

دراسة تحليلية لطيف الأشعة تحت الحمراء لمركب $\text{SnO}_2:\text{Sb}(4\text{wt}\%)$

د. أحمد خضرو*

د. طلال خلاص**

سامية حاج نجيب***

(تاريخ الإيداع 3 / 11 / 2019. قُبل للنشر في 28 / 9 / 2020)

□ ملخص □

لقد جذبت البلورات النانوية لأوكسيد المعادن شبه الموصله اهتماماً كبيراً بسبب خصائصها المثيرة للاهتمام لذلك جاءت دراستنا لبعض الخصائص الفيزيائية لمركب أوكسيد القصدير النقي والمشاب بالأنتموان، أظهرت قياسات طيف الأشعة تحت الحمراء لأوكسيد القصدير النقي وجود ترددات اهتزازية أبرزها لها الطاقتين $574.683, 415.585 \text{ cm}^{-1}$ ، وتبين وجود ترددات اهتزازية لأوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) وأبرزها لها الطاقتين $669.178, 417.513 \text{ cm}^{-1}$ ، وأظهرت الدراسة بأن أكبر قيمة للامتصاصية ومعامل الامتصاص، كانت في عينة أوكسيد القصدير المشابة بالأنتموان وهي على الترتيب $A=0.7560$ ، $\alpha=17.389 \text{ cm}^{-1}$ ، عند التردد الاهتزازي ذي الطاقة $\nu=3447.13 \text{ cm}^{-1}$ ، كما أظهرت الدراسة أن قرينة انكسار أوكسيد القصدير النقي تتراوح بين (1.832 – 2.371)، أما بالنسبة لأوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان كانت قيمة قرينة الانكسار بين (1.709 – 2.643).

الكلمات المفتاحية: أوكسيد القصدير، طيف الأشعة تحت الحمراء، الامتصاصية، معامل الامتصاص، قرينة الانكسار.

* أستاذ - قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

** أستاذ مساعد - قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - فيزياء الجسم الصلب، كلية العلوم، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

Analytical Study of Infrared Spectrum for SnO₂:Sb(4wt%) Compound

Dr. Ahmad khadro*
Dr. Talal khalas**
Samia Haj Najeeb***

(Received 3 / 11 / 2019. Accepted 28 / 9 /2020)

□ ABSTRACT □

The nanocrystals of semi-conductive metal oxides attracted great attention because of their interesting properties. Therefore, our study of some physical properties of the pure and Sb doping Tin Oxide compound. The measurement of the infrared spectrum of pure tin oxide compound shows vibrational frequencies which has two energy (415.585, 574.683) cm⁻¹ and the Sb doping Tin Oxide with a rate of (4wt%) shows vibration frequencies and the most prominent is which has two energy (417.513, 669.178) cm⁻¹. the study showed that the largest value of the absorbance, absorption coefficient was in the sample Sb doping Tin Oxide compound respectively are $A=0.7560$, $\alpha=17.389$ cm⁻¹, at the vibrational frequency 3447.13 cm⁻¹, and the refractive index for pure tin oxide ranged from (1.832 - 2.371). As for the Sb doping Tin Oxide compound, the refractive index value was between (1.709-2.643).

Keywords: Tin Oxide, infrared spectrum, absorbance, absorption coefficient, refractive index.

* Professor - Physics Department, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

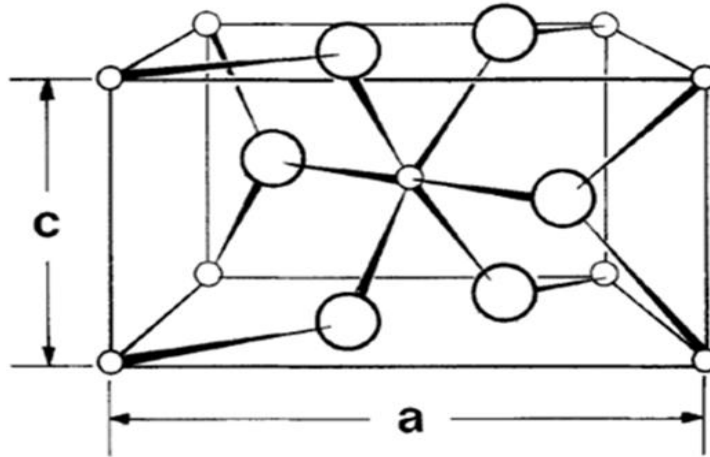
** Associate Professor - Physics Department, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

*** Postgraduate Student (MSc) - Physics Department, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

الأكاسيد الشفافة الناقلة (TCO) Transparent Conductor Oxide هي مواد هامة من الناحية التكنولوجية ولها نطاق واسع من التطبيقات في الالكترونيات الشفافة، والخلايا الشمسية، وشاشات العرض المسطحة وغيرها. حيث تجمع هذه المواد خواص فريدة من نوعها كونها شفافة ضوئياً وموصلة كهربائياً ومن هذه المواد In_2O_3 , ZnO , SnO_2 . إن أكسيد القصدير SnO_2 أكسيد معدن نصف ناقل من النوع n، بفجوة طاقة واسعة 3.6eV ، ومقاومة كهربائية منخفضة، وشفافية ضوئية عالية %80 في المجال المرئي للطيغ الكهرومغناطيسي [1].

يتبلور أكسيد القصدير وفق بنية رباعية الوجوه Tetragonal من النوع rutile (ثاني أكسيد التيتانيوم المُحمر البلورات)، كما ينتمي إلى المجموعة الفراغية P42/mnm بالإضافة لذلك تحوي خلية الوحدة لأوكسيد القصدير على ست ذرات، ذرتي قصدير وأربع ذرات أوكسجين كما في الشكل (1) حيث تكون ثابت الشبكة $a=b=4.7382\text{\AA}$ ، $c=3.1871\text{\AA}$ ، وتكون نسبة c/a (0.673)، ويكون نصف القطر الأيوني 1.40\AA لأيون O^{2-} 0.71\AA لأيون Sn^{2+} [2].



الشكل (1): البنية البلورية لأوكسيد القصدير SnO_2 . الدوائر الصغيرة تشير إلى مواقع ذرات القصدير، الدوائر الكبيرة تشير إلى مواقع ذرات الأوكسجين [2].

وبسبب المجال المحطور العريض تظهر حافة امتصاص في المجال فوق البنفسجي ($0.36\mu\text{m}$) مما يجعل هذا المركب شفاف للأشعة المرئية القريبة من الأشعة تحت الحمراء [3].

لأوكسيد القصدير تطبيقات متعددة الأوجه في مجالات استشعار الغازات [4]، وتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية [5]، الأقطاب الناقلة الشفافة، الطلاء [6]. وتعتمد الخواص الالكتروضوئية لأوكسيد القصدير على وجود الشوائب وخصائصها الكيميائية فيما يتعلق بفراغات الأوكسجين Oxygen Vacances الناتجة عن عدم التكافؤ الجزئي للأوكسيد، ويمكن تصنيع هذا الأوكسيد في مجموعة متنوعة من الأشكال والأحجام باستخدام تقنيات تصنيع مختلفة مثل: الرش الحراري [7]، التحليل [8]، طريقة Sol-Gel [9]، الاقتلاع بالليزر [10]، ترسيب البخار الكيميائي CVD [11]، تفاعل الحالة الصلبة [12].

تم تحضير أفلام رقيقة من أكسيد القصدير النقي والمشاب بالفلور بتركيز إشابة وزنية مختلفة (5-20%) باستخدام تقنية البخ الحراري، حيث أظهرت دراسة انعراج الأشعة السينية بأن الأفلام المحضرة متعددة التبلور تملك بنية بلورية

(tetragonal)، كما تم حساب المجال المحظور لهذه الأفلام ووجد أنه يزداد مع زيادة تركيز الإشبابة، ولوحظ أن أقل مقاومة نوعية كانت عند التركيز (15wt%) [13].

تم تحضير مساحيق من أكسيد القصدير النقي والمشاب بالحديد بتراكيز مختلفة (1,3,5,6wt%) حيث تمت دراسة الخصائص البنوية باستخدام تقنية XRD ومطيافية الأشعة تحت الحمراء، حيث أظهرت أطيف الأشعة تحت الحمراء انزياح في مواقع قمم امتصاص (Sn-O) [14].

تم تحضير أفلام رقيقة من أكسيد القصدير النقي والمشاب بالانتيمون (Sb) antimony بطريقة الرش الحراري ودراسة أطيف الأشعة تحت الحمراء، حيث أظهرت النتائج وجود أنماط اهتزاز في الروابط رئيسية لأوكسيد القصدير، كذلك أظهرت الإشبابة انزياح في مواقع حزم الامتصاص Sn-O [15].

تم تحضير أفلام رقيقة من أكسيد القصدير المشاب بالانتيمون بطريقة الرش الحراري عند درجة حرارة للركيزة 520°C، وأظهرت النتائج أن لهذه الأفلام مقاومة صغيرة $0.4 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ من أجل إشابة (5%-0.5) ومعدل نفاذية 80% في المجال المرئي من أجل إشابة 1%، وازدياد قرينة الانكسار من 1.62 إلى 2.64 بازدياد الإشبابة [16].

تم تحضير أكسيد القصدير المشاب بكل من Sb و gadolinium Gd بطريقة الترسيب، تم وصف بنية الجسيمات النانوية باستخدام تقنيات حيود الأشعة السينية XRD، المجهر الإلكتروني النافذ TEM، تحليل فورييه لطيف الأشعة تحت الحمراء FTIR، وأظهرت نتائج هذه الدراسة مقاومة للجسيمات 0.29Ω.cm، وتظهر مطيافية FTIR قمة اهتزاز في المجال الطاقى $(451-723) \text{ cm}^{-1}$ ووجد أن للجسيمات النانوية امتصاص شديد في المجال الطاقى $(1600-4000) \text{ cm}^{-1}$ [17].

مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

إن مطيافية الأشعة تحت الحمراء هو أحد فروع علم الأطياف الذي يدرس مع المنطقة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي ويشمل مجموعة من التنفيذات وأشهرها مطيافية الامتصاص التي تستخدم في تحديد المجاميع الفعالة في المركبات قيد الدراسة. تعتبر مطيافية الأشعة تحت الحمراء من الطرق الأساسية في دراسة المواد فهي تمكننا من التعرف على بنية المادة من دون التأثير على خصائصها، تعتمد على دراسة الأطياف الممتصة من قبل العينة وفي المجال الطاقى $(20-14000) \text{ cm}^{-1}$.

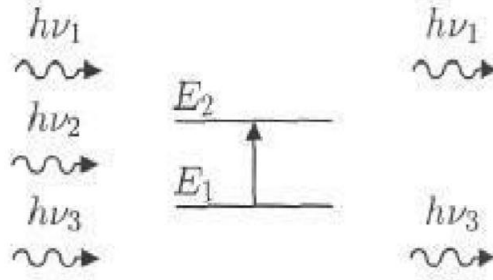
لا تكفي طاقة الإشعاع الأحمر لإحداث إثارة الكترونية في معظم المواد إلا أنها كافية لإحداث اهتزازات امتصاص وانثناء في الروابط. وجميع أنواع الروابط تستجيب لهذا المقدار من الطاقة لتحديث فيها اهتزازات من هذا النوع لذا فإنها تمتص في منطقة تحت الأحمر بشرط أن يؤدي الامتصاص تغير في عزم ثنائي القطب للجزيء dipole moment وهذه الاهتزازات مكممة، وحدثها يعني أن المركب يمتص طاقة تحت الحمراء في جزء معين من الطيف.

إن أغلب التحليلات الطيفية تجري في المنطقة تحت الحمراء الوسطى $(200-4000) \text{ cm}^{-1}$ حيث أن هذه المنطقة تحدث فيها أغلب الاهتزازات الجزيئية، والباحث يجد فيها معلومات كافية لتحديد البنية الجزيئية للمركبات المدروسة.

مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

تهتز الجزيئات الطبيعية تبعاً لجميع أنماط اهتزازها، ولكن بسعات ضعيفة جداً، كما يملك الفوتون حقلاً كهريائياً جيبياً، إذا كان تواتر الفوتون الوارد يوافق تواتر اهتزاز الأنماط العادية للجزيء، فإن الجزيء سوف يدخل في الرنين

ويهتز بسعات كبيرة جداً، أو بعبارة أخرى يُمتص الفوتون الذي طاقته تكون مساوية للطاقة الضرورية للجزيء حتى ينتقل من حالة طاقة منخفضة إلى حالة مثارة، وتتحول طاقته إلى طاقة اهتزاز كما في الشكل (2)



الشكل (2): امتصاص الأشعة تحت الحمراء

إن الفوتون الذي طاقته $h\nu_2$ مساوية لطاقة الانتقال (E_2-E_1) هو الذي يمتص فقط، وبالتالي يحدث خللاً في الإشعاع المرتد. يؤدي امتصاص بعض الفوتونات الواردة إلى ظهور خطوط توافق الفوتونات التي لم يتم ارتدادها ولا تظهر في منحنى طيف ماتحت الحمراء للجزيء، يميز هذا الامتصاص الروابط بين الذرات، وبما أن كل نمط اهتزاز يوافق حركة وحيدة للجزيء فهذا يعني أنه يوجد توافق مباشر بين تواتر الإشعاع الممتص وبنية الجزيء. عندما ترد الأشعة تحت الحمراء إلى وسط فإنها تعاني انعكاساً وامتصاصاً ونفوذاً من الوسط.

تم قياس طيف IR لأوكسيد القصدير النقي والمُشاب بالأنتموان بنسبة إشابة (4Wt%) باستخدام مقياس الطيف المذكور تبين الأشكال (3)، (4) طيف IR لتلك العينات حيث تم قياس:

1- النفاذية T: وتعرف بأنها النسبة بين شدة الإشعاع النافذ إلى شدة الإشعاع الوارد، وقد أخذت من الجهاز نفسه ومن ثم باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة تم حساب المعاملات الضوئية الأخرى.

2- الامتصاصية A: هي النسبة بين شدة الإشعاع الممتص إلى شدة الإشعاع الوارد، وتحسب من العلاقة [18]:

$$A = \log \left(\frac{100}{T\%} \right) \quad (1)$$

حيث: T تمثل النفاذية.

3- الانعكاسية R: هي النسبة بين شدة الإشعاع المنعكس إلى شدة الإشعاع الوارد. وحسب قانون حفظ الطاقة يمكن حساب R من العلاقة [19]:

$$A+R+T=1 \quad (2)$$

4- معامل الامتصاص α : يعرف بأنه النسبة بين النقصان في طاقة الإشعاع الوارد إلى واحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة الضوئية الساقطة داخل الوسط، ويحسب من العلاقة [20]:

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{d} \quad (3)$$

حيث: d=1mm سمك المادة.

5- عامل التخامد k: يعرف بأنه كمية ما تمتصه ذرات المادة المدروسة من طاقة فوتونات الإشعاع الساقط عليها، ويحسب من العلاقة [21]:

$$k = \frac{\alpha}{4\pi\nu} \quad (4)$$

حيث: α معامل الامتصاص.

6- قرينة الانكسار n: وهي النسبة بين سرعة الضوء في الخلاء إلى سرعته في الوسط، وتحسب من العلاقة [22]:

$$n = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (K^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \quad (5)$$

حيث: R تمثل الانعكاسية.

7- الطول الضوئي L: وهو مقلوب معامل الامتصاص [20]:

$$(6) L = \frac{1}{\alpha}$$

8- الناقلية الضوئية σ_{opt} : ترتبط الناقلية الضوئية بمعامل الانكسار وعامل التخماد k وفقاً للعلاقة التالية [23]:

$$nk \sigma_{opt} = \frac{1}{30} \quad (7)$$

أهمية البحث وأهدافه:

أهمية البحث:

- 1) تحديد مجال ترددات الامتصاص لأطياف الأشعة تحت الحمراء لأوكسيد القصدير النقي.
- 2) تحديد مجال ترددات الامتصاص لأطياف الأشعة تحت الحمراء لأوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) .

أهداف البحث:

- 1) دراسة طيف الأشعة تحت الحمراء لأوكسيد القصدير النقي والمشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) .
- 2) ايجاد الترددات الاهتزازية للرابطة Sn-O .
- 3) إيجاد الامتصاصية، معامل الامتصاص الخطي، الانعكاسية، عامل التخماد، قرينة الانكسار، الطول الضوئي والناقلية الضوئية.

طرائق البحث ومواده:

تم استخدام المواد التالية في تحضير العينات:

- أوكسيد القصدير SnO₂ (نسبة النقاوة 99%، الشركة. TITAN BIOTECH LTD، المنشأ الهند).
- الأنتموان Sb (نسبة النقاوة 99%، الشركة. TITAN BIOTECH LTD، المنشأ الهند).

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- ميزان حساس نوع (SARTORIUS) ذو دقة مقدارها gr (10⁻⁴) موجود في كلية العلوم - قسم الفيزياء - جامعة تشرين.
- هاون صغير من العقيق Gate Mortar.
- فرن حراري ذو درجة حرارة عالية (1200°C) مع منظم لدرجات الحرارة موجود في كلية العلوم - قسم الكيمياء - جامعة تشرين.
- مطياف الأشعة تحت الحمراء نوع Jasco FTIR-460plus - المخبر المركزي لكلية العلوم.

تحضير العينات:

تم تحضير العينات بطريقة تفاعل الحالة الصلبة (Solid state reaction) حيث يتم مزج أوزان المساحيق المطلوبة لكل عينة وحسابها بطريقة الوزن الجزيئي وذلك للحصول على المركبات المطلوبة للدراسة حيث Sn_{1-x}Sb_xO₂;

(x=0.0, 0.04) ومن ثم طحن هذه المواد في هاون عقيق طحناً جيداً ليصبح الخليط متجانس وتم غربلتها بغريال 90 µm ثم توضع في وعاء ونضيف الماء المقطر لزيادة عملية المزج ولتجانس المسحوق، ثم نضعه على سخان لمدة 3 ساعات عند درجة الحرارة 100 °C وبواسطة الدوران تحصل عملية المزج والتجانس في المسحوق. بعد ذلك يوضع المسحوق على سخان بتماس مباشر مع الهواء فيتبخر الماء ثم نقوم بعملية تحميص أولية داخل الفرن (pre-sinter) وذلك لزيادة درجة تجانس المزيج حيث نثبت درجة حرارة الفرن على الدرجة 500 °C لمدة ثلاثة ساعات ثم نطفئ الفرن أي نوقف عملية التسخين ونترك العينة داخل الفرن حتى تبرد وتصل إلى درجة حرارة الغرفة وبذلك نتخلص من الشوائب التي تتبخر عند درجات الحرارة المرتفعة.

نقوم بعد ذلك بطحن المسحوق الناتج عن عملية التسخين في مرحلتها الأولى ثم نجري عملية التحميص الثانية حيث نقوم بتهيئة درجة حرارة الفرن على درجة 100 °C لمدة ساعة ثم نقوم برفع درجة الحرارة 50 °C كل 15min حتى نصل لدرجة الحرارة 900 °C حيث نثبت درجة حرارة الفرن عندها لمدة 3 ساعات لكي نحصل على البنية البلورية بشكلها الصحيح.

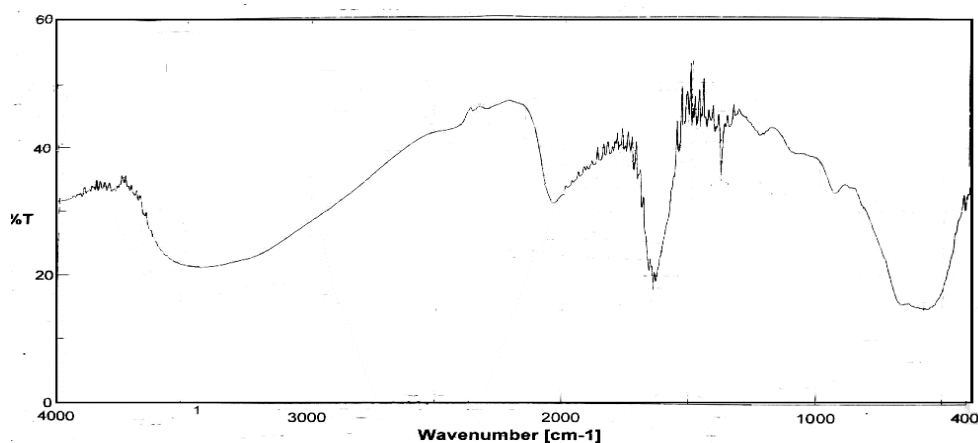
ولدراسة أطيف الأشعة تحت الحمراء تم استخدام جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء وهو جهاز بسيط مكوناته الأساسية هي مصدر للأشعة تحت الحمراء حامل للعينة وكاشف ويعتبر هذا الجهاز من أفضل الأجهزة الطيفية المستخدمة في التعرف على التركيب الكيميائي للمركبات، والموجود في المخبر المركزي لكلية العلوم - جامعة تشرين وهو يقوم بامتصاص الطاقة في المجال $(400-4000) \text{ cm}^{-1}$ حيث أن كل مادة عضوية تمتص عدداً مميزاً من الموجات يميزها عن غيرها وبالتالي فإن طيفها يعتبر البصمة التي تميزها.

ويتميز المطياف بحاسب آلي يقوم بتحليل الموجات المتجمعة على الكاشف وتحويلها حاسوبياً ورسم الطيف الناتج عن الامتصاص، أو بعبارة أخرى عندما يمتص الجزيء الأشعة تحت الحمراء يحدث اهتزاز لذرات هذا الجزيء أو يحدث انتقال اهتزازي للذرات بالنسبة لبعضها البعض داخل الجزيء مما يؤدي إلى تغير دوري في طول الروابط الكيميائية أو تغير في الزوايا بين الروابط الكيميائية في الجزيء.

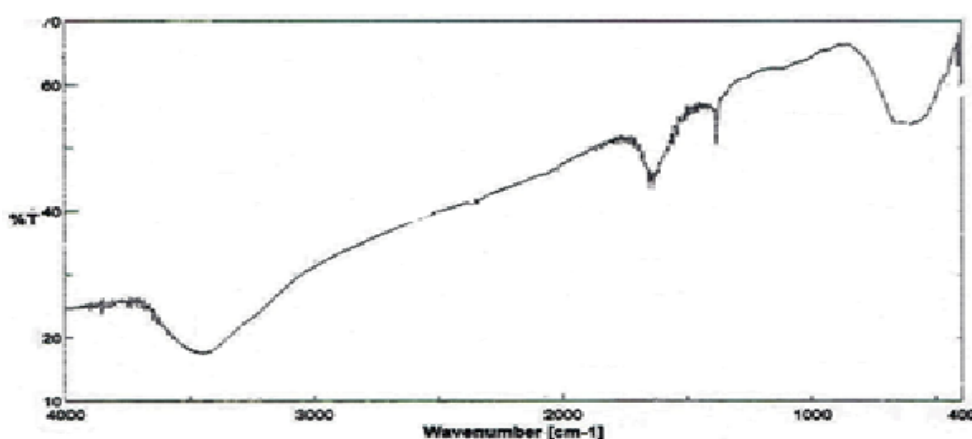
تنتج الحركة الاهتزازية من حركة ذرتين أو مجموعة من الذرات المكونة له حيث يتوقف طول الموجة أو التردد الذي يحدث عنده هذا الامتصاص على عوامل عديدة منها كتلة الذرة، قوة الروابط المكونة للجزيء والشكل الهندسي للذرات في الجزيء.

النتائج والمناقشة:

تم قياس طيف IR لأوكسيد القصدير النقي والمُشاب بالأنتموان بنسبة إشابة (4Wt%) باستخدام مقياس الطيف المذكور تبين الأشكال (3)، (4) طيف IR لتلك العينات:



الشكل (3): يمثل طيف FTIR لأوكسيد القصدير النقي.



الشكل (4): يمثل طيف FTIR لأوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%).

تم إجراء تحليل FTIR للعينات في درجة حرارة الغرفة ضمن المجال $400-4000 \text{ cm}^{-1}$ حيث ظهرت بعض حزم امتصاص أوكسيد القصدير التي تقع ضمن المجال (400-700) حيث نجد القمة الموافقة للاهتزاز 415.58 cm^{-1} تنسب إلى اهتزاز الرابطة O-Sn-O، تعزى عصابات الامتصاص الموافقة للاهتزاز 669.17 cm^{-1} ، 574.683 cm^{-1} إلى عصابات اهتزاز الشد (Sn-O Stretching vibration bands)، وتؤكد حزم الامتصاص هذه تشكل ثاني أوكسيد القصدير.

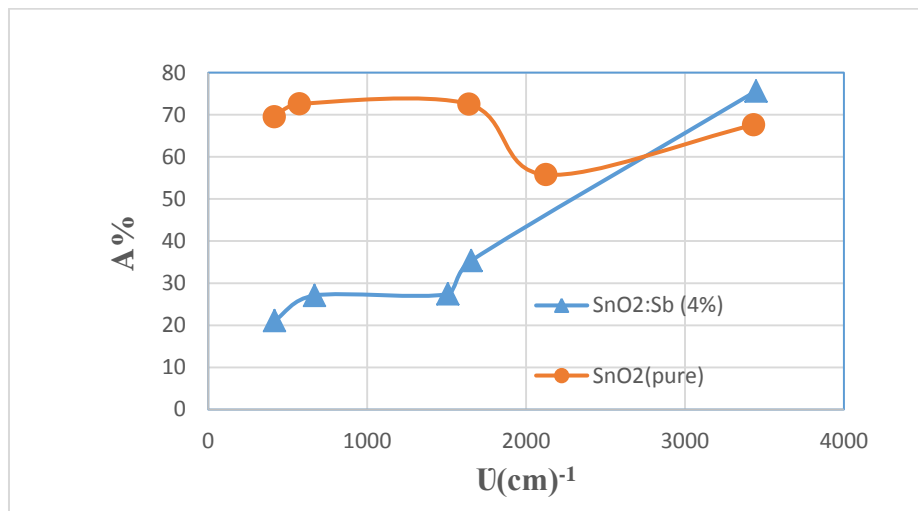
تتوافق هذه النتائج مع النتائج المذكورة في [24,25,26] لعينات محضرة بطريقة Sol-gel، ولكن نجد اختلاف في قيمة اهتزاز الرابطة O-Sn-O بالمقارنة مع القيمة المذكورة في الجدول (1) وذلك يعود لاختلاف شروط وطرق تحضير العينات.

ترتبط حزم الامتصاص في المجال $(3400-3500) \text{ cm}^{-1}$ باهتزاز مجموعة الهيدروكسيل O-H، والترددات الاهتزازية في المجال $(1600-1700) \text{ cm}^{-1}$ تعود لاهتزاز الرابطة Sn-OH [26]. نلاحظ من الشكل (4) أن الإشابة أزاحت مواقع حزم الامتصاص إلى اليمين أي باتجاه قيم أكبر للعدد الموجي.

الجدول (1): يبين نوع الرابطة وطاقة الاهتزاز الموافقة لها

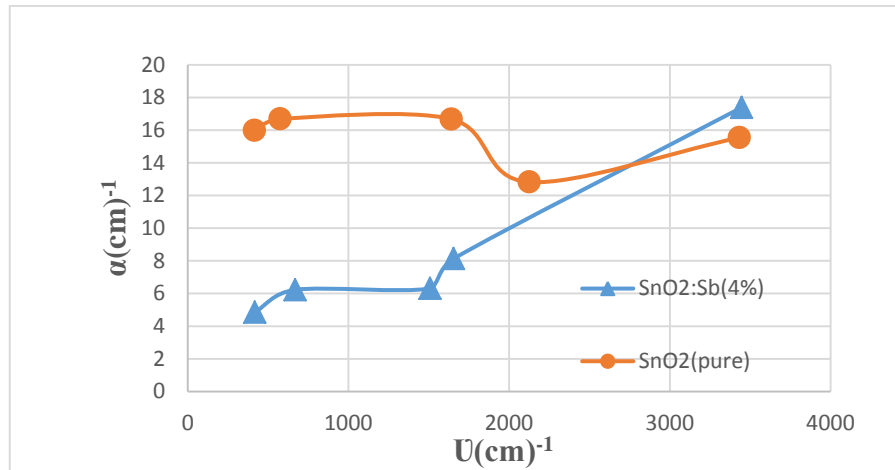
المرجع	طاقة الاهتزاز (cm ⁻¹)	نوع الرابطة
[25]	468	O-Sn-O
[26]	669.40	Sn-O
[26]	1633.16	Sn-OH
[26]	3419.38	O-H

يبين الشكل (5): تغير الامتصاصية لمركب أكسيد القصدير النقي والمُشاب بالأنتموان، حيث نلاحظ أن أعلى قيمة للامتصاصية توافق عينة أكسيد القصدير المُشاب بالأنتموان عند القيمة (0.756) الموافقة لطاقة الاهتزاز (3447.13cm⁻¹). وتأخذ أدنى قيمة عند (0.210) الموافقة لطاقة الاهتزاز (417.513cm⁻¹).



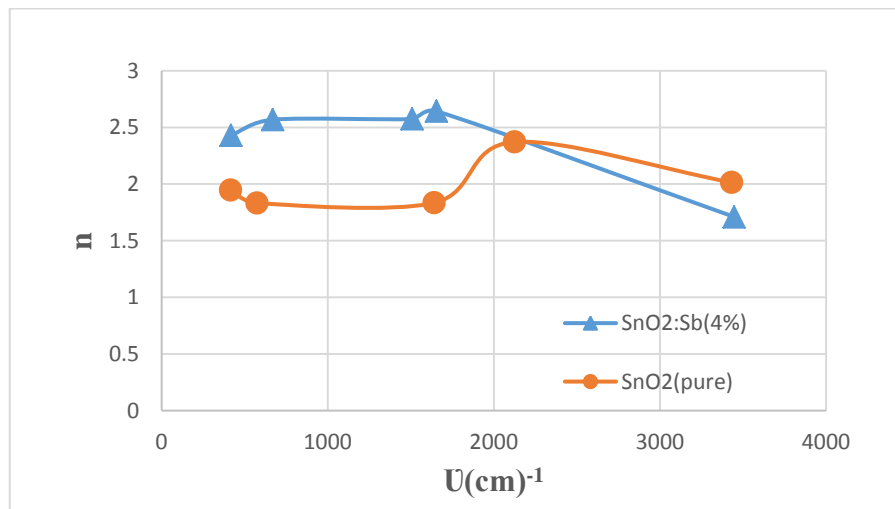
الشكل (5) : تغير الامتصاصية لمسحوق أكسيد القصدير النقي والمُشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) بتابعة طاقة الاهتزاز.

يبين الشكل (6) تغير معامل الامتصاص الخطي للعينة المدروسة حيث نلاحظ أن أعلى قيمة لمعامل الامتصاص توافق عينة أكسيد القصدير المُشاب بالأنتموان عند القيمة (17.389cm⁻¹) الموافقة لطاقة الاهتزاز (3447.13 cm⁻¹). ويأخذ معامل الامتصاص أدنى قيمة في حالة أكسيد القصدير المُشاب بالأنتموان عند القيمة (4.851cm⁻¹) الموافقة لطاقة الاهتزاز (417.513cm⁻¹). وكما نلاحظ من الشكل أن معامل الامتصاص تتناقص عند الإشابة بالأنتموان بنسبة (4wt%)، وأن معامل الامتصاص في العينة النقية يتراوح ما بين (12.825-16.687)cm⁻¹، أما في عينة أكسيد القصدير المُشاب بالأنتموان فإن معامل الامتصاص يتراوح بين (4.851 – 17.389)cm⁻¹.



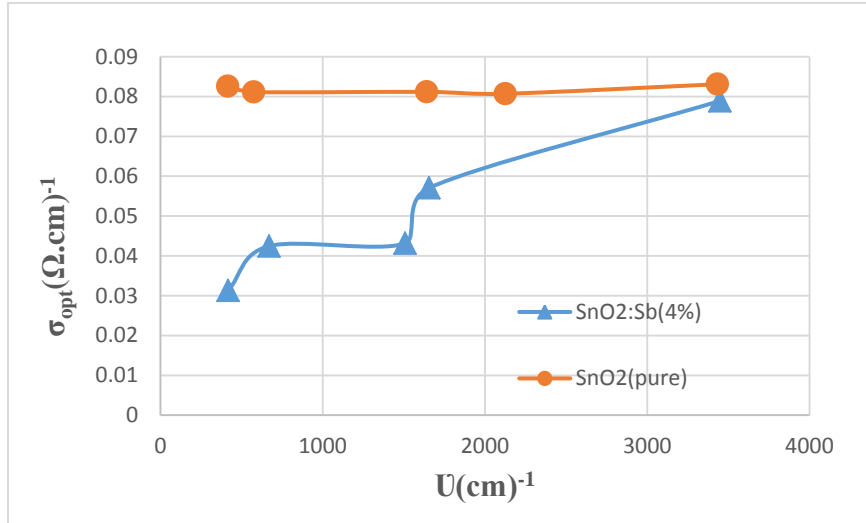
الشكل (6): تغير معامل الامتصاص الخطي لمسحوق أكسيد القصدير النقي والمشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) بتابعة طاقة الاهتزاز.

يبين الشكل (7) تغير قرينة الانكسار للعينة، حيث تتراوح قيم قرينة الانكسار في العينة النقية بين (1.832-2.371)، كما نلاحظ زيادة في قيم قرينة الانكسار عند الإضافة بالأنتموان حيث كانت أعلى قيمة لها عند (2.643) الموافقة لطاقة الاهتزاز $(1654.62) \text{ cm}^{-1}$.



الشكل (7): تغيرات قرينة الانكسار لمسحوق أكسيد القصدير النقي والمشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) بتابعة طاقة الاهتزاز.

يبين الشكل (8) تغير الناقلية الضوئية حيث تتراوح قيم الناقلية الضوئية في العينة النقية بين $(0.0807-0.0831) (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ ، كما نلاحظ انخفاض في قيم الناقلية الضوئية عند الإضافة بالأنتموان حيث كانت أعلى قيمة لها عند $(0.0788) (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ الموافقة لطاقة الاهتزاز $(3447.13 \text{ cm}^{-1})$ ، وأدنى قيمة عند $(0.03128) (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ الموافقة لطاقة الاهتزاز $(417.513 \text{ cm}^{-1})$.



الشكل (8): تغير الناقلية الضوئية لمسحوق أكسيد القصدير النقي والمشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) بتابعة طاقة الاهتزاز .

يحتوي الجدول (2)، (3) قيم الثوابت الضوئية التي تم حسابها باستخدام الطيف للعينة النقية والمشابة باستخدام العلاقات التي ذكرت سابقاً. حيث نجد أن قيمة الامتصاصية عند الإشابة تزداد من أجل الاهتزاز O-H وتتنقص من أجل بقية الاهتزازات وتكون أقل قيمة من أجل اهتزاز الرابطة Sn-O ونلاحظ أن قيمة الانعكاسية تزداد عند الإشابة بالأنتموان، وكذلك قيمة كل من قرينة الانكسار والطول الضوئي تزداد. أما الناقلية الضوئية فنجد أنها تتخفف في العينة المشابة من أجل جميع الاهتزازات، وقيم عامل التخامد وقرينة الانكسار تكون متقاربة بينما من أجل اهتزاز Sn-O فنكون قيمته كبيرة وذلك بسبب قوى الترابط بين الذرات.

الجدول (2): يبين طاقة الاهتزاز لأوكسيد القصدير النقي مع قيم النفوذية الموافقة لكل طاقة اهتزاز، الامتصاصية، الانعكاسية، معامل الامتصاص الخطي، عامل التخامد، قرينة الانكسار، الطول الضوئي والناقلية الضوئية.

ν (cm) ⁻¹	T%	A	R	α (cm) ⁻¹	k	n	L(cm)	$\sigma_{(opt)}(\Omega.cm)^{-1}$
3432.67	21.092	0.675882	0.1131	15.54529	0.000361	2.014	0.0643	0.083093
2125.3	27.692	0.557646	0.1654	12.82585	0.00048	2.371	0.0779	0.080712
1641.13	18.841	0.724896	0.0866	16.67261	0.000809	1.834	0.05997	0.081178
574.683	18.813	0.725542	0.0863	16.68746	0.002312	1.832	0.05992	0.08114
415.585	20.188	0.694907	0.1032	15.98285	0.003062	1.946	0.0625	0.082572

الجدول (3): يبين طاقة الاهتزاز لأوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) مع قيم النفوذية الموافقة لكل طاقة اهتزاز، الامتصاصية، الانعكاسية، معامل الامتصاص الخطي، عامل التخامد، قرينة الانكسار، الطول الضوئي والناقلية الضوئية.

ν (cm) ⁻¹	T%	A	R	α (cm) ⁻¹	k	n	L(cm)	$\sigma_{(opt)}(\Omega.cm)^{-1}$
3447.13	17.536	0.7560	0.0685	17.389	0.000401	1.709	0.057	0.07889
1654.62	44.3	0.3535	0.2034	8.132	0.000391	2.643	0.122	0.05704
1508.06	53.135	0.2746	0.1940	6.316	0.000333	2.574	0.158	0.04315
669.178	53.608	0.2707	0.1931	6.227	0.000740	2.568	0.160	0.04244
417.513	61.528	0.2109	0.1737	4.851	0.000925	2.429	0.206	0.03128

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- أظهر طيف FTIR لأوكسيد القصدير النقي ضمن المجال $[400-4000] \text{cm}^{-1}$ أنماط اهتزاز رئيسية $(574.683, 415.585) \text{cm}^{-1}$ وكذلك طيف FTIR لأوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة (4Wt%) $(669.178, 417.513) \text{cm}^{-1}$ الأمر الذي يوافق المراجع الخاصة بدراسة أطياف IR لأوكسيد القصدير.
- 2- قيمة الامتصاصية A بالنسبة للعينة النقية تتراوح ضمن المجال $(0.557 - 0.725)$ ، وبالنسبة للعينة المشابة فإن قيمة الامتصاصية تتراوح ضمن المجال $(0.2109-0.7560)$.
- 3- قيمة معامل الامتصاص الخطي بالنسبة للعينة النقية تتراوح ضمن المجال $(12.825 - 16.687) \text{cm}^{-1}$ ، وبالنسبة للعينة المشابة فإن قيمة معامل الامتصاص الخطي تتراوح ضمن المجال $(4.851- 17.389) \text{cm}^{-1}$.
- 4- قيمة قرينة الانكسار n بالنسبة للعينة النقية تتراوح ضمن المجال $(1.832-2.371)$ ، وبالنسبة للعينة المشابة فإن قيمة قرينة الانكسار تتراوح ضمن المجال $(1.709-2.643)$.
- 5- قيمة الطول الضوئي L بالنسبة للعينة النقية تتراوح ضمن المجال $(0.0599 - 0.0779) \text{cm}$ ، وبالنسبة للعينة المشابة فإن قيمة الطول الضوئي تتراوح ضمن المجال $(0.057 - 0.206) \text{cm}$.
- 6- قيمة الناقلية الضوئية σ_{opt} بالنسبة للعينة النقية تتراوح ضمن المجال $(0.080-0.083) (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ وبالنسبة للعينة المشابة فإن قيمة الناقلية الضوئية تتراوح ضمن المجال $(0.031-0.078) (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$.
- 7- نوصي بدراسة بعض الخصائص الفيزيائية لطيف IR من أجل شوائب أخرى.
- 8- كما نوصي بدراسة بعض الخصائص الفيزيائية لطيف IR لأوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسب إشابة أخرى.

References:

- [1] BACO, S., CHICK, A. and YASSIN, F. M. *Study on Optical Properties of Tin Oxide Thin film at Different Annealing Temperature*, Journal of Science and Technology, Vol. 4, No. 1, 2012, 61-72.
- [2] JAZEBSKI, Z. M. and MARTON, J. P. *Physical properties of SnO₂ Materials*, Journal Of The Electrochemical society, Vol. 123, No. 9, 1976, 299-310.
- [3] OREL, Z. C. and OREL, B. *Conductive SnO₂/Sb powder: preparation and optical properties*, Journal of Materials science, Vol. 27, 1992, 313-318.
- [4] SHIMIZU, Y. and EGASHIRA, M. *Basic Aspects and Challenges of Semiconductor Gas Sensors*, MRS Bulletin, Vol. 24, 1999, 18-24.
- [5] FERRERE, S., ZABANAN, A. and GSEGG, B. A., *J. Phys. Chem, B*, Vol. 101, 1997, 4490.
- [6] OGAWA, H., ABE, A., NISHIKAWA, M. and HAYAKAWA, S. *J. Electrochem. Soc*, Vol. 128, 1981, 2020.
- [7] Sakhta, A. R., Khdro, A. and Darwiso, A. *Studying Effect of Mg Doping on the Structural Properties of Thin Films Deposited by the Spray Pyrolysis Technique*, Chemistry and Materials Research, Vol. 8, No. 9, 2016, 12-18.
- [8] Niasari, M. S., Mir, N. and Davar, F. *Synthesis, characterization and optical properties of tin oxide nanoclusters prepared from a novel precursor via thermal decomposition route*, J. Inorganica Chimica Acta, Vol. 363, 2010, 1719 –1726.

- [9] Al-Saadi, T. M., Hussein, B. H., Hasan, A. B. and Shehab, A. A. *Study the Structural and Optical Properties of Cr doped SnO₂ Nanoparticles Synthesized by Sol-Gel Method*, Energy Procedia, Vol. 157, 2019, 457–465.
- [10] Williams, G. and Coles, G. S.V. *The Gas-Sensing Potential of Nanocrystalline Tin Dioxide Produced by a Laser Ablation Technique*, MRS Bulletin, Vol.24, 1999, 25-29.
- [11] Outemzabet, R., Bouras, N. and Kesri, N. *Microstructure and physical properties of nanofaceted antimony doped tin oxide thin films deposited by chemical vapor deposition on different substrates*, Thin Solid Films, Vol. 515, 2007, 6518-6520.
- [12] Kuppan, M., Babu, S. H., Kaleemulla, S. and MadhusudhanaRao, N. *Structural and Magnetic Properties of Cr Doped SnO₂ Nanopowders Prepared by Solid State Reaction*, Mechanics, Materials Science and Engineering, Vol. 9, 2017.
- [13] KHADRO, A., and SAAD Al-DIN, N. *Studying of F-Doped Tin Oxide Thin Films F With Different Concentration: SnO₂*, J. Tishreen. Uni, Vol. 31, No.2, 2009, 115-126.
- [14] NAJJAR, A., KHADRO, A., KHALAS, T. *Studying Effect of Fe Doping on the Structural Properties and Infrared Spectroscopy of Tin Oxide Powders by Solide State Reaction Method*. Chemistry and Materials Research, Vol. 11, No.4, 2019.
- [15] ZHANG, B. *The FTIR Studies of SnO₂: Sb (ATO) films deposited by spray pyrolysis*, Materials Letters, Vol. 65, 2011, 1204-1206.
- [16] RAJPURE, K.Y. *Effect of Sb doping on properties of conductive spray deposited SnO₂ thin films*, Materials Chemistry and Physics, Vol. 64, 2000, 184-188.
- [17] XIAOZHEN, L. *preparation and properties of Gd and Sb doped SnO₂ conductive nanoparticles*, Advanced Materials Research, Vol. 528, 2012, 50-53.
- [18] SAKNI, L. *Studying the structural of Fe doped tin oxide*, Master thesis, Alwadi University, 2017.
- [19] Chopra, K. L. *Thin Film Phenomena*, Mc. Graw-New York, 1969.
- [20] ALJAWAD, S. *Studying effect of doping on the structural and optical properties of tin oxide thin films*, Journal of engineering and technology, Vol. 34, 2016.
- [21] MANSOUR, M. *Studying the structural and optical properties of ZnO:Cu thin films by APCVD method*, Vol. 5, 2012.
- [22] Al-Rawi, S. S., Shakir, S. J. and Husan, Y. N. *Solid State Physics*, Publishing of Mousal University Arabic Version, 1990.
- [23] ZAID, A. *Studying the structural and optical properties of NiO thin films*, Master thesis, Dyala University, 2012.
- [24] Zhong, X., Yang, B., Zhang, X., Jia, J. and Gewen, Y. *Effect of calcining temperature and time on the characteristics of Sb-doped SnO₂ nanoparticles synthesized by the sol-gel method*, Particuolog, Vol. 10, 2012, 365– 370.
- [25] Zhang, B., Tian, Y. and Zhang, J. X. *Structural, optical, electrical properties and FTIR studies of fluorine doped SnO₂ films deposited by spray pyrolysis*, J.Matter Sci, Vol. 46, 2011, 1884-1889.
- [26] Razeghizadeh, A. R., Kazeminezhad, I., Zalaghi, L. and Rafee, V. *Effect of sol concentration on the structure and optical properties of SnO₂ Nanoparticle*, J. Chemistry and Chemical Engineering, Vol. 37, 2018, 25-32.