الملخص العربي

"دراسة خواص مركب أكسيد الزنك المطعم ببعض العناصر الإنتقالية ذات الأبعاد النانومترية و المحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي"

يشمل علم النانو تكنولوجي تصنيع وتحضير المواد و الأجهزة و الأنظمة عند مستوي النانومتر. أيضا فإن دراسة المواد التي تمتلك خواص ضوئية و كهربية ومغناطيسية في آن واحد والتي يمكنها كذلك القيام بوظائف متعددة (Multifunctional Materials) مهم جدا من ناحية الحصول علي أنظمة صغيرة الحجم و عالية الكفاءة. و قد كان هذا هو الهدف الاساسي من هذه الدراسة.

تناولت الرسالة دراسة واحد من أهم مركبات المجموعة II-IV الشبة موصلة و هو مركب أكسيد الزنك. حيث طاقة الفجوة لهذا المركب واسعة (3.3 إلكترون فولت) و من النوع الإنتقالي المباشر. أما طاقة ربط الإلكترونات و الفجوات فتصل إلي 60 ميللي إلكترون فولت عند 300 درجة كلفينية. و يتوافر هذا المركب علي شكل بلورة احادية و الذي يمتلك العديد من الخواص الفريدة مثل الكهربية الضغطية و ثباته الكيميائي و نفاذيته العالية للضوء المرئي و مقاومته لتأثير الإشعاع و العلاقة غير الخطية بين الجهد و التيار. كما أن الدراسات توقعت أن تطعيم هذا المركب بنسب معينة من بعض البعناصر الانتقالية قد يكسبه خواصا مغناطيسية عند درجة حرارة كوري أعلي من 300 درجة كلفينية. جميع هذه الخواص و غيرها تجعل أكسيد الزنك مادة متعددة الوظائف يمكن إستخدامها في العديد من التطبيقات الصناعية مثل أقطاب توصيل شفافة وفي الخلايا الشمسية و الوصلات الثنائية و الترانزستورات و كاشفات الغازات وأجهزة الموجات الصوتية (SAW devices). و بالإمكان كذلك إستخدامها في الأجهزة المبنية علي أساس إستغلال اللف المغزلي للإلكترونات (Spintronics).

تحتوي هذه الرسالة علي ستة فصول و علي النحو:

الفصل الاول:

و يشمل تعريف علم النانوتكنولوجي و المواد النانومترية وخصائصها و أنواعها. كما يتطرق إلي الطرق المختلفة لتحضير الأفلام الرقيقة مع بعض التفصيل و خصوصا للطريقة المستخدمة في هذه الرسالة (Sol-gel Spin Coating Technique). كما يتضمن هذا الفصل الهدف من هذا العمل.

الفصل الثاني:

و يتكون من جزأين أساسيين:

الأول:- يشمل أنواع و خصائص الاكاسيد والتعريف بكل من الاكاسيد الموصلة ذات النفاذية (TCOs) وأشباة الموصلات ذات المغناطيسية المخففة (DMSs). كما يتضمن خصائص مركب أكسيد الزنك والتطبيقات المناظرة لهذه الخصائص.

الثاني:- و هو عبارة عن الدراسات السابقة و ما سبق نشره سواء عن أكسيد الزنك أو أكسيد الزنك المطعم ببعض لعناصر الإنتقالية.

الفصل الثالث:

وهو بمثابة عرض لطريقة التحضير التي استخدمت في تحضير الأفلام الرقيقة لأكسيد الزنك غير المطعم و أكسيد الزنك المطعم بكل من النحاس أو الكروم أو الكادميوم. كما يتضمن شرحا وافيا للتقنيات و بعض الأجهزة التي تم إستخدامها للقياس و التوصيف مع عرض المعادلات التي استخدمت في الحسابات المختلفة و كذلك ظروف القياس.

الفصل الرابع:

يعرض هذا الفصل النتائج و المناقشات حول تأثير التطعيم بعنصر النحاس علي الخواص التركيبية و الضوئية و الكهربية و المغناطيسية لمركب أكسيد الزنك قبل التطعيم و بعد التطعيم بنسب مختلفة.

الفصل الخامس:

يعرض هذا الفصل النتائج و المناقشات حول تأثير التطعيم بعنصر الكروم بنسب مختلفة علي الخواص التركيبية و الضوئية و الكهربية و المغناطيسية لمركب أكسيد الزنك.

الفصل السادس:

يعرض هذا الفصل النتائج و المناقشات حول تأثير التطعيم بعنصر الكادميوم بنسب مختلفة علي الخواص التركيبية و الضوئية و الكهربية لمركب أكسيد الزنك.

و تتلخص أهم النتائج التي تم الحصول عليها فيما يلي:

1- أظهرت نتائج حيود الاشعة السينية أن التطعيم بالنحاس أو الكروم أو الكادميوم لم يغير التركيب البلوري لأكسيد الزنك الذي كان من النوع ورتزيت(Wurtzite) قبل و بعد التطعيم و لم يظهر أي نوع من الشوائب أو أكاسيد للعناصر الإنتقالية التي تم بها التطعيم. كذلك وجد أن درجة التبلور (Degree of Crystallinity) إضمحلت تدريجيا بزيادة نسبة التطعيم بأي من العناصر الثلاثة التي استخدمت في التطعيم. في نفس الوقت كان هناك تغييرات واضحة في خصائص التركيب البلوري لأكسيد الزنك نتجت عن تغير العنصر المستخدم في التطعيم علي النحو التالي:-

أ. أدت إضافة النحاس إلي أكسيد الزنك إلي التقليل المستمر في الحجم الجسيمي من 30.62 نانومتر قبل التطعيم إلي 9.37 نانومتر وذلك بالزيادة المستمرة في نسبة النحاس من 0.7 % إلي 9.8 %. أما في حال إضافة الكروم فإن الحجم الجسيمي قل إلي 12.66 نانومتر و في حالة الكادميوم قل فقط إلي 14.44 نانومتر.

ب. التطعيم بالكروم كان مصحوبا بنمو مفضل في الإتجاه البلوري (002). أما في حالتي التطعيم بالنحاس و الكادميوم فإن النمو البلوري كان في جميع الاتجاهات و لا يوجد إتجاه مفضل. أيضا لوحظ أن نسبة التطعيم عند 9.8 % أدت إلي إضمحلال كبير في درجة التبلور في حالة إضافة النحاس عنه في حالة إضافة الكادميوم.

ج. لوحظ ان التطعيم بالنحاس أو بالكادميوم يجعل الافلام الرقيقة المتكونة ذات إنفعال إيجابي أو شدّي أما التطعيم بالكروم أدي إلي تكّون إنفعال سالب أو ضغطي.

2- أشارت قياسات مجهر القوة الذرية إلي نقصان الحجم الجسيمي مع زيادة نسبة التطعيم بأي من العناصر الإنتقالية الثلاثة المستخدمة و هذا بالتوافق مع نتائج حيود الأشعة السينية. كذلك وجد أن خشونة سطح الفيلم تزداد مع زيادة نسبة التطعيم. الفرق الأساسي في التشكل هو أن سطح الفيلم الرقيق لأكسيد الزنك كان عبارة

عن قضبان نانوية تحوّلت إلي ألياف نانومترية عند إضافة النحاس و تحوّل إلي شبكة مجعدة بعد إضافة الكروم و تحوّلت الي تجمعات نانومترية عند إضافة الكادميوم.

3- بالنسبة إلي قياسات الخواص الضوئية:

أ. إتضح أن كل العينات المحضرة ذات نفاذية عالية (> 85 %) للضوء المرئي. الفيلم ZnO:9.8% Cu كان له أكبر نفاذية (90.12 %)(بالنسبة إلي كل العينات المطعمة بالنحاس). أما الفيلم ZnO:8.4% Cr فقد أظهر نفاذية بلغت 91.3 % مع العلم بأن نفس هذه العينة أظهرت أكبر نمو مفضل في الإتجاه (002) نسبة إلي باقي العينات التي تم تطعيمها بالكروم. أما أكسيد الزنك غير المطعم فقد أظهر أكبر إنعكاسية بلغت 10.72 %.

ب. تناقصت طاقة الفجوة لأكسيد الزنك عن 3.3 إلكترون فولت نتيجة إضافة أيا من هذه العناصر الإنتقالية حيث تناقصت إلي 3.255 إلكترون فولت نتيجة التطعيم بالنحاس و إلي 3.215 إلكترون فولت نتيجة التطعيم بالكروم في حين أنها تناقصت إلي 3.185 إلكترون فولت نتيجة التطعيم بالكادميوم.

ج. قلت معاملات الإنكسار عن القيمة المعتادة لأكسيد الزنك و هي 2 و كان ذلك نتيجة تأثير سمك الفيلم. كما لوحظ أن معامل الإنكسار يقل تدريجيا عند تزايد نسبة التطعيم بالنحاس. أما عند التطعيم بالكروم فإنها تتناقص بزيادة نسبة التطعيم إلي 6.3 % ثم تتزايد بعدها و ذلك نتيجة النمو في الاتجاة (002).

د. لوحظ أن القيم المتوسطة للجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربي أعلي من الجزء التخيلي. الجزء الحقيقي سلك سلوك معامل الانكسار من حيث الزيادة و النقصان.

و. القيم المتوسطة للجزء الحقيقي للتوصيلية الضوئية كانت أقل منها للجزء التخيلي. و في معظم منطقة الضوء المرئي كان هذا الجزء الحقيقي صغيرا جدا لكنه إزداد بحدة بالقرب من منطقة الأشعة فوق البنفسجية نتيجة لشدة التفاعل بين الفوتونات و إلكترونات المادة.

4- أظهرت قياسات التوصيلية الكهربية أن النحاس غالبا ما يسلك سلوك مستقبل الإلكترونات علي شكل Cu^{+1} و هو ما أدي الي نقصان التوصيلية الكهربية بزيادة نسبة النحاس المضاف إلي أكسيد الزنك. في حين أنه بزيادة نسبة التطعيم بالكروم و الكادميوم فإن التوصيلية الكهربية تزايدت بإستمرار مما يعني أن هذين العنصرين يعملان كمانح للإكترونات مما أدي إلي زيادة التوصيلية الكهربية.

5- إضافة النحاس أو الكروم إلي أكسيد الزنك لم يؤد إلي تغيير خواصه المغناطيسية حيث ان قياسات القابلية المغناطيسية أظهرت أن هذه المواد مواد بارامغناطيسية. كذلك وجد أن القابلية المغناطيسية تقل بزيادة المجال المغناطيسي المؤثر.

أخيرا جاءت كل القياسات المستخدمة و التي أجريت علي مركب أكسيد الزنك قبل و بعد تطعيمه بالنحاس أو بالكروم أو بالكادميوم متوافقة و تؤكد بعضها البعض. و بهذا فإن هذه الدراسة يمكن أن تساهم في العديد من التطبيقات البحثية و الصناعية و التكنولوجية التي تستوجب إستخدام مادة متوافرة و رخيصة الثمن و متعددة الوظائف مثل مركب أكسيد الزنك غير المطعم و المطعم ببعض العناصر الانتقالية المختلفة.

الابحاث المستخلصة من رسالة الدكتوراه :

1- **A.M. El Sayed**, S. Taha, G. Said, A. A. Al-Ghamdi, F. Yakuphanoglu, "Structural and optical properties of spin coated $Zn_{1-x}Cr_xO$ nanostructures", *Superlattices and Microstructures*. 60 (**2013**) 108–119. **https://doi.org/10.1016/j.spmi.2013.04.025**

2- **A.M. El Sayed**, G. Said, S. Taha, A. Ibrahim, F. Yakuphanoglu, "Influence of copper incorporation on the structural and optical properties of ZnO nanostructured thin films", *Superlattices and Microstructures* 62 (**2013**) 47–58. **https://doi.org/10.1016/j.spmi.2013.07.005**

3- **A.M. El Sayed**, S. Taha, G. Said, F. Yakuphanoglu, "Controlling the Structural and Optical Properties of Nanostructured ZnO Thin Films by Cadmium Content", *Superlattices and Microstructures* 65 (**2014**) 35–47. **https://doi.org/10.1016/j.spmi.2013.10.041**