دراسة الخواص البصرية لغشاء CuBr

زياد طارق ، موفق كاظم عبد الرضا*و زينب طارق العاني
وزارة العلوم والتكنولوجيا
* قسم الفيزياء، كلية التربية- ابن الهيثم ، جامعة بغداد

الخلاصة

يتناول البحث دراسة الخواص البصرية لغشاء CuBr المحضر بطريقة التبخير الحراري بالفراغ وبأسماك مختلفة وبمعدل ترسيب (14.4 nm/sec) وعند درجة حرارة أساس 100 °C والملدنة بدرجات حرارية مختلفة ومناقشة تأثير كل من السمك ودرجة حرارة التلدين على فجوة الطاقة البصرية من جهة وعلى الثوابت البصرية من معامل الخمود والانعكاس والانكسار (n,R ,k) على التوالي.

المقدمة

ان الخواص البصرية والكهربائية لأي مادة صلبة تحدد في ضوء تركيب حزم طاقاتها ومدى انشغالها بالالكترونات ، واستنادا الى نظرية الحزم في المواد الصلبة وبالاستعانة بمكانيك الكم أمكن حساب بنيةحزم الطاقة لأشباه الموصلات البلورية (1).

تمتاز أشباه الموصلات المباشرة بتطابق موضع طاقة قمة حزمة التكافؤ (E_v) في فضاء متجه الموجة (K) مع طاقة قعر حزمة التوصيل (E_c) , قد يحدث هذا التطابق في مركز منطقة برليون(عند k=0) أو في موضع اخر من المنطقة . وهذا يعني ان انتقال الكترون من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل يكون بصورة عمودية عند نفس فضاء متجه الموجة (k) ويحدث هذا الانتقال عندما يمتص الالكترون فوتونا طاقته اكبر أو تساوي طاقة الفجوة $h\upsilon \geq E_c - E_v$ (2،3) .

ان الفوتون الذي طاقته ($h\upsilon$) مساوية لطاقة الفجوة E_g يستطيع ان يهيج الكترون وينقله بصورة مباشرة من قمة حزمة التكافؤ الى حالة كمية شاغرة في قعر حزمة التوصيل دون تغيير متجه الموجة للالكترون المنتقل ($\Delta k = 0$)(4).

واذا كانت طاقة الفوتون اكبر من طاقة الفجوة فان عملية الانتقال المباشر سوف تتم وتبدد طاقة الالكتون الاضافية ($h\upsilon - E_g$) على شكل حرارة.

الانتقال غير المباشر في اشباه الموصلات يتطلب تغير زخم الالكترون المنتقل ويمكن تفسير ذلك على ان الالكترون في حزمة التكافؤ زخمة k_v h انتقل الى حزمة التوصيل واصبح زخمة بعد عملية الانتقال k_c hمع اهمال زخم الفوتون الممتص لانه صغير جدا مقارنة مع زخم الالكترون .

ان مقدار التغير في زخم الالكترون $h(K_c-K_v)$ ناتج عن عدم تطابق موضع طاقتي قمة حزمة التكافؤ و قعر حزمة التوصيل في فضاء متجه الموجه (k) أي ان $k_c \neq k_v$ (5).

الجزء العملي

-تحضير الاغشية:

حضرت الاغشيه من مادة CuBr على قواعد من الزجاج وبدرجة حرارة اساس 100^oC وباسماك مختلفة nm (350,600,800) وبمعدل ترسيب (14.4 nm/sec) ، وعرضت النماذج للمعاملة الحرارية وكانت درجات حرارة التلدين^oC (200,300,400) تنظف القواعد الزجاجية جيدا بالكحول او الايثانول ثم تجفف جيدا وتوضع في حامل للعينات ويعلق داخل حجرة التفريغ في منظومة التبخير الحراري.

ان درجة حرارة الاساس تثبت لمل لها من تأثير كبير على تجانس الغشاء المحضر ونوع المادة المبخرة وكانت جميع الاغشية المحضرة بهذه الدرجة شفافة .

ومن بين العوامل التي تؤثر على تجانس السمك بعد الاساس عن موقع البودقة او الحويض المسافةcm $R \approx 30$ وكذلك زمن وسمك الغشاء المحضر له اهمية كبيرة في ترسيب الغشاء ، ضغط الهواء داخل حجرة التفريغ الذي يصل تقريبا الى $4*10^{-5}$ mbar).

لقد تم التاكد من تجانس الغشاء وخلوه من التشوهات او التشققات وذلك باستخدام مجهر من نوع OLYMPUS ، لفحص سطوح الاغشية الرقيقة المحضرة وتبين انها خالية من التشققات التي تصيب الغشاء نتيجة التبريد عند رفعها من داخل حجرة التبخير او عند حفظها في حافظة العينات . كما وتم تشخيص سطح الغشاء بوساطة حيود الاشعة السينية التي مكنتنا من معرفة التركيب البلوري للغشاء CuBr المرسب من معرفة مواقع القمم والتي تظهر عند تسليط حزمة أشعة سينية بزاوية معينة على سطح الأغشية نتيجة لانعكاسات براك عن السطوح البلورية التي تحصل عندها تداخل بناء لموجات الأشعة السينية المنعكسة عنها عند توافر الشروط التي تحقق معادلة براك (Bragg law)

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

حيث n: عدد صحيح يأخذ القيم 1,2,3

λ : الطول الموجي

d :المسافة بين سطحين متعاقبين

θ : زاوية السقوط والانعكاس لحزمة الأشعة السينية لسطح ذري معين

ان سمك الغشاء هو العامل الأكثر أهمية بالنسبة للغشاء في تحديد صلاحيتة لدراسة خواصه البصرية . ويمكن قياس سمك الغشاء اما مباشرة بمراقبة مقياس الكتروني مجهز مع المنظومة ، او من خلال الطريقة الوزنية التي تتطلب معرفة كثافة المادة المرسبة (6) $\{\rho = 4.98\ \mathrm{gm/cm^3}\}$

استخدام مطياف من نوع (Double –Beam Spectrophotomerter) والمصنع من قبل شركة (Shimadzu) لقياس امتصاصية ونفاذية الأغشية المحضرة.

- عملية لتلدين

يطلق على عملية تعريض الغشاء الرقيق لدرجة حرارية معينة وخلال مدة زمنية محددة بتلدين الغشاء او المعاملة الحرارية له . ويختلف تأثير عملية التلدين من غشاء الى اخر وذلك حسب نوع مادة الغشاء وظروف التلدين من درجة حرارة وزمن تلدين وغيرها ، حيث كانت درجات الحرارة التي تعرضت اليها الأغشية المحضرة هي (200,300,400)°C ولمدة ساعتين .

-الحسابات النظرية لايجاد فجوة الطاقة البصرية

تم حساب فجوة الطاقة البصرية لجميع النماذج المحضرة بدلالة معامل الامتصاص ، فعندما يسقط بشدة (I_0) على غشاء سمكه (t) فالشعاع النافذ تكون شدته (I) حسب العلاقة :

$$I = I_o \exp(-\alpha t).....[1]$$

حيث α : معامل الامتصاص البصري للمادة والذي يعتمد على طبيعتها ، وتدعى النسبة (I/I_o) بالنفاذية (Transmittance) والتي تمثل شدة الضوء النافذ خلال سمك (t) والتي تربطها مع الامتصاصية (Absorbance) العلاقة الاتية :

$$A = Log(I_o / I) = Log(1/I).....[2]$$

وعليه فان

$$InI_o / I = \alpha t \Rightarrow 2.303 \log(I_o / I) = \alpha t$$

$$\alpha = 2.303(A/t).....[3]$$

اذ يمكن حساب (α) تغير معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي وكما ويمكن حساب طاقة الفوتون الساقط ($E = h\upsilon$) كدالة للطول الموجي من العلاقة الاتية :

$$E(ev) = 1240 / \lambda.....[4]$$

حيث λ : الطول الموجي للضوء الساقط مقاس ب nm

h: ثابت بلانك

υ : تردد الشعاع الساقط

ومن معرفة طاقة الفوتون ومعامل الامتصاص وباستخدام علاقة تاوس (7).

$$\alpha h\upsilon = B(h\upsilon - E_g)^n .....[5]$$

حيث B: ثابت يتناسب مع كثافة الحالات في حزمتي التكافؤ والتوصيل

E_g: فجوة الطاقة البصرية

n: معامل أسي تعتمد قيمته على نوعية الغشاء و درجة عشوائيته وفيما لو كان الانتقال مسموحا" او غير مسموح حيث يأخذ القيم في حساباتنا (1/2,1/3,1,2)

ومن هذه المعادلة يمكن رسم العلاقات بين $(\alpha h\upsilon)^{1/n}$ كدالة لطاقة الفوتون ومن خلالها يتم حساب فجوة الطاقة البصرية E_g^{opt} مباشرة من امتداد الجزء الخطي من

المنحني الى القيمة $0 = "^{1/}-(\alpha h\upsilon)$ علما ان ميل الخط المستقيم يمثل قيمة الثابت B في نفس المعادلة [5].

-حساب فجوة الطاقة

تبين الأشكال(1-8) علاقة تغير $(\alpha h\upsilon)$كدالة لطاقة الفوتون الساقط للأغشية المحضرة بأسماك nm(350,600,800) ومدى تأثرها باختلاف درجات حرارة التلدين وحسب قيمة n التي تأخذ القيم الموضحة سابقا ، وكانت قيمة فجوة الطاقة للأغشية المحضرة قبل وبعد التلدين موضحة في الجداول أدناه اذ حسب قيمة (n) لكل علاقة .

تم حساب فجوة الطاقة للانتقالات الاتية :

1- الانتقال المباشر المسموح n=2

2- الانتقال غير المباشر المسموح n=1/2

- حساب الانعكاسية (R):

لقد تم حساب انعكاسية اغشية CuBr بالاستعانة بالعلاقة الاتية :

R=1-A-T

وتبين الاشكال (9-11) انعكاسية الاغشية المحضرة كدالة لطاقة الفوتون.

حساب معامل الانكسار (n_0) :

يعتمد معامل الانكسار على عدة عوامل منها نوع المادة والتركيب البلوري لها ، ويتغير معامل الانكسار تبعا لتغير الحجم الحبيبي للمادة . لقد تم حساب معامل الانكسار من خلال المعادلة الآتية : (12)

$$n_o = \frac{R+1}{R-1}\left(\frac{4R}{(R-1)^2} - K^2_o\right)^{1/2}$$

وتبين الاشكال (12-14) تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون.

حساب معامل الخمود (K_o):

يمثل معامل الخمود (Extinction Coefficient) الخمود الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة أي كمية ماتمتصه الكترونات المادة من طاقة الفوتونات

الساقطة ، ومن ثم فهو يعتبر مقياس للامتصاصية وتعتمد قيم معامل الخمود على كثافة الالكترونات الحرة في المادة وعلى عيوب التركيب (Structure Defects).

وقد تم حساب معامل الخمود من العلاقة الاتية :

$$K_{\circ} = \frac{\alpha\lambda}{4\pi}$$

حيث α : معامل الامتصاص

λ : الطول الموجي للشعاع الساقط

والاشكال (15-17) تبين علاقة معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون

مناقشة النتائج والحسابات

لحساب قيمة فجوة الطاقة للغشاء المحضر، اذ رسمت العلاقات للأس n=(2,1/2) كدوال لطاقة الفوتون الساقط (8). وحددت الطاقات التي حسبت عندها قيمة Eg، اذ كانت بالقرب من حافة الامتصاص لطيف النفاذية لغشاء CuBr ضمن الطاقات مابين eV (2.5-3) عند درجة °C (100,200) ويزحف المدى الى eV(3.5- 4.5) عند درجة °C (300,400) ، ونلحظ من خلال الاشكال انطباق المنحنيات للأسماك كافة عند درجة °C(100,200) اما عند درجات حرارة °C(300,400) فتظهر المنحنيات سلوكا مخالفا".

عند دراسة الانتقالات $(\alpha\ hv)^{1/2}$ ، $(\alpha\ hv)^2$ لاحظنا ان قيمة Eg=2.9eV لكل الأسماك المحضرة بدرجة حرارة أساس °C 100 تطابقت منحنياتها للاسماك الثلاثة وانحصرت ضمن المدى e V(2.5-3) اما عند درجة حرارة التلدين °C200 فكانت قيمة eV Eg=2.91 وبذلك تزداد قيمة فجوة الطاقة بزيادة درجة حرارة التلدين ، بينما ارتفاع درجة حرارة التلدين الى °C(300,400) نلحظ تغير في سلوك المنحنيات للأسماك المختلفة لغشاء CuBr اذ نرى زحف مدى الطاقة eV(3-4)الذي تنحصر فيه قيمة Eg.ونلحظ من خلال الجداول (1-2) ان قيمة فجوة الطاقة تساوي تقريبا فجوة الطاقة المذكورة في المصادر قبل التلدين وبعده عند درجة حرارة °C 200 اما بزيادة درجة الحرارة تزداد قيمة فجوة الطاقة ، مع تغير قيمة n .

نستنتج من خلال الاشكال (1-8) ، ان فجوة الطاقة تراوحت بين eV(2.1-2.89) قبل التلدين وبدرجة حرارة اساس 100°C اما بعد التلدين بدرجة حرارة 200°C ولمدة ساعتين ، فان فجوة الطاقة تراوحت بين eV(2.49-2.89) ,اما عند التلدين بدرجة 300°C، تراوحت فجوة الطاقة بين eV(2.7-3.69)، اما عند التلدين بدرجة 400 °C ،فان فجوة الطاقة تراوحت بين eV(2.99-3.69) لمختلف قيم n.

الاشكال (9-11) تبين انعكاسية الأغشية المحضرة كدالة لطاقة الفوتون ، نلحظ عند السمك (350&600) nm ارتفاع الانعكاسية بزيادة طاقة الفوتون عند درجة حرارة الأساس وبعد التلدين بدرجة 200°C ، اما بعد التلدين بدرجة °C(300&400) فقد أدى الى انخفاض قليل بقيم الانعكاسية . ان الارتفاع بالسمك الى 800 nm نلحظ من خلاله انخفاض حاد بقيمة الانعكاسية .

اما من خلال الاشكال(12-14) ، توضح تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون ،نلحظ تأثير زيادة السمك للغشاء مما ادى الى انخفاض قيمة معامل الانكسار الى مايقارب 2.1 ويأخذ بالانخفاض اكثر عند ارتفاع درجة حرارة التلدين الى 400°C اذ تصل قيمة معامل الانكسار الى مايقارب 0.5 . اعلى قيمة لمعامل الانكسار للغشاء هي تقريبا 2 (9). نلاحظ عند السمك 350nm وعند درجة حرارة °C(100&200) ، معامل الانكسار يأخذ بالزيادة كلما ارتفعت قيمة طاقة الفوتون الساقط . اما ارتفاع درجة حرارة التلدين الى°C(300&400) نلاحظ هبوط قيم معامل الانكسار بزيادة طاقة الفوتون . اما عند السمك 600nm نلاحظ الزيادة الطفيفة بقيمة معامل الانكساربزيادة طاقة الفوتون عند درجة حرارة °C(100&200) . اما عند درجة حرارة 300°C فنلحظ زيادة معامل الانكسارلكنه ياخذ بالهبوط عند ارتفاع درجة حرارة التلدين الى°C 400 بينما نلاحظ عند السمك 800nm يختلف سلوك الغشاء، اذ تقل قيمة معامل الانكسار بزيادة طاقة الفوتون وبصورة اكثر وضوحا عند درجة حرارة °C(300&400) السبب هو في التغير الحاصل في التركيب البلوري وانتظام الحبيبات البلورية وحجمها والتي تؤدي الى نقصان قيمة معامل الانكسار .

اما من خلال الأشكال (15-17) التي توضح تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون ، اذ نلحظ عند السمك nm(350&600) بان قيم معامل الخمود تزداد بزيادة الطاقة قبل التلدين ، اما بعد التلدين بدرجة °C(300&400) نلاحظ انخفاض قليل بقيم

معامل الخمود مع استمرار السلوك السلوك العام بالزيادة . اماعند السمك 800nm نلحظ ان قيم معامل الخمود تأخذ بالزيادة مع زيـادة طاقـة الفوتـون عنـد درجـة حـرارة (100&200)°C اما ارتفاع الحرارة فأن هذا سيؤدي الى ثبوت قيمة معامل الخمود مـع زيادة قليلة جدا ، وانخفاضها الى ما يقارب 0.05 ، اما اعلى قيمة لمعامل الخمود فهـي 14. 0. تقريبا . ان زيادة معامل الخمود سريعا عند الطاقات القريبة من حافة الامتصاص ناتجة عن زيادة معامل الامتصاص عند تلك الطاقات والتي تدل على حـدوث انتقـالات الكترونية مباشرة (10) . ان تأثير ارتفاع درجة الحرارة على مادة CuBr موضح فـي الجدول (3)، (11).

المصادر

1.شاكر جابر ،(1987). فيزياءالحاله الصلبة ، جامعة الموصل

2. Yousif, M.G. (1989). Solid State Physics, University of Baghdad, 1,2.

3. Kittel, C. (1976). Introduction to Solid State Physics , 5th edition, oxford ,pag.

4. Mott,N.F.and Davis ,E.A. (1979). Electronic Processes in Non-crystalline Materials,Univesity of California, Barkeley California.

5. Sze,S.M. (1981). Semiconductor Devices Physics and Technology, 2nd editions, Cambridge University. Press.

6. Boyce, J.B. (1981). Physical Review 23:6.

7. Tauc,(1960), Semiconductor Physics, New York, 2nd edition, pog.

8. Survey of Semiconductor chemistry, this article originally appeared in progress in photo voltayics, spt/oct , Ken Zweibel, Nationadl. Rene wable Energy Laboratory

9. Tranquada, J.M. (1980).Physical Peview ,34:6.

10. Press, M.R. (1988). Physical Review B. 38:5.

11. Takenari ,G.(1967). J.Ph.Soc.Japan, 22:2.

12. Abass,A.K. Hasen,A.K. (1985). J.Appl.phys. 58(4).

لجدول رقم (1) يوضح قيم فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح

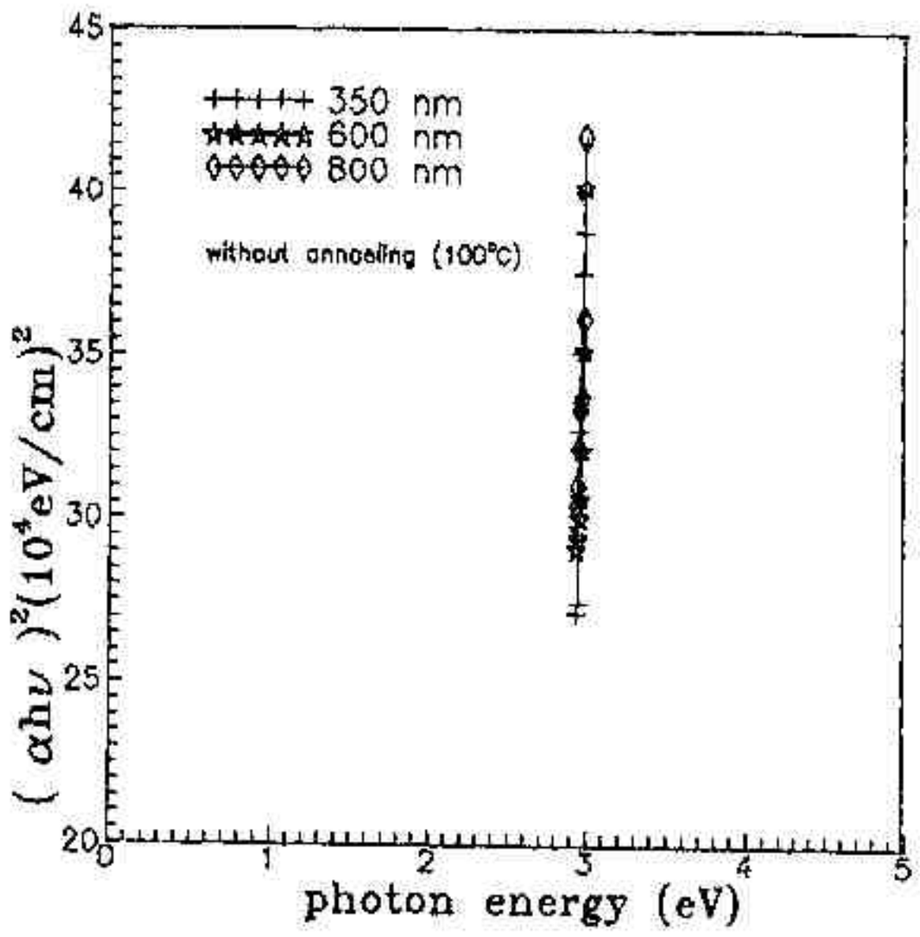
	100	200	300	400
Thickness nm	E_g (eV)	E_g (eV)	E_g (eV)	E_g (Ev)
350	2.9	2.91	3.28	3.6
600	2.9	2.91	3.41	3.5
800	2.9	2.91	3.2	3.3

الجدول رقم (2) يوضح قيم فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح

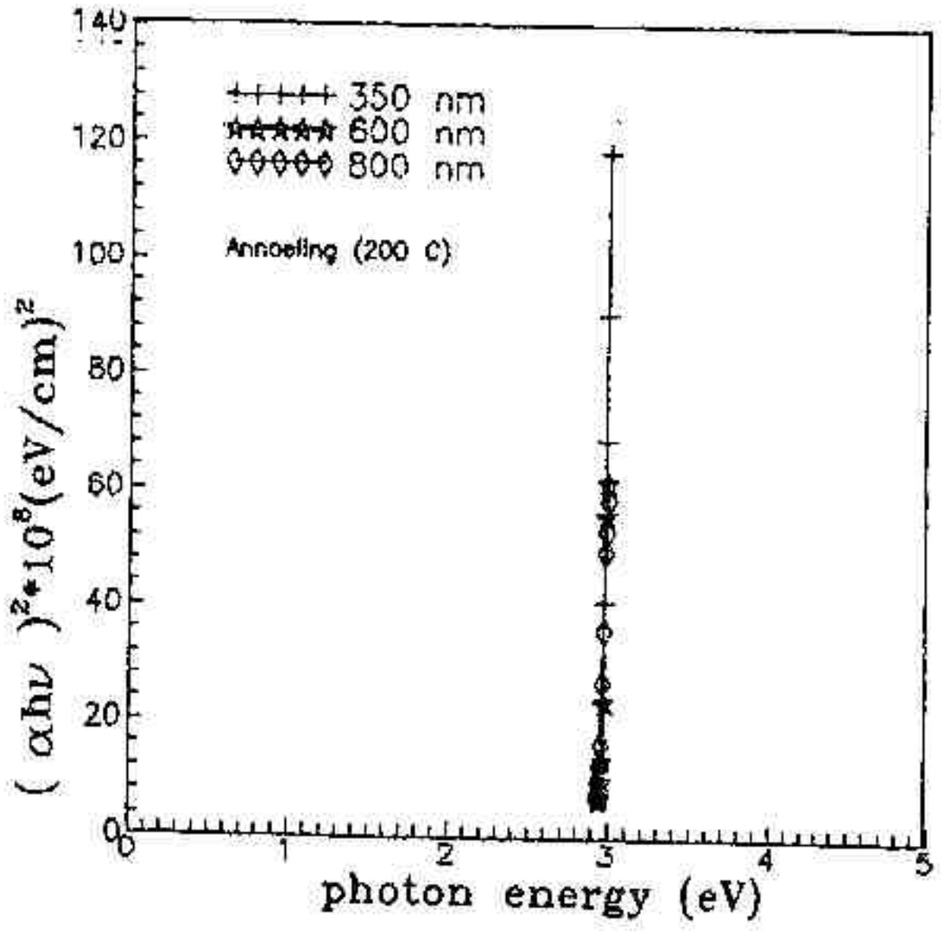
Temperature (°C)				
	100	200	300	400
Thickness nm	E_g (eV)	E_g (eV)	E_g (eV)	E_g (eV)
350	2.94	2.93	3.7	3.78
600	2.94	2.93	3.8	3.6
800	2.94	2.93	3.4	3.48

جدول (3) يوضح تغير تركيبة CuBr بتغير درجة الحرارة

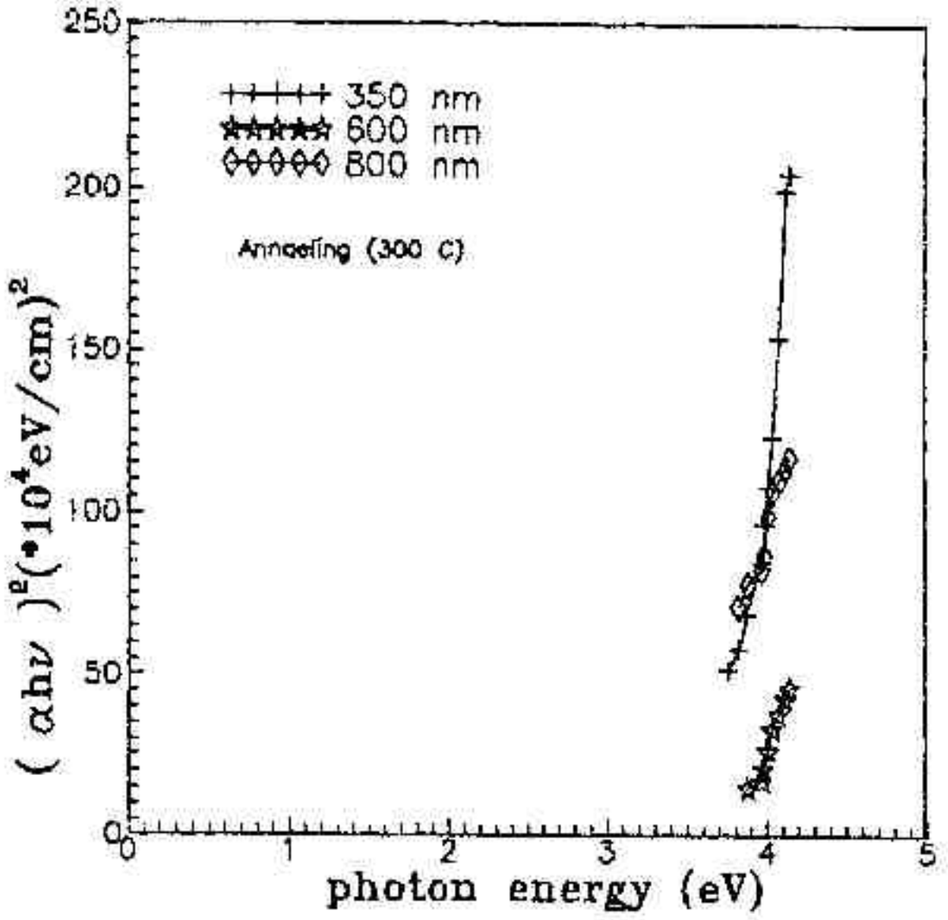
Material	Phase	Transition Temperature ^oC	Structure
CuBr	γ		Zincblend (fcc)
	β	385	Br (hcp)
	α	469	Br (bcc)
	Melt	488	



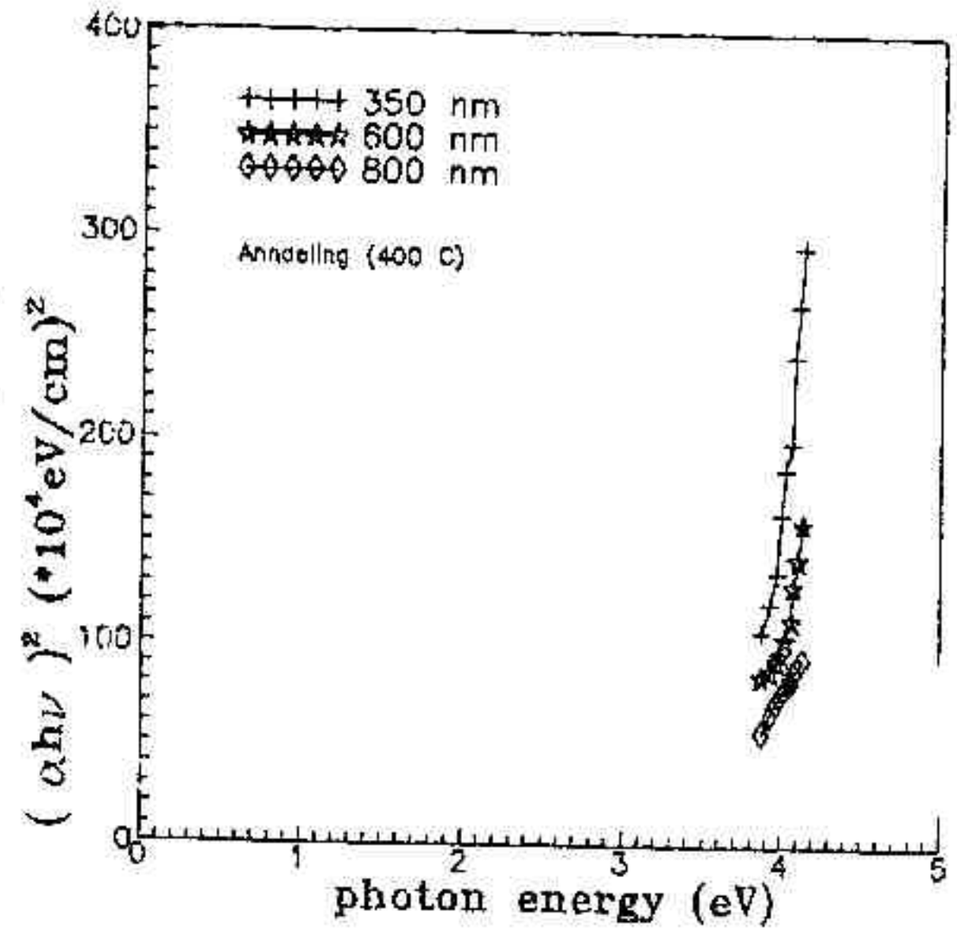
شكل (1) يوضح الانتقال المباشر المسموح
قبل التلدين و لجميع الاسماك



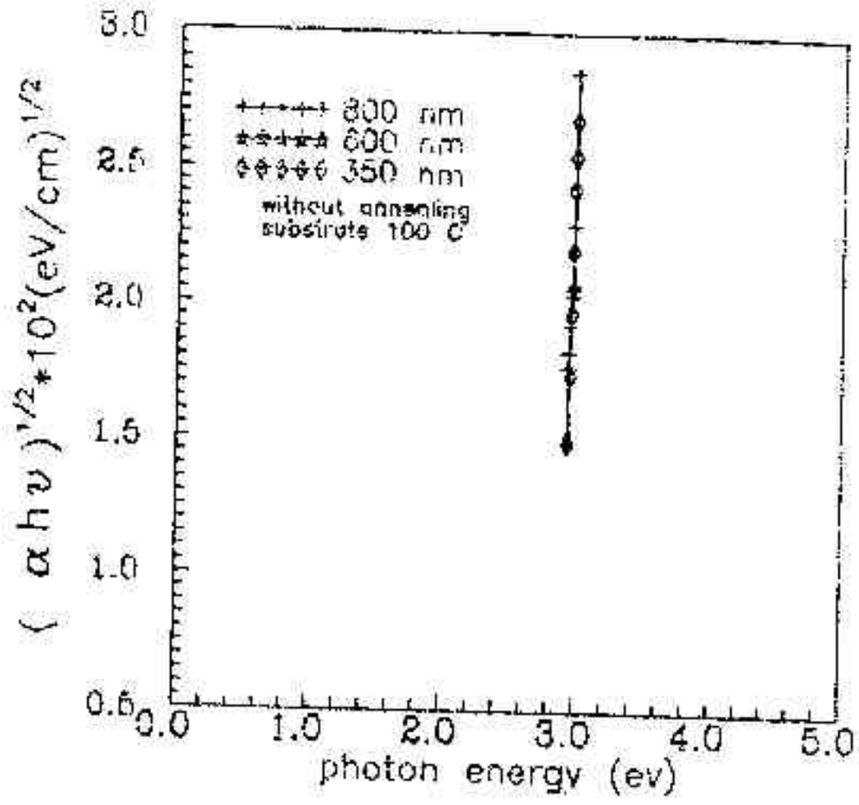
شكل(2) يوضح الانتقال المباشر المسموح
بعد التلدين ($200^{O}C$)



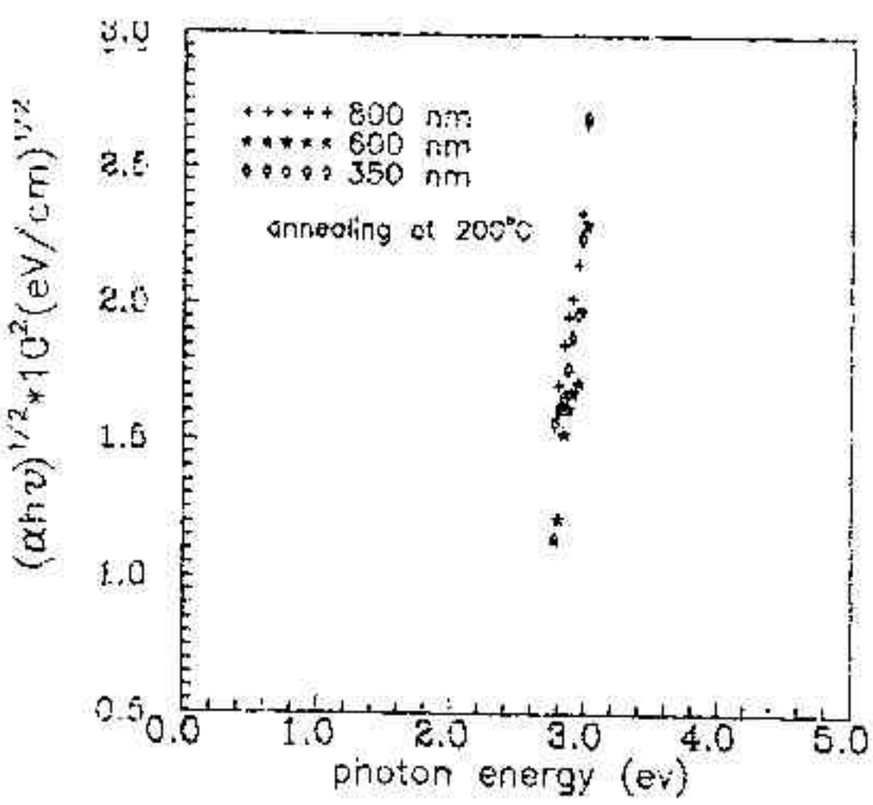
شكل (3) يوضح الانتقال المباشر المسموح
بعد التلدين ($300^{O}C$)



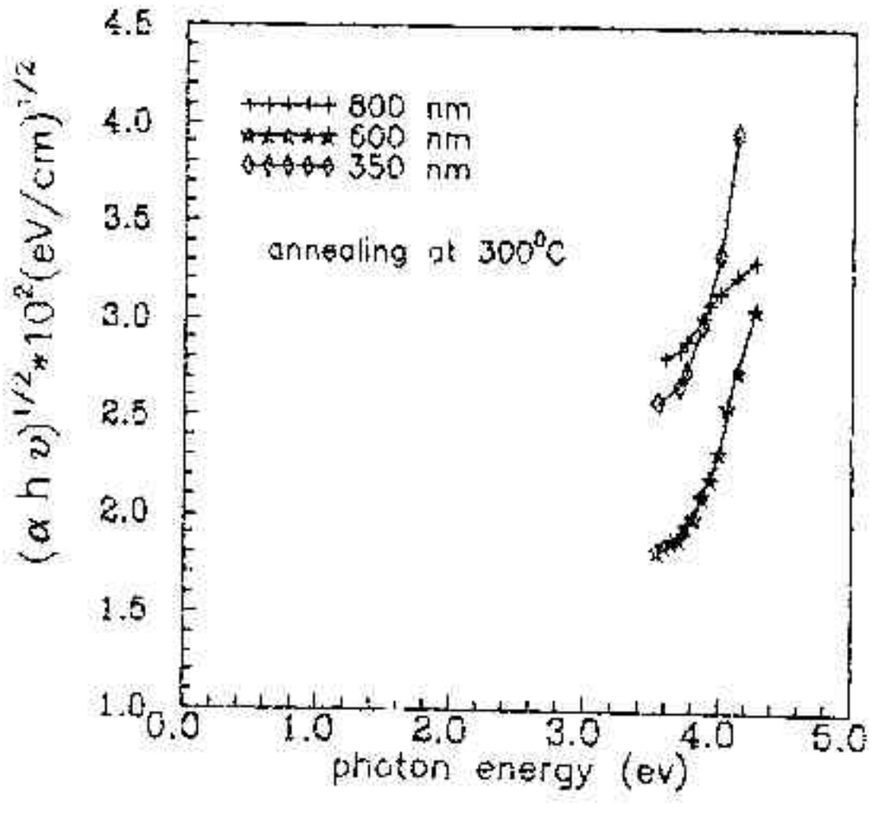
شكل (4) يوضح الانتقال المباشر المسموح
بعد التلدين ($400^{O}C$)



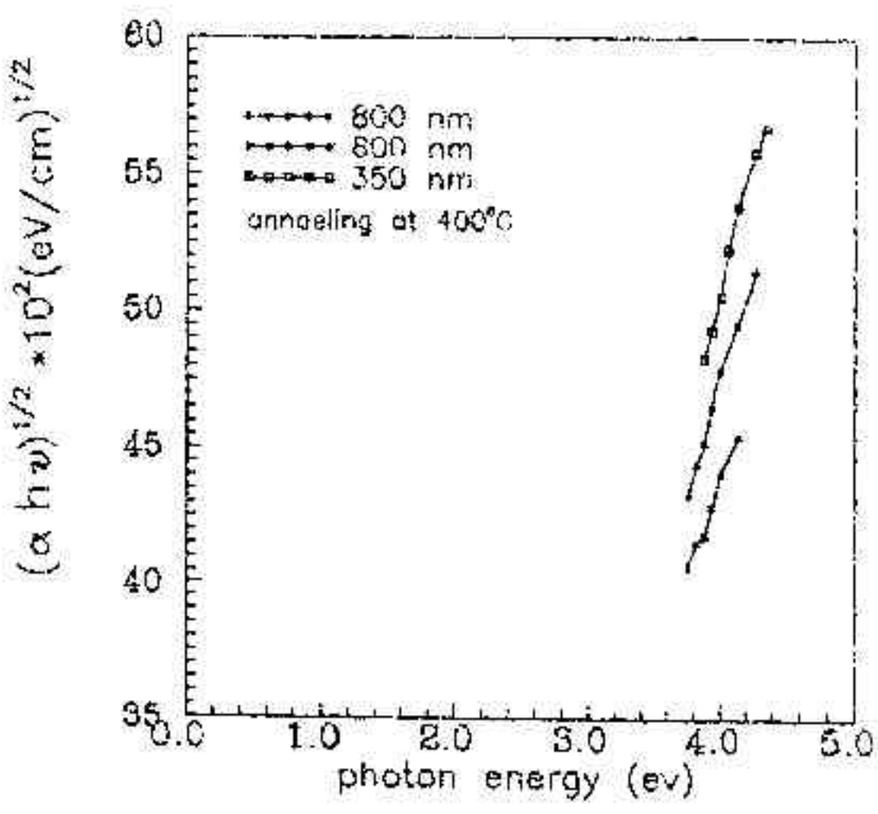
شكل (5) يوضح الانتقال غير المباشر
قبل التلدين



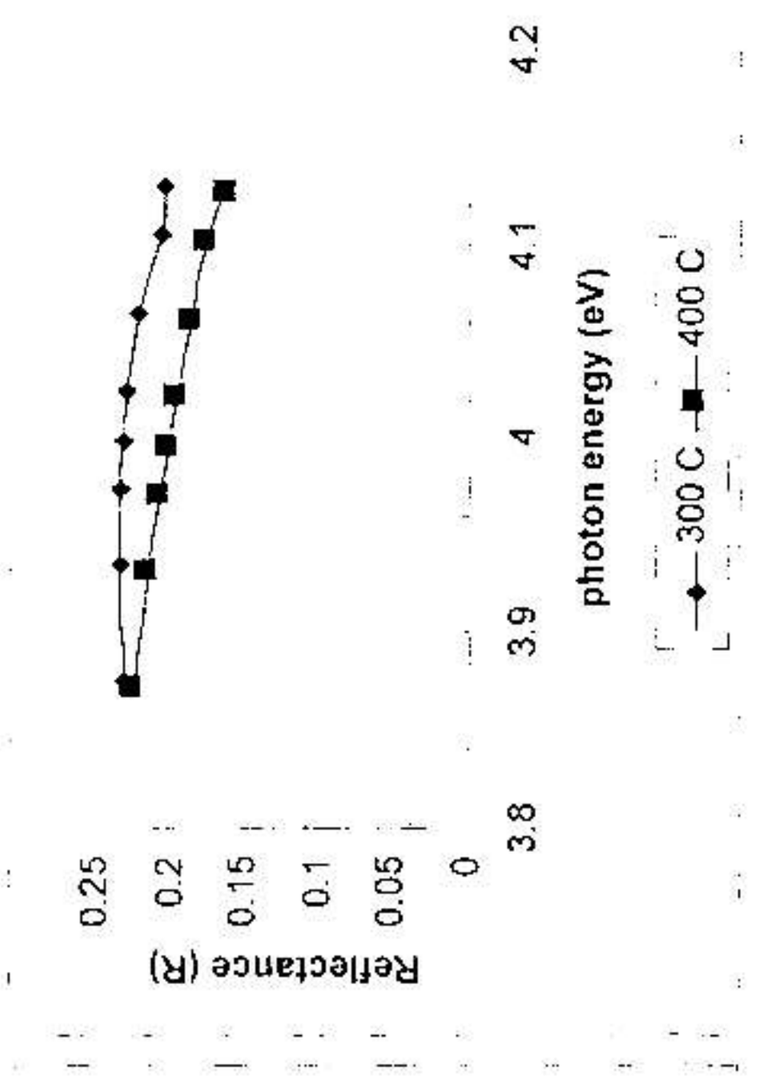
شكل(6) يوضح الانتقال غير المباشر بعد
بعد التلدين($200^{o}C$)



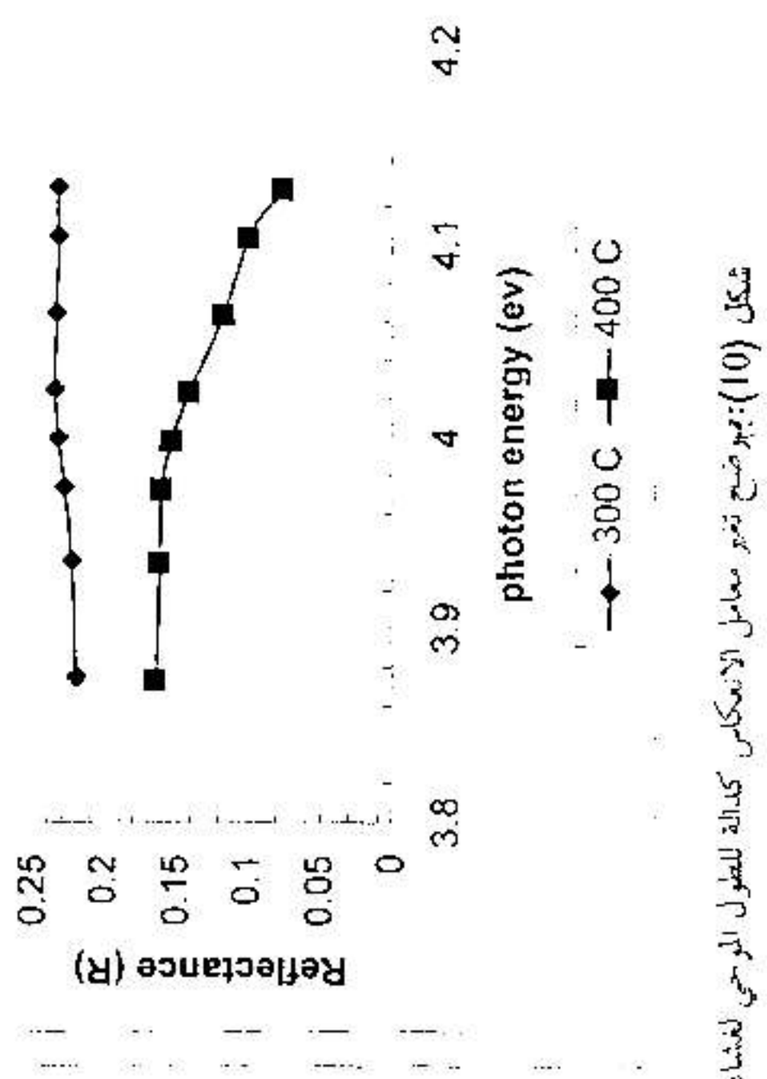
شكل (7) يوضح الانتقال غير المباشر بعد
التلدين ($300^{o}C$)



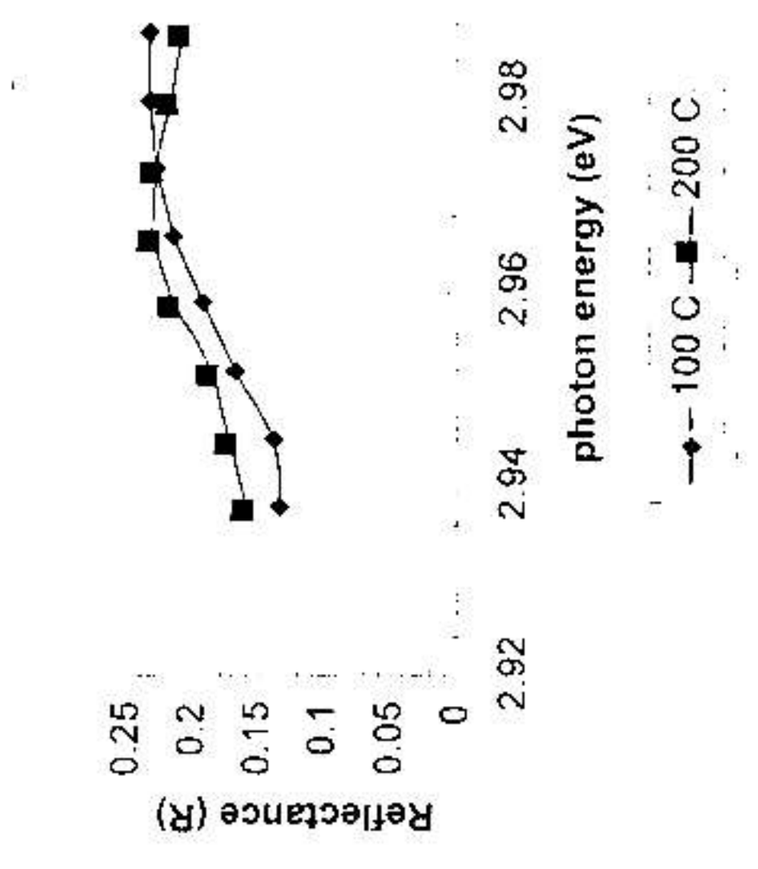
شكل (8) يوضح الانتقال غير المباشر بعد
التلدين ($400^{o}C$)

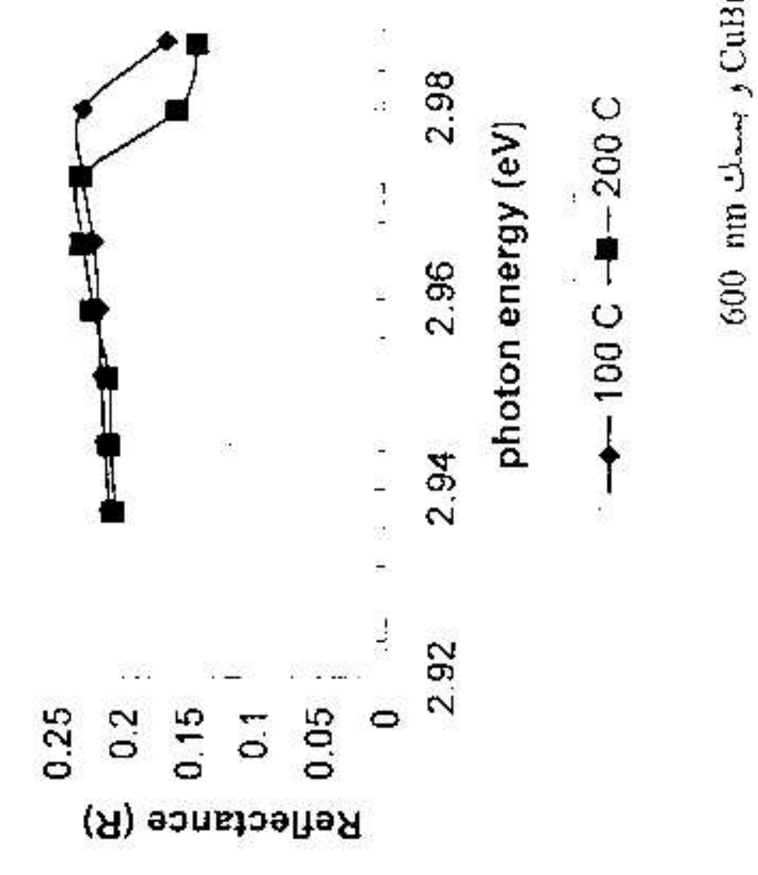


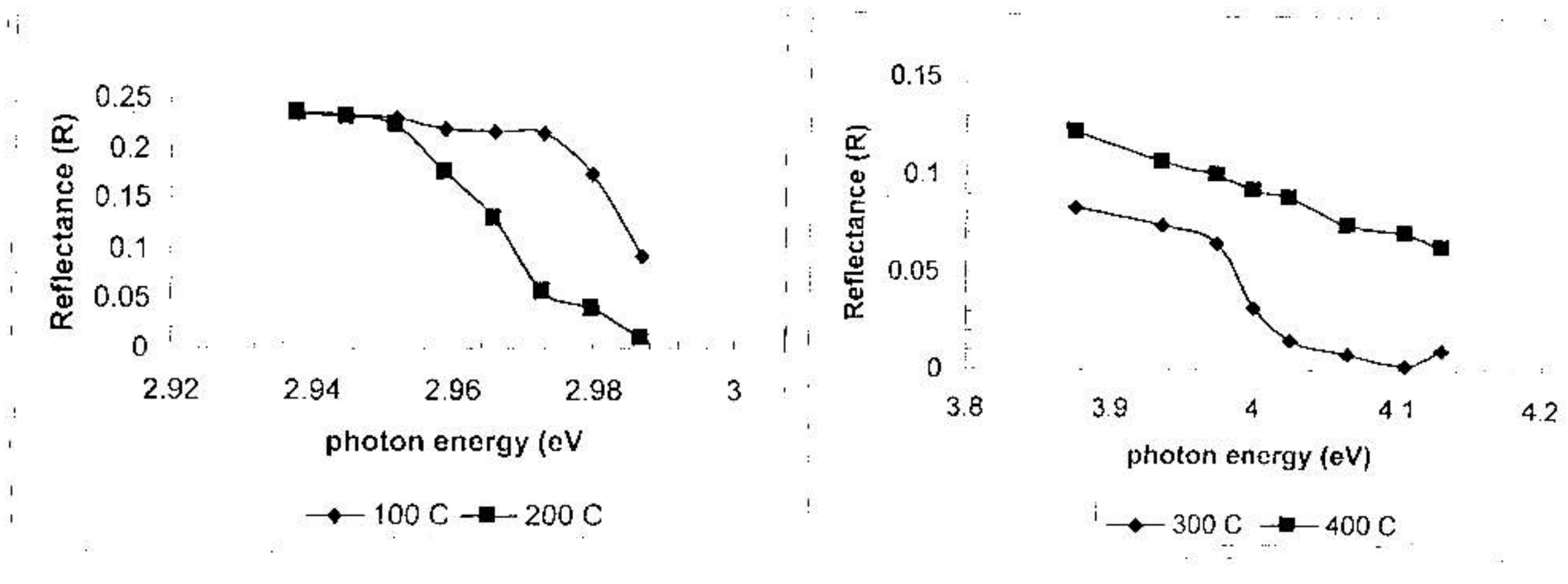
شكل (9): يوضح تغير معامل الانعكاس كدالة للطول الموجي لغشاء من مادة CuBr و بسمك 350 nm



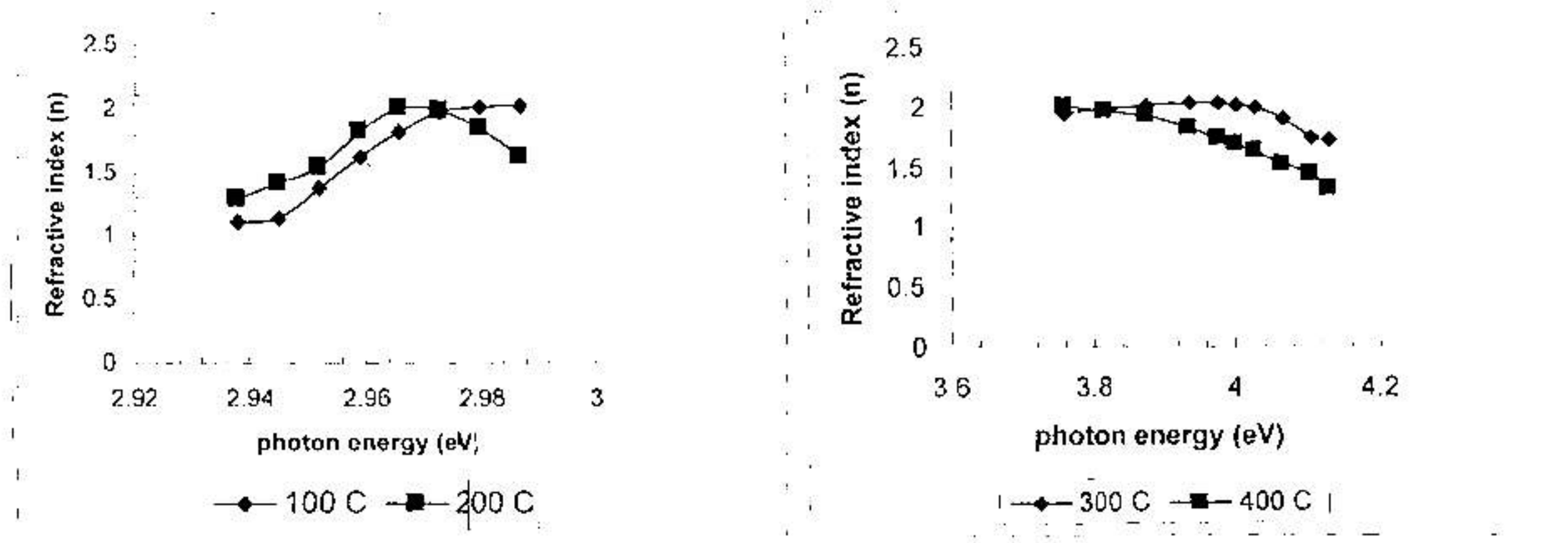
شكل (10): يوضح تغير معامل الانعكاس كدالة للطول الموجي لغشاء من مادة CuBr و بسمك 600 nm



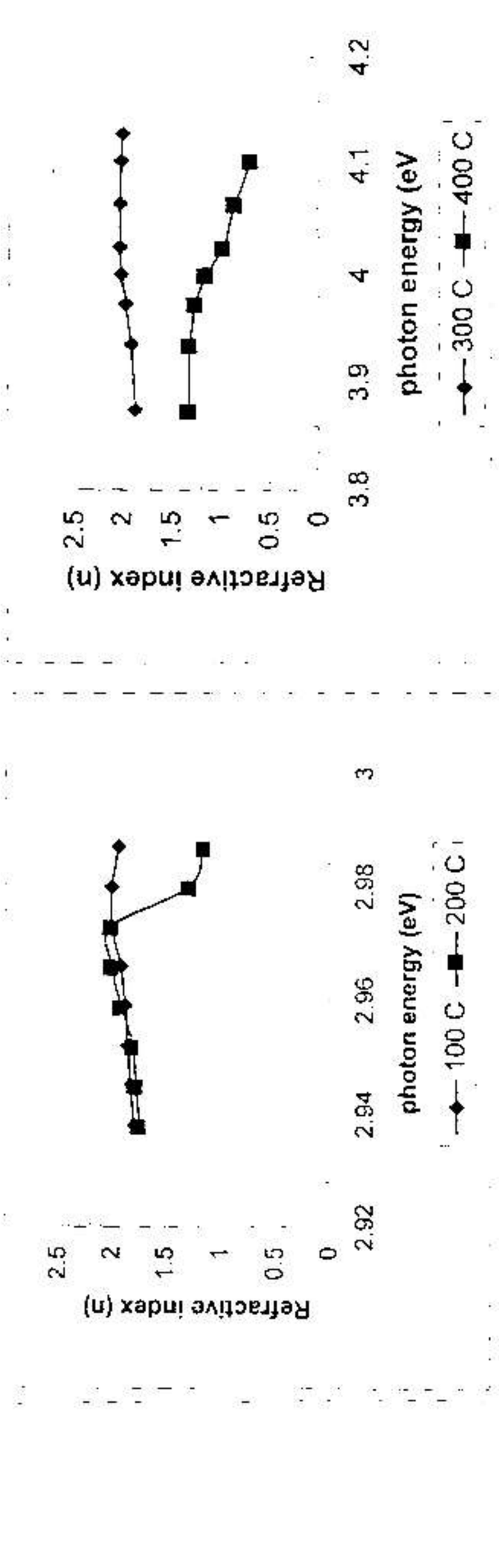




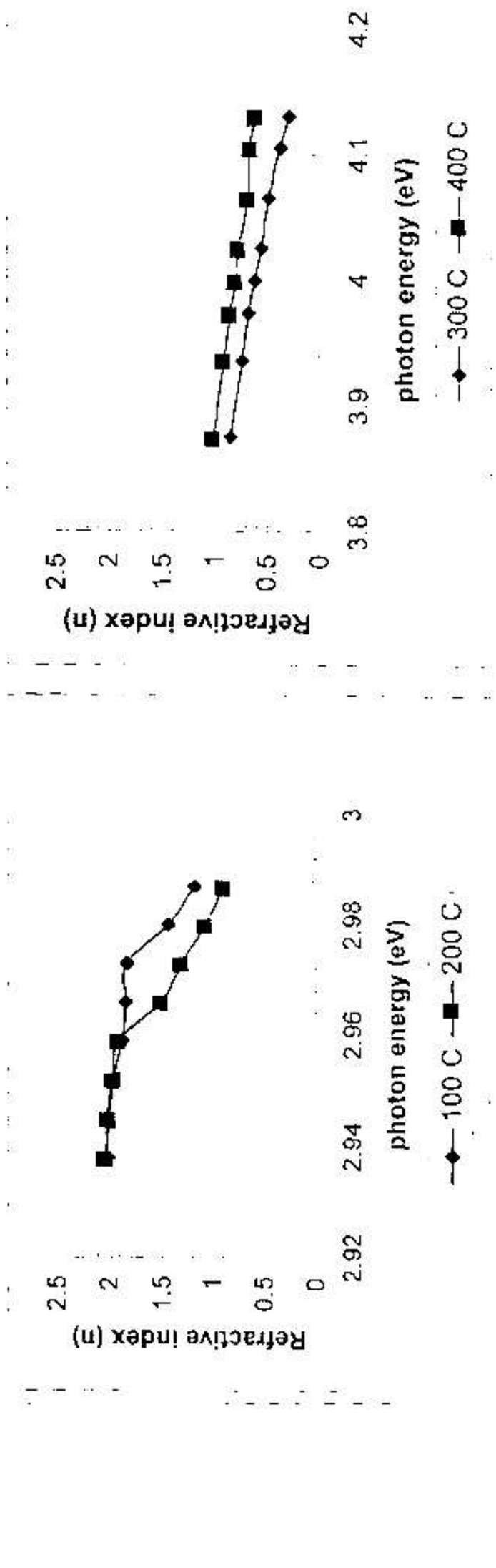
شكل (11): يوضح تغير معامل الانعكاس كدالة للطول الموجي لغشاء من مادة CuBr و بسمك 800 nm



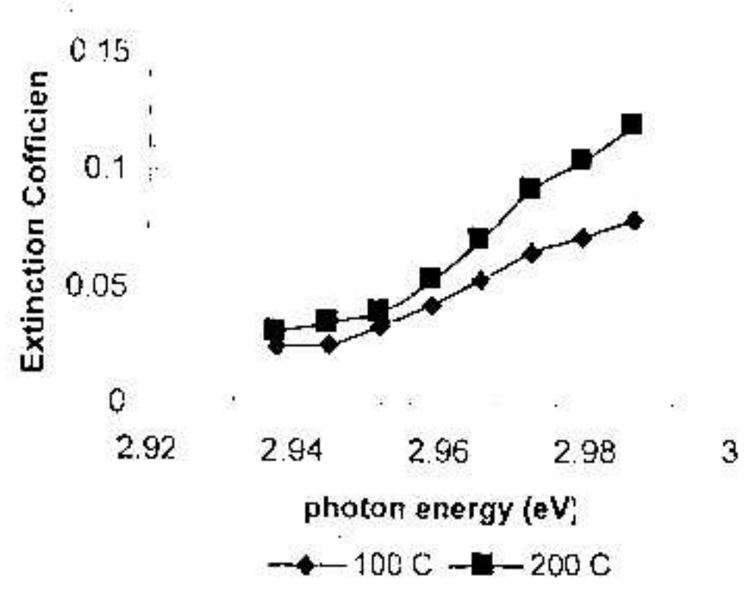
شكل (12): يوضح علاقة معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لغشاء من مادة CuBr و بسمك 350 nm

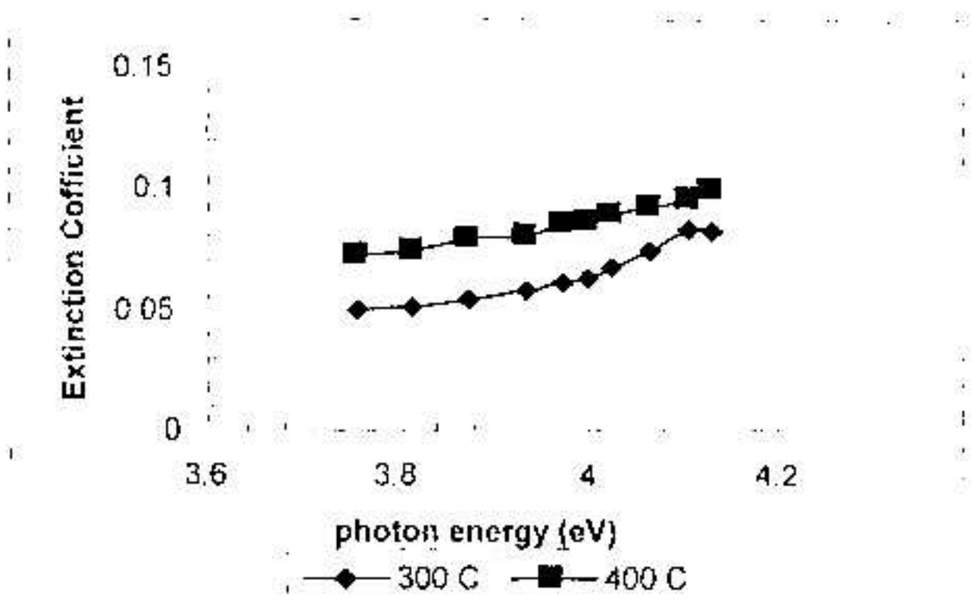


شكل (13): يوضح علاقة معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لغشاء من مادة CuBr وسمك 600 nm

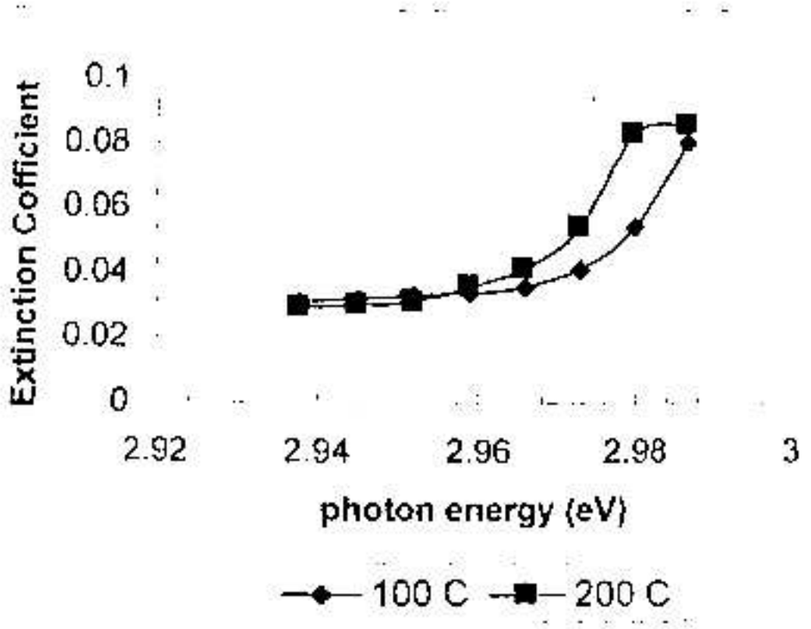


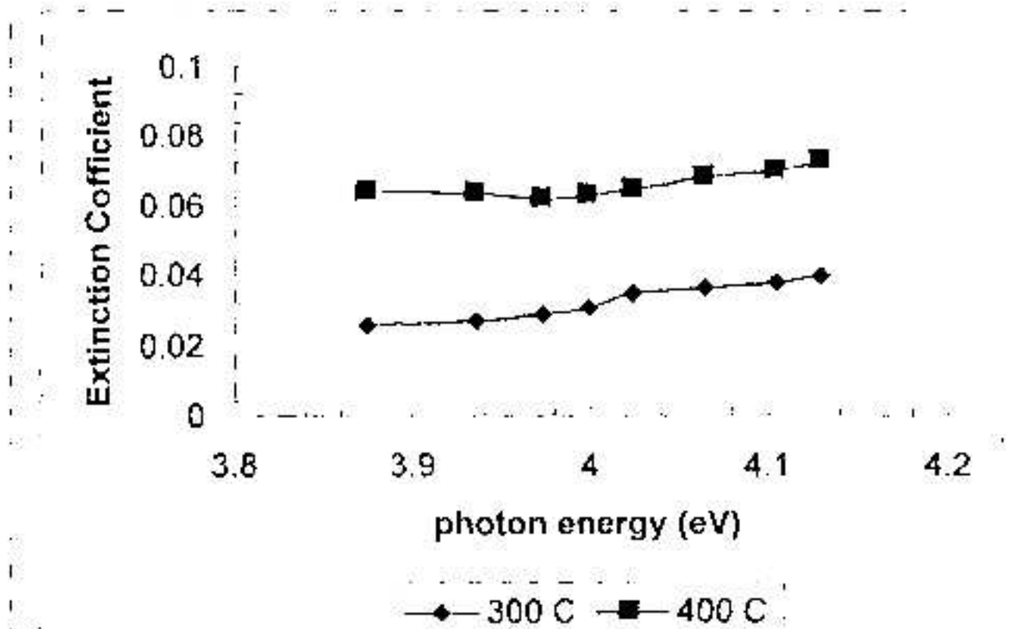
شكل (14): يوضح علاقة معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لغشاء من مادة CuBr وسمك 800 nm



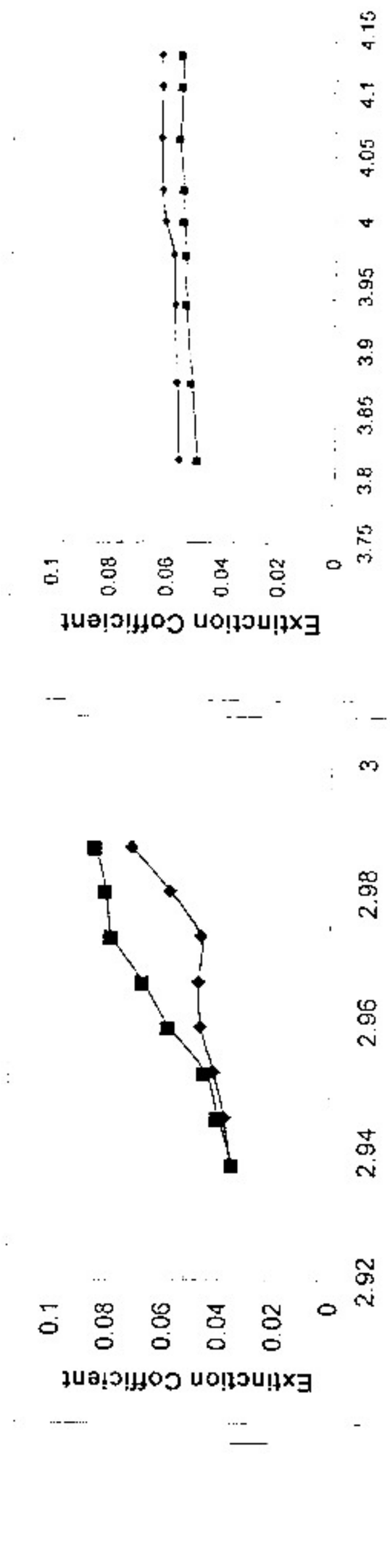


شكل (15): علاقة تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لغشاء من مادة CuBr و بسمك 350 nm





شكل (16):علاقة تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لغشاء من مادة CuBr و بسمك 600 nm



شكل (17) : علاقة تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لغشاء من CuBr بسمك 800 nm

A Study of the Optical Properties of CuBr Thin Film

Z.T.Al-Dahan,M.C.Abdulrida*, Z.T.Al-Ani
Ministry of Sciences and Technology
***Department of Physics , College of Education Ibn Al-Haitham , University of Baghdad**

Abstract

In this paper we have studied the optical properties of CuBr thin films. Different sample thicknesses have been prepared by using thermal evaporation technique with 14.4 nm/sec as the average deposition rate and 100°C as the substrate temperature.