

## دراسة بعض الخصائص الكهربائية لأغشية التليريوم الرقيقة المشابة بالكبريت المرسبة بزاوية مائلة $\Theta = 70^\circ$

فرح جواد كاظم

هناء صالح سبع

قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ الجامعة المستنصرية

استلم البحث في 1 شباط 2012 ، قبل البحث في 5 ايار 2014

### الخلاصة

في هذا البحث جرى دراسة الخصائص الكهربائية لأغشية Te:S الرقيقة . وكانت نسبة التشويب بمادة الكبريت (S) بحدود (1.2%) حضرت العينات باستخدام طريقة التبخير الحراري الفراغي على شرائح زجاجية لأسماك مختلفة (1575, 1400, 1225, 1050 nm) للعينات . من دراسة حيود الأشعة السينية لأغشية Te:S تبين انها متعددة التبلور . كما قيست التوصيلية الكهربائية والمقاومة الكهربائي (R) مقابل درجة الحرارة وكذلك حساب معامل سيبيك ودراسة خصائص تيار- جهد (I-V) للأغشية المرسبة بزاوية مائلة ( $\theta = 70^\circ$ ) . فضلا عن ذلك حسبت طاقة التنشيط الكهربائية (Ea) وطاقة التنشيط الكهروحرارية (Es) لجميع الأغشية .

الكلمات المفتاحية: اغشية Te:S ، الترسيب المائل للأغشية

## المقدمة

أغشية التليريوم لها أهمية كبيرة لما تمتلكه من خصائص مثل فجوة الطاقة الواطئة والمدى الطيفي الذي يمتد ضمن المنطقة تحت الحمراء [1] ، واستعمالاته الواسعة في تطبيقات كثيرة مثلاً التبريد السلبي الاشعاعي Shieldsin (passive radiative cooling)، ومتحسسات الغاز (Gas sensors) [2] [3] ، وخزن المعلومات بصرياً (Optical information storage) [4] وكواشف الأشعة تحت الحمراء IR-detectors ، وفي الخلايا الشمسية [5]. وكذلك في تصنيع أجهزة ذي الاجهاد الكهربائي (Peizo-electric device) وكذلك يدخل في تصنيع الالياف البصرية (Optical fibers) وتدخل أهميته بوصفه غشاء في المواد المستعملة لتصنيع صور الرسم الكهربائي Electro (photo graphic)، ومستقبلات الصور Photo receptors [6] . هذا النوع من الاغشية Te:S يمتاز بأنه ذو درجة انصهار منخفضة وضغط بخاري عال لذلك استخدم الترسيب بطريقة التبخير الحراري الفراغي، ان هذه التقنية تعطي اغشية متدرجة في عمق الانتشار لان ضغط البخار يختلف لكل تركيز في الغشاء [7]. ان الخصائص الكهربائية لاي غشاء رقيق تتأثر بشكل كبير بعوامل عديدة منها نوع المادة وتركيب الغشاء وسمكه ونوع القاعدة ودرجة حرارتها في اثناء الترسيب... الخ [8] وقد وجد haudhuri [9]. عند دراسة الخصائص الكهربائية لاغشية التليريوم لاحظ زيادة التوصيلية ونقصان المقاومة الكهربائية مع زيادة سمك الاغشية . ولاحظ Dimnoet [10] الزيادة في التوصيلية الكهربائية (σ) مع التغير باسمك الاغشية المحضرة من A ° (350-1430) .

لقد وجد الباحث Ridha [11] عند دراسته لاغشية CdS ان الترسيب المائل يرفع من قيمة الامتصاصية ومعامل الامتصاص وفضل الحالات تحصل عند زاوية الترسيب  $\theta = 70^\circ$  . وكذلك فقد وجد الباحث Saied [12] عند دراسته لاغشية التليريوم والبرموث والانتيمون المرسبة بتقنية الترسيب المائل ان الاغشية تحسنت الامتصاصية ومعامل الامتصاص فيها بشكل واضح وتزاح باتجاه الاطوال الموجية الطويلة فضلا عن الامتصاصية للاطوال الموجية القصيرة ضمن المدى المدروس مقارنة مع الترسيب العمودي وكانت افضل امتصاصية هي عند زاوية الترسيب  $\theta = 70^\circ$  وهذا يدفع الى استخدام هذه التقنية لصناعة كواشف ذي مديات طيفية عريضة . واثبت الباحث Munaf [13] ان جميع الكواشف المصنعة من ترسيب المواد (Sb,Bi,Te) ترسيبها مائلا انها تشترك في زيادة استجابتها مع زيادة زاوية الترسيب لتبلغ قيمة عظمى عند الزاوية  $\theta = 70^\circ$  تبدأ بعدها بالهبوط .

ان لاغشية Te:S خصائصا" شبه موصلة وكهرو حرارية وتعد من أكثر العناصر الكهروحرارية ملائمة للعمل ضمن درجات حرارة الجو الطبيعية، اذ يستفاد من تلك العناصر في تصنيع اجهزة التبريد والتسخين التي تعمل على تيار كهربائي مباشر [14] .

تهدف الدراسة الحالية الى تصنيع غشاء Te:S بالتبخير الحراري الفراغي وبزاوية ترسيب مائلة  $\theta = 70^\circ$  لاغشية ذي سمك (1575,1400,1225,1050)nm ودراسة تأثير تغير سمك الاغشية في الخصائص الكهربائية التي تضمنت قياس التوصيلية الكهربائية والمقاومة الكهربائية R دالة لدرجة الحرارة وحساب معامل سيببكي . وكذلك قياس طاقة التنشيط الكهربائية وطاقة التنشيط الكهروحرارية .

## الجانب العملي

استخدمت شرائح المجهر البصري الزجاجية (microscopic glass slides) وقطعت حسب نوع الفحص المطلوب وبعد تنظيفها استخدمت قواعدا" (substrates) في منظومة التبخير الحراري الفراغي نوع Base 370 Balzers واستخدام حويص تبخير من المولبدنيوم (Mo) في حجرة التفريغ بحدود ( $10^{-6}$  torr) وثبتت القواعد على حامله القواعد التي تميل بزواوية  $\theta = 70^\circ$  على الخط الواصل بين اناء التبخير ومركز حامله القواعد وقد اعتمدت الطريقة الوزنية لتقدير سمك الاغشية ولأجراء القياسات الكهربائية رسبت اقطاب من الالمنيوم بسمك (200nm) تقريباً . وأجريت القياسات الاتية :

1. خصائص I-V : ودراسة علاقة التيار المار عبر الغشاء مقابل فرق الجهد بين طرفي الغشاء .
2. التوصيلية الكهربائية (σ) : لقياس التوصيلية الكهربائية تحسب المقاومة الكهربائية للغشاء المرسب وتحدد من المعادلة الاتية :

$$R = P ( 1/A ) \dots\dots\dots ( 1 )$$

إذ ان R: مقاومة الغشاء وتقاس بوحدات (الامم) ، A مساحة المقطع العرضي للغشاء وتقاس بوحدات ( $mm^2$ ) ومن ثم يمكن حساب التوصيلية من المعادلة الاتية [15] :

$$\sigma = 1/p \dots\dots\dots ( 2 )$$

3. معامل سيببكي :- ولأجراء قياسات القدرة الكهروحرارية وحساب معامل سيببكي (S) استخدمت قواعد زجاجية وبابعاد (125× 75 mm) لترسيب اغشية وابعاد (43 × 4mm) مثبت على طرفيها اتصالات اومية من الالمنيوم بسمك (200nm) ويكون احد طرفي الغشاء بارداً عند درجة حرارة ( $T_1$ ) ( درجة حرارة الماء الجاري الذي يمر عند الطرف البارد )، بينما سخن الطرف الثاني الى درجة حرارة ( $T_2$ ) وثبت عليه مزدوج حراري لقياس درجة الحرارة مع تسجيل الجهد الناشيء نتيجة للانحدار الحراري بين طرفي الغشاء لمدى الفرق

في درجة الحرارة ( 293 - 343 K ) ، وان وجود الانحدار الحراري ( dT/ dx ) في اي مادة ينتج انحدار في الجهد ( dV/dx ) وان النسبة بين هذه الكميات تمثل معامل سيبيك ( S ) لتلك المادة [16] .

$$S = dv/dx / dT/dx \approx \Delta V / \Delta T. .... (3)$$

4. قياسات تغير درجة الحرارة مع مقاومة الاغشية يتم قياس التغير في مقاومة الاغشية عند تغير درجة الحرارة للمدى ( 10-150 °C ) .

## النتائج والمناقشة

يبين الشكل ( 1 ) حيود الاشعة السينية لغشاء Te:S المرسب بزواوية (  $\Theta = 70^\circ$  ) . من حيود الاشعة السينية يظهر ان الاغشية متعددة التبلور . ويبين الشكل ( 2 ) علاقة التيار ( I ) المار عبر الاغشية تحت تأثير الجهد المسلط ( V ) في طرفي الاغشية وتظهر لدينا علاقة خطية فوق مدى الجهد المسلط . وهذا يدل على ان الغشاء ( Te:S ) يسلك سلوكاً قريباً من المعادن كونه من اشباه المعادن ومع ذلك تبدي الاغشية خصائص شبيهة موصلية لامتلاكها فجوة طاقة صغيرة جداً [ 17,18 ] . ويلاحظ ايضا ان التيار يزداد مع زيادة الفولتية المسلطة وهذا دلالة واضحة الى ان المقاومة الكهربائية تتناقص بزيادة شدة التيار المار ونلاحظ ايضا ان التيار الضوئي يزداد كلما زاد سمك الاغشية وهذا موافق لما ورد في المصدر [ 19 ] . ومن الشكل ( 2 ) الذي يوضح العلاقة بين R و T لأغشية ( Te:S ) نلاحظ انخفاضاً سريعاً للمقاومة عند الدرجات الحرارية ( 15-30 °C ) ثم ينخفض بشكل تدريجي بسيط الى نهاية المدى الحراري المدروس ( 30 - 150 °C ) ذلك ان ارتفاع درجات الحرارة تسبب زيادة في تأين الشوائب وارتفاع تركيز الحاملات اي ان الحرارة تساعد في انتقال الالكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل ومن ثم يحصل نقصان في المقاومة الكهربائية وزيادة في التوصيلية الكهربائية [ 6 ] و [ 17 ] ونلاحظ ايضا من الشكل نقصان قيمة المقاومة بشكل عام مع زيادة سمك الاغشية وهذا موافق لما ذكره الباحثون [ 10 ] من حصول زيادة في التوصيلية الكهربائية (  $\sigma$  ) مع زيادة سمك الاغشية . ومن الشكل ( 3 ) نلاحظ العلاقة بين  $\ln \sigma$  و  $1000/T$  ونجد ان التغير في التوصيلية مع درجة الحرارة كان نتيجة لتغير كل من تركيز حاملات الشحنة وتحركية الحاملات ذلك ان تحركية الحاملات تتغير اسياً مع درجات الحرارة وكما في العلاقة:

$$\mu = \exp(-E/k_B T) \dots\dots\dots (4)$$

اما في منطقة درجة الحرارة الواطئة فأن التوصيلية تخضع للعلاقة [ 20 ] :

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-E_a/k_B T) \dots\dots\dots (5)$$

$\sigma_0$  : تمثل اقل توصيلية معدنية

$E_a$  : طاقة التنشيط للتوصيلية الكهربائية

$K_B$  : ثابت بولتزمان (  $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$  )

T : درجة الحرارة المطلقة بوحدات  $K^0$

وقد تم ملاحظة ان التوصيلية أغشية كافة تزداد مع زيادة درجة الحرارة وهذه صفة من صفات اشباه الموصلات، إذ بازدياد درجات الحرارة يزداد عدد ازواج (الكثرون - فجوة ) المتولدة ومن ثم زيادة التوصيلية . فأن قيمة التوصيلية تزداد بزيادة درجات الحرارة وذلك نتيجة للزيادة في تحركية الحاملات [ 21 ] ومن ميل الخطوط المستقيمة بين  $\ln(\sigma)$  و  $1000/T$  حسبت طاقة التنشيط الكهربائية ( $E_a$ ) وكما مبين في الجدول ( 1 ) التي كانت قيمها كما يأتي ( 0.017688 J , 0.012943 , 0.0862 , 0.0604 ) ، إذ نلاحظ زيادة طاقة التنشيط الكهربائية مع زيادة سمك الاغشية وهذا ما يوضحه الشكل ( 4 ) وهذا موافق لما توصل اليه بعض الباحثين [ 22 ] . ومن الشكل ( 5 ) الذي يبين علاقة القدرة الكهروحرارية ( S ) ومقلوب درجة الحرارة وبأسماك ترسيب مختلفة نلاحظ ازدياد قيمة القدرة الكهروحرارية مع ازدياد الفرق في درجات الحرارة ، وكذلك زيادة القدرة الكهروحرارية بشكل عام مع زيادة سمك الاغشية بحدود المدى المدروس والاشارة السالبة تدل على ان الاغشية من النوع ( n-type ) [ 23 ] . ومن ميل الخطوط المستقيمة بين ( S ) و  $1000/T$  حسبت طاقة التنشيط الكهروحرارية ( $E_s$ ) وكما مبين في الجدول ( 2 ) والتي كانت قيمها كما يأتي ( 3.25 , 3.31 , 3.4 , 3.6 J ) .

يبين الشكل ( 6 ) علاقة طاقة التنشيط الكهروحرارية ( $E_s$ ) مع الاسماك المختلفة للاغشية إذ نلاحظ زيادة طاقة التنشيط الكهروحرارية مع زيادة سمك الاغشية وهذا موافق لما ذكره الباحثون [ 16 ]

## الاستنتاجات

تبين عند دراسة خصائص ( I-V ) ودراسة تأثير الحرارة في المقاومة الكهربائية لأغشية ( Te :S ) انها تسلك سلوكاً اقرب الى سلوك المعادن مع انها تبدي خصائص شبيهة موصلية في بعض الاحيان فهي تسلك سلوكاً وسطاً بين المعادن واشباه الموصلات كونها من اشباه المعادن .

ومن نتائج القدرة الكهروحرارية تبين ان معامل سيبيك ( سالب ) وقيمته عالية وتعتمد على درجة الحرارة ، وان قيمة (S) تزداد مع زيادة السمك ومن ثم يمكن استخدامه في صناعة كواشف الاشعة تحت الحمراء .

## المصادر

1. Martin , M.and Cook, J. (1989) mit Press,Cambridge,ma, chap 4.
2. Tsiulyanu, D.and Marian , S. (2001),Impedance spectroscopy of sensitive to harmful gases tellurium thin films ,Journal of non- oxide glases,37(2 ):43-50.
3. Okuyama,K. and Kudo ,H.(1989) Single – crystalline Te microtubes: synthesis and No<sub>2</sub> gas sensor application, Jpn. J.Appl. phys.28 (2):770.
4. Lou, D.Y.;Blom, G.M. and Kenny,G.C. (1981) Growth mechanism of Te nanotubes by a direct vapor phase process and their room –temperature Co and No<sub>2</sub> sensing properties J.Vac. Sci. Technol,24(18):78.
5. ph.Ott, Guenter, J.R.(2000)(On the electrical and optical properties of the stratified Te thin films), Thin solid films, 366 (1-2):100
6. Engelhard, E.D.,Viney Mastai, Y. and Hodes, G. (2000) Deposition of Te films by decomposition of electrochemically-generated H<sub>2</sub>Te:application to radiative cooling devices, Thin solid films, 370(1-2):101-105.
7. Maissel, L.I. and Glang, R. (1970) Hand book of thin film technology, Mc Graw –Hill, Newyork, 1-75 .
8. Biswas, D.R.(1986) Deposition processes for films and coatings, Journal of matrials science, 21(7):2217.
9. Haudhuri, S.C. and Pal,A.K.(1981) Thermoelectric power of Te thin films and its thickness and temperature dependence,Thin solid films16(5):3331-3334.
10. Dinno, M.; Schwartz, M. and Giammara, B. (1974) Thermoelectric characterization of sputter –deposited Bi/Te bilayer thin films), J. Appl. Phys.,45(23):3328.
11. Ridha , H. (2010) Astudy of the optical properties of obliquely deposited Cds thin films, Ph.D. Thesis. , university of technology.
12. Saad , R.(2001) Study in to some structural optical and electrical properties of obliquely deposited antimony, bismuth, tellurium films) Ph.D.Thesis. , university of technology.
13. Munaf ,R.(2000) Fabrication and characterization of laser induced diffusion and obliquely deposited thin film detectors for spectral range (0.4-10.6)µm)Ph.D. Thesis, university of technology.
14. Wiley, J.and Inc, S. (1980) Hand book of Encyclopedia of chemicaec 22, 658.
15. Zeghbroeck,B.V.(2007) Principle of semiconductor device,hand book of bart van zeghbroeck.
16. Morigaki,k. and Yamaguchi,M.(1999) Physics of amorphous semiconductor,word scientific publishing company.
17. Chandhuri, S.;Chakrabarti, b. and Pal , A.K. (1981) Thermoelectric power of tellurium films )(Thin solid films) 82(3):217.
18. Petersen ,C.L.; Grey, F.,and Siraky, I. (2002) Micro-point probe for studing electronic transport through surface states,Appl. Physics Letters, 77(23): 3782-3784.
19. Athwal, I.S.;Kaur, J. and Bedi, R.K.(1988) Transport properties of Te films prepared by hot wall epitaxy,Thin solid films,162(1):1-6.
20. Trackalo, M.;Moore, C.J.; Lesh, J.D. and Brodie ,D.E. (1984) Appartus for measuring seebeck coefficients of high – resistance semiconducting films ,(Rev sci., instrum) 55(5):1243-1245.
21. Chen, E. (2004)Theoretical phonon thermal conductivity of Si/Ge super lattice nanowires), Thin film deposition, 95(23)682-693.

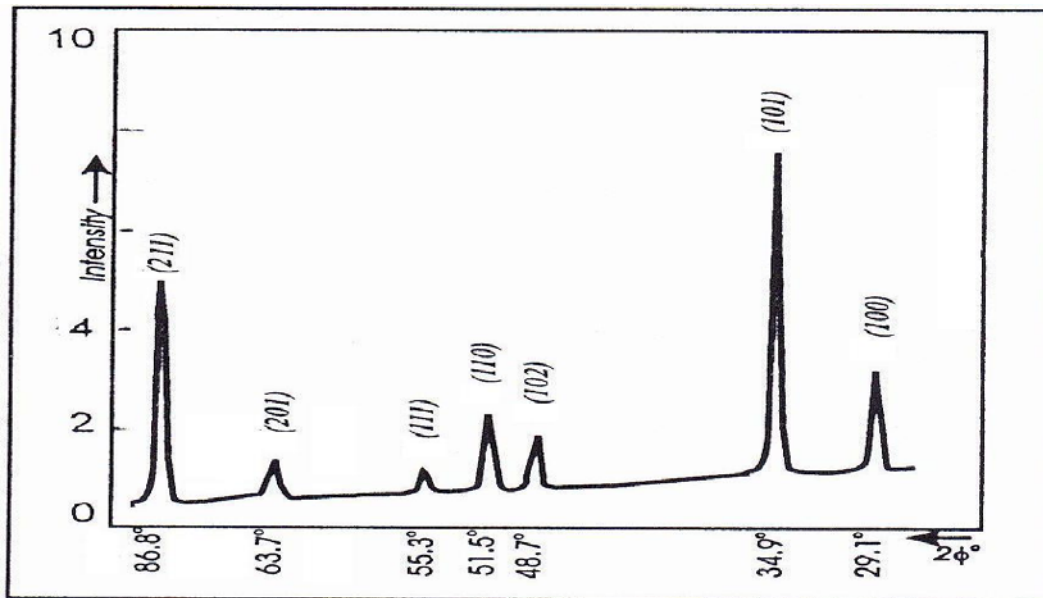
22. Mehta ,N.; Kumar, D. and Kumar, A.(2005)(Applicability of kissingers relation in the determination of activation energy of glass transition),Journal of physical studies,7(9):1473-1479).
23. Marria,P.Gutierrez, Haiyong,L(2002)Thin film surface resistivity)thin solid films,2:(10)65

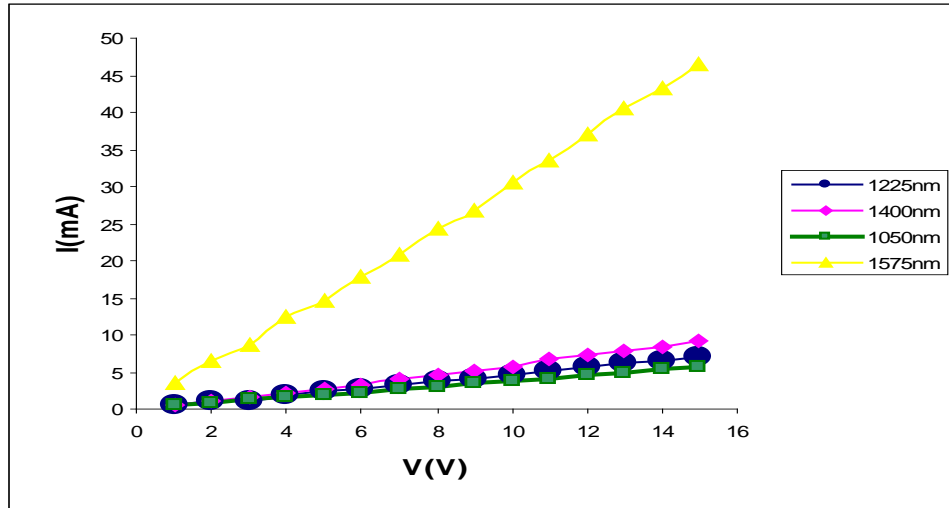
جدول رقم (1) :يبين قيم طاقة التنشيط الكهربائية (Ea) مع سمك الاغشية (t)

سمك الاغشية (t)nm	طاقة التنشيط الكهربائية (Ea)J
1050	0.0604
1225	0.0862
1400	0.012943
1575	0.017688

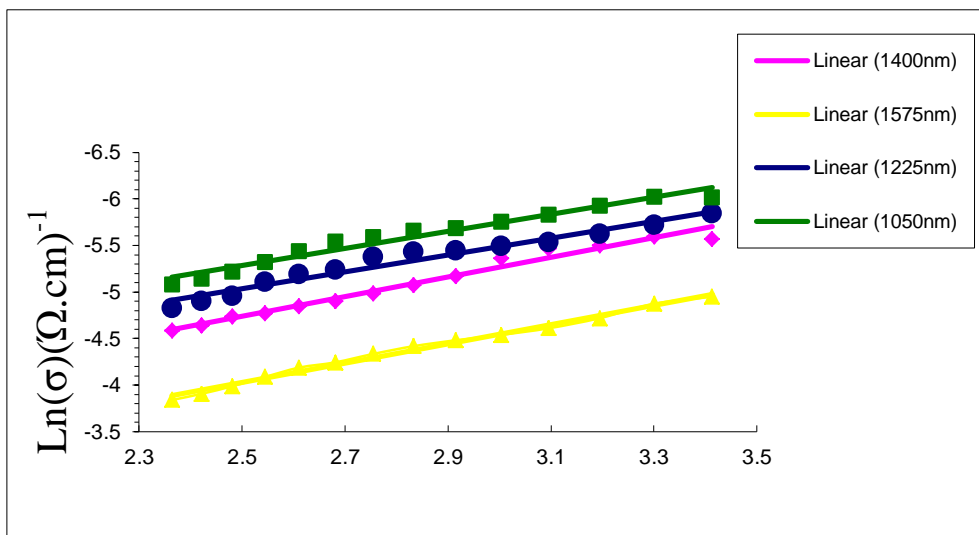
جدول رقم(2) يبين قيم طاقة التنشيط الكهروحرارية (Es) مع سمك الاغشية (t)

سمك الاغشية (t)nm	طاقة التنشيط الكهروحرارية (Es)J
1050	3.25
1225	3.31
1400	3.4
1575	3.6

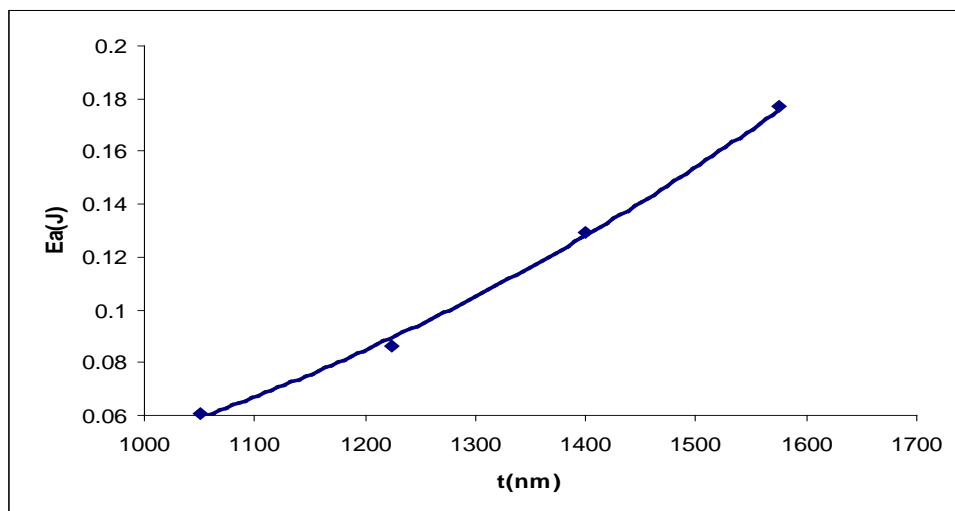
شكل رقم(1) يبين اطياف حيود الاشعة السينية لاغشية Te:S المرسبة بزواوية  $\Theta=70^\circ$



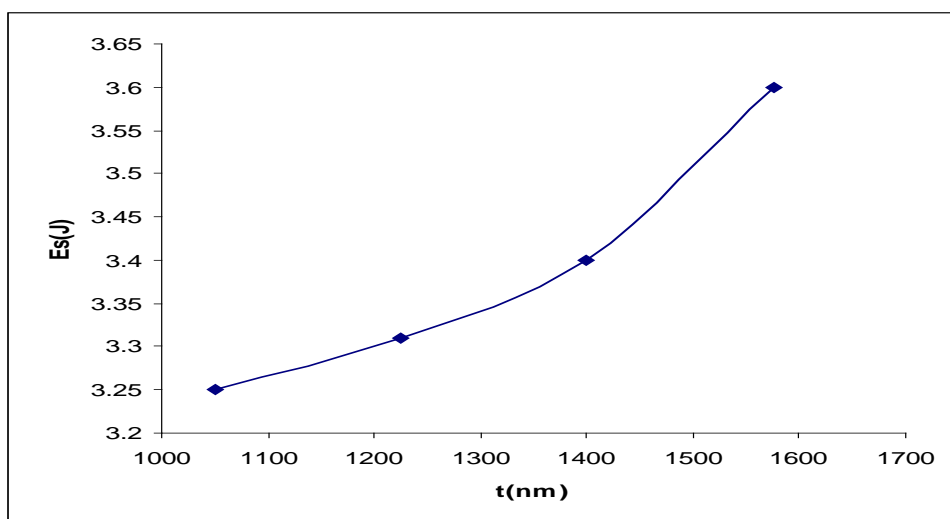
شكل رقم (2) علاقة التيار المار عبر الاغشية I بالجهد المسلط على الغشاء V



شكل رقم (3) العلاقة بين  $\ln \sigma$  (مقابل  $1000/T$ )



شكل رقم (4) العلاقة بين طاقة التنشيط الكهربائية Ea وسمك الغشاء t



شكل رقم (6) علاقة القدرة الكهروحرارية  $E_s$  مقابل التغير في سمك الغشاء  $t$

## **A study of Some Electrical Properties of Te:S Thin Films Deposited at Angle $\Theta=70^\circ$**

**Farah J. Khadum**

**Hanaa S. Sabaa**

Dept. of Physics/ College of Science / University of Al- Mustanseriya

**Received in :1<sup>st</sup>. February 2012 , Accepted in :5<sup>th</sup>. May 2013**

### **Abstract**

In this research a study of some electrical properties Of (Te) thin films with(S) impurities of(1.2%) were deposited at(  $\Theta=70^\circ$ )by thermal evaporation technique .The thicknesses of deposited films were (1050 , 1225 , 1400 , 1575 nm) on a glass substrates of different dimensions . From X-ray diffraction spectrum, the films are polycrystalline .A study of (I-V) characteristic for thin films, the measurements of electrical conductivity ( $\sigma$ )and electrical resistance(R )vs. temperature( T) are done. Further a measurement of thermoelectric power, see beck coefficient and activation energies ( Ea, Es) were computed.

**Keyword :Te S films, obliquely deposited films**