

## الخواص الضوئية للمركب $\text{Sn}_{1-x}\text{Sb}_x\text{O}_2$ المُحضّر بطريقة

### تفاعل الحالة الصلبة باستخدام تقنية FT/IR

د. برهان دالاتي\*

(تاريخ الإيداع 2021 /7/26 - تاريخ النشر 2021 /11/1)

□ ملخّص □

جذبت البلورات النانوية لأوكسيد المعادن نصف الناقلية اهتماماً كبيراً بسبب خصائصها المثيرة للاهتمام. لذلك، تمت دراسة بعض الخصائص الضوئية لمسحوق مركب أوكسيد القصدير النقي والمشاب بالأنتموان Sb. فمن خلال قياس طيف الأشعة تحت الحمراء لمسحوق أوكسيد القصدير النقي تبين وجود ترددات اهتزازية أبرزها:  $3432.67 - 2125.3 - 1641.13 - 574.683 - 415.585 \text{ cm}^{-1}$ ، وتبين وجود ترددات اهتزازية لمسحوق أوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة (5 % Wt) وأبرزها:  $3435.56 - 2360.44 - 1637.27 - 575.647 - 418.477 \text{ cm}^{-1}$ ، وقد أظهرت الدراسة أن أكبر قيمة للامتصاصية ومعامل الامتصاص كانت في عينة أوكسيد القصدير المشاب بالأنتموان وهي على الترتيب  $A = 0.788$ ،  $\alpha = 18.1386 \text{ cm}^{-1}$ ، عند التردد الاهتزازي  $\nu = 3435.56 \text{ cm}^{-1}$ ، وأكبر قيمة للناقلية الضوئية كانت في عينة أوكسيد القصدير النقي  $(\Omega \cdot \text{cm})^{-1} = 0.083$  عند التردد الاهتزازي  $\nu = 3432.67 \text{ cm}^{-1}$ . 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 [1.209 - 2.144].

**كلمات مفتاحية:**

البلورات النانوية - تفاعل الحالة الصلبة - طيف الأشعة تحت الحمراء - معامل الامتصاص - الناقلية الضوئية.

\* أستاذ مساعد في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - سوريا.

## Optical Properties of $\text{Sn}_{1-x}\text{Sb}_x\text{O}_2$ Prepared by Solid State Reaction Using FT/IR Technique

Dr. Burhan Dalati\*

(Received 26/7/2021. Accepted 1/11/2021)

### □ ABSTRACT □

The nanocrystals of semiconducting metal oxides have attracted great attention because of their interesting properties. Therefore, the study came to some optical properties of the pure and Sb doping Tin Oxide powder. The measurement of the infrared spectrum of pure tin oxide powder shows vibrational frequencies:

(415.585 - 574.683 - 1641.13 - 2125.3- 3432.67)  $\text{cm}^{-1}$  and for Sb doping tin oxide; ( $x=0.05$ ) shows vibration frequencies and the most prominent is:

(418.477 - 575.647 - 1637.27 - 2360.44 - 3435.56)  $\text{cm}^{-1}$ . The study showed that the greatest value of the absorbance and absorption coefficient was in doping sample respectively  $A = 0.788$ ,  $\alpha = 18.139 \text{ cm}^{-1}$  corresponding to the wavenumber  $\nu = 3435.56 \text{ cm}^{-1}$ . The greatest value of the optical conductivity was in pure sample  $0.083 (\Omega.\text{cm})^{-1}$  corresponding to the wavenumber  $\nu = 3432.67 \text{ cm}^{-1}$  and the refractive index for pure tin oxide ranged from [1.832 - 2.371]. As for the Sb doping Tin Oxide powder, the refractive index value was between [1.209 - 2.144].

Keywords: Nanocrystals - Solid State Reaction - Infrared Spectrum - Absorption Coefficient - Optical Conductivity.

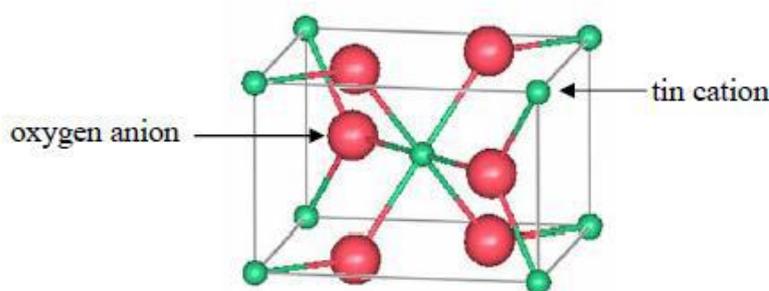
---

\* Assistant Professor, Department of Physics, Faculty of science, Tishreen University, Syria.

## 1- المقدمة:

أنصاف النواقل هي واحدة من أكثر المواد الصلبة إثارة للاهتمام والأكثر فائدة. لقد تمت دراستها مرات كثيرة بسبب مرونتها وناقليتها الكهربائية وخصائصها الضوئية. أكسيد القصدير  $\text{SnO}_2$  هو أحد أنصاف النواقل هذه، [1]. يحتوي ثاني أكسيد القصدير على ميزات ممتازة من فجوة الطاقة العريضة التي تبلغ 3.6 eV [2]، وانتقالات ضوئية كبيرة في المجال المرئي، وانعكاس الأشعة تحت الحمراء والناقلية الكهربائية [3]، وكلفة منخفضة، وقوة ميكانيكية كبيرة ومقدرة تحمل التأثيرات المحيطة [5، 4]. أكسيد الستانيك عبارة عن مادة عازلة للكهرباء، ولكن عدم التجانس المتكافئ الناتج عن شواغر الأوكسجين O أو العناصر البينية Sn تعطي خاصية الناقلية الكهربائية من النوع n [3]. هذه الميزات تجعلها مفيدة في صناعة الخلايا الشمسية، وبطاريات الليثيوم، والصمامات الثنائية الباعثة للضوء، وأجهزة استشعار الغاز، والنوافذ المعمارية [7، 6].

يتبلور  $\text{SnO}_2$  في بنية روتيل رباعي الزوايا وهو من المجموعة الفراغية P42/mnm. ثابت الشبكة البلورية هي  $a = b = 4.738 \text{ \AA}$  و  $c = 3.187 \text{ \AA}$  [8]. تحتوي الخلية الابتدائية على ذرتين من القصدير وأربع ذرات أكسجين كما هو موضح في الشكل (1).



شكل (1): الخلية الابتدائية للبنية البلورية لـ  $\text{SnO}_2$  [9].

## 2- طيف الأشعة تحت الحمراء:

الأشعة تحت الحمراء هي أشعة كهرومغناطيسية لها جميع خواص الضوء الأساسية والتي تتمثل بظواهر الانعكاس والانعكاس والانكسار والتداخل والانعراج والاستقطاب. والأشعة تحت الحمراء هي موجات حرارية غير مرئية تنبعث من الشمس أو من مصادر اصطناعية ولها قدرة اختراق عالية وكذلك من أجسامنا وترددها أقل من تردد الأشعة الحمراء في الطيف الكهرومغناطيسي المرئي.

يقع طيف الأشعة تحت الحمراء بين الطيف المرئي وطيف الأمواج الميكروية، وتغطي منطقة واسعة من الطيف الكهرومغناطيسي ككل وتنقسم إلى ثلاث مناطق على النحو التالي:

- الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR): وهي الأقرب للأشعة المرئية وهي اللون الأحمر وتقع في المجال  $4000 - 12000 \text{ cm}^{-1}$ .
- الأشعة تحت الحمراء الوسطى MIR: وهي التي تقع بين المنطقتين السابقتين ضمن المجال  $200 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ .

- الأشعة تحت الحمراء البعيدة (FIR): وهي التي تكون الأقرب الى الأمواج الميكروية وتقع في المجال  $10 - 200 \text{ cm}^{-1}$ .

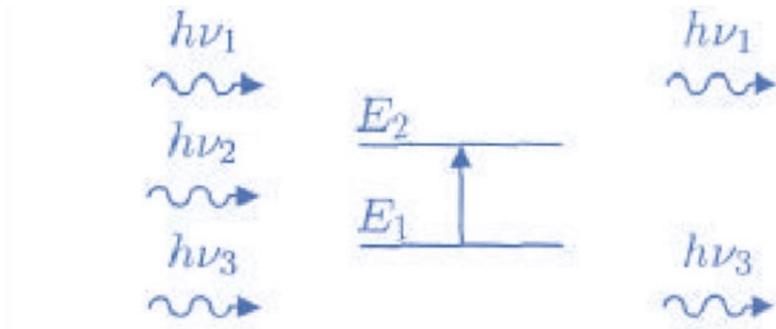
أن مطيافية الأشعة تحت الحمراء هو أحد فروع علم الأطياف الذي يتعامل مع المنطقة تحت الحمراء من الطيف الكهرطيسي ويعتبر التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء من الأساليب الأساسية لدراسة المواد ويمكننا من تحديد بنية المادة دون التأثير على خصائصها، ويعتمد على دراسة الأطياف التي تمتصها العينة، ومجالها يقع في المجال  $20 - 1400 \text{ cm}^{-1}$ .

طاقة الإشعاع للون الأحمر ليست كافية لتسبب إثارة إلكترونية في معظم المواد، لكنها كافية لإحداث اهتزازات مرنة وانشاء في الروابط. تستجيب جميع أنواع هذه الروابط لهذه الكمية من الطاقة التي تحدث فيها اهتزازات من هذا النوع. لذلك، يتم امتصاصها في المنطقة الواقعة أسفل اللون الأحمر بشرط أن يؤدي الامتصاص إلى تغير في الاستقطاب اللحظي، وتكون هذه الاهتزازات مكممة، وحدوثها يعني أن المركب يمتص طاقة الأشعة تحت الحمراء في جزء معين من الطيف، [10].

تحدث معظم التحليلات الطيفية في مركز منطقة الأشعة تحت الحمراء  $20 - 1400 \text{ cm}^{-1}$  حيث تحدث معظم الاهتزازات الجزيئية لتحديد التركيب الجزيئي للمركبات المدروسة.

### 3- تقنية FT/IR (Fourier transform infrared spectroscopy):

تهتز الجزيئات الطبيعية تبعاً لجميع أنماط الاهتزازات الخاصة بها، ولكن بسعات ضعيفة جداً، ومع ذلك يملك الفوتون مركبة كهربائية جيبية، فإذا كان تواتر الفوتون موافقاً لتواتر اهتزاز الأنماط العادية للجزيء، فإن الجزيء سيدخل في حالة الرنين ويهتز بسعات كبيرة جداً. بعبارة أخرى، يتم امتصاص الفوتون الذي تكون طاقته مساوية للطاقة اللازمة للجزيء للانتقال من حالة الطاقة المنخفضة إلى الحالة المثارة وتتحول طاقته إلى طاقة اهتزاز كما في الشكل (2).



شكل (2): امتصاص الأشعة تحت الحمراء.

يتم فقط امتصاص الفوتون الذي طاقته  $(hv)$  تساوي طاقة الانتقال  $(E_2 - E_1)$  وبالتالي يتم إضعاف انبعاث الإشعاع الصادر. حيث أن امتصاص بعض الفوتونات الواردة يؤدي إلى ظهور خطوط توافق الفوتونات التي لم تصدر في منحنى طيف الأشعة تحت الحمراء للجزيء. يميز هذا الامتصاص الروابط بين الذرات، لأن كل نمط اهتزاز يتوافق مع الحركة الفردية للجزيء، لذلك هناك تطابق مباشر بين تردد الإشعاع الممتص وبنية الجزيء [11].

## أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا العمل إلى تحديد مجال ترددات الامتصاص، أي تردد الاهتزازات في أطيف الأشعة تحت الحمراء لعينات أكسيد القصدير النقي وأكسيد القصدير المشوب بالانتيموان بنسبة (5% وزناً)، ومن ثم إيجاد معامل الامتصاص، والانعكاس، والامتصاصية، وعامل التخميد وقرينة الانكسار وطول المسار الضوئي والناقلية الضوئية لتحسين الخواص الفيزيائية لأكسيد القصدير.

## طرائق البحث ومواده:

تم تحضير العينات بطريقة تفاعل الحالة الصلبة واستخدمت المواد التالية في تحضيرها:

- أكسيد القصدير  $\text{SnO}_2$  (نقاوة 99%)، Titan Biotech Ltd، منشأ الهند).

- أنتيموان Sb (نقاوة 99%)، Titan Biotech Ltd، منشأ الهند).

## الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1- مقياس حساس نوع (Sartorius) بدقة ( $10^{-4}$  gr) متوفر بكلية العلوم - قسم الفيزياء.

2- هاون صغير من العقيق.

3- فرن حراري ( $1200^\circ \text{C}$ ) مع منظم درجة الحرارة.

## 4- تجهيز العينات:

يتم تحضير العينات بطريقة تفاعل الحالة الصلبة. وفقاً لذلك، يتم خلط أوزان المساحيق المطلوبة لكل عينة وحسابها باستخدام طريقة الوزن الجزيئي للحصول على المركبات المطلوبة للدراسة حيث:  $\text{Sn}_{1-x}\text{Sb}_x\text{O}_2$ ; ( $x = 0.00$  -  $0.05$ ). ثم يتم طحن هذه المواد في هاون العقيق جيداً لجعل الخليط متجانساً وغربلته بمنخل  $90 \mu\text{m}$ . ثم نضعها في وعاء ونضيف الماء المقطر لزيادة عملية الخلط وتجانس المسحوق. ثم نضعه على سخان لمدة ثلاث ساعات عند درجة حرارة  $100^\circ \text{C}$  وتتم عملية الخلط والتجانس للمسحوق بالتحرك.

بعد ذلك يتم وضع المسحوق على سخان ذو تلامس مباشر مع الهواء ثم يتبخر الماء ثم نقوم بعملية التحميص أولية داخل الفرن (تلييد مسبق) لزيادة درجة تجانس الخليط. نقوم بتثبيت درجة حرارة الفرن على  $700^\circ \text{C}$  لمدة ثلاث ساعات ثم نقوم بإيقاف الفرن مما يعني إيقاف عملية التحميص وترك العينة داخل الفرن حتى تبرد وتصل إلى درجة حرارة الغرفة وبالتالي نتخلص من الشوائب التي تتبخر في درجات حرارة عالية.

ثم نقوم بطحن المسحوق الناتج عن عملية التحميص في مرحلتها الأولى. ثم نقوم بعملية التحميص الثانية حيث نثبت درجة حرارة الفرن عند  $100^\circ \text{C}$  لمدة ساعة ثم نرفع درجة الحرارة  $50^\circ \text{C}$  كل  $15 \text{ min}$  حتى نصل إلى درجة حرارة  $700^\circ \text{C}$  حيث نثبت درجة حرارة الفرن عندها لمدة ثلاث ساعات من أجل الحصول على التركيب البلوري في شكله الصحيح.

لدراسة أطيف الأشعة تحت الحمراء، نستخدم جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء، وهو جهاز بسيط مكوناته الرئيسية هي منبع الأشعة تحت الحمراء، وحامل العينة، والكاشف. يعتبر هذا الجهاز من أفضل الأجهزة الطيفية المستخدمة في التعرف على التركيب الكيميائي للمركبات. وهي متوفرة في كلية العلوم - جامعة تشرين ويعمل في نطاق  $[400-4000] \text{ cm}^{-1}$ .

يتميز مقياس تحليل الطيف بذاكرة حاسوبية تقوم بتحليل الموجات المتجمعة على الكاشف، وحوسبتها، ورسم الطيف الناتج عن الامتصاص. أو يحدث انتقال اهتزازي للذرات بالنسبة لبعضها البعض في الجزيء، مما يؤدي إلى تغيير دوري في طول الروابط الكيميائية أو تغيير الزوايا بين الروابط الكيميائية في الجزيء. تنتج كل حركة اهتزازية عن حركة ذرتين، أو قد تتضمن مجموعة من الذرات المكونة لها. يعتمد الطول الموجي أو التردد الذي يحدث عنده هذا الامتصاص على عدة عوامل، بما في ذلك كتلة الذرة، وقوة الروابط التي تشكل الجزيء، وهندسة الذرات في الجزيء.

### 5- النتائج والمناقشة:

تم قياس طيف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد القصدير النقي وأكسيد القصدير المشاب بالأنتموان باستخدام مقياس الطيف ASCO من النوع FT / IR- 460 plus المتوفر في المختبر المركزي لكلية العلوم - جامعة تشرين، ويعمل في المجال  $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ . حيث تم قياس طيف النفوذية  $T$  بتابعية التردد  $\nu$ ، ثم حساب الامتصاصية  $A$ ، الانعكاسية  $R$ ، معامل الامتصاص  $\alpha$ ، عامل التخمد  $k$ ، قرينة الانكسار  $n$  والناقلية الضوئية  $\sigma_{opt}$ :

1- النفوذية  $T$ : وهي النسبة بين شدة الأشعة المخترقة أو النافذة إلى شدة الإشعاع الوارد، مأخوذة من الجهاز نفسه ثم باستخدام المعادلات الرياضية المناسبة، تم حساب معاملات ضوئية أخرى.

2- الامتصاصية  $A$ : هي النسبة بين شدة الإشعاع الممتص إلى شدة الإشعاع الوارد، محسوبة من المعادلة، [12]:

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

تمثل  $T$  النفوذية.

3- الانعكاسية  $R$ : هي النسبة بين شدة الإشعاع المنعكس إلى شدة الإشعاع الوارد، محسوبة من المعادلة، [13]:

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

4- معامل الامتصاص  $\alpha$ : يُعرف بأنه النسبة بين انخفاض تدفق طاقة الإشعاع الوارد إلى وحدة المسافة نحو انتشار موجة الضوء الوارد داخل المجال، وتحسب من المعادلة، [14]:

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

يمثل  $A$  الامتصاصية،  $d = 1 \text{ mm}$  سماكة العينة

5- عامل التخمد  $k$ : يعرف بأنه مقدار الطاقة التي تمتصها إلكترونات المادة المدروسة من طاقة فوتونات الإشعاع التي تسقط عليها، وتحسب من المعادلة، [15]:

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

6- قرينة الانكسار  $n$ : وهي نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في الوسط المدروس، وتحسب من المعادلة، [16]:

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

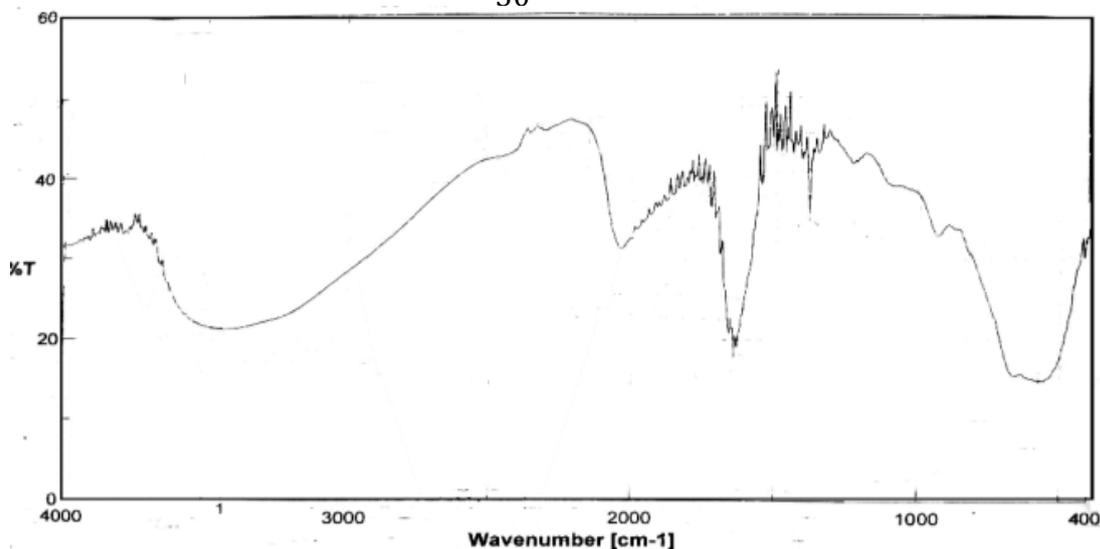
تمثل  $R$  الانعكاسية.

7- طول المسار الضوئي  $L$  ويساوي مقلوب معامل الامتصاص، [14]:

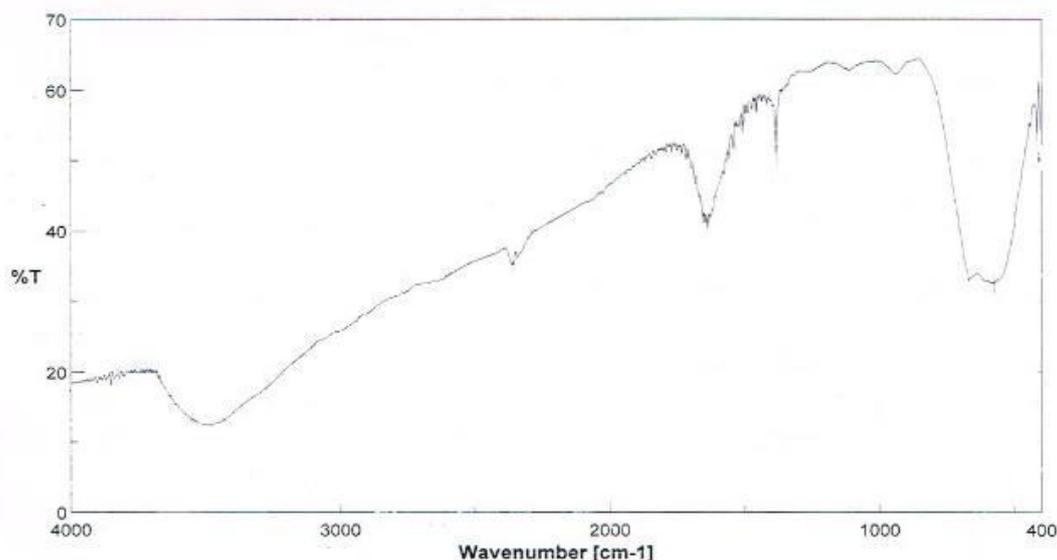
$$L = \frac{1}{\alpha} \quad (6)$$

8- الناقلية الضوئية  $\sigma_{opt}$ : ترتبط الناقلية الضوئية بقرينة الانكسار وعامل التخميد وفقاً للمعادلة التالية، [17]:

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



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



شكل (4): يمثل طيف FTIR لأوكسيد القصدير المشاب بالانتومان بنسبة (5% وزناً).

تُستخدم تقنية FTIR للحصول على معلومات بخصوص الترابط الكيميائي والمجموعات الوظيفية في المادة (functional groups in a material).

إن قياس طيف النفوذية بدلالة العدد الموجي يفيد في التنبؤ بوجود بعض المجموعات الوظيفية حيث تمتص/تمتد الإشعاع عند بعض الترددات الاهتزازية وبالتالي، فإنه يكشف عن بنية المادة. تعتمد مواقع الحزم والقمم الامتصاصية على البنية البلورية للمادة والتركيب الكيميائي وأيضاً على شكل (morphology) المادة، [18].

تم إجراء تحليل FTIR للعينات في درجة حرارة الغرفة ضمن المجال  $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$  ، حيث ظهرت بعض حزم الامتصاص ضمن هذا المجال عند قيم موافقة للعدد الموجي . ترتبط قمم الامتصاص من طيف النفوذية في المجال من العدد الموجي  $3400 - 3500 \text{ cm}^{-1}$  بالاهتزاز الممتد (stretching vibration) للرابطة O-H في جزيئات الماء الممتصة. وينتج عن امتصاص ثاني أكسيد الكربون وجود قمم للامتصاص في المجال  $2300 - 2400 \text{ cm}^{-1}$  . لذلك تتشكل هذه المجموعات من خلال التعرض للجو وامتصاص جزيئات ثاني أكسيد الكربون. ترتبط قمم الامتصاص من طيف النفوذية في المجال  $1600 - 1700 \text{ cm}^{-1}$  بمجموعات اهتزازات الانحناء (Flexural vibrations) O-H groups في جزيئات الماء والرابطة Sn-OH ، [19]. يسبب اهتزاز Sn-O و Sn-O-Sn في جزيء  $\text{SnO}_2$  وجود القمم في المجال  $400 - 700 \text{ cm}^{-1}$  ، [19]. يتميز أكسيد القصدير النقي بمجموعة من الترددات الاهتزازية تقع في المجال  $400-4000 \text{ cm}^{-1}$  وهي:  $(3432.67 - 2125.3 - 1641.13 - 574.683 - 415.585) \text{ cm}^{-1}$  . يتميز أكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة (5% وزناً) بمجموعة من الترددات الاهتزازية تقع في المجال  $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$  وهي:

$$(3435.56 - 2360.44 - 1637.27 - 575.64 - 418.47) \text{ cm}^{-1}$$

الجدول (1): يوضح ترددات الاهتزازات لأكسيد القصدير النقي وقيم النفوذية المقابلة لكل تردد، وكذلك الامتصاصية والانعكاسية ومعامل

الامتصاص، وعامل التخميد، وقرينة الانكسار، وطول المسار الضوئي، والناقلية الضوئية:

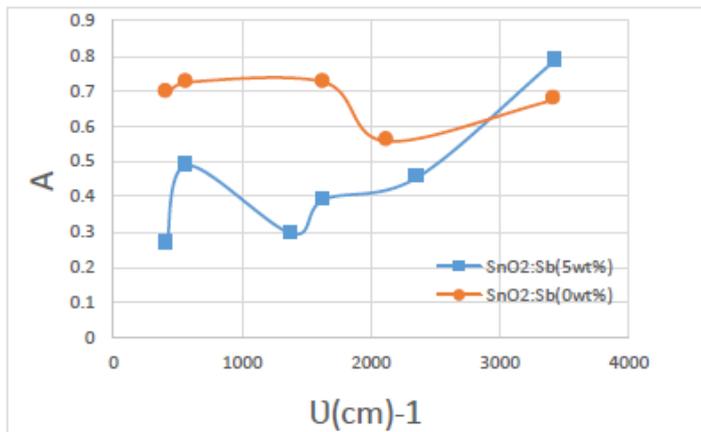
$\nu \text{ (cm)}^{-1}$	T%	A	R	$\alpha \text{ (cm)}^{-1}$	k	n	L(cm)	$\sigma_{\text{opt}}(\Omega.\text{cm})^{-1}$
3432.67	21.092	0.6758	0.1131	15.54529	0.000361	2.014	0.0643	0.083093
2125.3	27.692	0.5576	0.1654	12.82585	0.00048	2.371	0.0779	0.080712
1641.13	18.841	0.7248	0.0866	16.67261	0.000809	1.834	0.05997	0.081178
574.683	18.813	0.7255	0.0863	16.68746	0.002312	1.832	0.05992	0.08114
415.585	20.188	0.6949	0.1032	15.98285	0.003062	1.946	0.0625	0.082572

الجدول (2): يوضح ترددات اهتزازات أكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة (5% وزناً) وقيم النفوذية المقابلة لكل تردد والامتصاصية،

والانعكاسية ومعامل الامتصاص، وعامل التخميد، وقرينة الانكسار، وطول المسار الضوئي، والناقلية الضوئية:

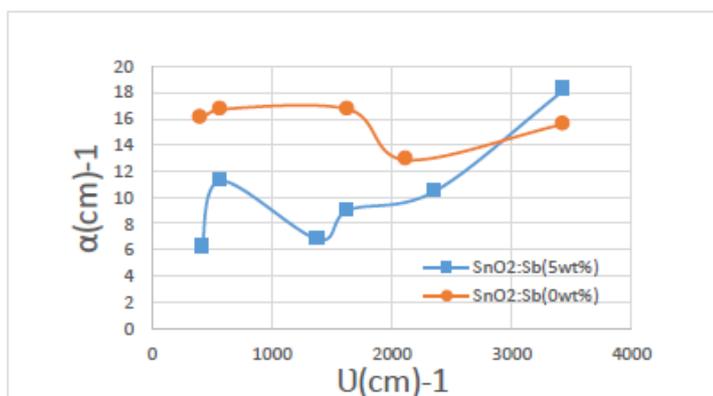
$\nu \text{ (cm)}^{-1}$	T%	A	R	$\alpha \text{ (cm)}^{-1}$	k	n	L(cm)	$\sigma_{\text{opt}}(\Omega.\text{cm})^{-1}$
3435.56	16.2691	0.7886	0.04867	18.1386	0.00042	1.2098	0.0551	0.05824
2360.44	35.1065	0.4546	0.19432	10.4560	0.000353	2.0811	0.0956	0.05775
1637.27	40.5521	0.3919	0.20249	9.01569	0.000438	2.1445	0.1109	0.05131
575.647	32.4264	0.4891	0.18663	11.2493	0.001556	2.0231	0.0888	0.06040
418.477	53.8891	0.2684	0.19261	6.17547	0.001175	2.0680	0.1619	0.03389

يوضح الشكل (5) طيف تغير امتصاصية أكسيد القصدير النقي والمشاب بالأنتموان حيث نلاحظ أن أكبر قيمة للامتصاصية (0.788) تكون لأكسيد القصدير المشاب ب Sb عند التواتر الاهتزازي (3435.56)  $\text{cm}^{-1}$  ، وأصغر قيمة لها تبلغ (0.268) لنفس المركب ولكن عند التردد الاهتزازي  $(418.477) \text{ cm}^{-1}$  .



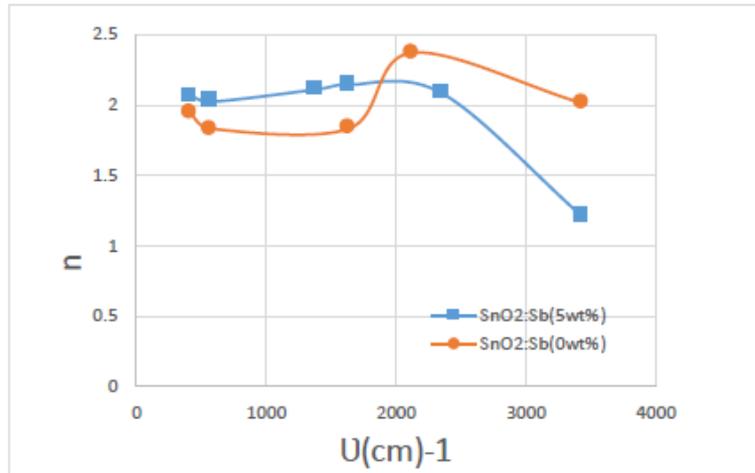
شكل (5): الامتصاصية لمسحوق SnO<sub>2</sub> النقي والمشاب بـ Sb (5% وزناً).

تمت دراسة تغيرات معامل الامتصاص من أجل قيم مختلفة للتردد الاهتزازي كما في الشكل (6)، وأن أكبر قيمة لمعامل الامتصاص  $18.138 \text{ cm}^{-1}$  لأكسيد القصدير المشاب Sb وهي تقابل التردد الاهتزازي  $(3435.56) \text{ cm}^{-1}$ ، وتتوافق أصغر قيمة لمعامل الامتصاص مع أكسيد القصدير المشاب  $18.138 \text{ cm}^{-1}$  بقيمة  $(6.175) \text{ cm}^{-1}$  عند التردد الاهتزازي  $418.477 \text{ cm}^{-1}$ .



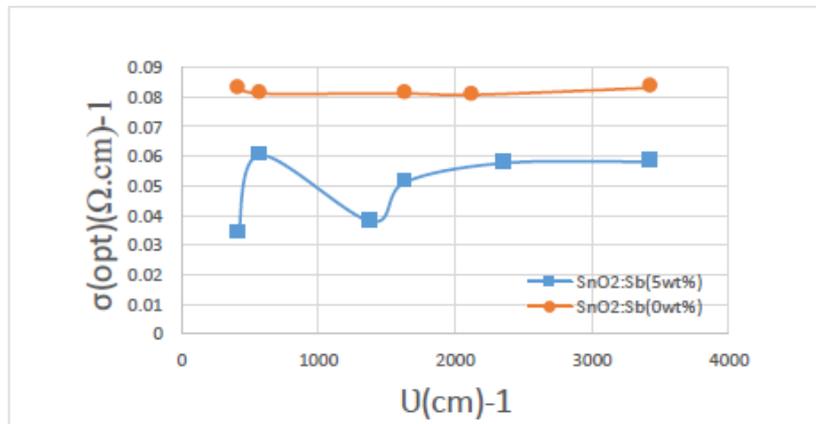
شكل (6): معامل الامتصاص لمسحوق SnO<sub>2</sub> النقي والمشاب.

يوضح الشكل (7) طيف تغير قرينة الانكسار لأكسيد القصدير النقي وأكسيد القصدير المشاب بـ Sb (5% وزناً) حيث تتراوح قيم قرينة الانكسار في العينة النقية بين  $[1.832 - 2.371]$ . نلاحظ أن أصغر قيمة لقرينة الانكسار لأكسيد القصدير المشوب Sb هي 1.209 والموافقة لتردد الاهتزاز  $(3435.56) \text{ cm}^{-1}$ .



شكل (7): قرينة الانكسار لمسحوق  $\text{SnO}_2$  النقي والمشاب.

يوضح الشكل (8) طيف تغير الناقلية الضوئية لأكسيد القصدير النقي وأكسيد القصدير المشوب بـ Sb (5% وزناً)، حيث تتراوح قيم الناقلية الضوئية في العينة النقية بين  $[0.0807-0.0830] (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ . نلاحظ أيضاً زيادة في قيمة الناقلية الضوئية لأكسيد القصدير المشوب بـ Sb، حيث كانت أصغر قيمة  $0.0830 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$  وهي توافق التردد الاهتزازي  $418.477 \text{ cm}^{-1}$ .



شكل (8): الناقلية الضوئية لمسحوق  $\text{SnO}_2$  النقي والمشاب.

### الاستنتاجات:

1. أظهر طيف FTIR لأكسيد القصدير النقي بعض الترددات الاهتزازية في المجال  $[400 - 4000] \text{ cm}^{-1}$  وهي  $(415.585 - 574.683 - 1641.13 - 2125.3 - 3432.67) \text{ cm}^{-1}$
2. أظهر طيف FTIR لأكسيد القصدير المشاب بالأنتموان بنسبة 5٪ وزناً، ترددات اهتزازية في المجال  $[400 - 4000] \text{ cm}^{-1}$ ، وأبرزها:  $(418.477 - 575.647 - 1637.27 - 2360.44 - 3435.56) \text{ cm}^{-1}$
3. تأرجحت قيمة الامتصاصية للعينة النقية في المجال  $[0.557 - 0.725]$ ، وبالنسبة للعينة المشابة في المجال  $[0.268 - 0.788]$ .
4. تغيرت قيمة الانعكاسية للعينة النقية في المجال  $[0.0863 - 0.165]$ ، وبالنسبة للعينة المشابة في المجال  $[0.048 - 0.202]$ .
5. تغيرت قيمة معامل الامتصاص للعينة النقية في المجال  $[12.828 - 16.687] \text{ cm}^{-1}$ ، وبالنسبة للعينة المشابة في المجال  $[6.175 - 18.138] \text{ cm}^{-1}$ .
6. تأرجحت قيمة قرينة الانكسار للعينة النقية في المجال  $[1.832 - 2.371]$ ، وبالنسبة للعينة المشابة في المجال  $[1.209 - 2.144]$ .
7. تغيرت قيمة طول المسار الضوئي L للعينة النقية في المجال  $[0.05992 - 0.0779] \text{ cm}$ ، وبالنسبة للعينة المشابة في المجال  $[0.0551 - 0.1619] \text{ cm}$ .
8. قيمة الناقلية الضوئية  $\sigma_{\text{opt}}$  للعينة النقية تغيرت في المجال  $[0.0807 - 0.0830] (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$  وللعينة المشابة ضمن المجال  $[0.0338 - 0.0604] (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ .
9. أظهر طيف فورييه للأشعة تحت الحمراء (FTIR) اهتزازاً ممتداً (Stretching Vibrational Mode) للنطاق O-Sn-O و Sn-O.

### REFERENCES:

- [1] Ali Reza Razeghizadeh, Lila Zalaghi, Iraj Kazeminezhad, Vahdat Rafee, *Growth and Optical Properties Investigation of Pure and Al doped SnO2 Nanostructures by Sol-Gel Method*, Iranian Journal Of Chemistry & Chemical Engineering-International English Edition 36(5):1-8, 2017.
- [2] Babu B., Kadam A.N., Ravikumar R.V.S.S.N., Byon C., *Enhanced visible light photocatalytic activity of Cu-doped SnO2 quantum dots by solution combustion synthesis*, J. Alloy. Comp. 703 (2017) 330– 336.
- [3] Turgut G., *Effect of Ta doping on the characteristic features of spray-coated SnO2*, Thin Solid Films 594 (2015) 56– 66.
- [4] Bhatnagar M., Dhall S., Kaushik V., Kaushal A., Mehta B.R., *Improved selectivity of SnO2:C alloy nanoparticles towards H2 and ethanol reducing gases; role of SnO2:C electronic interaction*, Sensors and Actuators B 246 (2017) 336– 343.
- [5] Chandra S., George G., Ravichandran K., Thirumurugan K., *Influence of simultaneous cationic (Mn) and anionic (F) doping on the magnetic and certain other properties of SnO2 thin films*, Surfaces and Interfaces 7 (2017) 39– 46.

- [6] Lian X., Li Y., Tong X., Zou Y., Liu X., An D., Wang Q., *Synthesis of Ce-doped SnO<sub>2</sub> nanoparticles and their acetone gas sensing properties*, App. Surf. Sci. 407 (2017) 447– 455.
- [7] Gao F., Li Y., Zhao Y., Wan W., Du G., Ren X., Zhao H., *Facile synthesis of flower-like hierarchical architecture of SnO<sub>2</sub> nanoarrays*, J. Alloy. Comp. 703 (2017) 354– 360.
- [8] G. McCarthy , J. Wetton , *Powder Diffraction* 4 , (1989) 156 .
- [9] Gabriela B. González, *Investigating the Defect Structures in Transparent Conducting Oxides Using X-ray and Neutron Scattering Techniques*, J. Materials, (2012) , 5, 818– 850.
- [10] ROUESSAC.F, ROUESSAC,A, *Analyse Chimique Méthodes et Techniques Instrumentales Modernes*, Dunod, Paris, (2004).
- [11] MAGET.V, *Développement de Méthodes de traitement de signaux spectroscopiques: estimation de linge de base et du spectre de raie*, Univ Henri Poicré, (2005).
- [12] SAKNIL., *Studying the structural of Fe doped tin oxide*, Master thesis, Alwadi university, (2017).
- [13] K. L. Chopra, *Thin Film Phenomena*, Mc. Graw– Hill, New York, (1985).
- [14] 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.
- [15] MANSOUR, M, *Studying the structural and optical properties of ZnO:Cu thin films by APCVD method*, Vol. 5, (2012),
- [16] S.S Al– Rawi, S. J. Shakir and Y N. Husan, *Solid State Physics, Pbublishing of Mousal University Arabic Version*. (1990),
- [17] ZAID, A, *Studying the structural and optical properties of NiO thin films*, Master thesis, Dyala University, (2012),
- [18] Ashokkumar M. et al.  $\text{Zn}_{0.96-x}\text{Cu}_{0.04}\text{Fe}_x\text{O}$  ( $0 \leq x \leq 0.04$ ) alloys, *Optical and structural studies*, *Superlattices and Microstructures*, 69, 53– 64, (2014).
- [19]. Brzyska, W., *Spectral and thermal investigations of Y (III) and lanthanide (III) complexes with 3,3 dimethylglutaric acid*. Polish Journal of Chemistry, 75(1), 43– 47 (2001).