

## تحسين كفاءة كاشف الأشعة فوق البنفسجية باستخدام البوليمر بولي مثيل ميثا اكريلات كطلاء

## للغشاء الرقيق اوكسيد القصدير

عبد الحسين خضير الطيف أشواق عبد الحسين جبر حيدر محمد عجيل

وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة بحوث المواد

بغداد- العراق

## الخلاصة

حضرت في هذا البحث أغشية اوكسيد القصدير ( $\text{SnO}_2$ ) الرقيقة بطريقة الرش الكيميائي الحراري وذلك برش محلول مكون من مادة كلوريدات القصدير المائية ( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) المذاب في الماء المقطر بتركيز (0.1M) على شرائح زجاجية مسخنة إلى درجة حرارة  $400\text{ C}^\circ$ . بينت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) مما يعني جميع الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور. كما ودرست الخصائص البصرية ضمن منطقة الأطوال الموجية فوق البنفسجية والمرئية وتضمنت قياسات النفاذية والامتصاصية ومعامل الامتصاص وفجوة الطاقة والتي كانت (3.65 eV) قبل التلدين وحوالي (3.8 eV) بعد التلدين. كذلك قيس خصائص الاستجابة الطيفية للكواشف المصنعة في مدى الأشعة فوق البنفسجية وكانت الاستجابة الطيفية لها بحدود (0.15A/W). جرى تحسين الاستجابة الطيفية بواسطة طلاء أغشية ( $\text{SnO}_2$ ) بطبقة رقيقة بسمك (200 nm) من البوليمر نوع (PMMA) بولي مثيل ميثا اكريلات ذي الامتصاصية العالية لتلك الاشعة، حيث وصلت الاستجابة الطيفية إلى (1.62 A/W) عند الطول الموجي (385nm) وفولتية انحياز (10V).

**الكلمات المفتاحية:** اوكسيد القصدير، الرش الكيميائي، كاشف بصري، الاشعة فوق بنفسجية والاستجابة الطيفية.

### Improving the Efficiency of Ultra Violet Detector Using Polymethyl-Metha Acrylate Polymer as Coating for Tin Dioxide Thin Film.

Abdulhusain Khudhair Elttayef Ashwaq Abdulhusain.jabor Hayder Mohamed.Ajil

Ministry of Science and Technology / Director of Materials Research

Baghdad -Iraq

E-mail:aelttayef@yahoo.com

**Abstract**

In this work, ( $\text{SnO}_2$ ) thin films were prepared by thermal chemical spray pyrolysis technique using mixture of tin chloride hydrate ( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) with molar concentration of (0.1M) at glass substrate of temperature  $400\text{ C}^\circ$ . X-ray diffraction analysis indicated that all the prepared films have polycrystalline structure.

Optical properties of the films were determined by studying the ultraviolet and visible spectrum which include transmittance, absorptance, absorption coefficient and energy gap which have a value of (3.65eV) before annealing and about (3.8 eV) after annealing. The spectral responsivity of the uncoated detector in UV range was (0.15 A/W). The photo response enhancement of the photoconductive detector is improved by coating ( $\text{SnO}_2$ ) films with 200nm (PMMA) polymer. The results showed that the responsivity is increased more than that for uncoated ( $\text{SnO}_2$ ) and it reached (1.62 A/W) at (385nm) and (10V) bias voltage.

**Keywords:** Tin Oxid, Chemical Spry, Optical Detector and Optical Responsivity.

وتم الحصول على استجابة بحدود (0.03A/W) للطول الموجي (365nm). ولتعزير قيمة الاستجابة لهذه الكواشف تم استخدام أنواع كثيرة من البوليمرات والتي تمتاز بإمتصاصيتها العالية في المنطقة الطيفية فوق بنفسجية فوق المنطقة الحساسة للكاشف (SnO<sub>2</sub>) ووجد إن قيمة الحساسية والاستجابة للكاشف تتحسن بصورة واضحة (Shi, et al., 2007) في هذا البحث تم تحضير غشاء (SnO<sub>2</sub>) الرقيق بطريقة الرش الكيميائي الحراري ومنه تم تصنيع كاشف التوصيل الضوئي للأشعة فوق البنفسجية درست خصائصه للكشفية والتحسسية قبل وبعد إضافة طبقة رقيقة من البوليمر بولي مثيل ميثا اكريلات [PMMA].

#### المواد وطرائق العمل

#### الخصائص البصرية

#### 1-النفذية والامتصاصية :

عندما تكون طاقة الفوتون الساقط أقل من فجوة الطاقة فأن الفوتون سوف ينفذ وتعطي النفذية للغشاء بالعلاقة . .

$$T = (1-R) e^{-\alpha t} \quad \dots (1)$$

حيث أن :

T: النفذية، R: الانعكاسية، t: سمك الغشاء (nm)

من المعادلة رقم(1) (Shi, et al., 2007). وعلى اعتبار إن الانعكاسية قليلة فان:-

$$T = \exp(-\alpha t b) \quad (2)$$

أما الامتصاصية فإنها تساوي:-

$$\dots(3) \quad \dots \log_{10} (1/ T)$$

A يمكن حساب الانعكاسية من المعادلة

الآتية

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

#### 2 \_ معامل الامتصاص ( $\alpha$ )

يعرف معامل الامتصاص بأنه نسبة النقصان في فيض طاقة الشعاع الساقط بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتون الساقط (hv) وعلى خصائص شبه الموصل من حيث نوع الانتقالات

تعتبر مادة (SnO<sub>2</sub>) من اكاسيد التوصيل الشفافة ذات فجوة الطاقة العريضة وهي مادة ذات لون ابيض وزنها الجزيئي (150.7g/mol) وكثافتها (6.95g/cm<sup>3</sup>) ودرجة انصهارها 1630°C ودرجة غليانها °C (1800-1900). استعملت أغشية (SnO<sub>2</sub>) الرقيقة في كثير من الأجهزة الكهروبصرية وفي الخلايا الشمسية إضافة إلى أجهزة التحسس والكشف عن الغازات وتطبيقات صناعية أخرى

(Batzill and Diebold, 2005

; Bagheri and Shokooh, 2003)

ونتيجة للتطور العلمي فقد تطورت طرق تحضير الأغشية الرقيقة وأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه وتعددت طرائقها وأصبح لكل طريقة خصوصيتها ومميزاتها لتؤدي الغرض الذي استعملت من اجله وان اختيار الطريقة المناسبة لتحضير الغشاء يعتمد على عوامل عدة أهمها مجال استعمال الغشاء ونوع المواد المستعملة في التحضير وكلفة التحضير Chopra and

(Kour , 1988). لقد تم اختيار طريقة سهله من

حيث أجهزتها و كلفتها لتحضير أغشية رقيقة من مادة (SnO<sub>2</sub>) وهي طريقة الرش الكيميائي الحراري حيث تمتاز هذه الطريقة بأنه يمكن بواسطتها تحضير أغشية مواد ذات درجات انصهار عالية وذات تجانس جيد وبمساحات كبيرة. يمكن

استخدام هذه الطريقة في الظروف الجوية الاعتيادية (Shi, et al 2007). كذلك فان من أهم الفوائد لاستخدام هذه الطريقة هي تحضير أغشية رقيقة مكونة من مزيج من مادتين أو أكثر والتي يصعب الحصول عليها من الطرائق الأخرى.

استعملت (SnO<sub>2</sub>) كمتحسسات لكثير من الغازات الملوثة مثل (H<sub>2</sub>S) وبتراكيز واطئة جدا (Chow, et al.,2002).

إضافة إلى استخدامها ككواشف للأشعة فوق البنفسجية (Lou. Et al., 2006)

B ثابت يعتمد على نوع المادة

$E_{ph}$  طاقة الفوتون المساعد

$\pm$  الإشارة الموجبة تعني امتصاص فوتون والإشارة السالبة تعني انبعاث فوتون فعند رسم العلاقة بين  $(\alpha hv)^{1/2}$  وبين طاقة الفوتون الساقط  $(hv)$  سوف يكون لدينا منحني يحوي على خطين مستقيمين أحدهما بعد قيمة حافة الامتصاص الأساسية ويقطع محور الطاقة عند  $\alpha = 0$   $(hv)^{1/2}$  والآخر يقطعها عند قيمة اقل من قيمة حافة الامتصاص الأساسية والذي يمكن من خلاله حساب طاقة الفوتون المساعد. وبنفس الطريقة نجد فجوة الطاقة المحظورة للمحظورة للانتقالات الالكترونية غير المباشرة الممنوعة عند رسم العلاقة بين  $(\alpha hv)^{1/3}$  وطاقة الفوتون  $(hv)$ .

#### 4\_ حساب الاستجابة الطيفية والريح

حسبت الاستجابة الطيفية للكواشف بأستخدام المعادلة التالية:

$$R = \frac{I_{ph}(\text{التيار})}{P_{in}(\text{القدرة الداخلة})} \dots \dots (9)$$

(Lou, et al., 2006)

حيث  $I_{ph}$  التيار الضوئي الساقط ،  $p_{in}$  قدرة المصدر الساقطة

كذلك فأن الريح للتيار الضوئي يمكن إن يحسب بما يلي:

$$G = \frac{I_{ph}}{I_d} \dots \dots (10)$$

حيث  $I_d$ : تيار الظلام

#### المواد وطرائق العمل

حضرت أولاً الأرضيات الزجاجية التي نظفت بالماء المقطر وكحول الايثانول في جهاز الأمواج فوق الصوتية وجففت في فرن كهربائي بدرجة  $100^\circ\text{C}$  ولمدة 15min ومن ثم وضعت على السخان الكهربائي لمدة لا تقل عن 30min تقريباً وبدرجة حرارة  $400^\circ\text{C}$ . حضر محلول كلوريدات القصدير المائية وذلك بإذابة 5.5 غرام من مادة  $(\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$  في 5ml من حامض

الالكترونية التي تحدث بين حزم طاقاته وفجوة الطاقة المحظورة له وقد تم حساب معامل الامتصاص من المعادلة الآتية:-

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

حسبت قيم  $(\alpha)$  لكل نسبة تشويب وذلك من خلال إيجاد الطاقة للطول الموجي الأحادي للصدويوم (589.3 nm) باستخدام معادلة بلانك :-

$$E = h c / \lambda \dots \dots (6)$$

#### 3- حساب فجوة الطاقة المحظورة للانتقالات الالكترونية المباشرة

حسبت فجوة الطاقة المحظورة للانتقال المباشر المسموح من المعادلة الآتية :-

$$(A hv) = A (hv - E_g)^r \dots \dots (7)$$

(Lou, et al., 2006)

حيث تكون:

$r=1/2$  للانتقال المباشر المسموح

$r=3/2$  للانتقال المباشر الممنوع

ويرسم العلاقة بين  $(\alpha hv)^2$  وطاقة الفوتون  $(hv)$  ويمد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة  $[(\alpha hv)^2 = 0]$  فنحصل على قيمة طاقة الفجوة. وبمعنى آخر فان  $E_g = hv$  اي ان نقطة القطع تمثل قيمة فجوة الطاقة المحظورة للانتقال المباشر والمسموح كذلك عند رسم العلاقة بين  $(\alpha hv)^{2/3}$  وطاقة الفوتون  $(hv)$  وبنفس الطريقة نجد فجوة الطاقة المحظورة للانتقال المباشر الممنوع حساب فجوة الطاقة المحظورة للانتقالات الالكترونية الغير مباشرة يتم حساب فجوة الطاقة المحظورة للانتقالات الالكترونية الغير مباشرة من المعادلة الآتية:-

$$ahv = B(hv - E_g \pm E_{ph})^r \dots \dots (8)$$

(Lou, et al. 2006)

حيث  $r = 2$

للانتقالات الالكترونية غير المباشرة المسموحة

$r = 3$  للانتقالات الالكترونية غير المباشرة الممنوعة

XR-Diffractometer-6000) Shimadzu معرفة نوعية التركيب البلوري للأغشية الرقيقة. أما جهاز AFM فتم استخدامه لقياس طبوغرافية السطح والحجم الحبيبي للأغشية المحضرة. إن كاشف التوصيل الضوئي للأشعة فوق البنفسجية من أغشية (SnO<sub>2</sub>) فصنعت بترسيب أقطاب الألمنيوم على تلك الأغشية باستخدام طريقة التبخير الحراري من خلال اقنعة مصنعة لهذا الغرض بحيث إن المسافة بين القطبين بحدود 1 ملم كما درست الخواص الكشفية لكاشف SnO<sub>2</sub> من خلال قياسات تيار جهد في حالتي الظلام و الإضاءة بدايود الأشعة فوق البنفسجية ذا قدرة 1mw وطول موجي 385nm قيست الاستجابة الطيفية، ولتحسين الاستجابة الطيفية رسبت طبقة رقيقة بحدود 200mm من البوليمر نوع (PMMA) فوق المنطقة الحساسة للكاشف والتي لها قابلية امتصاص عالية للأشعة فوق البنفسجية. ولدنت الاغشية المحضرة بدرجة حرارة 300°C ولمدة 50 دقيقة.

### النتائج والمناقشة

#### الفحص بالمجهر الضوئي

يبين الشكل (1) نتائج الفحص المجهرية لأغشية (SnO<sub>2</sub>) الرقيقة قبل وبعد التلدين حيث نلاحظ وجود تفرعات شجيرية تشير الى مراحل نمو بدائية قد تحصل للغشاء ونلاحظ اختفاء اغلب العيوب السطحية والتقوب وظهور الحدود الحبيبية بشكل واضح بعد التلدين، وهذا يشير إلى تحسن التركيب البلوري للغشاء إي تحسن في خصائص الغشاء.

#### فحص الأشعة السينية

تم التعرف على تركيب الأغشية المحضرة حسب الشكل (2) إذ تبين أنها ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع الرباعي وباتجاهية سائدة (110,101,200,211) قبل وبعد التلدين. ويلاحظ من هذا الشكل الارتفاع الواضح للقمم بعد التلدين

الهيدروكلوريك المركز ووضع المحلول على سخان بدرجة حرارة 90 °C لمدة 10 دقائق ومن ثم اضيف الميثانول الى ان يصبح الحجم 50 ml مع الاستمرار في الخلط باستخدام خلاط مغناطيسي. وبعد اكمال عملية الاذابة حصل على محلول رائق متجانس رش بواسطة منظومة الرش الكيماوي الحراري وبمعدل رش 2.5ml/min وان زمن الرش حوالي 10 ثانية تعقبها فترة توقف قدرها 2 ثانية حتى تعود القاعدة الزجاجية الى درجة حرارتها الأصلية ثم يستأنف الرش لعدة مرات حسب سمك الغشاء المطلوب تحضيره و يراعى إن تدور العينات بين فترة وأخرى لضمان الحصول على غشاء منظم ترك لمدة ساعة بعد إكمال عملية الرش لتأكد الغشاء بشكل جيد ولتجنب تكسر الغشاء عند محاولة رفعه بصورة مفاجئة نتيجة لاختلاف درجات الحرارة. اعتمدت الطريقة الوزنية في حساب السمك إذ تم وزن القواعد قبل ترسيب الغشاء عليها ويعاد الوزن بعد الترسيب ، وقد استعمل لهذا الغرض ميزان حساس نوع (Mettler H.K-160) ذو حساسية (10<sup>-4</sup> gm) ومن معرفة مساحة وكثافة المادة المرسبة حسب سمك الغشاء الرقيق من المعادلة

$$t = \frac{\Delta m}{\rho A_r} \dots (11) \text{التالية:}$$

حيث إن:

$$t = \text{سمك الغشاء}$$

$$A_r = \text{مساحة الغشاء}$$

$$M\Delta = (\text{كتلة القاعدة بعد الترسيب} - \text{كتلة القاعدة قبل الترسيب})$$

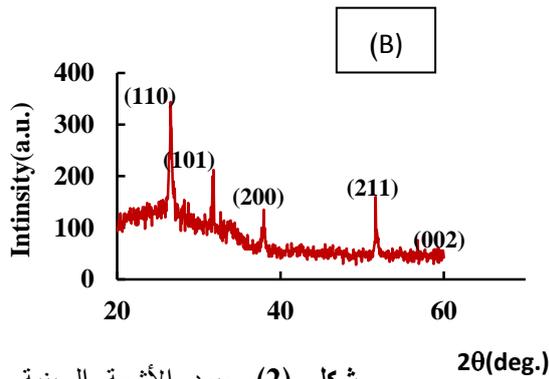
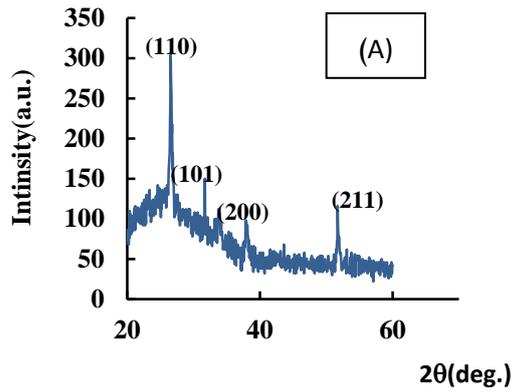
$$\rho = \text{كثافة المادة المرسبة ومقدارها } 6.95 \text{ g/cm}^3$$

قيست الخصائص البصرية للأغشية الرقيقة من خلال دراسة طيف النفاذية والامتصاصية باستعمال مطياف نوع

(210A Double Beam Spectrophotometer U.V Visible)

ذو الحزمتين وضمن الطول الموجي 320- 850nm و استخدام جهاز حيود الأشعة السينية نوع

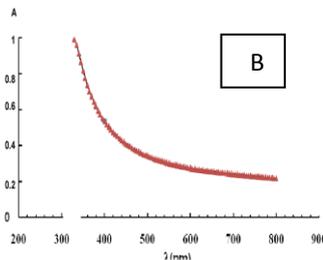
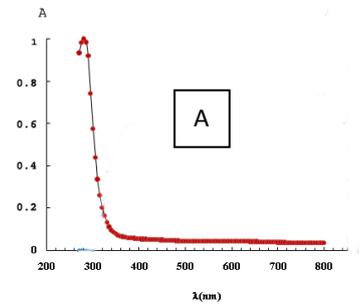
ويعزى ذلك إلى تحسن التبلور وتناقص العيوب البلورية.



شكل (2) حيود الأشعة السينية

لغشاء SnO<sub>2</sub>

(A) قبل و (B) بعد التلدين عند سمك 300 nm



شكل (3) طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي

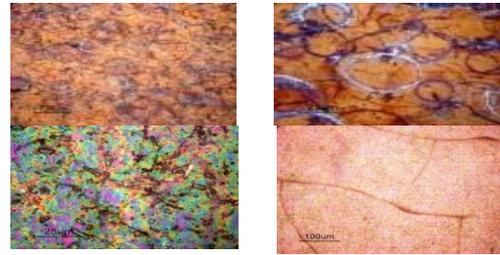
عند سمك 300 mm (A) قبل و (B) بعد التلدين.

### الخصائص البصرية

#### طيف النفاذية والامتصاصية

أجريت قياسات طيف الامتصاصية والنفاذية ضمن الأطوال الموجية للطيف المرئي وفوق البنفسجي (300-800nm) لأغشية (SnO<sub>2</sub>) المحضرة بسمك (300nm) كما مبين بالشكل (3) حيث يلاحظ إن الامتصاصية تكون ذات قيمة عظمى في مدى الأشعة فوق البنفسجية وتقل مع زيادة الطول الموجي إما النفاذية فتزداد بازدياد الطول الموجي. أما التلدين فقد أدى إلى تقليل قيمة الامتصاصية وزيادة النفاذية والسبب في ذلك يعزى إلى زيادة درجة بلورية الغشاء الرقيق نتيجة لزيادة حجم الحبيبات بعد التلدين.

(A) قبل التلدين (B) بعد التلدين

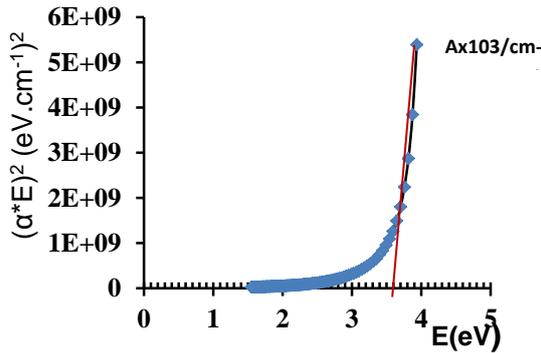


شكل (1) صور المجهر الضوئي لغشاء SnO<sub>2</sub> قبل و بعد التلدين عند التكبير X1000

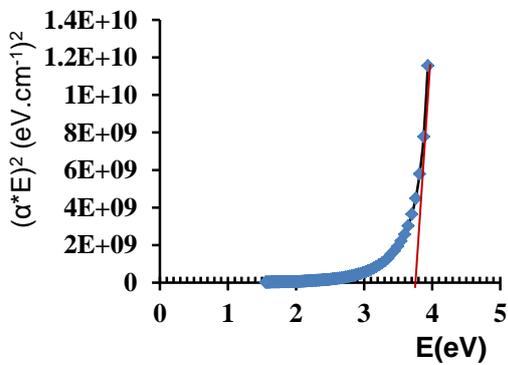
## حساب فجوة الطاقة

حسبت فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح برسم العلاقة الخطية بين  $(\alpha hv)^2$  وبين طاقة الفوتون الساقط  $(hv)$  كما هو مبين بالشكل (5) ومد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة  $0 = (\alpha hv)^2$ . وبمعنى آخر  $(E_g = hv)$  اي ان نقطة القطع تمثل قيمة فجوة الطاقة الممنوعة  $(E_g)$  للانتقال المباشر المسموح والتي كانت  $(3.65 \text{ eV})$  قبل التلدين وحوالي  $(3.8 \text{ eV})$  بعد التلدين وذلك يعزى الى ان التلدين ادى الى زيادة تبلور الغشاء وتقليل العيوب البلورية وبالتالي تقليل المستويات الموضعية بين حزمتي التكافؤ والتوصيل مما يؤدي الى زيادة فجوة الطاقة الممنوعة.

(A)



(B)

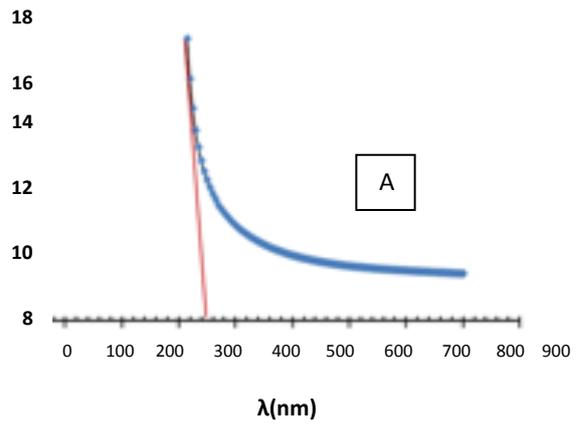


شكل (5) فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح لغشاء  $\text{SnO}_2$  عند سمك 300nm (A) قبل و (B) بعد التلدين.

حساب معامل الامتصاص  $(\alpha)$ 

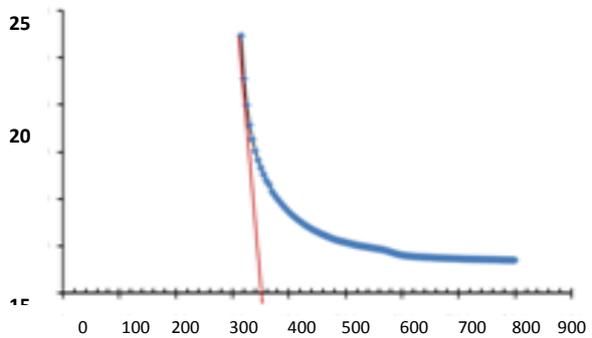
حسب معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي كما مبين بالشكل (4) ويلاحظ بان قيم معامل الامتصاص  $(\alpha)$  لأغشية  $(\text{SnO}_2)$  هي بحدود  $(\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1})$  حيث إن جزء من المنحني يكون فيه تغير معامل الامتصاص بطيئاً في منطقة الطاقات الواطئة وفيها تكون احتمالية الانتقالات الالكترونية قليلة والجزء الأخر من المنحني يمثل الامتصاص العالي ويدل على احتمالية كبيرة للانتقالات الالكترونية وهذه المنطقة تمثل حافة الامتصاص الآسية.

20



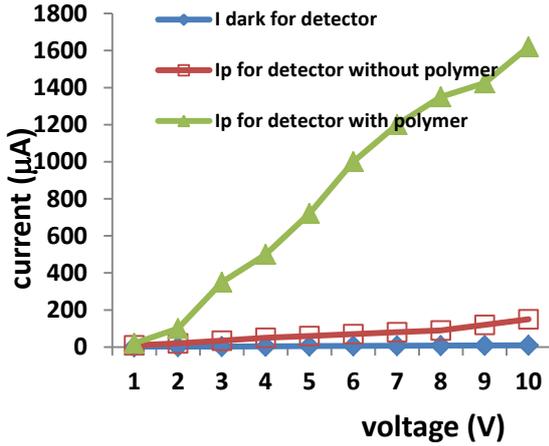
4

30



10

شكل (4) معامل الامتصاص بوصفه دالة للطول الموجي لغشاء  $\text{SnO}_2$  عند سمك 300 nm (A) قبل و (B) بعد التلدين



شكل (7) العلاقة بين التيار والفولتية لكاشف SnO<sub>2</sub>

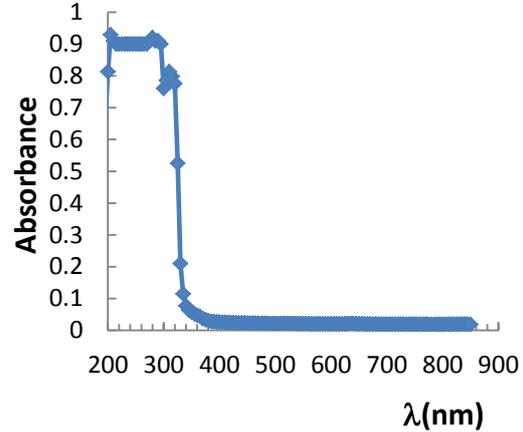
كما قيست الاستجابة الطيفية للكاشف المصنع باستخدام العلاقة (9)، حيث وجد بان قيمة الاستجابة للكاشف المصنع وبدون استخدام البوليمر كانت حوالي (0.15 A/W) وتزداد الى (1.62 A/W) عند طلاء الكاشف بطبقة رقيقة من البوليمر بسمك 200 nm. هذه النتيجة تبين التأثير الكبير للبوليمر لتحسين استجابة الكاشف. ويمكن تحليل ذلك إلى إن البوليمر أدى إلى استحداث مستويات طاقة جديدة والتي تقع ضمن فجوة الطاقة لمادة SnO<sub>2</sub> كمستويات موضعية تزيد من احتمالية استثارة وانتقال الإلكترونات إلى حزمة التوصيل عند تعريض الكاشف إلى الأشعة. وبالتالي زيادة الاستجابة للكاشف المصنع نتيجة لزيادة التيار الضوئي الناتج. إما قيمة الربح للكاشف المصنع فتم حسابه من المعادلة (10) وكانت (100) بالنسبة للكاشف الغير مطلي بالبوليمر و (1080) للكاشف مع طلاء البوليمر.

#### الاستنتاجات:

1- التلدين أدى الى زيادة تبلور الغشاء وتقليل العيوب البلورية وبالتالي تقليل المستويات الموضعية بين حزمتي التكافؤ والتوصيل وزيادة فجوة الطاقة الممنوعة.

2- نتائج حيود الاشعة السينية اثبتت بان الاغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور.

مواصفات البوليمر المستخدم هو من النوع بولي مثيل ميثا اكريلات حيث يمتاز بامتلاكه امتصاصية عالية بحدود (0.9~) ضمن مدى الأشعة فوق البنفسجية (200-330nm) كما في الشكل (6)



شكل (6) طيف الامتصاصية للبوليمر (PMMA) المستخدم مع الكاشف.

#### خصائص التيار فولتية

حسبت خصائص التيار - فولتية للكاشف المصنع كما في الشكل (7) حيث يلاحظ من الشكل بان تيار الظلام وكذلك تيار الإضاءة بعد تعريض الكاشف إلى مصدر أشعة فوق بنفسجية بطول موجي (385nm) وطاقة حوالي (1mW) يزداد خطياً بزيادة الفولتية المسلطة وهذا يشير إلى الطبيعة الأومية للكاشف. ومن المهم الإشارة إلى إن هناك زيادة واضحة بالتيار الضوئي للكاشف (SnO<sub>2</sub>) المطلي بطبقة من البوليمر تكون أكثر بالمقارنة بالزيادة الحاصلة بالكاشف غير المطلي بطبقة البوليمر بحيث لوحظ بان اعلى قيمة للتيار الضوئي والمسجلة للكاشف المطلي للبوليمر بحدود (1620µA) بينما كانت قبل الطلاء بحدود (µA 150).

3- طلاء الاغشية المحضرة بطبقة رقيقة من البوليمر ( PMMA ) ادى الى زيادة الامتصاصية البصرية للأشعة فوق البنفسجية وبالتالي تحسين قيمة الاستجابة الطيفية والريح الكلي للكاشف المصنع .

### References

**Bagheri**, M.M. and Shokooh, M. (2003) Structural, Electrical, Optical, Thermo Electrical, and Photoconductivity of  $\text{SnO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ .Thin films ,441,P238 -242.

**Batzill**, M. and Diebold, U., (2005) Review the Surface and Materials Science of Tin Oxide, Progress in Surface Science, 79,147-155.

**Chopra**, K.L Das, S.R (1983) Thin Film Solar cell ,( Plerum, New York ) P.195 .

**Chow**, A.; Sreevas, K.and Raw, K.V (2002) Study of Oxygen Vacancies in  $\text{SrTiO}_3$  by Position Ahhihi.J.Appl.Phys, 92,112-126.

**Lou**, L.; Maw, S.S and Lin, L., (2006) Fabrication and Characterization of ZnO NanoWire Based Ultra Violet Photodiode Sensor and Ctutors. 127, 201.

**Shi**,M; Parky,M and Wor,z.l,(2007) Enhancing the Photon and Gas Sensing ,Properties of a Singh  $\text{SnO}_2$  Nano Wire Based Nano Device by device ,J.Am.Chem.Soc 129, 12096 -12105.