



Study of the Effect of Irradiation on Some Optical Properties of Cadmium Oxide Films Prepared by the Thermal Chemical Spraying Method

M. S. Sinjar⁽¹⁾ , M. A. Al-Jubbori^{(2)*} , H. H. Algdiree⁽³⁾

^(1,2)Department of Physics, College of Education for Pure Science, University of Mosul, Mosul, Iraq

⁽³⁾Department of Physics, Faculty of Science, University of Zawia, Zawia, Libya

Article information

Article history:

Received: October 13, 2024

Accepted: December 10, 2024

Available online: April 01, 2024

Keywords:

Spray Pyrolysis Technology

Cadmium Oxide

Optical Constants

Irradiation

Correspondence:

Mushtaq Abed Al-Jubbori

mushtaq_phy@uomosul.edu.iq

Abstract

In this study, thin films of cadmium oxide (CdO) were synthesized using the chemical thermal decomposition method. The films were deposited onto a glass substrate measuring 2.5 cm x 2.5 cm x 1 mm at a temperature of 400°C and a pressure of 2 bars. A total of 20 spray applications were performed, with each spray lasting approximately 10 seconds, and a 180-second interval between sprays. A dedicated chemical decomposition system was established to facilitate the preparation of thin film materials for this research. Subsequently, the prepared films were subjected to ultraviolet (UV) light irradiation for a total of five hours, with each irradiation session lasting one hour. Absorbance and transmittance spectra were recorded after each hour of irradiation across a wavelength range of 350-950 nm using a UV-VIS Double Beam Spectrophotometer. The results indicated that absorbance varied with wavelength, showing a decrease in the absorbance spectrum as irradiation time increased, reaching its minimum at the end of the fifth hour. Conversely, transmittance exhibited a direct increase with longer irradiation durations. Additionally, it was observed that the energy gap decreases with increasing irradiation time, ranging from 2.511 eV to 2.458 eV over the 0 to 5-hour period, with measurements taken at one-hour intervals. The analysis of certain optical constants revealed a decline in the absorption coefficient, extinction coefficient and refractive index as irradiation time increased.

DOI: [10.33899/edusj.2024.154469.1511](https://doi.org/10.33899/edusj.2024.154469.1511), ©Authors, 2025, 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

تم إيلاء الكثير من الاهتمام من قبل الباحثين والعلماء لإيجاد طرق لزيادة كفاءة الأجهزة والأدوات الإلكترونية وخفض كلفة إنتاجها وجعلها في متناول الجميع، بحيث يمكن أن تكون قابلة للتسويق بسهولة. إحدى الطرق لتحقيق ذلك هي استخدام الأغشية الرقيقة بدلاً من البلورات المفردة السائبة لمثل هذه الأجهزة [1]. بعد توجّه الشركات والمؤسسات لتقنية الأغشية الرقيقة اهتم الباحثون في هذا المجال إلى تطوير طرق تحضيرها وتقليل تكاليف إنتاجها، ومن بين الطرق السهلة طريقة الترسيب الكيميائي الحراري [2-4]، وهي أرخص تقنية معروفة لإعداد الأغشية الرقيقة. وفي الآونة الأخيرة تم استخدام هذه الطريقة على نطاق واسع من قبل العديد من الباحثين لترسيب الأغشية من المعادن [5-7]، وقد ثبت أن العديد من هذه الأغشية ذات جودة مماثلة لتلك المنتجة بطرق أخرى متطورة ومكلفة [8]. تتمتع الأغشية الرقيقة لأكاسيد المعادن بمجموعة متنوعة من الاستخدامات كما في الأجهزة البصرية والحرارية والإلكترونية وأجهزة الطاقة الشمسية وغيرها من التطبيقات [9]. وعلى وجه الخصوص، فقد جذبت أغشية أكسيد الموصل الشفاف (Transparent Conductive Oxide TCO) مؤخرًا اهتمامًا بحثيًا عميقًا، تم استخدام انعكاسها العالي في منطقة الأشعة تحت الحمراء مع الشفافية العالية في المنطقة المرئية لصنع مرآة حرارية [10]، والخصائص الكهربائية لهذه الأغشية مناسبة للشاشات المضئية، وقد تم استغلال الموصلية العالية للأغشية في تصنيع خلايا شمسية كبيرة الحجم وعالية الكفاءة. تتوفر مجموعة متنوعة من الطرق لترسيب أغشية (Transparent Conductive Oxide TCO)، مثل الرش، والترسيب الكيميائي للبخر، والترسيب الفيزيائي للبخر، وما إلى ذلك. وعلى الرغم من أن هذه الطرق لها بعض المزايا على تقنيات نمو المحلول، إلا أن الأخيرة تحتاج إلى اهتمام أولوي من حيث تكاليف الإنتاج [11-13].

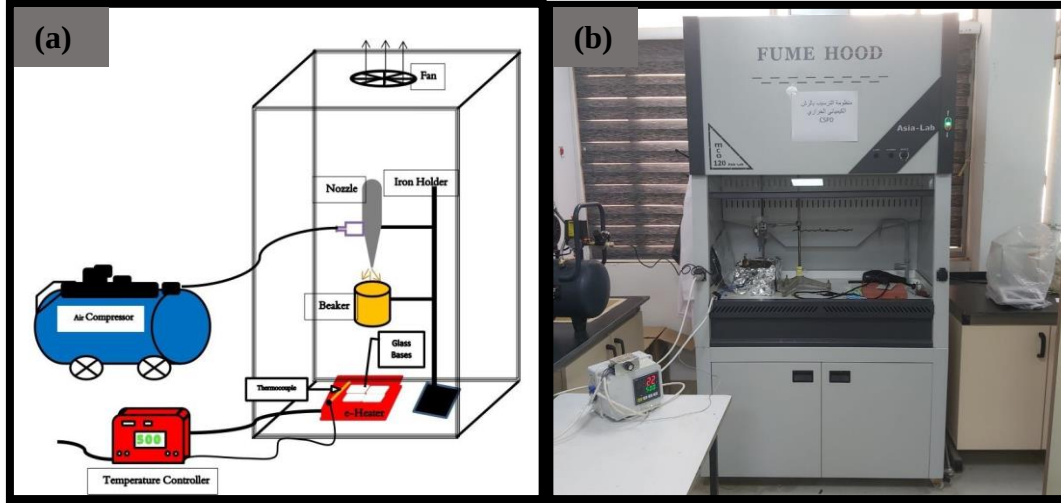
ومن بين الأكاسيد المهمة في هذا المجال هو أكسيد الكاديوم (CdO) والذي هو من أشباه الموصلات من النوع (n) [14]. يوجد أكسيد الكاديوم في الطبيعة إما على شكل بلوري أو مركب عشوائي، والبنية البلورية لأوكسيد الكاديوم مكعبة (Face Centered Cubic FCC)، والتي لها العديد من الخصائص المهمة،

مثل فجوة النطاق الكبيرة، والكثافة العالية (8.15gm/cm^3)، والمقاومة الكهربائية المنخفضة [15]، والنفاذية العالية في المنطقة المرئية [16]. بناءً على هذه الخصائص، هناك العديد من التطبيقات لأوكسيد الكاديوم، مثل الخلية الشمسية [17]، والمضخمات الضوئية [18]، والمحولات [19]، والأقطاب الشفافة، وأجهزة استشعار الغاز [20]، والصمامات الثنائية الضوئية [21]، والأجهزة الكهروضوئية [22]. يتم ترسيب الأغشية الرقيقة من أوكسيد الكاديوم بطرق مختلفة بما في ذلك هلام السول، وامتصاص الطبقة الأيونية المتعاقبة والتفاعل (SILAR)، وترسيب الليزر النبضي، والرش الكيميائي والتحلل الحراري [23-25]، والطريقة الميكانيكية الكيميائية [26]، ويهدف البحث إلى دراسة الخصائص البصرية وحساب فجوة الطاقة لأغشية أوكسيد الكاديوم المحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالررش عند درجة حرارة 400°C وبيان تأثير التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية على تلك الخصائص.

2. الجزء العملي

2.1 منظومة التحلل الكيميائي الحراري

تتكون هذه المنظومة (محلية الصنع) والتي توجد في مختبر البحوث النووية الأولى، جامعة الموصل، من عدد من الاجزاء البسيطة المرتبة بشكل يمكن من خلالها تحضير الأغشية الرقيقة ذات مواصفات جيدة وبمديات سمك مقاربة كما هو موضح بالشكل (1). تتألف المنظومة من الأجزاء التالية:



الشكل (1): (a) مخطط لمنظومة التحلل الحراري الكيميائي بالررش (b) صورة فوتوغرافية للمنظومة

2.1.1 جهاز الرش:

يعد جهاز الرش من أهم أجزاء منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالررش، إذ يتم تصنيعه محلياً من الزجاج الاعتيادي، ويحتوي على خزان يوضع فيه المحلول ويستوعب حوالي 100ml ويكون مفتوحاً من الأعلى بفتحة نصف قطرها 2cm وارتفاعه 12.5cm وله صمام الغرض منه التحكم بمقدار المحلول النازل إلى أنبوبة شعيرية قطرها 0.1cm وطولها 8cm، وتحاط هذه الأنبوبة بغرفة زجاجية منتقخة 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 ومن ثم يخرج الهواء من الفتحة السفلى فيمتزج المحلول الخارج مع الهواء المضغوط ليكون بشكل رذاذ وعلى هيئة مخروط رأسه عند الأنبوبة الشعيرية وقاعدته إلى الأسفل باتجاه الصفيحة الساخنة المراد ترسيب الأغشية عليها، ويبلغ طول جهاز الرش ككل حوالي 26cm.

2.1.2 ضاغطة الهواء:

اما الجزء الثاني من منظومة الترسيب فهي ضاغطة الهواء (Air compressor) تستعمل لغرض توفير الهواء الذي ينتقل الى جهاز الرش بواسطة انبوبة بلاستيكية بقطر 0.4cm، إذ يتم التحكم بضغط الهواء المندفع عن طريق منظم ضغط الهواء الموجود في الضاغطة فضلاً عن وجود صمام لغلاق الهواء وفتحه وهو متصل بالأنبوبة، وكذلك صمام لتقليل ضغط الهواء أو تثبيته على ضغط معين عند الرش.

2.1.3 السخان الكهربائي:

اما الجزء الثالث للمنظومة فهو مسخن القاعدة (Heater) إذ يستعمل لغرض تسخين القاعدة التي توضع عليها العينة الى درجة حرارة معينة (تم تجميع اجزاء السخان يدوياً لغرض الحصول على الدرجة الحرارية المطلوبة) يتم ضبطه بحسب ظروف التحضير، إذ يتم ربط هذا المسخن مع الكونترول (متحكم) في تشغيله وإطفائه، وبالتالي يمكن السيطرة على درجة حرارة القواعد للأغشية المحضرة خلال عملية الترسيب. ويجب غسل المسخن وتنظيفه بين عملية ترسيب وأخرى لتجنب تلوث العينات المحضرة من بقايا بخار المادة التي تم ترسيبها داخل غرفة الترسيب أثناء تحولها الى رذاذ.

2.1.4 جهاز التحكم بدرجة الحرارة:

يقوم هذا الجزء من المنظومة بالتحكم بدرجة حرارة سطح السخان الكهربائي ويقوم بقطع التيار الكهربائي عند وصول درجة حرارة العينات الى الدرجة الحرارية المطلوبة، حيث يكون متصلاً بمصدر للتيار الكهربائي من جهة والسخان من جهة أخرى. ويحتوي جهاز التحكم على شاشة صغيرة مربعة ذات خلفية سوداء تتضمن رقمين، الرقم الذي في 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 أسفل الشاشة ويمثل الحرارة المثبتة المراد الترسيب عندها. ويحتوي كذلك على عتلة يمكن تدويرها على تدريجة من 0 الى 10. مهمة هذه العتلة هي

تغيير التيار الكهربائي المار في اسلاك المسخن وبالتالي تحديد سرعة ارتفاع درجة حرارة المسخن ويقطع التيار الكهربائي من خلال المزودج الملاصق لسطح المسخن عند وصول درجة حرارة سطح المسخن الى الدرجة الحرارة المطلوبة.

2.2 تحضير المحلول و الأغشية الرقيقة

2.2.1 تحضير محلول أكسيد الكاديوم

يتم تحضير محلول مادة أكسيد الكاديوم (CdO) باستخدام مركب خلات الكاديوم الثنائي المائي، وهي مادة تكون على شكل مسحوق أبيض رمزها الكيميائي $(CH_3COO)_2Cd \cdot H_2O$ امريكي المنشأ والمجهز من قبل شركة (SIGMA) ووزنها الجزيئي 266.53 gm/mol . ولتحضير محلول تركيزه مساوٍ لـ 0.1 M وبدرجة حرارة الغرفة يتم اذابة 2.66 gm من خلات الكاديوم الثنائي المائي (المعادلة الكيميائية الموزونة ادناه)، وحساب الكتلة يستخدم ميزان الكتروني من نوع (SF-400C) حساس تبلغ حساسيته 10^{-2} gm . تضاف المادة في (100ml) من الماء المقطر ومن ثم يتم خلط المادتين بشكل جيد وذلك باستخدام الخلاط المغناطيسي Magnetic Stirrer ولمدة (10)min وذلك لضمان تجانس المحلول، فنحصل على محلول عديم اللون، ثم يتم وضع المحلول في قمع زجاجي يحتوي على ورقة الترشيح للتخلص من الرواسب المحتملة، ويجمع المحلول المرشح في دورق زجاجي ليتم اضافته في ما بعد الى الوعاء الخاص لجهاز الرش (النزل).
المعادلة الكيميائية الموزونة $(CH_3COO)_2Cd \cdot H_2O \rightarrow CdO + 2CH_3COOH + H_2O$

وللحصول على الوزن المراد إذابته نستخدم العلاقة التالية [27]:

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

إذ ان M التركيز المولاري، M_t كتلة مادة خلات الكاديوم الثنائي المائي، M_{wt} الوزن الجزيئي للمادة، V حجم الماء المقطر.

2.2.2 تهيئة القواعد

أُستخدمت في هذا البحث قواعد زجاجية (substrates) ذات منشأ صيني وبأبعاد $(2.5 \text{ cm} \times 2.5 \text{ cm} \times 1 \text{ mm})$ بعد ان يتم تنظيفها جيداً وغسلها بالماء المقطر لمدة 3min وذلك للتخلص من الاوساخ التقليدية، بعد ذلك يتم رفع القواعد الزجاجية باستخدام ملقط خاص ووضعها في دورق يحتوي على مادة كحول الاسيتون ووضعها في جهاز الأمواج فوق الصوتية (ULTRASONIC CLEANER) ولمدة (15 min) بدرجة حرارة (35°C) وذلك للتخلص من الاوساخ غير التقليدية المستعصية ومن ثم تغسل بالماء المقطر أيضاً لمدة (3min). ثم تجفف العينات جيداً باستخدام ورق خاص بالتجفيف وقطعة نسيج خاصة بتنظيف العدسات مع هواء ساخن وبعد ذلك يتم حساب وزن كل قاعدة باستخدام ميزان حساس جداً حيث درجة حساسيته (10^{-4} gm) صيني المنشأ من نوع (Analytical Balance) المجهز من قبل شركة (JOANLAB) ومن ثم تسجل الاوزان على العينة وذلك لغرض معرفة سمك الأغشية المحضرة فيما بعد بالطريقة الوزنية.

2.2.3 ترسيب الاغشية الرقيقة

بعد اكتمال عملية تنظيف القواعد الزجاجية يتم تهيئتها للترسيب وذلك من خلال وضعها على سطح المسخن الكهربائي والذي يتم تشغيله حسب شروط التشغيل المبينة ادناه للحصول على اغشية رقيقة متجانسة، ومتماسكة مع القاعدة الزجاجية من أكسيد الكاديوم (CdO)، زمن الترسيب (10)sec، معدل الترسيب المستخدم 4 mL/min ، فترة التوقف بعد كل رشّة (180)sec، المسافة العمودية من فوهة جهاز الرش الى القواعد (30)cm، درجة حرارة القواعد الزجاجية 400°C ، عدد الرشّات (20) رشّة وضغط الهواء (2)bar.

2.2.4 قياس سمك الاغشية الرقيقة

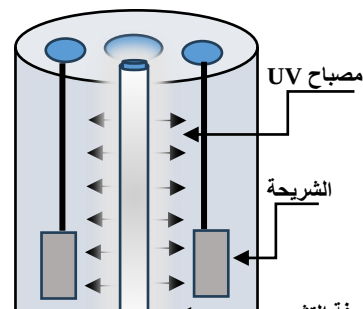
بعد ان تتم عملية ترسيب جميع الاغشية الرقيقة على القواعد الزجاجية يُعاد حساب وزن القواعد من جديد وذلك لغرض الحصول على سمك الاغشية المحضرة، إذ تتم استخدام الطريقة الوزنية في قياس سمك الاغشية والتي تُفدّت باستخدام نفس الميزان المستخدم في عملية التحضير ومن خلال المعادلة التالية [28]:

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

اذ ان: (t) سمك الغشاء، (ΔW) الفرق في الوزن قبل وبعد الرش، (ρ) كثافة مادة الغشاء (gm/cm^3) ، (A) مساحة الغشاء (cm^2) . من خلال إيجاد الفرق في الوزن تبين ان سمك الاغشية المحضرة كان بحدود $(335 \text{ nm} \pm 20)$ تقريباً، كما تمت جميع القياسات البصرية باستخدام جهاز المطياف البصري (UV-1800) والمجهز من قبل شركة (Shimadzu) والذي يعمل في نطاق الاطوال الموجية $(190-1100 \text{ nm})$.

2.2.5 عملية التشعيع

بعد اكتمال عملية الترسيب والحصول على العينات المرسية يتم قراءة طيفي الامتصاصية والنفاذية قبل عملية التشعيع ومن ثم تُشعع العينات المحضرة لفترة زمنية تتراوح (1-5) hr بزيادة تتابعية 1 hr ومن ثم تؤخذ الامتصاصية والنفاذية لكل ساعة تشعيع باستخدام منظومة التشعيع المتكونة من غرفة مظلمة اسطوانية الشكل بقطر (16cm) وارتفاع (50cm) ومصباح الموجة فوق الصوتية (UV LAMP 6W) ذي ضوء ابيض ثلجي اللون طول المصباح (215mm) يعمل على فولتية (230V) بتردد (50/60 Hz) وبقدرة (6watt). تعلق العينات بصورة عمودية على جانبي المصباح بحيث يكون سطح العينة التي تم الترسيب عليه مواجه للمصباح وتدخل داخل الغرفة المظلمة وتبقى داخل الغرفة حسب مدة التشعيع المطلوبة كما في الشكل 2.



(a) (b)

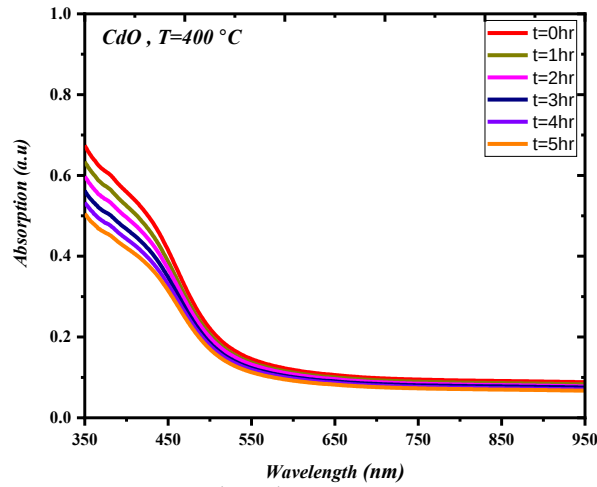
الشكل (2): (a) صورة فتوغرافية لعملية التشعيع . (b) مخطط لمنظومة التشعيع

3. النتائج والمناقشة

3.1. الامتصاصية والانعكاسية

تم حساب قيم طيف الامتصاصية لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) للأطوال الموجية ضمن المدى (350-950)nm، وظهر أنَّ الامتصاصية تتغير مع الطول الموجي، إذ نلاحظ أنَّ الامتصاصية تسلك سلوكاً معاكساً للنفاذية، إذ تبدأ بأعلى قيمة لها عند الطول الموجي (350)nm ومن ثم يبدأ طيف الامتصاصية بالانحلال الاسي مع زيادة الطول الموجي الى أن يصل الى أدنى قيمة عند الطول الموجي (750nm)، وبعدها يلاحظ ان قيمة طيف الامتصاصية تكون ثابتة ضمن المدى (700-950)nm كما موضح بالشكل (3)، بسبب قلة طاقة الفوتونات الساقطة وعدم قدرتها على رفع الإلكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل، إذ تكون العلاقة عكسية ما بين الطول الموجي وطاقة الفوتون، وتفسير ذلك فيزيائياً هو أنَّ الفوتون الساقط لم يستطع تهيج الإلكترون ونقله من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل، لأنَّ طاقة الفوتون الساقط اقل من قيمة فجوة الطاقة لغشاء (CdO) ولهذا نقل الامتصاصية بزيادة الطول الموجي [29].

نلاحظ ايضاً نقصان الامتصاصية بزيادة زمن التشعيع وذلك لكون الاشعة فوق البنفسجية تمتلك طاقة عالية نسبياً فلا تقضي فوتوناتها فترة زمنية كافية كي تتفاعل مع التركيب الداخلي للغشاء المحضر وبالتالي عند امتصاص الكثرونات هذا الغشاء لطاقة الاشعة فوق البنفسجية تبتعد عن بعضها البعض نوعاً ما.



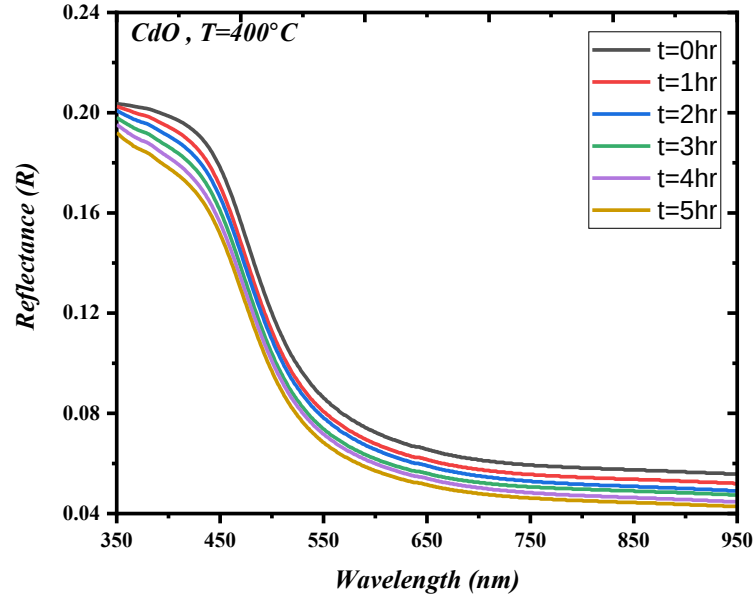
الشكل (3) طيف الامتصاص كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) بعد التشعيع

اما الانعكاسية (R) فتم حسابها بالاعتماد على طيف النفاذية (T) وطيف الامتصاصية (A) بموجب قانون حفظ الطاقة بحسب المعادلة التالية [30].

$$A + T + R = 1 \dots \dots (3)$$

ويوضح الشكل (4) الانعكاسية كدالة للطول الموجي لأغشية (CdO) المحضرة بعد تشعيع خمس ساعات، نلاحظ من الشكل أن الانعكاسية على العكس من

النفاذية انها تغيرت ايضاً مع زيادة زمن التشعيع إذ إنَّ اكبر قيمة للانعكاسية تم الحصول عليها كانت عند t=0hr واقل انعكاسية كانت عند t=5hr.



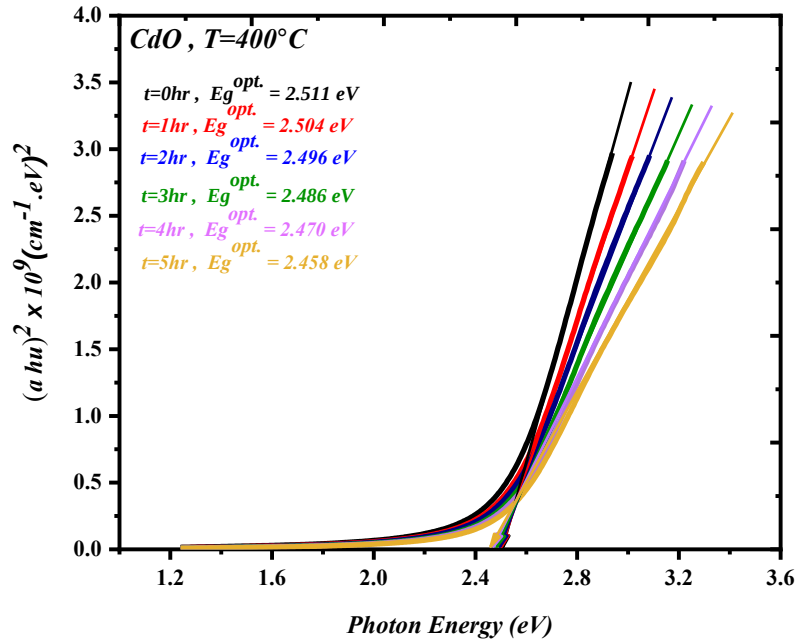
شكل (4) طيف الانعكاسية كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) بعد التشعيع

3.2 فجوة الطاقة البصرية

تم حساب فجوة الطاقة البصرية (E_g) باستخدام معادلة (4) [31]. من خلال رسم أفضل امتداد لخط مستقيم بعد حافة الامتصاص الأساسية ليقطع محور طاقة الفوتون عند $(ahv)^2 = 0$ يتم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة لأغشية (CdO) كما في الشكل (5) اذ يوضح علاقة $(ahv)^2$ مع قيم لطاقة الفوتون الساقط، حيث وجد أن قيم فجوة الطاقة البصرية للأغشية المرسبة eV (2.511) عند زمن تشعيع t=0hr أما عند زمن تشعيع t=5hr فقد وجد أن فجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة زمن التشعيع الى ان تصل (2.458)eV وسبب هذا النقصان في فجوة الطاقة البصرية هو عند زيادة زمن التشعيع يسبب تقارب حزمة التكافؤ من حزمة التوصيل وهذا يعتبر جيد لتحسين خصائص الاكاسيد [27].

$$(ahv) = B(hv - E_g)^r \dots \dots \dots (4)$$

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



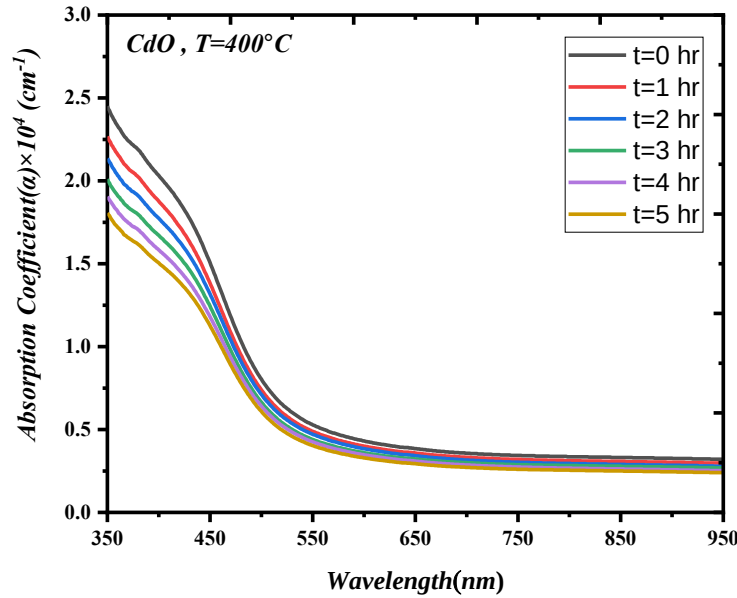
الشكل (5) قيم فجوة الطاقة البصرية لأغشية (CdO) كدالة لطاقة الفوتون.

3.3. معاملات الامتصاص والخمود والانكسار

معامل الامتصاص هو مقياس لقدرة المادة على امتصاص الضوء. ويعتمد معامل الامتصاص على سلوك طيف الامتصاصية ويعتمد كذلك على طاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) وعلى خواص شبه الموصل من حيث فجوة الطاقة ونوع الانتقالات الالكترونية، ويقاس بمقلوب وحدة الطول الموجي (cm^{-1}). تم حساب معاملات الامتصاص لأغشية أكسيد الكاديوم من المعادلة الآتية [32]:

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

اذ ان A الامتصاصية و t سمك الغشاء وفي دراستنا كان السمك $335\text{nm} \pm 20$. **يبين الشكل (6)** تغير معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الكاديوم ولجميع أزمان التشعيع، إذ نلاحظ قيم معامل الامتصاص لأغشية أكسيد الكاديوم عالي 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 زمن التشعيع مما يدل على زيادة في تبلور الاغشية المحضرة وتقليل للعيوب البلورية.



الشكل (6): معامل الامتصاص دالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO).

أما معامل الخمود (K) فهو يمثل الخمود الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة وهو كمية ما تمتصه الكثرونات المادة من طاقة الفوتونات الساقطة. تم حساب معامل الخمود للأغشية المحضرة وفق المعادلة الآتية [33].

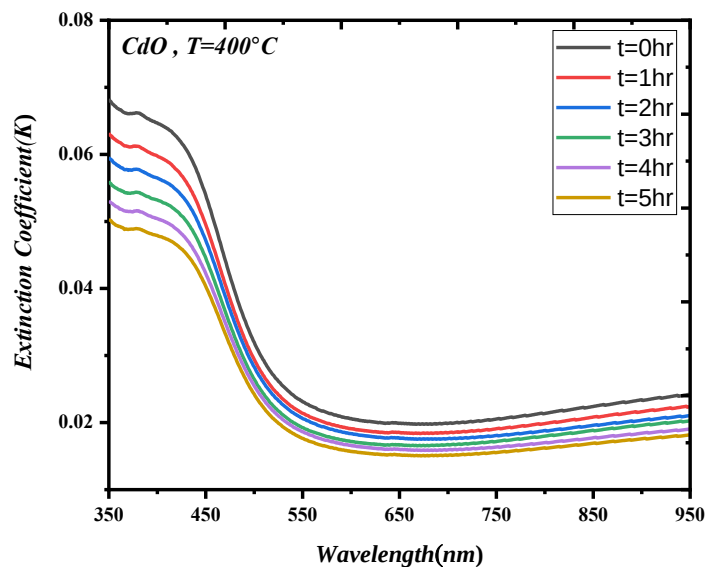
$$K = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \quad \dots \dots \dots (6)$$

ومن **الشكل (7)** الذي يمثل تغير معامل الخمود كدالة للطول الموجي للأغشية أكسيد الكاديوم ان سلوك منحنيات معامل الخمود مشابه تقريباً لسلوك معامل الامتصاص بسبب ارتباط العلاقة بينهما، أذ يقل معامل الخمود مع زمن التشعيع.

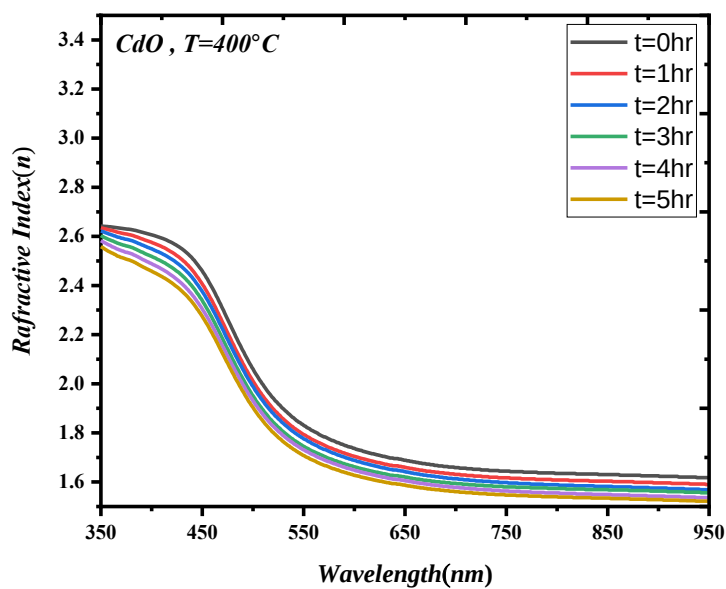
أما فيما يخص معامل الانكسار (n) فهو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ الى سرعته داخل المادة، ويعتمد معامل الانكسار على عدة عوامل منها نوع المادة وتركيبها البلوري، إذ تم حساب معامل الانكسار لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) حسب العلاقة [34].

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

من **الشكل (8)** يتضح ان طبيعة منحنيات معامل الانكسار مشابه لمنحنيات الانعكاسية وذلك لارتباط الانعكاسية مع معامل الانكسار وفقاً للمعادلة المذكورة انفاً، إذ نلاحظ انخفاضاً في منحنيات قيم معامل الانكسار عند زيادة زمن التشعيع في المنطقة المرئية من الأطوال الموجية وأن هذا التغير في منحنيات معامل الانكسار نتيجة لزيادة التشعيع كان نتيجة لطريقة تجمع حبيبات هذه الاغشية ونموها مما انعكس على كثافة هذه الاغشية.

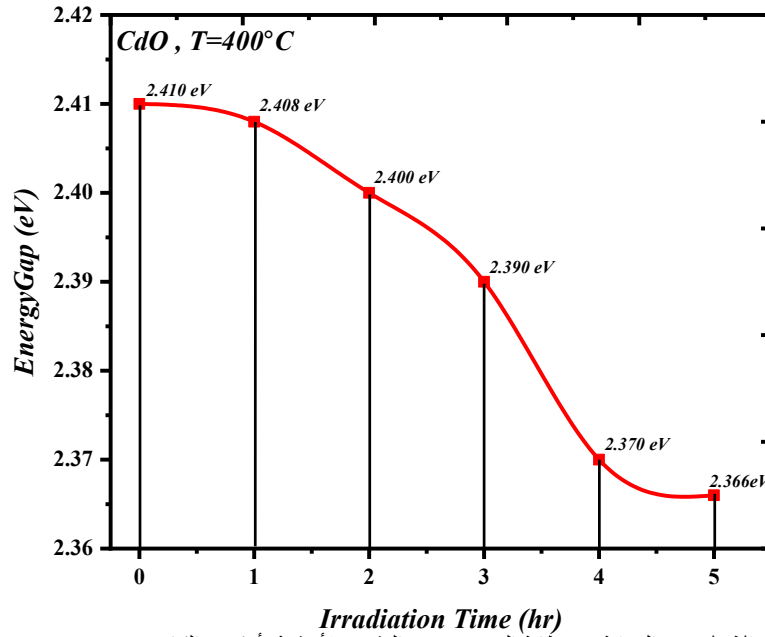


الشكل (7): معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO).



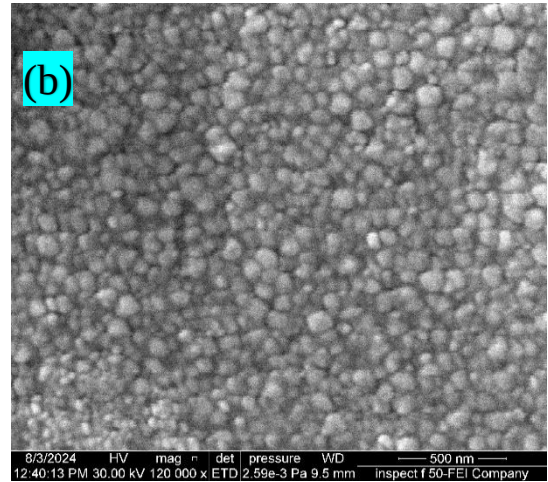
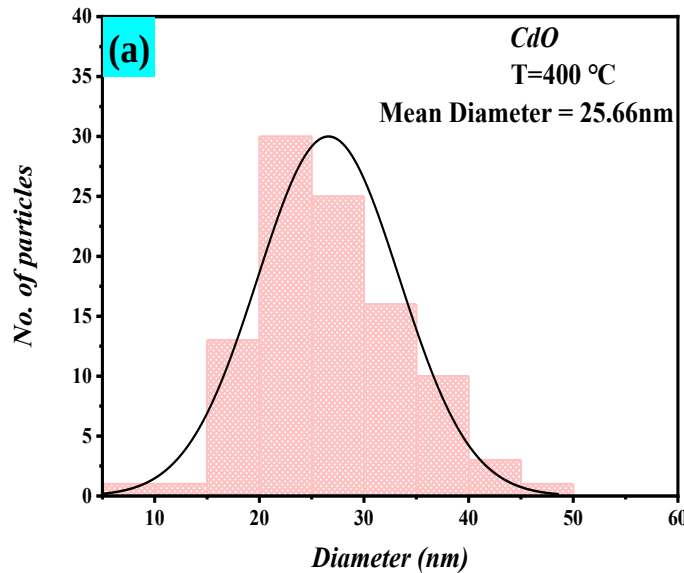
الشكل (8): يوضح معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO).

اما الشكل 9 فإنه يوضح العلاقة بين فجوة الطاقة وزمن التشعيع حيث نلاحظ نقصان فجوة الطاقة مع زيادة زمن التشعيع وكانت اعلى قيمة لفجوة الطاقة عند $t=0hr$ وادنى قيمة عند $t=5hr$.



الشكل (9): العلاقة بين طاقة الفجوة وزمن التشعيع لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO).

ومن خلال صور المجهر الإلكتروني الماسح SEM لغشاء أكسيد الكاديوم المحضر بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش عند درجة 400C لدراسة مورفولوجيا سطح الغشاء تبين ان معدل قطر الحبيبات هو (25.66nm) كما في الشكل (10)



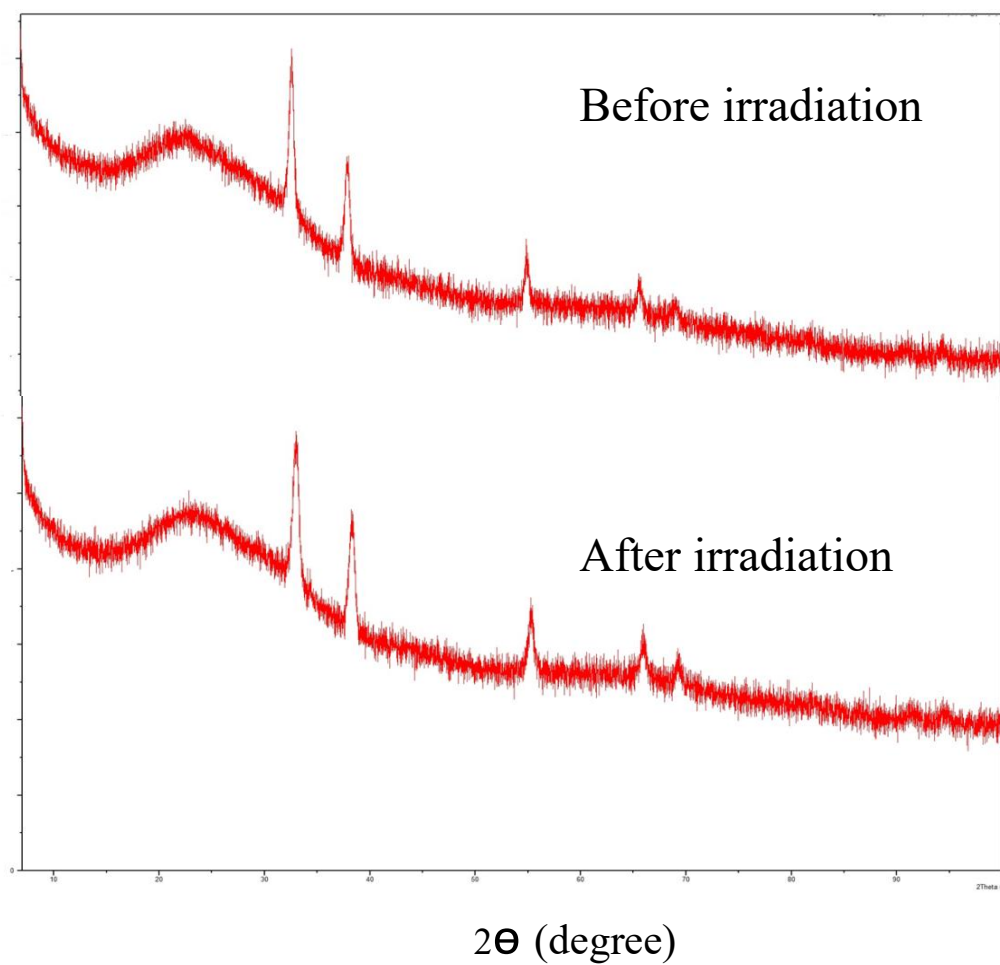
الشكل (10): (a) مخطط توزيع الأقطار لغشاء CdO (b) صورة المجهر الإلكتروني الماسح

3.4 نتائج حيود الاشعة السينية XRD

من خلال التشخيص بتقنية حيود الاشعة السينية (XRD) لأغشية أكسيد الكاديوم المحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش وبدرجة حرارة 400°C أظهرت النتائج ان بلورات المادة من النوع المكعب [35]، ومن خلال فحص وتحليل نمط حيود الاشعة السينية تم معرفة مواقع القمم (Peaks). اذ نلاحظ من خلال الجدول (1) ظهور القمم عند المستويات وعند الزوايا الموضحة امام كل مستوى والتي تعود لغشاء أكسيد الكاديوم قبل وبعد عملية التشعيع، وعند مقارنة هذا النمط مع البطاقات الخاصة للعناصر وجد ان هناك تطابقاً جيداً مع النتائج التي تم الحصول عليها. وبعد تشعيع الغشاء بالأشعة فوق البنفسجية نلاحظ هناك إزاحة ضئيلة للقمم نحو اليمين في حالة التشعيع كما يظهر من خلال الشكل (11).

جدول (1): نتائج XRD لأوكسيد الكاديوم

No.	hkl	2θ°	
		Before irradiation	After irradiation
1	111	32.803	33.012
2	020	38.059	38.303
3	022	54.917	55.285
4	131	65.462	65.918
5	222	68.768	69.253
6	040	81.401	82.011



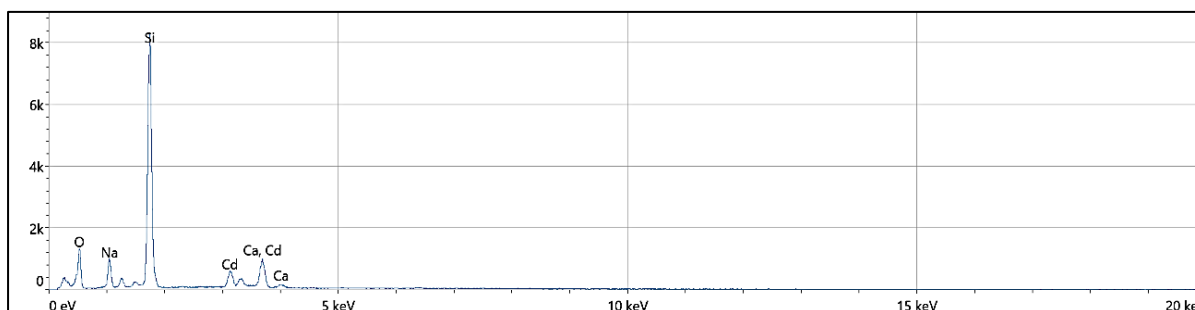
الشكل (11): حيود XRD لغشاء أوكسيد الكاديوم قبل وبعد التشعيع

3.5 نتائج فحوصات EDX

من خلال نتائج قياسات EDX لاكتشاف النسبة المئوية للعناصر في العينات الصلبة ومن خلال الجدول (2) والشكل (12) نلاحظ ان النسبة المئوية للكاديوم 7.3 وللأوكسجين 37.6 وهذا دليل آخر على وجود أوكسيد الكاديوم بالإضافة الى دليل فحوصات XRD.

جدول (2) النسب المئوية للعناصر داخل الغشاء المحضر

Weight % Error	Weight %	Atomic % Error	Atomic %	Element
0.5	35.9	0.7	52.5	O
0.1	8.1	0.1	8.3	Na
0.2	39.7	0.2	33.1	Si
0.1	7.3	0.1	4.3	Ca
0.3	8.9	0.1	1.9	Cd



شكل (12): منحنيات النسب المئوية للعناصر داخل الغشاء المحضر

4. الاستنتاجات

من خلال دراستنا للخصائص البصرية والتركيبية للأغشية المحضرة، لوحظ أن قيم الامتصاصية والانعكاسية كدالة للطول الموجي تقل بزيادة زمن التشعيع بأشعة UV، كما ودل التحليل الطيفي $UV - Vis$ لهذه الأغشية ان الانتقال الإلكتروني للمادة هو من النوع المباشر وأن زيادة التشعيع للقواعد المرسية 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 زمن التشعيع اذ تراوحت من 2.511-2.458 eV ولازمان تشعيع 0 – 5 hr بزيادة تتابعية 1 hr على التوالي وكما هو موضح في الشكل 9 أعلاه، ومن خلال قياسات XRD تبين ان هنالك إزاحة في زاوية الحيود نحو الزيادة ولكنها طفيفة، اما من خلال قياسات SEM يتضح ان معدل حجم الجسيمات 25.66 اما فيما يخص EDX فيظهر ان هنالك أوكسيد الكاديوم اذ ان النسبة المئوية لعنصر الكاديوم هي 7.3 في حين ان النسبة المئوية لعنصر الاوكسجين هي 37.6 وهذا موضح في الشكل 12 .

Thanks and appreciation

The researchers would like to thank the Deanship of the College of Education for Pure Sciences, Department of Physics, University of Mosul for preparing the supplies required to conduct the research

5. References

- [1] O. I. Olusola , O. K. Echendu , I. M. Dharmadasa, "Development of CdSe thin films for application in electronic devices", *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, Volume 26, pages 1066–1076, (2015), DOI 10.1007/s10854-014-2506-x
- [2] P. Pramanik, S. Bhattacharya and P. K. Basu, "A solution growth technique for the deposition of cobalt selenide thin film" *Thin Solid Films*, Volume 149, Issue 3, 1987, P L81-L84. [https://doi.org/10.1016/0040-6090\(87\)90401-9](https://doi.org/10.1016/0040-6090(87)90401-9)
- [3] P. K. Basu and P. Pramanik, J. Mater. Sci. Lett." Solution growth technique for the deposition of cobalt sulphide thin film" *Journal of Materials Science Letters*, Vol 5, p 1216–1218, 1986.
- [4] P. Pramanik and S. Biswas, J." Deposition of Zinc Selenide Thin Films by Solution Growth Technique". *Journal of The Electrochemical Society*, Vol133, No. 2, 133 (1986) 350. DOI 10.1149/1.2108575.
- [5] P. Pramanik, M. A. Arther and P. K. Basu, " A solution growth technique for the deposition of manganese sulphide thin film" *Thin Solid Films*, Vol 158, Iss 2, 1988, P271-275 158. 271.1988, [https://doi.org/10.1016/0040-6090\(88\)90030-2](https://doi.org/10.1016/0040-6090(88)90030-2).
- [6] P. Pramanik, P. K. Basu and S. Biswas, " Preparation and characterization of chemically deposited tin(II) sulphide thin films" *Thin Solid Films*, Vol150, Iss 2–3, P 269-276, 1987, [https://doi.org/10.1016/0040-6090\(87\)90099-X](https://doi.org/10.1016/0040-6090(87)90099-X).
- [7] A. J. Varkey, " Chemical bath deposition of Cu_xS thin films using ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) as complexing agent" *Solar Energy Materials*, Vol19, Iss 6, P 415-420, 1989, [https://doi.org/10.1016/0165-1633\(89\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0165-1633(89)90036-1).

- [8] A. J. Varkey, J. " Deposition of silver sulphide thin films by solution growth using a thiosulphate complexing agent" *Solar Energy Materials*, Vol 21, Iss 4, P 291-296,1991, [https://doi.org/10.1016/0165-1633\(91\)90027-I](https://doi.org/10.1016/0165-1633(91)90027-I).
- [9] Vasilis Fthenakis.(2009). Sustainability of photovoltaics: The case for thin-film solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (9): 2746-2750. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.05.001>.
- [10] Hamzeh Jamali.(2019). Investigation and review of mirrors reflectance in parabolic trough solar collectors (PTSCs).*Energy Reports*. 5, 145-158. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.01.006>.
- [11] A. J. Varkey and A. F. Fort, J." Some optical properties of silver peroxide (AgO) and silver oxide (Ag₂O) films produced by chemical-bath deposition" *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol 29, Iss 3,P 253-259,1993, [https://doi.org/10.1016/0927-0248\(93\)90040-A](https://doi.org/10.1016/0927-0248(93)90040-A).
- [12] A.J. Varkey and A. F. Fort, J. " Transparent conducting cadmium oxide thin films prepared by a solution growth technique " *Thin Solid Films* ,Vol 239, Iss 2, P 211-213, 1994, [https://doi.org/10.1016/0040-6090\(94\)90853-2](https://doi.org/10.1016/0040-6090(94)90853-2).
- [14] Gulion, G . Tabbi, CdO thin film : a study of their electronic structure by electron spin resonance spectroscopy , *Applied Surface Science*, Vol 245, Iss 1–4, P 322-327, 2005, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2004.10.026>.
- [15] S.M. Sze, " Physics of semiconductor Devices " , John Wiley and sons New York , (1981).
- [16] I.V Pollet, J.G Pieters, R Verschoore," Impact of water drops on the visible radiation transmittance of glazings under outside radiant conditions", *Solar Energy*, Vol 73, Iss5,P 327-335,2002, [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(02\)00118-4](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(02)00118-4).
- [17] T. L. Chu and S. S. Chu , " Degenerate Cadmium Oxide Films for Electronic Devices " , *Journal of Electronic Materials* , Volume 19, pages 1003–1005, (1990).
- [18] Raghad Rahman Mahdi, Sameer Atta Makki,"Synthesis and Properties of Cadmium Oxide Thin Films Prepared By Simple Chemical Method" *Energy Procedia*, Vol157, P 261-269, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.189>.
- [19] Mark K. Debe, "Tutorial on the Fundamental Characteristics and Practical Properties of Nanostructured Thin Film (NSTF) Catalysts", *Journal of The Electrochemical Society*, 160 (6) F522-F534, 2013, DOI: 10.1149/2.049306jes.
- [20] Parthasarathy Saravanan, Vinod K. Singh,"An efficient method for acylation reactions" ,*Tetrahedron Letters*, Vol40, Iss 13, P 2611-2614,1999, [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(99\)00229-4](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(99)00229-4).
- [21] R. Ghosh, S.Maiti and A. Chakraborty , " Facile catalyzed acylation of alcohols, phenols, amines and thiols based on ZrOCl₂·8H₂O and acetyl chloride in solution and in solvent-free conditions", *Tetrahedron Letters* ,Vol 46, Iss 1, P 147-151,2005, <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2004.10.164>.
- [22] D.H . Cho, J.G. Kim and D.O. Jang , Bull. Korean , Chem., Soc., 117, (1995): 4413.
- [23] V. singh , V. Sapehiyaia and G.L. Lee, Bull. Korean "Facile and Efficient Method for the Acetylation of Alcohols under Microwave Irradiation", *Bulletin of the Korean Chemical Society*, Vol 25,Iss9, P. 1295.2004, <https://doi.org/10.5012/bkcs.2004.25.9.1295>.
- [24] C.J. Dilegros- Godines et al., "Structure , electrical and optical properties of tin doped cadmium oxide thin films obtained by sol-Gel" *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, Vol70, p 500–505, 2014.
- [25] M.A Rahman, M.K.R.Khan, Effect of annealing temperature on structural , electrical and optical properties of spray pyrolytic.nanocrystalline CdO thin films, *Materials science in semiconductor processing* . 24 (2014): 26-33.<https://doi.org/10.1016/j.mssp.2014.03.002>
- [26] Tadjarodi, M. Imani ,"Synthesis and characterization of CdO nanocrystalline structure by mechanochemical method" *Materials Letters*, Vol 65, Iss 6, P1025-1027,2011, <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2010.12.054>.
- [27] 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.
- [28] K. N. Tu, Rosenberg , " Preparation And Properties of Thin Films", Academic Press, New York, 1982.
- [29] 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. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2012.04.087>.
- [30] W. Kitteland E. A. De Wolf .“Soft multihadron dynamics”. World Scientific. 2005.
- [31] 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.
- [32] E.Weingartner, H.Saatho, M., Schnaiter, et al., “Absorption of light by sootParticles: 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](https://doi.org/10.1016/S0021-8502(03)00359-8).
- [33] A. Kurt, “Influence of AlCl₃ 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.
- [34] 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](https://doi.org/10.1016/j.cap.2004.12.009).

- [35] R. Kumaravel, K. Ramamurthi, Indra Sulania, K. Asokan, D. Kanjilal, D.K. Avasti, P.K. Kulria, "Effect of swift heavy ion irradiation on structural, optical and electrical properties of spray deposited CdO thin films", *Radiation Physics and Chemistry*. 3(80), 2011,435-439. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2010.09.013>

دراسة تأثير التشعيع على بعض الخصائص البصرية لأغشية أكسيد الكاديوم المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري

محمد صالح سنجار⁽¹⁾, مشتاق عبد داود الجبوري⁽²⁾، حنان حسن الجديري⁽³⁾

^(1,2) قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق
⁽³⁾ قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا

الخلاصة

في هذه الدراسة تم تحضير أغشية رقيقة من أكسيد الكاديوم (CdO) باستخدام طريقة التحلل الحراري الكيميائي. تم ترسيب الغشاء على ركيزة زجاجية بأبعاد $(2.5cm \times 2.5cm \times 1mm)$ وعند درجة حرارة $(400^\circ C)$ بضغط (2) بار. تم إجراء ما مجموعه 20 عملية رش، حيث استمرت كل رشة حوالي 10 s، وفاصل زمني 180s بين الرشات. تم إنشاء نظام تحليل كيميائي مخصص لتسهيل تحضير مواد الأغشية الرقيقة لهذا البحث. بعد ذلك، تم تعريض الأغشية المحضرة للأشعة فوق البنفسجية UV لمدة خمس ساعات، مع استمرار كل جلسة تشعيع لمدة ساعة واحدة. تم تسجيل أطياف الامتصاص والنفاذية بعد كل ساعة من التشعيع عبر نطاق الطول الموجي $(350-950)nm$ باستخدام مقياس الطيف الضوئي مزدوج الحزمة (UV-VIS Double Beam Spectrophotometer). أشارت النتائج إلى أن الامتصاصية تختلف باختلاف الطول الموجي، حيث يتناقص طيف الامتصاص مع زيادة زمن التشعيع ليصل إلى الحد الأدنى في نهاية الساعة الخامسة. على العكس من ذلك، أظهرت النفاذية زيادة مباشرة مع فترات تشعيع أطول. بالإضافة إلى ذلك، لوحظ أن فجوة الطاقة تتناقص مع زيادة زمن التشعيع، التي تتراوح من 2.511eV إلى 2.458eV خلال فترة من $(0-5)hr$ ، مع إجراء القياسات على فترات زمنية مدتها ساعة واحدة. أظهر تحليل بعض الثوابت الضوئية انخفاض معامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار مع زيادة زمن التشعيع.