

دراسة تأثير التشعيع على الثوابت البصرية لأغشية $CuIn(SexTe_{1-x})_2$ المحضرة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ

صباح أنور سلمان، عمار عايش حبيب، محمد حميد عبد الله
جامعة ديالى - كلية العلوم - قسم الفيزياء

الخلاصة:

حضرت أغشية $CuIn(SexTe_{1-x})_2$ الرقيقة على قواعد من الزجاج باستخدام تقنية التبخير الحراري في الفراغ بسماك (250nm)، تم دراسة تأثير التشعيع بأشعة كاما من المصدر المشع (Cs^{137}) على الثوابت البصرية الآتية: الامتصاصية، الانعكاسية، معامل الخمود، معامل الانكسار، و ثابت العزل الكهربائي بجزأيه الحقيقي والخيالي، لقد وجد بان كافة هذه العوامل قد تأثرت بعملية التشعيع.

Key words: $CuIn(SexTe_{1-x})_2$ thin film, optical properties, vacuum thermal evaporation, irradiation effect .

Abstract

Thin films of $CuIn(SexTe_{1-x})_2$ have been deposited on glass substrates by vacuum thermal evaporation of thickness (250nm), the study of the effect of irradiation by gamma rays from Cs^{137} (source on the following optical constants: Absorptions, Reflectance, Extinction Coefficient, Refractive Index, Real and Imaginary Parts of the Dielectric Constant, It was found the all these parameters were affected by irradiation.

المقدمة

المركب $\text{CuIn}(\text{SexTe}_{1-x})$ هو أحد مركبات المجموعة 2 III-VI-III الشبه موصلة. وهو من المركبات المتبلورة على هيئة تركيب الجالكوبيرايت [1] (chalcopyrite).

تعتبر الأغشية الرقيقة المحضرة من المركب $\text{CuIn}(\text{SexTe}_{1-x})$ ذات أهمية كبيرة لملائمة خواصها البصرية والكهربائية لحقل الخلايا الشمسية حيث أستخدمت بشكل مكثف في مجال أبحاث الخلايا الشمسية (Heterojunction Photovoltaic cells) [2]. بالإضافة الى ذلك تستخدم هذه الأغشية في تطبيقات الألكترونيات الضوئية (photo electronics) كأستخدامها كدايودات باعثة للضوء Light emitting diodes) [3].

هدف الدراسة

تهدف الدراسة الحالية إلى الحصول على أغشية $\text{CuIn}(\text{SexTe}_{1-x})_2$ الرقيقة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ، ودراسة الثوابت البصرية لها ومعرفة تأثير أشعة كما على تلك الثوابت .

العمل التجريبي

تم تحضير أغشية $\text{CuIn}(\text{SexTe}_{1-x})_2$ الرقيقة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ (Thermal evaporation in Vacuum) باستخدام جهاز تبخير من نوع (Varian 3117) وفيما يلي عرض لخطوات تحضير أغشية $\text{CuIn}(\text{SexTe}_{1-x})_2$ الرقيقة :-

2 تحضير المركب : أولاً $\text{CuIn}(\text{SexTe}_{1-x})$

تم تحضير المركب $\text{CuIn}(\text{SexTe}_{1-x})_2$ بواسطة مزج نسب ذرية معينة من عنصر النحاس (Cu) وزنه الذري (63.54) ذو نقاوة (99.999 %) وعنصر الانديوم (In) وزنه الذري (114.82) ذو نقاوة (99.999 %) وعنصر السلينيوم (Se) وزنه الذري (78.96) ذو نقاوة (99.999%) وعنصر التليريوم (Te) وزنه الذري (127.6) ذو نقاوة (99.999 %) والمجهز من شركة (Koch-Light Ltd. Coinkbrook Bucks England) [7,8] .

وبموجب قيم (x) التي تأخذ القيم (0.5,0.5) أمكن تحديد وزن الخليط ومن ثم وزن كل من النحاس والاندنيوم والسلينيوم والتليريوم وقد استخدم في هذه العملية ميزان كهربائي حساس من نوع (Mettler AE 166) ذو

حساسية لخمس مراتب عشرية وبعد ذلك وضعت هذه النسب في أنابيب من زجاج الكوارتز (Quartz) ذات أطوال مناسبة (40 cm) حيث يجب أن تتناسب أطوال هذه الأنابيب مع وزن الخليط لضمان عدم انفجار الأنبوبة بفعل ضغط بخار كل من النحاس والاندسيوم والسلينيوم والتيريوم عند عملية انصهار مكونات المركب، ربطت هذه الأنابيب من طرفها المفتوح (طرفها الآخر مغلق) بمنظومة تفريغ ميكانيكية (Rotary Pump) للحصول على الفراغ المناسب (10-2 Torr) تقريباً من خلال استخدام مقياس ضغط من نوع (Thermovac-TM203) وهذا الفراغ الذي تم الحصول عليه لكي يمنع تأكسد المركب داخل الأنبوبة أثناء عملية التسخين التي سوف تجري لاحقاً. [9] تم استخدام مشعل يدوي من غاز الاستيلين (C_2H_2) والأكسجين (O_2) لقطع ولحام الأنبوبة أثناء عملية القطع واللحام ويتم التأكد من ذلك من خلال ملاحظة ثبوت مؤشر مقياس الضغط المستخدم بعد عملية القطع واللحام التي جرت على الأنبوبة ونكون بذلك قد حصلنا على كبسولة مفرغة (Ampoules) تحتوي على خليط العناصر الأربعة. وضعت هذه الأنابيب داخل فرن كهربائي أنبوبي من نوع (Lindberg) تصل درجة حرارته العظمى إلى ($1200Co$)، إذ تم تسخين مكونات المركب بالتدريج من درجة حرارة الغرفة (R.T) إلى درجة حرارة أكبر من درجة انصهار مكونات المركب ($1373Ko$) لتترك بعد ذلك لمدة (24) ساعة حيث أن درجة انصهار النحاس ($1357.5Ko$) ودرجة انصهار الانديوم ($429.63Ko$) ودرجة انصهار السلينيوم ($493Ko$) ودرجة انصهار التيريوم ($723Ko$) ولا بد من تحريك مكونات المركب داخل الأنبوبة من خلال تحريك الأنابيب باستمرار خلال فترة التسخين للتأكد من تفاعل مكونات المركب داخل الأنبوبة للحصول على محلول متجانس. (Homogenous) [9] عند انتهاء فترة التسخين يتم تبريد الأنابيب الزجاجية تدريجياً إلى درجة حرارة الغرفة (R.T) ثم يتم بعد ذلك أخراج هذه الأنابيب ليتم كسرها وإخراج المركب منها حيث تم الحصول على قالب (Ingot) من المركب $CuIn(SexTe1-x)_2$ حيث يتم بعد ذلك سحقه سحقاً جيداً بواسطة استخدام مطرقة وجفنه خزفية مختبريه خاصة لهذا الغرض ويستمر السحق إلى أن يصبح مسحوق (powder) تتم السيطرة على حجم حبيباته من خلال نخله بمنخل قطر خلاياه لا تتجاوز ($3\mu m$)، ثم يتم حفظ هذه المساحيق في أوعية نظيفة وجافة .

ثانياً: تحضير منظومة التبخير

يبين الشكل (1) مخطط لمنظومة التبخير من نوع (Varian 3117) استخدمت في تحضير الأغشية الرقيقة . يمكن الوصول إلى ضغط تحضير لحاوية الفراغ (Vacuum Chamber) بحدود (10-6 Torr) (وذلك من خلال مرحلتين أساسيتين ومرحلة مساعدة . تتضمن المرحلة الأولى استخدام مضخة ميكانيكية دوارة بمرحلتين (Rotary Pump) وبمساعدة وحدة التفريغ التوهجي (Glow Discharge) يتم تنظيف السطوح الداخلية للحاوية قبل المباشرة بالمرحلة الثانية للتفريغ . ويتم الوصول إلى ضغط منخفض قدره تقريباً (10-3 Torr) خلال هذه المرحلة والتي يتم قياسه بمقياس مزدوج حراري (Thermocouple) (Gage) مرتبط بمنظومة التبخير . أما المرحلة الثانية والمرتبطة مباشرة بعمل المضخة الميكانيكية كإسناد تتم باستخدام مضخة انتشارية (Diffusion Pump) بقطر (37.5 cm) حيث يمكن الوصول من خلالها إلى ضغط منخفض يقترب من (10-6 Torr) يسجله مقياس تأين مثبت عند قاعدة الحاوية مباشرة . يفصل حاوية الفراغ عن المضخة الميكانيكية منخل جزيئي (Molecular Sieve) لمنع رجوع بخار الزيت إلى حاوية الفراغ . تضم حاوية الفراغ قطبين لمصدر تيار كهربائي يتم السيطرة عليه بواسطة جهاز قدرة مناسب حيث يتم تثبيت حويض تبخير (Boat) من التنكستن (W) أو الموليبدنيوم (Mo) بين هذين القطبين وتضم حاوية الفراغ أيضاً حاملاً للعينات مرتكزاً على محمل دوار تتم السيطرة على عدد دوراته من خلال منظومة كهربائية خارجية . ويفصل حامل العينات مسافة قدرها (25 cm) عن مصدر التبخير وذلك لضمان أكبر مساحة للترسيب وكذلك للتخلص من الحرارة التي قد يسببها تسخين الحويض .

ثالثاً: ترسيب أغشية $CuIn(SexTe_{1-x})_2$ الرقيقة

بعد تنظيف القواعد الزجاجية جيداً تثبت الأنفحة الخاصة بذلك بشكل جيد عليها ليتم بعد ذلك تثبيت القواعد الزجاجية على حامل العينات الدوار والذي يدور بمقدار (100 rpm) دورة في الدقيقة وذلك للحصول على انتظام عالي لمادة الغشاء المترسبة على سطح القاعدة . ثم توضع كمية ملائمة من مسحوق المركب $CuIn(SexTe_{1-x})_2$ في حويض من الموليبدنيوم .

رابعاً: قياس سمك الأغشية المحضرة

في دراستنا الحالية استُخدمت الطريقة الوزنية لقياس سمك الأغشية المحضرة، إذ تم أولاً قياس كتلة القاعدة الزجاجية قبل عملية الترسيب باستخدام الميزان الإلكتروني حساس من نوع (Mettler AE166)، وبعد إتمام عملية الترسيب وزنت القاعدة مرة أخرى وبطرح القيمتين استُخرجت كتلة مادة الغشاء (m)، وبمعرفة كثافة مادة الغشاء ومساحة القاعدة الزجاجية تم حساب سمك الغشاء المحضر وفق العلاقة الآتية: [10]

$$t = \frac{m}{S \cdot \rho} \dots\dots\dots (1)$$

إذ إن:

m: كتلة مادة الغشاء (gm).
 t: سمك الغشاء (cm).
 ρ: كثافة مادة الغشاء (gm/cm³).
 S: مساحة الغشاء (cm²).

عملية تشعيع الأغشية

تم تشعيع أغشية CuIn(SexTe1-x) بأشعة كما باستخدام مصدر السيزيوم (¹³⁷Cs)، المصنوع في عام 1982م (وأن نشاطه الأشعاعي 1μci)، وعمر النصف له هو (30.17y) حيث تم تعرض هذه الأغشية لفترة زمنية مقدارها (21) يوم .

القياسات البصرية

اشتملت القياسات البصرية على قياس الامتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance) لمدى الأطوال الموجية (300-900nm) وذلك باستخدام جهاز (Double-Beam Spectrophotometer UV-210 A) المجهز من شركة (Shimadzu) اليابانية، ولغرض إجراء القياسات أعلاه تم وضع قاعدة زجاجية نظيفة في شبك المرجع من نفس الزجاج المستخدم في تحضير الأغشية، بعد ذلك وضعت القاعدة المرُسب عليها الغشاء في شبك المصدر وثبتت القاعدتان تثبيتاً جيداً في مكانهما ومن ثم صُفّر الجهاز قبل البدء بقراءة الامتصاصية (A) والنفاذية (T)، وفي دراستنا الحالية تم قياس الأغشية المحضرة ضمن السمك (250nm) وفي درجة حرارة الغرفة (R.T).

النتائج والمناقشة

1- الامتصاصية (Absorption):

لقد اجريت قياسات الامتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance) ضمن مدى الاطوال الموجية (300- 900) nm للاغشية المحضرة قبل وبعد عملية التشعيع ،حيث أن طيف الامتصاص في المنطقة تحت الحمراء القريبة (IR) مفيدة في دراسة الاهتزازات الجزيئية، أما في المنطقة الأعلى (UV) تكون مفيدة لأظهار مستويات الذرة والظواهر الخاصة بالأشعاع [11] وفي دراستنا الحالية نلاحظ أن التشعيع يؤدي الى تقليل في قيم الامتصاصية ، كما أن التشعيع لا يغير من السلوك العام لمنحنيات الامتصاصية ، وكما في الشكل.(2)

2- الانعكاسية (Reflectance)

تم حساب الانعكاسية من طيفي الامتصاصية والنفاذية ، وبموجب قانون حفظ الطاقة : [1]

من خلال الشكل (3)، نلاحظ ان منحنى الانعكاسية يصل إلى قيمته القصوى عند (1.4-1.8eV) تقريباً، ومن ثم تاخذ بالانخفاض التدريجي ، وتفسير ذلك ان الامتصاص يكون قليلاً جداً عند الطاقات الفوتونية الأقل عند المدى (1.28-2.0)eV، وهذا ناتج عن زيادة الانعكاس من سطح الغشاء .

من خلال الشكل (3) نلاحظ أن قيم الانعكاسية تقل بعد عملية التشعيع كما أن السلوك العام لمنحني

الانعكاسية بعد التشعيع مشابه عما هو عليه قبل التشعيع ، وكما في الشكل.(3)

$$(2) \quad R+T+A=1$$

3- معامل الخمود (Extinction Coefficient):

بدلالة الطول الموجي (λ) ومعامل الامتصاص (α) تم حساب معامل الخمود من المعادلة : [12]

$$(3) \quad k_o = \frac{\alpha\lambda}{4\pi}$$

والشكل (4) يبين تأثير التشعيع في قيم معامل الخمود اذ نلاحظ ان التشعيع أدى الى تقليل قيم معامل الخمود ويعزى السبب الى نقصان في عدد تصادمات الفوتون مع المادة وبذلك سوف تقل امتصاصية المادة ومن ثم يقل معامل الخمود ، وهذا يبدو واضحاً من خلال الشكل (4).

Refractive Index (معامل الانكسار -4)

إن معامل الانكسار للغشاء الرقيق يرتبط بانعكاسية الشعاع ومعامل الخمود . وتم حساب معامل

الانكسار للأغشية المحضرة قيد البحث من خلال المعادلة [12] :

$$(4) \quad n_o = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (k_o^2 + 1) \right]^{1/2} + \left(\frac{1+R}{1-R} \right)$$

حيث يبين الشكل (5) تغير معامل الانكسار بوصفه دالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة ، إذ نلاحظ أن منحنيات معامل الانكسار هو نفس سلوك الانعكاسية ، لارتباط معامل الانكسار مع الانعكاسية وفق المعادلة (4)، كما نلاحظ أن قيمة منحنيات معامل الانكسار قبل التشعيع تسلك تقريباً سلوك منحنيات معامل الانكسار بعد التشعيع ، كما أن قيمة معامل الانكسار بعد التشعيع تقل مما عليه قبل التشعيع ، مما يعني أن التشعيع قد أثرت على طبيعة سطوح الأغشية التي يحدث عندها الانعكاس مما أدى إلى تغير معامل الانكسار وبشكل واضح .

5 - ثابت العزل الكهربائي المعقد بجزئية الحقيقي والخيالي

(Real and Imaginary Part of The Dielectric Constant)

[12] تم حساب ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي للأغشية المحضرة من المعادلتين التاليتين

$$(5) \quad \epsilon_r = n_o^2 - k_o$$

$$(6) \quad \epsilon_i = 2 n_o k_o$$

أذ أن

no: معامل الانكسار

: معامل الخمود ko .

:الجزء الحقيقي لثابت العزل ϵ_r

:الجزء الخيالي لثابت العزل ϵ_i .

إذ يبين الشكل (6)تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي بوصفه دالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع ، إذ نلاحظ أن السلوك العام لمنحني ثابت العزل الكهربائي الحقيقي قبل التشعيع هو نفسه بعد التشعيع ، ونلاحظ الارتباط الواضح بين قيمة ثابت العزل الكهربائي الحقيقي مع معامل الانكسار كما في المعادلة (5)، كما أن قيمة ثابت العزل الكهربائي يقل عما هو عليه قبل التشعيع للأغشية المحضرة . وعند دراسة الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة المختلفة قبل وبعد التشعيع ، أذ نلاحظ أن السلوك العام لمنحني ثابت العزل الكهربائي الخيالي لايتغير بعد التشعيع ، ونلاحظ أن ثابت العزل الكهربائي الخيالي يسلك نفس سلوك معامل الخمود ، وذلك لكون تغير معامل الأنكسار قليل جدا مقارنة بتغيرمعامل الخمود بحسب المعادلة (6)، و كما في الشكل (7).

الاستنتاجات

أن التشعيع أدى إلى تقليل في قيمة معامل الامتصاص ومعامل الخمود .

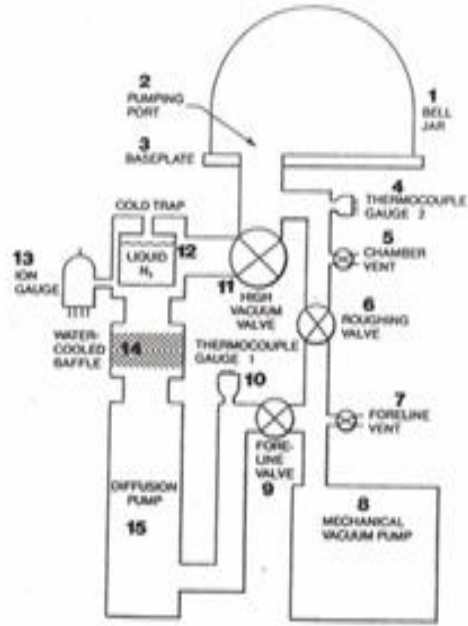
-2أن نقصان قيمة معامل الخمود بعد التشعيع تعني أن الغشاء تكون قابلية توهين أو إخماد

الأطوال الموجية الساقطة عليه اقل.

-3أن زيادة قيمة ثابت العزل الحقيقي للمادة بعد التشعيع يؤدي إلى زيادة قابلية المادة على الاستقطاب.

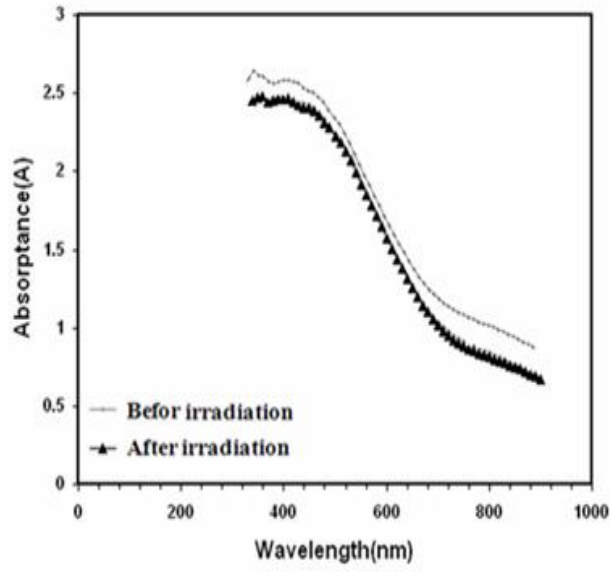
المصادر

- [1] K. L. Chopra, "Thin Films Phenomena", Mc Graw Hill book Company N.Y (1974) .
- [2] J.G Simmons "Hand book of thin film Technology" Edited by L.I Missia and R.Ging ,(1971).
- [3] R. A. Smith, "Semiconductors", Snd Ed, Cambridge University Press, London, (1987).
- [4] Tribble, "Electrical Engineering Materials and Devices" University of Iowa, (2002).
- [5] K. L. Chopra and I. Kaur "Thin Film Device Applications" Plenum Press, New York, (1983).
- [6] W. Robert, M. Peter and T. Murray, "Thin Film Technology" Litton Educational Publishing, Inc. New York,(1968).
- [7] R. C. Weast and M. J. Astle, "Hand book of Chemistry and physics", (CRC press), (1979).
- [8] وسام إبراهيم ، ، ترجمة"الكيمياء اللاعضوية الحديثة " ، هوليدي جامبرز وأرك، اي .س (1982).إدريس عبد القادر، مطبعة جامعة الموصل،
- [9] G. Hass and R. E. Thun, "Physics of Thin Films", Academic press, New York, (1966).
- [10] A.Abu El-Fadl,Cryst. Res. Technol. 39,No. 2, 143 – 150 (2004).
- [11] H. H. Wider, "Intermetallic Semiconducting Films", Pregamon Press, (1970).

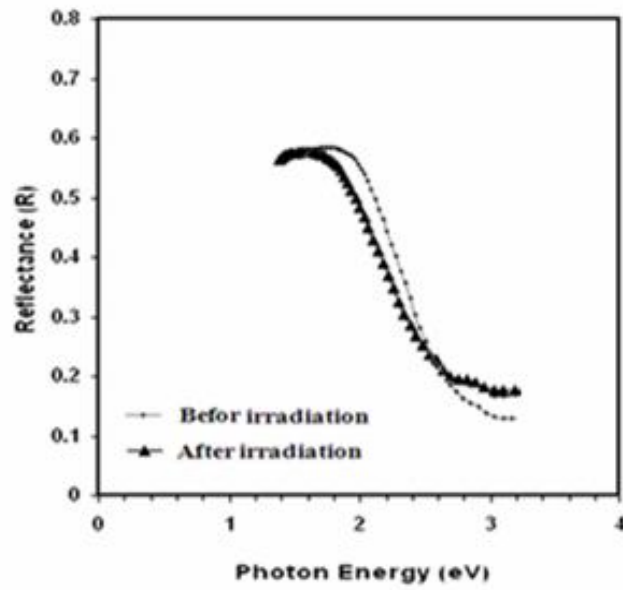


شكل (1) مخطط لمنظومة التفريغ

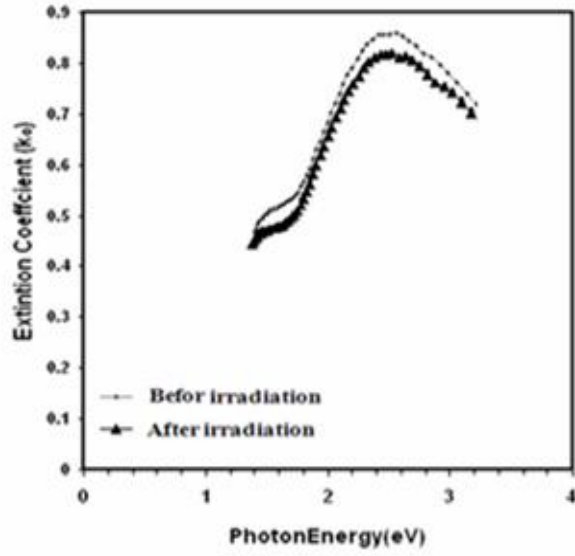
- 1- حاوية الفراغ - 2- فوهة الضخ - 3- القاعدة الفولاذية - 4- مقياس المزيج الحراري - 5- صمام كسر الفراغ - 6- صمام التحضير - 7- صمام كسر فراغ الخط الأمامي - 8- المضخة الميكانيكية النورية - 9- صمام الخط الأمامي - 10- مقياس المزيج الحراري - 11- صمام التفريغ العالي - 12- مصدر تبريد بسائل النيتروجين (N_2) - 13- مقياس الأيون - 14- شبكة تبريد بالماء - 15- المضخة الانتشارية.



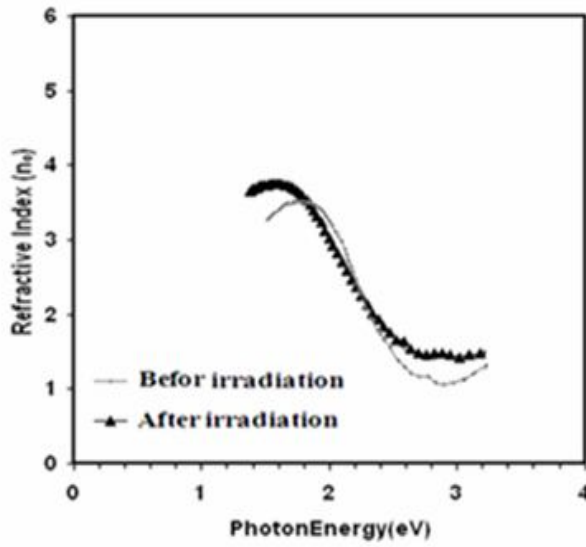
الشكل (2) يمثل الامتصاصية كدالة للطول الموجي للأغشية المحضرة



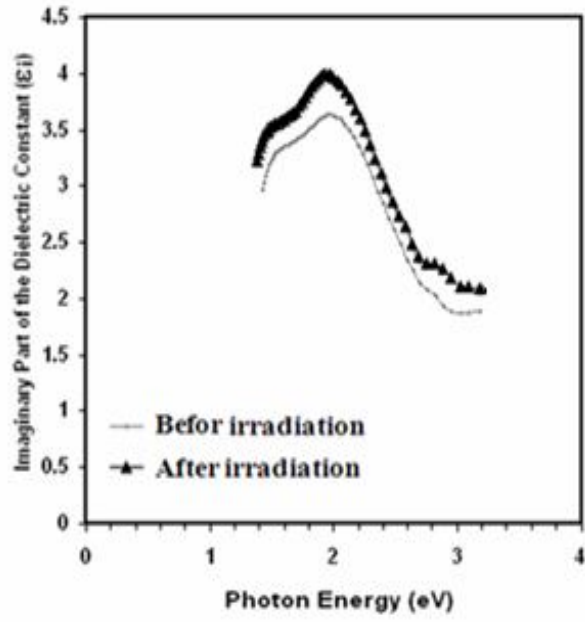
الشكل (3) يبين الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة



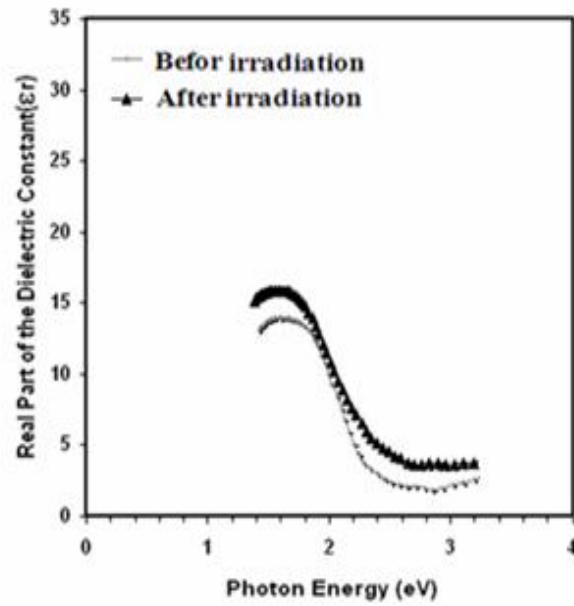
الشكل (4) يبين معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة



الشكل (5) يبين معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة



الشكل (7) يبين الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة



الشكل (6) يبين الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة