

دراسة الخواص الكهربائية للأغشية

الرقيقة  $CuIn (Se_x Te_{1-x})_2$

*A study of electrical properties of  
CuIn (Se<sub>x</sub> Te<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub> thin flims*

د. صباح انور سلمان  
كلية العلوم / جامعة ديالى  
قسم علوم الفيزياء

جاسم محمد منصور  
كلية العلوم / جامعة ديالى  
قسم علوم الفيزياء

الخلاصة

اجريت قياسات المقاومة الكهربائية ( Resistivity ) لأغشية  $CuIn (Se_x Te_{1-x})_2$  الرقيقة والمحضرة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ ( Vacuum thermal evaporation ) بسمك قدره  $(250 \pm 25 \text{ nm})$  ضمن مدى حراري من  $(293 \text{ K})$  الى  $(423 \text{ K})$  للعينات كما تم ترسيبها وللعينات التي خضعت الى عملية التلدين ( Annealing ) عند درجات الحرارة  $(373 \text{ K})$  و  $(423 \text{ K})$  لمدة ساعة بوجود الفراغ  $(10^{-6})$  تور.

وحسبت طاقات التنشيط لهذه الاغشية قبل التلدين وبعده .

Abstract ◉

It had been measure the resistivity for  $CuIn (Se_x Te_{1-x})_2$  thin flims which preparation in vacuum thermal evaporation at thickness  $(250 \pm 25 \text{ nm})$  between  $(293 \text{ K})$  to  $(423 \text{ K})$  for deposited sample and for the sample after annealing in temperature  $(273 \text{ K})$  and  $(423 \text{ K})$  for one

hour in vacuum (  $10^{-6}$  torr ) . It had been measure the activation energy for these flims before and after annealing .

## Introduction المقدمة (1)

ان المركب  $\text{CuIn} (\text{Se}_x \text{Te}_{1-x})_2$  هو احد مركبات المجموعة I-III-VI<sub>2</sub> الشبه موصله. وهو من المركبات المتبلورة على هيئة تركيب الجالكوبيرايت (chalcopyrite)<sup>[1]</sup>.

تعد الاغشية الرقيق المحضرة من المركب  $\text{CuIn} (\text{Se}_x \text{Te}_{1-x})_2$  ذات اهمية كبيرة لملائمة خواصها البصرية والكهربائية لحقل الخلايا الشمسية حيث استخدمت بشكل مكثف في مجال ابحاث الخلايا الشمسية<sup>[2]</sup> ( Heterojunction photovoltaic cells ) بالاضافة الى ذلك تستخدم هذه الاغشية في تطبيقات الالكترونيات الضوئية (photoelectronics) كاستخدامها كدايودات باعثة للضوء ( Light emission diodes ) (L.E.D)<sup>[1,3]</sup>.

## Experimental procedures الجانب العملي (2)

اجريت عملية تبخير اغشية  $\text{CuIn} (\text{Se}_x \text{Te}_{1-x})_2$  الرقيقة عند قيم (  $x = 0.4, 0.6$  ) باستخدام طريقة التبخير الحراري في الفراغ ( Vacuum thermal evaporation ) حيث تم تبخير مسحوق المركب  $\text{CuIn} (\text{Se}_x \text{Te}_{1-x})_2$  المتعدد التبلور باستخدام حويض موليبدنوم (Mo). لقد تم تحضير المسحوق بوساطة مزج نسب ذرية معينة من عناصر النحاس (Cu) والاندنيوم (In) والسلينيوم (Se) اضافة الى التليريوم (Te) حيث كانت هذه العناصر نقية بدرجة ( 99.999 % ) وبموجب قيمة (x) امكن تحديد وزن الخليط ومن ثم

وزن كل من العناصر الاربعة اعلاه ثم تم وضع العناصر في انبوبة من زجاج الكوراتز (Quartz) مفرغة من الهواء.

ثم وضعت هذه الانبوبة داخل فرن كهربائي انبوبي عند درجة حرارة (1373K) لمدة (24) ساعة<sup>[2]</sup> ، ثم اجريت عملية تبريد للانبوبة تدريجيا الى درجة حرارة الغرفة (R.T).

### (3) النتائج والمناقشة Results and discussion

تم اجراء القياسات الكهربائية لأغشية  $CuIn (Se_x Te_{1-x})_2$  الرقيقة والتي تتضمن قياس المقاومة (p) (conductivity) خلال مدىات حرارية من درجة حرارة الغرفة (R.T) الى درجة K (423) والتي من خلالها تم حساب طاقات التنشيط باستخدام المعادلة الاتية:

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-E_a/k_a T) \dots \dots \dots (1)$$

حيث  $\sigma$  :التوصيلية (Conductivity) ،  $\sigma_0$  : التوصيلية المعدنية الصغرى .  
 $E_a$  : طاقة التنشيط ،  $k_a$  : ثابت بولتزمان.  
T:درجة الحرارة.

توضح الاشكال من (1) الى (6) ميكانيكية الانتقال الالكتروني وطاقات التنشيط لأغشية  $CuIn (Se_x Te_{1-x})_2$  الرقيقة قبل التلدين وبعده عند درجات الحرارة ( 373K ) و(423K) لمدة ساعة . نلاحظ من خلال الاشكال وجود آليات للانتقال الالكتروني الاولى هي عند درجات الحرارة الواطنة والتي عندها تم حساب طاقة التنشيط الاولى (  $E_{a1}$  ) حيث يكون التوصيل هنا بطريقة القفز أو الانتفاق ( Tunneling ) بين مستويات الموضعية داخل فجوة الطاقة الممنوعة واما الية الانتقال الالكتروني الثانية فكانت عند درجات

الحرارة العالية نسبيا والتي عندها تم حساب طاقة التنشيط الثانية ( $E_{a2}$ ) حيث ان التوصيل هنا يكون القفز او التهيج الحراري (Thermal exictation) <sup>[5,4]</sup> .

الجدول (1) يوضح ملخص التوصيلية الكهربائية وطاقت التنشيط لأغشية CuIn ( $Se_{0.6}Te_{0.4}$ )<sub>2</sub> و ( $Se_{0.4}Te_{0.6}$ )<sub>2</sub> الرقيقة قبل التلدين وبعده .

Sample	Annealing Temperature	D.C Electrical Conductivity at (R.T) $\sigma_{d.c} (\Omega cm)^{-1}$	D.C Electrical Conductivity at (423K) $\sigma_{d.c} (\Omega cm)^{-1}$	Activation Energy $E_{a1}$ (eV)	Activation Energy $E_{a2}$ (eV)
CuIn ( $Se_{0.4}Te_{0.6}$ ) <sub>2</sub>	B.A(R.T)	$6.73 \times 10^{-3}$	$3.05 \times 10^{-2}$	0.079	0.495
	A.A at (373K)	$3.93 \times 10^{-4}$	$2.67 \times 10^{-2}$	0.105	0.536
	A.A at (423K)	$3.35 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-2}$	0.208	0.655
CuIn ( $Se_{0.6}Te_{0.4}$ ) <sub>2</sub>	B.A(R.T)	$2.3 \times 10^{-5}$	$2.22 \times 10^{-3}$	0.072	0.580
	A.A at (373K)	$1.67 \times 10^{-5}$	$1.83 \times 10^{-3}$	0.151	0.721
	A.A at (423K)	$6.1 \times 10^{-6}$	$1.01 \times 10^{-3}$	0.171	0.858

جدول (1)

B.A => Before annealing

A.A => After annealing

D.C => Direct current

يتضح لنا من خلال الجدول نقصان التوصيلية الكهربائية لهذه الاغشية مع ازدياد

طاقة التنشيط الاولى والثانية بزيادة درجة حرارة التلدين وقد يعزى سبب ذلك الى ان

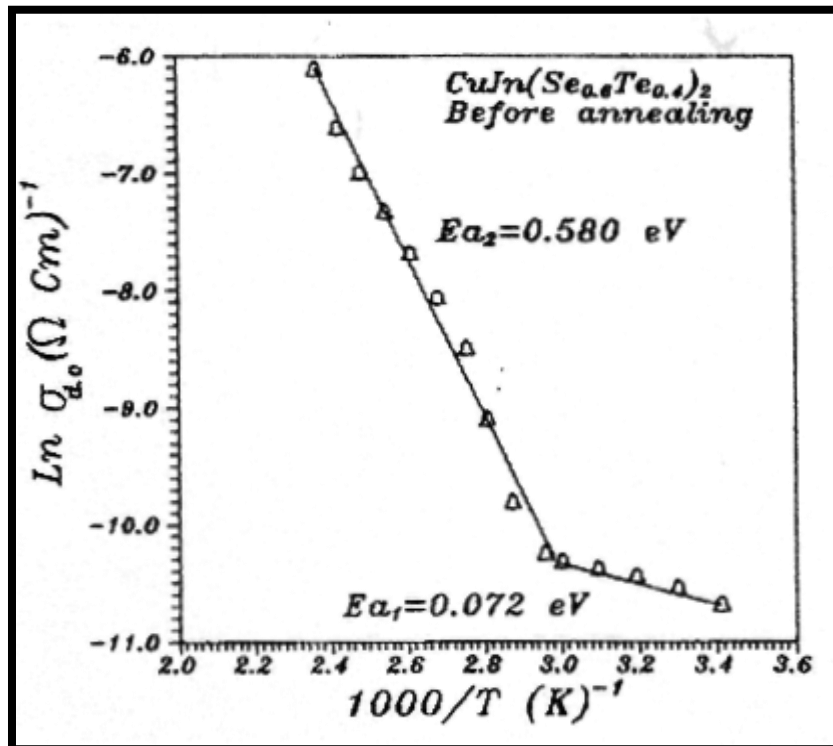
عملية التلدين تؤدي الى زيادة انتظام الذرات في التركيب البلوري بشكل او بأخر والذي بدوره قلل من المستويات الموضعية عند حافة الحزم أو زيادة فجوة الطاقة فيؤدي الى زيادة الطاقة التي تحتاجها حاملات الشحنة للانتقال الى حزمة التوصيل وبذلك تقل التوصيلية وتزداد طاقات التنشيط الاولى والثانية لاغشية  $\text{CuIn (Se}_x \text{Te}_{1-x})_2$  الرقيقة بزيادة درجة حرارة التلدين.

ونلاحظ أيضا من خلال الجدول السابق بأن التوصيلية الكهربائية تقل بزيادة نسبة السلينيوم في الاغشية وللحالتين قبل التلدين وبعده ويتفق ذلك مع زيادة فجوة الطاقة البصرية الممنوعة بسبب نقصان كثافة المستويات أو الحالات الموضعية داخل الفجوة ، مما يؤدي الى حاجة حاملات الشحنة الموجودة في حزمة التكافؤ الى طاقة كبيرة لعبور فجوة الطاقة ووصولها الى حزمة التوصيل ولهذا فإن قيم طاقات التنشيط الثانية تزداد بزيادة نسبة السلينيوم في الاغشية وللحالتين قبل التلدين وبعده .

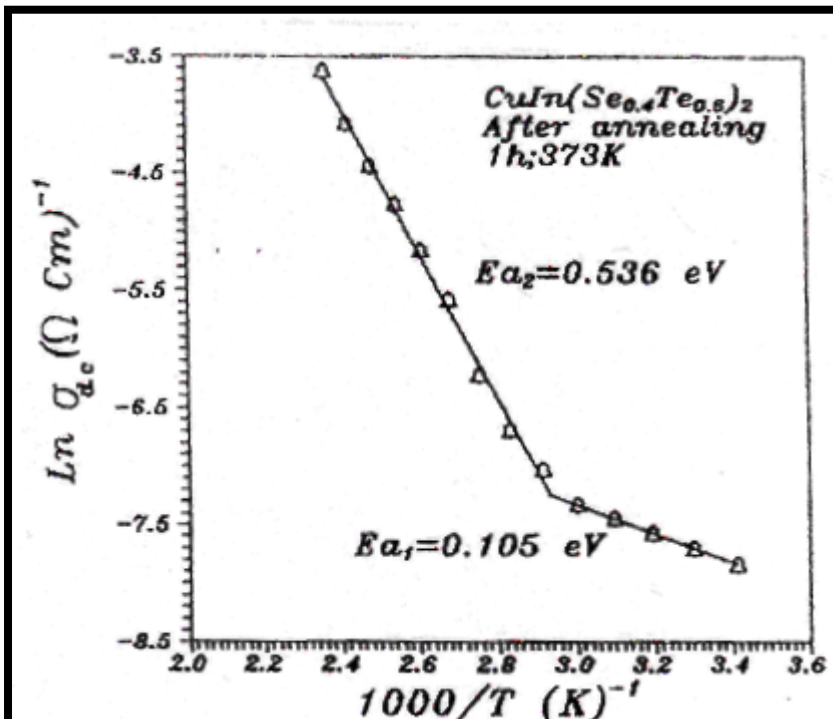
#### (4) الاستنتاجات Conclusions

1. ازدياد التوصيلية الكهربائية المستمرة لاغشية  $\text{CuIn (Se}_x \text{Te}_{1-x})_2$  الرقيقة كافة بزيادة درجة الحرارة وهذه ميزة من مميزات اشباه الموصلات حيث يزداد تركيز حاملات الشحنة بأزدياد درجة الحرارة.
2. لوحظ بوضوح وجود اليتين للانتقال الالكتروني احدهما عند درجات الحرارة الواطئة نسبيا والاخرى عند درجات الحرارة العالية نسبيا للعينات التي لم تلدن وتلك التي تم تلدينها.
3. انخفاض التوصيلية للاغشية مصاحبا لذلك ازدياد طاقة التنشيط الثانية بزيادة نسبة السلينيوم في الاغشية وللحالتين قبل التلدين وبعده. بالاضافة الى انخفاض

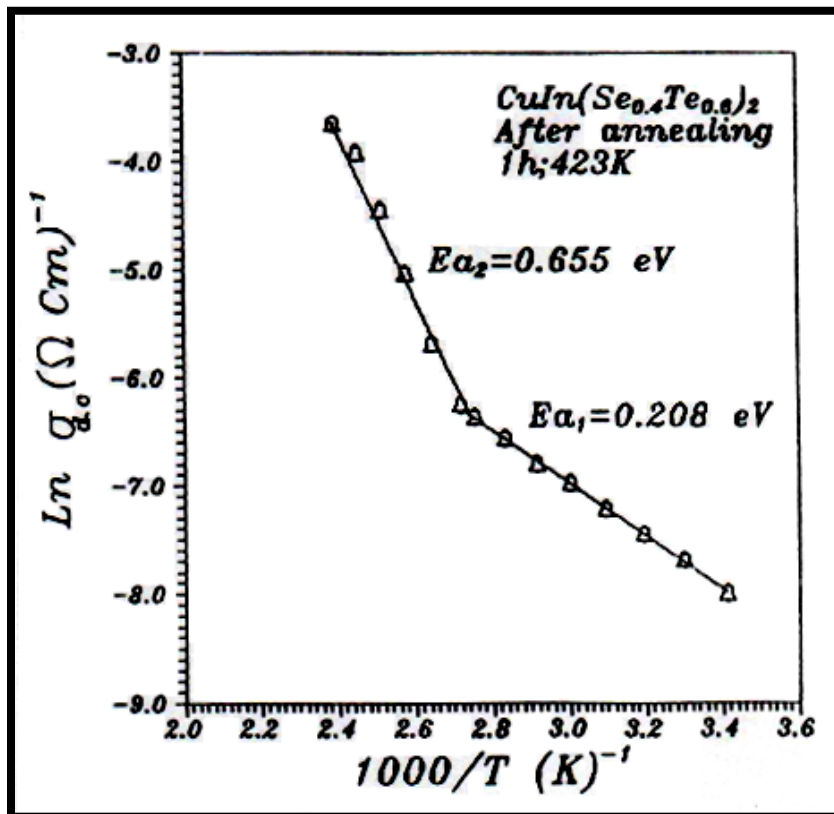
التوصيلية الكهربائية للاغشية كافة مصاحبا ذلك ازدياد طاقة التنشيط الاولى والثانية بزيادة درجة حرارة التلدين.



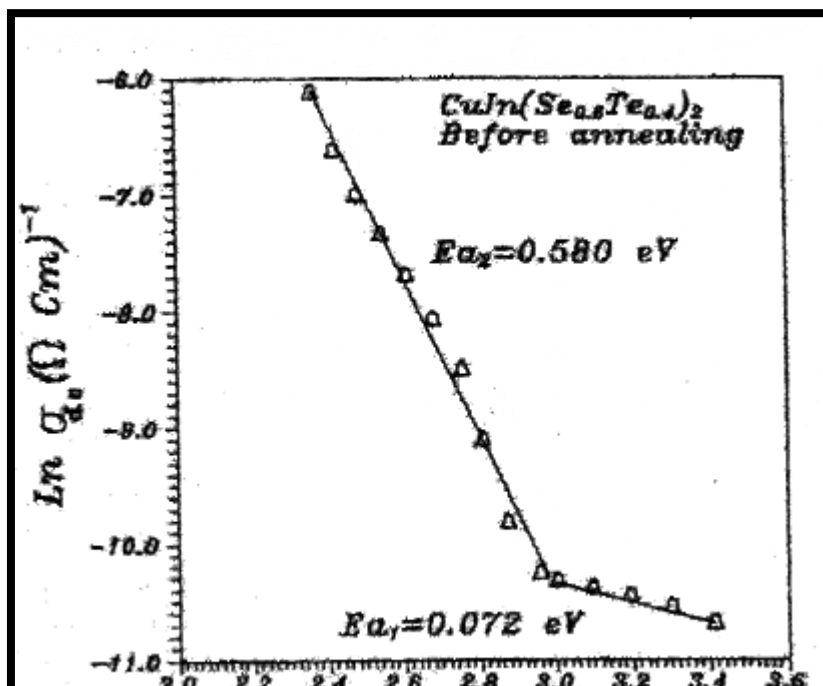
شكل رقم (1)



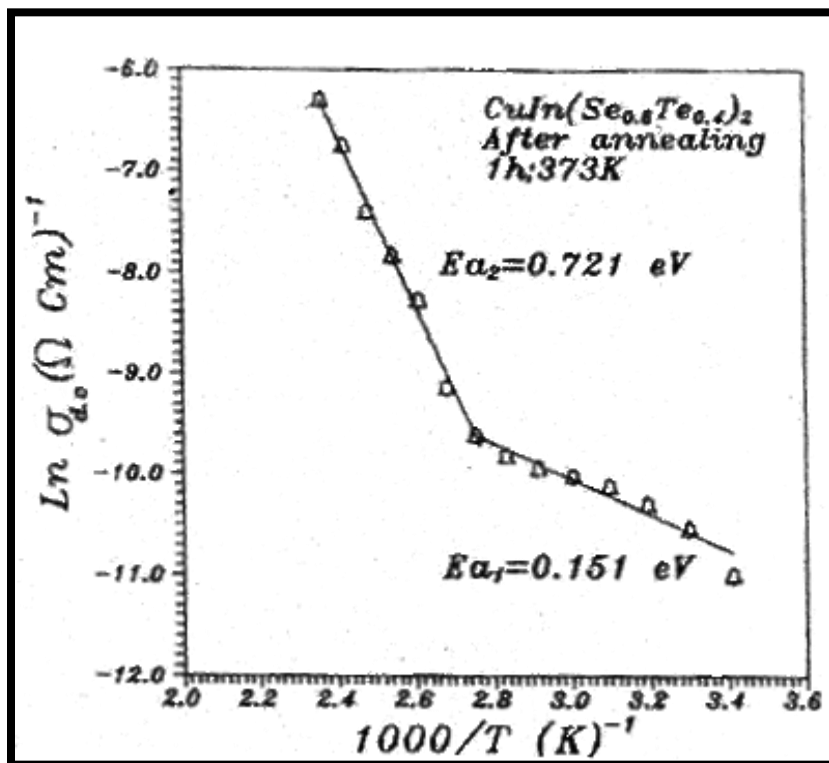
شکل رقم (2)



شکل رقم (3)

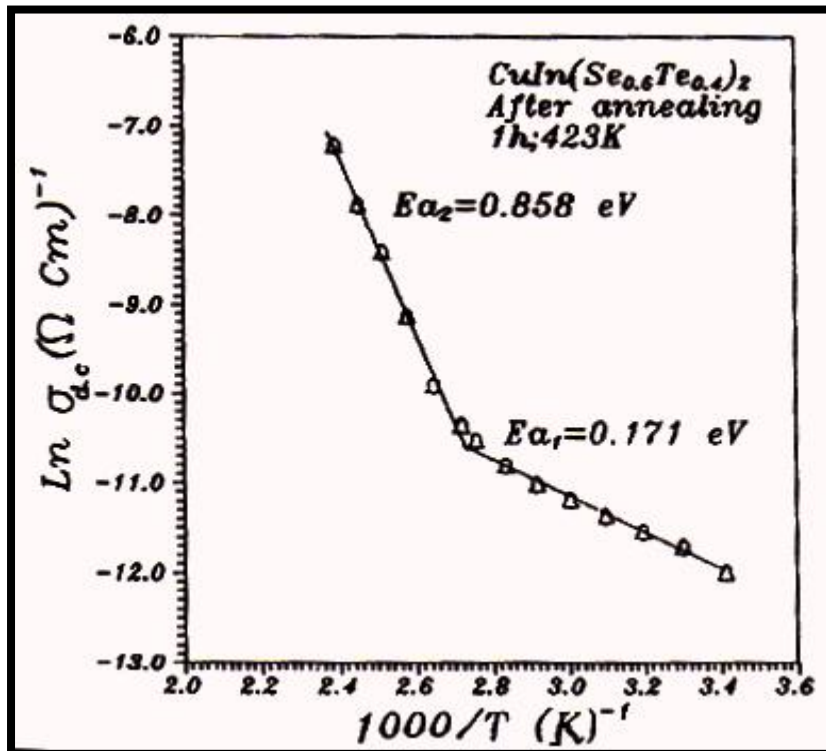


شكل رقم (4)



شكل رقم (5)





شكل رقم (6)

## References

1. M.Leon "Preparation and some semiconducting properties of  $\text{CuIn}(\text{Se}_x\text{Te}_{1-x})_2$  thin flims grown by triode sputtering " Eighth E.C photovoltaic solar energy conference. Proceedings of the international conference, helt at Florence, Italy, 9-13 May , Vol.2, (1988),P.1077.
- 2.R.Diaz "Preparation and some semiconducting properties of  $\text{CuIn}(\text{Se}_x\text{Te}_{1-x})_2$  thin flims grown by thermal evaporation" Eighth E.C photovoltaic solar energy conference. Proceedings of the international conference, helt at Florence, Italy, 9-13 May , Vol.2, (1988), P.1075.

3. F.Rueda "composition effects in flash evaporated of  $\text{CuIn}(\text{Se}_x\text{Te}_{1-x})_2$  thin flims" J. Vac.Sci. Technol. A12(60), Nov/Dec, (1994), P.3082.

4.N.F.Mott and E.A.Davis "Electronic processes in non-crystalline materials", (Clarendon press, Oxford), (1971).

5.M.A.omer "Elementry solid state physics, principle and application" (1975).