مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (33) العدد (2) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (33) No. (2) 2011

دراسة الخصائص الضوئية لأفلام أوكسيد السيليكيون المشاب بالفضة المحضرة بتقانة (Flow-Coating Sol-Gel)

الدكتورة ختام يوسف قنجراوي*

(تاريخ الإيداع 20 / 7 / 2011. قُبِل للنشر في 26 / 9 /2011)

□ملخّص □

في هذه الدراسة قمنا بتحضير أفلام رقيقة من أكسيد السيليكون النقي والمشاب بالفضة بتقانة المحلول الجيلاتيني بطريقة التدفق. وذلك انطلاقاً من المادة البادئة TEOS في محلين منفصلين هما الإيتانول والبروبانول ، ودرست إشابة المحلول الجيلاتيني النقي (لكل من المحلين على حِده) بنترات الفضة بنسبة 20% للحصول على أفلام رقيقة من أوكسيد السيليكون المشاب بالفضة في الدرجة 400 مئوية، بإتباع خطوات التحضير ذاتها.

وقد أظهرت الأغشية المحضرة باستخدام محل الإيتانول قيماً جيدة للنفوذية تراوحت بين(80–91)% في مجال الأشعة المرئية من اجل الأفلام النقية بينما تراوحت بين(60–86)% لاجل الأفلام المشوبة ، بينما أظهرت الأغشية المحضرة باستخدام البروبانول كمحل قيماً للنفوذية تراوحت بين(60–85)% في مجال الأشعة المرئية من أجل الأفلام النقية و (60–81)% لأجل الأفلام المشوبة.

وبلغت قيمة الفجوة الطاقية للأغشية النقية المحضرة باستخدام الايتانول كمحل (3.81 eV) للانتقال المباشر المسموح و (3.79 eV) للانتقال غير المباشر المسموح ، بينما بلغت القيمة باستخدام البروبانول كمحل (3.78 eV) للانتقال المباشر المسموح و (3.71 eV) للانتقال غير المباشر المسموح و هذا يتوافق مع القيم المثبتة في المراجع العلمية .

الكلمات المفتاحية: تقانة المحلول الجيلاتيني، أوكسيد السيليكون المشاب بالفضة (SiO_2 : Ag)، أفلام رقيقة، طريقة التغطية بالتدفق، النفوذية ، الانعكاسية.

* مدرّسة ، قسم العلوم الأساسية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية ، سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (33) العدد (2) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (33) No. (2) 2011

A Study of the Optical Properties of Ag Doped SiO_2 Thin Films Made By Flow-Coating Sol-Gel Process

Dr. Khitam Kanjarawi*

(Received 30 / 8 / 2010. Accepted 8 / 11 /2010)

□ ABSTRACT □

(SiO_2) and (Ag:SiO_2)20% doping ratio thin films have been prepared by Sol-Gel Process with Flow Coating technique, using TEOS as starting materials and different solvents C_2H_5OH , C_3H_7OH at 400C^o.

Generally films show high transmittance from (80%- 91%) for pure films and (60%-86%) for (Ag:SiO_2) 20% doping ratio in the visible region of electromagnetic spectrum using C_2H_5OH solvent; while it is (60%-85%) for pure films and (60%-81%) for (Ag:SiO_2) 20% doping ratio in the visible/near infrared regions of electromagnetic spectrum using C_3H_7OH solvent.

While the band gap of the pure oxide film is in the range of 3.81 eV. and 3.79 eV for direct and indirect transition allowed respectively using C_2H_5OH solvent , the band gap of the pure oxide film is in the range of 3.78 eV.and 3.71 eV for direct and indirect transition allowed respectively using C_3H_7OH solvent.

Keywords: Sol-Gel technique, (SiO_2:Ag) films, Thin Films, Flow Coating process, Transmittance, Reflectivity.

* **Assistant Professor, Department of Basic Science, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:[1]

استعملت تقانة المحلول الجيلاتيني SOL-GEL مؤخراً لترسيب أغشية الأكاسيد المعدنية على نحو واسع لأنها رخيصة الثمن وبسيطة التطبيق .و بالتالي فإن الإصرار على اختيار تقانة المحلول الجيلاتيني SOL-GEL في التطبيقات كان بسبب امتلاكها عدداً من الفوائد مقارنة مع طرائق الترسيب الأخرى مثل الكلفة المنخفضة، وإمكانية تحقيق أغشية على سطوح كبيرة ، لطبقات متعددة و سماكات متغيرة .

أهمية البحث وأهدافه:

إن أهمية استخدام أوكسيد السيليكون في الدراسات العلمية والاستخدامات الصناعية، تأتي نظراً لخصائص SiO_2 الضوئية والكهربائية التي تدخل في مجال الخلايا الشمسية، والحساسات الضوئية، والفلاتر الضوئية، ، والنوافذ الذكية والأجهزة البصرية.....إلخ.

يصنف هذا البحث ضمن سلسلة من الدراسات على مواد نصف ناقلة،تدخل بشكل أساسي في تركيب الخلايا الشمسية للتوصل إلى مواد ذات كفاية عالية في تحويل الطاقة الشمسية (وفق التحويل التيرموديناميكي أو وفق التحويل الفوتوفلطائي) . ولكل من المجالين استخداماته الهامة في العلم وفي الصناعة و بما يربط العلم بالمجتمع.

وجزء من هذه الأبحاث تم تكريسه كدراسة ضوئية (كحساب معامل الامتصاص،ومقدار الانعكاسية، ودراسة طيف النفوذية، وحساب المجال المحظور...) للأفلام الرقيقة التي تدخل في تركيب الخلايا الشمسية. حيث تم إجراء البحث في قسم الفيزياء في جامعة حلب، في الفترة الواقعة بين كانون الثاني /2010/ وكانون الثاني /2011/.

طرائق البحث ومواده:

الطريقة المتبعة في تحضير الأفلام الرقيقة بتقانة Sol-Gel:

عادة يتم ترسيب الأفلام الرقيقة على أنواع مختلفة من الركائزالزجاجية، باتباع العديد من الطرق منها : طرق الترسيب الفيزيائي PVD (كالتبعثر ، والتبخير تحت ضغط منخفض....). وطرق الترسيب الكيميائي (الترسيب بالبخ spray،الترسيبب بالبخارالكيميائيCVD، الترسيب بطريقة المحلول الجيلاتيني،...) وقد اخترنا الترسيب وفق تقانة المحلول الجيلاتيني (SOL GEL) بطريقة التدفق. حيث تم الحصول على أفلام رقيقة من أوكسيد السيليكون النقي، والمشاب بالفضة بنسبة 20%، وذلك بواسطة محلين منفصلين هما الإيتانول والبروبانول.

تنظيف الشرائح باستخدام الأمواج فوق الصوتية [2]:

إن الحمامات فوق الصوتية التي تعمل بتردد يتراوح بين 35KHz إلى 45KHz تكون ملائمة لتنظيف مجال واسع من سطح الركيزة ومن معظم المكونات الصناعية الملوثة بقدرة تنظيفية تصل وسطياً إلى 90% ، لذلك تتبع عملية التنظيف بالأمواج فوق الصوتية إجراءات متممة للحصول على نتيجة ممتازة في التنظيف. إذاً لتنظيف الشرائح الزجاجية المستخدمة في عملية التغشية قمنا بوضعها في جهاز الأمواج فوق الصوتية في محلول 3% من منظف عادي لمدة تتراوح بين 5 إلى 10 دقيقة، ثم وضعت في محلول Hcl واحد نظامي لمدة 15 دقيقة، بعد ذلك نقلت الشرائح إلى حوض فيه ماء نقي للشطف وإزالة آثار الحمض العالقة لمدة 20 دقيقة. ثم تنشف الشرائح الزجاجية بوساطة ورق تنشيف خاص مع الانتباه لعدم ترك أي آثار غبار على الشريحة.

العمل التجريبي:

1- التحضير الكيميائي لفيلم أوكسيد السيليكون النقي بتقانة Sol-Gel:[3]

يؤخذ *5ml* من مادة تترا إيتيل أورتوسيليكات TEOS كمادة بادئة ويحل *في 38ml* من البروبانول، ويحرك بوساطة محرك مغناطيسي لمدة ساعة، ثم يضاف *15ml* من الماء المقطر مع إضافة *0.2ml* من حمض كلور الماء المركز (ببطء مع التحريك المستمر) والذي يؤدي دور محفز للتفاعل ويضبط حموضة المحلول، ويترك في جو المختبر لمدة لا تقل عن يوم كامل، ثم يفلتر المحلول بواسطة ورق ترشيح. ليصبح جاهزاً للاستخدام في عملية التغشية بطريقة التدفق، ثم توضع الشرائح المغشاة في الفرن في الدرجة $400C^o$ لمدة ساعة، ثم تنقل إلى مجفف درجة حرارته $200C^o$ لمدة ساعة ثم توضع في جو المختبر لتجرى عليها الدراسات الضوئية اللاحقة.

كيميائياً نتصور التفاعل جارياً كما يلي :

$$\begin{cases} Si(OR)_4 + H_2O \rightarrow HO-Si(OR)_3 + ROH \\ Si(OR)_4 + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 4ROH \end{cases}$$

$$(OR)_3Si-OH + HO-Si(OR)_3 \rightarrow (OR)_3Si-O-Si(OR)_3 + H_2O$$

$$(OR)_3Si-OR + HO\underbrace{-Si(OR)_3 \rightarrow (OR)_3Si-}O-Si(OR)_3 + RO$$

المركب المشار إليه في نهاية التفاعل الأخير يشكل المركب المرحلي الذي إذا أحرق في الدرجة $400C^o$ يعطي SiO_2 مترسباً على الركيزة الزجاجية.

يعاد التحضير السابق من أجل محل آخر هو الإيتانول، وبهذا الشكل يتم الحصول على فيلم SiO_2 رقيق نقي باستخدام محلين مختلفين الإيتانول والبروبانول.

2- التحضير الكيميائي لفيلم أوكسيد السيليكون المشاب بالفضة بتقانة Sol-Gel:

بعد أن حصلنا على المحلول الجيلاتيني النقي باستخدام الإيثانول والبروبانول كمحلين، سنقوم الآن بإشابة هذا المحلول بمحلول نترات الفضة الذي يتم تحضيره بأخذ مكافئ غرامي (ما يعادل 170gr) من ملح نترات الفضة وحله في *1000ml* من الماء المقطر وذلك للحصول على محلول نترات الفضة بتركيز نظامي يساوي

1mol/l، أو ما يعادله بالنسبة إلى حجم *50ml* من الماء المقطر فتحل فيها 8.5gr من ملح نترات الفضة مع التحريك المستمر لمدة ساعة.

ومن أجل الإشابة بنسبة 20% نقيس حجم المحلول الكلي للمادة الأساسية وليكن *ml* 16 ونضيف *3.2ml* من محلول نترات الفضة (ماءات الفضة) باستخدام قطارة خاصة. يتم هذا الإجراء من أجل المحلين الإيثانول والبروبانول.

نقوم بإعداد الأفلام بطريقة التدفق بزاوية ميل 45^o، وتوضع الشرائح المغشاة في الفرن على الدرجة $400C^o$ لمدة ساعة، ثم تنقل إلى مجفف درجة حرارة $200C^o$ لمدة ساعة أخرى، ثم توضع بعد ذلك في جو المختبر العادي لنجري عليها الدراسات الضوئية.

3- الدراسة الضوئية:

ترتبط الخصائص الضوئية لأنصاف النواقل بقياس المعاملات الأساسية للانتقالات الإلكترونية فيها، حيث يمكن من خلال هذه الخصائص معرفة تركيب حزم الطاقة. وفيما يلي سنتطرق إلى أهم المعاملات الضوئية للأفلام الرقيقة النصف ناقلة:

1) معامل الامتصاص (α):[4]

يعرف معامل الامتصاص بأنه التناقص النسبي لشدة الضوء وفق منحى انتشاره عندما ينفذ بمقدار واحدة الطول في السطح الماص، ومن معرفة قيم معامل الامتصاص يمكن استنتاج طبيعة الانتقالات الإلكترونية إن كانت مباشرة أو غير مباشرة. ويعتمد معامل الامتصاص على تردد الفوتون الوارد وعلى خصائص نصف الناقل، ويمكن حساب معامل الامتصاص باستخدام نتائج أطياف النفوذية والامتصاصية المقابلة لكل طول موجي وبمعرفة سماكة الفلم الرقيق يمكننا كتابة:

$$\alpha = 2.303\ \frac{A}{d} \qquad (1)$$

حيث (α) معامل الامتصاص،

(A) الامتصاصية،

(d) سماكة الفلم الرقيق.

وبما أن الامتصاصية (A) ترتبط مع النفوذية (T) بالعلاقة:

$$A = \log\left(\frac{1}{T}\right) \qquad (2)$$

عندها نحصل على معامل الامتصاص بدلالة النفوذية:

$$\alpha = \frac{1}{d} 1n\left(\frac{1}{T}\right) \qquad (3)$$

ومنه فإن دراسة شكل وموقع عتبة الامتصاص الأساسية تعطي معلومات حول مميزات الانتقالات الإلكترونية من حزمة التكافؤ إلى حزمة الناقلية.

2) الانعكاسية (R):[4]

وهي نسبة شدة الإشعاع المنعكس إلى شدة الإشعاع الوارد عند الحد الفاصل بين وسطين وتحسب الانعكاسية من معادلة حفظ الطاقة:

$$R = 1 - A - T \qquad (4)$$

3) المجال المحظور (E_g) والانتقالات الالكترونية:

تقسم الانتقالات الإلكترونية بين حزمة التكافؤ وحزمة الناقلية في أنصاف النواقل إلى:

- **<u>انتقالات إلكترونية مباشرة :[5,6]</u>**

وهي الانتقالات الحاصلة بين أعلى نقطة من حزمة التكافؤ وأخفض نقطة من حزمة الناقلية وتدعى هذه الانتقالات بالانتقالات المباشرة المسموحة. أما عندما تحصل الانتقالات من المناطق المجاورة لمنطقة الانتقالات المباشرة المسموحة، عندها تعرف هذه الانتقالات بالانتقالات المباشرة الممنوعة. حيث إن كلا الانتقالين لا يتعلق بدرجة الحرارة. ويمكن حساب الفجوة الطاقية للأفلام الرقيقة في منطقة الامتصاص العالية بالاعتماد على العلاقة بين النفوذية

ومعامل الامتصاص. ويعبر عن العلاقة بين معامل الامتصاص وطاقة الفوتون الوارد (hυ) بالعلاقة (5) للانتقالات المباشرة المسموحة، وبالعلاقة(6)لانتقالات المباشرة الممنوعة:

$$\alpha h\upsilon = A(h\upsilon - E_g)^{1/2} \quad (5)$$

$$\alpha h\upsilon = A(h\upsilon - E_g)^{2/3} \quad (6)$$

حيث إن α معامل الامتصاص.

hυ طاقة الفوتون الوارد.

E_g الفجوة الطاقية أو عرض المجال المحظور.

A ثابت يتعلق بخصائص حزمتي التكافؤ والناقلية لنصف الناقل.

- **انتقالات إلكترونية غير مباشرة : [5,6]**

في هذا النوع من الانتقالات تكون قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة الناقلية في مناطق مختلفة من الفضاء المدروس، وهناك نوعان من الانتقالات غير المباشرة، في حالة الانتقال من أعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى أخفض نقطة من حزمة الناقلية الموجودة في مناطق مختلفة من الفضاء المدروس يكون الانتقال غير مباشر ومسموحاً، أما في حالة الانتقال من مناطق مجاورة لأعلى نقطة من حزمة التكافؤ على المناطق المجاورة لأخفض نقطة من حزمة الناقلية عندها يكون الانتقال غير مباشر وممنوعاً، ويزداد احتمال هذه الانتقالات بازدياد درجة الحرارة. ويعبر عن العلاقة بين معامل الامتصاص وطاقة الفوتون الوارد (hυ) بالمعادلتين (7) و (8) للانتقالات غير المباشرة المسموحة والانتقالات غير المباشرة الممنوعة على الترتيب:

$$\alpha h\upsilon = B(h\upsilon - E_g)^2 \quad (7)$$

$$\alpha h\upsilon = B(h\upsilon - E_g)^3 \quad (8)$$

حيث إن B مقدار ثابت يتعلق بخصائص حزمتي التكافؤ والناقلية لنصف الناقل بالإضافة إلى درجة الحرارة.

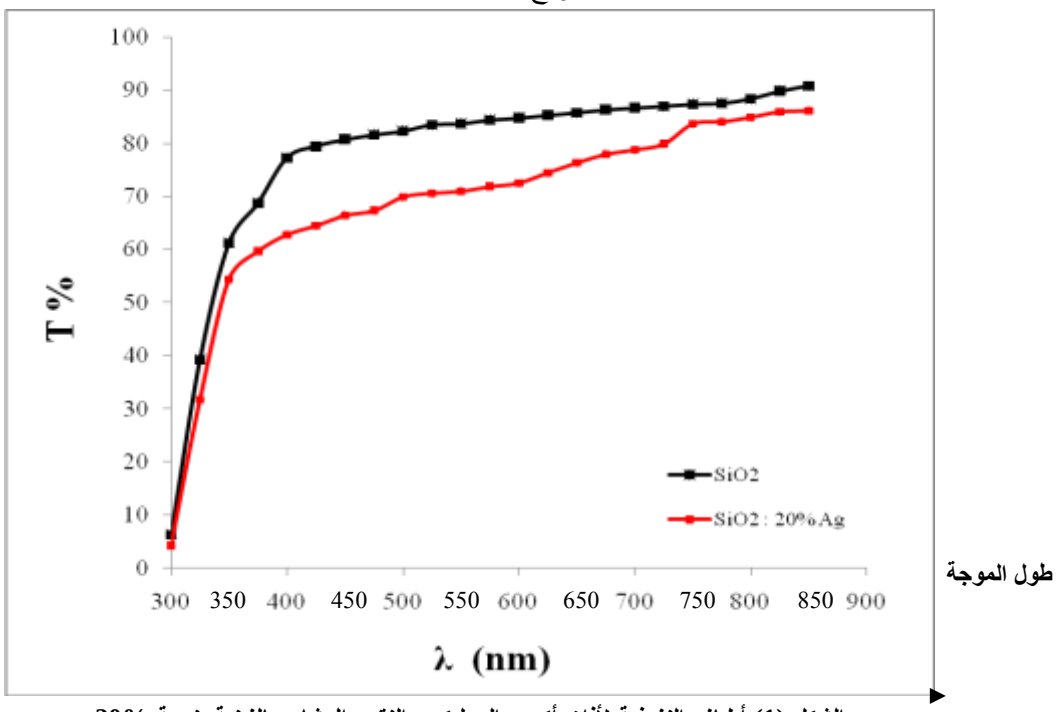
وسنقوم فيما سيأتي بعرض نتائج الدراسة الضوئية التي تمت على أفلام أوكسيد السيليكون النقي، وأفلام أوكسيد السيليكون المشاب بالفضة بنسبة 20%، باستخدام المحلين البروبانول والإيتانول لطبقة بسماكة وسطية 100 نانومتر وذلك باستخدام جهاز قياس الخصائص الضوئية (Spectrophotometer) من نوع (JASCO-630) ضمن المجال الموجي (300-850 nm). حيث تم قياس T عامل النفوذية ، بواسطة هذا الجهاز، ومن ثم تم حساب معامل الانعكاس وعرض الفجوة الطاقية وفقاً للعلاقات الرياضية الملائمة.

النتائج والمناقشة:

1)- الدراسة الضوئية لأفلام أوكسيد السيليكون باستخدام الإيثانول كمحل:

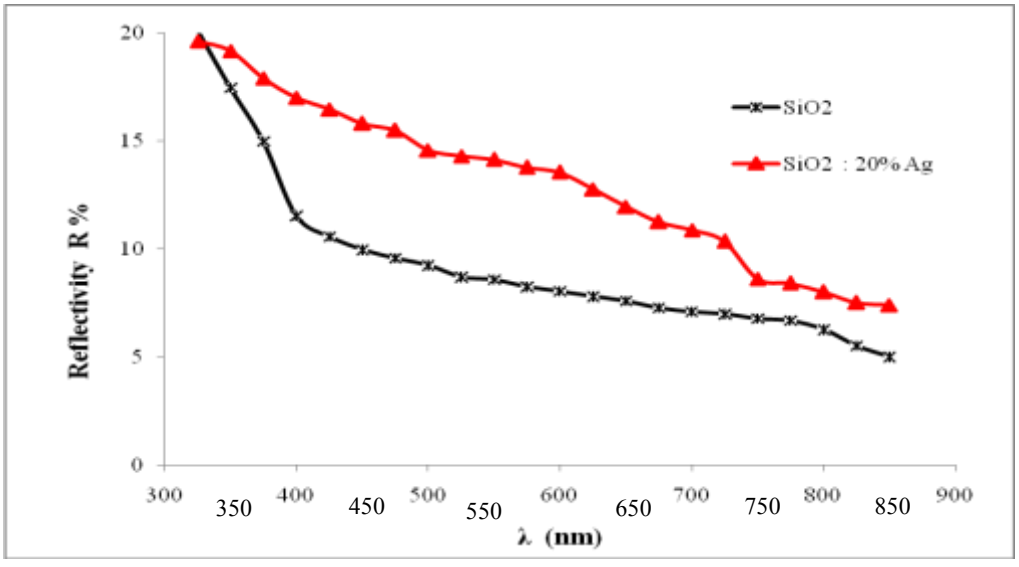
أعطت الأفلام النقية المتشكلة قيماً جيدة **للنفوذيـة** تتراوح بين 80% و 91% تقريباً حيث ازدادت قيم النفوذية مع تزايد طول الموجة لتصل إلى أعلى قيمها مع بداية مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة كما يظهر في الشكل (1)

وهذه القيم المسجلة للنفوذية قابلة للمقارنة بالقيم الواردة في الدراسات العلمية [8,9]. بينما تقل قيم النفوذية في أفلام أكسيد السيليكون المشاب بالفضة بنسبة 20% لتتراوح قيمها بين 60% و 86% .



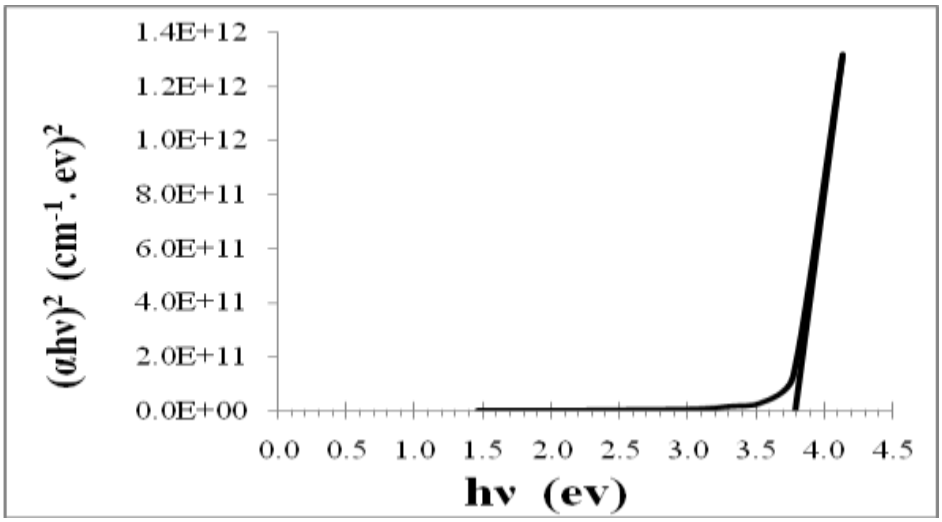
الشكل (1) أطياف النفوذية لأفلام أكسيد السيليكون النقي والمشاب بالفضة بنسبة 20%
التي استخدم في تحضير محلولها الإيثانول كمحل.

أما **الانعكاسية** فقد بلغت في الأفلام المتشكلة قيمة قدرها (20%) في مجال الأشعة فوق البنفسجية من الطيف وبشكل عام تنخفض مع زيادة طول الموجة. يلاحظ أن الانعكاسية تكون أقل ما يمكن في أفلام أكسيد السيليكون النقي، وتزداد عند الإشابة بالفضة بنسبة 20%. وتراوحت قيم الانعكاسية في مجال الأشعة المرئية بين (5-11 %) في الأفلام النقية وبين (7-18 %) في الأفلام المشابة بالفضة كما يظهر في الشكل (2).



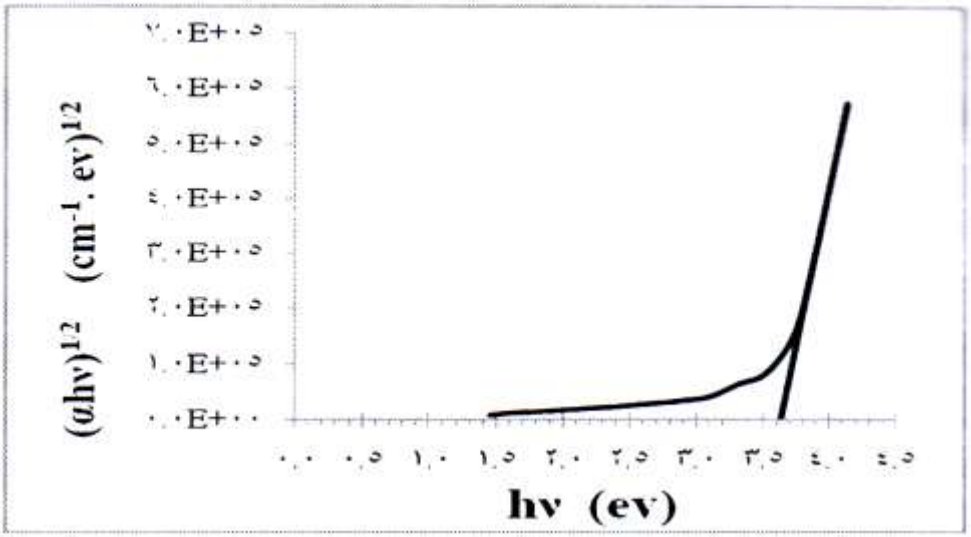
الشكل (2) أطياف الانعكاسية لأفلام أكسيد السيليكون النقي والمشاب بالفضة بنسبة 20%
التي استخدم في تحضير محلولها الإيثانول كمحل.

كما تم حساب **المجال المحظور** للأفلام المحضرة للانتقالات الإلكترونية المسموحة المباشرة، وذلك بتمثيل تغيرات $(\alpha h\upsilon)^2$ بدلالة طاقة الفوتون $(h\upsilon)$ بيانياً ورسم مستقيم مماس للمنحني الذي نحصل عليه فتكون نقطة تقطع المماس مع المحور $(h\upsilon)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الإلكترونية المسموحة المباشرة كما في الشكل (3) الذي يبين **مثالاً** عن هذه الطريقة في أفلام أكسيد السيليكون النقي. حيث بلغ المجال المحظور في هذه الانتقالات قيمة قدرها 3.81 ev للأفلام النقية و 3.79 ev في الأفلام المشابة بنسبة 20%. وبنفس الطريقة تم حساب المجال المحظور للانتقالات الإلكترونية المسموحة غير المباشرة لكن بتمثيل تغيرات $(\alpha h\upsilon)^{1/2}$ بدلالة طاقة الفوتون $(h\upsilon)$ بيانياً كما في الشكل (3')، ووجد أن المجال المحظور في هذه الانتقالات بلغ قيمة قدرها 3.64 ev للأفلام النقية و3.76 ev في الأفلام المشابة بنسبة 20% وهذه نتائج قابلة للمقارنة بالنتائج المنشورة في المراجع العلمية [8,9].



الشكل (3) المجال المحظور في الانتقالات المباشرة المسموحة لفيلم من أكسيد السيليكون النقي.

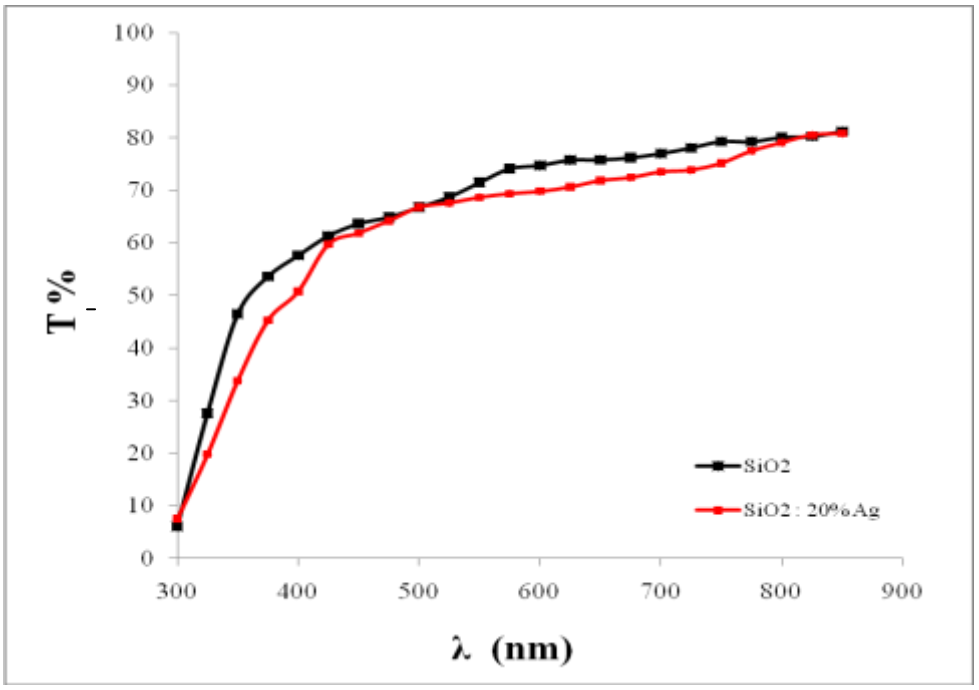
في الشكل (3) يلاحظ أن المجال المحظور يأخذ قيماً أصغر في الأفلام المشابة وقد يعود ذلك إلى أن الفضة تزيد الناقلية ومنه تنقص قيمة المجال المحظور.



الشكل (3') المجال المحظور في الانتقالات المباشرة غير المسموحة لفيلم من أوكسيد السيليكون النقي

2)- الدراسة الضوئية لأفلام أوكسيد السيليكون باستخدام البروبانول كمحل:

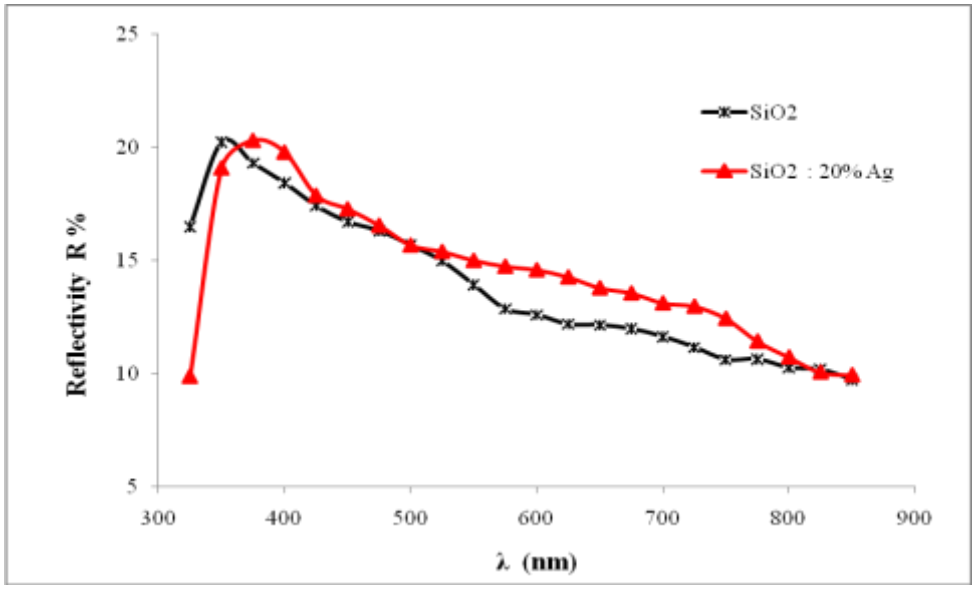
لوحظ من أجل **الأفلام النقية** المتشكلة باستخدام **البروبانول** كمحل أن **النفوذيـة** تراوحت بين 60% و85% تقريباً حيث ازدادت قيمتها بازدياد طول الموجة حتى بداية مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (الشكل (4)). أما **الأفلام المشابة بالفضة** بنسبة 20% فقد لوحظ نقصان طفيف في قيم النفوذية لتتراوح قيمها بين 60% و81%.



الشكل (4) أطياف النفوذية لأفلام أكسيد السيليكون النقي والمشاب بالفضة بنسبة 20%
التي استخدم في تحضير محلولها البروبانول كمحل.

أبدت الأفلام المتشكلة **انعكاسية** قدرها (20%) في مجال الأشعة فوق البنفسجية وانخفضت بشكل عام مع زيادة طول الموجة. وعند **الإشابة بالفضة** بنسبة 20% ازدادت الانعكاسية بشكل طفيف وتراوحت قيم الانعكاسية في مجال الأشعة المرئية بين (9-18 %) في الأفلام النقية وبين (9-19 %) في الأفلام المشابة بالفضة كما يظهر في الشكل(5).

وبلغ **المجال المحظور** للانتقالات الإلكترونية المسموحة المباشرة في الأفلام **النقية** 3.78 ev و 3.71 ev في الأفلام **المشابة** بنسبة 20%. وبالنسبة للانتقالات الإلكترونية المسموحة غير المباشرة فقد بلغت قيمة المجال 3.63 ev للأفلام النقية و 3.37 ev في الأفلام المشابة بنسبة 20% . وهذه النتائج تبين أيضاً أن المجال المحظور يأخذ قيماً أصغر في الأفلام المشابة ويمكن أن يعزى ذلك إلى زيادة الناقلية بفضل الشائبة وهي هنا الفضة.



الشكل (5) أطياف الانعكاسية لأفلام أكسيد السيليكون النقي والمشاب بالفضة بنسبة 20% التي استخدم في تحضير محلولها البروبانول كمحل.

الاستنتاجات والتوصيات:

تم ترسيب أفلام أكسيد السيليكون النقية والمشابة بالفضة، بتقانة الـ Sol-Gel بطريقة التغشية بالتدفق، حيث تم تحضير المحلول الجيلاتيني انطلاقاً من المادة البادئة تترا إيتيل أورتوسيليكات TEOS واستخدام محلين مختلفين: الإيثانول والبروبانول. ودرست هذه الأفلام **دراسة ضوئية** حيث لوحظ أن الأفلام المحضرة باستخدام **الإيثانول كمحل** تتميز **بنفوذية أعلى** مما هي عليه في نظيرتها المحضرة باستخدام **البروبانول** وهذا يعني **انعكاسية أقل**، لكن قيم **المجال المحظور** فيها كانت **أكبر** أيضاً.

ومن جهة أخرى فقد كانت قيم النفوذية في **الأفلام النقية أعلى** منها في **الأفلام المشابة** بشكل عام، حيث إن الزيادة في الناقلية التي كان سببها الإشابة بالفضة بنسبة 20% أدى إلى **زيادة الانعكاسية ونقصان قيم المجال المحظور**.

هذه بعض أهم النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث ، ولكنها يمكن أن تعد خطوة أساسية في علم الأفلام الرقيقة وتحضيرها بتقانة الـ (SOL-GEL) .

يمكن التوصية بما يلي:

- استمرار دراسة مثل هذه الأفلام الرقيقة لكن بطرق مختلفة في التحضير وبإشابة بعناصر أخرى.
- دراسة تحضير أفلام رقيقة من أكاسيد معدنية أخرى ودراسة خصائصها الكهربائية كالامتصاصية والانعكاسية ... الخ.
- يمكن استخدام بعض هذه الأفلام الرقيقة في تحضير حساسات غازية مختلفة يمكن الاستفادة منها في مجالات كثيرة

-يمكن دراسة أفلام رقيقة مخففة لإنعكاس الأشعة الشمسية(R صغيرة في مجالات محددة من الطيف)، لاستخدامها في تحول الطاقة الشمسية (الحراري) وذلك باستخدام هذه التقنية نظراً لتكلفتها الزهيدة نسبياً وسهولتها مقارنة مع تقانات أخرى.

-يمكن التوجه بالبحث لدراسة أفلام رقيقة محضرة بهذه الطريقة تستخدم كالكترودات في شاشات البلورات السائلة لكونها تتمتع بمقاومة كهربائية منخفضة، أي يجب أن تتمتع مثل هذه الأفلام بناقلية عالية، ويمكن تحديد ذلك من قياس عرض الفجوة الطاقية لمادة الفيلم.

-يمكن وبالاعتماد على منهجية هذه الدراسة،البحث عن مواد نصف ناقلة انتقائية، لتحسين مردود الخلايا الشمسية في التحويل الحراري والفوتوفلطائي.

المراجع:

[1] EUGENE, H. - *OPTICS*. ADDISON-WESLEY,2nd, USA,1997,676.

[2] ABDULLAH, W.M. Ph.D. Thesis, University of Aleppo , *Study Of The Electrical And Optical Properties Of Thin Films Deposited By SOL-GEL Methods(Technique)*, 2006,180.

[3] Dinguo Chen,. - *Anti-refection (AR) coatings made by sol-gel processes: A review*. USA, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 68, 2001, 313-336.

[4] JAMES D.RANCOURT ,.1995-*Optical Thin Films User Handbook*.SPIE Bellingham,1st ed ,USA,290 pages

[5] PANDEY V., MEHTA N., TRIPATHIA S. K., A. KUMAR.,2005-*Optical Band Gap And Optical Constants in Se85te15-xpbx thin Films*. *Chalcogenide Letters*, Vol. 2, No. 5, May 2005, 39 – 44.

[6] GUSHTEROVA P., SHARLANDJIEV B., SCHMIDTA ., PHAMA M,. - *On The Determination Of The Optical Constants Of Very Thin (L/50) Films*. *Journal of Opto -electronics and Advanced Materials*, Vol. 7, No. 1, February. 2005, 305 – 308

[7] Liu, J.; Lam, Y.L.; Chan, Y.C. Y. Zhou, Ooi, B.S.; Yun, Z,S. -*Experimental And Theoretical Study Of The Cracking Behavior Of Sol-Gel Derived Sio2 Film On Inp Substrate*.Appl Phys.A70, 2000, 341-343.

[8] liu, Y.; chen, h. -*preparation and characteristics of porous silica films by a modified base catalyzed sol-gel process containing PVA:II film preparation*. *Jornal Of Sol-Gel Science And Technology* 25, 2002, 103-111.

[9] Xiaojun Zhang, Dongen Zhang, Xiaomin Ni, Huagui Zheng,.2007-*Synthesis and optical properties of Cu2O/SiO2 composite films via gamma-irradiation route* Materials Letters 61 , 2007, 248–250.