

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطاالله

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد* رافع عبدالله منيف** فارس صالح عطاالله***

* جامعة تكريت- كلية التربية الأساسية- قسم العلوم العامة
** جامعة كركوك- كلية العلوم- قسم علوم الفيزياء
*** جامعة تكريت - كلية العلوم - قسم علوم الفيزياء

الخلاصة

في هذا البحث تم تحضير غشاء CdO بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي (CBD) على أرضيات زجاجية ، حيث استخدم ملح نترات الكاديوم $(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ كمصدر لأيونات الكاديوم (Cd^{+2}) تم دراسة تأثير درجة حرارة التلدين عند مدى درجات الحرارة $(373,473,573,673)\text{K}$ ولمدة 60 min على الخصائص التركيبية والبصرية للغشاء المحضر. نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) بينت إن أفضل درجة حرارة تلدين هي 573K التي يمكن الحصول فيها على الطور المكعب (Cubic) لغشاء CdO بأفضل اتجاهية بلورية عند المستوي (111). الخصائص البصرية بينت إن الغشاء المرسب يمتلك نفاذية عالية ضمن المدى المرئي من الطيف وتصل الى أكثر من 72% وفجوة طاقة عريضة تمتد من 2.38 eV إلى 2.55eV.

الكلمات المفتاحية: الحمام الكيميائي ، الترسيب ، التلدين ، الاغشية الرقيقة

The Effect of Annealing on The Structural and Optical Properties of CdO Thin Films by Chemical Bath Deposition Technique

Hani H. Ahmed* Rafea A.Munef** Faris S. Atallah***

* General Science Department, College of Basic Education, University of Tikrit

** Physics Department, College of Science, University of Kirkuk

*** Physics Department, College of Science, University of Tikrit

Received 1 September 2015 ; Accepted 19 January 2016

Abstract

In this work CdO films were prepared by chemical bath deposition technique (CBD) where the cadmium nitrate salt was used as a source of cadmium ions (Cd^{+2}) , the effect of the annealing at $(373,473,573,673)\text{K}$ for 60 min on the structural and optical properties is

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطاالله

described. The XRD studies revealed the annealing temperature chosen is 673K which conversion of cadmium hydroxide film to cadmium oxide film we get to cubic structure with preferential orientation along the (111) crystal plane. The optical properties study by transmission spectra where found the CdO films have highly transmittance in visible region of spectrum and reach to more than 72 %. The CdO films have wide band gap of 2.38 to 2.55 eV .

Keyword: chemical bath , deposition, annealing, thin film

المقدمة

إن أكسيد الكاديوم من مجموعة الأكاسيد الموصلية الشفافة (TCO) [1] التي تنتمي إلى صنف أشباه الموصلات من النوع السالب (n-type) [2] من المجموعة (الثانية- السادسة) (II,VI) من الجدول الدوري [3]، ذي تركيب بلوري مكعب (Cubic) ووحدة خلية متمركزة الأوجه (FCC) وهذا يشابه تركيب بلورة كلوريد الصوديوم (NaCl) [4]. ولا أكسيد الكاديوم خصائص مميزة كفجوة طاقة كبيرة من (2.2-2.7)eV [5] ونفاذية عالية في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة وانعكاسية عالية في المنطقة الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي [6] وتحركية عالية لحاملات الشحنة [7]، كما ويمتلك توصيلية كهربائية عالية ناتجة عن وجود ذرات الكاديوم في مواضع تعويضية (Interstitial) أو فراغات (Vacancies) بسبب الأوكسجين إذ تعمل كمراكز واهبة في التركيب البلوري [8]. ونظراً لما يتمتع به أكسيد الكاديوم من خصائص ، فإنه يستخدم في كثير من التطبيقات البصرية والإلكترونية مثل الخلايا الشمسية (Solar Cells) [9] وكواشف الأشعة الحمراء (IR-detectors) [10] ومتحسسات الغاز (Gas Sensors) [11] والترانزستورات الضوئية (Phototransistors) [12] وصناعة الأقطاب الكهربائية الشفافة [13] وطلاءات مضادة للانعكاس [14] وغيرها من التطبيقات. والعديد من الطرق والتقنيات استخدمت لتحضير أشباه الموصلات النانوية مثل الرش الكيميائي الحراري (CSP) [15] والتبخير الحراري في الفراغ (CVD) [16] والمحلل الجلاتيني (Sol-Gel) [17] والترسيب بالليزر النبضي (PLD) [18] وتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD) [19] وغيرها من التقنيات.

إن تقنية الترسيب بالحمام الكيميائي تتطلب السيطرة على الترسيب من المحلول المركب على القاعدة الملائمة. وتوفر هذه التقنية جملة من الفوائد بالمقارنة مع طرائق الترسيب الأخرى مثل الترسيب البخار الكيماوي والرش الكيماوي الحراري . ومن الممكن السيطرة على سمك الغشاء ومعدل الترسيب عن طريق تغيير ظروف الترسيب مثل الدالة الحامضية ودرجة الحرارة وتركيز المواد المتفاعلة. ومن أهم ميزات هذه التقنية كونها ترسيب مثل تماشي مع إمكانية الترسيب على مساحات كبيرة بتكلفة قليلة علاوة على التجانس والتوازن الكيميائي للمنتج. وإن أول ما نشر عن الترسيب بالحمام الكيميائي كان في عام 1884 من قبل رينولد (Reynolds) لترسيب كبريتيد الرصاص (PbS) ومنذ ذلك الحين تم ترسيب العديد من

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطاالله

الجالوجينيد (Chalcogenide) والجالكوبيرايت (Chalcopyrite) والأكسيدات [20,21,22]. ان الميكانيكيات العملية لتقنية ترسيب الحمام الكيميائي يمكن ان تقسم إلى آليتين مختلفتين الأولى آلية ايون- بواسطة ايون التي يعتمد فيها الترسيب او تكوين المركب المطلوب تفاعلا "أيونيا" والذي يتضمن الايونات الحرة (anions) والتفاعل يحدث بشكل متسلسل للايونات على الأرضية. أما الآلية الأخرى فهي آلية عنقود بواسطة عنقود آلية الهيدروكسيد، حيث إن عناصر الهيدروكسيد لها أهمية كبيرة في التفاعلات خلال عمليات ترسيب الحمام الكيميائي [23,24].

طريقة العمل

تم استخدام قواعد زجاجية بأبعاد (7.5×2.5×0.1)cm ويتم تنظيفها كالاتي أولا تغسل بالماء العادي ومسحوق الغسيل لإزالة الأوساخ التقليدية ثم تغسل بعد ذلك بالماء المقطر ثم تغمر في كأس يحتوي على حامض الهيدروكلوريك المخفف (HCl) وتركيز (37%) ثم بالماء المقطر ثم تغمر في كحول الايثانول وكحول الايثيل (C₂H₅OH) لإزالة أي آثار دهنية متبقية على العينة بعدها تغسل بالماء المقطر. وأخيرا تجفف الشرائح جيدا" بالهواء الساخن لتصبح جاهزة للترسيب. ولتحضير 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 بتركيز (0.05M) وذلك بإذابة الوزن المطلوب 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) أيضا" ثم يتغير لون المحلول الى 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) وتغمر الشرائح بصورة عمودية في الحمام وبدون أثاره مغناطيسية وبدرجة حرارة الغرفة بزمان ترسيب ثابت 48hr. وبعد انتهاء الفترة الزمنية للترسيب ترفع العينات وتعامل حراريا" باستخدام فرن حراري نوع (Yamato FM 27) ياباني الصنع وبوجود الأوكسجين عند مدى درجات الحرارة (373,473,573,673)K ولمدة 60 min. 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 [19]:

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

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

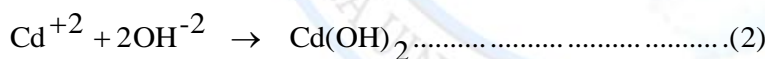
هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطالله

حيث إن: d : سمك الغشاء المطلوب تحضيره ب (nm). Δm : الفرق في وزن الأرضية قبل وبعد الترسيب $(m_2 - m_1) \text{ gm}$ و ρ : كثافة مادة (CdO) وهي $(\rho = 8.15 \text{ gm / cm}^3)$ [25]. A: مساحة الغشاء وتقاس ب cm^2 . وبهذه الطريقة أمكن الحصول على أغشية سمكها $5 \text{ nm} \pm (500-900)$. ومن أجل 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 1.541 \AA وتيار 30 mA وفولتية 40 kV ومدى الزوايا $20-80$. وأجريت قياسات الخواص البصرية التي تشمل والنفاذية (Transmittance) لأغشية CdO المرسبة على قواعد زجاجية باستخدام جهاز المطياف البصري ((Spectrophotometer UV/VIS)) نوع (Cintra5) المجهز من شركة (GBC-Astrural) لمدى طيفي يمتد من $(350-900 \text{ nm})$.

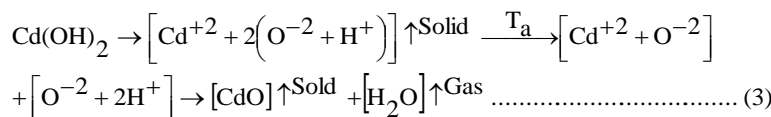
النتائج والمناقشة

1- ميكانيكية التفاعل

إن تقنية ترسيب الحمام الكيميائي تعتمد على تكوّن المواد الصلبة في داخل المحلول الكيميائي، التي تتضمن عمليتين الأولى التنويه والأخرى نمو الراسب وفي عملية التنويه تمر العناقيد أو الجزيئات بمرحلة تفسخ سريع ثم يعاد تجمعها ثانية وتنمو وتصبح أكبر حجماً وهذا يؤدي إلى زيادة السمك، وذلك بالتفاعلات المتباينة (Heterogeneous) على سطح الأرضية [19]. وفي هذا العمل تم استخدام ملح نترات الكاديوم المائية كمصدر لأيونات الكاديوم (Cd^{2+})، وعند إضافة محلول هيدروكسيد الامونيوم الذي يستخدم كمصدر لأيونات الهيدروكسيد (OH^-)، سوف تتشكل رواسب بيضاء في داخل المحلول بسبب تحلل الامونيا (NH_3) ويكون ناتج التفاعل هو هيدروكسيد الكاديوم كما في التفاعل الآتي [20]:



ويكون لون الغشاء المرسب على الأرضية أبيض، وعند تعريض الغشاء إلى المعاملة الحرارية عند درجات حرارة مختلفة وباستخدام فرن حراري نوع (Yamato FM 27) ياباني الصنع بوجود الأوكسجين سيكون ناتج التفاعل كالاتي [19,20]:

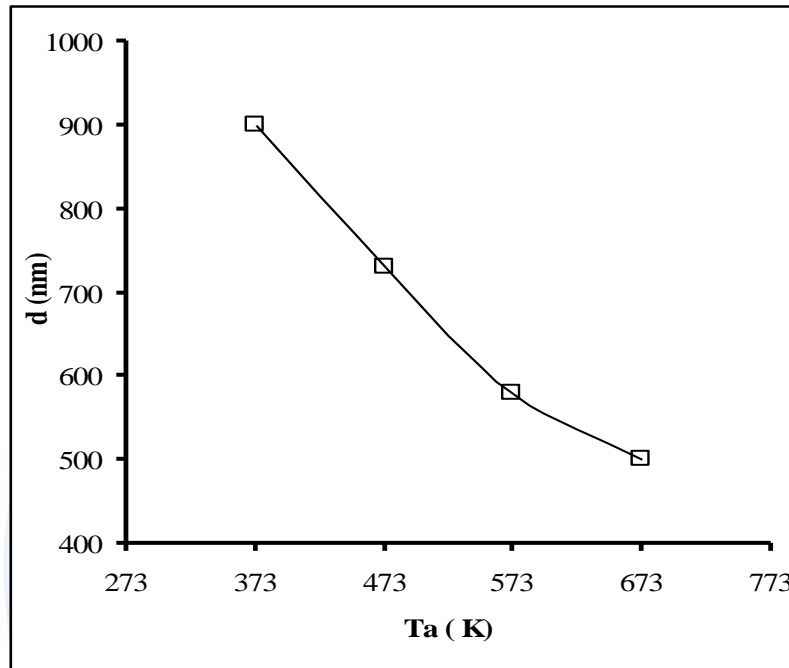


إن تأثير درجة حرارة التلدين يمثل الدرجة الحرارية التي يحدث عندها التحول الكامل لجزيئات هيدروكسيد الكاديوم إلى أوكسيد الكاديوم ونحصل عندها على تبخر جزيئات الماء من غشاء $\text{Cd}(\text{OH})_2$ بصورة كاملة والحصول على الطور

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطاالله

النقي لغشاء CdO ويبين الشكل (1) تأثير درجة حرارة التلدين (T_a) عند مدى درجات الحرارة (373,473,573,673)K ولمدة 60 min على سمك غشاء CdO المحضر. ونلاحظ أن زيادة درجة حرارة التلدين تؤدي نقصان سمك الغشاء المحضر نتيجة تبخر جزيئات الماء من تركيبة غشاء $Cd(OH)_2$.



شكل (1) سمك الغشاء دالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO المحضرة بتقنية (CBD).

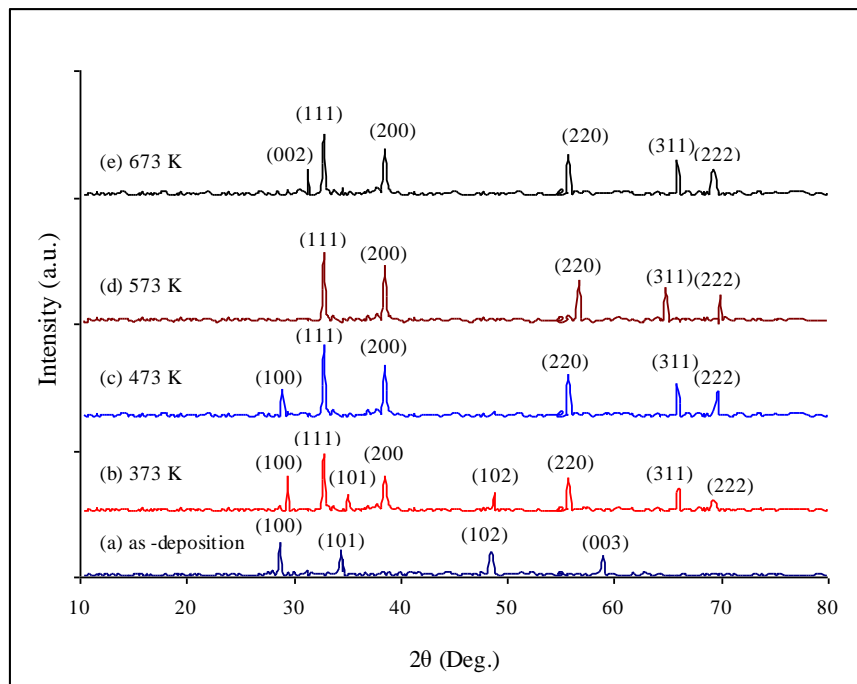
2- حيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction

يبين الشكل (2) تأثير مختلف درجات التلدين على طيف حيود الأشعة السينية لأغشية CdO المحضرة. نلاحظ في داخل الشكل من الطيف (a) طيف الأشعة السينية لغشاء هيدوكسيد الكاديوم $Cd(OH)_2$ المرسب (as-deposition) ذو تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) من النوع السداسي (Hexagonal) بأفضل اتجاهية بلورية (100) عند الزاوية $2\theta = 29.3941^\circ$. بعد التلدين في الأطياف (b) و (c) في الشكل (2) التي تمثل الأغشية المملدة عند 373K و 473K على التوالي ، نلاحظ ان الشدة تقل وهناك طور مشترك للتركيب السداسي والمكعب لعدم التبخر الكامل لجزيئات الماء H_2O من غشاء $Cd(OH)_2$. اما في الطيف (d) الذي يمثل الغشاء المملد عند 573K الذي يبين التحول من التركيب السداسي الى التركيب المكعب وتبخر جزيئات الماء H_2O من غشاء $Cd(OH)_2$ بصورة كاملة والحصول على غشاء CdO بأفضل اتجاهية بلورية عند المستوي (111) عند الزاوية $2\theta = 33.79^\circ$ مع زيادة درجة حرارة التلدين الى 673K في الطيف (e) ، نلاحظ ان الشدة تقل مع ظهور طور للكاديوم (Cd) عند المستوي (002) عند الزاوية $2\theta = 31.42^\circ$. ان التغير الصغير

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطاالله

في قم طيف الأشعة السينية نسبة إلى قم المسحوق يكون بسبب الإجهاد الميكانيكي من مختلف العيوب مثل الشوائب وفراغات تستقر في الغشاء حتى بعد المعاملة الحرارية، يظهر ذلك في لاتجاه (111) [26]. جميع النتائج لغشاء CdO و Cd(OH)₂ كانت مطابقة القمم مع بطاقة المركز الدولي لبيانات الحيويد -01 (JCPDS file no. 31-228, 1049). وهذه النتيجة تتوافق مع نتائج حصل عليها باحثون لأغشية CdO محضرة بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي (CBD) [19,27] وتقنيات أخرى [28,29].



شكل (2) طيف الأشعة السينية (X-ray) لغشاء CdO مرسب على أرضيات زجاجية عند درجات تلدين مختلفة.

معدل الحجم الحبيبي (D) لأغشية CdO فيمكن أن يحسب باستخدام معادلة شيرر [30]:

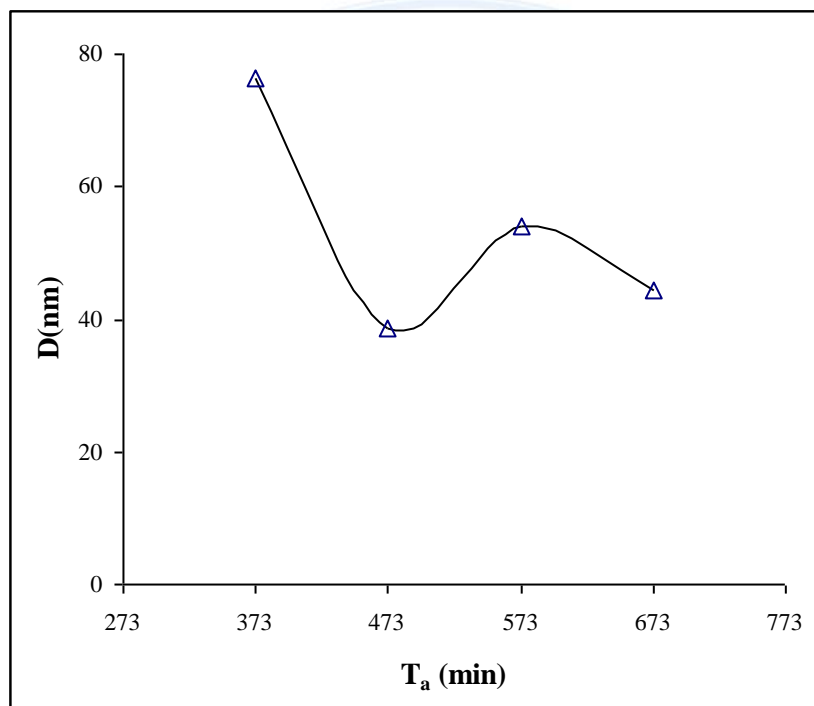
$$D = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos\theta} \dots \dots \dots (4)$$

حيث إن: λ : طول موجة الأشعة السينية الساقطة و β عرض المنحني عند منتصف الشدة (FWHM) و θ : زاوية سقوط الأشعة السينية. ويبين الشكل (3) تغير معدل الحجم الحبيبي مع درجة حرارة التلدين عند المستوى (111) لأغشية CdO المرسبة على قواعد زجاجية باستخدام تقنية الترسيب بالحمام الكيميائي. ونلاحظ من الشكل ان معدل الحجم الحبيبي يكون كبيراً

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطالله

لغشاء $Cd(OH)_2$ ويقل مع زيادة درجة حرارة التلدين من 373K الى 473K ذلك لعدم تبخر جزيئات الماء بشكل كامل ووجود طور الهيدروكسيد ضمن التركيب البلوري لغشاء CdO. مع زيادة درجة حرارة التلدين إلى 573K ونلاحظ ان معدل الحجم الحبيبي يزداد وهذا يدل على تحسن التركيب البلوري للغشاء وتبخر جزيئات الماء بشكل كامل. أما عند زيادة درجة حرارة التلدين إلى 573K فنلاحظ أن معدل الحجم الحبيبي يقل نتيجة ظهور طور للكاديوم (Cd) ضمن التركيب البلوري لغشاء CdO. والجدول (1) يبين قيم المعلمات التركيبية لجميع درجات حرارة التلدين. ويمكن مقارنة النتائج أعلاه مع نتائج حصل عليها باحثون بتقنيات ترسيب مختلفة [31,32].



شكل (3) الحجم الحبيبي دالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO المحضرة بتقنية (CBD).

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

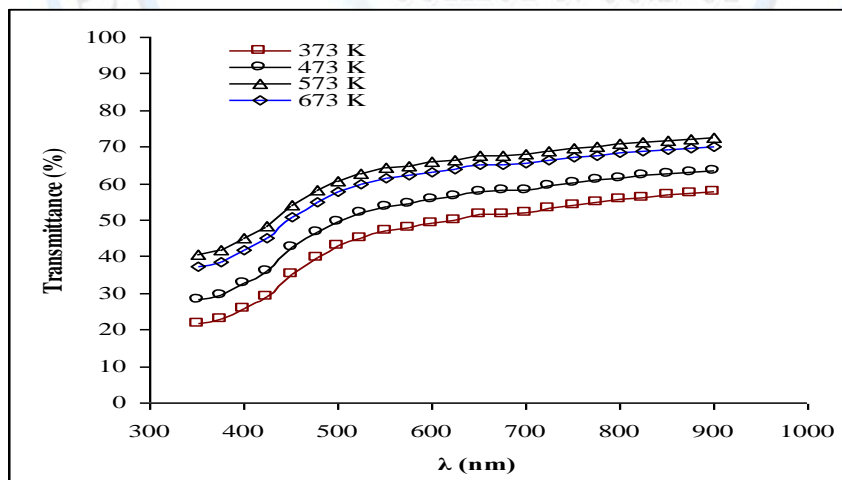
هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطالله

جدول رقم (1) النتائج المحسوبة من طيف الأشعة السينية (XRD) لغشاء CdO.

Annealing Temperature (Ta)K	2θ	d(nm)	D(nm)
373	33.03°	0.27429	76.5
473	33.02°	0.271101	38.6
573	33.52°	0.270922	54
673	32.49°	0.27529	44.3

3- الخصائص البصرية Optical Properties

الشكل (4) تأثير مختلف درجات حرارة التلدين على طيف النفاذية للأغشية المحضرة. ونلاحظ من الشكل زيادة النفاذية البصرية وتصل إلى أكثر من 72% مع زيادة درجة حرارة التلدين من 373K إلى 573K لكنها تقل عند 673K إذ يتضح بان زيادة درجة حرارة التلدين تساعد على استمرار تبخر جزيئات الماء ويتناقص سمك الغشاء وتحويل غشاء Cd(OH)₂ إلى CdO ولكن عند 673K تزداد قيمة النفاذية نتيجة ظهور طور الكادميوم، حيث يؤثر على تركيبة الغشاء مما يؤدي إلى زيادة في النفاذية البصرية. وقيم النفاذية أعلاه تتوافق مع نتائج حصل عليها باحثون لأغشية CdO محضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي [28,33] وتقنيات أخرى [31,34].



شكل (4) طيف النفاذية دالة للطول الموجي لأغشية CdO عند درجات حرارة تلدين مختلفة.

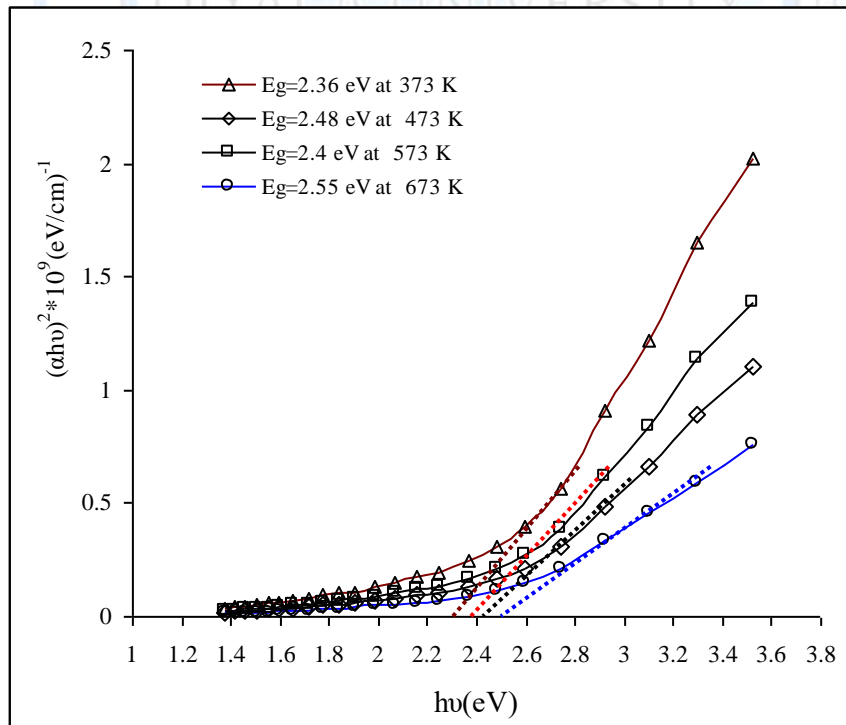
وتم حساب فجوة الطاقة لأغشية CdO عند درجات حرارة تلدين مختلفة باستخدام معادلة الانتقال الإلكتروني المباشر الآتية [35]:

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطالله

$$(\alpha h\nu) = B(h\nu - E_g)^r \dots\dots\dots(5)$$

حيث ان: B : ثابت يعتمد على طاقة الفوتون و α : معامل الامتصاص و r : عامل يحدد نوع الانتقال داخل فجوة الطاقة و E_g : فجوة الطاقة البصرية. ويمكن حساب فجوة الطاقة عمليا" للانتقال المباشر المسموح ($r=1/2$) برسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ مع $(h\nu)$ ومن اخذ خط المستقيم مماسا" لمنحني حافة الامتصاص عندما $(\alpha h\nu)^2=0$. ويبين الشكل (5) تأثير مختلف درجات حرارة تلدين على فجوة الطاقة المباشرة للأغشية المرسيبة. ونلاحظ من الشكل ان زيادة درجة حرارة تلدين من 373K الى 473K يؤدي إلى الزيادة في قيمة فجوة الطاقة من 2.36 eV إلى 2.48 eV ، لكنها تقل وتصبح 2.4 eV عند 473K ، حيث ان درجة حرارة تلدين تساعد على استمرار تبخر جزيئات الماء ويقل تبعاً لذلك الحجم الحبيبي وتزداد قيمة فجوة لطاقة . أما عند 473K فان فجوة الطاقة تقل نتيجة زيادة الحجم الحبيبي وتحسن التركيب البلوري للغشاء وهي المرحلة التي يتم فيها الحصول على الطور النقي لغشاء CdO بفجوة طاقة 2.4 eV. وعند الوصول الى 473K يحدث خلل في ترتيب وتوزيع الذرات ويتأثر تبعاً لذلك التركيب البلوري للغشاء ويقل معدل الحجم الحبيبي وتزداد قيمة فجوة الطاقة إلى 2.55 eV. وجميع النتائج أعلاه لقيم فجوة الطاقة المباشرة تتف مع نتائج حصل عليها باحثون لأغشية CdO محضرة بتقنية ترسيب بالحمام الكيميائي [19,20] وتقنيات أخرى [36,37].



شكل (5) التغير في قيم $(\alpha h\nu)^2$ مع طاقة الفوتون الساقط لأغشية CdO عند درجات حرارة تلدين مختلفة.

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطالله

الاستنتاجات

في ضوء هذه الدراسة تم استنتاج النقاط التالية :

1. إمكانية تحضير أغشية أكسيد الكاديوم باستخدام تقنية سهلة ورخيصة الثمن وهي ترسيب بالحمام الكيميائي.
2. أن زيادة درجة حرارة التلدين تؤدي نقصان سمك الغشاء المحضر نتيجة تبخر جزيئات الماء من تركيبة غشاء Cd(OH)₂.
3. نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) بينت إن أفضل درجة حرارة تلدين هي 573 K التي يمكن الحصول فيها على الطور المكعب (Cubic) لغشاء CdO بأفضل اتجاهية بلورية عند المستوي (111) ومعدل الحجم الحبيبي المحسوب من طيف حيود الأشعة السينية تراوح بين (38.6-76.5)nm.
4. إن أفضل النتائج يمكن الحصول عليه عند درجة حرارة تلدين هي 573K.
5. زيادة النفاذية البصرية مع زيادة درجة حرارة التلدين من 373K الى 573K وتصل إلى أكثر 72% لكنها تقل عند 673K.
6. يمتلك أكسيد الكاديوم فجوة طاقة وعريضة تمتد من 2.36 eV إلى 2.55 eV ويمكن استخدامه في التطبيقات الكهرو بصرية مثل الكواشف والخلايا الشمسية.

المصادر

1. A. Hosseinian, A. R. Mahjoub, , *Applied Chemical Researches*, 4(2010)14:43-46.
2. Z .Yang ,W. Zhong ,Y. Yin , X. Du ,Y. Deng , C. Au ,Y. Du, *Nanoscale Research Letters*,5(2010)961-965.
3. H.Karami ,A. Aminifar , H. Tavallali ,Z. Namdar, , *Clust Sci*. 21(2010)1-9.
4. Z. M. Jarzberzki, *Oxide Semiconductors*, B. R. Pamplin (ed.), Pergamon Press. London (1973) 239..
5. A.A.Dakhel, *Alloys and Compounds*, 504(2010)7-11.
6. Y.Zhang , J. Mu, *Dispersion Science and Technology*,26(2005)509-511.
7. [X. Li](#), [Y. Yan](#), [A. Mason](#), [T. A. Gessert](#), [T. J. Coutts](#), *Solid-State Lett.*, 4 (2001)66-68.
8. M.M Islam, M.R Islam, J. Podder, *Bangladesh Academy of Sciences*,32(2008)1:97-105.
9. I.M. Ocampo, P. J. Sebastian, J. Campos, *physica status solidi* ,143(1994) 29-32.
10. S. Ilican, M. Caglar, Y. Caglar, F. Yakuphanoglu, *Optoelectronics and advanced materials- Rapid Communications*.3(2009) 2:135-140.

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطالله

11. R. R. Salunkhe, C. D. Lokhande, *Sensors and Actuators B*. 129 (2008)345–351.
12. M.Ghosh,C.N.R.Rao, *Chemical Physics Letters*, 393(2004)493–497.
13. W.Cho, G. He, T.Su, Y. Lin, *Applied Surface Science*,58(2012)4632–4635.
14. B. J. Lokhande, P. S. Patil,M. D. Uplan, *Materials Chemistry and Physics* , [84](#)(2004) 238-242.
15. R.J.Deokate, S.M. Pawar, A.V. Moholkar, V.S. Sawant, C.A. Pawar, C.H. Bhosale, *Applied Surface Science* ,254(2008)2187-2195.
16. A.A. Dakhel, *Solid State Sciences*, 13(2011)1000-1005.
17. F.Yakuphanoglu,M. Caglar, Y.Caglar S. Ilican, *Alloys and Compounds*. [506](#)(2010)188-193.
18. R.K.Gupta,K.Ghosh,R.Pate and P.K.Kahol, *Applied Surface Science* . 255(2009) 4466-4469.
19. D.S.Dhawale, A.M. More, S.S .Lathe, K.Y. Rajpure, C.D .Lokhande , *Applied Surface Science*,254(2008)3269-3273.
20. M. Ocampo, A. M. Ferandez, P. J. Sabastian, *Semicond. Sci. Technol.* ,8(1993)750-751.
21. V. R. Shinde, C. D. Lokhande, R. S. Mane , S. H. Han, *Applied Surface Science*,245(2005)1: 407-413.
22. I.Kaur,D.K.Pandya, K.L.Chopra ,*Solid -State Science Technology*,127(1980)4:943-948.
23. P.Perumal, A.G. Manohari, S.Valanarasu, A.Kathalingam, J.Rhee, N.Soundaram, R. Chandramohan, , *JSEMAT*, 2(2012)71-75.
24. G.Hodes,Chemical Solution Deposition of Semiconductor Films, *Marcel Dekker* ,(2003).
25. D.R. Lind (Ed.), Handbook of Physics and Chemistry, 79th ed., *CRC, New York*, (1999).
26. K.Tz-Jun, H. Huang, *Phys. Chem. B*,110(2006)13717-13721.
27. M. Ristic, S. Poporic, S. Music,*Mater. Lett.* ,58(2004)2494-2499.

تأثير التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)

هاني هادي احمد رافع عبدالله منيف فارس صالح عطالله

28. D. M. Carballada-Galicia, R. Castanedo-Perez, O. Jimenez-Sandoval, S. Jimenez-Sandoval, G. Torres-Delgado, C. I. Zuniga-Romero, *Thin Solid Films*, 105(2000) 371.
29. R. S. Rusu, G. I. Rusu, *Optoelectronics and Advanced Materials*, 7(2005)2:823-828.
30. H. Kulg, L. Alexander, *X-ray Diffraction Procedures*, 2nd Edition, NY, USA, (1974).
31. S. C. Singh R. K. Swarnkar R. Gopal, *Nanopart Res* ,11(2009) 1831–1838.
32. K. Gurumurugan, D. Mangalaraj, S. A. K. Narayandass , *Journal of Electronic Materials*, 25(1996)765-770.
33. S. Dhar, S. Chakrabarti , *Semicond. Sci. Technol.* 15(2000)39– 40.
34. A. A. Dakhel , F. Z. Henari, *Cryst. Res. Technol.*, 38(2003)11:979 – 985.
35. J. I. Pankove , *Optical processes in semiconductors* , Courier Dover Publications -prentice –Hall , Inc. ,(1971)178.
36. B. G. Jeyaprakash, K. Kesavan, R. Ashok kumar, S. Mohan, A. Amalarani , *J. American Science* 2010;6(2).
37. A. A. Dakhel, *J. Materials Chemistry and Physics* 117 (2009) 284–287.