

# **Studying Some Electrical Properties for ZnSe Films Prepared by Using the Thermal Evaporation Method in vacuum**

**R.Y. Taha , A. M. Raouf**

**Department of Physical ,College of Science, University of Al- Mustansiriya**

**Received in : 10, November, 2010**

**Accepted in : 13, March, 2011**

## **Abstract**

Thin films of zinc selenide ZnSe have been prepared by using thermal evaporation method in vacuum with different thickness (1000 – 4000) Å and a deposited on glass substrate and studying some electrical properties including the determination of A.C conductivity and real, imaginary parts of dielectric constant and tangent of loss angle. The result shows that increasing value of A.C conductivity with increasing thickness and temperature, and increasing capacitance value with increasing the temperature and decrease with increasing frequency . Real and imaginary parts of dielectric constant and tangent of loss angle decrease with increasing frequency.

**Keywords:** Semiconductors, thin films, Znse, electrical properties

# دراسة بعض الخواص الكهربائية لأغشية ZnSe المحضرة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ

رواء ياسين طه ، أسماء محمد رؤوف

قسم الفيزياء ، كلية العلوم ، الجامعة المستنصرية

استلم البحث : 10 ، تشرين الثاني ، 2010

قبل البحث: 13 ، آذار ، 2011

## الخلاصة

حضرت أغشية رقيقة من مادة سلينايد الخارصين ZnSe بطريقة التبخير الحراري في الفراغ بسمك مختلف يتراوح  $(1000 - 4000) \text{Å}$  على قواعد زجاجية ودراسة الخواص الكهربائية المتناوبة ضمن مدى درجات الحرارة (273-373) باستخدام أقطاب من النحاس وتضمنت دراسة الخواص الكهربائية للتوصيلية المتناوبة وثابت العزل بجزيئية الحقيقي والخيالي وظل زاوية الفقدان، وقد بينت النتائج زيادة التوصيلية المتناوبة بزيادة كل من السمك ودرجة الحرارة، وزيادة في قيم السعة مع زيادة الحرارة ونقصانها مع زيادة التردد كما لوحظ نقصان في قيم كل من ثابت العزل بجزيئية الحقيقي والخيالي وظل زاوية الفقدان بزيادة التردد.

الكلمات المفتاحية: أشباه الموصلات - أغشية رقيقة - زنك سلينايد - الخواص الكهربائية

## المقدمة

### توصيلية التيار المتناوب A.C Conductivity

العشوائية في الترتيب الذري أو التركيب Composition للمواد تؤدي إلى إحداث مستويات الكترونية موضعية لهذه المواد ولن التوصيلية المتناوبة تستخدم لدراسة خواص المواد وتقاس التوصيلية الكلية بالمعادلة الآتية [1,2,3,4,5]:

$$\sigma_t = \sigma_{ac} + \sigma_{dc} = AW^S \quad \dots\dots\dots (1)$$

$\sigma_{ac}$  التوصيلية المتناوبة

$\sigma_{dc}$  التوصيلية المستمرة

S.A ثوابت تحدد حسب طبيعة المادة

W تمثل طاقة الإثارة للقفز

استنادا إلى دافيز - ماوت فإن الميكانيكيات الثلاثة لانتقال الشحنات ضمن توصيلية التيار المستمر D.C

Conductivity يمكن استخدامها ضمن توصيلية التيار المتناوب  $\sigma_{ac}$  كما يأتي:

a. النقل بواسطة حاملات الشحنة المثارة إلى المستويات الممتدة قرب  $E_c, E_v$  لهذا فان التوصيلية  $\sigma(w)$  تعطى وفق

المعادلة الآتية [6]:

$$\sigma(w) = \sigma_{(o)} / (1 + w^2 \tau^2) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma_{(o)} = n e^2 \tau / m^* \quad \dots\dots\dots (3)$$

اذ ان

$\tau$  زمن الاسترخاء ويكون مقداره صغير جدا

$m^*$  الكتلة الفعالة

$\sigma(w)$  التوصيلية لحاملات الشحنة

$\sigma_{(o)}$  التوصيلية الابتدائية

$e$  شحنة الإلكترون

$n$  تركيز الالكترونات

b. التوصيلية الناتجة عن انتقال الالكترونات بواسطة القفز بطاقات قرب مستوى فيرمي وكثافة مستويات طاقة محددة ضمن مستوى فيرمي  $N(E_f)$  وتعطى قيمة التوصيلية بالمعادلة الآتية:

$$\sigma(w) = (\pi e^2 K T / 3) (N(E_f))^2 a^{-5} w \left[ \hbar \left( \frac{1}{w \tau} \right) \right]^4 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$K$  كلفن

$T$  درجة الحرارة

$\hbar$  ثابت بلانك

$N$  عدد المستويات التي تساهم في عملية التوصيل

$a$  ثابت عددي

يوضح الشكل (1) تغير التوصيلية دالة للتردد

c. الانتقال بواسطة الشحنات المثارة ضمن المستويات الموضعية عند حافات حزم التكافؤ والتوصيل ويعبر عن قيمة التوصيلية بالمعادلة الآتية:

$$\sigma(w) \propto w \left[ \ln \left( \frac{1}{w \tau} \right) \right]^4 \quad \dots\dots\dots (5)$$

## نماذج التوصيلية المتناوبة (A.C Conductivity Models)

### 1- نموذج النفق الميكانيكي الكمي (QMT) Quantum Mechanical Tunneling:

وفقا لهذا الانموذج فان حاملات الشحنة سوف لا تنتط فوق حاجز الجهد بين المراكز الذرية وإنما تحفز نفقا خلاله بفعل التوازن بين هذين المركزين الذي يولده تسليط المجال الكهربائي الخارجي وتعطى التوصيلية المتناوبة في حالة اشتقاق الميكانيك الكمي في المعادلة الآتية [6]:

$$\sigma_{(w)} = \left( ce^2 K_B T / \alpha \right) \left[ N^2 (E_f) \right]^2 w R_w^4 \quad \dots\dots (6)$$

اذ ان

c ثابت عددي

$\alpha$  دالة التحلل النصف قطرية

$R_w$  مسافة الانتفاق المميزة:

اذ ان :

$$R_w = \frac{1}{2\alpha} \ln \left( \frac{1}{w \tau_0} \right) \quad \dots\dots (7)$$

$\tau_0$  زمن الاسترخاء

وان قيمة  $\ln 1/w\tau_0$  تكون دائما موجبة

$\alpha$  دالة التحلل النصف قطرية

وان تغيير قيمة  $\sigma_{ac}$  مع  $w$  ضمن هذا الانموذج تعطى ضمن العلاقة الآتية [6]:

$$S = \frac{d(\ln \sigma_{ac}(w))}{d(\ln w)} \quad \dots\dots (8)$$

$$S = 1 - \frac{4}{\ln \left( \frac{1}{w \tau_0} \right)} \quad \dots\dots (9)$$

الشكل (2) يبين سلوك S مع التردد ودرجة الحرارة على التوالي.

## 2- أنموذج تنطط الحاجز المتلازم (CBH) Correlated Barrier Hopping:

وضع هذا الانموذج Elliott اذ يتضمن قفز حاملات الشحنات فوق الحاجز (حاجز الجهد) الموجود بين مواقع

الانتقال وتعطى التوصيلية استناد إلى هذا الانموذج على وفق المعادلة الآتية: [3, 7, 8]

$$\sigma_{ac} = \left( \frac{\pi^2 N(E_f)^2}{24} \right) \left( \frac{8e^2}{\epsilon W_m} \right)^6 \tau_0^s w^{1-s} \quad \dots\dots (10)$$

اذ ان

$\epsilon$  ثابت العزل

$\tau_0$  زمن الاسترخاء

$$B=1-s$$

$W_m$  فجوة الطاقة للمادة

## 3- تنفيق البولارونات Polaron Tunneling :

يمثل البولارون الكترونا يرافقه تشويه في البلورة ووفقا لهذا الانموذج فانه عندما يقتنص الإلكترون بسبب الحالات القريبة لمستوى فيرمي وخلال رحلة الإلكترون في الشبكة وفي أثناء سحبه للتشويه معه فانه سوف يسبب نقصاً في طاقة النظام أي أن الطاقة الكلية ( طاقة التشويه زائد طاقة الالكترونية ) للنظام في ستقل بمقدار طاقة البولارون  $W_p$ . يقسم البولارون الى نوعين هما:

## أ. البولارون الصغير Small Polaron:

في هذا النوع من البولارونات تقل طاقة النظام بسبب تغيرات التآصر الموضعي في الشبكة لانه في اثناء رحلة الالكترون في الشبكة فإنه سوف يسبب استقطابا ناتجا عن تكسر بعض الاواصر ومن هنا يكتسب البولارون طاقته وان التشويه حول مركزي الذرتين لا يحدث تداخلاً Overlap وزمن الاسترخاء بالنسبة الى البولارون الصغير عند درجات الحرارة العالية كماياتي: [9, 7, 4, 10]

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{W_H}{K_B T}\right) \exp(2 \alpha R_w) \quad \dots\dots (11)$$

$$R_w = \frac{1}{2\alpha} \left[ \ln\left(\frac{1}{W\tau_0}\right) - \frac{W_H}{K_B T} \right] \quad \dots\dots (12)$$

اما المعامل S لهذا الانموذج فيكون كما في العلاقة الاتية:

$$S = 1 - 4 / \left[ \ln\left(\frac{1}{W\tau_0}\right) - \frac{W_H}{K_B T} \right] \quad \dots\dots (13)$$

## ب. البولارون الكبير (LP) Large Polaron:

في هذا الانموذج فان التوصيل المتناوب يحدث نتيجة للبولارونات المعتمدة التي تكون كبيرة مقارنة بالمسافة بين الذرات وهذا يعرف بالبولارون الكبير وفي هذا الانموذج فان العامل الاسي S تعطى قيمته بالمعادلة الآتية [13, 12, 11] :

$$S = 1 - \frac{1}{R'_\omega} \cdot \frac{4 + 6 \left( W_{Ho} r'_o / K_B T R'_\omega \right)^2}{\left[ 1 + \left( W_{Ho} r'_o / K_B T R'_\omega \right)^2 \right]} \quad \dots\dots (14)$$

$W_{Ho}$  دالة للفواصل بين المواقع الذرية

$r_o$  نصف قطر البولارون اذ ان  $r_o = 2 \alpha r_0$  ،  $R'_\omega = 2 \alpha R_\omega$

## الجانب العملي

حضرت أغشية ZnSe بطريقة التبخير الحراري في الفراغ بسمك  $(1000 - 4000) \text{Å}$  وباستخدام منظومة تفريغ نوع (Lybold Coting Unit) بحيث يمكن الوصول بمنظومة التفريغ إلى ضغط بحدود  $(10^{-5} \text{ m bar})$  وباستخدام شرائح زجاجية ذي أبعاد  $(2.54 \times 7.63 \times 0.2) \text{ cm}$  قاعدة أساس لترسيب الأغشية عليها ونظفت كل الشرائح باستعمال الماء المقطر ومسحوق الغسيل ثم غمرت القواعد في الماء المقطر بعدها تغمر القواعد الزجاجية بكحول عالي النقاوة Pure Ethanol في جهاز الموجات فوق الصوتية مدة 15 min وجففت القواعد الأساس بوضعها في فرن بدرجة حرارة 373 K مدة 20 min ولتبخير مادة ZnSe استعمل حوض من مادة الموليبيدينوم واستعمال الألمنيوم لعمل الأقطاب الكهربائية.

ولتبخير الألمنيوم استعمل حويض من التكتستن. لغرض إجراء القياسات الكهربائية تم استخدام جهاز قدرة للتيار المستمر نوع Philips وجهاز لقياس التيار ( Keithly Digital Electrometer ).  
وتقاس درجة حرارة الانموذج بواسطة مزدوج حراري Thermo Couple الذي يتصل بعداد Thermometer من نوع Eurotherm .

## النتائج والمناقشة

من خلال دراسة الخصائص الكهربائية المتناوبة نلاحظ انخفاض قيمة سعة المتسعة مع زيادة التردد لدرجات حرارية مختلفة وهذا يتفق مع المعادلة (16) K إذ تشير إلى العلاقة العكسية بين السعة والتردد، بينما نلاحظ ازدياد سعة المتسعة مع زيادة درجة الحرارة كما توضح الأشكال (3,4) إذ إن المقاومة تقل بازدياد درجة الحرارة وعليه تزداد سعة المتسعة لان العلاقة عكسية بين كلا من السعة والمقاومة [15,14].

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{IR} \quad \dots\dots (15)$$

$$\tan \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \frac{1}{\omega RC} \quad \dots\dots (16)$$

أما تغير التوصيلية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) مع التردد فكان بشكل خطي كما توضحه الأشكال (5,6) إذ إن تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد هو دالة تصاعدية (غير تنازلية) Non-Decreasing وإن مثل هذه العلاقة يمكن أن تعزى إلى إن التوصيل يتم عن طريق القفز للإلكترونات أو الأيونات نتيجة الإثارة الحرارية Thermal Activation وهذا يتفق مع نظرية أندرسون إذ يتطابق مع الواقع النظري الذي يشير إلى أن تغير التوصيلية المتناوبة مع الترددات الواطئة اقل من MHz يكون شبه خطي، وإن التوصيلية المتناوبة تتناسب مع التردد للقوة S [17,16].

$$\sigma_{a.c} \propto \omega^S \quad \dots\dots (17)$$

العالم لونك أعطى نبذة عن جميع النماذج التي تفسر التوصيلية المتناوبة وأشار إلى أن قيمة التوصيلية المتناوبة عند الترددات العالية تصبح ذا تغير طفيف مع درجات الحرارة وأنها ذو حساسية كبيرة لدرجات الحرارة عند الترددات المنخفضة. كما يوضح الشكل (7).

إن التوصيلية المتناوبة تنتج بسبب انتقال حاملات الشحنة داخل المستويات Intestate بواسطة التنطيط أو الانتقال الموجودة داخل فجوة الطاقة وتنتج بسبب العيوب التصنيعية والشوائب والحدود الحبيبية للمواد المتعددة التبلور .

توضح الأشكال (8,9,10) تغير كل من  $\overline{\varepsilon}$  و  $\overline{\varepsilon''}$  مع التردد ودرجات حرارية مختلفة ومن ثم تغييرها مع درجات الحرارة عند قيم محددة وثم بيان تغير قيم ظل زاوية فقدان  $\delta$  مع التردد ودرجات حرارية مختلفة كما مبين بالشكل (11,12)

من هذه الأشكال يمكن ملاحظة أن قيم  $\overline{\varepsilon}$  و  $\overline{\varepsilon''}$  تزداد مع زيادة درجات الحرارة، بينما نلاحظ انخفاضها وأنها تصبح شبه ثابتة ولا تعتمد على تغير درجات الحرارة Temperature Independent عند الترددات العالية كما ان انخفاض قيم  $\overline{\varepsilon}$  مع زيادة التردد هو انخفاض طفيف وهذا يتفق مع المصدر [18] وإن قيمها تأخذ القيم العالية عند الترددات الواطئة وتزداد بازدياد درجات الحرارة.

لتفسير نقصان  $\bar{\mathcal{E}}$  مع التردد على أساس حدوث تأخير في حركة ذرات المادة بالنسبة إلى زمنذبذبة المجال الكهربائي ( أي ان زمن استرخاء المادة اكبر من زمنذبذبة المجال الكهربائي)[19].

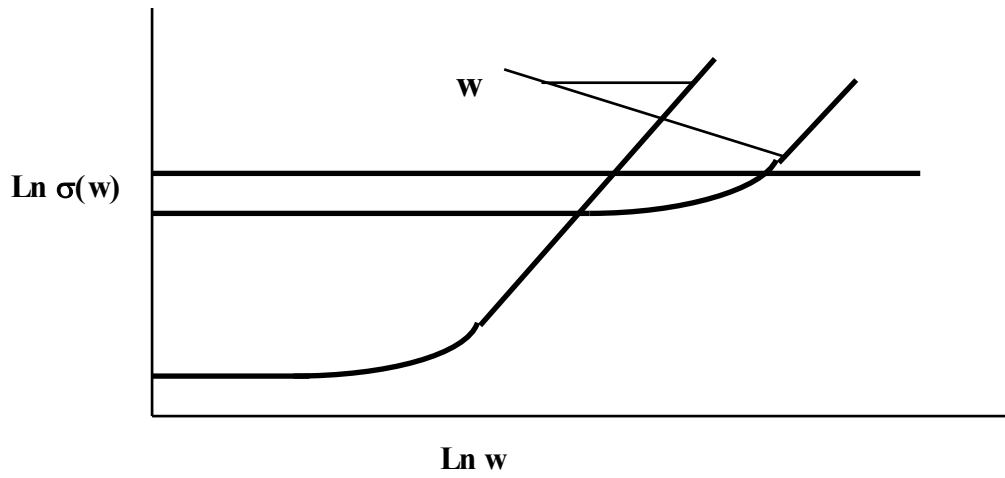
أما الجزء الخيالي لثابت العزل  $\bar{\mathcal{E}}$  فسلوكه مشابه لسلوك التوصيلية ( $\sigma_{a.c}$ ) لارتباطه معه بالعلاقة ( $\bar{\mathcal{E}} = \frac{\sigma}{\omega\epsilon_0}$ )

ولكن بصورة معاكسة وذلك لان  $\bar{\mathcal{E}}$  يتناسب عكسيا مع التردد [7].

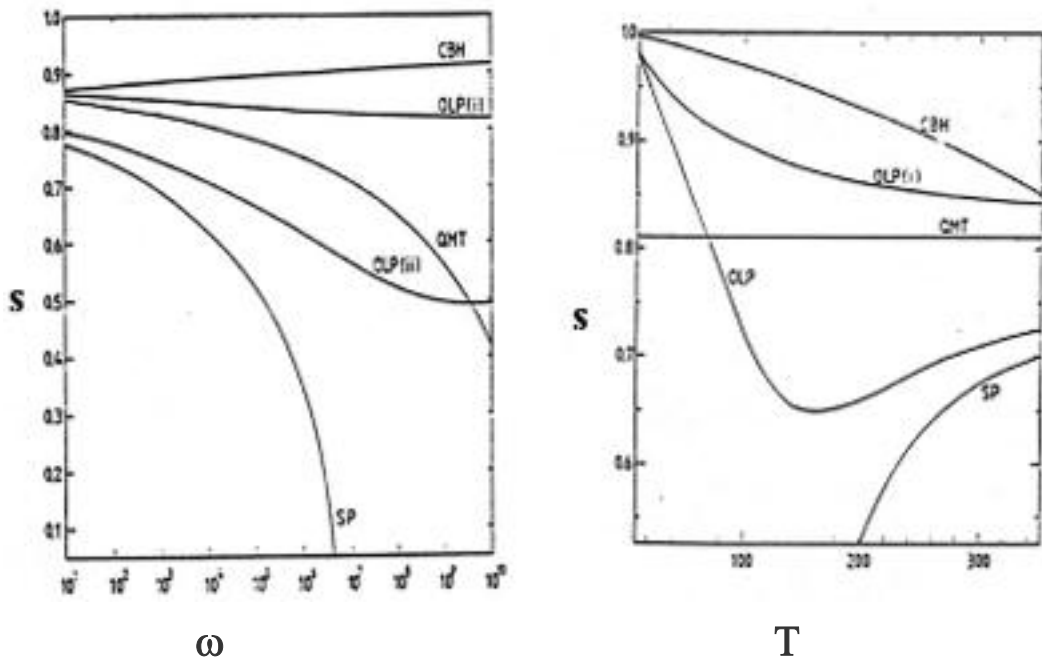
العامل الأسي S فان قيمته تمثل درجة اعتماد توصيلية التيار المتناوب على التردد من خلال العلاقة  $\sigma(\omega) \propto \omega^S$  التي لها أهمية كبيرة في معرفة الميكانيكية التي تم بها التوصيل الكهربائي ثم حسابها من رسم العلاقة بين التوصيلية المتناوبة مع التردد ولقد تبين أن قيم S تقل بارتفاع درجات الحرارة كما يبين الشكل (13,14).

## المصادر

1. Omar, M. A. (1975), Elementary Solid State Physics, Addition-Wesley Publishing Company.
2. Akira Doi, (1988), Thin Solid Film, J. Appl. Phys, 63(1):121
3. Elliott, R. (1978), Physics of Thin Film, Phil. Mag, B, 37(5) :553
4. Elliott, S. R. (1987), Thin Film Technology, Adv. Phys, 36 (2) :135
5. Zawadzki, W., (1989), Mechanism of Electron Scattering in Semiconductors, Poland,
6. Long A. R. (1982), Electronic Transport in Amorphous Semiconductors, Adv. Phys, (31) :553
7. Kaldis, E. (1982), Current Topics in Materials Science, North Holland, Elsevier Science Ltd.
8. Elliott, S. R. (1978), "Semiconductors Device Physics and Technology, Phil. Mag, B, 38 (4).
9. Austen, I. G. (1969), Optical and Infrared Detector", Adv. Phys, 18 (71).
10. يوسف، مؤيد جبرائيل (1989)، فيزياء الحالة الصلبة مطبعة جامعة بغداد/ الجزء الأول والثاني، 10.
11. Bedir, M.; Oztaz, M.; Aloglu, O.F and Ormans, R. (2004), Department of Engineering physics, University of Gaziantep, Turkey.
12. Park M. R. and Anderson, W. A. (1998), Microelectronic Fabrication Lab, Slovak University of Technology, Ilkovicova 3, 812 19 Bratislava.
13. Yakoyama, M. J. (1998), Thin Film Device and Application, Crystal Growth, 27(8).
14. الجمال، محمد عبد المقصود - (1989) الفيزياء التطبيقية- جامعة الإسكندرية.
15. Serway, A. (2000) Physics for scientists and Engineers with modern Physics, 5th edition, copyright.
16. Fritzche, H. J. Non (1971), Semiconductor Physics and Application, Crystalline solid, 6, :49.
17. Brodsky, M. H. (1979) Amorphous Semiconductors, Springer- Verlage.
18. Imaizumi, M. J. (1996), Infrared Material Data, Crystal Growth, 159, :257-260.
19. Kirecv, P. S. (1978), Semiconductor Physics, Mir Published, 2nd edition,.

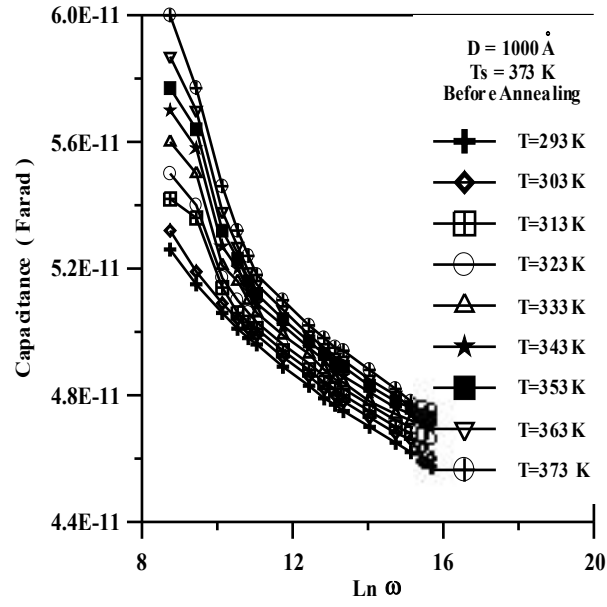
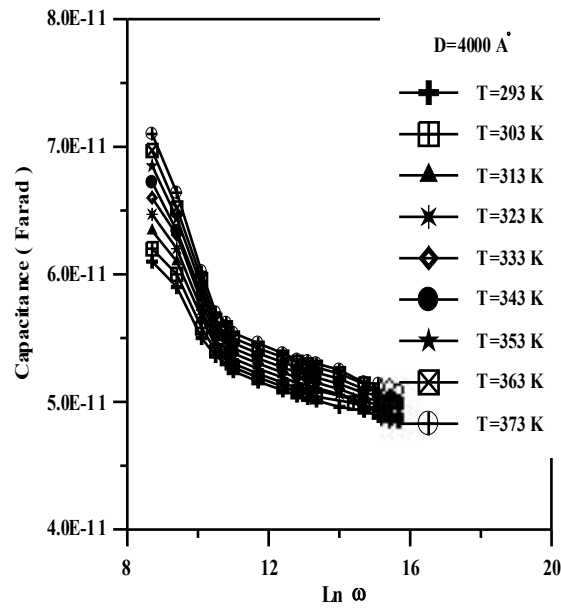


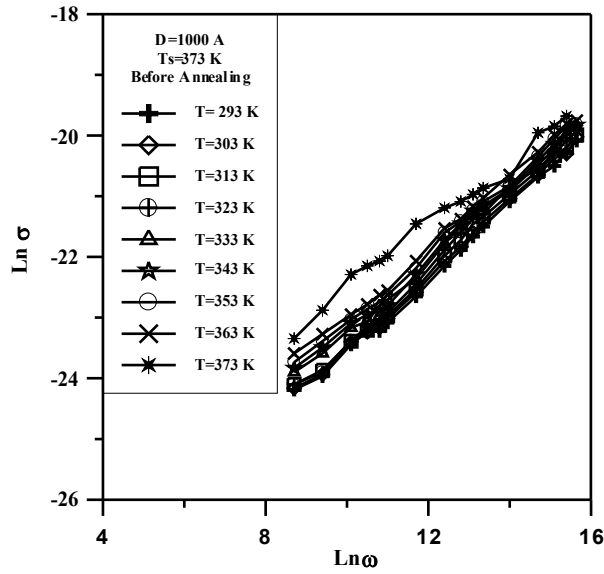
شكل (1): تغير التوصيلية المتناوبة مع تغير التردد [6]



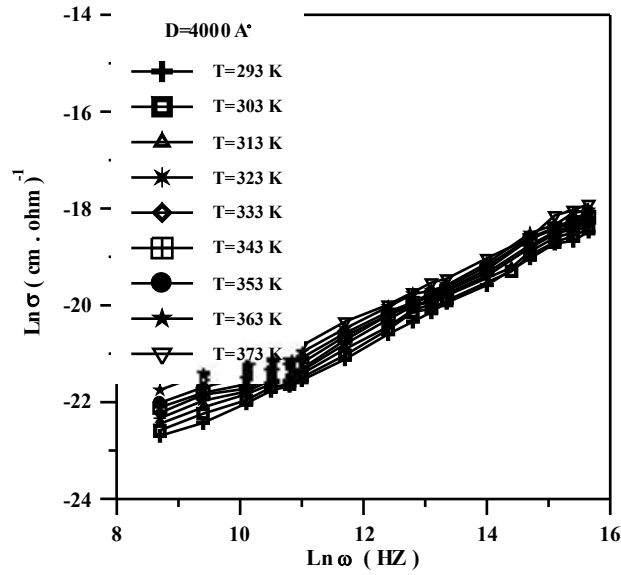
شكل (2): يمثل اعتماد العامل S على كل من التردد ودرجة الحرارة [7]



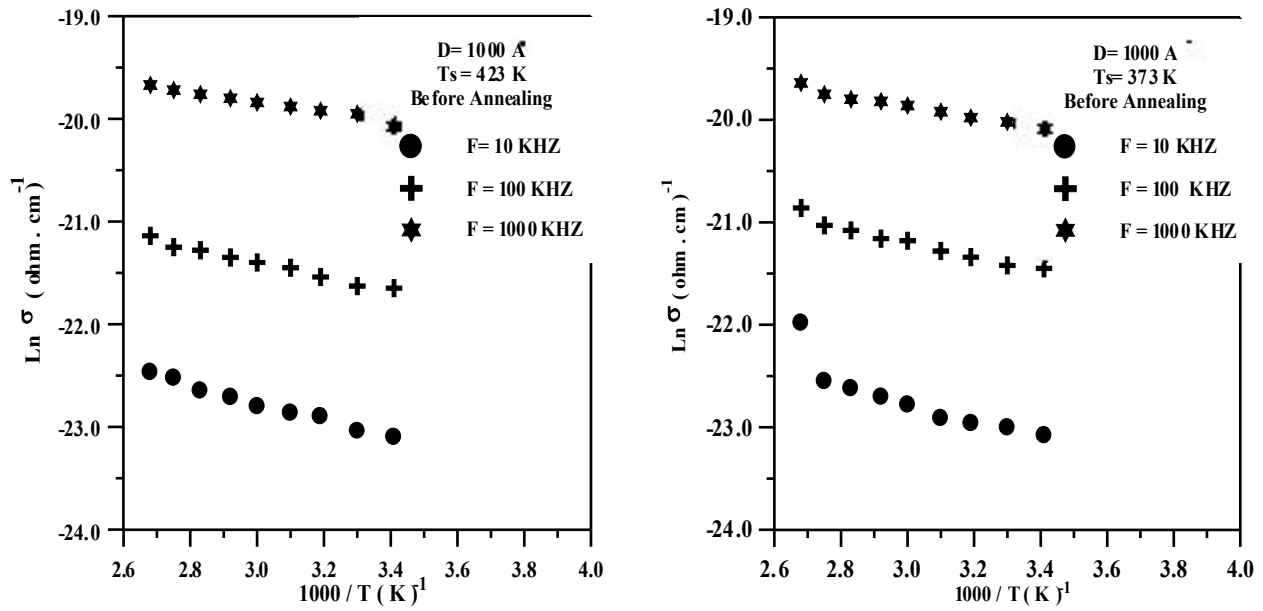
شكل (3): العلاقة بين سعة المتسعة والتردد ودرجات حرارية مختلفة بسمك  $1000 \text{ \AA}^0$ شكل (4): العلاقة بين سعة المتسعة والتردد وسمك  $4000 \text{ \AA}^0$



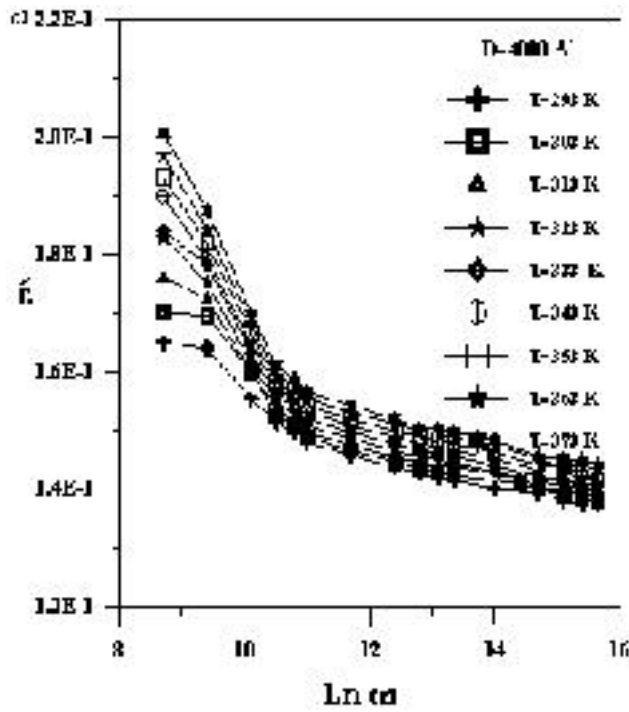
شكل (5): العلاقة بين التوصيلية والتردد ولسمك  $1000\text{\AA}$



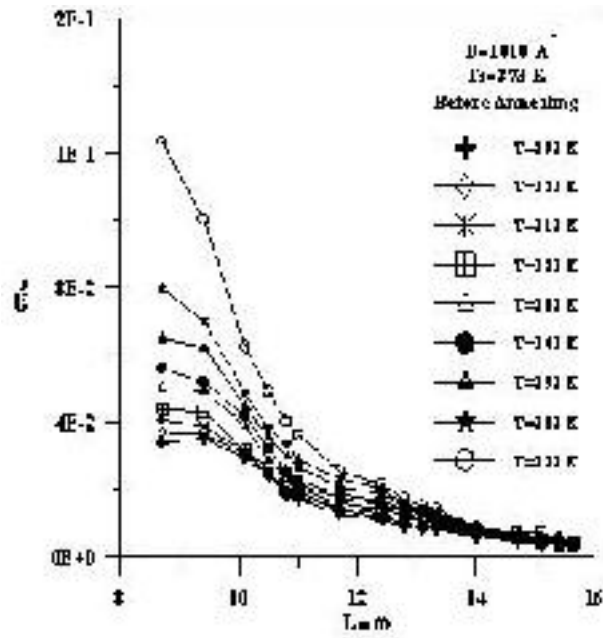
شكل (6): العلاقة بين التوصيلية والتردد ولسمك  $4000\text{\AA}$



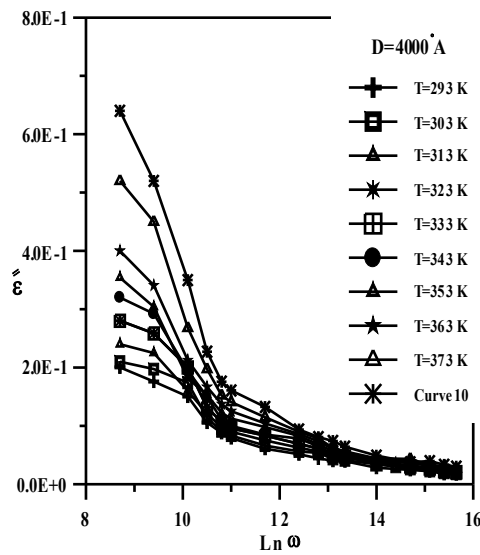
شكل (7): العلاقة بين التوصيلية مع مقلوب درجة الحرارة



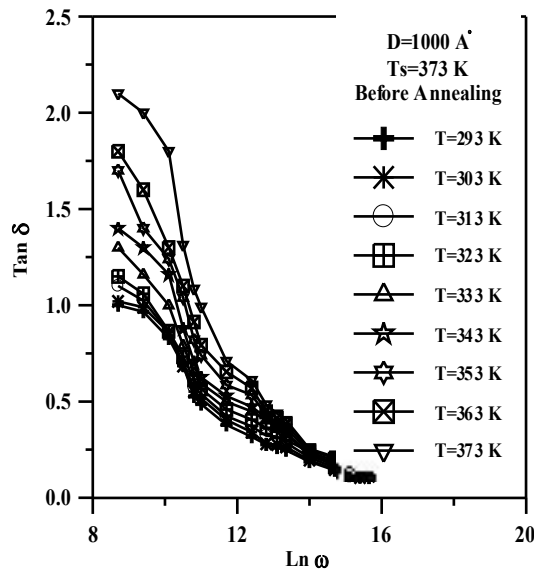
شكل (8): تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي مع التردد بسمك  $4000 \text{ \AA}$



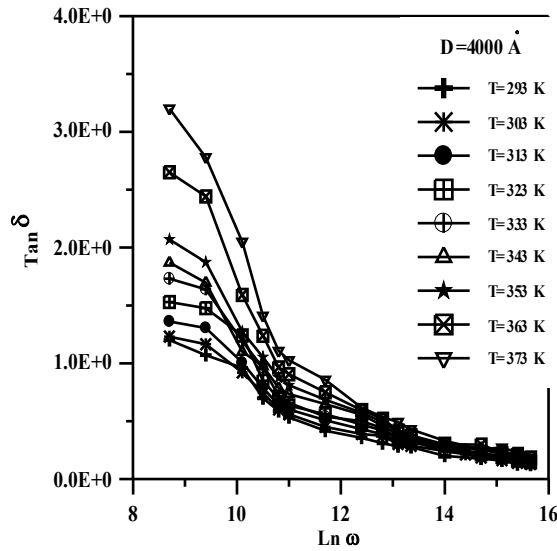
شكل (9): تغير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي مع التردد وبسمك  $1000A^\circ$



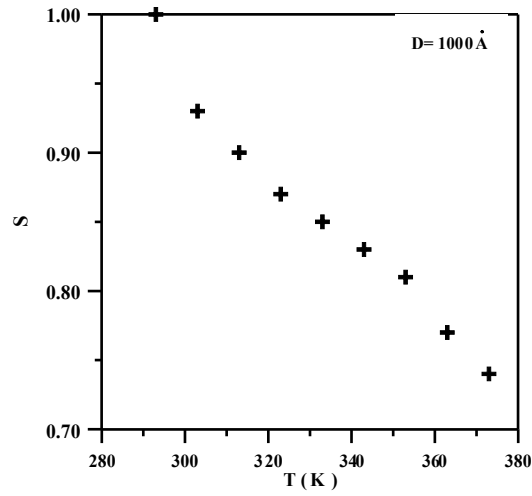
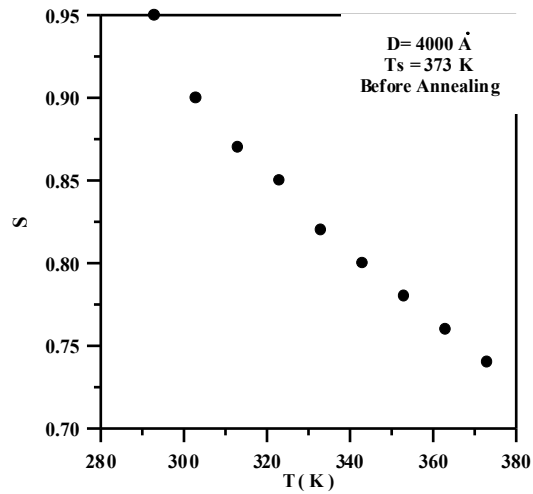
شكل (10): تغير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي مع التردد وبسمك  $4000A^\circ$



شكل (11): تغير ظل زاوية الفقدان مع التردد بسمك  $1000\text{Å}$



شكل (12): ظل زاوية الفقدان مع التردد ودرجات حرارية مختلفة وبسمك  $4000\text{Å}$

شكل (13): قيم المعامل S مع درجات الحرارة ويسمك  $1000\text{Å}$ شكل (14): قيم المعامل S مع درجات الحرارة ويسمك  $4000\text{Å}$

