دراسة الخصائص البصرية لغشاء كبريتيد الرصاص PbS المحضرة بطريقة التبخير الحراري

قاسم حمادي محمود

قسم الفيزياء ، كلية التربية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(تاريخ الاستلام: ١٣ / ٥ / ٢٠٠٩ ، تاريخ القبول:٢٥ / ١٠ / ٢٠٠٩)

الملخص

تم في هذا البحث ترسيب أغشية كبريتيد الرصاص (PbS) على شريحة زجاجية بسمك ٤٠٠ نانومتر باستخدام تقنية التبخير الحراري. و وقد تم دراسة الخصائص البصرية للغشاء للاطوال الموجية (300-1000)nm. وقد ظهر لدينا بان فجوة الطاقة المحسوبة لهذا الغشاء بلغت (1.9 ev). كما وبينت النتائج أن لهذا الغشاء امتصاصية قليلة بلغت حوالي 2%، بينما أظهرت النتائج أن للغشاء نفاذية بصرية عالية جداً وخاصة خلال طيف الضوء المرئي وتحت الحمراء القريبة وقد بلغت حوالي 95%. وكذلك من الحسابات كان معامل الانكسار لهذا الغشاء هو: (n_o=1.37). ومعامل الامتصاص هو: ($\alpha = 0.455*10^4 cm^{-1}$).

المقدمة:

إن أشباه الموصلات كانت محط اهتمام الدراسات البحثية والتطبيقية، لما لها من أهمية كبيرة في كثير من المجالات وخصوصاً في مجال الأغشية الرقيقة أو النبائط الإلكترونية، مثل الثنائي الباعث للضوء[١]، وترانسستور الإلكترون الأحادي[٢]. وترانسستور تأثير المجال ذو الأغشية الرقيقة[٣].

إن الخواص الإلكترونية والبصرية للمواد شبه الموصلة تتغير تبعاً لتغير أشكالها وأحجامها[٤]، فلذلك تكون ذات أهمية في علم المواد، فمن خلال دراستها بالشكل الصحيح ينم التحكم في تشكيل وتصنيع أشباه الموصلات عامة. وفي الآونة الأخيرة تم الاهتمام بأشباه موصلات المجموعة الرابعة وخصوصاً كبريتيد الرصاص (PbS) وهو الذي تم دراسته في بحثنا، وذلك لان له فجوة طاقة مباشرة صغيرة نسبياً، وكذلك كبر نصف قطر إثارة بور له[٥].

وقد استخدم(PbS) في مجالات كثيرة منها صناعة متحسس الأيون الانتقالي (Pb^{+2})[٦]، وكذلك في مجالات التصوير[٧]، وفي صناعة كواشف الأشعة تحت الحمراء[٨]، وفي صناعة الخزف وفي الخلايا الشمسية[٩]، كما ويستخدم أيضاً كمفتاح بصري في بعض الأجهزة البصرية[١٠]، كما ولأغشية (PbS) مواصفات جيدة عند استخدامها في الأقراص المدمجة مقارنة بأقراص الكاليوم ارسنايد (GaAs)[١١].

الجانب العملي:

تم تحضير أغشية (PbS) الرقيقة وبسمك 400nm في هذه البحث من خلال منظومة التبخير الحراري نوع (Edward) والإنكليزية الصنع، وتحت ضغط (10^{-5}) تور، وذلك بوضع المادة الصلبة كبريتيد الرصاص (PbS) على بوت مولبدنيوم (سخان يتحمل درجات حرارية عالية جداً داخل غرفة التفريغ) المسيطر على درجة حرارته من خلال تيار كهربائي. فإذا ما وصلت المادة إلى درجة الانصهار ثم تبخرت في أرجاء غرفة التبخير، فأن المادة سوف تترسب على الشريحة الزجاجية المنظفة بصورة جيدة والموضوعة داخل غرفة التفريغ مسبقاً. وبعد ترك الغشاء لفترة زمنية طويلة نسبياً ليبرد وينو إنماءاً بلورياً دون تأكسد. عند ذلك نستخرج الغشاء الرقيق الجاهز للدراسة.

الجانب النظري:

لقد قمنا بدراسة الأغشية الرقيقة من خلال جهاز المطياف (*Spectrometer*)، نوع (Cintra 5)، والذي صنع من قبل شركة (*GBS Scientific Eouipment*)، والذي يعمل على الأطوال الموجية فوق البنفسجية والمرئية (***UV.Visible***). وقد قمنا بدراسة الغشاء من "الطول الموجي "nm 300 إلى الطول الموجي nm 1000" . ومن ثم أخذنا البيانات من الجهاز. وذلك بأخذ القيم للامتصاصية والنفاذية مقارنة مع الطول الموجي كل على حدة. ومن ثم قمنا بدراسة هذه القراءات من خلال برنامج خاص للحصول على النتائج. وقد قمنا بدراسة الخواص البصري التالية:

١ – فجوة الطاقة Energy Gap:

إن لكل ذرة مستويات طاقة منفصلة يحددها عدد الكم الأساسي (n) والذرة لشبه الموصل البلوري لها مستويات طاقية. ففي بلورة لها (N) من الذرات وعند اقتراب هذه الذرات بعضها من البعض فإن المستوي الواحد سوف ينشطر إلى (N) من المستويات المنفصلة المتقاربة جداً بحيث تشكل فيما بينها حزماً متواصلة من مستويات الطاقة بسبب التداخل والالتحام الناتج عن زيادة التقارب بين الذرات حيث تفقد كل حزمة ناتجة عن مستوي منفصل هويتها[١٢] . وعندما تقترب الذرات مسافة مساوية إلى ثابت الشبيكة (*Lattice constant*) فان هذه الحزم سوف تنشطر مرة أخرى إلى حزمتين هما حزمة التكافؤ (*Valence band*) وحزمة التوصيل (*Conduction band*) تفصل بينهما منطقة فارغة من المستويات تسمى فجوة الطاقة (*Energy Gap*). وان فجوة الطاقة في أشباه الموصلات لا يمكن للإلكترون أن يجتازها وينتقل من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل إلا إذا امتلك طاقة حركية في حزمة التكافؤ تمكنه من عبور فجوة الطاقة، وكلما قلت فجوة الطاقة فان الإلكترون لا يحتاج إلى طاقة عالية لكي يعبر من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل. وان الطاقة الحركية للإلكترون توضحها المعادلة التالية[١٣]:

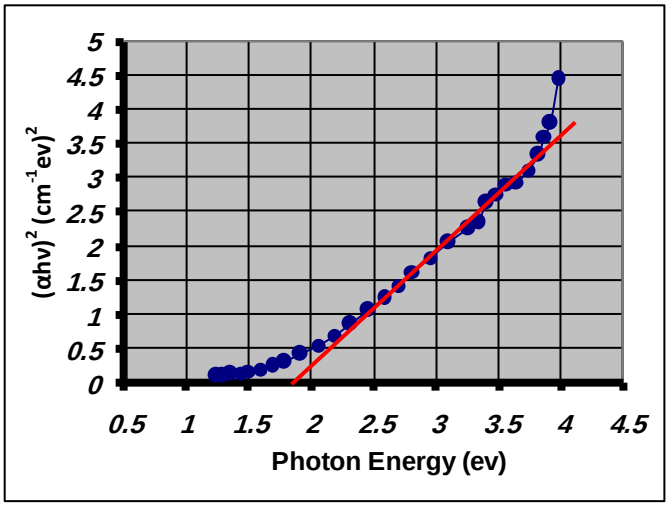
$$Ee = \hbar^2 k^2 / 2m_e \quad \text{.....(1)}$$

حيث أن ħ: تمثل ثابت بلانك.

k: متجه الموجة.

m_e^*: الكتلة الفعالة للإلكترون.

ومن الشكل (1) تم إيجاد قيمة فجوة الطاقة من خلال الرسم البياني وذلك بتقاطع المماس للمنحني مع طاقة الفوتون، والتي قد بلغت (1.9ev) .



الشكل (١) يبين فجوة الطاقة لغشاء PbS

٢- معامل الامتصاص Absorption Coefficie:

يعرف معامل الامتصاص على انه النقصان الحاصل في فيض طاقة الإشعاع أو الشدة بالنسبة لوحدة المساحة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط. وعند سقوط حزمة ضوئية على الغشاء الرقيق فان جزءاً منها سينعكس وجزءاً سينفذ وجزءاً سوف يمتص من قبل مادة الغشاء، حيث إن كل من كمية الطاقة المنعكسة والممتصة والنافذة تعتمد على طبيعة مادة وسطح الغشاء الرقيق والطول الموجي للحزمة الضوئية الساقطة. ومن العلاقة رقم (٢) تم حساب معامل لامتصاص:

$$\alpha = 2.303\frac{A}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

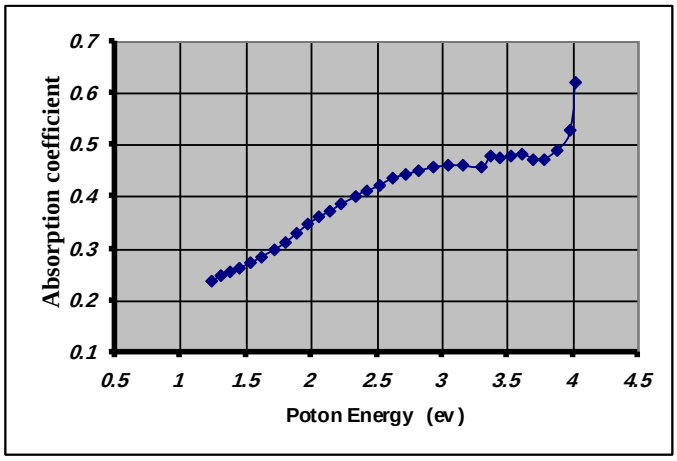
حيث أن α : تمثل معامل الامتصاص.

A : الامتصاصية.

t : سمك الغشاء.

ويبين الشكل (٢) تغير معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون لغشاء ***(PbS)***. وقد وجدنا أن قيمة معامل الامتصاص **α** للغشاء هي:

$\alpha = 0.455*10^{4}\ cm^{-1}$

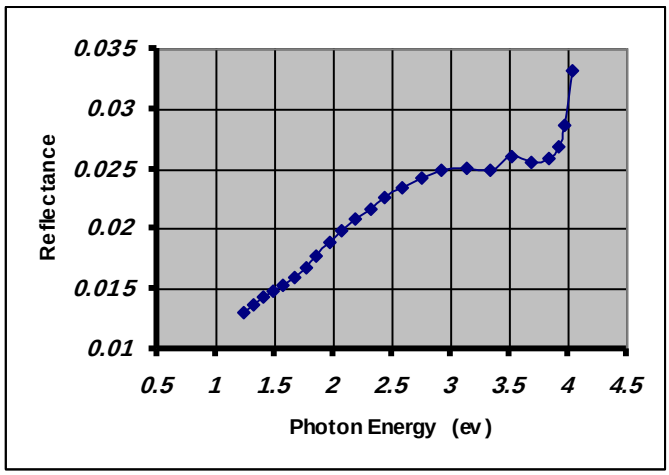


الشكل (٢) يبين تغير معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون لغشاء PbS

٣- الانعكاسية Reflectance:

تعرف الانعكاسية على أنها مقدار الطلقة التي تنعكس إثناء سقوط الإشعاع على سطح الغشاء الرقيق إلى مقدار طاقة الإشعاع الساقط[١٤].

وقد تم حساب الانعكاسية من خلال العلاقة (3). ويبين الشكل (٣) تغير الانعكاسية مع طاقة الفوتون حيث تزداد قيمة الانعكاسية مع زيادة طاقة الفوتون.



الشكل (٣) يبين تغير الانعكاسية مع طاقة الفوتون لغشاء (PbS)

$$R + A + T = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث أن R : تمثل الانعكاسية.

T: النفاذية.

٤- معامل الخمود Extinction Coefficient:

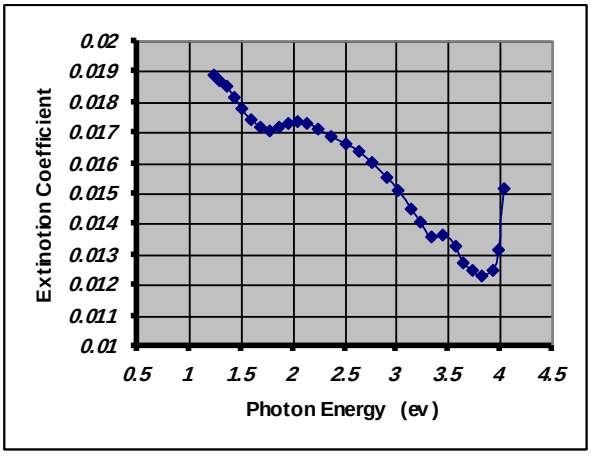
يعرف معامل الخمود بأنه الخمود الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة وهو ما تمتصه الكترونات المادة من طاقة الفوتونات الساقطة.

ويحسب معامل الخمود من قيم الامتصاصية المحسوبة من طيف الامتصاصية للأغشية المحضرة بموجب العلاقة (٤)[١٥]:

$$k_0 = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

k_0: معامل الخمود.

λ: الطول الموجي.



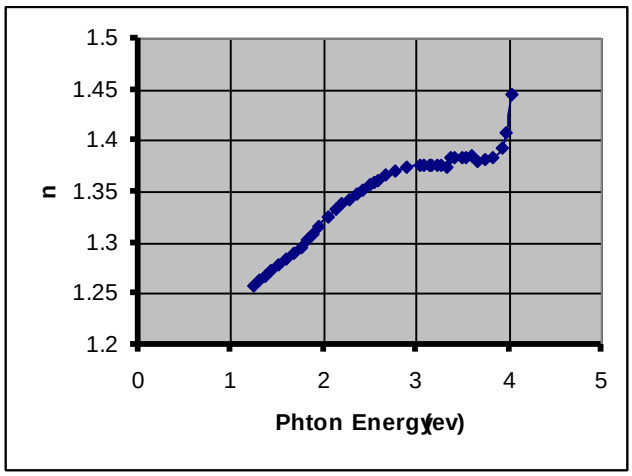
الشكل (٣) يبين تغير معامل الخمود مع طاقة الفوتون لغشاء (PbS).

٥- معامل الانكسار Refraction Coefficient:

يعرف معامل الانكسار على انه سرعة الضوء في الفراغ على سرعته في المادة. ولقد تم حساب معامل الانكسار من المعادلة (٥) التالية :

$$n_o = \left[\left(\frac{1+R}{1-R}\right)^2 - (k_o^{\,2}+1)\right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

الشكل البياني (٥) يوضح تغير معامل الانكسار مع طاقة الفوتون. وقد وجدنا أن قيمة معامل الامتصاص لغشاء PbS هي:. n_o= 1.37



الشكل (٤) يبين تغير معامل الانكسار مع طاقة الفوتون لغشاء (PbS).

الاستنتاجات:

١. أن أغشية كبريتيد الرصاص PbS المرسبة بطريقة الترسيب الحراري في حجرة التفريغ لها فجوة طاقة مباشرة قيمتها (1.9ev).

٢. تمتلك أغشية PbS امتصاصية واطئة (2%). وأن قيمة معامل الامتصاص للغشاء $\alpha = 0.455*10^4\ cm^{-1}$

٣. تمتلك أغشية PbS نفاذية عالية جداً تبلغ ،(95%) خاصة عند الطيف المرئي وتحت الحمراء القريبة.

٤. لقد ووجد أن لأغشية PbS معامل انكسار قيمته (1.37)

المصادر

[1] V. L. Colvin, M. C. Schlamp, A. P. Alivisatos, Nature 370, 354 (1994).
[2] D. L. Klein, R. Roth, A. K. L. Lim, A. P. Alivisatos, P. L. McEuen, Nature 389, 699 (1997).
[3] B. A. Ridley, B. Nivi, J. M. Jacobson, Science 286, 746 (1999).
[4] P. D. Yang, C. M. Lieber, Science 273, 1836 (1996).
[5] J. L. Machol, F. W. Wise, R. C. Patel, D. B. Tanner, Phys. Rev. B 48, 2819 (1993).
[6] H. Hirata, K. Higashiyama, Bull. Chem. Soc. Jpn. 44, 2420 (1971).
[7] P. K. Nair, O. Gomezdaza, M. T. S. Nair, Adv. Mater. Opt. Electron. 1, 139 (1992).
[8] P. Gadenne, Y. Yagil, G. Deutscher, J. Appl. Phys. 66, 3019 (1989).
[9] T. K. Chaudhuri, S. Chatterjes, Proc. Int. Conf. Thermoelectr. 11, 40 (1992).
[10] R. S. Kane, R. E. Cohen, R. Silbey, J. Phys. Chem. 100, 7928 (1996).
[11] M. A. Olshavasky, A. N. Goldstein, A. P. Alivisators, J. Am. Chem. Soc. 112, 9438 (1990).
[١٢] مؤيد جبرائيل يوسف، "فيزياء الحالة الصلبة " مطبعة بغداد، ١٩٨٩.
[١٣] Ludmila, "Eckertova physics of thin film" , plenm press, 1977.
[١٤] عماد خضير عباس، "الخواص الضوئية والكهربائية لمنظومة ($CdTe_1$-xS_x)، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية العلوم – جامعة بغداد، ١٩٨٩.
[١٥] A. H. Cark Optical Properties of Poliycrystalline Semiconductor films "In Poliycrystalline And Amorphous Thin films and Devices" edited Lawrece Kazermreki (A Cademic press), (1979).

Abstract

Optical properties of PbS thin films of PbS of thickness 400 nm have been deposited on glass substralie. The optical properties of these films have been studded for the wavelength range (300-1000) nm .It turned out that these films has an energy gap of 1.9 ev .these films has low absorption (2%) and a refraction index of(n_o= 1.37)and absorption Coefficient (α=0.455*$10^4$$cm^{-1}$)**.**