



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة الشهيد حمه لخضر

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم علوم المادة

مذكرة تخرج لنيل شهادة

رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

ليسانس أكاديمي

فرع: فيزياء

تخصص: فيزياء إشعاع

من إعداد الطالبتين:

شامي فاطمة- الزايز سارة

الموضوع

أكسيد القصدير SnO_2 المطعم بالانتيموان Sb

نوقشت يوم: 2015/06/01

الأساتذة المناقشين :

مؤطرا

مناقشة

بن حوه عثمان

الارقط حنان

الموسم الجامعي: 2015/2014

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّعَةَ
وَالْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّعَةَ
وَالْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّعَةَ

الفهرس

الإهداء

تشكرات

قائمة الرموز

قائمة الجداول

قائمة المنحنيات

قائمة الأشكال

مخطط الدراسة

الصفحة

العنوان

1

المقدمة العامة

الجزء النظري

الفصل الأول: الأكاسيد الشفافة الناقلة

4

I. الأكاسيد الشفافة الناقلة

4

مقدمة

4

1.I مفهوم الأكاسيد الشفافة الناقلة الـ (TCO)

4

2.I خصائص الـ (TCO)

4

1.2.I الخصائص الكهربائية لـ (TCO)

4

1.1.2.I عرض الفاصل الطاقى لـ (TCO)

5

2.1.2.I الناقلية الكهربائية

5

3.1.2.I لمقاومة السطحية

5

2.2.I الخصائص الضوئية لـ (TCO)

6

3.I معامل الجودة

6

4.I الأكاسيد الشفافة الناقلة في الحالة الذاتية والحالة المطعمة

6

1.4.I الـ TCO في الحالة الذاتية

6

2.4.I تطعيم من نوع n لـ TCO

7

3.4.I تطعيم من نوع p لـ TCO

7

5.I أكسيد القصدير SnO_2

7	1.5.I الخصائص البنيوية
7	1.1.5.I البنية البلورية لـ SnO_2
8	2.5.I الخصائص الكهربائية
8	1.2.5.I الفاصل الطاقى لأكسيد القصدير
9	3.5.I الخصائص البصرية (الضوئية)
11	4.5.I تطبيقات أكسيد القصدير
11	الخلاصة
12	المراجع

الفصل الثاني: تقنيات المعاينة لـ TCO

14	II. تقنيات المعاينة لـ TCO
14	مقدمة
14	1.II. تقنيات المعاينة لـ TCO
14	1.1.II. الخصائص الضوئية
15	2.1.II. قياس سمك الطبقة المرسبة
15	3.1.II. طريقة تحديد الخصائص البنيوية
15	1.3.1.II. انعراج الأشعة السينية
16	1.4.II. تحديد الخصائص الكهربائية
17	الخلاصة
18	المراجع

الجزء العملي

الفصل الثالث: تحضير التجربة وتحليل نتائجها لتحديد خصائص الشرائح

21	III. تحضير التجربة وتحليل نتائجها لتحديد خصائص الشرائح
21	مقدمة
21	1.III. التركيب التجريبي للعمل المدروس
22	2.III. تحضير التجربة
23	1.2. III. طريقة ترسيب شرائح SnO_2
24	3.III. خصائص الطبقات الرقيقة لأكسيد القصدير المحضر (المطعمة والنقية)

24	III.1.3. الخصائص البنيوية
26	III.2.3. الخصائص الكهربائية
27	III.3.3. الخصائص الضوئية (البصرية)
30	III.4. الاستنتاجات المستخلصة من هذا الفصل
30	الخلاصة
31	الخاتمة العامة
	الملخص

شكراً واحساناً

أحمد الله وأشكره الذي بفضلله وعونه تم إنجاز هذا العمل

الحمد لله عز وجل حمدا طيبا مباركا ملاً السماوات والأرض وما بينهما على نعمه العظيمة وعلى توفيقه لنا لإنجاز هذا العمل المتواضع الذي يعد من الفيض ذرة راجين من المولى عز وجل التوفيق والسداد والنجاح لمن طرق يوماً باباً يطلب فيه علماً لينير به أمته.

وما أقدمه اليوم لعله يكون إجابة على علامة استفهام صغيرة مما يتقل العقل الثاقب البصيرة، وأمضي به في أفياء الإحساس ببذل جهد متواضع لخير الإنسانية، ويكون لي به بطاقة في أوردة الزمن، وأسكب به في أذن المستقبل علماً نافعا أتجاوز به درجة الزهو إلى ثواب المنعم المتفضل عليّ جلّ جلاله بنفحة من الفتح والتيسير... نتوجه بأسمى عبارات الشكر والامتنان والتقدير إلى من كان اشرفه فوق الظنون الى من سهل ما كان صعباً علينا واعطانا يد العون، فكان مرشداً لنا بانتقاداته وملاحظاته الأستاذ المحترم **بن حموي عثمان**.

كما لا ننسى أن نتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من ساعدنا في إنجاز هذا العمل خاصة الأستاذ المحترم **بن حموي بوبكر** والأستاذ القدير **رمال حماسور اللذان** عملاً على تحفيزنا ونصحنا كما منحانا الكثير من الوقت والجهد لإتمام وإخراج هذا العمل.

كما لا يفوتنا أن نبليغ جزيل الشكر إلى الصديقة والأخت **سامية فرحاس** التي أمدت لنا يد العون ولم تبخل علينا بمجهوداتها ووقتها.

وإلى جميع أساتذة كلية العلوم والتكنولوجيا
ودعم مسيرة قدموه لي

في موازين أعمالهم، شأهم،

إلى هنا ولم يمتنع عن م

أسمى

إلى

عني خير الجزاء وأفره

شكراً واحساناً * قناطلة
بن حموي عثمان

بن حموي عثمان



قائمة الرموز

الرمز	التسمية	الرمز	التسمية
σ	الناقلية الكهربائية	T	النفذية الضوئية
μ	الحركية الكهربائية	R _s	المقاومة السطحية
n	تركيز حاملات الشحنة	A	ثابت
q	الشحنة الكهربائية	h ν	طاقة الفوتون الممتصة
ρ	المقاومية الكهربائية	E _g	فجوة الطاقة
R _s	المقاومة السطحية	Φ_T	شدة الضوء النافذة
D	سمك الشريحة	Φ_0	شدة الضوء الواردة
R	معامل الانعكاس	T	النفذية
α	معامل الامتصاص	d	سمك الشريح
B	ثابت	d _{hkl}	المسافة الفاصلة بين المستويات لقرائن ميلر المحددة بـ (hkl)
h ν	طاقة الفوتون	θ	زاوية سقوط الأشعة
E _g	الفاصل الطاقي	λ	الطول الموجي للأشعة السينية
D	معدل الحجم الحبيبي	β	قيمة العرض عند منتصف الارتفاع
V	فرق الجهد	4.532	عامل التصحيح المطبق على العينة
I	شدة التيار	TCO	الأكاسيد الشفافة الناقلة
BC	عصابة النقل	BV	عصابة التكافؤ
SnO ₂	أكسيد القصدير	F	الفلور
Sb	الأنتموان	Nb	النيوبيوم
Cu	النحاس	As	الارسونيك

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الرقم
7	يوضح بعض القيم لخواص أكسيد القصدير	جدول (1-I)
22	يمثل تسميات مكونات الجهاز	جدول (1-III)
25	يلخص نتائج طيف الأشعة السينية	جدول (2.III)
27	قيم الـ R_S لشرائح الـ SnO_2 المحضرة	جدول (3.III)
29	قيم الفاصل الطاقى للشرائح المحضرة.	جدول (4.III)

قائمة المنحنيات

الصفحة	العنوان	الرقم
10	منحنى يمثل معاملات النفاذ، الانعكاس والامتصاص لطبقة من أكسيد القصدير	المنحنى (1-I)
24	يوضح أطيايف انعراج الأشعة السينية لأغشية أكسيد القصدير (النقية والمطعمة)	المنحنى (1.III)
26	منحنيات تغير فرق الجهد بدلالة التيار لأكسيد القصدير المحضر (النقي والمطعم)	المنحنى (2.III)
28	تغير أطيايف النفاذية للطبقات المحضرة لأكسيد القصدير النقية والمطعمة بالأنتيموان بالتركيز الموضحة فيه.	المنحنى (3.III)
29	منحنيات فجوة الطاقة لأكسيد القصدير SnO_2 النقي والمطعم بتركيز متفاوتة من الأنتيموان	المنحنى (4.III)

قائمة الأشكال

الصفحة	العنوان	الرقم
8	خلية الوحدة لـ SnO_2 رسم ثلاثي الأبعاد	الشكل (1-I)
10	يمثل جهاز المطيافية	الشكل (I.2)
16	يوضح مخطط انعكاس الأشعة السينية لعائلة مستويات بلورة في قانون براغ	الشكل (1-II)
16	رسم تخطيطي يوضح مبدأ عمل تقنية المسابير الأربعة	الشكل (2-II)
21	التركيب التجريبي لتقنية الأمواج فوق الصوتية	الشكل (1-III)
23	مخطط تقنية رش الأمواج فوق الصوتية.	الشكل (2.III)

مخطط الدراسة

أكسيد القصدير
 SnO_2 المطعم
بالأنتموان Sb

تحضير التجربة

طريقة ترسيب شرائح SnO_2

تحضير التركيب التجريبي

خصائص الطبقات الرقيقة
لأكسيد القصدير المحضر

الخصائص البنيوية

الخصائص الكهربائية

الخصائص الضوئية
(الشفافية)

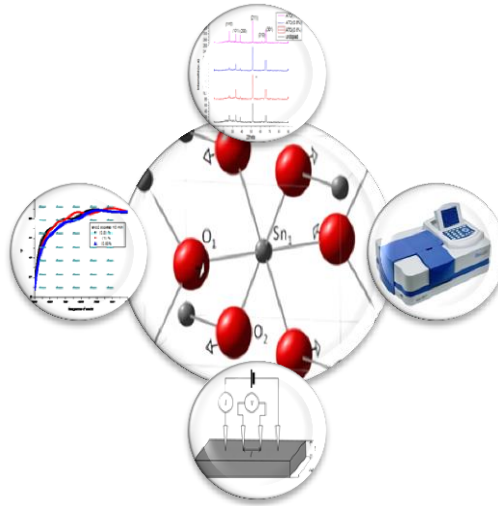
نتائج ومناقشة

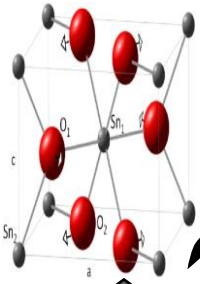
الخلاصة العامة

1. الأكاسيد الشفافة الناقلة

3. تحضير التجربة وتحليل نتائجها لتحديد خصائص الشرائح.

2. تقنيات المعاينة لـ TCO





المقدمة العامة



المقدمة العامة

تعددت مجالات استخدامات الأغشية الرقيقة في التكنولوجيا الحديثة بحيث شملت شتى المجالات الصناعية والتجارية وحتى في الحياة اليومية ويعود السبب في اتساع وتعدد استخداماتها خواصها المميزة لها التي جعلتها من أهم المواد. نذكر فيها الاكاسيد الناقلة الشفافة على وجه الخصوص كمادة من أشباه النواقل.

تنوعت الدراسات حول الاكاسيد الشفافة الناقلة بسبب امتيازاتها العديدة كالتركيب البنيوي لها فهي عبارة عن أشباه نواقل مركبة من ذرات معدن متحدة مع ذرات أكسجين ولهذا فهي تعتبر اكاسيد نذكر منها: SnO_2 و ZnO ... الخ، بالإضافة إلى امتيازاته الكهربائية كالناقلية الكهربائية. الضوئية البصرية كنفاديتها العالية في المجال المرئي (الشفافية).

مما أدى إلى توجه العديد من الباحثين والعلماء إلى تطوير مميزاته وتحسينها لتوسيع نطاق تطبيقاتها كناقل شفاف وشاشات للعرض ومرايا حرارية ولواقط للغازات السامة

لتعدد مجالاته استوجب الأمر ظهور طرق وتقنيات معاينة لتحضير الأغشية الرقيقة لطبقات الاكاسيد كتقنية رش الأمواج فوق الصوتية المستعملة في هذا العمل الذي سيتم العرض فيه أكسيد القصدير المطعم بالانتموان ($\text{SnO}_2: \text{Sb}$) بهدف تحديد خصائص الشرائح المحضرة ومعرفة التحسينات الحاصلة على مستوياتها ولتحقيق هذه الدراسة سيتم عرض محتوى البحث في جزئين رئيسيين وهما على التوالي:

➔ الجزء الأول:

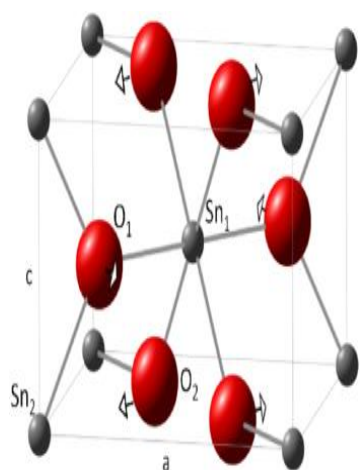
وهو الجانب النظري ويتكون من فصلين:

- **الفصل الأول:** تم توضيح عموميات حول الاكاسيد الشفافة الناقلة.
- **الفصل الثاني:** ويضم هذا الفصل معرفة التقنيات المستعملة في تحديد خصائص الطبقات الرقيقة وطريقة الترسيب المستخدمة في عملنا.

➔ الجزء الثاني:

وهو الجانب العملي وضم هذا الجزء فصل واحد:

- **الفصل الثالث:** تضمن هذا الفصل دراسة تجريبية لتحضير طبقات رقيقة من أكسيد القصدير المطعم بنسب وزنيه مختلفة من عنصر الانتموان.



الجزيء والنظري

الفصل الأول



I. الأكاسيد الشفافة الناقلة:

مقدمة:

تعد الأكاسيد الشفافة الناقلة من إحدى أهم المواد في أشباه النواقل. اكتشفت من طرف العالم *Bädeker* (عام 1907) حيث اهتم بدراستها كأغشية رقيقة موصلة شفافة منها أكسيد القصدير، أكسيد الزنك.... الخ وتعد هذه المواد الأكثر شفافية بسبب نفاذيتها. وهي أيضا تمتلك ناقلية عالية وسنقوم في الفصل الأول بتعريف الأكاسيد الشفافة الناقلة ودراسة خصائصها المتعددة منها ثنائي أكسيد القصدير كأهم المواد الناقلة الشفافة لتعدد خصائصه وتطبيقاته في جميع المجالات.

1.I مفهوم الأكاسيد الشفافة الناقلة الـ (TCO):

من خلال نظرية عصابة الطاقة يمكن تصنيف المواد حسب ناقليتها إلى (ناقلة معدنية وشبه معدنية) وشبه ناقلة وعازلة. في حالة المعدن تتداخل عصابة النقل *BC* وعصابة التكافؤ *BV* مما يجعل الإلكترونات تتحرك بحرية. في حالة أشباه نواقل يوجد شريط فاصل طاقي يفصل عصابة التكافؤ عن عصابة النقل وهو ما يسمى فجوة الطاقة رمزه (*E_g*) بحيث تكون عصابة التكافؤ فيها ممتلئة وعصابة النقل فارغة. أما في العوازل تكون العصابة الناقلة متباعدة جدا عن عصابة التكافؤ بحيث تكون (*E_g*) ذات قيمة كبيرة.

تعتبر الأكاسيد الشفافة الموصلة (*TCO*) من بين المواد النصف ناقلة من النوع (*n*) و(*p*) بحيث يقع فيها مستوى فيرمي قريب من الـ *BC* أو الـ *BV* على الترتيب [1-2]

2.I خصائص الـ (TCO):

1.2.I الخصائص الكهربائية لـ (TCO):

عرفت الخصائص الكهربائية بأنها أنصاف نواقل ذات فاصل طاقي كبير، تم الاهتمام بدراستها سنة 1970 [3].

1.1.2.I عرض الفاصل الطاقي لـ (TCO):

تتميز الأكاسيد الناقلة الشفافة بفاصل طاقي *E_g* يتراوح ما بين [1 إلى 5eV] بحيث تتحكم عدة عوامل في تغيير قيمة الفاصل الطاقي من بينها نوعية المركبات والطريقة المستعملة للترسيب.

2.1.2.I. الناقلية الكهربائية:

تعتبر الناقلية الكهربائية أهم مقدار بالنسبة للخصائص الكهربائية لـ TCO يرمز لها بالرمز σ تعطى وحدتها $(\Omega.cm)^{-1}$ وتعطى بالعلاقة التالية [4]:

$$\sigma = q \cdot n \cdot \mu = 1 / \rho \quad (I - 1)$$

حيث:

- σ : الناقلية الكهربائية.
- μ : الحركة الكهربائية.
- n : تركيز حاملات الشحنة.
- q : الشحنة الكهربائية.

وتعرف σ على أنها مقلوب المقاومة ρ .

3.1.2.I. المقاومة السطحية:

المقاومة السطحية هي احد مميزات الأكاسيد الشفافة الناقلة (TCO) وهي خاصية كهربائية نرسم لها بـ R_s وتعطى وحدتها Ω [5].

حيث علاقتها كالتالي:

$$R_s = \rho / d \quad (I - 2)$$

حيث:

- ρ : المقاومة الكهربائية.
- R_s : المقاومة السطحية.
- d : سمك الشريحة.

2.2.I. الخصائص الضوئية لـ (TCO):

تتمثل الخصائص الضوئية (البصرية) في ثلاثة ظواهر أساسية وهي النفاذية، الانعكاسية، الامتصاصية وعرفت الظواهر بواسطة هذه المقادير A, R, T : [10]

حيث: (T) النفاذية (R) الانعكاسية (A) الامتصاصية (α) معامل الامتصاص).

3.I. معامل الجودة:

يعبر هذا المعامل عن العلاقة بين الخصائص الكهربائية و الضوئية للأكاسيد الشفافة الناقلة بحيث يعرف على أنه النسبة بين النفاذية المتوسطة في المجال المرئي (400 nm. 800 nm) والمقاومة السطحية لطبقة الأكسيد الشفاف الناقل ويعطى بالعلاقة التالية ووحدته Ω^{-1} : [2]

$$\Phi_{TC} = T^{10} / R_s \quad (I-3)$$

حيث:

- T : النفاذية الضوئية.
- R_s : المقاومة السطحية

4.I. الأكاسيد الشفافة الناقلة في الحالة الذاتية والحالة المطعمة:**1.4.I. ال-TCO في الحالة الذاتية:**

الأكاسيد الشفافة الموصلة لها خصائص ذاتية تجعلها من أنصاف النواقل ذات النوع n مثلا أكسيد القصدير SnO₂ عند ترسيبه يشكل طبقة رقيقة تكون بنيته غير متماثلة التكافؤ البنيوي.

حيث تظهر فراغات من الأكسجين عند عملية الترسيب. تخلق هذه الأخيرة سويات تقع تحت شريط التوصيل، هذا السوي يساعد على تحرير الإلكترونات إلى شريط التوصيل بالتالي زيادة الناقلية [6-7].

2.4.I. تطعيم من نوع n ال-TCO :

يتم هذا النوع من التطعيم عن طريق استبدال ذرات الأكسجين أو المعدن بحيث يعتمد هذا النوع من التطعيم على حجم الذرات المطعمة ودرجة ذوبانها في شبكة الأكسيد الشفاف الناقل وعلى سبيل المثال يلائم تطعيم أكسيد القصدير بأحد العناصر التالية:

الفلور (F)، الأنتيموان (Sb) وهو مجمل بحثنا، النيوبيوم (Nb)، وبعض المعادن مثل النحاس (Cu) [8].

3.4.I. تطعيم من نوع TCO-P :

لا يزال التطعيم من النوع P قيد الدراسة أو البحث. إلا أن في السنوات الأخيرة أجريت عدة دراسات تختص بهذا التطعيم، بحيث يعد أكسيد الزنك مطعم من نوع P، من الأكاسيد الناقلة الشفافة الأكثر دراسة لهذا النوع من التطعيم.^[9]

5.I. أكسيد القصدير SnO₂ :

أكسيد القصدير هو عبارة عن أحد أنواع الأكاسيد الشفافة الناقلة من نوع n. يعتبر ثنائي أكسيد القصدير SnO₂ وهو في حالته الحجمية المتجانسة عازل لكنه شبه ناقل عند ترسبه على شكل غشاء رقيق وذلك لوجود فجوات الأكسجين. بالإضافة إلى ذلك يعد الأول من ناحية التسويق وهو حاملا كيميائيا وصلبا ميكانيكيا ومقاوم لدرجة الحرارة العالية^[11].

الخاصية	قيمتها
الكتلة المولية (g/mol)	150.70
نقطة الانصهار (c°)	1630
نقطة الغليان	2330
الفاصل الطاقي	Eg>3ev
قرائن انكساره	na=2.006 /nb=2.097

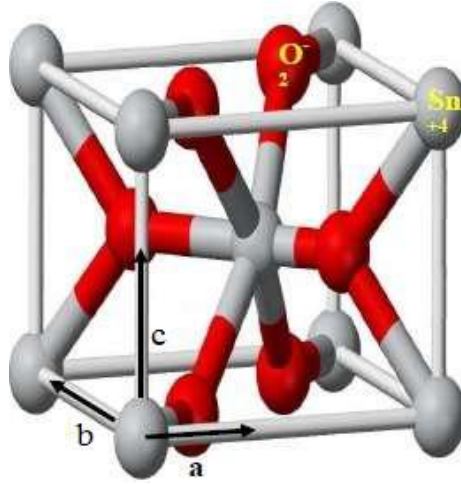
جدول: (1-I) يوضح بعض القيم لخواص أكسيد القصدير

1.5.I. الخصائص البنيوية:

تعتمد هذه الخصائص على استخدام جهاز انعراج الأشعة السينية حيث ان الطول الموجي المستعمل من النوع CUKA ($\lambda=1.5405$) وزاوية حيوده تتراوح ما بين (20°-80°).

1.1.5.I. البنية البلورية لـ SnO₂ :

في الضغط الجوي العادي يمتلك أكسيد القصدير حالة واحدة مستقرة وتسمى عندها حجر القصدير (بلورة أكسيد القصدير) وتتشكل بنيته من تكرار خلية الوحدة الموضحة في الشكل (1.I):



الشكل (1.1): خلية الوحدة لـ SnO_2 رسم ثلاثي الأبعاد [12]

كما يمتلك بنية بلورية رباعية التراكيب ذات الزمرة الفضائية $P4/mmm$ وتحتوي خلية الوحدة لـ SnO_2 على ثوابت الشبكة $a=b=0.475 \text{ \AA}$ و $c=0.318 \text{ \AA}$ بالإضافة إلى كونها تحتوي على ستة ذرات.

2.5.I الخصائص الكهربائية:

يمتلك أكسيد القصدير تركيز الكتروني حر من (1019 cm^{-1} إلى 1020 cm^{-1}) ولذلك يستحسن تطعيمه لتحسين خصائصه الكهربائية. من أهم الذرات المطعمة لأكسيد القصدير نذكر الأنتيموان (Sb) والفلور (F) والأرسونيك (As).

بحيث أن الأنتيموان يعمل على زيادة في الناقلية لأكسيد القصدير بالإضافة إلى أنه لا يؤثر على نفاذيته في المجال المرئي.

1.2.5.I الفاصل الطاقي لأكسيد القصدير:

تتراوح قيمه الفاصل الطاقي لطبقة رقيقة من أكسيد القصدير ما بين (3.6 eV إلى 4.2 eV) حيث ترتبط هذه الاختلافات بالتقنيات المستعملة لتحضير الشرائح.

يعتبر الفاصل الطاقي الضوئي ذات أهمية كبيرة في تحديد إمكانية استعمال الأغشية الرقيقة في مختلف الصناعات بحيث يعطي فكرة واضحة عن الامتصاص الضوئي.

كما أن هناك عوامل كثيرة تؤثر في الفاصل الطاقي كنعوية المادة وطريقة الترسيب والتطعيم كما يتأثر بظروف التحضير وطبيعة البنية البلورية للشرائح المحضرة.

وتعطى علاقة حساب الفاصل الطاقى من خلال علاقة العالم (توك $Tauc$) بالشكل التالي.^[13]

$$(\alpha h\nu)^2 = A (h\nu - E_g) \quad (I-4)$$

حيث:

- A : ثابت.
- $h\nu$: طاقة الفوتون الممتصة.
- E_g : فجوة الطاقة.

I.3.5. الخصائص البصرية (الضوئية):

يتميز أكسيد القصدير بانعكاس عالي للأشعة الشمسية في مجال الأشعة تحت الحمراء. كما تتميز بامتصاص عالي في المجال فوق البنفسجي في حين لديه نفاذية عالية في المجال المرئي. وتعرف هذه المميزات كالتالي:

❖ النفاذية (T):^[14]

ويعرف على انه النسبة بين شدة الضوء النافذة (Φ_T) وشدة الضوء الواردة على سطحها (Φ_0).

$$T = \Phi_T / \Phi_0 \quad \text{و} \quad T\% = 100 * T \quad (I-5)$$

❖ الانعكاسية (R):

ويعرف على انه النسبة بين شدة الضوء التي تنعكس (Φ_R) وشدة الضوء الوارد على سطحها.

$$R = \Phi_R / \Phi_0 \quad \text{و} \quad R\% = 100 * R \quad (I-6)$$

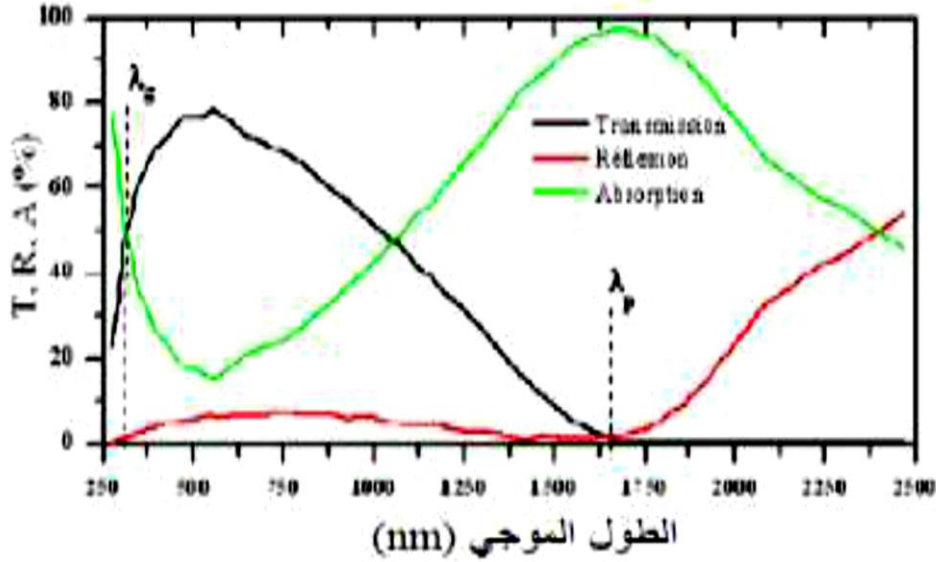
❖ معامل الامتصاص (α):

يعرف بأنه قيمة النقصان في فيض طاقات الإشعاع كما يعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتونات الساقطة وعلى مميزات شبه الناقل ويمكن حسابه من خلال هذه العلاقة والتي تعطى بالشكل:

$$T = (1-R) \exp (-\alpha.d) \quad (I-7)$$

حيث:

- **T و R** : هما على الترتيب النفاذية ومعامل الانعكاس.
- **α** : معامل الامتصاص.
- **d** : سمك الشريحة.



المنحنى (1.I): منحنى يمثل معاملات النفاذ، الانعكاس والامتصاص لطبقة من أكسيد القصدير^[15].

هذا المنحنى يظهر أن طيفي الانعكاس والنفاذ لهذا الأكسيد محدودان بواسطة طول الموجة بحيث تكون قيمة النفاذية لطبقة الأكسيد المدروسة دنيا. والشكل (2.I) الموضح أدناه يمثل الجهاز المستعمل للحصول على طيف النفاذية الضوئية لعينة من أكسيد القصدير الثنائي.



الشكل (2.I): يمثل جهاز المطيافية.

4.5.I. تطبيقات أكسيد القصدير:

يستخدم أكسيد القصدير في العديد من المجالات كالأستخدامات التجارية. كما ان له عدة مميزات مقارنة مع بقية الأكاسيد الشفافة الناقلة. حيث تمنحه هذه المميزات العديد من التطبيقات فتنوع مجالات استخدامه فهو يستعمل في صناعة المرايا والزجاج للعزل الحراري الذي يعتمد على الخصائص المتعددة لأكسيد القصدير. كخلايا شمسية وشاشات العرض وأستعمالات عديدة أخرى. ويدخل في صناعة لواقط حساسة للغازات السامة.

الخلاصة:

من خلال هذا الفصل تم التعرف على عدة مفاهيم حول الـ **TCO** الأكاسيد الناقلة الشفافة التي تعتبر من المواد الناقلة الشفافة والتي تنتمي إلى الأكاسيد من النوع **n** بهدف معرفة خصائصها. كما قمنا بتعريف أكسيد القصدير **SnO₂** مع ذكر خصائصه (البنوية، الكهربائية والضوئية) وإعطاء بعض من تطبيقاته.

المراجع:

- [1] K. BADEKER," Electrical Conductivity and Thermo-Electromotive Force of Some Metallic Compounds" ,Ann. Phys.vol 22, p749 , (1907).
- [2] J. Nishino and Y. Nosaka, "Low temperature preparation of ZnO by a nearby vaporizing chemical vapor deposition method", Journal of Crystal Growth, Vol.268, (2004).
- [3] K. L. Menouer, "Etude et réalisation d'une cellule solaire multicouches du type Si-SiO₂-SnO₂-ZnO par APCVD", thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de TIZIOUZOU,(2011).
- [4] El .H .CHAREF," Détermination des Caractéristiques Optiques des Couches Minces du ZnO Elaborées par Spray Ultrasonique", CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED ,(2012).
- [5] K.S. Ramaiah, V.S. Raja, "Structural and electrical properties of fluorine doped tin oxide films prepared by spray- pyrolysis technique", Applied Surface Science, Vol. 253, (2006).
- [6] C. G. FONSTAD , R. H. REDIKER," Electrical properties of high-quality stannic oxide crystals", Journal of Applied Physics, vol 42 No7 , p 2911-2918, (1971).
- [7] S. SAMSON, C.G. FONSTAD, "Defect structure and electronic donor levels in stannic oxide crystals", Journal of Applied Physics ,vol 44 No10, p. 4618-4621,(1973).
- [8] A.I. Inamdar, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 91, N° 10, p. 864-870, (2007) .
- [9] A. RAHAL, "Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des verres ordinaires", Memoire de Magister , UNIVERSITE D'ELOUED , (2013).
- [10] E. Elangovan, Applied Surface Science, A study on low cost-high conducting fluorine and antimony-doped tin oxide thin films, Vol. 249, N° 1-4, p. 183- 196, (2005).
- [11] E. Elangovan, K. Ramamurthi, "optoelectronic properties of spray deposited SnO₂: F thin films for window materials in solar cells, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials" Vol. 5, N° 1, p 45-54, (2003).
- [12] W.H.Amd / thèse, Université de Lomges / (2009).5.
- [13] M.H .Brodsky *Amorphous Semiconductors * Cambridge University Press, New York (1978)
- [14] J.I. Pankove, "optical processes in semiconductors " by prentice -hall, Inc., 1971.
- [15] E . ELANGO VAN , K . RAMAMURTHI," A study on low cost -high conducting fluorine and antimony-doped tin oxide thin films " , Applied Surface Science, vol 249, p183-196, (2005).

الفصل الثاني



II. تقنيات المعاينة لـ TCO:**مقدمة:**

خلال هذا الفصل سنتعرف على تقنيات المعاينة المستخدمة في عملنا التجريبي لإنتاج الشرائح الرقيقة من أكسيد القصدير المطعم بالأنتموان.

ووسيتم التعرف على طرق المعاينة المختلفة التي تساعدنا على معرفة بعض المميزات والموصفات حول البنية البلورية والخواص الكهربائية والضوئية للطبقة الرقيقة المرسبة والعديد من الثوابت الخاص بها.

1.II. تقنيات المعاينة لـ (TCO):

الهدف من هذا الجزء هو معرفة مختلف طرق المعاينة المستخدمة لتحديد الخواص البنيوية والضوئية والكهربائية. لذلك هناك عدة أجهزة لتحديد هذه الخواص منها:

1.1.II. الخصائص الضوئية :

تسمح لنا الخصائص الضوئية بمعرفة العديد من الثوابت المميزة لشرائح الطبقات الرقيقة. لذلك تم الاعتماد على مجموعة من العلاقات التي تعمل على تحديد قيم النفاذية والانعكاسية والامتصاصية.

❖ التحليل الطيفي للأشعة فوق بنفسجية:

لهدف تحليل ودراسة الخصائص الضوئية لشريحة رقيقة تستخدم تقنية الطيف للأشعة فوق البنفسجية حيث تعتبر تقنية لتحديد الخصائص الضوئية ويعتمد مبدأ هذه التقنية على تفاعل الضوء مع العينة المراد تحليلها^[1].

❖ تحديد معامل الامتصاص:

يمكن تحديد معامل الامتصاص α من خلال طيف النفاذية ونحصل عليه باستعمال العلاقة التالية^[2]:

$$\alpha = (1/d) \ln(1/T) \quad (II - 1)$$

❖ تحديد الفاصل الطاقي لـ TCO:

نحدد الفاصل الطاقي E_g من منحنى مربع α بدلالة $h\nu$ على انه نقطة تقاطع المماس مع محور الفواصل في المجال العالي ($\alpha > 10^{-4} \text{cm}^{-1}$). وتعطى علاقتها بالعلاقة التالية: ^[3-4]

$$(\alpha h\nu)^2 = A (h\nu - E_g) \quad (\text{II - 2})$$

حيث:

- $h\nu$: طاقة الفوتون.
- E_g : الفاصل الطاقي
- A : ثابت

2.1.II. قياس سمك الطبقة المرسبة:

يعطى قياس سمك الطبقة المدروسة بعدة طرق منها:

❖ طريقة هامش التداخل:

هذه التقنية تعتمد على معرفة تداخل طيف النفاذ في المجال المرئي ومجال الأشعة تحت الحمراء القريبة

3.1.II. طريقة تحديد الخصائص البنيوية :

تعتمد هذه الدراسة على تقنية الأشعة السينية بهدف توضيح الخصائص البنيوية للطبقات الرقيقة.

1.3.1.II. انعراج الأشعة السينية:

تعتبر تقنية انعراج الأشعة السينية إحدى الطرق لمعرفة البنى البلورية وأبعادها وخواص الأجسام الصلبة لقياس ثوابت الشبكة وتحديد حجم البلورة.

❖ مبدأ عمل تقنية انعراج الأشعة X:

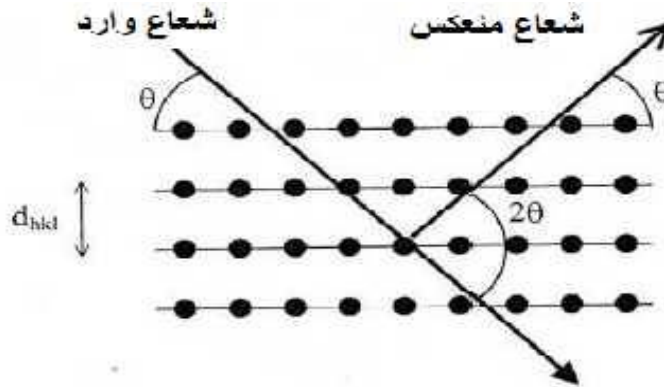
تعتمد تقنية تحليل الأشعة السينية (X) على توجيه حزمة أحادية الطول الموجي نحو العينة. حيث عند سقوط الأشعة X على المستوي المتشكل من الذرات بزاوية θ فيحدث لها حيود. بالطريقة التي تتبع قوانين الانعكاس للضوء ونعتمد في ذلك على علاقة براغ.

والتي تستخدم من أجل حساب ثوابت الشبكة (a) و (c) وكذلك المسافة بين المستويات البلورية (d) وتعطى علاقتها كالتالي [5-6].

$$2d_{hkl}\sin\theta = n\lambda \quad (\text{II - 3})$$

حيث: $a=b \neq c$

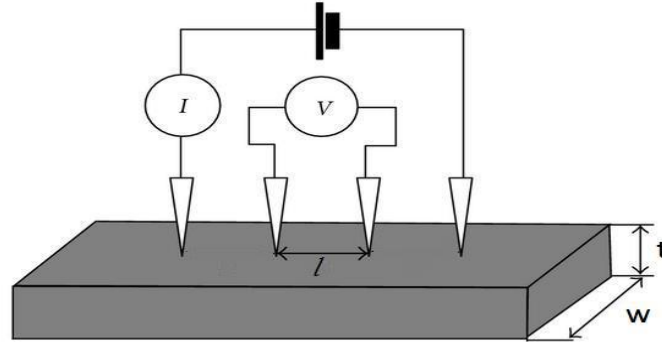
- d_{hkl} : المسافة الفاصلة بين المستويات لقرائن ميلر المحددة بـ (hkl) .
- θ : زاوية سقوط الأشعة.
- λ : الطول الموجي للأشعة السينية.



الشكل (1.II): يوضح مخطط انعكاس الأشعة السينية لعائلة مستويات بلورة في قانون براغ [6-7]

4.1.II. تحديد الخصائص الكهربائية :

تسمح هذه الدراسة بتحديد بعض الثوابت المميزة للعينة كالمقاومية الكهربائية والمقاومة السطحية باستخدام تقنية المسابير الأربعة.



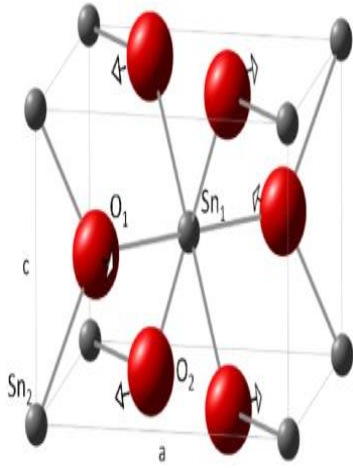
الشكل (2.II): رسم تخطيطي يوضح مبدأ عمل تقنية المسابير الأربعة [8]

الخلاصة:

من خلال هذا الفصل تطرقنا الى معرفة كيفية الحصول على اغشية مرسبة نقيه ومطعمة .ولتحديد الخصائص الضوئية ،البنوية و الكهربائية المتعلقة بالعينة المحضرة استعملنا تقنية تحليل الاشعة الفوق بنفسجية، وللحصول على الثوابت البنوية استعملنا جهاز الانعراج للاشعة السينية وجهاز المسابر الاربعة لتحديد الخصائص الكهربائية .

المراجع:

- [1] G. HUERTAS," Etude de Nouveaux Matériaux D'électrode Positive et d'électrolyte Solide Vitreux Sous Forme de Couches minces pour des Couches Minces Microbatteries au Lithium", Thèse de doctorat, université de Bordeaux , (2006).
- [2] R. JURGEN, MEYER-ARENDE, "Introduction to Classical and Modern Optics, Fourth edition", Published by Prentice-Hall Inc, (1995).
- [3] T. GUNGOR , H. TOLUNAY, " Effects of Substrate Temperature on Properties of a-Si :H Films" , Turk J Phys, vol 26, p 269 – 275, (2002).
- [4] T. Gungor, H. Tolunay. "Drift mobility measurements in a-SiNx:H". Journal of Non-Crystalline Solids. vol. 282, p.197-202, (2001).
- [5] A. RAHAL, " Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des verres ordinaires" , UNIVERSITE D'ELOUED, (2013).
- [6] كتاب علم البلورات والاشعة السينية لـ د نعيمة عبد القادر و د محمد امين سليمان... دار الفكر العربي [6]
- [7] G.D. CODY, " Urbachedge of crystalline and amorphou silicon: a personal review", Journal of Non-Crystalline Solids , vol 141 , p 3-15 , (1992).
- [8] Souad Laghrib, "Synthèse des films minces de : SnO₂, SnO₂: In par deux procédés physique et chimique et étude de leur caractérisation", thèse de magister, Université Ferhat Abbas- Setif.



الجزء العملي

الفصل الثالث

SnO_2

تحضير التجربة وتحليل نتائجها لتحديد خصائص
الشرايح

III. تحضير التجربة وتحليل نتائجها لتحديد خصائص الشرائح :

مقدمة:

نحن بصدد التعرف على التركيب التجريبي المستخدم في عملنا مع ذكر خطوات التجربة المتمثلة في تطعيم شرائح أكسيد القصدير بالأنتموان بتراكيز متفاوتة ($\text{SnO}_2 : \text{Sb}$). وتحليل النتائج من المنحنيات. بالإضافة إلى تحديد خصائص الشرائح المحضرة كالبنية البلورية وقيم النفاذية والمقاومة السطحية. ومعرفة مدى التحسن الحاصل على مستوى الطبقات المحضرة.

III.1. التركيب التجريبي للعمل المدروس:

لتحضير أغشية أكسيد القصدير النقية والمطعمة بالأنتموان ($\text{SnO}_2 : \text{Sb}$). ولإنجاز هذا العمل نستخدم التركيب التجريبي لتقنية الرش فوق الأمواج الصوتية في مختبر بجامعة الوادي، ويعتمد إنجاز هذا التركيب على عناصر بسيطة. تتكون من عدة مواد أولية منها الركيزة الزجاجية وتسخن إلى درجة حرارة لازمة لتكوين الأغشية. تدخل عدة عوامل للحصول على طبقات رقيقة من أكسيد القصدير النقي والمتجانسة. يمثل الشكل التالي التركيب المستعمل لتحضير شرائح أكسيد القصدير بتقنية الأمواج فوق الصوتية.



الشكل (III.1): التركيب التجريبي لتقنية الأمواج فوق الصوتية.

الرقم	التسمية
1	مسخن
2	جهاز تنظيم التدفق
3	البخاخة
4	مولد الموجات فوق الصوتية
5	منظم درجة الحرارة
6	غرفة الترسيب

جدول (III-1): يمثل تسميات مكونات الجهاز

يعتمد هذا التركيب التجريبي في هذه التقنية على رش المحلول المكون من العناصر المتفاعلة. باستعمال طاقة الأمواج فوق الصوتية بحيث تكمن أهمية هذا العمل التجريبي في تحقيق نظام لترسيب طبقات رقيقة بواسطة هذه التقنية.

وذلك من خلال دراسة مكوناتها وتأثيرها على مميزات الطبقات المرسبة لهذا العمل المتمثل في تطعيم شرائح أكسيد القصدير بالانتيموان (SnO_2 :Sb).

2.III. تحضير التجربة:

➡ الخطوة الأولى:

التخلص من الشوائب الموجودة في الأدوات الأولية بتنظيف الركائز بالكحول والماء المقطر. ودرجة الحرارة المثلى للركيزة من أجل توفير الظروف الملائمة للتجربة وتثبيت مدة الترسيب.

➡ الخطوة الثانية: تحضير المحاليل:

☒ المحلول الأول:

لتحضير محلول SnO_2 ذات نوعية جيدة في البداية نقوم بوزن كتلة من SnCl_2 بحيث تتم إذابتها في مزيج من (الماء المقطر + ميثانول) بنسب متساوية فنحصل على محلول شاردني به شوارد Sn^{+2} ذو تركيز مولاري ($C_m=0.5M$)

المحلل الثاني:

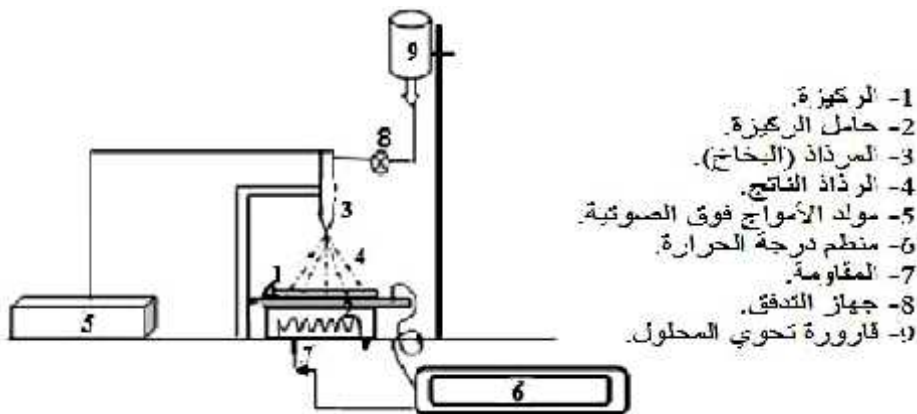
يمكن تطعيم طبقة أكسيد القصدير الثنائي المحضرة من المحلول الأول بالأنتموان بإضافة كتلة من $SbCl_3$ إلى المحلول الأول بحيث نتحصل على محلول شفاف غني بشوارد من Sb^{+3} و Sb^{+4} .

III. 1.2. طريقة ترسيب شرائح SnO_2 :

بعد تحضير الركيزة الزجاجية والمحاليل اللازمة للحصول على طبقة من أكسيد القصدير النقي والمطعم. تتمثل عملية ترسيب الشرائح في وضع الركيزة الزجاجية في وسط المسخن إلى درجة حرارية قيمتها $480^\circ C$ يتم تشغيل مولد الأمواج فوق الصوتية لتحويل المحلول الموضوع في البخاخ إلى رذاذ يرش على الركيزة بصورة منتظمة وعمودية وبسرعة ثابتة فتتصلب على شريحة أكسيد القصدير النقي SnO_2 .

وبنفس الكيفية يتم رش المحلول الثاني المحتوي على شوارد الـ Sb^{+3} لنحصل على شرائح من أكسيد القصدير المطعم ($SnO_2:Sb$) على سطح الركيزة. وتهدف هذه العملية إلى معرفة مدى تأثير التطعيم على الخصائص الكهربائية، الضوئية والبنوية والتحسينات الحاصلة على مستواها.

الشكل الموالي يوضح مخطط التقنية المستخدمة في عملنا التجريبي تقنية الرش فوق الصوتي.



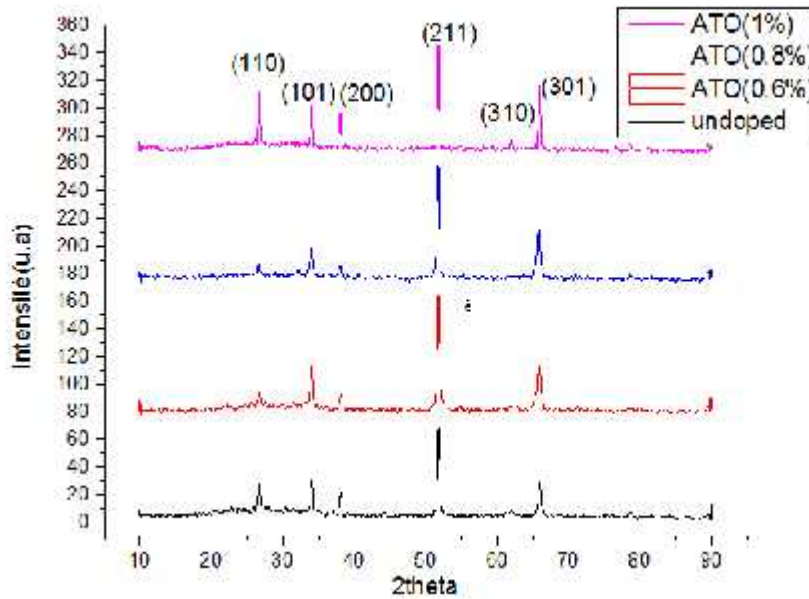
الشكل (III.2): مخطط تقنية رش الأمواج فوق الصوتي.

3.III. خصائص الطبقات الرقيقة لأكسيد القصدير المحضر (المطعمة والنقية):

1.3.III. الخصائص البنيوية :

يعطي طيف الأشعة السينية الموضح في المنحنى (1.III) البيانات لها عدة قمم وهذا للأغشية (النقية والمطعمة بتركيز متفاوتة من الأنتيموان) مما يظهر أن لها تركيب بلوري من النوع متعدد التبلور مع وجود بعض القمم الصغيرة كالقمة (101) والتي ظهرت في الأغشية النقية والمطعمة تقريبا بشدة ثابتة ومع زيادة في نسبة تركيز التطعيم.

حدث تحسن ملحوظ في التركيب البلوري لهذه الشرائح من حيث زيادة عدد القمم أو زيادة شدتها في الاتجاه التفضيلي (211) بزيادات متفاوتة. كما نلاحظ ظهور القمم (301)، (200)، (101)، بشدات متفاوتة بحيث تتغير بالزيادة أو النقصان بتغير نسبة تركيز التطعيم.



المنحنى (1.III): يوضح أطراف انعراج الأشعة السينية لأغشية أكسيد القصدير (النقية والمطعمة)

ولحساب الثوابت المميزة للشبكة. والمسافة الشبكية في المستويات البلورية d_{hkl} نستعمل علاقة براغ

$$2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda \quad \square \text{ للتذكير:}$$

$$1/d_{hkl}^2 = k^2/a^2 + h^2/b^2 + l^2/c^2 \quad \square \text{ لتعيين الثوابت المميزة للشبكة لدينا}$$

$$d_{hkl} = \lambda/2 \sin \theta \quad \square \text{ لحساب المسافة الشبكية نستعمل العلاقة التالية}$$

$$\theta/\beta \cos D = 0.9\lambda$$

☒ لحساب الحجم الحبيبي نستعمل:

حيث:

- λ : الطول الموجي.
- **D**: معدل الحجم الحبيبي.
- β : قيمة العرض عند منتصف الارتفاع.

الجدول الموالي عبارة عن تلخيص لنتائج حساب قيم ثوابت الشبكة (a.b.c) والمسافة الشبكية d_{hkl} .

نسبة التطعيم %	hkl	d_{hkl}	a (A°)	b (A°)	c (A°)
0	211	1.763329	4.715822	4.715822	3.183337
	200	2.357911			
	101	2.635683			
0.6	211	1.764458	4.716154	4.716154	3.189849
	200	2.358077			
	101	2.639376			
0.8	211	1.766504	4.735564	4.735564	3.196527
	200	2.367782			
	101	2.643155			
1	211	1.76448	4.7285	4.7285	3.190782
	200	2.36425			
	101	2.63990			

جدول (2.III): يلخص نتائج طيف الأشعة السينية.

بالنسبة لتحليل الجدول نلاحظ زيادة في قيم ثوابت الشبكة بزيادة تركيز التطعيم إلى غاية النسبة 0.8% وتنخفض القيم عند 1%، كما نلاحظ زيادة في قيم المسافات الشبكية d_{hkl} مما يدل على زيادة في حجم الخلايا الأولية مع زيادة في تركيز التطعيم للشرائح. ففي حالة 0.6% و 0.8% يحدث استبدال للشوارد Sn^{+4} بشوارد الـ Sb^{+3} . لأن نصف قطر Sb^{+3} ذو 0.93 A° يعتبر أكبر مقارنة بنصف قطر Sn^{+4} الذي هو 0.71 A° . أما عند 1% فيحدث تبادل لجزء من الشوارد والجزء الآخر يدخل في فجوات البلور أي دون جدوى وهذا ما يؤكد نقصان لقيم الثوابت في هذا التركيز.

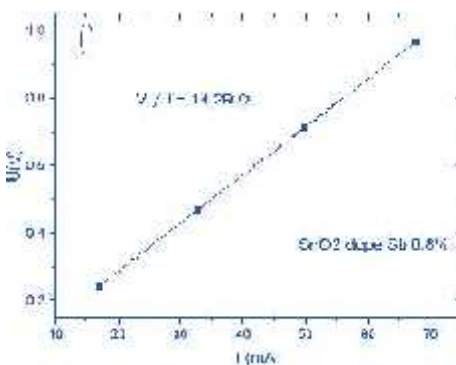
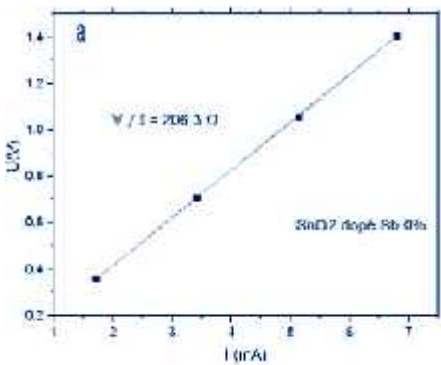
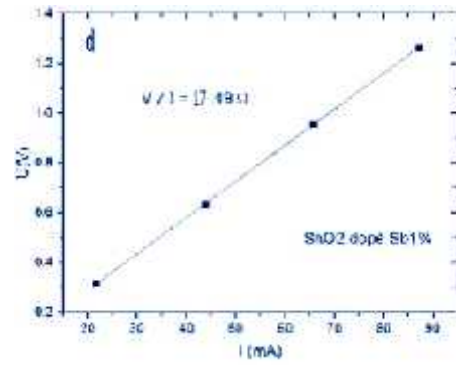
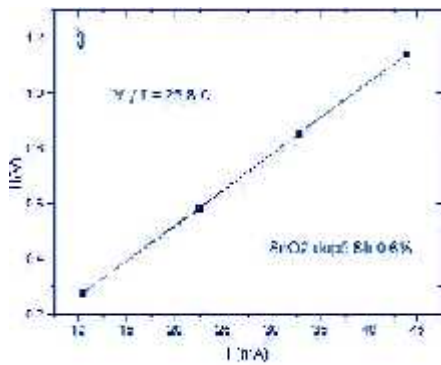
2.3.III. الخصائص الكهربائية:

تتميز شرائح أكسيد القصدير النقية والمطعمة بخصائص كهربائية ذات تطبيقات متعددة في العديد من المجالات. ان كل طبقات أكسيد القصدير SnO_2 المطعمة بتراكيز متفاوتة من الأنتيموان Sb لها قيمة مقاومة سطحية منخفضة بالمقارنة لمقاومة SnO_2 النقي. يمكن تحديد المقاومة الكهربائية بالاستعانة بالمنحنيات الموضحة أدناه ($V=f(I)$) التي تبين لنا نتائج مجس النقاط الأربعة لشرائح أكسيد القصدير المحضرة (النقية والمطعمة بالأنتيموان). حيث يتم تطبيق تيار I بين مخرجين رئيسيين ويغير فرق الكمون المطبق على الشرائح (V) ونقيس التيار المار في الشريحة بحيث يمكن الحصول على قيمة R_s من ميل المنحنيات.

$$R_s = 4.532(V/I) \quad \text{باستعمال العلاقة التالية:}$$

حيث:

- R_s : المقاومة السطحية .
- 4.532: عامل التصحيح المطبق على العينة.
- V : فرق الجهد.
- I : شدة التيار.



المنحنى (2.III): منحنيات تغير فرق الجهد بدلالة التيار لأكسيد القصدير المحضر (النقي والمطعم)

المنحنيات هي عبارة عن خطوط مستقيمة (دالة خطية) معادلتها من الشكل:

$$V=a I...Y= a x$$

$$a = V/I$$

a هو ميل المنحنى

وبمطابقة العلاقة التجريبية مع العلاقة النظرية نجد الميل a يطابق $RS / 4.532$ من هنا يمكن حساب المقاومة السطحية بالنسبة لجميع شرائح الـ SnO_2 النقية والمطعمة. والنتائج موضحة في الجدول التالي:

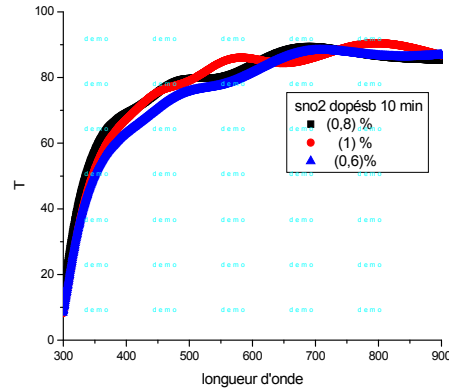
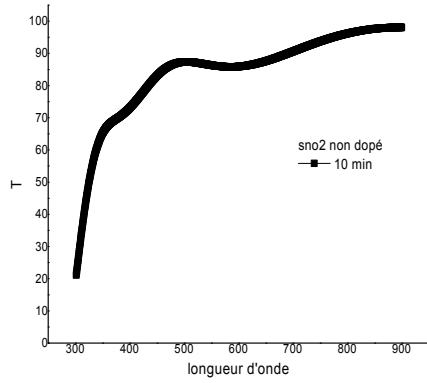
نسبة التطعيم %	R_S
0	934.9516
0.6	116.9256
0.8	64.76228
1	79.26468

جدول (3.III): قيم الـ R_S لشرائح الـ SnO_2 المحضرة

من خلال نتائج الجدول نلاحظ أن المقاومة السطحية بعد التطعيم تنقص بشكل كبير وواضح، ومنه نستنتج أن التطعيم عمل على تخفيض المقاومة وبذلك حسن في الناقلية الكهربائية لأغشية أكسيد القصدير المطعمة بالأنتموان (SnO_2 : Sb). حيث نلاحظ زيادة في المقاومة عند التطعيم 1% لأن شوارد Sb^{+3} عند التركيز 1% جزء منها يدخل في فجوات البلور وهذا ما أكدته دراسة الخصائص البنيوية.

III. 3.3 الخصائص الضوئية (البصرية):

لدراسة تأثير التطعيم على أغشية من أكسيد القصدير النقية والمطعمة بالأنتموان بتركيز متفاوتة على قيم النفاذية لها، نستعين بالشكل الموضح أدناه وهو عبارة عن منحنيات النفاذية لأغشية طبقات أكسيد القصدير SnO_2 النقية والمطعمة، والذي يمثل تغيرات طيف النفاذ بدلالة الطول الموجي للأغشية.



المنحنى (3.III): تغير أطيف النفاذية للطبقات المحضرة لأكسيد القصدير النقية والمطعمة بالأنتموان بالتراكيز الموضحة فيه.

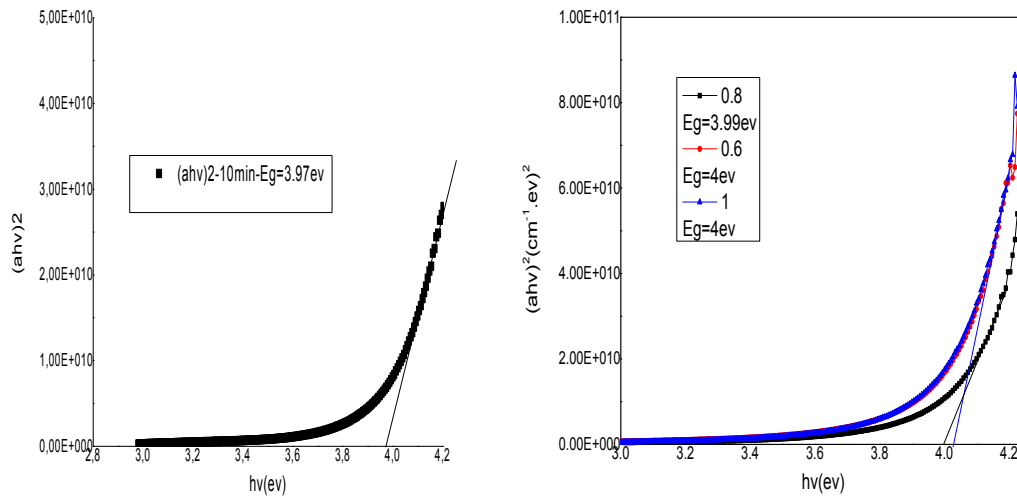
بينت نتائج دراسة هذه المنحنيات أن الـ SnO_2 بصفة عامة (الشرائح النقية والمطعمة) تمتاز بشفافية عالية في المجال المرئي (400-800 nm). إلا أن أغشية أكسيد القصدير النقية تمتلك نفاذية عالية مقارنة مع الأغشية المطعمة بالأنتموان تعطى قيمتها 90% في المجال المرئي، أما بالنسبة للأغشية المطعمة بالتركيز 0.8% تكون قيمة نفاذيتها 86%. وتكون قيمة النفاذية للشرائح المطعمة بالتراكيز التالية 1% و 0.6% هي على الترتيب 84% و 88%.

نلاحظ أنه بزيادة تركيز التطعيم تنخفض النفاذية للشرائح في المجال المرئي كما هو الحال عند التركيز 1% مقارنة مع قيمة النفاذية للتركيز 0.6%.

وهذا الاختلاف في قيم النفاذية يعبر عن وجود الكترولونات حرة في البلور عند تطعيمه بـ Sb^{+3} واختلافات في سمك الشريحة المحضرة بالإضافة إلى وجود عيوب بلورية كتنشوه بنية أغشية أكسيد القصدير خلال عملية التطعيم.

✦ حساب الفاصل الطاقوي للشرائح المحضرة:

يتم تحديد قيمة الفاصل الطاقوي لمختلف شرائح أكسيد القصدير (المطعمة والنقية) من خلال الشكل (4.III) والذي يمثل منحنى تغيرات الـ $(\alpha h\nu)^2$ بدلالة المتغير $(h\nu)$.



المنحنى (4.III): منحنيات فجوة الطاقة لأكسيد القصدير SnO_2 النقي والمطعم بتراكيز متفاوتة من الأنتيمون

تمكننا المنحنيات أعلاه من تعيين قيم عرض الفاصل الطاقي للشرائح المحضرة، بحيث يتم إسقاط مماس للمنحنى ليقطع محور الفواصل ($h\nu$) عند النقطة $((ah\nu)^2=0)$ وتعتبر نقطة التقاطع عن قيمة الفاصل الطاقي والذي يحقق العلاقة $h\nu=E_g$. الجدول التالي يلخص قيم فجوة الطاقة لجميع شرائح أكسيد القصدير المحضرة.

نسبة التطعيم %	$E_g(\text{ev})$
0	3.97
0.6	4
0.8	3.99
1	4

جدول (4.III): قيم الفاصل الطاقي للشرائح المحضرة.

من الجدول نلاحظ اختلافات في قيم فجوة الطاقة للأغشية المحضرة بحيث يعود التزايد في قيمة الفاصل الطاقوي الى فعل الانزياح الذي يفسر امتلاء عصابة النقل بالكترونات الذرات المانحة بفعل *Bmstem Moss* أما النقصان في قيمة الفاصل الطاقوي يفسر بفعل *Roth*.

3.III. الاستنتاجات المستخلصة من هذا الفصل :

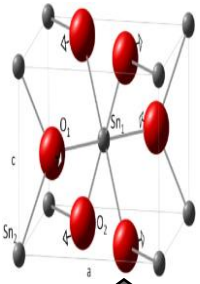
تمكنا تقنية الرش فوق الصوتي من تحضير شرائح أكسيد القصدير النقية SnO_2 والمطعمة بتراكيز متفاوتة من الأنتيموان ($\text{SnO}_2: \text{Sb}$) (0.6%-0.8%-1%).

تحسن في التركيب البلوري بعد التطعيم. كلما زادت قيمة المسافة الشبكية زاد حجم الخلايا الأولية مع زيادة في نسبة تراكيز التطعيم كما هو موضح في الجدول (2.III). زيادة في قيمة الناقلية بسبب الزيادة في تركيز التطعيم الذي يؤدي إلى انخفاض المقاومة السطحية R_s كلما زادت نسبة تركيز التطعيم زادت قيمة فجوة الطاقة.

امتلاك الأغشية النقية لأكسيد القصدير نفاذية عالية في المجال المرئي مقارنة مع قيمة النفاذية للشرائح المطعمة بالأنتيموان في نفس المجال ($\text{SnO}_2: \text{Sb}$) الزيادة في الإلكترونات الحرة الناتجة عن التطعيم بالأنتيموان، وكذلك الاختلاف في سمك الشرائح يؤثر على قيمة النفاذية للطبقات المحضرة.

الخلاصة:

في هذا الفصل قمنا أولاً بالتعرف على التركيب التجريبي المعتمد على تقنية الأمواج فوق الصوتية وتوضيح خطوات التجربة، كما حللنا نتائجها التي أعطتنا عدة استنتاجات حول أهمية تطعيم أكسيد القصدير بالأنتيموان بتراكيز متفاوتة، والتغيرات الحاصلة على مستوى الخصائص البنيوية. ومدى النفاذية للشرائح وقيمة الفاصل الطاقوي لها وهذا يعد نقاط إيجابية في تحسين البلور SnO_2 النقي وذلك باستخدام نظام الترسيب بالأمواج فوق الصوتي.



الخاتمة العامة

الخطاتمة العامة

تعد أغشية أكسيد القصدير SnO_2 من أهم المواد في الأكاسيد الشفافة الناقلة لتعدد استخداماته في عدة مجالات.

حيث أعطت دراسة العديد من شرائح أكسيد القصدير عند تطعيمه بنسب متفاوتة من الأنتيموان ($\text{SnO}_2:\text{Sb}$) الذي يعتبر من الشوائب المانحة ذات التكافؤ 5^+ و 3^+ بحيث تتموضع سوية المانحة قريبا جدا من قعر عصابة النقل نلاحظ تحسن على مستوى خصائصها الكهربائية، البنيوية والضوئية مقارنة بشرائح أكسيد القصدير النقية بنسبة لمحتوى هذا البحث فقد تناولنا فيه أولا التعريف بالأكاسيد الناقلة الشفافة TCO فهي عبارة عن مواد شبه ناقلة تمتلك خصائص متعددة حيث خصصنا منها أكسيد القصدير الثنائي الذي تم التعرف عليه بحيث يكون أساس هذا البحث وهو من المواد الخاملة كيميائيا.

وكذلك تعرفنا على التقنية المستعملة في هذا العمل تقنية الرش فوق الصوتي للحصول على شرائح من أكسيد القصدير نقيه ومطعمة بالأنتيموان ويعتمد عمل هذه التقنية على ترسيب الأغشية الرقيقة على ركائز زجاجية، بتثبيت درجة الحرارة على (480°) والترسيب يكون أولا بالأكسيد النقي وثانيا بالأكسيد المطعم بالأنتيموان

حيث أعطت النتائج عدة استنتاجات حول دراسة خصائص هذه الشرائح قبل وبعد التطعيم. الخصائص البنيوية وجود توجه تفضيلي بلوري وفق المستوي (211) والبنية الرباعية التركيب لـ SnO_2 استنادا إلى مخططات انعراج الأشعة السينية بحيث يبرز تأثير التطعيم على ثوابت الشبكة والمسافات الشبكية للأكسيد ودراسة الخواص الضوئية كالنفذية التي انخفضت بدورها بعد تطعيم الشرائح بتراكيز متفاوتة من الأنتيموان (%0.6، %0.8، %1).

أما بالنسبة للخصائص الكهربائية فالمقاومة السطحية تنخفض بعد التطعيم بزيادة نسبة التطعيم إذن زيادة في الناقلية الكهربائية.

أكدت هذه الدراسة أن للتطعيم تأثير على خصائص شرائح أكسيد القصدير المطعمة إلا أن هذه الدراسة تقتصر على نسب تطعيم محددة بحيث يمكن في المستقبل إيجاد نتائج أحسن فيما يخص خصائص الشرائح بزيادة في تركيز Sn مع تغيير عنصر التطعيم وكذلك درجات الحرارة بالنقصان أو الزيادة وتبقى الدراسات مستمرة.

الملخص:

تمكنا في هذه الدراسة من معرفة خصائص الأغشية الرقيقة لثنائي أكسيد القصدير. ومعرفة معاملات الثوابت الأساسية المميزة للشبكة بالأشعة السينية (لأغشية أكسيد القصدير النقية والمطعمة بالأنتموان) والمسافات الشبكية لها، ومدى نفاذيتها العالية في المجال المرئي وناقليتها. بحيث تمكنا من تحديد الفاصل الطاقى *Eg*. والمقاومة السطحية *Rs* للشرائح.

باستعمال تقنية الرش فوق الصوتي التي تعتمد على تحويل المحلول إلى رذاذ ورشه على الركيزة الزجاجية مشكلة طبقات رقيقة.

أعطت النتائج عند التطعيم بالأنتموان عدة استنتاجات على تحسن الخصائص البنيوية، الضوئية والكهربائية للأغشية المطعمة بالأنتموان ($\text{SnO}_2: \text{Sb}$) مقارنة بالأغشية النقية. تبين أنها تتأثر بالتراكيز المختلفة للأنتموان ($1\% - 0.6\% - 0.8\%$) وفي عملنا التجريبي هذا غيرنا التراكيز للمادة المطعمة مع تثبيت درجة الحرارة (480 C°) والزمن. الشرائح المتحصلة لها نفاذية قيمتها بين 84% إلى 88% . بحيث يمكن لهذه الشرائح بالخصائص المتحصلة عليها استعمالها كأقطاب للخلايا الشمسية.

الكلمات المفتاحية: أكسيد القصدير الثنائي، الأنتموان، الشرائح الرقيقة، انعراج الأشعة السينية، الناقلية

الكهربائية