Electrical and Photovoltaic Properties of Copper Gallium Sulfide ($CuGaS_2$) Thin Films

F. S. BAHABRI
Faculty of Girls College, Jeddah, Saudi Arabia.

ABSTRACT. Electrical resistivety ρ in the dark, had measured as a function of temperature, and the result showed a semiconductor behavior with activation energy at ΔE_1 =.674 eV, which snggests an intrinsic transition of the semiconductor, while the other activation energy ΔE_2=1.78 eV, suggests an extrinsic transition semicnnductor, Cross the band gap $Eg^{elect} = 2\Delta E$ equal to 2.454 eV.

This value was iu good agreement with many other researches where the optical energy gap is Eg^{opt} =2.42 eV, which we measured in this work.

Through out the investigatiou of the current-voltage (I–V) characteristic of the (Au/$CuGaS_2$/Si/Al) hetero junction. The series resistance, shunt resistance and the most parameters at this study (p-n junction parameters) were listed in tables (1-1) & (1-2) & (1-3) respectively. Also the study covered the capacity-voltage (C-V) characteristics for the p-n junction. This solar cell shows some important results from current-voltage curves under illumination, which shows some importance in conversion of effieiency and sought for similar junctions, these parameters were :

η = 1.4 %	η = 1.15 %
FF = 0.47	FF = 0.48
I_{sc} = 95 μ Amp	I_{sc} = 77 μ Amp
V_{oc} = 0.4 volt	V_{oc} = 0 .35 volt

The analysis of C-V characteristics of p- $CuGaS_2$ / n- Si :-

Hetero junction makes it possible to determine :

1) The capacity of the junction with the voltage.
2) The width of the depletion regiou.
3) The huilt in voltage.

[8] **Miyazaki, T., Shirakata, S.** and **Isomura, S.** *Jpn. J. Appl. Phys.*, **30,** L1850 (1991).
[9] **Oueriagli, A., Kassi, H., Hotchandani, S.** and **Leblanc, R.M.** *J. Appl. Phys.*, **1,** 5523 (1992).
[10] **Shay, J.L., Bridenbaough, P.M., TellM B.** and **Kasper, H.M.** *J. Luminescence,* **6,** 140 (1973).
[11] **Shay, J.L.** and **Wernick, J.H.** *Ternary Chalcopyrite Semiconductors; Growth, Electronic Properties and Applications* (Pergamon Press, Oxford) P. 118 (1975).
[12] **Shirakata, S., Saiki, K.** and **Isomura, H.** *J. Appl. Phys.*, **68,** 291 (1990).
[13] **Song, H.J., Park, K.D., Park, T.Y.** and **Park** *J. Korean. Phys. Soc.*, **79,** 82 p. 4 (2000).
[14] **Tanakaa, K., Uchikia, H., Iidaa, S., Terasakob, T.** and **Shirakatob, S.** *Solid State Communications,* **114,** 197-201 (2000).
[15] **Tell, B., Shay, J.L.** and **Kasber, H.M.** *Phys. Rev.*, **B4,** 2463 (1971).
[16] **Teranishi, T., Saton, K.** and **Kondo, K.** *J. Phys. Soc. Japan.*, **36,** 1618 (1974).
[17] **Yamamoto, N.** and **Miyauchi, T.** *Japan. Appl. Phys.*, **11,** 1383 (1972).
[18] **Yamamoto, N., Tohge, N.** and **Miyauchi, T.** *J. Appl. Phys.*, **Vol.14,** No.2, 192 (1975).

(ب) دراسة الوصلة الثنائية المكونة من السيليكون من النوع n عليه مادة من المركب $CuGaS_2$ من النوع p ودراسة خصائصها كخلية شمسية :

تمت دراسة منحنيات (التيار-جهد) و (السعة-جهد) للوصلات الثنائية غير المتجانسة من شرائح من المركب p-$CuGaS_2$ على سيليكون من النوع n ، وذلك لاستنتاج بارامترات الوصلة والتي تحدد أدائها وكانت على النحو التالي:

مقاومة التسلسل	R_s=1250 Ω
مقاومة التجزئة	R_{sh}=3.7x10^5 Ω
عامل التقويم	RR=1x10^2 Ω
ارتفاع حاجز الجهد	Φ_b=0.1 volt

تم دراسة الخلية الشمسية لهذه الوصلات غير المتجانسة وكانت بالقيم الآتية:

جهد الدائرة المفتوحة	V_{oc}=0.35 vol
تيار دائرة القصر	I_{sc}=77 μA
أقصى قيمة للتيار " القيمة العظمى"	I_m=65 μA
أقصى قيمة للجهد " القيمة العظمى"	V_m=0.2 volt
عامل الامتلاء	FF=0.482

وبالتالي تم استنتاج كفاءة الخلية وكانت تساوي η= 1.15 % ، وهذه النتيجة تم التوصل إليها ولم نستطع تأكيد قيمتها إن كانت مناسبة أم لا لعدم وجود أبحاث في هذا الخصوص.

المراجع References

[1] **Antohe, S., Tomozeiu, N.** and **Gognea, S.** *Phys. Stat. Sol.* **(a) 125,** 397 (1991).

[2] **Botha, J.R., Branch, M.S., Chowles, A.G., Leitch, A.W.** and **Weber, J.** *Physica,* **B 308-310,** 1065-1068 (2001).

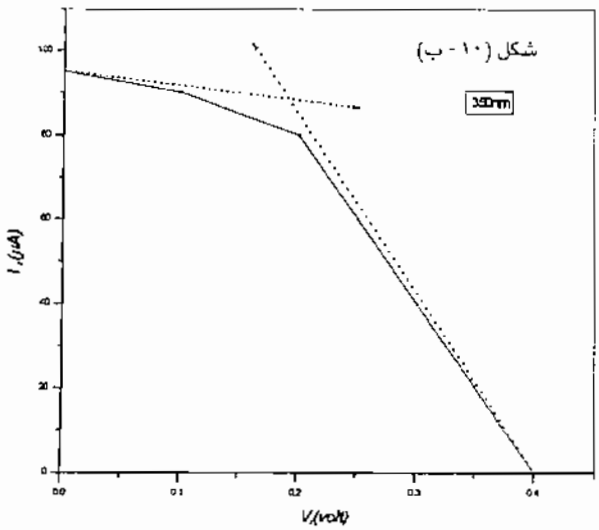
[3] **Emziane, M., Bernede, J.C., Ouerfelli, J., Essaidi, H.** and **Barreau, A.** *J. Phys. Chem.liq,* **Vol. 3** , 5 (1999).

[4] **Horinaka, H., a a o o, .** and **Miyauchi, T.** *Jpn. J. Appl. Phys.,* **1** , 521 (1978).

[5] **Kutzer, V., Lummer, B., Heitz, R., Hoffmann, A., Broser, I., Kurtz, E.,** and **Hommel, D.** *J. Cryst. Growth,* **159,** 776 (1996).

[6] **Loutfy, R.O., Sharp, J.H., Hsiao, C.K.** and **Ho, R.** *J. Appl. Phys.,* **52,** 898 (1981).

[7] **Masse, G.** *J. Appl. Phys.,* **58,** 930 (1985).



شكل (١٠– ب) : العلاقة بين التيار – جهد للوصلة الثنائية في حالة الإضاءة للسمك ٣٥٠ نانومتر.

الاستنتاجـــــــات

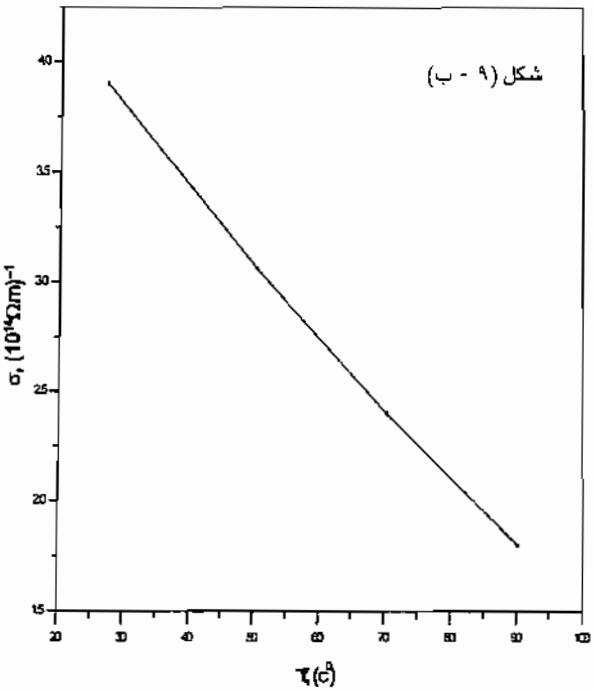
(أ) الخصائص الكهربية الانتقالية :

١– أوضحت قياسات المقاومة النوعية الكهربية ρ في حالة الإظلام اعتمادها على سمك الشرائح الرقيقة حيث تتناقص المقاومة النوعية الكهربية ρ مع زيادة السمك ، لسمك 122 و350 نانومتر، وهذا يعود إلى تزايد الحجم الحبيبي للتبلورات وهذا ما أكدته دراسة التركيب البلوري.

٢– دراسة المقاومة النوعية الكهربية ρ كدالة مع مقلوب درجة حرارة العينات، أعطت خطين مستقيمين مختلفين في الميل ، و هذا هو السلوك الطبيعي لأشباه الموصلات ،و من ميل هذه الخطوط المستقيمة ، أمكن استنتاج طاقتي التنشيط الحراري ΔE_1 و ΔE_2 و عند درجات الحرارة العالية نسبياً وجد أن قيمة:

$$\Delta E_1 = 0.674 \text{ eV} \qquad \Delta E_2 = 1.78 \text{ eV}$$

والتوصيل في هذا المدى لدرجات الحرارة يؤكد أن هناك توصيلاً ذاتياً و آخر غير ذاتي و بفجوة طاقة كهربية $E_g = 2\ \Delta E$ ، و هذه القيمة المستنتجة لفجوة الطاقة الكهربية تساوي 2.454 إلكترون فولت تتفق مع القيم المستنتجة في الأبحاث السابقة [2, 3, 13, 14].

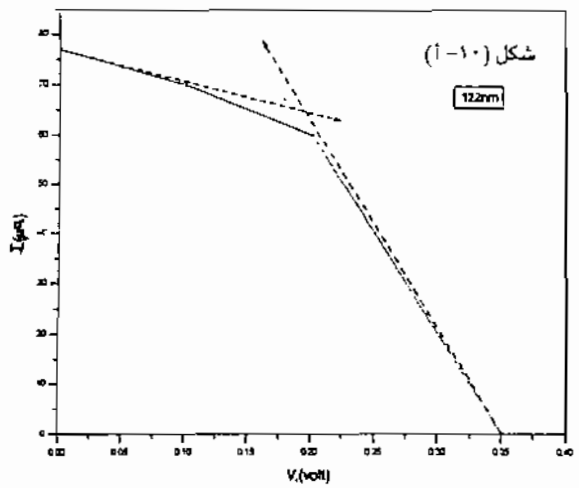


شكل (٩- ب): العلاقة بين الموصلية σ مع درجة الحرارة t للسمك ٣٥٠ نانومتر.

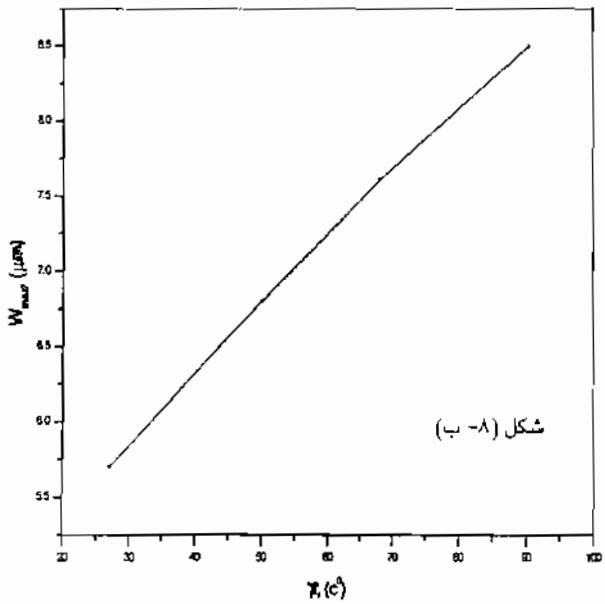
٧. الوصلة الثنائية p-CuGaS$_2$ /n-Si كخلية شمسية p-CuGaS$_2$ /n-Si as a solar cell :

تم قياس منحنيات (التيار – جهد) تحت تأثير الضوء لاستنتاج بارامترات الخلية الشمسية وكنموذج لما تم استخراجه من نتائج فإن الوصلة الثنائية من النظـــام p-CuGaS$_2$ /n-Si ولـــسمك يساوي (350, 122) نانومتر ، عينت لها بارامترات الوصلة الثنائية كما هو مدون بالجدول (٣).

والشكلان (١٠-أ ، ب) يوضحان منحنى (التيار – جهد) للوصلة سابقة الـــذكر . ومـــن المنحنى يمكن استنتاج بارامترات الخلية الشمسية .



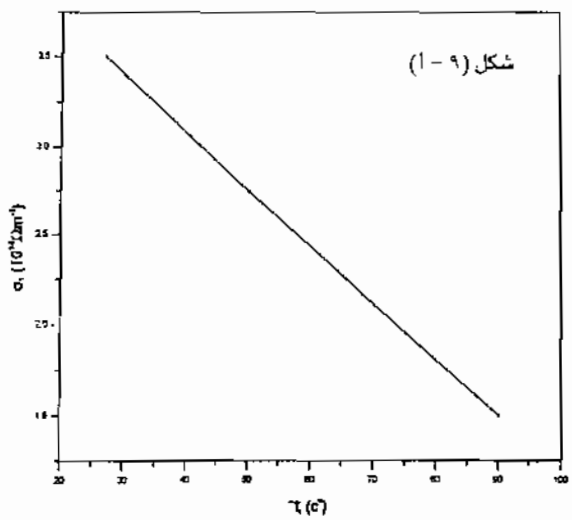
شكل (١٠- أ) : العلاقة بين التيار – جهد للوصلة الثنائية في حالة الإضاءة للسمك ١٢٢ نانومتر.



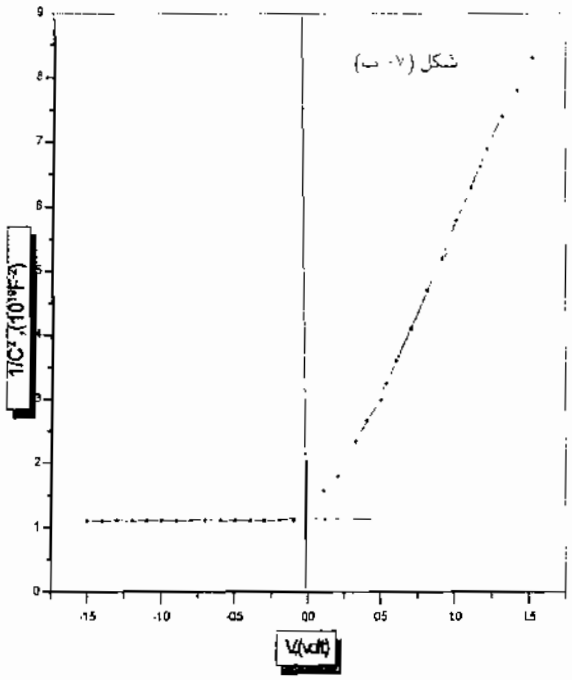
شكل (٨– ب) : العلاقة بين اتساع منطقة الإستنزاف W مع درجة الحرارة t للسمك ٣٥٠ نانومتر.

٦. الموصلية الكهربائية للوصلة الثنائية Electrical Conductivity of the Junction :

تم رسم العلاقة بين الموصلية الكهربائية σ بوحدات ($\Omega\ m^{-1}$)، مع درجات الحرارة المختلفة من درجة حرارة الغرفة وحتى ٩٠ درجة سيليزية لعينتين ذات سمك ١٢٢ نانومتر وأخرى ذات سمك ٣٥٠ نانومتر واتضح من الشكلين (٩– أ ، ب) أن هناك علاقة خطية تناقصية ما بين الموصلية ودرجات الحرارة حيث تقل الموصلية بارتفاع درجة الحرارة ونلاحظ أنها تعتمد على السمك فيتضح أن قيمة الموصلية تزداد بزيادة سمك الشرائح الرقيقة . ولكنها كما يتضح فإنها تسلك سلوكاً مشابهاً لأشباه المعادنٍ Semi metals حيث أن التناسب تناسباً عكسياً ما بين الموصلية الكهربائية ودرجات الحرارة .



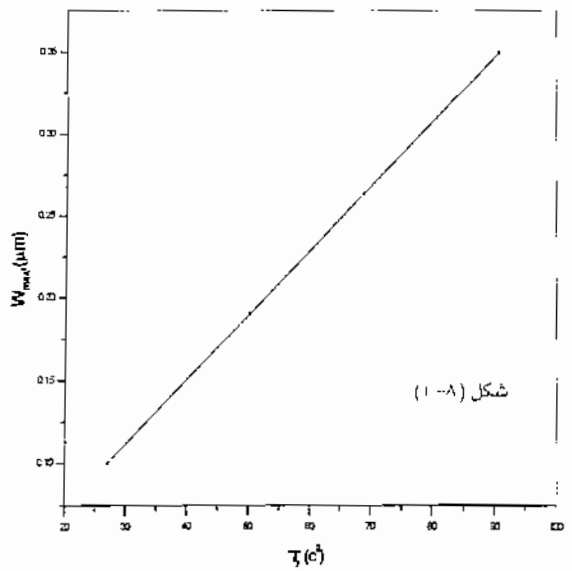
شكل (٩– أ) : العلاقة بين الموصلية σ مع درجة الحرارة t للسمك ١٢٢ نانومتر.



شكل (٧- ب) : منحنيات السعة – جهد المميزة للوصلات الثنائية للسمك ٣٥٠ نانومتر.

٥. عرض منطقة الاستنزاف Width of Depletion Region :

لتعيين عرض منطقة الاستنزاف W_{max} وتغيرها مع درجة الحرارة ، فإنه يمكن تعيينها من خلال الخواص المميزة (للسعة – جهد)، (C-V) للوصلة غير المتجانسة n-Si /p-$CuGaS_2$ حيث يمكن تحديد عرض منطقة الاستنزاف عند درجات حرارة مختلفة تتروح من 20- 100 درجة سيليزية والأشكال (٨ – أ ، ب) توضح العلاقة الخطية بين عرض منطقة الاستنزاف W_{max} بوحدات (الميكرومتر) مع درجات الحرارة بالدرجات السيليزية .



شكل (٨- أ) : العلاقة بين اتساع منطقة الإستنزاف W مع درجة الحرارة T للسمك ١٢٢ نانومتر.

٤. منحنيات(السعة – جهد)المميزة "C – V" Characteristics Curves :

علاقة (السعة – جهد) للوصلات الثنائية غير المتجانسة H_j يستخدم " تقريب منطقة الاستنزاف Depletion region على فرض أن سعة الوصلة يمكن اعتبارها كمتسلسلة لكل جانب من جوانب الوصلة الثنائية غير المتجانسة، ويعبر عن السعة الكلية لكل وحدة مساحة بالعلاقة :

$$C^2 = \frac{qN_1N_2\varepsilon_1\varepsilon_2 (V_b-V)^{-1}}{2(\varepsilon_1N_1+\varepsilon_2N_2)}$$

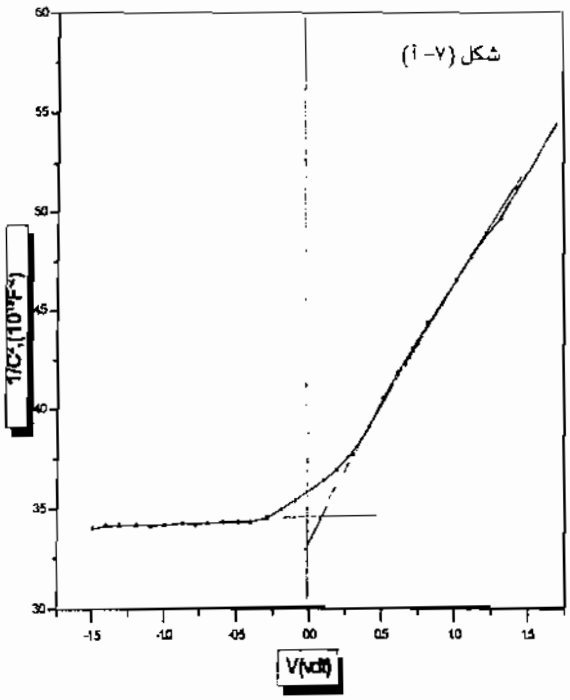
حيث : q شحنة الإلكترون ، و N_1 ، N_2 تركيز حاملات الشحنة الحرة في المادة (١) والمادة (٢) على الترتيب . و ε_1 ، ε_2 النفاذية الكهربائية في المادة (١) والمادة (٢) على الترتيب. V الجهد المستخدم، V_b جهد البناء الداخلي Built in voltage .

وبرسم العلاقة بين $1/c^2$ مع V يعطي الجزء المقطوع من المحور V قيمة جهد البناء الداخلي V_b والمدونة بالجدول (٢) .

$$1/C^2 = \frac{2 (V_b - V)}{Q\varepsilon_2N_2A^2}$$

$$V_b=V_{b1}+V_{b2}$$

ومركبات جهد البناء الداخلي خلال شبهي الموصل .يوضحها الشكلان (٧ – أ ، ب) .

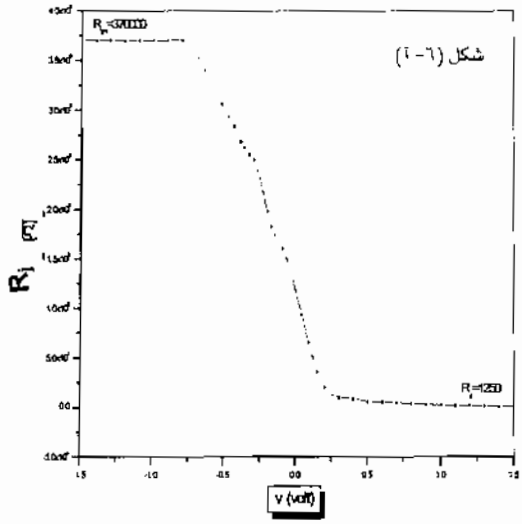


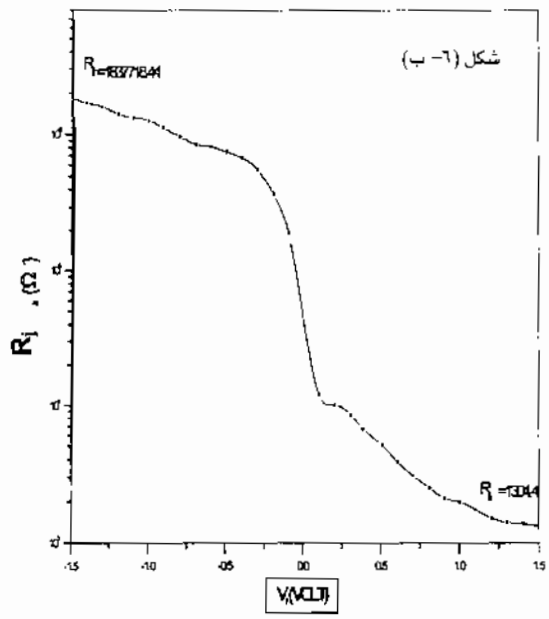
شكل (٧– أ) : منحنيات السعة – جهد المميزة للوصلات الثنائية للسمك ١٢٢ نانومتر.

R_{sh} , R_s عن طريق رسم العلاقة بين مقاومة الوصلة Junction resistance R_J والجهد المقابل حيث :

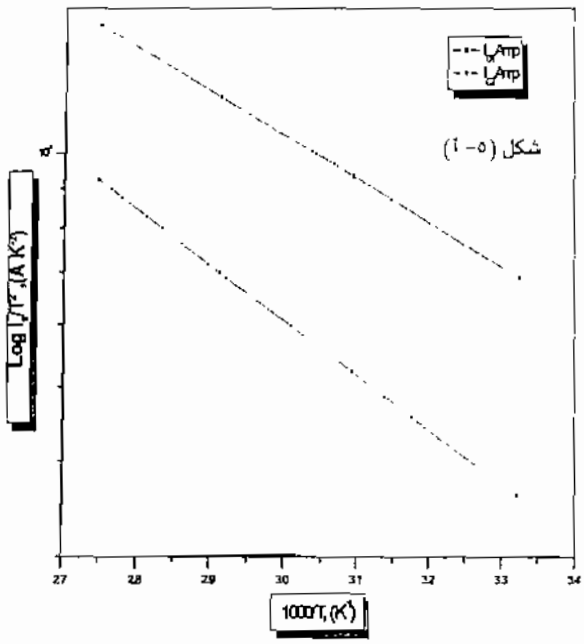
$$R_j = \frac{dv}{dI}$$

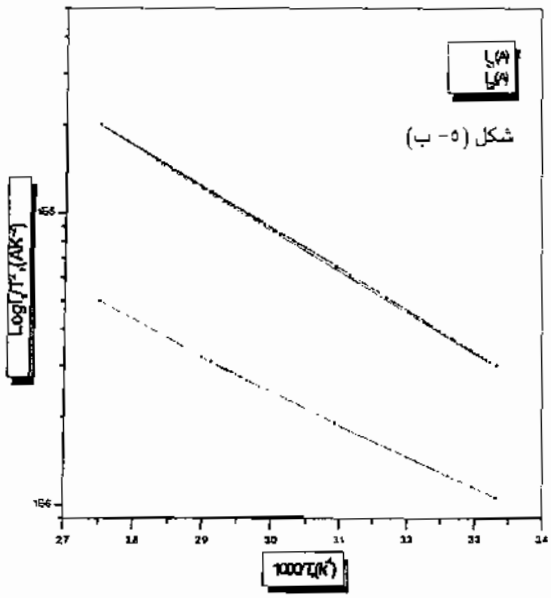
والشكلان (٦- أ ، ب) يوضحان العلاقة بين R_J , V حيث يلاحظ أنه عند قيم عالية للجهد فإن مقاومة الوصلة R_j تصل إلى قيمة ثابتة تساوي مقاومة التسلسل R_S بينما عند التحيز الخلفي الكبير تصل مقاومة الوصلة Rj إلى قيمة ثابتة أيضاً وتساوي مقاومة التجزئة R_{sh} ومتوسط قيم R_{sh} , R_S والمحسوبة بالطريقتين السابقتين وللعينات مختلفة السمك مدونة بالجدول (١) .





شكل (٦- أ و ب) : العلاقة البيانية بين مقاومة الوصلة R_j والجهد V في حالة التحيز الأمامي والخلفي للسمك ١٢٢ و ٣٥٠ نانومتر .



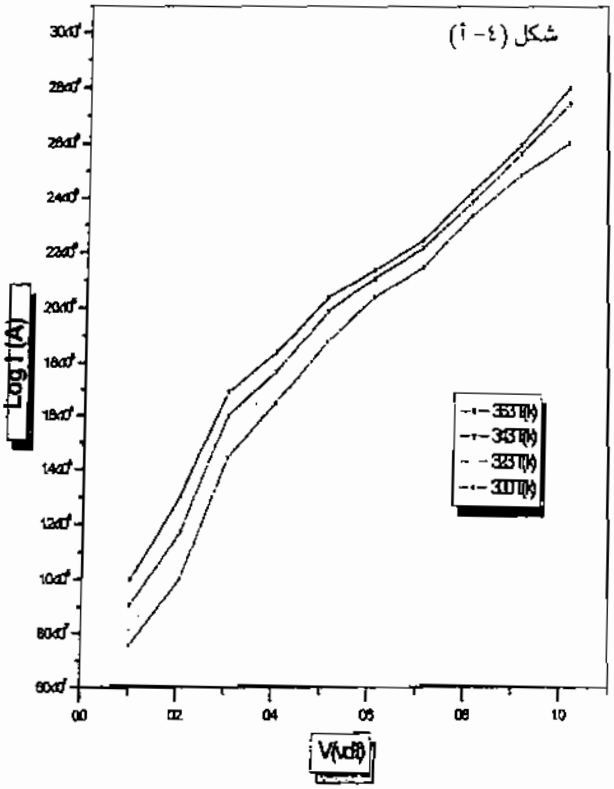


شكل (٥- أ و ب): العلاقـــة بين $\log I_s/T^2$ و $1000/T$ للوصلات الثنائية عند جهد مقداره ١ فولت للسمك ١٢٢ و ٣٥٠ نانومتر .

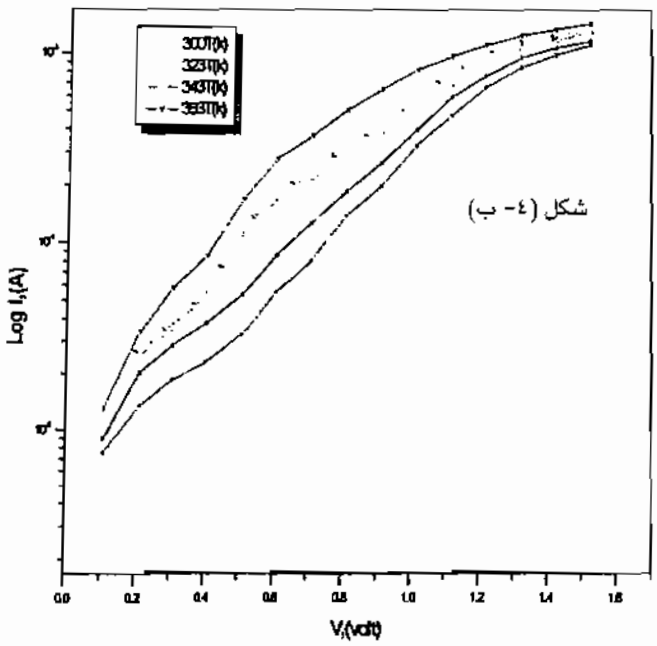
باستخدام معادلة شوتكي المعدلة لإدخال تأثير كل من مقاومة التسلسل Series resistance (R_s) ومقاومة التجزئة Shunt resistance (R_{sh}) وتكتب على الصورة :

$$I=I_s \{\exp [q (V- IR_s)/n KT] - 1 \} + \frac{V - IR_S}{R_{sh}}$$

حيث يمكن استنتاج قيم كل من مقاومة التسلسل ومقاومة التجزئة من تيار التحيز الأمامي والخلفي عند قيم عالية للجهد على الترتيب ، ولقد اقترح لطفي[6] وآخرين طريقة جديدة لتعيين



شكل (٤- أ)



شكل (٤- ب)

شكل (٤- أ و ب): العلاقة بين log I والجهد (V) في حالة التحيز الأمامي عند درجات الحـــرارة المختلفـــة للسمك ١٢٢ و ٣٥٠ نانومتر .

ومن الميل للخط المستقيم يمكن استنتاج طاقة التنشيط للوصله ΔE لكل قيمة من جهد التحيز الخلفي V_r المعطاة وقيم طاقات التنشيط للوصلات من كل سمك مدونة بالجدول (١).

٣. آليات التوصيل في الوصلات الثنائية من كبريتيد الجاليوم النحاسي-p/ سيليكون-n :
Conduction mechanisms in p/n- Si Heterojunctions :

من نظرية الانبعاث الأيوني الحراري في الوصلات الثنائية فإن التيار يعطي بالمعادلة[1, 9]:

$$I = I_s [\exp (q V / n K T) - 1] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث : KT طاقة بولتزمان عند درجة الحرارة T ، q شحنة الإلكترون I_s تيار التشبع وعند جهد تحيز أمامي ضعيف (0.35 – 0) فولت فإن تيار التشبع I_s يعطي بالصورة[1, 9] :

$$I_s = I_0 \exp(-q\Phi_b/KT) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث: I_0 المعامل السابق للدالة الأسية ويساوي $I_0 = AA^*T^2$ ، A مساحة سطح الوصلة ، A^* ثابت ريتشاردسون Richardson Constant ، فإذا ما كان التيار السائد بآلية انبعاث شوتكي لحاملات الشحنة عبر حاجز الجهد للوصلة، فالمعادلة السابقة تكتب على الصورة[1, 9]:

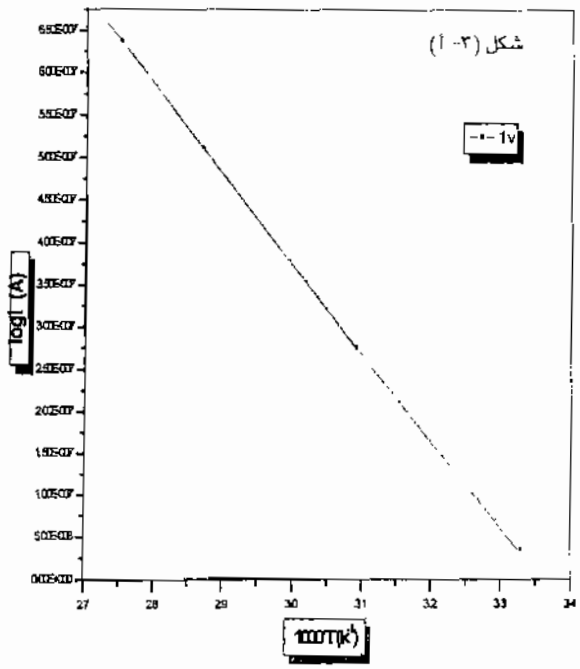
$$I_s = AA^*T^2 \exp (- q\Phi_b/KT) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

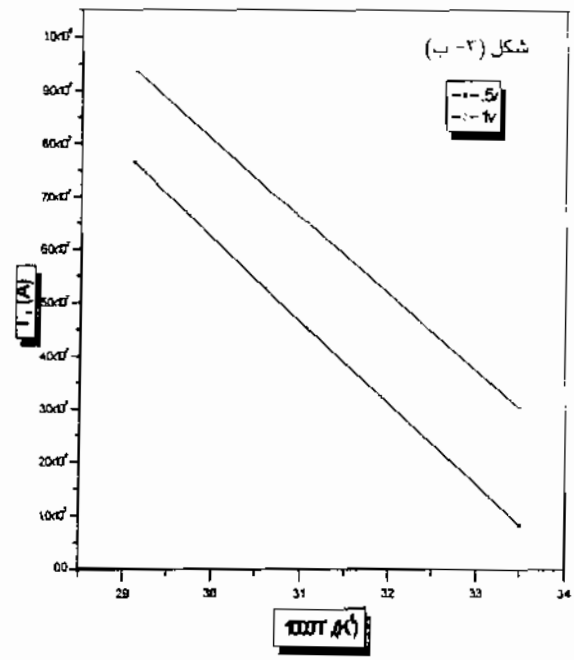
من المعادلة (٤) وبأخذ لوغاريتم الطرفين مع إهمال الواحد بالنسبة للدالة الأسية فإن العلاقة بين lnI ، V ، تعطي خطاً مستقيماً وميله يعين عامل الجودة للوصلة (n) diode quality factor والشكلين (٤- أ و ب) يوضحان علاقة logI مع الجهد V في حالة التحيز الأمامي ، وقيم n المستنتجة لكل عينة مدونة بالجدول (١) ، ومن الجدول يتضح أن قيم $n>1$ مما يدل على أن آلية التوصيل في هذا المدى من الجهد هي آلية الانبعاث الأيوني الحراري ويمكن تأكيد ذلك من المعادلة (٤) حيث رسمت العلاقة بين $\ln I_s/T^2$ و $1000/T$ حيث نحصل على خط مستقيم ميله $q\phi_b/K$ ومنه يمكن تعيين ارتفاع حاجز جهد شوتكي Φ_b للوصلات المقاسة والشكلين (٥- أ، ب) يوضحان العلاقة السابقة لنفس الوصلات ويتضح أنها جميعاً خطوطاً مستقيمة بما يحقق معادلة شوتكي (٤). ومما سبق يتضح أن الوصلات الثنائية لها $n > 1$ وهذا يعني مساهمة إعادة الاتحاد للإلكترونات السالبة والثقوب الموجبة داخل منطقة الاستنزاف وأيضاً زيادة تأثير تيار الانتشار مع زيادة جهد التحيز بالإضافة إلى أن ميكانيكية التيارالسائد هي آلية الانبعاث الأيوني الحراري.

٢. طاقة التنشيط للتحيز الخلفي Reverse current activation energy :

من قيم تيار التحيز الخلفي عند درجات الحرارة المختـــلفة وعند جهد مقداره ١ فولت أمكن تعيين طاقة التنشيط للتيار الخلفي حيث الشكل (٣ – أ ، ب) يمثلان علاقة 1000/T مع $Log\ I_r$ و يتضح منها علاقة خط مستقيم تتبع العلاقة [1, 9]:

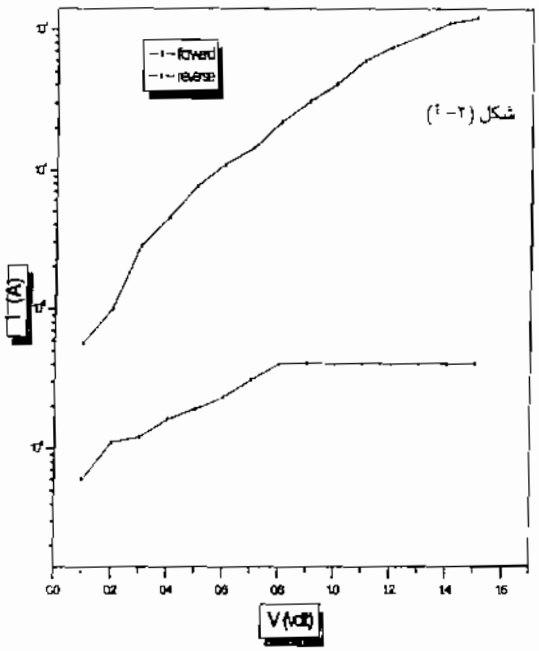
$$Ir = \exp (- \triangle E / K T) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

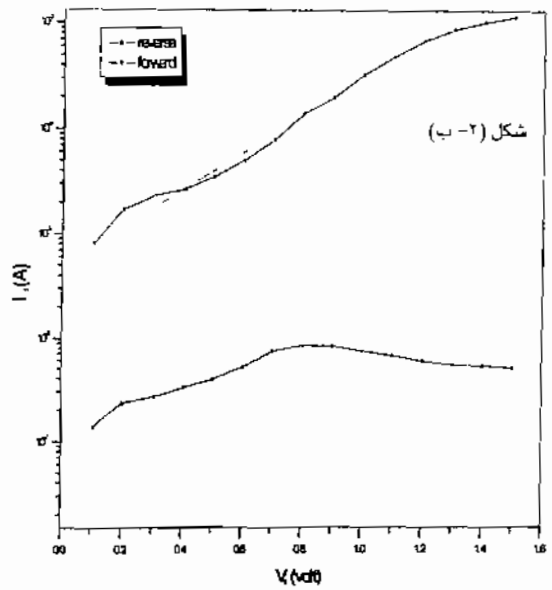




شكل (٣– أ و ب): العلاقة بين تيارالتحيز الخلفي I - و 1000/T للوصلات الثنائية عند جهد مقـــداره ١ فولـــت و ٠,٥ فولت للسمك ١٢٢ و ٣٥٠ نانومتر .

ب- التحيز الأمامي له نفس السلوك تقريباً ، عند درجات الحرارة المختلفة حيث أنه بزيادة الجهد، فإن التيار يتزايد أسياً في البداية ، أما عند الجهود المرتفعة فإنه يتزايد خطياً ، الشكلان (٢- أ و ب).





شكل (٢- أ و ب): العلاقة بين التيار – جهد للتحيز الأمامي و الخلفي عند درجة حرارة الغرفة للسمك ١٢٢ و ٣٥٠ نانومتر .

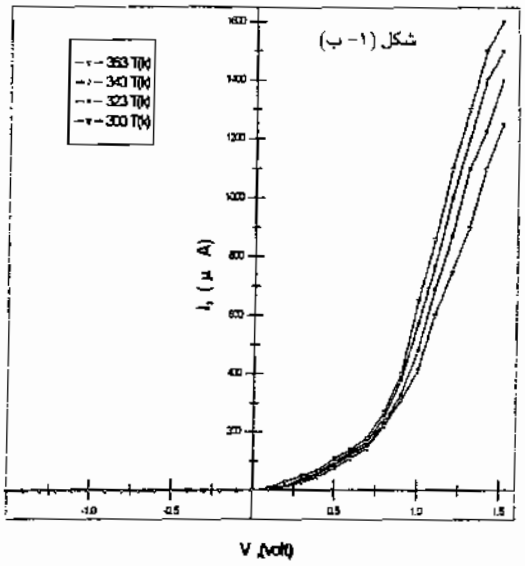
ج- التماثل في المنحنيات مع تدرج درجة الحرارة يعني بأن آليات التوصيل في مدى الجهود المختلفة هي آليات متشابهة لكل العينات . هذا وقد أمكن تحليل تلك المنحنيات واستنتاج البارامترات الهامة للوصلة الثنائية فيما يلي :-

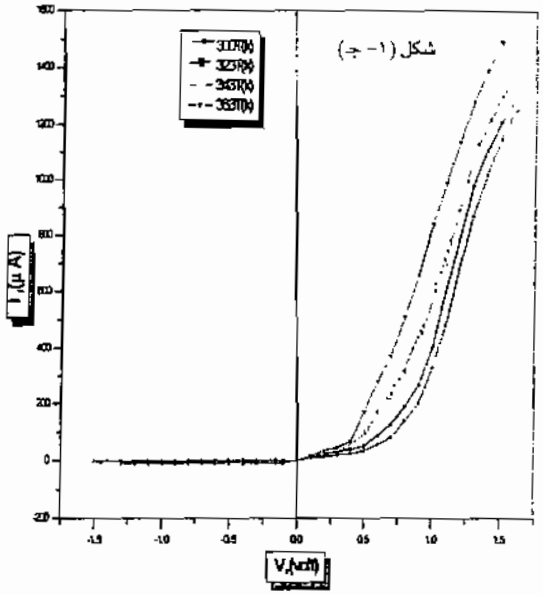
الوصلات الثنائية $n\text{-}Si / p\text{-}CuGaS_2$ في حالة الإظلام :

١. منحنيات (التيار–جهد) المميزة (I-V) Characteristics Curves :

لمنحنيات (التيار– جهد) والمميزة للوصلات بوصفها $n\text{-}Si / p\text{-}CuGaS_2$ والتي سمك طبقة $CuGaS_2$ لها ١٢٢–٣٥٠ نانومتر على الترتيب ويوضحها الشكلان (١– ب و ج) حيث يمثل كل شكل منها منحنيات (التيار– جهد) للعينة تحت الدراسة عند درجات حرارة مختلفة في المدى من درجة حرارة الغرفة و حتى ٣٦٣ كلفن ، ومن هذه المنحنيات يمكن استنتاج ما يلي:–

أ– سلوك المنحنيات متشابهة رغم اختلاف سمك طبقة $CuGaS_2$.





شكل (١– ب و ج): منحنيات التيار (I) جهد (V) المميزة عند درجات الحرارة المختلفة للسمك ١٢٢ و ٣٥٠ نانومتر .

كما تم دراسة منحنيات (التيار – جهد) وكذلك (السعة–جهد) للوصلات الثنائية غير المتجانسة للنظام (ذهب – كبريتيد الجاليوم النحاسي p – سيليكون n – ألومنيوم) حيث تم استنتاج بارامترات الوصلة ، ودونت النتائج في الجدول (١) و(٢) و(٣) وأثبتت النتائج أن آلية التوصيل تتم بالانبعاث الأيوني الحراري عند الجهود المنخفضة نسبياً، وقد تمت دراسة منحنيات (التيار – جهد) في حالة الإظلام والإضاءة لهذا المركب كخلية شمسية، حيث أوضحت العينات كفاءة η تساوي 1.4% وهي تعتبر كفاءة عالية . وكان عامل الامتلاء FF يساوي٠,٤٧، وجهد الدائرة المفتوحة V_{oc} يساوي ٠,٤ فولت ، وتيار دائرة القصر I_{sc} يساوي ٩٥ ميكروأمبير وذلك للعينة ذات السمك ٣٥٠ نانومتر، أما العيّنة ذات السمك ١٢٢ نانومتر، فإن الكفاءة η لها تساوي ١,١٥، وعامل الامتلاء FF يساوي ٠,٤٨، وجهد الدائرة المفتوحة V_{oc} يساوي ٠,٣٥ فولت ، وتياردائرة القصر I_{sc} يساوي٧٧ ميكروأمبير، ومنها يتضح أن زيادة السمك تسبب زيادة الكفاءة وتحسن من أدائها ، ومن دراسة العلاقة بين اتساع منطقة الاستنزاف مع التغير في درجة الحرارة للسمك ٣٥٠ و١٢٢ نانومتر، وجدت علاقة طردية بين اتساع منطقة الاستنزاف ودرجة الحرارة والسمك، وكذلك من دراسة العلاقة بين الموصلية ودرجة الحرارة لوحظ وجود علاقة عكسية بين الموصلية ودرجة الحرارة وعلاقة طردية مع السمك ، وقد تم التركيز على تحضير عدد من الوصلات الثنائية المتغايرة من النظام n-Si / p-$CuGaS_2$ وبقياس منحنياتها المميزة (I-V) و(C-V).

جدول(١) :بارامترات الوصلة في حالة الإظلام.

d (nm)	$R_{sh}(\Omega)$	$R_s(\Omega)$	n	ΔE(eV)	I_s(Amp)	RR
122	3.7E5	1250	1.55	1.187	1E-6	1E2
350	1.8E6	1304	2.12	1.180	2E-7	0.5E3

جدول(2) :العلاقة بين السمك و جهد التماس" جهد البناء الداخلي ".

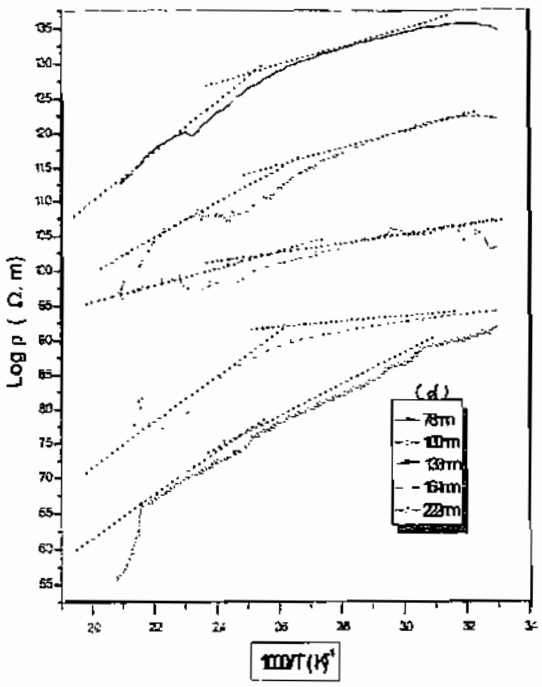
d (nm)	V_b (volt)
122	0.10
350	0.15

جدول(3) :بارامترات الخلية الشمسية في حالة الإضاءة .

d(nm)	$I_{sc}(\mu A)$	V_{oc}(volt)	FF	η
122	77	0.35	0.482	1.15%
350	95	0.40	0.470	1.48%

التجـــارب المعمليـــة

تم قياس المقاومة النوعية الكهربية للشرائح الرقيقة من هذا المركب " والمرسبة على حوامل زجاجية بتقنية تحضير الشرائح الرقيقة من كبريتيد الجاليوم النحاسي $CuGaS_2$ ، بالتبخير الحراري المعتاد في جو مفرغ (10^{-4} pascal)" ، في حالة الإظلام وأيضاً في درجة حرارة للعينات تتراوح من درجة حرارة الغرفة وحتى 493 كلفن ، وقد وجد اعتماد المقاومة النوعية الكهربية لهذه الشرائح الرقيقة على سمك العينات وعلى درجة حرارة المعالجة الحرارية لهذه العينات، حيث تتناقص المقاومة النوعية الكهربية مع زيادة سمك الشرائح الرقيقة من هذا المركب الثلاثي ، وذلك بسبب تزايد الحجم الحبيبي للتبلورات مع زيادة السمك ، أما بالنسبة لعلاقة المقاومة النوعية الكهربية بدرجات الحرارة فقد أوضحت العينات سلوكاً في الدورة الأولى يوضح تحول المادة من الحالة شبه الأمورفيه إلى الحالة البلورية ، وسلوكاً مغايراً في الدورة الثانية للتسخين يوضح سلوك الموصلات العادية. ومن العلاقة بين المقاومة النوعية ودرجـــات الحرارة (شكل١-أ) أوضحت النتائج سلوكاً لشبـــه موصل بطاقتي تنشيط الأولى $\Delta E_1 = 0.674$ eV وتمثل سلوكًا شبه موصل غير ذاتي extrinsic، أما طاقة التنشيط الثانية فإنها تمثل سلوكًا شبه موصل ذاتي interinsic وتساوي $\Delta E_2 = 1.78$ eV ومن هذه القيم تم استنتاج قيمة فجوة الطاقة Eg=2.454 eV وهذه القيمة لمتوسط القيمتين تتفق مع القيم المقاسة في الأبحاث السابقة [4,5,7,8,12] وتتفق مع نتائج القياسات الضوئية.



شكل (١- أ): العلاقة بين المقاومة النوعية ودرجات الحرارة .

المقـــدمـــــــة

تعد الشرائح الرقيقة من أشباه الموصلات هدفاً تسعى إليه تقنية الصناعات الإلكترونية من الثنائيات " الدايودات " و الترانزستورات بأنواعها المختلفة ، كذلك في الدوائر التكاملية. كما تبرز الأهمية الكبرى لها في صناعة الخلايا الشمسية على هيئة وصلات ثنائية سواءً ، أكانت وصلات متجانسة أم متغايرة [10, 15, 16, 17].

تعتبر المركبات من النظام الثلاثي ($A^{I}\ B^{III}\ C^{VI}$) من أشباه الموصلات الواعدة في مجال صناعة الوصلات الثنائية (الدايودات) والخلايا الشمسية، كما تستخدم كمولدات للطاقة الكهروحرارية، كذلك كمحولات للطاقة، وكأقطاب للتوصيلات الكهربية وفي التطبيقات الضوئية الحرارية والضوئية الكهربية والتطبيقات الإلكترونية [11, 18].

احتلت أشباه الموصلات البلّورية معظم الأبحاث والدراسات السابقة ، وأوليت العناية الفائقة والاهتمام بها في صورتها الحجمية ، وكذلك في صورتها كشرائح رقيقة بتقنية الترسيب الكيميائي ، أما الأبحاث والدراسات بتقنية التبخير الحراري فإنها نادرة في هذا المجال ، حيث تمتاز هذه الطريقة بإمكانية الحصول على أشباه موصلات لها خصائص معينة مناسبة ومرغوبة في التطبيقات العملية ذات الجودة والكفاءة العالية، وبأقل التكاليف ، حيث يتم فيها استخدام كميات ضئيلة جداً من المادة .

الهـــدف من الدراســـة

تم اختيار شبه الموصل الثلاثي كبريتيد الجاليوم النحاسي $CuGaS_2$ للدراسة في صورته كشرائح رقيقة، لندرة الدراسات السابقة في هذا المجال ، حيث تمت معظم الدراسات له في صورته الحجمية.

هدف البحث و نلخصه فيما يلي:

١) تحضير الشرائح الرقيقة من المركب $CuGaS_2$ و دراسة أهم خصائصها الفيزيائية من حيث الخصائص الكهربية الانتقالية.

٢) تحضير و دراسة الوصلات الثنائية المتغايرة (غير المتجانسة) من المركب $CuGaS_2$ على رقائق من السيليكون النقي لاستنتاج بارامترات الوصلة الثنائية و كذلك البارامترات الفولت ضوئية.

المؤتمر السعودي الثاني للعلوم، كلية العلوم، ٢٤-١٤٢٥/١/٢٦هـ ، **الجزء الثاني** ، ص ص١٣-٣١ (٢٠٠٥م / ١٤٢٥هـ)

الخصائص الكهربية و الفولت ضوئية للشرائح الرقيقة من شبه الموصل الثلاثي كبريتيد الجاليوم النحاسي

د . فاطمة سالم باهبري

كلية التربية بجدة ، الأقسام العلمية ، قسم الفيزياء

المستخلص. تم قياس المقاومة النوعية الكهربية لشرائح رقيقة من مركب $CuGaS_2$ المحضرة بطريقة التبخير الحراري المعتاد في جو مفرغ 10^{-4} بسكال في حالة الإظلام وعند درجة حرارة للعينات تتراوح من درجة حرارة الغرفةحتى 493 كلفن، وقد وجد اعتماد المقاومة النوعية الكهربية لهذه الشرائح الرقيقةعلى سمك العينات وعلى درجةحرارة المعالجة الحرارية، حيث تتناقص المقاومة النوعية الكهربية مع زيادة السمك للشرائح الرقيقةمن هذا المركب ، وذلك بسبب تزايد الحجم الحبيبي للتبلورات مع زيادة السمك، أما بالنسبة لعلاقة المقاومة النوعية الكهربية بدرجات الحرارة فقد أظهرت العينات سلوكاً في الدورة الأولى يوضح تحول المادة من الحالة الأمورفية إلى الحالة البلورية، وسلوكاً مغايراً في الدورة الثانيةللتسخين يشبه سلوك أشباه الموصلات العادية . ومن العلاقة بين المقاومة النوعية الكهربية ودرجات الحرارة. أوضحت النتائج سلوكاً لشبه موصل بطاقتي تنشيط الأولى ΔE_1=0.674eV وتمثل سلوكًا شبه موصل غير ذاتي extriusic، أما طاقة التنشيط الثانية فإنها تمثل سلوكًا شبه موصل ذاتي interinsic وتساوي ΔE_2 -1.78eV ومن هذه القيم تم استنتاج قيمة فجوة الطاقة E_g=2.454eV ، وهذه القيمة تتفق مع القيم المقاسة في الأبحاث السابقة.

كما تم دراسة منحنيات (التيار-جهد) و كذلك (السعة-جهد) للوصلات الثنائية غير المتجانسة للنظام (ذهب-كبريتيد الجاليوم النحاسيp – سيليكون u– ألومنيوم) حيث تم استنتاج بارامترات " ثوابت " الوصلة .