مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد الثاني والعشرون - المجلد الثاني - علوم الفيزياء - أيلول 2023 م
doi.org/10.52866/esj.2023.02.22.07

تأثير التشويب بأوكسيد الالمنيوم على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد النحاس الرقيقة المحضرة باستخدام تقنية الرش الكيميائي الحراري

عدي موسى راوي[1] , هدى سعدي علي[2]
1 - قسم الفيزياء, كلية التربية للعلوم الصرفة,جامعة تكريت, العراق
2 - قسم الفيزياء, كلية التربية للعلوم الصرفة, جامعة تكريت, العرراق
البحث مستل من رسالة ماجستير الباحث الأول.
E-mail1 : odaiomosa@gmail.com , E-mail2 : huda.wahbi@tu.edu.iq

مستخلص:

في هذا البحث تم دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد النحاس (CuO) النقية والمشوبة بأوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) بتراكيز مولارية مختلفة ٪(2 4) والمرسبة على قواعد من الزجاج ذات ابعاد cm(2.5 X 2.5) وبسمك mm(2.1-1) عند درجة حرارة منتخبة والتي كانت بحدود C^o(450) وبسمك حوالي nm(300±50) باستخدام تقنية الرش الكيميائي الحراري. حيث أظهرت نتائج البحث بالنسبة لفحوصات تقنية حيود الاشعة السينية (XRD) تناقص في قيم الحجم البلوري بالنسبة لجميع الاغشية المحضرة وأنها كانت ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع احادي الميل (Monoclinic) وباتجاه سائد (1 1 1). كذلك بينت نتائج فحوصات (AFM) زيادة في قيم كل من معدل خشونة السطح ومتوسط الجذر التربيعي (RMS) مع زيادة نسب التشويب ولجميع الاغشية المحضرة. كما بينت نتائج الفحوصات البصرية باستخدام مطيافية الاشعة الفوق بنفسجية – المرئية (UV-VIS) زيادة في قيم الامتصاصية مع الزيادة في نسب التشويب اما فجوة الطاقة البصرية فكانت تتناقص قيمتها مع الزيادة في نسب التشويب وكانت اقل قيمة لفجوة الطاقة البصرية تم الحصول عليها هي عند النسبة ٪(4) وهي بحدود ev(2.3).

الكلمات المفتاحية: اغشية رقيقة، تقنية الرش الكيميائي الحراري، اوكسيد النحاس، اوكسد الالمنيوم، خصائص تركيبية، خصائص بصرية.

Effect of doping with aluminum oxide on the structural and optical properties of thin copper oxide films prepared using the thermal chemical spraying technique.

Odai Musa Rawi [1*] , Huda Saadi Ali [2]
1. Department of physics, College of Education for Pure Sciences,University of Tikrit,Iraq.
2. Department of physics, College of Education for pure sciences, University of Tikrit, Iraq.

Abstract :

In this research, the structural and optical properties of pure copper oxide (CuO) films doped with aluminum oxide (Al2O3) were studied at different molar concentrations (2,4)%, deposited on a substrate of glass with dimensions of (2.5 x 2.5)cm and a thickness of (1-1.2)mm at Selected temperature, which was within the range of (450) C° and a thickness of about (300 ± 50) nm using the thermal chemical spraying technique. The results of the research showed, for the X-ray diffraction technique (XRD), a decrease in the crystalline size values for all the prepared films, and that they had a polycrystalline structure, monoclinic type, and a prevalent direction (111). The results of the (AFM) tests also showed an increase in the values of each of the average surface roughness and the root mean square (RMS) with an increase in the doping ratios for all prepared films. The results of optical tests using ultraviolet-visible spectroscopy (UV-VIS) also showed an increase in the absorbance values with the increase in the doping ratios. The optical energy gap was decreasing in value with the increase in the doping ratios. The lowest value for the optical energy gap was obtained at the ratio (4)% which is around (2.3)ev.

Key words: Thin films, CSP, Copper oxide, Aluminum oxide, Structural properties, Optical properties.

المقدمة Introduction:

اهتم الكثير من العلماء بتحضير الاغشية الرقيقة منذ قرون عديدة وذلك لأهميتها البارزة في الكثير من البحوث النظرية والتطبيقية في فيزياء الحالة الصلبة[1] وهي من الطرق المهمة من حيث الاستخدام في كافة الصناعات الالكترونية والتي يمكن من خلالها دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد المختلفة بما فيها اشباه الموصلات[2]، ان مصطلح الاغشية الرقيقة يستخدم لوصف طبقة او طبقات عديدة layars من ذرات المادة التي لا يتعدى سمكها مايكرومتر واحد أو عدة نانومترات، ولأنها رقيقة وهشة فأنه من الواجب ترسيبها على مادة صلبة مثل الزجاج أو السيليكون أو بعض الأملاح أو البوليميرات، كما وتمتلك الاغشية الرقيقة خصائص ومميزات لا تتوافر في تراكيب المواد الأخرى، وتتمتع الاغشية بخصائص فيزيائية تختلف عن خصائص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية bulk[3].

ونظراً للمساهمات الكبيرة التي تقدمها هذه التقنية في تطور ودراسة اشباه الموصلات فقد سعى الباحثون الى إيجاد وابتكار طرائق عديدة لتحضير الاغشية الرقيقة ولكل طريقة خواص عدة، حيث تكون بعضها بسيطة وأخرى معقدة. ان اختيار طريقة الترسيب يعتمد على عوامل عديدة منها المجال الذي تستخدم فيه ومواصفات الغشاء المتكون أنواع المواد المستخدمة نوع القاعدة التي يتم الترسيب عليها تكلفة الإنتاج ويمكننا تصنيف طرائق تحضير الاغشية الى مجموعتين المجموعة الأولى هي الطرائق الفيزيائية وتتضمن طريقة الاقتلاع بالليزر الطلي الايوني التبخير الحراري في الفراغ الترذيذ وهو بعدة طرق مثل الرش بالترددات الراديوية، والترذيذ المغناطيسي، والترذيذ بالتيار المباشر، والمجموعة الثانية هي الطرائق الكيميائية طريقة المحلول هلام sol-gel والترسيب بالحمام الكيميائي والترسيب الذري والرش الكيميائي الحراري[6-4]. وتتميز الطريقة الأخيرة من الطرق الكيميائية بكلفة تحضير واطئة، وسهولة ترسيب الاغشية، ومكونات المنظومة البسيطة، كذلك استقرارية الاغشية المحضرة في صفاتها الفيزيائية مع مرور الزمن والمساحات الواسعة وتجانس للاغشية المحضرة افضل من الطرائق الأخرى وكذلك تحضير اغشية لمركبات ذات درجات انصهار عالية يصعب تحضيرها بطرائق أخرى كما ويمكن تحضير اغشية من مزيج لمادتين او اكثر لها درجات انصهار مختلفة مما جعل منها محل اهتمامنا في بحثنا الحالي[7].

ان المادة قيد الدراسة هي أوكسيد النحاس الذي رمزه الكيميائي CuO من المواد شبه الموصلة من النوع p-type أي ان الحاملات الأغلبية للشحنة فيه هي الفجوات Holes[8]، ويمتلك فجوة طاقة ضيقة نسبياً بحدود ev(1.5-3)[9]، لايذوب في الماء او القواعد ولكن يذوب في الحوامض وكثافته $gm6.4\ /cm^3$ ويمتلك درجة انصهار عالية (1399) K^o[10] كما ويتميز بكونه عديم الرائحه وغير سام، وأمكانية توفره بسهولة ويمكن الحصول عليه من اكسدة النحاس، ويتميز بتركيبه البلوري احادي الميل ومن نوع تركيب متمركز القاعدة bcc ويظهر في الطبيعة باللون البني الغامق المائل للسواد[11] ونظراً لما يظهره أوكسيد النحاس من معامل امتصاص عالي للاشعة الكهرومغناطيسية في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي

وفجوة طاقته المنخفضة نسبياً فهو يستخدم في التطبيقات الشمسية وخاصة في الخلايا الشمسية Solar Cell[12] بالاضافة الى تطبيقاته الأخرى في متحسسات الغاز وبطاريات الليثيوم والمحفزات والنبائط المغناطيسية[13] وغيرها الكثير وبسبب هذه الخصائص التي يتميز بها وتطبيقاته الواسعة مما جعل منه مادة دسمة يتناولها الباحثون لدراسة خصائصها ومدى امكانية تحسين خواصه[14] ولما كانت الطريقة الأمثل لتحسين خصائص المواد شبه الموصلة هي من خلال اشابتها بمواد أخرى تساعد في تحسين خصائصها البصرية والكهربائية والتركيبية وغيرها من الخصائص الأخرى فقد عملنا على اشابة مادة أوكسيد النحاس بمادة أوكسيد الالمنيوم[14] كما ان طرق الاشابة للمواد شبه الموصلة تنوعت بتنوع الاليات المعتمدة لتحقيقها، ومنها طريقة التطعيم بالخلط[15] والتطعيم بالتبخير الثنائي، والتطعيم بالانتشار الحراري والتطعيم بالغرس الايوني، والتطعيم بالليزر والتطعيم بالاذابة بالمحلول وهي الطريقة المعتمدة في بحثنا الحالي[3].

الجزء العملي Experimental part:

تحضير الاغشية الرقيقة Preparation of thin films:

1. تحضير المحاليل Solutions Preparation:

1. 1. تحضير محلول اوكسيد النحاس النقي:

لتحضير محلول مادة أوكسيد النحاس (CuO) النقية يتم ذلك باستخدام كلوريد النحاس الثنائي المائي وهو مادة بشكل مسحوق ازرق فاتح رمزها الكيميائي ($CuCl_2.2H_2O$) هندي المنشأ والمجهز من قبل شركة (THOMAS BAKER) ووزنها الجزيئي (170.48) mol/gm ولتحضير محلول تركيزه مساوي لـ M (0.1) وبدرجة حرارة الغرفة يتم اذابة (1.7048) gm من كلوريد النحاس الثنائي المائي ولحساب كتلة مادة كلوريد النحاس الثنائي المائي استخدم ميزان الكتروني من نوع (Mettler AE-160) حساس تبلغ حساسيته (4-10) gm. في (100) mL من الماء المقطر ومن ثم يتم خلط المادتين بشكل جيد وذلك باستخدام الخلاط المغناطيسي Magnetic stirrer ولمدة (30) min وذلك لضمان تجانس المحلول فنحصل على محلول ازرق اللون وللحصول على الوزن المراد اذابته نستخدم العلاقة التالية[16]:

$$M = \frac{M_t}{M_{wt}} * \left(\frac{1000}{V}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ ان:

M : التركيز المولاري.

M_t: كتلة مادتي كلوريد النحاس الثنائي المائي وكلوريد الالمنيوم المائي على التوالي.

M_{wt}: الوزن الجزيئي لمادتي كلوريد النحاس الثنائي المائي وكلوريد الالمنيوم المائي على التوالي.

V : حجم الماء المقطر (100) mL.

والمعادلة الكيميائية التالية توضح عملية التحلل لمركب المحلول المستخدم:

$$CuCl_2.2H_2O + 2H_2O \rightarrow CuO + 2HCl + 2H_2O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

2. 1. تحضير محلول المادة الشائبة Impurities Solution Preparation:

ولتحضير محلول مادة أوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) الشائبة يتم ذلك من خلال استخدام كلوريد الالمنيوم المائي وهو مادة بشكل مسحوق ابيض رمزها الكيميائي ($2AlCl_3.6H_2O$) هندي المنشأ

والمجهز من قبل شركة (THOMAS BAKER) ووزنها الجزيئي (133.34)mol/gm ولتحضير محلول تركيزه مساوي لـ (0.1)M وبدرجة حرارة الغرفة يتم اذابة (2.4143)gm من كلوريد الالمنيوم المائي في (100)mL من الماء المقطر ومن ثم يتم خلط المحلول بشكل جيد وذلك باستخدام الخلاط المغناطيسي Magnetic stirrer ولمدة (30) min أيضاً وذلك لضمان تجانس المحلول فنحصل على محلول ابيض اللون وللحصول على الوزن المراد اذابته نستخدم العلاقة (1) المذكورة انفا[16].

ولحساب كتلة مادة كلوريد الالمنيوم المائي تم ذلك من خلال استخدام نفس الميزان السابق، كما ان المعادلة الكيميائية التالية توضح عملية التحلل لمركب المحلول المستخدم:

$$2AlCl_3.6H_2O + 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 6HCl + 3H_2O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

الجدول (1): يبين النسب الحجمية لكل من (Al2O3,CuO) النقية والمشوبة الداخلة في تحضير الغشاء.

النسبة الحجمية للشائبة	Al_2O_3(mL)	CuO(mL)
0%	0	50
2%	1	49
4%	2	48

2. تهيئة الارضيات وتنظيفها Substrates cleaning:

استخدمت في بحثنا الحالي قواعد زجاجية (sub-strates) ذات منشأ صيني وبابعاد cm (2.5 2.5 X) وبسمك mm (1-12.) بعد ان تم تنظيفها جيدا وغسلها بالماء المقطر لمدة min (5) بعد ذلك يتم رفع القواعد الزجاجية باستخدام ملقط خاص ووضعها في دورق يحتوي مادة كحول الايثانول ولنفس المدة المذكورة بالنسبة للماء المقطر ومن ثم تغمر في مادة الاسيتون ومن ثم تعاد للماء المقطر أيضا لنفس الفترة الزمنية السابقة ثم تجفف العينات باستخدام ورق خاص بالتجفيف وقطع نسيج خاصة بتنضيف العدسات للتخلص من الشوائب والعوالق ثم تم حساب وزن كل قاعدة وتسجيله على العلبة الخاصة بها وذلك لغرض معرفة سمك الاغشية المحضرة فيما بعد.

3. ترسيب الاغشية الرقيقة Thin films Depo-sition:

بعد اكتمال عملية التنظيف للارضيات الزجاجية يتم تهيأتها للترسيب وذلك من خلال وضعها على سطح السخان الكهربائي والذ يتم تشغيله حسب شروط التشغيل البينة ادناه

1. معدل الترسيب min/mL(5).
2. زمن الترسيب المستخدم sec(10).
3. فترة التوقف بعد كل رشة sec(120).
4. المسافة العمودية من فوهة المرذاذ الى القواعد cm(28).
5. درجة حرارة القواعد الزجاجية C^o(400).
6. عدد الرشات (5)رشة.
7. ضغط الهواء bar(3).

للحصول على اغشية رقيقة متجانسة، ومتماسكة مع القاعدة الزجاجية من اوكسيد النحاس (CuO)

النقية والمشوبة.

قياس سمك الاغشية الرقيق Thin Films: Thickness Measurement

بعد ان تم ترسيب جميع الاغشية الرقيقة على القواعد الزجاجية اعيد وزن القواعد من جديد وذلك لغرض الحصول على سمك الاغشية المحضرة حيث تم استخدام الطريقة الوزنية في قياس سمك الاغشية والتي نفذت باستخدام نفس الميزان انف الذكر ومن خلال المعادلة التالية[3]:

$$t = \frac{\Delta W}{\rho * A} = \frac{W_2 - W_1}{\rho * A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

اذ ان:

: سمك الغشاء.

t : الفرق في الوزن قبل وبعد الرش.

ΔW : كثافة مادة الغشاء (gm/cm^3).

ρ : مساحة الغشاء (cm^2).

A من خلال إيجاد الفرق في الوزن والقسمة على حاصل ضرب كثافة مادة الغشاء ومساحته وكما مبين في المعادلة (2) تبين ان سمك الاغشية المحضرة كان بحدود nm (50±300) تقريبا، كما تمت جميع القياسات البصرية باستخدام جهاز المطياف البصري المعروف ب (UV - 1800) والمجهز من قبل شركة (Shimadzu) والذي يعمل في نطاق الاطوال الموجية nm (300-1100)، كما وقد تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة للاغشية المحضرة بتطبيق المعادلة (4) والتي عندها تكون قيمة الثابت r = 1 / 2 ويمكن كتابتها بالشكل التالي[17]:

$$(\alpha hv) = B(hv - E_g)^n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

اذ ان:

α : معامل الامتصاص.

B : ثابت.

E_g: فجوة الطاقة البصرية.

n : ثابت يأخذ القيمتين ½ او 2 ويعتمد على نوع الانتقالات الالكترونية.

h : ثابت بلانك.

ولتحديد قيمة فجوة الطاقة جرى رسم علاقة بيانية بين $(\alpha hv)^2$ وطاقة الفوتون الساقط(hv) وبرسم مماس من افضل خط مستقيم تمر به النقاط ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha hv)^2 = 0$ حيث تمثل نقطة التقاطع هذه قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقالات المباشرة المسموحة. اما الفحوصات التركيبية فقد أجريت باستخدام فحص الـ (XRD) و مجهر القوة الذرية. (AFM)

كما تم حساب معدل حجم البلوري للاغشية المحضرة بأستخدام علاقة شيرر التجريبية (Scherrer formula) من المعادلة الاتية[16]:

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

اذ ان:

D: الحجم الحبيبي.

λ : الطول الموجي للاشعة السينية الساقطة والذي كان بحدود Aº (1.5405).

β : العرض الكلي عند منتصف الشدة(FWHM) (وتقاس بالزوايا النصف قطرية).

θ : زاوية براك.

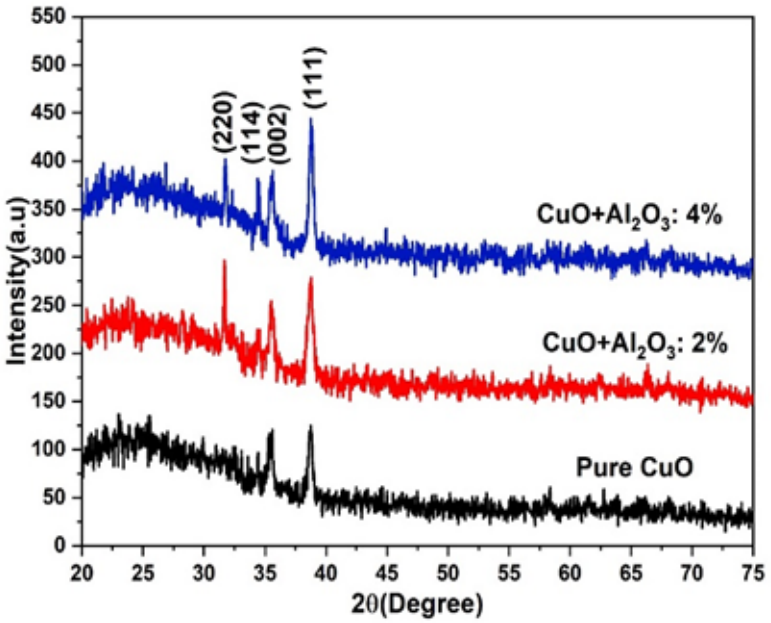
K : ثابت عددي يدعى بثابت شيرر (scherers contant) وقد وجد شيرر ان قيمته تساوي 0.94.

النتائج والمناقشة :

Results and Discussion

نتائج فحوصات حيود الاشعة السينية(XRD) :

لقد أظهرت نتائج التشخيص باستخدام تقنية حيود الاشعة السينية لأغشية (CuO) النقية الشكل(1) بان طيف الاشعة السينية لأغشية (CuO) بأنها ذات تركيب متعدد التبلور (Poly-crystalline) ومن النوع احادي الميل (Mono-clinic)، حيث نلاحظ نمط الحيود الذي رسمه الغشاء في نطاق (20° -80°)، و وجود قمتين (Peaks) للمستويين (002)،(111) عند الزوايتين 35.451° ، 38.709° على التوالي وبالاعتماد على البطاقة القياسية العالمية (Astm) American Standard of Testing Materials و (ICDD) والتي تحمل الرقم (00-041-0254) لمادة (CuO) يتبين بأنها متطابقة وبشكل كبير جدا، مع ظهور اتجاه سائد هو المستوى (111) [18] اما للاغشية المشوبة، إذ نلاحظ ظهور قمتين لاغشية Al_2O_3 (Peaks) للمستويين(220)،(114) عند الزوايتين 31.843°، 34.491° على التوالي وبالاعتماد على البطاقة القياسية العالمية ICDD والتي تحمل الرقم (00-046-1214). ونلاحظ زيادة في نمو المستويات البلورية وشدتها مع زيادة نسب التشويب . حيث ان عملية الاشابة لأوكسيد النحاس (CuO) لم تؤدِ الى تغير في شكل التركيب البلوري والطور الذي تكونة مادة الغشاء وانما عملت كمحفز لنمو وانتظام تراصف وبناء البلورات وبالاتجاه نفسة لنمو البلوري (111) وهذا السلوك يتطابق مع الباحث [19].مع زيادة في قيمة الحجم البلوري عند التطعيم بـ (Al_2O_3) بنسبة 2 (4،٪) وهذا يعود بسبب زيادة التنويفي البلورة ويعزز نمو الحبيبات اي ان الحبيبات تندمج بسبب توحد مستويات الذرات باالاتجاة نفسه مسببة زيادة الحجم الحبيبي وتقليل الحدود الحبيبية اي الغاء العيوب البلورية وتحسن بلورية المادة [20].



كل(1): يوضح الشكل نموذج حيود الاشعة السينية(XRD) لاغشية أوكسيد النحاس النقية والمشوبة بنسب ٪ (2،4) باوكسيد الالمنيوم.

ش الجدول(2): يوضح الجدول القياسات الخاصة بفحص (XRD) لاغشية أوكسيد النحاس النقية والمشوبة بنسب ٪ (2،4) باوكسيد الالمنيوم.

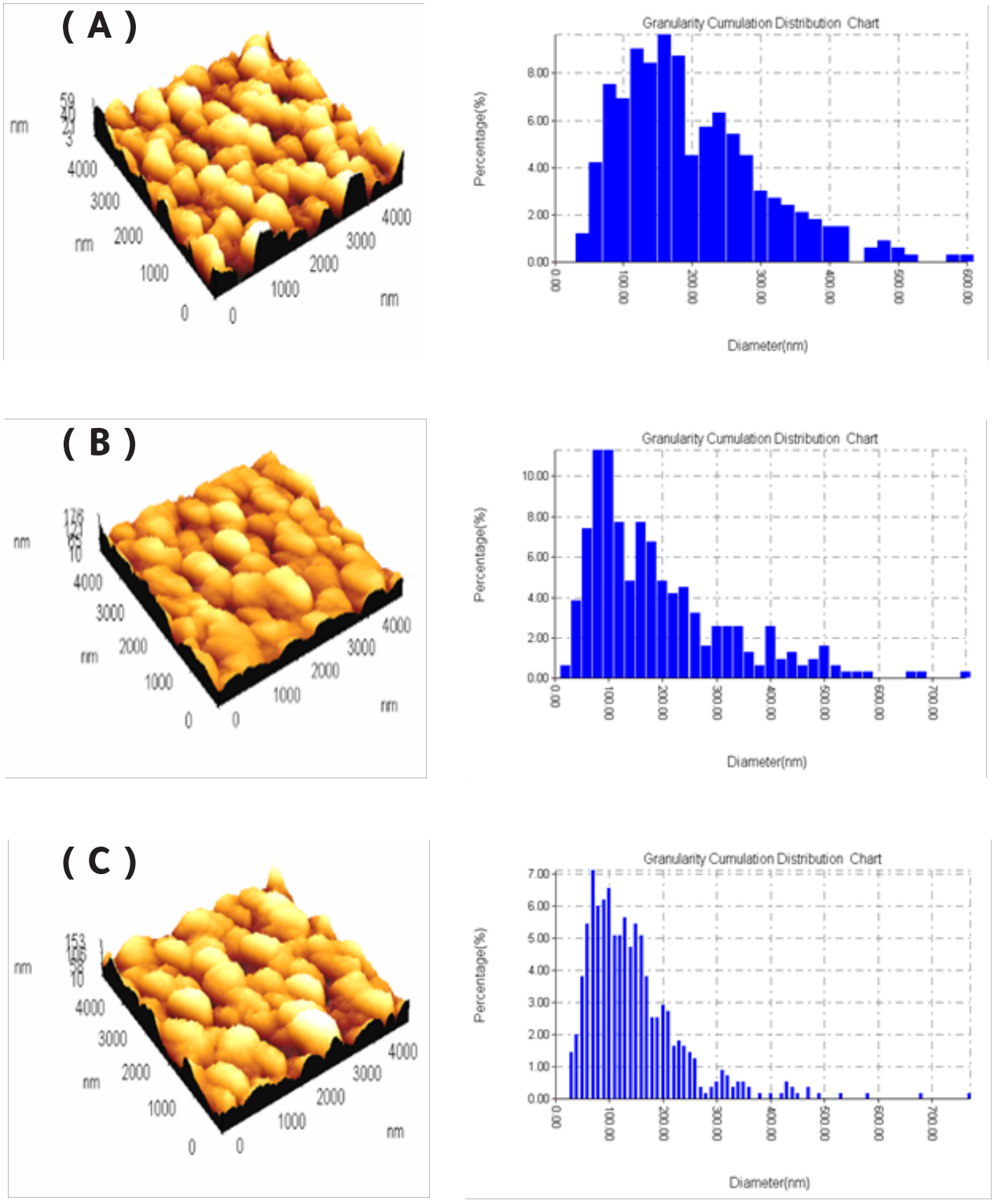
Sample	2θ exp (Deg.)	2θ std (Deg.)	d exp (Å)	d Std (Å)	FWHM	Hkl	Phase	Card No	C.S (nm)
Pure CuO	35.425	35.451	2.531	2.524	1.000	002	CuO	00-005-0661	7.904
	38.709	38.730	2.323	2.334	1.080	111	CuO	00-005-0661	7.248
CuO:A-l_2O_3 2%	31.777	31.843	2.813	2.820	0.202	220	Al_2O_3	00-046-1215	39.506
	35.528	35.451	2.524	2.524	0.400	002	CuO	00-005-0661	19.754
	38.709	38.730	2.323	2.334	0.502	111	CuO	00-005-0661	15.585
CuO:A-l_2O_3 4%	31.801	31.843	2.811	2.820	0.317	220	Al_2O_3	00-046-1215	25.117
	34.491	34.521	2.597	2.447	0.284	114	Al_2O_3	00-046-1215	27.902
	35.425	35.451	2.531	2.524	0.441	002	CuO	00-005-0661	17.918
	38.903	38.922	2.312	2.334	0.427	111	CuO	00-005-0661	18.305

فحوصات مجهر القوة الذرية Atomic Force Microscope :

من خلال هذا الفحص تم دراسة طبوغرافية وتضاريس سطوح الاغشية المحضرة عند درجة حرارة C^o(450) باستخدام تقنية الرش الكيميائي الحراري، اذ تم مسح العينات بلابعاد nm (4000x4000)، ويتضح من خلال الشكل(2) للصور ثلاثية الابعاد تجانس في سطوح الاغشية المحضرة وكذلك زيادة في قيم كل من خشونة السطح (surface Roughness) والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS) مع. تزايد في الحجم الحبيبي لجميع الاغشية المحضرة عند زيادة نسب التشويب [21].

جدول(3): يبين الجدول قيم معدل خشونة السطح ومربع متوسط الخشونة(RMS) المحسوبة من قياسات (AFM).

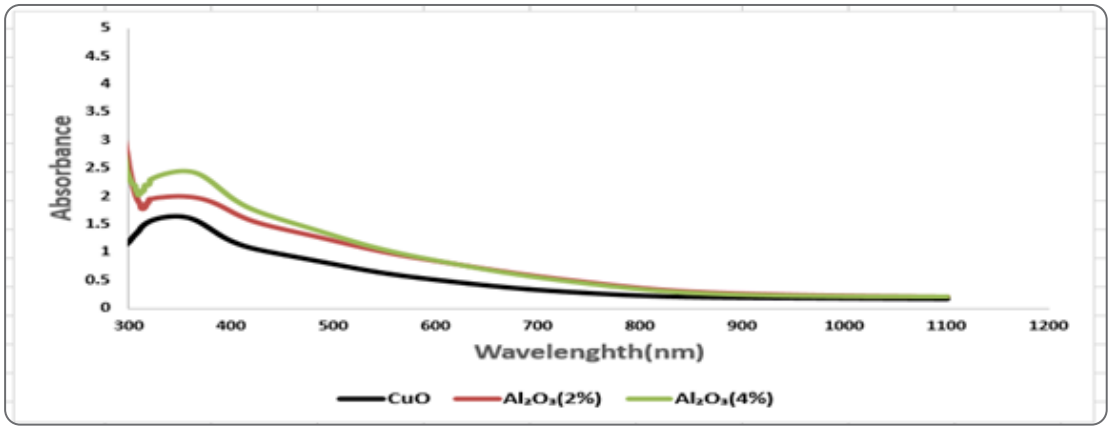
Compound	Root Mean Square (nm)	Roughness Average (nm)
pure (CuO)	11.2	9.06
(2%) CuO + Al_2O_3	20.2	15.9
(4%) CuO + Al_2O_3	24.6	19.7



الشكل (2): يوضح فحوصات مجهر القوة الذرية لاغشية CuO النقية (A) والمشوبة (B 2%)(C 4%).

الامتصاصية Absorbance :

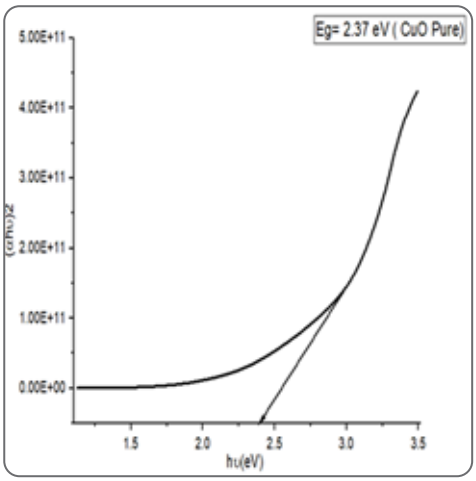
وتم حساب قيم طيف الامتصاصية لأغشية اوكسيد النحاسCuO النقية والمطعمة Al2O3 وبنسب تشويب ٪(2 ، 4) للأطوال الموجية ضمن المدى nm (300-1200) وتظهر أنَّ الامتصاصية تتغير مع الطول الموجي، نلاحظ ان الامتصاصية تسلك سلوك معاكس للنفاذية، حيث تبدأ بأعلى قيمة لها عند الطول الموجي (350nm) ومن ثم يبدا طيف الامتصاصية بالانحلال الاسي مع زيادة الطول الموجي الى ان يصل الى ادنى قيمة عند الطول الموجي (600nm) ، وبعدها يلاحظ ان قيمة طيف الامتصاصية تكون ثابتة ضمن المدى nm(600-1200) كما موضح بالشكل(3)، بسبب قلة طاقة الفوتونات الساقطة وعدم قدرتها على رفع الالكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل، اذ تكون العلاقة عكسية ما بين الطول الموجي وطاقة الفوتون، وتفسر ذلك فيزيائياً هو أنَّ الفوتون الساقط لم يستطع تهيج الإلكترون ونقلة من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل، لأنَّ طاقة الفوتون الساقط اقل من قيمة فجوة الطاقة لغشاء CuO ولهذا تقل الامتصاصية بزيادة الطول الموجي[22]. نلاحظ ازدياد الامتصاصية بزيادة التشويب Al_2O_3 وإنَّ أعلى نسبة للامتصاصية للاغشية كانت عند نسبة التشويب ٪(4)، لان الحجم الحبيبي يزداد [20].

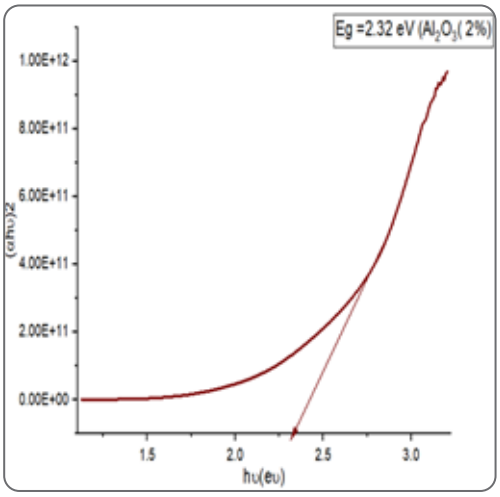


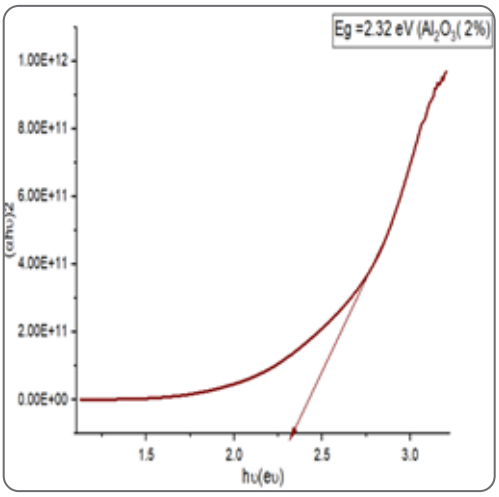
الشكل(3): يوضح الشكل طيف الامتصاص دالة للطول الموجي لاغشية أوكسيد النحاس النقية والمشوبة بنسب ٪(2،4) باوكسيد الالمنيوم.

فجوة الطاقة البصرية : Optical Energy Gap

يتم حساب فجوة الطاقة وحسب الشكل(4) حيث توضح علاقة $(\alpha h\nu)^2$ مع قيم $(h\nu)$ لطاقة الفوتون الساقط، ومن خلال رسم أفضل امتداد لخط مستقيم بعد حافة الامتصاص الأساسية ليقطع محور طاقة الفوتون عند $(\alpha h\nu)^2 = (0)$ يتم حساب فجوة الطاقة للانتقالات الالكترونية المباشرة لـ (CuO) النقية والمطعمة بـ(Al_2O_3)، حيث وجد ان قيم فجوة الطاقة للأغشية النقية (V e2.37) اما تأثير التطعيم على فجوة الطاقة فقد وجد انها تقل بزيادة نسب التطعيم حتى تصل الى (eV2.3) عند التطعيم بنسبة ٪(4) ويعود السبب للنقصان في قيم فجوة الطاقة إلى أنْ تكون مستويات لشوائب Al_2O_3 داخل فجوة الطاقة ويزداد عرض هذه المستويات بزيادة نسب التشويب مما يؤدي الى تناقص عرض الفجوة، وهذا يتفق مع ماتوصل إليه .[23,20] .







الشكل(4): يوضح الشكل قيم فجوة الطاقة البصرية للاغشية المحضرة(A)- لمادة أوكسيد النحاس النقية (B)- لمادة أوكسيد النحاس المشوبة بنسبة٪ (2) (C)- لمادة أوكسيد النحاس المشوبة بنسبة٪ (4)

الاستنتاجات Conclusions:

في هذا البحث تظهر ان تحليل (XRD) لجميع الاغشية يكون متعدد التبلورو نلاحظ زيادة في نمو المستويات البلورية وشدتها مع زيادة نسب التشويب. حيث ان عملية الاشابة لاوكسيد النحاس (CuO) لم تؤدِ الى تغير في شكل التركيب البلوري والطور وزيادة الامتصاصية وقلة فجوة الطاقة وبذلك يمكن استخدامها في تطبيقات التحسسية الضوئية.

المصادر :

1. A.Lopez Otero,"Hol wall epitayg thin solid films",Vol.49(3),(1978).
2. K.L. chopra, "thin Films phenomena", Mc Graw-Hill New York,(1969).
3. **نعيمة احمد اسود، (2022) "الخصائص التركيبية والبصرية لاغشية SnO_2:ZnO والمحضرة بطريقة التحليل الكيميائي الحراري"، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة تكريت.**
4. Hogart C. A . and Wright .L.A.,(1968). Proceeding of international conference

Arabic by F. G. Hayaty and H. A. Ahmed, Baghdad , (1990).
13. S. Dimitriev " Under Standing Semiconductor Devices " Griffth University , New York , Oxford , (2000) .
14. K. V. Ravi " Imperfection and Impurities in Semiconductor Silicon " John Wiley and Sons , Ins , (1981) .
15. K.V.Ravi "Imperfections and Impurities in semiconductor Silicon " John Wiley & Sons , Ins. ,(1981).
16. **H. Mohammad, A. Rassol, H. Mekkilf, and H. Sahib, "Study the Structural , Optical and Electrical Conductivity Properties of Copper Oxide Thin Films Prepared by Chemical Bath Deposition,"** Iraqi J. Sci. Technol.**, vol. 2, no. 6, pp. 1–10, 2016.**
17. **K. A. Mishjil, Z. M. Abood, and A. A. Jasim, "The Effect of Substrate Temperature on the Structural Properties and Electronic transitions of Copper Oxide thin Films.,"** J. Coll. Educ.**, vol. 5, pp. 1–20, 2016, [Online].** Available: **https://www.iasj.net/.**
18. **Khawla S. Khashan, Dr. Jehan A. Saimon, Dr. Azhar I. Hassan, "Optical Properties of CuO Thin Films with Different Concentration by Spray Pyrolysis Method" ,Eng. & Tech. Journal, 32(1) (2014).**
19. Z. S. Razzaq, "Aluminum doping Nanostructured CuO Thin films to enhancement some physical properties," J. Educ., vol. 3, pp. 45–52, 2021.
20. R. M. Thyab, M. A. H. Al-hilo, F. A. Yasseen, H. Alshater, E. G. Blall, and M. A. Abdel-lateef, "Influence of Aluminum Doping on Structural and Optical Properties of the Nanostructured Copper Oxide Thin Films Prepared by CSP of semiconductors . Moscow.Chopra K.L.,(1969). Thin film phenomina , Mc Graw Hill book Company. N.Y.
5. Simmons J.G.,(1971).Conduction In Thin Dielectric Film ,J.Appl – phys , v0.4 ,pp. 613-630 .
6. Abass K. H. and Latif D. M. A., (2016). The Urbach Energy and DispersionParameters dependence of Substrate Temperature of CdO Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis.
7. Yonglong Shen, "Development of Thin Film Photovoltaic Cells based on low cost metal Oxides" ,Athesis Submitted in Partial FulFilment of the requirement for the degree of doctor of philosophy, University of Bolton, (2014).
8. Silan Baturay, Ahmet Tombak, Deray Kaya, Yusuf Selim Ocak, Murat Tokus, Murat Aydemir, Tahsin Kilicogu, "Modification of electrical and Optical Properties of Ni doping" ,J Sol-Gel Sci Technol, Springer Science+Business Median New York, (2016).
9. Daoudi O, Qachaou Y, Raidou A, Nouneh K, Lharch M, Fahoume M. Study of the physical properties of CuO thin films grown by modified SILAR method for solar cells applications. Superlattices Microstructures 2019; 127: 93-99.
10. Z. S. Razzaq, "Aluminum doping Nanostructured CuO Thin films to enhancement some physical properties," vol. 3, pp. 45–52, 2021.
11. Khawla S. Khashan, Dr. Jehan A. Saimon, Dr. Azhar I. Hassan, "Optical Properties of CuO Thin Films with Different Concentration by Spray Pyrolysis Method" ,Eng. & Tech. Journal, 32(1) (2014).
12. S.M. Sze " Semiconductors Devices Physics and Technology " Translated to

Method," NeuroQuantology, vol. 20, no. 3, pp. 99–104, 2022, doi: 10.14704/nq.2022.20.3.NQ22048.

21. Z. T. Khodair and A. A. H, "Effect of Aluminum Doping on Structural Properties of CuO Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis (CSP) Technique," DIYALA J. PURE SCINCES, vol. 13, no. 3, pp. 198–208, 2017.
22. **F. Dagdelen, Z. Serbetci, R. K. Gupta, and F. Yakuphanoglu, "Preparation of nanostructured Bi-doped CdO thin films by sol–gel spin coating method"** Mater. Lett.**, vol. 80, pp. 127–130, 2012.**
23. A. A. Khadayeir et al., "The effect of substrate temperature on the physical properties of copper oxide films," J. Phys. Conf. Ser., vol. 1294, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1294/2/022009.