). Near infrared transparent conducting CdO nanocrystallite films codoped with boron and hydrogen. *Current Applied Physics*, xxx:1-6.
- Assembled Films, Dispersion Science and Technology, 26:509-511.
- [6] Y. Yang, Shu J., Julia E. Medvedeva, John R. Ireland, Andrew W. Metz, Jun Ni, Mark C. Hersam, Arthur J. Freeman, Tobin J. Marks. (2005). CdO as the Archetypical Transparent Conducting Oxide Systematics of Dopant Ionic Radius and Electronic Structure Effects on Charge Transport and Band Structure. *AM. CHEM. SOC.* 127:8796-8804.
- [7] T. Ghoshal, S. Kar, S. Chaudhuri, (2007). Synthesis of nano and micro crystals of Cd(OH)₂ and CdO in the shape of hexagonal sheets and rods. *Applied Surface Science*, 253: 7578-7584.
- [8] A.A.Dakhela, A.Y.Ali Mohamed (2010). Structural and optoelectrical properties of nanocrystalline Gd-doped CdO films prepared by sol gel method. *Sol-Gel Sci Technol*, 55:348-353.
- [9] Z. Zhao, D.L. Morel, C.S. Ferekides, (2002). *Thin Solid Films*, 413 :203.
- [10] R.K.Gupta, K.Ghosh, R.Pate P.K.Kahol (2009). Wide band gap Cd_{0.83}Mg_{0.15}Al_{0.02}O thin films by pulsed laser deposition. *Applied Surface Science*, 255: 8:4466-4469.
- [11] R.J. Deokate, S.M. Pawar, A.V. Moholkar, V.S. Sawant, C.A. Pawar, C.H. Bhosale, (2008). Spray deposition of highly transparent fluorine doped cadmium oxide thin films. *Applied Surface Science*, 254: 7: 2187-2195.
- [12] A.A. Dakhel (2011). Effect of thermal annealing in different gas atmospheres on the structural, optical, and electrical properties of Li-doped CdO nanocrystalline films. *J. Solid State Sciences*, 13: 5:1000-1005.
- [13] F. Yakuphanoglu, M. Caglar, Y. Caglar S. Ilican (2010). Electrical characterization of nanocluster n-CdO/p-Si heterojunction diode. *Alloys and Compounds*, 506:1: 188-193.
- [14] D.S. Dhawale, A.M. More, S.S. Lathe, K.Y. Rajpure, C.D. Lokhande (2008). Room Temperature Synthesis and Characterization of CdO Nanowires by Chemical Bath Deposition (CBD) Method. *Applied Surface Science*, 254:3269-3273.
- [15] M. Ortega, G. Santana, A. Morales-Acevedo (2000). Optoelectronic properties of CdO/Si photodetectors. *Solid State Electron.* 44 : 1765-1769.
- [16] L.R. de León-Gutiérrez, J.J. Cayente-Romero, J.M. Peza-Tapia, E. Barrera-Calva, J.C. Martínez-Flores, M. Ortega López (2006). Some physical

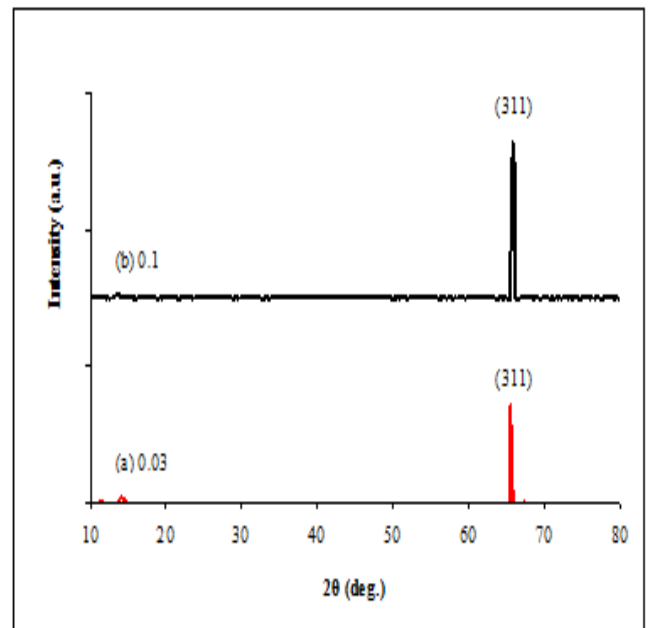


شكل(3): التيار الأمامي دالة لفولتية الانحياز للمفروق الهجين CdO/p-Si المصنع.

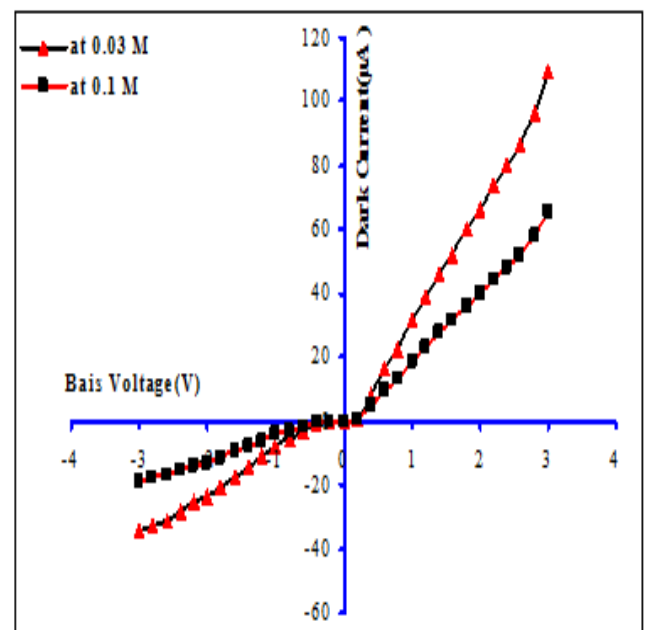


شكل (4): خصائص تيار-جهد تحت الإضاءة بشدات ضوئية مختلفة للمفروق الهجين CdO/p-Si عند 0.1M(b) 0.03 M(a).

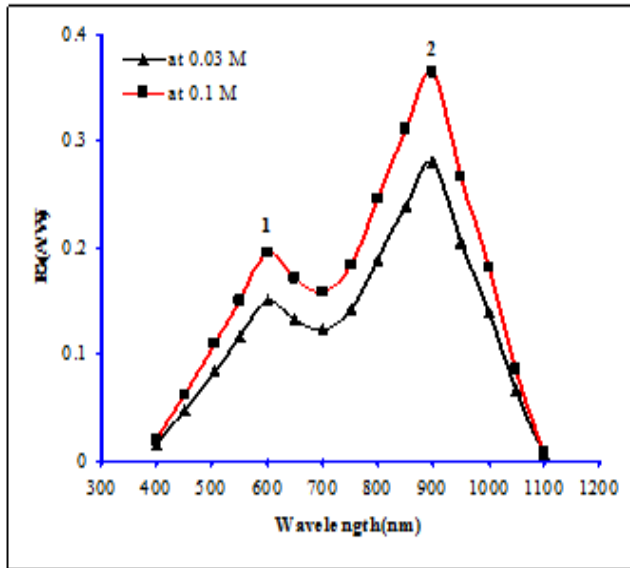
- [33] R. A. Ismail, O.A. Abdulrazaq(2007). A New Route for Fabricating CdO/c-Si heterojunction solar cells.Solar Energy Materials and Solar Cells, 91:903-907..
- [34] K.Z.Yahiya (2008). Fabrication and characterization of high efficient CdO/Si photovoltaic cells . Journal of Al-Nahrain University, 11:1:56-58
- [35] S.M.Sze(1981).Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed , John Wiley & sons, New York.



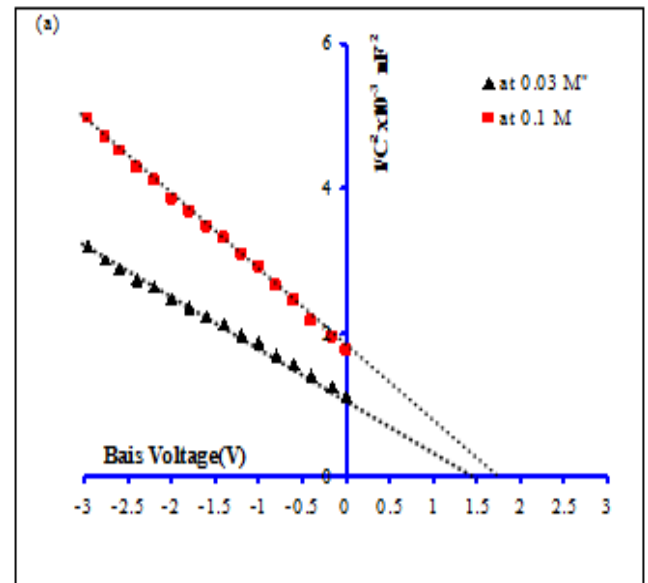
شكل(1) طيف حيود الأشعة السينية لغشاء CdO المحضرة بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي.



شكل (2): خصائص تيار-جهد في الظلام للمفروق الهجين CdO/p-Si.



شكل (6): الاستجابية الطيفية دالة للطول الموجي لكاشف المفرق الهجين CdO/Si المصنع.



شكل (5): مقلوب مربع السعة ($1/C^2$) مع جهد الانحياز العكسي للمفرق الهجين CdO/Si المصنع.

FABRICATION AND STUDY CHARACTERISTICS OF CDO/SI HETEROJUNCTION DETECTOR BY CBD TECHNIQUE

ABDUL-MAJEED E. AL-SAMAR; AI RIAD A. ASMIAL SABRE J. MOHMED AHMED

HANI H.

ABSTRACT

In this work CdO/Si heterojunction detector were fabricated by depositing CdO thin film on p-type single crystal silicon wafers by chemical bath deposition technique (CBD). The effect of cadmium ion concentration on the structural properties of deposited film and optoelectronic characteristics of fabricated detector has been considered in this work. From the x-ray diffraction result, it is shown that the CdO film has a single crystalline in cubic structure with preferential orientation along the (311) crystal plane. The -voltage characteristics under dark result, it is shown that ideality factor of heterojunction has higher value ($n > 1$). From current-voltage characteristics under illuminations result, it is shown that photocurrent increase with increasing cadmium ion concentration in solution. The capacitance-voltage characteristic shows a typical abrupt heterojunction. The optoelectronic characteristics shows the CdO/Si detector has good spectral responsivity in visible and NIR with higher peak responsivity at 900 nm were found 0.38 A/W.