دراسة تأثير عامل السمك على الخواص البصرية لأغشية اوكسيد الحديديك الرقيقة

فاتن شكور زين العابدين
الجامعة المستنصرية–كلية التربية

الملخص

في هذا البحث تم تحضير أغشية رقيقة من مادة اوكسيد الحديديك Fe_2O_3 على قواعد من زجاج البوروسليكات المسخنة عند درجة 350C° ، وحضرت الأغشية باستخدام طريقة الرش الكيميائي الحراري. وتم تحضير الأغشية الرقيقة بسمك مختلف. وبحساب الامتصاصية والنفاذية لهذه الأغشية تم دراسة تغير معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون كدالة للسمك وكذلك تم حساب فجوة الطاقة الممنوعة للأغشية المحضرة، حيث وجد إن زيادة السمك أدى الى زيادة معامل الامتصاص في حين أن هذه الزيادة لم تؤثر كثيرا على قيمة فجوة الطاقة الممنوعة.

Abstract:

Thin films of Iron oxide (Fe_2O_3) were prepared by chemical spray; pyrolysis deposition method on glass substrates heated to 350C°, with different thickness. The thickness effect on optical properties (absorption coefficient, energy gap) of prepared thin films were studied.

المقدمة

تعد فيزياء الأغشية الرقيقة واحدة من الفروع المهمة في فيزياء الحالة الصلبة والتي تتعامل مع أنظمة ذات سمك قليل جدا (يقل عن 1micron) مما يسمح بدراسة الخواص الفيزيائية للمواد التي يتعذر دراستها وهي في حالتها الاعتيادية(١)، ولقد استخدمت الأغشية الرقيقة بنطاق واسع في إنتاج العديد من الأجهزة المهمة وفي كثير من التطبيقات البصرية والالكترونية مثل المرشحات وأجهزة التصوير الفوتوغرافي وفي المقومات والمتسعات (٢).

لذا ونتيجة الاهتمام الكبير بطرق وتطوير استخدامات الأغشية الرقيقة، فقد تعددت طرق تحضيرها وأن اختيار أي طريقة يعتمد على المواصفات المطلوبة في الغشاء الرقيق من حيث الحجم ونوع المادة والغرض المستخدم لأجله وكذلك كلفة التحضير (٣). لذا فقد تم في هذا البحث اختيار طريقة الرش الكيميائي الحراري التي تطرق لها باحثين كثر (٤) لكونها طريقة بسيطة وذات كلفة قليلة.

وتضمن البحث دراسة الخواص البصرية لأغشية اوكسيد الحديديك Fe_2O_3 والذي يسمى بالهيماتيت وهو مادة ذات لون بني محمر سداسية التركيب البلوري ويوجد ايضا على صيغتين صيغةα (البارامغناطيسية) وصيغة γ (الفيرومغناطيسية) واوكسيد الحديديك مركب مستقر عندما يكون متجانس مع المحاليل الالكتروليتية تحت الإضاءة ولهذا يمكن استعماله كقطب لانتاج الهيدروجين في الخلايا الكيميائية والضوئية والكهربائية (٥).

وكذلك تم دراسة تأثير سمك الغشاء على الخواص البصرية للغشاء الرقيق لكونه يؤثر على امتصاصية المادة، ولقد قام باحثين عدة (٦،٧) بدراسة تأثير السمك على الخواص البصرية للأغشية المحضرة وذلك بدراسة تأثير السمك على حافة الامتصاص للمادة وعلى قيمة فجوة الطاقة.

العمل التجريبي

تم تحضير أغشية اوكسيد الحديديك Fe_2O_3 من مادة نترات الحديد المائية ($Fe(NO_3)_3.9H_2O$) حيث تم تحضير محلول نترات الحديد بتركيز (0.1mol/Litt) وذلك بإذابة (10.1005 gm) من مادة نترات الحديد المائية في (250 ml) من الماء المقطر إذابة تدريجية وباستخدام خلاط مغناطيسي. ولقد تم تحضير المحلول بدرجة حرارة الغرفة، وبرش المحلول على قواعد ساخنة من الزجاج وبدرجة حرارة (350C°) تم الحصول على أغشية رقيقة من مادة اوكسيد الحديديك ذات لون بني محمر، ويتكون اوكسيد الحديديك وفق المعادلة الكيميائية التالية:

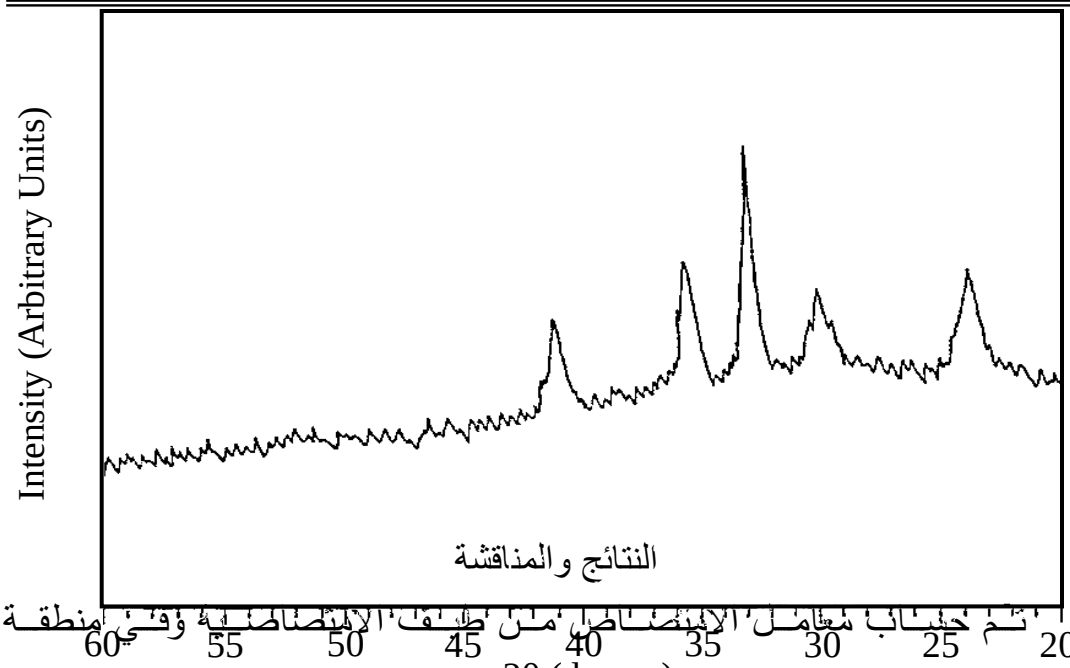
$$4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{\phi} 2Fe_2O_3 + 12NO_2 \uparrow + 3O_2 \uparrow$$

وكانت الظروف المثالية لعملية ترسيب أغشية اوكسيد الحديديك كآلاتي:

١. درجة حرارة القواعد الزجاجية 350C° .
٢. المسافة العمودية بين جهاز الرش والقاعدة الزجاجية (30±1cm).
٣. معدل الرش 10 cm^3/min .
٤. ضغط الهواء 101×10^6 $dyne/cm^2$.

وكانت الأغشية المتكونة ذات تجانس جيد وخالية من الثقوب الابرية وذات قوة تلاصق عالية مع القاعدة. وتم تحضير أغشية اوكسيد الحديديك بسمك مختلف (1205,1832,2120)A° . وللتأكد من طبيعة الأغشية المحضرة تم فحص الأغشية المحضرة باستخدام نمط حيود الاشعة السينية ولقد اظهرت النتائج بأن الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد البلورات (Polycrystalline) وكانت النتائج ذات تطابق جيد مع ما ورد في بطاقات (ASTM). والشكل رقم (١) يبين نمط حيود الاشعة السينية لأغشية اوكسيد الحديديك.

وتم قياس طيف الامتصاصية والنفاذية لجميع الاغشية المحضرة باستخدام المطياف ذو الحزمتين نوع (PU-8800-uv/vis spectrophotometer) ولمدى الاطوال الموجية (330-900nm) وقد اجريت جميع هذه القياسات في درجة حرارة الغرفة.



ثم حساب معامل الامتصاص من طيف الامتصاصية وفي منطقة الامتصاص الأساسية من المعادلة (٢):

الشكل (١) نمط حيود الاشعة السينية لأغشية اوكسيد الحديديك Fe_2O_3

$$\alpha = 2.303(A/d)$$

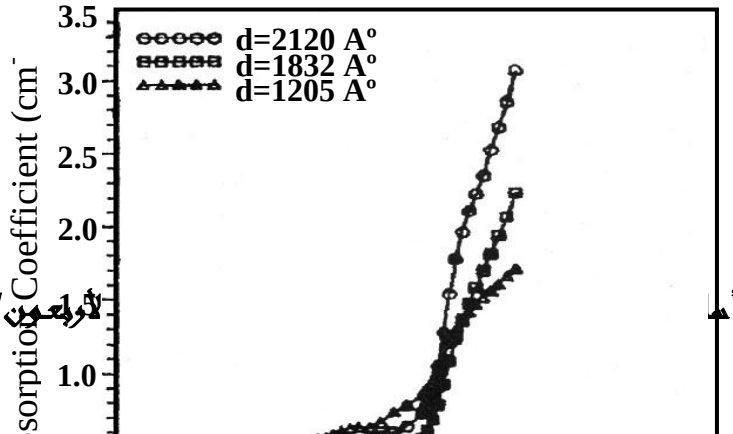
حيث A : امتصاصية الغشاء الرقيق.

d : سمك الغشاء الرقيق.

والشكل (٢) يبين تغير معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون كدالة للسمك. حيث نلاحظ ان تغير معامل الامتصاص يكون قليل جدا عند الطاقات الفوتونية الواطئة ثم يبدأ بالزيادة بشكل سريع عند الطاقات الفوتونية العالية (بالقرب من حافة الامتصاص البصري عند مدى الطاقات (1.8-3.0eV)).

ومما يلاحظ ايضا ان اوكسيد الحديديك يمتلك معامل امتصاص ذو قيم عالية ($\alpha = 10^5 cm^{-1}$) مما يدلل وبشكل واضح على ان طبيعة الانتقالات الالكترونية هي انتقالات مباشرة (٨)، أي ان الزخم والطاقة محفوظين لكل من الكترون مادة الغشاء والفوتون الساقط.

ومن الشكل ذاته نلاحظ زيادة معامل الامتصاص بزيادة سمك الغشاء وهذا يعزى الى العلاقة الطردية بين امتصاصية الغشاء وسمكه.



فجوة الطاقة الممنوعة:

تعد فجوة الطاقة الممنوعة واحدة من اهم الثوابت الفيزيائية التي يعتمد عليها في صناعة النبائط الالكترونية. فقد تم حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المسموح لأغشية اوكسيد الحديديك من العلاقة (١٠):

$$\alpha\hbar\nu = B\,(\hbar\nu - E_g)^{1/2}$$

حيث $\hbar\nu$:طاقة الفوتون الساقط.

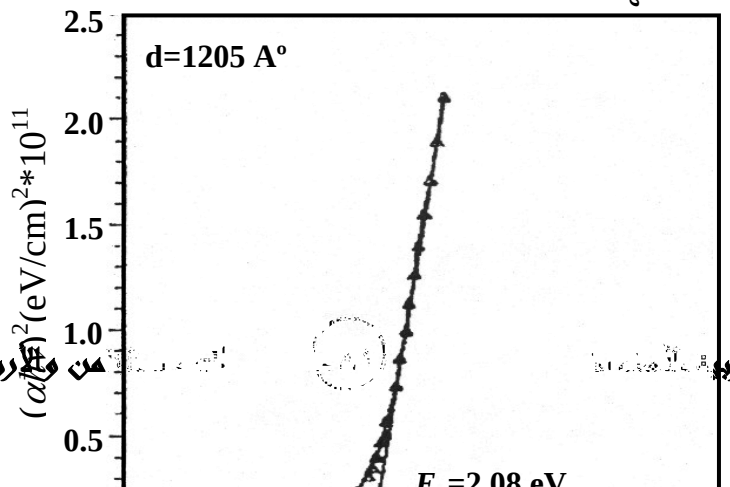
E_g : فجوة الطاقة الممنوعة.

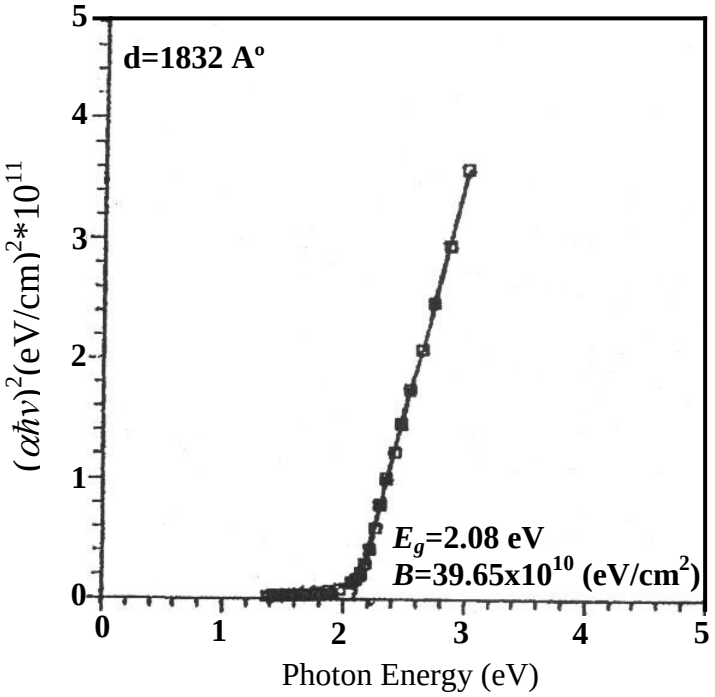
B : ثابت يعتمد على طبيعة المادة ونوع الانتقال.

وبرسم العلاقة بين $(\alpha\hbar\nu)^2$ وبين طاقة الفوتون وبمد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha\hbar\nu)^2 = 0$ نحصل على قيمة فجوة الطاقة الممنوعة لهذا الانتقال.

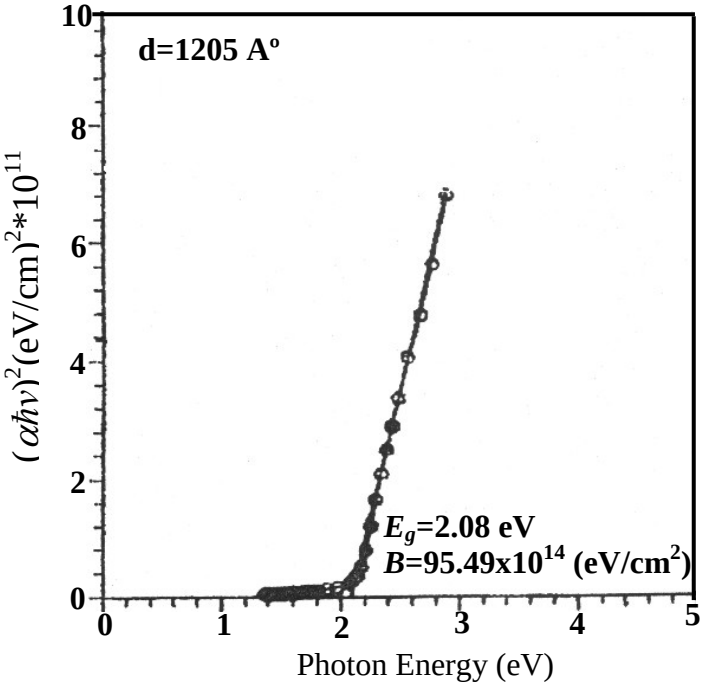
ومن الاشكال (٣) و(٤) و(٥) نجد ان قيمة فجوة الطاقة الممنوعة لجميع الاغشية كانت (2.08eV) فهي لم تتأثر كثيرا بسمك الغشاء ، أي ان موقع حافة الامتصاص البصري لم تتغير كثيرا مع السمك.

وكذلك من العلاقة السابقة تم حساب الثابت (B) وذلك من خلال ميل الجزء الخطي عند رسم العلاقة ذاتها.





شكل (4) حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح لغشاء اوكسيد الحديديك ذو السمك 1832 Aº



شكل (5) حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح لغشاء اوكسيد الحديديك ذو السمك 2120 Aº

الاستنتاجات

١. إن أغشية اوكسيد الحديديك المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري ذات تركيب متعدد البلورات.

٢. إن أغشية اوكسيد الحديديك المحضرة تمتلك معامل امتصاص ذو قيمة عالية.

٣. إن معامل الامتصاص للأغشية المحضرة يزداد بزيادة سمك الغشاء.

٤. إن فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح لم تتأثر كثيرا بتغير السمك.

المصادر

1. K.L.Chopra, "*Thin film phenomena*", Mc-Graw-Hill, 1966.
2. L.Eckertova, "*Physics of Thin Film*", Plenum Press, 1977.
3. R.F.Bunshah and V.V.Deshpandey, "*Surface and Coating Technology*", Vo.27, pp.1-21, 1986.
4. J.H.Dass, N.F.Habubi, J. of Col. of Education, No.4, 1999.
5. A.J.Mcevoy and W.Gissler, "*Thin Solid Films*", Vo.83, pp.165-168, 1980.
6. S.Major, A.Banerjee, K.L.Chopra and K.G.Nagpal, "*Thin Solid Films*", Vo.143, pp.19-30, 1986.
7. S.K.AL-Ani, K.L.Arshak and C.A.Hogarth, J. of Matt.Sci., Vo.19 pp.1737-1748, 1984.
8. R.A.Smith, "*Semiconductors*" 2nd ed., Cambridge University Press, 1987.
9. D.A.Neamen, "*Semiconductor Physics and Devices*", Richard D.Irwin Inc., 1992.
10. T.S.Moss, "*Semiconductor Opto-Electronics*", 1973.