

# دراسة الخواص الكهربائية لأغشية اوكسيد الكاديوم

نيران فاضل عبد الجبار

قسم الفيزياء ، كلية التربية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

## المخلص :

تضمن هذا البحث دراسة الخواص الكهربائية لغشاء CdO المحضر بطريقة الرش الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية فحسبت التوصيلية المستمرة  $\sigma_{d.c}$  وللمدى الحراري K0 (336-400) اذ بينت الدراسة ان اوكسيد الكاديوم يمتلك توصيلية عالية وطاقة تنشيط واحدة له تساوي (0.629)eV ضمن المدى الحراري K0 (336-400) وان التوصيلية المتناوبة هي دالة متزايدة مع التردد . كما لوحظ ان المعاملة الحرارية ادت الى تقليل التوصيلية المتناوبة والتوصيلية المستمرة وزيادة طاقة التنشيط .

## المقدمة :

ان الخواص الكهربائية للأغشية الرقيقة تعتمد بصورة رئيسية على طريقة وظروف تحضير الأغشية. وهذه مهمة لمعرفة ميكانيكية التوصيل الكهربائي ونوع حاملات الشحنة وتركيزها في الموصل .

## التوصيلية المستمرة D.C Conductivity

إن شبه الموصل وفي درجة حرارة الصفر المطلق تكون حزمة التكافؤ مملوءة تماماً وحزمة التوصيل فارغة تماماً . وعند رفع درجة حرارة شبه الموصل فإن الإلكترونات الموجودة في قمة التكافؤ سوف تنثار حرارياً وتنتقل إلى حزمة التوصيل مخلفة ورائها فجوة في حزمة التكافؤ. أن امتلاء حزمة التوصيل جزئياً بالإلكترونات يتسبب في سريان تيار كهربائي عند تسليط مجال كهربائي . لذا فان الفجوات المتكونة في حزمة التكافؤ تساهم في التوصيلية الكهربائية وان الإلكترونات في هذه الحزمة سيكون باستطاعتها الانتقال إلى هذه الفجوات عند تسليط مجال كهربائي وبهذا تكتسب ما يسمى بسرعة الانسياب [1] (Drift velocity) . وبذلك سيتكون في هذه العملية نوعان من حاملات الشحنة (Charge Carriers) الإلكترونات في حزمة التوصيل والفجوات في حزمة التكافؤ . إن كثافة التيار الناتج تساوي المجموع الكلي لكثافة التيار العائد لكل من الإلكترونات والفجوات:

$$\bar{J} = \bar{J}_N + \bar{J}_P = (Ne\mu_N + Pe\mu_P) \bar{E} \dots\dots\dots (1)$$

حيث إن :

$J_N, J_P$  : كثافة تيار الإلكترونات والفجوات .

$P, N$  : عدد الإلكترونات والفجوات لوحدة الحجم .

$e$  : شحنة الإلكترون .

$\mu_N, \mu_P$  : تحريكية Mobility كل من الإلكترون والفجوة على التوالي .

$E$  : شدة المجال الكهربائي المسلط .

من المعادلة (1) يمكن أن نجد ان التوصيلية الكهربائية لشبه الموصل تساوي التوصيلية الناتجة عن طريق حاملات الشحنة السالبة ( الإلكترونات ) والتوصيلية الناتجة عن طريق حاملات الشحنة الموجبة ( الفجوات ) ولذلك يمكن كتابة معادلة التوصيلية الكلية كما يلي :-

$$\sigma = Ne\mu_N + Pe\mu_P \dots\dots\dots (2) [2,3]$$

ويستدل من المعادلة أعلاه اعتماد التوصيلية الكهربائية على عاملين أساسيين هما كثافة حاملات الشحنة وتحركية هذه الحاملات داخل المادة تحت تأثير المجال الكهربائي، وان مقدار التحركية يحدد بواسطة التفاعل

بين الإلكترونات وموجات الشبكة أو الفوتونات وهي تعتمد على درجة الحرارة، حيث وجد ان التحركية بصورة عامة تعتمد على  $[T^{-3/2}]$  [4، 10]. إن أشباه الموصلات تمتلك مقاومة ذات معامل حراري سالب . ويمكن وصف تغير التوصيلية مع درجة الحرارة بالمعادلة :-

$$\sigma = \sigma_0 \exp \left[ \frac{E_a}{K_B T} \right] \dots\dots\dots (3) [5]$$

حيث  $\sigma_0$ : ثابت يمثل غاية (limite) التوصيلية عند درجات الحرارة العالية.

$E_a$ : طاقة التنشيط (activation Energy) للتوصيلية الكهربائية .

$K_B$ : ثابت بولتزمان Boltzman's constant

$T$ : درجة الحرارة المطلقة .

$$K_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

عند درجات الحرارة العالية فتتولد التوصيلية بسبب حدوث عملية الانبعاث الأيونية الحراري (Thermionic Emission) حيث تمتلك الحاملات طاقة كافية لعبور حاجز الجهد [6].

تم حساب  $\sigma_{d.c}$  بعد قياس مقاومة الغشاء P (Resistivity)

$$P = R \frac{b.t}{L} \dots\dots\dots (7)$$

حيث إن :

$R$ : مقاومة الغشاء (ohm).

$b$ : عرض الغشاء الرقيق (cm).

$t$ : سمك الغشاء الرقيق (cm).

$L$ : المسافة بين قطبي الألمنيوم (cm).

ومن حساب المقاومة تم حساب التوصيلية المستمرة  $\sigma_{d.c}$  من مقلوب

$$\sigma_{d.c} = \frac{1}{P}$$

## التوصيلية المتناوبة A.C. Conductivity

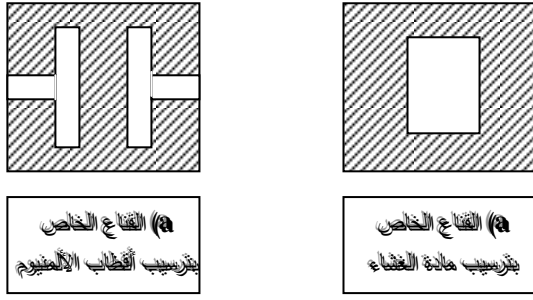
إن التوصيلية المتناوبة المقاسة ضمن القياسات العملية تمثل التوصيلية الكلية  $\sigma_{total}(w)$  للنموذج المقاس عند تردد ودرجة حرارة معينين أي إن :

$$\sigma_{total}(w) = \sigma_{a.c}(w) + \sigma_{d.c} \dots\dots\dots (4) [5]$$

حيث إن :

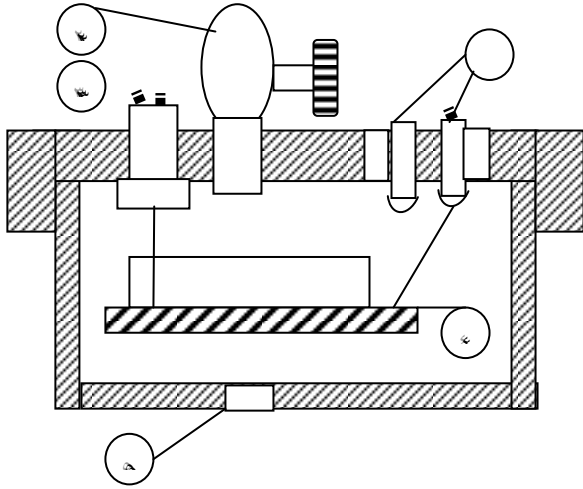
$\sigma_{d.c}$  : تمثل ايصالية المادة للتيار المستمر وتكاد لا تتغير مع التردد وهي

ايصالية ناتجة عن انتقال حاملات الشحنة داخل المادة [13] .



شكل (٢) الأقتعة الخاصة بالقياسات الكهربائية .

تم إجراء قياسات التوصيلية المستمرة  $\sigma_{d.c}$  للغشاء المحضر والذي عومل حرارياً وللمدى الحراري  $k^0(350-490)$  ، والشكل (٣) يوضح منظومة جهاز قياس التوصيلية الكهربائية حيث توضع العينة المراد قياس توصيليتها كدالة لدرجة الحرارة داخل الحاوية المعدنية حيث تثبت على قاعدة خاصة بها بواسطة لاصق الفضة (Silverpast) ويثبت على جانب العينة مزدوج حراري من نوع (NiCr-Ni) ينفذ من خلال الحاوية إلى جهاز قياس درجة حرارة الغشاء (Thermometer) يتم توصيل أقطاب الغشاء المراد دراسته بأسلاك من النحاس المرن ذات المقاومة الواطئة والتي توصل عبر سلكي التوصيل إلى خارج الحاوية والارتباط بالدائرة الخارجية كما موضح بالشكل (٤) .



شكل (٣) جهاز قياس التوصيلية الكهربائية

- 1)Electrical Feed Through.
- 2) Air Inlet.
- 3)Thermocouple.
- 4) Sample.
- 5) To Vacuum System.

$\sigma_{a.c}$  : تمثل الايصالية المتناوبة والتي قد تنتج عن القفز بين مراكز الخلل (Defect centers) في المادة .

نقاس التوصيلية الكهربائية كدالة للتردد (w) لمجال كهربائي متناوب، حيث تتغير التوصيلية المتناوبة مع التردد بموجب العلاقة :

$$\sigma_{a.c}(w) = Aw^s \dots\dots\dots(5)$$

حيث إن :

A : ثابت يتحدد حسب طبيعة المادة .

S : معامل أسّي (Exponential Factor) الذي يعتمد على نوع المادة ودرجة الحرارة ، ويمكن حساب قيمته من خلال رسم العلاقة بين لوغاريتم التوصيلية والتردد حيث نحصل على جزء مستقيم تقريباً يميل بمقدار s الشكل (١) يوضح تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد [١٣].

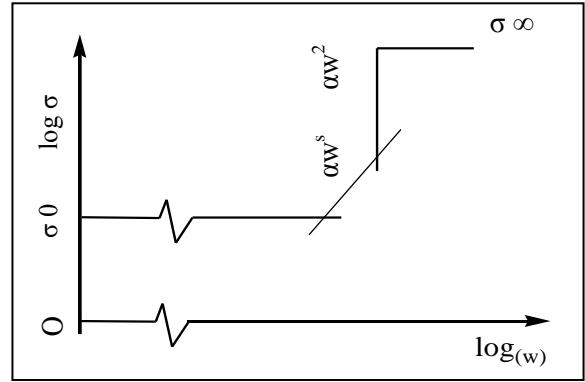
ان التوصيلية المتناوبة  $\sigma(w)$  تتغير خطياً مع درجة الحرارة [6] وكذلك تتناسب التوصيلية المتناوبة تناسباً طردياً مع معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) وفق العلاقة [7].

$$\alpha = 4\pi \sigma(w) / n_f C \dots\dots\dots(6)$$

حيث إن :

$n_f$  : معامل انكسار المادة ، c : سرعة الضوء في الفراغ .

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$$



شكل (١) تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد  $\sigma_0$  تمثل التوصيلية المستمرة [7]

### المعاملة الحرارية (Annealing)

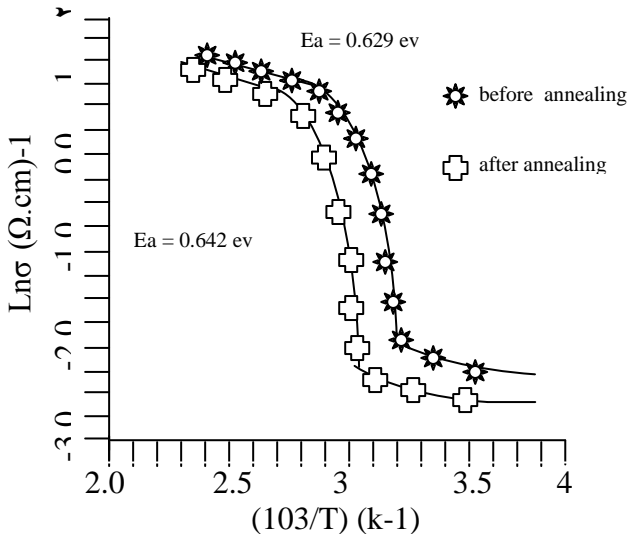
إن تعريض الغشاء لدرجة حرارية معينة ولفترة محددة تدعى بالمعادلة الحرارية . وقد تجري المعاملة الحرارية بالفراغ أو بوجود غاز معين أو بالهواء وقد تم إجراء المعاملة بأفران خاصة أو باستخدام تقنية الليزر (٦). إن دراسة المعاملة الحرارية يؤدي إلى فهم تأثير العيوب التركيبية على الانتقالات الالكترونية في المادة . [8]

### طريقة العمل :

تم حساب التوصيلية المستمرة  $\sigma_{d.c}$  والموصيلية المتناوبة  $G_{a.c}$  بعد تحضير غشاء اوكسيد الكادميوم الذي تم تحضيره بطريقة الرش الكيميائي ويسمك ( $2.44 \times 10^{-4} \text{ A}$ ) وتم قياس سمكه بالطريقة الوزنية وبمعدل رش ٢٣ رشة . وتم تحضير قناع من الألمنيوم الرقيق كما موضح بالشكل a (٢) استعمل في هذا القناع أثناء عملية ترسيب الغشاء ومن ثم ترسيب أقطاب من الألمنيوم باستخدام القناع الموضح بالشكل b (٢) . وقد استخدم سلك من الألمنيوم بنقاوة % ٩٩,٩٥ لغرض ترسيب أقطاب الألمنيوم .

ويرسم العلاقة البيانية بين  $(\ln \sigma)$  ومقلوب درجة الحرارة  $(10^3/T)$  تم حساب طاقة تنشيط مادة الغشاء حيث إنها تساوي ميل المستقيم المستخرج من الرسم البياني مضروباً بثابت بولتزمان [9] .  
من نتائج قياس التوصيلية نجد ان التوصيلية تزداد بزيادة درجة الحرارة وهي سمة عامة من سمات أشباه الموصلات [4 , 11] .  
كما نجد ان CdO يمتلك توصيلية عالية بحدود  $(8.6 \times 10^{-2}) (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$  بدرجة حرارة الغرفة .

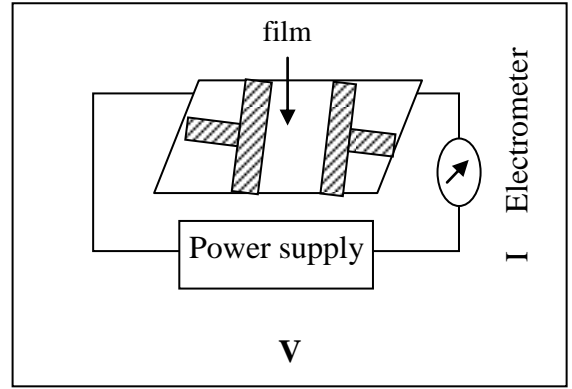
بين الشكل (٧) العلاقة بين  $(\ln \sigma)$  و  $(103/T)$  لغشاء CdO ونلاحظ من الشكل أن تغير التوصيلية يكون قليلاً جداً للمدى الحراري (300-336) K<sup>0</sup> ويعزى ذلك إلى إن الغشاء يكون غير مستقر حرارياً ضمن هذا المدى بينما نلاحظ هناك زيادة سريعة في قيمة التوصيلية ضمن المدى الحراري (336-400) K<sup>0</sup> ومن ثم تأخذ التوصيلية بالتذبذب أي تم الحصول على طاقة تنشيط واحدة ضمن المدى الحراري (336-400) K<sup>0</sup> وكانت قيمة هذه الطاقة لغشاء CdO (0.629 eV) . ونلاحظ من الشكل نفسه تناقص قيم التوصيلية عند إجراء المعاملة الحرارية .  
وعند مقارنة هذه الحسابات مع الدراسات السابقة [ المصدر ١٢ ] وجدت انها مغاربة للدراسة الحالية والتي كانت قيمة طاقة التنشيط (٠,٦٣١) eV قبل التلدين وبعد التلدين (٠,٦٧٢) eV .



شكل (٧) العلاقة بين  $(\ln \sigma)$  و  $(103/T)$  لغشاء CdO

#### الموصلية المتناوبة A.C Conductance

تم حساب الموصلية الغشاء المحضر من خلال حساب مقاومة مادة الغشاء عند تسليط مجال كهربائي متناوب بين طرفيه ومن ثم حساب قيمة الموصلية المتناوبة من العلاقة :  $G_{a.c} = 1/R$  .  
ويحساب الموصلية المتناوبة تمت دراسة طبيعة تغير الموصلية المتناوبة مع التردد يرسم العلاقة بين  $\log F$ ,  $\log G$  ومن الشكل (٨) نجد ان تغير الموصلية المتناوبة مع التردد يكون قليلاً لمدى الترددات (2.4-2.5) KHZ ثم يبدأ بزيادة تكاد تكون خطية . كما يوضح الشكل نفسه تأثير المعاملة الحرارية لغشاء CdO على الموصلية المتناوبة حيث نجد ان هنالك نقصاناً قليلاً في قيمته .

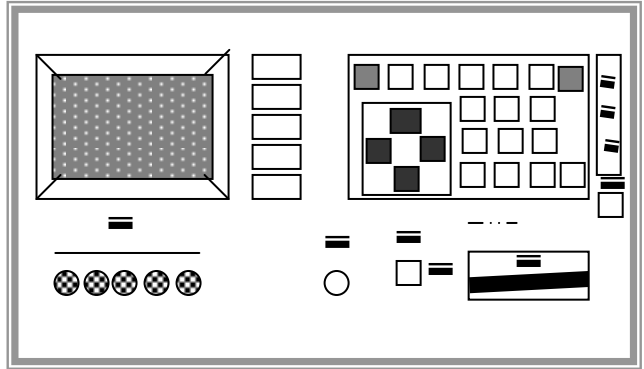


شكل (٤) الدائرة الخارجية لقياس التوصيلية المستمرة

ويتم بعد ذلك تسخين الغشاء بواسطة لهب بنزن واخذ قراءات المقاومة لكل (٧) درجات حرارية وللمدى الحراري (350-490) K<sup>0</sup> ومن ثم تحسب التوصيلية وطاقة التنشيط .

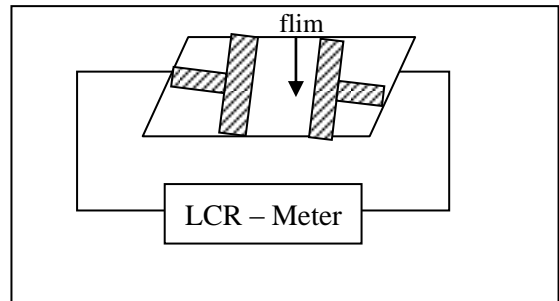
#### قياس الموصلية المتناوبة A.C. Conductance Measurement

تمت قياسات الموصلية المتناوبة للغشاء المحضر باستخدام المنظومة في الشكل (٥).



شكل (٥) صورة لجهاز (LCR – Meter)

حيث تم حسابها كدالة للتردد ولمدى الترددات (103-106) HZ باستخدام جهاز (LCR – Meter) المجهز من شركة (Hewlett Packard) . أما الدائرة الخارجية المستخدمة لقياس الموصلية المتناوبة فموضحة بالشكل (٦) .

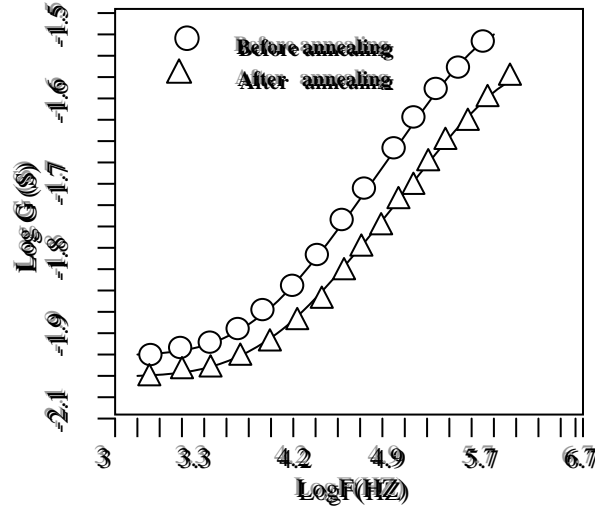


شكل (٦) الدائرة الخارجية المستخدمة لقياس الموصلية المتناوبة

#### النتائج والمناقشة

ومن حساب المقاومة تم حساب التوصيلية المستمرة  $\sigma_{d.c}$  من مقلوب

$$\sigma_{d.c} = \frac{1}{P}$$



شكل (٨) تغير الموصلية المتناوبة مع التردد لغشاء cdo

## References

1. صبحي سعيد الراوي وشاكر جابر شاكر وياسين مولود حسن ،  
فيزياء الحالة الصلبة.
2. J.P.Suchet , "Electrical Conduction In Solid materials" (Pregam on press, 1975).
3. S.M . Sze , physics of Semiconductor Devices (john wiley & sonsInc ,1969).
4. وكاع فرحان الجبوري وفهر غالب حياتي "الخواص الكهربائية والمغناطيسية للمواد" ١٩٨٥ .
5. G.Bush and H.Schade, lectures on Solid state physics ( pregam on press, vo,79,1976 ).
6. J.YW.Seto,"The electrical properties of poly crystalline Silicon films " J.App phys,Vo. 46,no 12 , p(5247).(1975).
7. P.Nagels,Electronic Transport In Amorphous Semiconductors" In " Topic In Applied physics
- Amorphous Semiconductor " ( s pringer-verlarge,Berlin . vo.36 . 1988).
8. K.L.Chopra , "Thin flims phenomena " , (Mc Graw-Hill,Newyork, 1969)
9. B.L.Evans and G.Y.Nasser.The DC Conductivity of carbon films" phys.stat .(vo.110 p. 165)".
10. K.L.Chopra , " Thin flims phenomena" , (Mn Graw – Hill ,Newyork , 1969) .
11. B.L.Evans and G.Y.Nasser .The DC conductivity of carbon films " phys.stat .(vo.110 p.165)".(1988).
12. INTESSAR.H.H " Optical & electrical properties of Cadmium Oxide(CdO) thin Films ( 1997).
١٣. إيمان محمد نوري ( دراسة الخواص البصرية والكهربائية لاغشية  
او كسيد الكاديوم ) الجامعة المستنصرية ( ٢٠٠٠ ) .
14. Moreno , et , al , "Thin films spatial filters , optical letters 30, 914-916 (2005).

## Electrical Properties of Cadmium oxide (CdO) Thin Films

Neran F. Abd al- Jabar

Physical Department, Education College, Tikrit University, Tikrit, Iraq

### Abstract

The electrical Properties of cadmium oxide Thin films have been studied Thin films were Prepared by chemical spray phrolysis deposition method on glass substrates.

Electrical Properties are include determining of D.C. Conducitivity in the temperature range (336-400)k0 , the results show only one mechanism with one value of activation of freaquency .Also the A.C. Conductance was studied as a function of frequency(103 – 106 )HZ . which found as increasing function.

he influence of annealing upon structural electrical properties of the prepared film were studied too . annealing cause an increasing in activation energy.