



## Study of The Optical Properties of Copper Oxide Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis Technique

O. Ayed<sup>(1)</sup>, M. A. Al-Jubbori<sup>(2)</sup>, H. H. Algdiree<sup>(3)</sup>

<sup>(1,2)</sup> Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq

<sup>(3)</sup> Department of Physics, Faculty of Science, University of Zawia, Zawia, Libya

### Article information

#### Article history:

Received: February 15, 2024

Accepted: March 30, 2024

Available online: June 01, 2024

#### Keywords:

CSP

Copper oxide

Optical properties

#### Correspondence:

[mushtaq\\_phy@uomosul.edu.iq](mailto:mushtaq_phy@uomosul.edu.iq)

(Mushtaq Al-Jubbori)

### Abstract

In this paper, thin films of Copper Oxide (CuO) were deposited on glass substrates using the chemical spray pyrolysis method at different temperatures (300, 350 and 400)°C under a pressure of 2 bar. The deposition involved spraying the chemical solution at a rate of 10 sprays, periodic time 10s. The chemical spray pyrolysis system was assembled, prepared, and configured to produce the materials in the form of thin films for this study. The optical properties of these films were investigated by measuring the absorbance and reflectance spectra for wavelengths ranging from (190-1100) nm using a UV-VIS Double Beam Spectrometer. The results indicated that the absorbance varied with wavelength, exhibiting an inverse behavior to transmittance. It started with the highest value at a wavelength of 328 nm, and the absorption spectrum exhibited a systematic decay with increasing wavelength until reaching the lowest value at 910 nm. It was observed that the absorbance spectrum remained constant within the range of 910 to 700 nm. The highest absorbance value was recorded at a temperature of 300°C, while the lowest was at 400°C. This trend was also observed in the optical reflectance. The forbidden energy gap for allowed direct transitions was calculated, and the results showed values ranging from (2.68 to 2.59) eV, decreasing with increasing temperatures. Some optical constants of the prepared films were also calculated, indicating a decrease in the absorption coefficient, extinction coefficient, and refractive index with increasing temperatures on the glass substrates used for deposition.

DOI: [10.33899/edusj.2024.146903.1426](https://doi.org/10.33899/edusj.2024.146903.1426), ©Authors, 2024, College of Education for Pure Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### 1. المقدمة

منذ قرون عديدة اهتم الكثير من العلماء بتحضير الأغشية الرقيقة وذلك لأهميتها البارزة في الكثير من البحوث التطبيقية والنظرية في فيزياء الحالة الصلبة [1]. إن الاغشية الرقيقة مهمة من حيث الاستخدام في الصناعات الالكترونية بما فيها أشباه الموصلات [2]. ان مصطلح الاغشية الرقيقة يستخدم لوصف طبقة او طبقات عديدة (Layers) من ذرات وجسيمات متناهية الصغر للمادة التي لا يتعدى سمكها مايكرومتر واحد أو عدة نانومترات، ولأنها رقيقة وهشة فإنه يفضل ترسيبها على مادة صلبة مثل الزجاج أو السليكون أو بعض الأملاح أو البوليمرات، وتمتلك الاغشية الرقيقة خصائص ومميزات تميزها عن غيرها من المواد الأخرى، ان أحد هذه الميزات هي

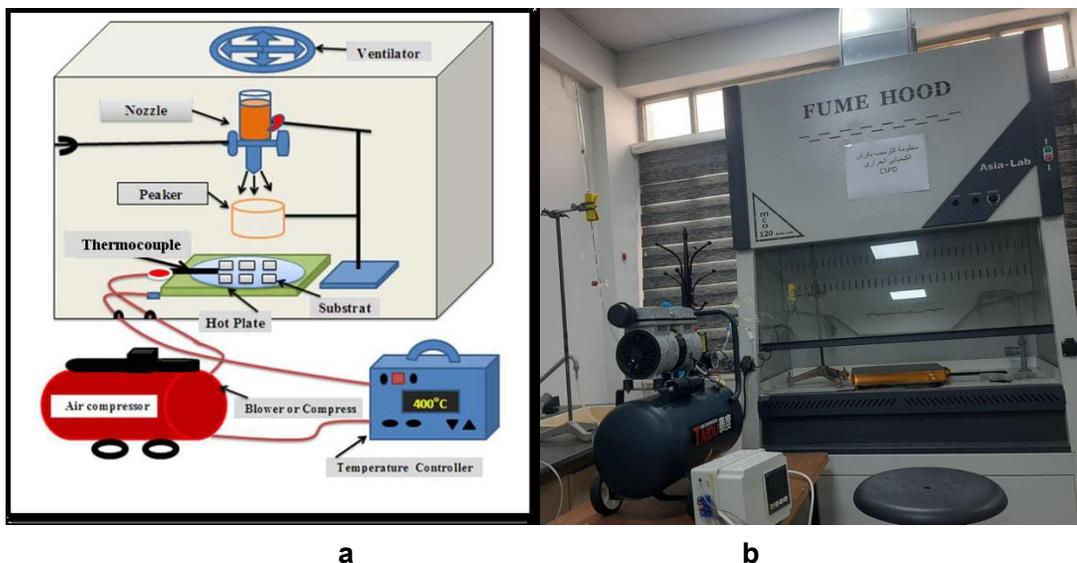
تتمتع الاغشية بخصائص فيزيائية تختلف عن خصائص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية (bulk)[3]. نظراً للمساهمات الكبيرة التي تقدمها هذه التقنية في تطور ودراسة اشباه الموصلات فقد سعى الباحثون الى إيجاد وابتكار طرائق عديدة لتحضير الاغشية الرقيقة ولكل طريقة خواص عدة، حيث تكون بعضها بسيطة وأخرى معقدة. ان اختلاف واختيار طريقة الترسيب يعتمد على عوامل عديدة منها المجال الذي تستخدم فيه مع مواصفات الغشاء المتكون من أنواع المواد المستخدمة وايضا يتم الاخذ بالحسبان نوع القاعدة التي يتم الترسيب عليها وتكلفة الإنتاج. من الممكن تصنيف طرائق تحضير الاغشية الى مجموعتين المجموعة الأولى هي الطرائق الفيزيائية وتتضمن طريقة الاستئصال بالليزر، أو الطلاء الايوني، والتبخير الحراري في الفراغ، والترذيد ويكون بعدة طرق مثل الرش بالترددات الراديوية، والترذيد المغناطيسي، والترذيد بالتيار المباشر، اما المجموعة الثانية هي الطرائق الكيميائية ومنها طريقة المحلول هلام -sol-gel، والترسيب بالحمام الكيميائي، والترسيب الذري، والتحلل الكيميائي الحراري[6-4]. وتتميز هذه الطريقة (التحلل الكيميائي الحراري) بكلفة تحضير واطئة، وسهولة ترسيب الاغشية، ومكونات المنظومة البسيطة، كذلك استقرارية الاغشية المحضرة في صفاتها الفيزيائية مع مرور الزمن والمساحات الواسعة للاستخدامات وتجانس الاغشية المحضرة وكذلك يمكن تحضير أغشية لمركبات ذات درجات انصهار عالية يصعب تحضيرها بطرائق أخرى كما ويمكن تحضير أغشية من مزيج لمادتين او اكثر لها درجات انصهار مختلفة مما جعل منها محل اهتمامنا في بحثنا الحالي[7]. ان المادة قيد الدراسة هي أكسيد النحاس الذي رمزه الكيميائي CuO وهو من المواد شبه الموصلة ومن النوع p-type أي ان الحاملات الأغلبية للشحنة فيه هي الفجوات (Holes)[8]، ويمتلك فجوة طاقة ضيقة نسبياً بحدود 1.5-1.5 eV[9]، ومن مميزات هذا الاوكسيد لا يذوب في الماء او القواعد ولكن يذوب في الحوامض وكثافته  $6.4 \text{ gm/cm}^3$  ويمتلك درجة انصهار عالية K(1399)[10] كما ويتميز بكونه عديم الرائحة وغير سام، وإمكانية توفره بسهولة ويمكن الحصول عليه من أكسدة النحاس، ويكون له تركيب بلوري أحادي الميل ومن نوع تركيب متمركز القاعدة (bcc) ويظهر في الطبيعة باللون البني الغامق المائل للسواد[11]. نظراً لما يظهره أكسيد النحاس من معامل امتصاص عال للأشعة الكهرومغناطيسية في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي وفجوة طاقته المنخفضة نسبياً فهو يستخدم في الخلايا الشمسية (Solar Cell)[12] بالإضافة الى تطبيقاته الأخرى في متحسسات الغاز وبطاريات الليثيوم والمحفزات والنبائط المغناطيسية وغيرها[13]، وبسبب هذه الخصائص التي يتميز بها وتطبيقاته الواسعة جعل منه مادة ذات اهمية يتدارسها الباحثون لدراسة خصائصها ومدى إمكانية تحسين خواصه[14].

## 2. الجزء العملي

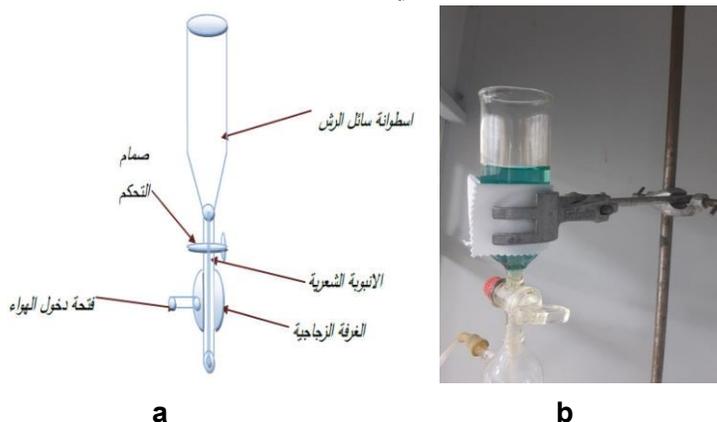
### 2.1 منظومة التحلل الكيميائي الحراري

تتكون هذه المنظومة (محلية الصنع) من عدد من الاجزاء البسيطة المرتبة بشكل يمكن من خلالها تحضير الاغشية الرقيقة ذات مواصفات جيدة وبمديات سمك متقاربة كما هو موضح بالشكل (1). تتألف المنظومة من الأجزاء التالية جهاز الرش، ويعد جهاز الرش من أهم أجزاء منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالرش، إذ يتم تصنيعه محلياً من الزجاج الاعتيادي، ويحتوي على خزان يوضع فيه المحلول ويستوعب حوالي 100ml ويكون مفتوحاً من الاعلى بفتحة نصف قطرها 1.5cm وارتفاعه 8cm وله صمام الغرض منه التحكم بمقدار المحلول النازل إلى أنبوبة شعيرية قطرها 0.1cm وطولها 6cm، وتحاط هذه الأنبوبة بغرفة زجاجية منقخة ذات شكل مخروطي مغلقة من الأعلى لاتصالها بالأنبوبة الشعيرية ومفتوحة من الأسفل، وإن فتحة هذه الغرفة من الأعلى تحيط بفتحة الأنبوبة الشعيرية بنفس المستوى وتزود هذه الغرفة الهوائية بفتحة جانبية ليتسنى دخول الهواء المضغوط، إذ يخرج من الفتحة السفلى لها محيط بكافة جوانب فتحة الأنبوبة الشعيرية فيمتزج المحلول الخارج مع الهواء المضغوط ليكون بشكل رذاذ وعلى هيئة مخروط رأسه عند الأنبوبة

الشعرية وقاعدته إلى الأسفل باتجاه الصفيحة الساخنة المراد ترسيب الأغشية عليها، ويبلغ طول جهاز الرش ككل حوالي 20cm والشكل (2) يوضح هذا الجهاز.



الشكل (1): (a) مخطط منظومة الحراري الكيميائي بالرش (b) صورة فوتوغرافية للمنظومة (محلية الصنع).



الشكل (2) (a) مخطط توضيحي لجهاز الرش (b) صورة فوتوغرافية لجهاز الرش.

اما الجزء الثاني من منظومة الترسيب فهي ضاغطة الهواء (كومبريسر) تستعمل لغرض توفير الهواء الذي ينتقل الى جهاز الرش بواسطة انبوبة كما هو موضح في الشكل (3-a)، ان يتم التحكم بضغط الهواء المندفع عن طريق منظم ضغط الهواء الموجود في الضاغطة كما هو موضح في الشكل (3-b) فضلا عن وجود قفل لغلق الهواء وفتحه وهو متصل بالانبوبة، وكذلك قفل لتقليل ضغط الهواء أو تثبيته على ضغط معين عند الرش.



(a)

(b)

الشكل (3) (a) صورة فوتوغرافية للكومبريسر (b) صورة فوتوغرافية لمقياس الضغط.

اما الجزء الثالث للمنظومة فهو مسخن القاعدة (الهيتر) اذ يستعمل لغرض تسخين القاعدة الى درجة حرارة معينة يتم ضبطها بحسب ظروف التحضير، اذ يتم ربط هذا المسخن مع الكونترول (متحكم) في تشغيله وإطفائه، وبالتالي سنتمكن من التحكم في حرارة القواعد الأساس للأغشية المحضرة خلال عملية الترسيب وكما هو موضح في الشكل (4) حيث يجب غسل المسخن وتنظيفه بين عملية ترسيب وأخرى لتجنب تلوث العينات المحضرة.



الشكل (4) صورة فوتوغرافية للمسخن الكهربائي والحساس

اما الجزء الاخير للمنظومة فهو مسيطر درجة الحرارة ويربط مع مصدر الطاقة حيث يتم ربط المسخن معه بواسطة قاطع دورة كهربائية (Conductor) والذي يقطع التيار عند الوصول الى درجة الحرارة المطلوبة، ودور هذا المسيطر يكون تشغيل وإطفاء المسخن عند درجة حرارة معينة يتم ضبطها من خلاله والتي يتم تحسسها بواسطة حساس من نوع (K) متصل به، ويحتوي الكونترول على شاشة صغيرة مربعة تتضمن رقمين، الرقم الأعلى أحمر اللون ويمثل الحرارة التي يتم قياسها وهي حرارة المسخن اما الرقم الذي في الأسفل فيكون أخضر اللون، ويتم التحكم به بواسطة زر يقع اسفل الشاشة ويمثل الحرارة المثبتة المراد الترسيب عندها وكما موضح في الشكل(5).



الشكل (5) صورة فوتوغرافية للمتحكم في درجة الحرارة.

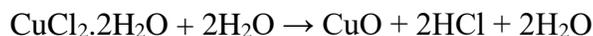
## 2.2 تحضير الاغشية الرقيقة

### 2.2.1 تحضير محلول اوكسيد النحاس

لتحضير محلول مادة أوكسيد النحاس (CuO) يتم ذلك باستخدام مادة كلوريد النحاس الثنائي المائي وهي مادة تكون بشكل مسحوق ازرق فاتح رمزها الكيميائي (CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) هندي المنشأ والمجهز من قبل شركة (THOMAS BAKER) ووزنها الجزيئي (170.48)gm/mol ولتحضير محلول تركيزه مساو لـ (0.1)M 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 (10<sup>-4</sup>)gm. حضرت العينات 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 إذابته نستخدم العلاقة التالية [15]:

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

إذ ان M: التركيز المولاري، M<sub>t</sub>: كتلة مادة كلوريد النحاس الثنائي المائي، M<sub>wt</sub>: الوزن الجزيئي لمادة كلوريد النحاس الثنائي المائي، V: حجم الماء المقطر (100)mL، والمعادلة الكيميائية توضح عملية التحلل لمركب المحلول المستخدم



### 2.2.2 تهيئة القواعد وتنظيفها

استخدمت في بحثنا الحالي قواعد زجاجية (substrates) ذات منشأ صيني وبأبعاد (2.5X2.5) cm<sup>2</sup> وبسمك (1.2)mm بعد ان يتم تنظيفها جيداً وغسلها بالماء المقطر لمدة (5)min 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 أيضاً لنفس الفترة الزمنية السابقة ثم تجفف العينات جيداً باستخدام ورق خاص بالتجفيف وقطع نسيج خاصة بتنظيف العدسات للتخلص من الشوائب والعوالق وبعد ذلك تم حساب وزن كل قاعدة وتسجيله على العلب الخاصة بها وذلك لغرض معرفة سمك الاغشية المحضرة فيما بعد.

### 2.2.3 ترسيب الاغشية الرقيقة

بعد اكتمال عملية التنظيف القواعد الزجاجية يتم تهيئتها للترسيب وذلك من خلال وضعها على سطح المسخن الكهربائي (الهيتر) والذي يتم تشغيله حسب شروط التشغيل المبينة ادناه للحصول على اغشية رقيقة متجانسة، ومنماسة مع القاعدة الزجاجية من اوكسيد النحاس (CuO)، زمن الترسيب (10)sec، معدل الترسيب المستخدم (4)ml/min، فترة التوقف بعد كل رشة (180)sec، المسافة العمودية من فوهة جهاز التريذ الى القواعد (30)cm، درجة حرارة القواعد الزجاجية  $^{0}C$  (300، 350، 400) عدد الرشوات (10) رشوات لكل درجة حرة وضغط الهواء (2)bar.

### 2.2.4 قياس سمك الاغشية الرقيقة

بعد ان تم ترسيب جميع الاغشية الرقيقة على القواعد الزجاجية اعيد وزن القواعد من جديد وذلك لغرض الحصول على سمك الاغشية المحضرة، اذ تم استخدام الطريقة الوزنية في قياس سمك الاغشية والتي نُفذت باستخدام نفس الميزان المستخدم في عملية التحضير ومن خلال المعادلة التالية[3]:

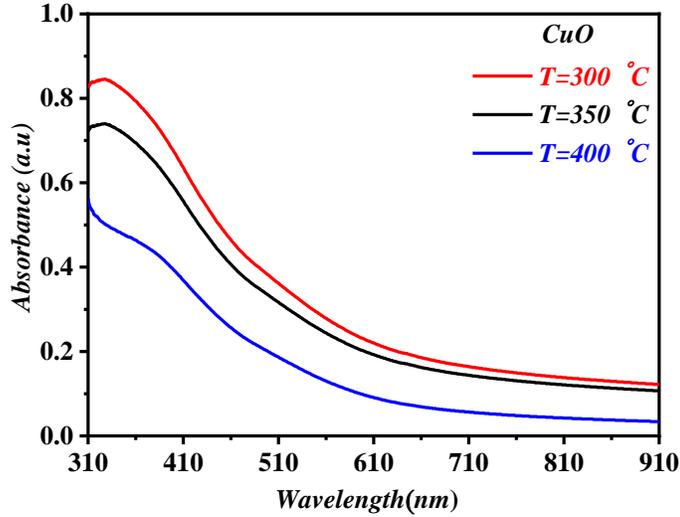
$$t = \frac{\Delta W}{\rho * A} = \frac{W_2 - W_1}{\rho * A} \dots \dots \dots (2)$$

اذ ان: (t) سمك الغشاء، ( $\Delta W$ ) الفرق في الوزن قبل وبعد الرش، ( $\rho$ ) كثافة مادة الغشاء ( $gm/cm^3$ )، (A) مساحة الغشاء ( $cm^2$ ). من خلال إيجاد الفرق في الوزن تبين ان سمك الاغشية المحضرة كان بحدود (200)nm تقريباً، كما تمت جميع القياسات البصرية باستخدام جهاز المطياف البصري (UV-1800) والمجهز من قبل شركة (Shimadzu) والذي يعمل في نطاق الاطوال الموجية (190-1100)nm.

## 3. النتائج والمناقشة

### 3.1. الامتصاصية والانعكاسية

تم حساب قيم طيف الامتصاصية لأغشية اوكسيد النحاس (CuO) للأطوال الموجية ضمن المدى (310-910)nm وتظهر أن الامتصاصية تتغير مع الطول الموجي، اذ نلاحظ أن الامتصاصية تسلك سلوك معاكس للنفاذية، اذ تبدأ بأعلى قيمة لها عند الطول الموجي (328)nm ومن ثم يبدأ طيف الامتصاصية بالانحلال الاسي مع زيادة الطول الموجي الى ان يصل الى أدنى قيمة عند الطول الموجي (700nm)، وبعدها يلاحظ ان قيمة طيف الامتصاصية تكون ثابتة ضمن المدى (700-910)nm كما موضح بالشكل(6)، 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 ، وتفسير ذلك فيزيائياً هو أن الفوتون الساقط لم يستطع تهيج الإلكترون ونقله من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل، لأن طاقة الفوتون الساقط اقل من قيمة فجوة الطاقة لغشاء (CuO) ولهذا تقل الامتصاصية بزيادة الطول الموجي[16]. نلاحظ ايضاً نقصان الامتصاصية بزيادة درجة الحرارة وإن أعلى نسبة للامتصاصية للأغشية كانت عند درجة حرارة  $^{0}C$  300 واقل نسبة عند  $^{0}C$  400.

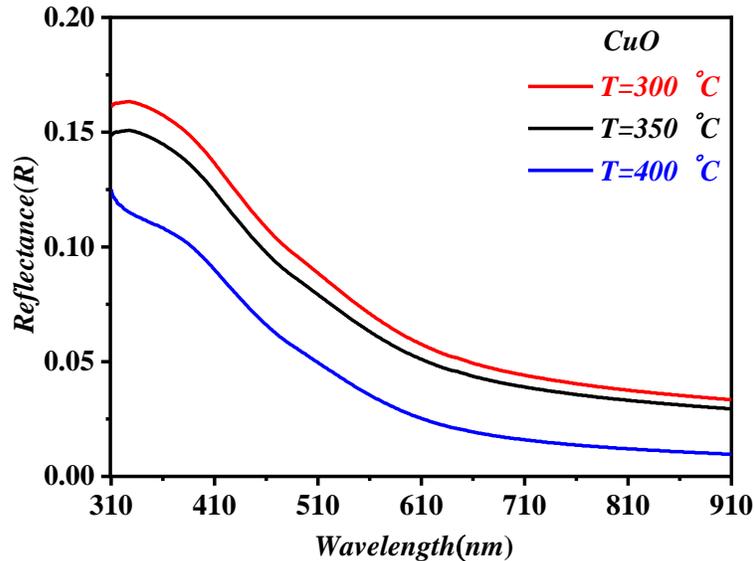


الشكل (6): يوضح الشكل طيف الامتصاص دالة للطول الموجي لآغشية أكسيد النحاس (CuO) .

اما الانعكاسية (R) فتم حسابها بالاعتماد على طيف النفاذية (T) وطيف الامتصاصية (A) بموجب قانون حفظ الطاقة بحسب المعادلة التالية [17].

$$A + T + R = 1 \dots \dots \dots (4)$$

ويوضح الشكل (7) الانعكاسية كدالة للطول الموجي لآغشية (CuO) المحضرة بدرجات حرارة مختلفة، نلاحظ من الشكل أن الانعكاسية على العكس من النفاذية انها تغيرت ايضاً مع تغير درجة حرارة الترسيب إذ ان اكبر قيمة للانعكاسية تم الحصول عليها كانت عند درجة 300<sup>0</sup>C واقل انعكاسية كانت عند 400<sup>0</sup>C وكما هو موضح في الشكل (7).



الشكل (7): يوضح الشكل طيف الانعكاسية دالة للطول الموجي لآغشية أكسيد النحاس (CuO) .

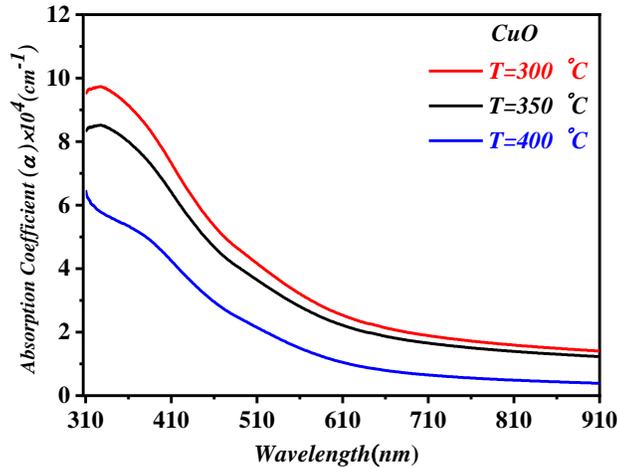
## 3.2. معاملات الامتصاص والخمود والانكسار

معامل الامتصاص يُعرف بأنه نسبة النقصان في فيض طاقة الأشعاع بالنسبة لوحد المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتون الساقط ( $h\nu$ ) وعلى خواص شبه الموصل من حيث فجوة الطاقة ونوع الأنتقالات الالكترونية وطاقة الفوتونات الساقط ولقد تم حساب معاملات الامتصاص لأغشية أكسيد النحاس من المعادلة الآتية [18]:

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \dots \dots \dots (5)$$

اذ ان A الامتصاصية و t سمك الغشاء وفي دراستنا كان السمك 200 nm.

الشكل (8) يبين تغير معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لغشاء اوكسيد النحاس ولجميع درجات الحرارة قيد الدراسة إذ نلاحظ قيم معامل الامتصاص لأغشية اوكسيد النحاس (CuO) عالٍ حيث أن  $\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$  عند حافة الامتصاص وهذا يساعد على توقع حدوث انتقالات إلكترونية مباشرة مسموحة ، ان قيم معامل الامتصاص تقل بزيادة درجات حرارة القاعدة مما يدل على زيادة في تبلور الاغشية المحضرة وتقليل للعيوب البلورية.

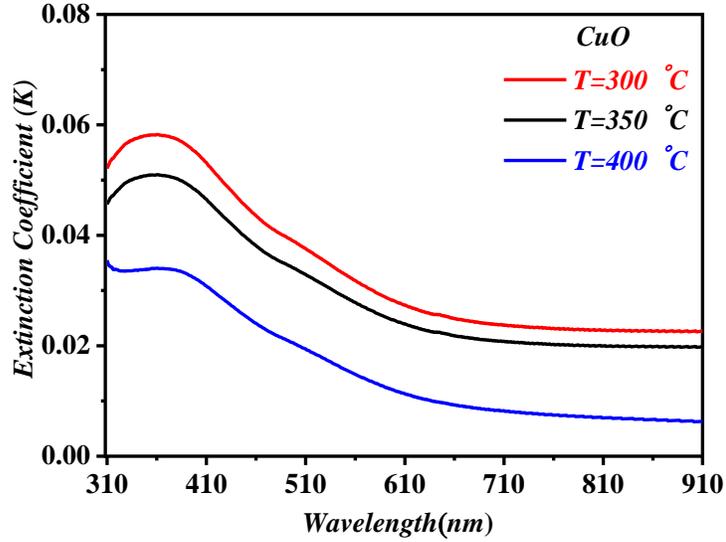


الشكل (8): يوضح معامل الامتصاص دالة للطول الموجي لأغشية أكسيد النحاس (CuO).

اما معامل الخمود (K) فهو يمثل الخمود الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة وهو كمية ماتمتصه الكترونات المادة من طاقة الفوتونات الساقطة. تم حساب معامل الخمود للأغشية المحضرة لدرجات حرارة مختلفة وفق المعادلة الآتية [19].

$$K = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \dots \dots \dots (6)$$

ومن الشكل (9) الذي يمثل تغير معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية اوكسيد النحاس ان سلوك منحنيات معامل الخمود مشابه تقريباً لسلوك معامل الامتصاص بسبب ارتباط العلاقة بينهما، إذ يقل معامل الخمود مع زيادة درجة حرارة ارضية الترسيب.

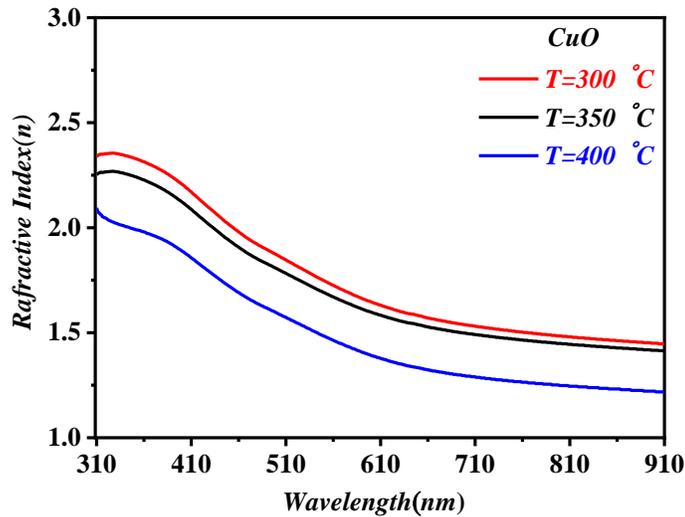


الشكل (9): يوضح الشكل معامل الخمود دالة للطول الموجي لاغشية أكسيد النحاس (CuO).

أما فيما يخص معامل الانكسار (n) فهو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ الى سرعته داخل المادة ويعتمد معامل الانكسار على عدة عوامل ومنها نوع المادة وتركيبها البلوري، إذ تم حساب معامل الانكسار لأغشية أكسيد النحاس (CuO) لدرجات حرارة مختلفة حسب العلاقة [20]

$$n = \sqrt{\frac{4R}{(R-1)^2} - K^2} - \left(\frac{R+1}{R-1}\right) \dots \dots \dots (7)$$

الشكل (10) يتضح ان طبيعة منحنيات معامل الانكسار مشابه لمنحنيات الانعكاسية وذلك لارتباط الانعكاسية مع معامل الانكسار وفقاً للمعادلة المذكورة انفاً، أذ نلاحظ انخفاضاً في منحنيات قيم معامل الانكسار عند زيادة درجة الحرارة في المنطقة المرئية من الاطوال الموجية وان هذا التغيير في منحنيات معامل الانكسار نتيجة لتغير درجات الحرارة كان نتيجة لطريقة تجمع حبيبات هذه الاغشية ونموها مما انعكس على كثافة هذه الأغشية.



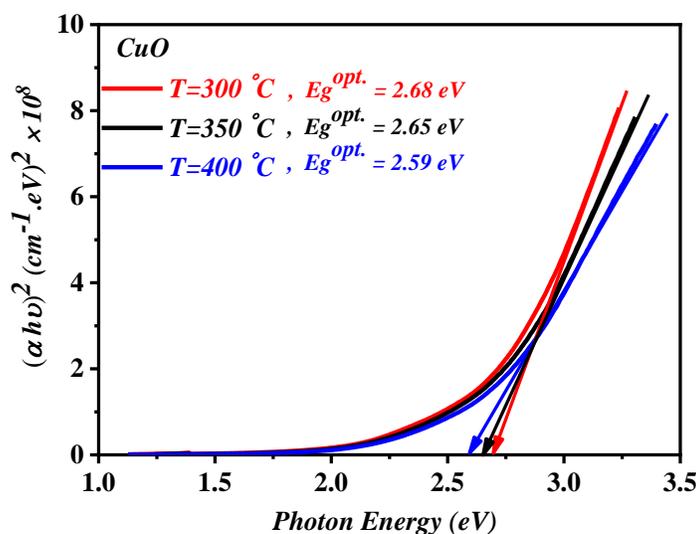
الشكل (10): يوضح الشكل معامل الانكسار دالة للطول الموجي لاغشية أكسيد النحاس (CuO).

## 3.3. فجوة الطاقة البصرية

تم حساب فجوة الطاقة البصرية ( $E_g$ ) باستخدام معادلة (8) [21]. من خلال رسم أفضل امتداد لخط مستقيم بعد حافة الامتصاص الأساسية ليقطع محور طاقة الفوتون عند  $(\alpha hv)^2 = 0$  يتم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة لاغشية (CuO) كما في الشكل (11) اذ يوضح علاقة  $(\alpha hv)^2$  مع قيم  $(hv)$  لطاقة الفوتون الساقط، اذ وجد أن قيم فجوة الطاقة البصرية للأغشية المرسبة  $2.68 \text{ eV}$  عند درجة الحرارة  $300^\circ\text{C}$  أما عند درجة الحرارة  $350^\circ\text{C}$  فقد وجد أن فجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة درجة الحرارة حتى تصل الى  $2.65 \text{ eV}$  وعند  $400^\circ\text{C}$  كانت  $2.59 \text{ eV}$  وسبب هذه النقصان في فجوة الطاقة البصرية بسبب هو عند زيادة درجة حرارة الترسيب تتقارب حزمة التكافؤ من حزمة التوصيل وهذا يعتبر جيد لتحسين خصائص الاكاسيد [15].

$$(\alpha hv) = B(hv - E_g)^r \dots \dots \dots (8)$$

اذ ان  $\alpha$ : معامل الامتصاص،  $B$ : ثابت،  $E_g$ : فجوة الطاقة البصرية،  $r$ : ثابت يأخذ يعتمد على نوع الانتقالات الالكترونية و  $h$ : ثابت بلانك.



الشكل (11): يوضح الشكل قيم فجوة الطاقة البصرية للأغشية (CuO) كدالة لطاقة الفوتون.

## 4. الاستنتاجات

من خلال دراستنا للخصائص البصرية للأغشية المحضرة لوحظ أن قيم الامتصاصية والانعكاسية كدالة للطول الموجي تقل بزيادة درجة حرارة الترسيب أي درجة حرارة القاعدة، كما ودل التحليل الطيفي UV-Vis لهذه الاغشية ان الانتقال الالكتروني للمادة هو من النوع المباشر وأن زيادة درجة حرارة القاعدة يؤدي الى نقصان في قيم بعض الثوابت البصرية (معامل الامتصاص، ومعامل الخمود، ومعامل الانكسار) كدالة للطول الموجي، ومن القياسات البصرية نلاحظ ان فجوة الطاقة البصرية للانتقالات المباشرة المسموحة تقل بزيادة درجة حرارة القاعدة حيث كانت  $(2.68, 2.65 \text{ and } 2.59)$  لدرجات الحرارة  $(300, 350 \text{ and } 400)^\circ\text{C}$  على التوالي.

## Acknowledgements

We thank the University of Mosul, College of Education for Pure Science, for contributing to the success of this study.

- [1]. A. Lopez-Otero, "Hot wall epitaxy" thin solid films, Vol.49(3), pp.3-57.1978.doi.org/10.1016/0040-6090(78)90309-7
- [2]. T. P. Rao, M.C. Kumar "Resistivity Stability of Ga Doped ZnO Thin Films with Heat Treatment in Air and Oxygen Atmospheres" Journal of Crystallization Process and Technology. Vol.2 No.2. pp.1-8.2012. DOI:10.4236/jcpt.2012.22010
- [3]. K. N. Tu, Rosenberg, "Preparation And Properties of Thin Films", Academic Press, New York, 1982.
- [4]. K. Seshan, "Hand book of Thin-Film deposition processes and Technique" 2<sup>nd</sup> Edition, Noyes Publications, New York .2002.
- [5]. J.G. Simmons "Conduction In Thin Dielectric Film" Journal of Physics D: Applied Physics, Vol.4.No.5 ,pp. 613-630 .1971. DOI 10.1088/0022-3727/4/5/202
- [6]. K. H. Abass and D. M. Latif, "The Urbach Energy and Dispersion Parameters dependence of Substrate Temperature of CdO Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis". International Journal of ChemTech Research, Vol.9.No.9, pp 332-338. 2016.
- [7]. S. Yonglong, "Development of Thin Film Photovoltaic Cells based on low cost metal Oxides" , Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the requirement for the degree of doctor of philosophy, University of Bolton, 2014 .
- [8]. S. Baturay, A. Tombak, D. Kaya, Y.S., Ocak, M., Tokus, M. Aydemir, and T., "Kilicoglu. Modification of electrical and optical properties of CuO thin films by Ni doping". Journal of Sol-Gel Science and Technology, 78, pp.422-429. 2016.doi.org/10.1007/s10971-015-3953-4
- [9]. O. Daoudi, Y. Qachaou, A. Raidou, K., Nouneh, M. Lharch, and M., Fahoume. "Study of the physical properties of CuO thin films grown by modified SILAR method for solar cells applications". Superlattices and microstructures, Vol.127: pp.93-99.2019.doi.org/10.1016/j.spmi.2018.03.006
- [10]. Z. S. Razzaq, "Aluminum doping Nanostructured CuO Thin films to enhancement some physical properties," Journal of College of Education, Vol. 3, pp. 45–52, 2021.
- [11]. S. K. Khashan, A. Jehan, I. Azhar, "Optical Properties of CuO Thin Films with Different Concentration by Spray Pyrolysis Method" , Eng. & Tech. Journal, Vol. 32, Part (B), No.1, 2014.doi.org/10.30684/etj.32.1B.11
- [12]. S.M. Sze "Semiconductors Devices Physics and Technology "John wiley & sons., 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]. 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.

- [16]. 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. doi.org/10.1016/j.matlet.2012.04.087
- [17]. W. Kittel and E. A. De Wolf. "Soft multihadron dynamics". World Scientific. 2005.
- [18]. E. Weingartner, H. Saatho, M., Schnaiter, et al., "Absorption of light by soot particles: determination of the absorption coefficient by means of aethalometers". Aerosol Sci. Vol. 34, pp. 1445–1463. 2003. doi.org/10.1016/S0021-8502(03)00359-8.
- [19]. A. Kurt, "Influence of AlCl<sub>3</sub> on the optical properties of new synthesized 3-armed Poly(methyl methacrylate) film". Turk. J. Chem. Vol. 34, pp. 67–79. 2010. doi.org/10.3906/kim-0903-29.
- [20]. M.D. Migahed, and H.M., Zidan, "Influence of UV-irradiation on the structure and optical properties of polycarbonate films". Current Applied Physics, 6(1), pp. 91-96. 2006. doi:10.1016/j.cap.2004.12.009
- [21]. J. Tauc, R., Grigorvici, A. Vancu, "Optical properties and electronic structure of amorphous germanium". Phys. Status solid B. Vol. 15, pp. 627–637. 1966. doi.org/10.1002/pssb.19660156224.
- [22].

## دراسة الخصائص البصرية لأغشية أكسيد النحاس الرقيقة المحضرة باستخدام تقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش

عمر عايد حميد<sup>1</sup>, مشتاق عبد داود الجبوري<sup>2</sup>, حنان حسن الجديري<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup> قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق  
<sup>3</sup> قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا

### الخلاصة

تم في هذا البحث ترسيب أغشية أكسيد النحاس (CuO) الرقيقة على قواعد من الزجاج بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش ولدرجات حرارة مختلفة (300, 350, 400)°C وبضغط (2) bar وبمعدل (10) رشات خلال فترة زمنية (10) ثانية لكل رشة، إذ تم تجميع وبناء منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالرش وتجهيزها لتحضير المواد على هيئة أغشية رقيقة لهذه الدراسة، درست الخواص البصرية لهذه الأغشية من خلال قياس طيفي الامتصاصية والانعكاسية للأغشية المحضرة ولمدى من الأطوال الموجية (310-910)nm باستخدام مطياف مزدوج الحزمة (UV-VIS Double Beam Spectrophotometer) وتبين أن الامتصاصية تتغير مع الطول الموجي، إذ نلاحظ أن الامتصاصية تسلك سلوكاً معاكساً للنفذية، إذ تبدأ بأعلى قيمة لها عند الطول الموجي (328)nm ومن ثم يبدأ طيف الامتصاصية بالانحلال الآسي مع زيادة الطول الموجي إلى أن يصل إلى أدنى قيمة للامتصاصية عند الطول الموجي (700)nm كما ولوحظ أن قيمة طيف الامتصاصية تكون ثابتة ضمن المدى (700-910)nm إذ بلغت أعلى قيمة للامتصاصية عند درجة حرارة (300)°C وأقل قيمة عند (400)°C وكذلك الحال في الانعكاسية البصرية. وتم حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقالات المباشرة المسموحة وظهرت النتائج أن قيمتها بحدود (2.59-2.68)eV وانها تقل بزيادة درجات الحرارة وكذلك بينت نتائج بعض الثوابت البصرية أن هناك نقصاً في كل من معامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار بزيادة درجة حرارة القاعدة.