

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم
المحضر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم المحضر بطريقة الرش الكيميائي الحراري

م. م. بان خالد محمد

قسم العلوم التطبيقية- الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

تم في هذا البحث ترسيب غشاء أكسيد الكاديوم CdO الرقيق وهو مادة شبه موصلة عشوائية الترتيب ، شوب بالكور مره ثم باليود مره اخرى على قواعد زجاجية بطريقة الرش الكيميائي بدرجة حرارة ارضية (773K) كذلك درست الخواص الكهربائية بدراسة كل من التوصيلية المستمرة و التوصيلية المتناوبة . فيما يخص التوصيلية المستمرة درست العلاقة بين التوصيلية ودرجة الحرارة قبل وبعد المعاملة الحرارية للغشاء غير المشوب كما درست العلاقة ذاتها للاغشية المشوبة وايجاد طاقة التنشيط لكل حالة .وقد وجد ان التوصيلية لغشاء أكسيد الكاديوم المشوب تقل بزيادة درجة الحرارة بعد ان كانت تزداد قبل التشويب ، بينما ازدادت طاقة التنشيط الى 0.631 eV .
اما فيما يخص التوصيلية المتناوبة لوحظ ان هنالك تغير في التوصيلية المتناوبة مع التردد قبل وبعد المعاملة الحرارية لغشاء أكسيد الكاديوم CdO غير المشوب . وكذلك من دراسة العلاقة ذاتها للاغشية المشوبة حيث وجد ان التوصيلية المتناوبة تزداد مع زيادة التردد وتكون الزيادة سريعة عند الترددات العالية . اما عند اجراء المعاملة الحرارية فقد تم ملاحظة انخفاض قليل في قيمة الموصلية المتناوبة .

“ Study The Effect of Doping and Annealing on The Electrical Properties of Cadmium Oxide thin films deposited by chemical Spray Pyrolysis Method ”

Ban K. Mohamed
Applied Science Dept
University of Technology

Abstract

In this research Cadmium Oxide thin films semiconductor non crystalline are deposited on substrate by chemical Spray Pyrolysis Method then it is doped by Cl than by I and in (773K) substrate temperature.

The electrical characteristics study by measure the characteristics of electrical conductivity and alternating conductivity . In the case of electrical conductivity we found the relation between the conductivity and temperature after and before annealing then after and before doping also the activation energy has been calculated .we find that the increase in the conductivity happened when the temperature increase and the doping also increase it and activation energy of CdO intrinsic is about (0.631eV).

Thin films of CdO which doping have conductivity decrease by increase of the temperature while the activation energy increase also.

The relation between the conductivity and the frequency after and before annealing as well as after and before doping have been studied it is found that the alternating conductivity decreases when the frequency decreases , where the fast decrease happened in high frequency . However , the alternating conductivity decreases on annealing .

تعزى التوصيلية الكهربائية في أشباه الموصلات البلورية والعشوائية إلى تحرر الإلكترونات تحت ظروف ملائمة من الذرات المرتبطة بها وهناك عوامل عديدة تحدد طبيعة الانتقالات الإلكترونية التي تحصل فيها حيث أن عمليات الانتقال الإلكتروني لأشباه الموصلات البلورية تختلف عنها للعشوائية نتيجة لوجود المستويات الموضعية وذيولها عند الحافات الحركية لحزمتي التكافؤ والتوصيل ، إضافة إلى وجود بعض الحالات الموضعية بالقرب من منتصف فجوة الطاقة . وأن عمليات الانتقال الإلكتروني في أشباه الموصلات متعددة البلورات تعتمد على حدود الحبيبات وهي عبارة عن الحدود التي تفصل بين تجمع من البلورات المفردة التي تدعى بالحبيبات بعضها عن بعض (Grains Boundary) وكذلك على حجمها حيث تتغير الخواص الكهربائية نتيجة لتعرض مثل

هذه المواد إلى التشويب مثلا ، حيث أن من انطباق الطرق المستخدمة للتحكم في تغير صفات أشباه الموصلات وبالتالي تغيير

توصيلية أشباه الموصلات هي إضافة نسبة قليلة ومحدودة من الشوائب Impurities إلى بلورة شبه الموصل وتدعى هذه العملية

بالتطعيم Doping وان كمية الشوائب المضافة تدعى بمنسوب التطعيم والشوائب على نوعين مانحة للإلكترونات (Donor) أو قابلة

للإلكترونات (Acceptor). وكذلك فان المعاملة الحرارية والتي هي عملية تعرض الغشاء إلى درجة حرارة معينة لفترة زمنية وتجري أما في الفراغ أو في الهواء أو بوجود غاز معين أو حسب الحاجة ، تؤدي هذه العملية إلى تقليل العيوب البلورية حيث تزداد الطاقة الحركية للذرات وبذلك سوف يعاد ترتيبها طبقا للتركيب البلوري^{1,2} ، وعموما يختلف تأثير المعاملة الحرارية في تغيير صفات أشباه الموصلات حسب نوع المادة وظروف المعاملة الحرارية من درجة الحرارة ونوع الغاز المحيط ألا أن تأثير التشويب أكثر ملائمة لان تغير درجة الحرارة أمر غير مرغوب فيه بالنسبة للعناصر المصنعة من أشباه الموصلات^{3} .

ومن خصائص أشباه الموصلات اعتماد التوصيلية على درجة الحرارة بشكل كبير لأنها تمتلك مقاومة ذات معامل حراري سالب أي أن مقاومتها تقل بصورة عامة مع ارتفاع درجة الحرارة على العكس من المواد الموصلة والتي تزداد مقاومتها بارتفاع درجة الحرارة^{4} .

ومن اجل دراسة أشباه الموصلات نستخدم تقنية الأغشية الرقيقة حيث أخذت البحوث في مجال دراسة الأغشية الرقيقة في الآونة الأخيرة تزايد لمالها من تطبيقات مهمة في الصناعات الإلكترونية الصغيرة الحجم لأنواع الترانزسترات والمكثفات وصناعة الأجهزة الإلكترونية المعقدة مثل المرشحات الضوئية والألواح الحساسة للموجات الكهرومغناطيسية وفي مجال صناعة الخلايا الشمسية ومجالات كثيرة أخرى لذا أصبحت أبحاث الأغشية الرقيقة من الأهمية إلى الدرجة التي لا يمكن الاستغناء عنها حيث يصف مصطلح الغشاء الرقيق Thin Film طبقة واحدة أو عدة طبقات من ذرات المادة قد لا يتعدى سمكها الماكرون الواحد {5} .

اما فيما يخص استخدامي لغشاء أكسيد الكاديوم فبالنظر لما يتمتع به أكسيد الكاديوم من خصائص فيزيائية مختلفة كالشفافية وامتلاك معامل امتصاص عالي وفجوة طاقة كبيرة نسبيا وتوصيلية كهربائية عالية لذلك فهو يستخدم في كثير من التطبيقات البصرية والكهربائية منها استخدامه كمواد شفافة حراريا لشبابيك المركبات والطائرات وكمرايا عاكسة حراريا للنوافذ الزجاجية وكمركات ماصة انتقائية في المجمعات الشمسية الحرارية وكمتحسس للغازات. {6}

ولقد أجريت بحوث كثيرة للمادة قيد الدرس والتي منها

قام (F.P.Koffyberg) {7} بدراسة تأثير درجة حرارة التلدين وضغط الأوكسجين على تركيز حاملات الشحنة لبلورة أحادية من أكسيد الكاديوم المحضر بطريقة ترسيب البخار وأظهرت الدراسة أن حزمة التوصيل لأوكسيد الكاديوم لا تكون بشكل مقطع مكافئ Non-Parabolic .

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم
المعضر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

ودرس (R.P.Benedict,D.K.Look) ^{8} سلوك أكسيد الكاديوم CdO المتعدد البلورات كدالة لتركيز الحاملات والمتضمن دراسة التذبذب المغناطيسي النووي (Nuclear-Magnetic Resonance) وتأثير هول حيث بين أن أغلبية حاملات الشحنة في CdO هي الإلكترونات .

درس (J.S.Choi,Y.H.Kang) ^{9} التوصيلية الكهربائية لأغشية أكسيد الكاديوم CdO المتعدد البلورات في المدى الحراري (298-923 °K) وتحت ضغط الأوكسجين 10^{-2} mmHg (10^{-5} mmHg) و أظهرت الدراسة أن التوصيلية الكهربائية تتناسب مع ضغط الأوكسجين في المدى الحراري المذكور وتضمنت الدراسة أنواع العيوب التركيبية في أغشية أكسيد الكاديوم .

وقام (R.L.Call,N.K.Jaber,et.al) ^{10} بدراسة الخواص التركيبية والإلكترونية لأغشية CdO, ZnO,CdS المحضرة من محاليل مائية باستخدام تقنية التفاعل الكيميائي . وأجريت مقارنة بين الخواص التركيبية لهذه المواد بشكل أغشية رقيقة مع خواصها وهي في حالتها الاعتيادية (Bulk) . وتم في هذه الدراسة حساب معاملات ملر Miller Indices للأغشية المحضرة .

قام (F.A.Benko, F.B.Koffyberg) ^{11} بدراسة الكفاءة الكمية (Quantum Efficiency) والانتقالات الإلكترونية لأغشية أو كسيد الكاديوم لمدى الطاقات (1-4eV) وتم مقارنة منحنى الكفاءة الكمية مع منحنى معامل الامتصاص البصري ووجد أن العلاقة بينهما ليست مباشرة كما تم حساب قيم طاقة الفجوة الممنوعة المباشرة وغير المباشرة من منحنى الكفاءة الكمية ووجد أن فيهما مقارنة لنتائج بحوث سابقة .

حضر (S.N.Qiu,I.Shih) ^{12} أغشية رقيقة لمزيج أكسيد الكاديوم وأكسيد الزنك وينسب حجميه مختلفة باستخدام طريقة الترنيد ودرس الخواص التركيبية للمزيج وحساب حافة الامتصاص الأساسية من دراسة الخواص البصرية وطبيعة الانتقالات الإلكترونية أظهرت الدراسات أن حافة الامتصاص تعتمد على نسبة المزج .

درس (S.A Thaba) ^{13} التركيب البلوري والخواص البصرية لأغشية (ZnO,CdO,PbS) المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري . وأظهرت الدراسة أن جميع

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم
المحضر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

الأغشية المحضرة هي متعددة البلورات ، وشملت الدراسة حساب طاقة الفجوة الممنوعة للانتقالات
المباشرة وغير المباشرة بنوعها المسموح والممنوع وكذلك حساب الثوابت البصرية.

درس (B.Y.H.Bata) ^{14} الخواص التركيبية والبصرية لأغشية CdO,ZnO ومزيجهما
بنسب مختلفة والمحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري . أظهرت الدراسة أن جميع الأغشية
المحضرة هي ذات تركيب بلوري متعدد البلورات وتضمنت الدراسة حساب طاقة الفجوة الممنوعة
للانتقالات المباشرة وغير المباشرة بنوعها المسموح والممنوع وكذلك حساب الثوابت البصرية
وكذلك تم حساب المسافات البينية والحجم الحبيبة الذرية .

درس (E.H.Hashem) ^{15} الخواص البصرية والكهربائية لأغشية أكسيد الكاديوم
وبينت الدراسة تأثير إضافة الشوائب عليه .

أن الهدف من البحث هو بحث إمكانية تصنيع غشاء رقيق من مادة أكسيد الكاديوم
وتشويبه باليود والكلور بتقنية الرش الكيميائي الحراري ودراسة الخواص الكهربائية المستمرة
والمتناوبة والمعاملة الحرارية له وتأثير التشويب عليها .

المواد وطرائق العمل

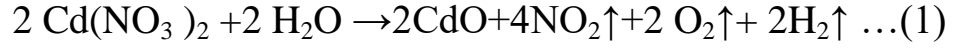
تم تحضير غشاء رقيق من مادة أكسيد الكاديوم وشوب باستخدام طريقة الرش الكيميائي
Chemical Spray Pyrolysis Method التي أساسها يعتمد على رش محلول المادة المراد
تحضير غشاء منها على قواعد ساخنة بدرجة حرارة معينة تعتمد على نوع المادة المستعملة ومن
خلال التفاعل الكيميائي الحراري بين ذرات المواد والقاعدة الساخنة يتكون الغشاء .

ان مادة أكسيد الكاديوم وهي مادة شبه موصلة ذات لون بني غامق وذات تركيب بلوري
مكعب متمركز الاوجه (F.C.C) ثابت الشبكة له (4.695 \AA) ويمتلك فجوة طاقة ممنوعة
تقدر حوالي (2.5 eV) وهو شبه موصل النوع السالب (n-type) أي ان حاملات الشحنة
الاجلبية هي الالكترونات ويمتلك توصيلية كهربائية عالية ناتجة من وجود ذرات الكاديوم في
مواقع تعويضية Interstitial أو الفراغات بسبب الاوكسجين Oxygen Vacancies تعمل
كمركز واهب في التركيب البلوري ^{17,16,11,9} ولقد استخدمت مادة نترات الكاديوم المائية

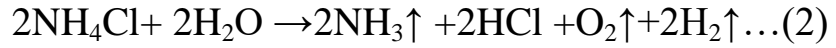
(Cd(NO₃)₂.4H₂O) والتي هي مادة صلبة ذات لون ابيض سريعة الذوبان في الماء وزنها
الجزيئي (308.47gm/mol) لتحضير غشاء من اوكسيد الكاديوم حيث يتم تحضير محلول
نترات الكاديوم بتركيز مولاري (0.1mol/L) وذلك بإذابة (7.7117gm) من مادة نترات

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم
المعصر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

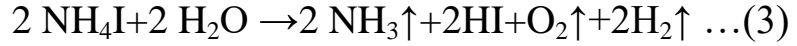
الكاديوم في (250ml) من الماء المقطر اذابة تدريجية وكما في التفاعل الكيميائي الحراري الموصوف في المعادلة التالية:



اما لتحضير المحلول الحاوي على الكلور فنستخدم مادة كلوريد الامونيوم (NH_4Cl) وهي مادة صلبة ذات لون ابيض وزنها الجزيئي (53.49gm/mol) حيث يتم تحضير محلول كلوريد الامونيوم بتركيز مولاري (0.1mol/L) وذلك باذابة (1.337gm) من مادة كلوريد الامونيوم في (250ml) من الماء المقطر اذابة تدريجية وكما في التفاعل الكيميائي الحراري الموصوف في المعادلة التالية:



و لتحضير المحلول الحاوي على اليود فنستخدم مادة يوديد الامونيوم (NH_4I) وهي مادة صلبة ذات لون ابيض وزنها الجزيئي (144.95gm/mol) حيث يتم تحضير محلول يوديد الامونيوم بتركيز مولاري (0.1mol/L) وذلك باذابة (3.023gm) من مادة يوديد الامونيوم في (250ml) من الماء المقطر اذابة تدريجية وكما في التفاعل الكيميائي الحراري الموصوف في المعادلة التالية:



أما منظومة الترسيب الكيميائي الحراري كما موضح بالشكل رقم (1) تتألف من جهاز الرش المستخدم فهو جهاز مصنع محليا من الزجاج الاعتيادي يحوي على خزان أسطواني الشكل مفتوح من الأعلى نصف قطره (15mm) وارتفاعه (80mm) ، ويستخدم هذا الخزان لوضع المحلول المراد رشه فيه ، أما بالنسبة لحامل جهاز الرش فيستخدم الحمل المعدني لتثبيت جهاز الرش أثناء عملية الرش ، والسخان الكهربائي يستخدم لغرض التحكم بدرجة حرارة القاعدة الزجاجية ، ومجزأ الجهد يربط مع السخان على التوازي للتحكم بدرجة حرارة القاعدة بصورة اكبر من خلال التحكم بكمية الفولتية الواصلة للسخان والمزدوج الحراري لقياس درجة حرارة السخان والقواعد الزجاجية .

ويحوي على مضخة الهواء للسيطرة على الهواء الداخل إلى جهاز الرش مما يؤدي إلى دفع المحلول النازل على شكل رذاذ دقيق بحيث لا يتسبب في برودة القاعدة وتكسرها حيث كان ضغط الهواء حوالي $(1.1142 \times 10^{-5}) \text{N/m}^2$.

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم
المحضر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

ولقد قمنا بقياس سمك الغشاء المحضر باستخدام الطريقة الوزنية والتي تستخدم لجميع المواد تقريبا حيث يتم قياس كتلة القاعدة الزجاجية قبل عملية الترسيب وبعد إكمال عملية الترسيب ، ولقد استخدمنا ميزان إلكتروني حساس من نوع (Mettler AE-160) ذي حساسية 10^{-4} (gm) ومن معرفة فرق الكتلة والكثافة مادة الغشاء ومساحته تم حساب سمك الغشاء الرقيق وفق المعادلة التالية :

$$T = \Delta m / \rho \cdot A \dots (4)$$

T : سمك الغشاء المحضر (cm)

Δm : فرق الكتلة (كتلة مادة الغشاء) (gm)

A : مساحة الغشاء (cm^2)

ρ : كثافة مادة الغشاء (gm/cm^3)

بالنسبة لأكسيد الكاديوم النقي فان (ρ) تمثل كثافة مادة أكسيد الكاديوم ، أما في حالة أغشية أكسيد الكاديوم المشوب فان (ρ) تمثل كثافة المواد الداخلة في تركيب الغشاء المشوب حيث يمكن حسابها كما يلي: {19,18}

الكثافة (ρ) = كثافة مادة أو أكسيد الكاديوم CdO x نسبته في المحلول + كثافة مادة الشائبة x نسبته في المحلول ... (5).

ويمكن التحكم بسمك الغشاء من خلال السيطرة على فترة الرش ولقد تم تحضير نماذج لأغشية أكسيد الكاديوم بمدى حراري (643-773 K) حيث وجد انه عند درجة حرارة (643 K) لا تتكون أغشية واضحة حيث تتكون مادة سهلة الإزالة ذات لون ابيض- رمادي والتي تكون أملاح أي أن هذه الدرجة غير كافية لتكون أكسيد الكاديوم ، أما عند درجات الحرارة (673,713 K) فقد تكونت أغشية ذات لون بني لكنها قليلة الالتصاق بالقاعدة ، حيث يمكن مسحها عند الضغط عليها ، كما تحتوي هذه الأغشية عند فحصها بالمجهر على نقاط بنية غامقة قد تمثل تكتلات لمادة أكسيد الكاديوم . أما عند درجات الحرارة (773,743 K) فتكونت أغشية ذات لون بني شديد الالتصاق بالقاعدة وذات تجانس جيد خالي من التكتلات حيث تم اختيار درجة الحرارة (773 K) لتحضير أغشية أكسيد الكاديوم النقية والمشوبة لأنها أعطت افضل تجانس للغشاء المحضر .

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم المحضر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

أما في ما يخص القياسات الكهربائية فأنها تحتاج إلى بعض التحضيرات المسبقة والتي تسبق عملية الترسيب والتي هي تشمل تحضير قناع للأقطاب التي تعتمد عليها تلك القياسات حيث حضر قناعين من الألمنيوم الرقيق حيث القناع الأول خاص بغشاء أكسيد الكاديوم والآخر للأقطاب وكما هو واضح في الشكل رقم (2) حيث تنظف القواعد الزجاجية التي تستخدم لترسيب المادة عليها جيدا ، لقد قمنا بأجراء الفحوصات الكهربائية باستخدام جهاز قياس التوصيلية الكهربائية وباستخدام الدائرة الكهربائية المبينين بالشكل (3) حيث ان الجهاز يتكون من حاوية معدنية يتخللها من الأعلى طرفان للتوصيلات الكهربائية ومصدر لكسر الفراغ كما يتخللها من الأسفل أنبوب يتصل مع منظومة تفريغ تعمل على تفريغ الحاوية إلى ضغط يصل إلى 10^{-2} torr توضع العينة المراد قياس توصيليتها كدالة لدرجة الحرارة داخل الحاوية المعدنية حيث تثبت على قاعدة بها بواسطة لاصق الفضة (Silver Past) ويثبت على جانب من سطح العينة مزدوج حراري (Thermocouple) من نوع (NiCr-Ni) ينفذ من خلال الحاوية إلى جهاز لقياس درجة حرارة الغشاء (Thermometer) . يتم توصيل قطبي الغشاء المراد درسته بأسلاك من النحاس حيث يوصلان عبر طرفي التوصيل إلى خارج الحاوية حيث يزود الغشاء بجهد قدرته 5V من مجهز قدرة من نوع (Hewlett Packard 6291A DC power supply) كما يرتبط الغشاء بجهاز Kithety 619 Electrometer ذو حساسية عالية لقياس التيارات الضعيفة (10^{-12} A) . تسجل القراءات التيار الكهربائي لدرجات حرارية مع استمرار التفريغ .

أما بالنسبة لقياسات الموصلية المتناوبة فقد تمت باستخدام جهاز LCR Meter مجهز من شركة Hewlett Packard . ولقد أجريت المعاملة الحرارية للغشاء المحضر باستخدام فرن حراري نوع Maxi-Centurion W-Germany يتصل بالفرن أنبوب لضخ النتروجين الذي يعمل على طرد غاز الأوكسجين وتنقية الفرن من الشوائب مع استمرار التسخين كما يمتاز غاز النتروجين بأنه لا يتفاعل مع الغشاء لانه غاز خامل وأجريت المعاملة الحرارية لكافة الأغشية بدرجة 873K ولمدة نصف ساعة .

لقد تم حساب التوصيلية المستمرة للغشاء المحضر بعد قياس مقاومة الأغشية من خلال قانون أوم (Ohm' s Law) ينص على :

$$R=V/I \dots (6)$$

حيث أن

V : فرق الجهد بين طرفي الغشاء بوحدات الفولت

I : شدة التيار بالأمبير

R : هي مقاومة الغشاء بوحدات الاوم

وقد تم حساب هذه المقاومة R لكل قراءات التيار في درجات الحرارة المختلفة

ومن خلال أبعاد الغشاء يمكن حساب المقاومة ρ (Resistivity) من العلاقة التالية :

$$\rho = R (b \cdot t) / L \quad \dots(7)$$

حيث أن

L : المسافة بين قطبي الألمنيوم (cm)

b : عرض الغشاء (cm)

t : سمك الغشاء (cm)

ومن حساب مقاومة الغشاء يمكن حساب التوصيلية Conductivity من العلاقة التالية :

$$\sigma = I L / V (b \cdot t) \quad \dots(8)$$

أما بالنسبة إلى طاقة التنشيط للأغشية فحسبت من خلال رسم العلاقة البيانية بين $\ln \sigma$ كدالة

لمقلوب درجة الحرارة $1/T$ وذلك اعتمادا على العلاقة التالية :

$$\sigma = \sigma_0 \exp (E_a / kT) \quad \dots(9)$$

حيث أن

σ : التوصيلية الكهربائية

E_a : طاقة التنشيط

T : درجة الحرارة المطلقة

σ_0 : التوصيلية لمادة الغشاء في درجة الصفر المطلق

k : ثابت بولتزمان

وبأخذ \ln لطرفي المعادلة نحصل على

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 (E_a / kT) \quad \dots(10)$$

حيث أن طاقة التنشيط تساوي ميل المستقيم المستخرج من الرسم البياني مضروبا بثابت بولتزمان

(k) بوحدات إلكترون فولت (eV) ^{20} حيث :

$$k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 0.86 \times 10^{-4} \text{ eV/K}^{-1}$$

النتائج والمناقشة

وجد من نتائج قياس التوصيلية أنها بشكل عام تتزايد بزيادة درجة الحرارة وهذه سمة عامة من سمات أشباه الموصلات ^{21} ، كما أن أكسيد الكاديوم النقي يمتلك توصيلية عالية بحدود $(8.9 \times 10^{-2} \text{ } (\Omega \cdot \text{cm})^{-1})$ بدرجة حرارة الغرفة وتزداد هذه التوصيلية بإضافة الشوائب حيث للأغشية المشوبة بالكلور تصل إلى $(1.48 \times 10^{-1} \text{ } (\Omega \cdot \text{cm})^{-1})$ ، وتكون قيمتها للأغشية المشوبة باليود $(1.54 \times 10^{-1} \text{ } (\Omega \cdot \text{cm})^{-1})$. والشكل (4) يبين العلاقة بين $(\text{Ln} \sigma)$ و $(10^3/T)$ لغشاء أكسيد الكاديوم غير المشوب ، حيث نلاحظ من الشكل أن تغير التوصيلية يكون قليلا جدا للمدى الحراري الأقل من (333 K) وهذا قد يعزى إلى أن الغشاء يكون غير مستقر حراريا ضمن هذا المدى ، بينما نلاحظ أن هناك زيادة سريعة في قيمة التوصيلية ضمن المدى الحراري (333-398K) ومن ثم تأخذ التوصيلية بالتذبذب حول قيمة معينة للمدى الحراري (398-443K) . أي تم الحصول على طاقة تنشيط قبل وبعد المعاملة الحراري . وكانت قيمة هذه الطاقة لأغشية CdO غير المشوبة بحدود (0.631eV). ونلاحظ من الشكل نفسه تناقص قيم التوصيلية عند إجراء المعاملة الحرارية.

أما الشكل (5) فيبين العلاقة بين $(\text{Ln} \sigma)$ و $(10^3/T)$ لغشاء أكسيد الكاديوم المشوب بالكلور لحالتي قبل وبعد المعاملة الحرارية ،

بينما يوضح الشكل (6) العلاقة بين $(\text{Ln} \sigma)$ و $(10^3/T)$ لغشاء أكسيد الكاديوم المشوب باليود لحالتي قبل وبعد المعاملة الحرارية . ومن هذين الشكلين نجد أن هنالك طاقة تنشيط للأغشية المشوبة ، وان طبيعة تغير التوصيلية مع درجة الحرارة للأغشية المشوبة متشابهة لما هي عليه في الأغشية غير المشوبة .

أظهرت نتائج التوصيلية المستمرة أن أكسيد الكاديوم يمتلك توصيلية عالية وهذا يتفق مع نتائج البحوث المنشورة ^{22} وهذه التوصيلية العالية ناتجة عن وجود ذرات الكاديوم في مواقع تعويضية في الشبكة البلورية أو بسبب وجود فراغات بسبب ذرات الأوكسجين مما يعني أن ذرات الكاديوم أو الأوكسجين تكون كذرات واهبة تعمل على زيادة التوصيلية ^{8} .

عند حساب طاقة التنشيط لأغشية أكسيد الكاديوم غير المشوب وجد أن هناك طاقتي تنشيط طاقة تنشيط قبل المعاملة الحرارية ويكون التوصيل ناتج عن عملية التنطط بين مستويات الطاقة المقيدة القريبة من الحافة الحركية لحزم الطاقة اما طاقة التنشيط الثانية والتي حسبت بعد المعاملة الحرارية فيكون التوصيل ناتج عن الانتقال من مسافات ابعد من الحافة الحركية داخل

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم
المعصر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

فجوة الطاقة^{23} بطريقة التحفيز او التهيج الحراري (Thermal excitation)^{24} وهذا النتائج تتفق مع ما ورد في المصدر^{25} أما بالنسبة للأغشية المشوبة فنلاحظ زيادة التوصيلية المستمرة والذي قد يعني بان هذه الشوائب والتي هي مانحة للإلكترونات (N-type)^{17,16,11,9} أدت إلى خلق مستويات واهبة قريبة من حزمة التوصيل أدت إلى زيادة التوصيلية وبالتالي تناقص طاقة التنشيط . أما عند إجراء المعاملة الحرارية ، فنلاحظ تناقص التوصيلية المستمرة . أن هذا التناقص في قيمة التوصيلية قد يعزى إلى أن المعاملة الحرارية سببت في نقصان تركيز حاملات الشحنة مما أدى إلى نقصان التوصيلية . كما أن المعاملة الحرارية أدت إلى زيادة انتظام الذرات في التركيب البلوري والذي بدوره قلل من المستويات الموضعية عند حافة الحزم وعليه فان حيز حركة إلكترونات التوصيل يزداد بسبب اتساع أو زيادة فجوة الطاقة فيؤدي إلى زيادة الطاقة التي تحتاجها حاملات الشحنة للانتقال إلى حزمة التوصيل وبذلك تقل التوصيلية وتزداد طاقة التنشيط .

أما في ما يخص دراسة تغير التوصيلية مع التردد للأغشية المحضرة فتلاحظ في الشكلين (7,8) فاما الشكل (7) فهو يبين تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد لغشاء CdO غير المشوب حيث نجد من الشكل أن تغير التوصيلية مع التردد يكون قليلا لمدى الترددات (2-20KHz) ثم يبدأ بزيادة تكاد تكون خطية وان المعاملة الحرارية للغشاء يؤدي إلى تناقص في قيمة قليلا التوصيلية المتناوبة ، بينما الشكل (8) الذي يبين تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد لغشاء CdO المشوب بالكور حيث نلاحظ أن التغير يكون قليلا لمدى (2-8KHz) ثم تبدأ التوصيلية بالزيادة السريعة مع زيادة التردد وكذلك نلاحظ نقصان التوصيلية للأغشية المعاملة حراريا ، أما الشكل (9) الذي يبين تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد لغشاء CdO المشوب باليود حيث يكون التغير قليل للترددات الواطئة (2-4KHz) ثم يبدأ المنحني بزيادة سريعة مع زيادة التردد وان المعاملة الحرارية أدت إلى نقصان التوصيلية المتناوبة ، وعلى العموم التوصيلية تزايد مع التردد ويكون هذا التزايد سريعا عند الترددات العالية أي أن التوصيلية المتناوبة كدالة للتردد هي دالة تصاعدية وهذا يعزى إلى أن التوصيل ناتج عن حركة حاملات الشحنة عند تسليط مجال كهربائي متناوب . أما عند إجراء المعاملة الحرارية فنلاحظ أن هناك انخفاضا قليلا في قيمة التوصيلية المتناوبة وهذا يعزى الى انخفاض حركية حاملات الشحنة ذات التركيز العالي أو بسبب حدوث استطاره لذرات مادة الغشاء أدت إلى تقليل تركيز حاملات الشحنة مما أدى إلى

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم
المعصر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

انخفاض التوصيلية المتناوبة . أن زيادة فجوة الطاقة الممنوعة (Forbidden gab) للأغشية
المعاملة حراريا قد يكون سببا انخفاض توصيليتها .

الاستنتاجات

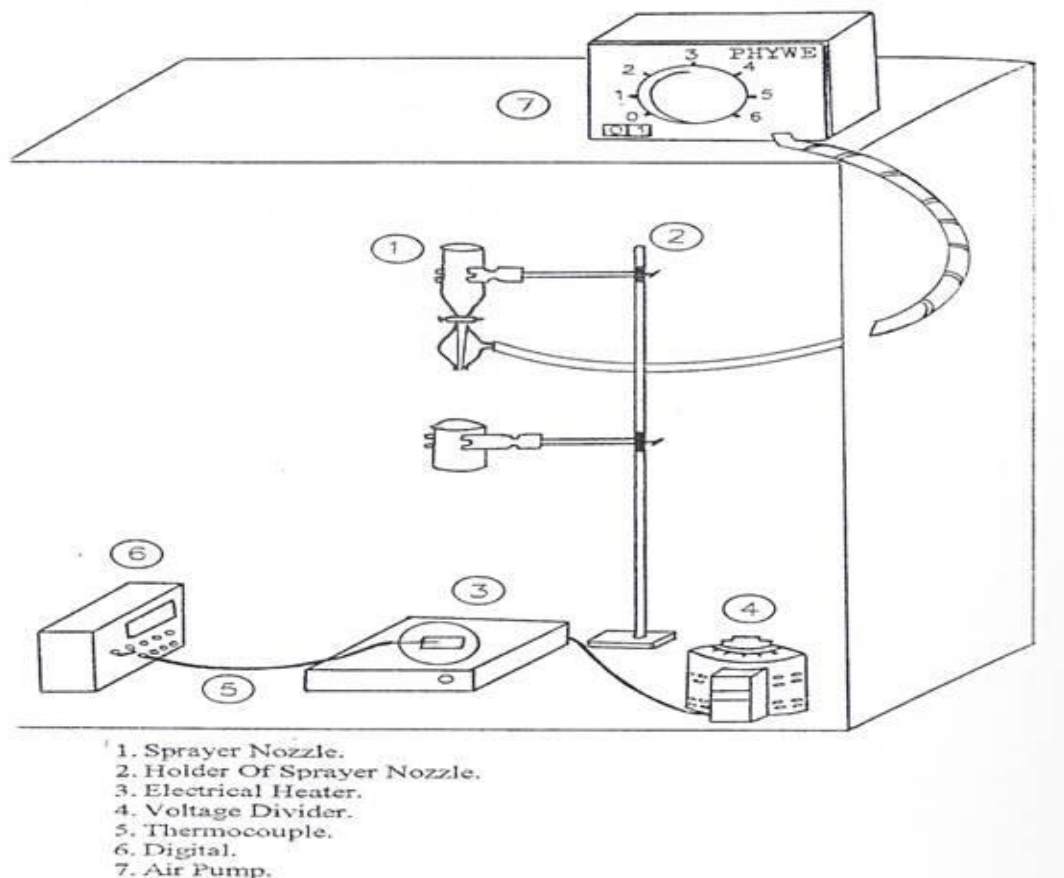
في ضوء نتائج الدراسة تبين أن

١- يمتلك أكسيد الكاديوم توصيلية عالية وطاقة التنشيط له تساوي (0.631 eV)
ضمن المدى الحراري (333-398 K)

٢- أن التوصيلية المتناوبة هي دالة متزايدة مع التردد .

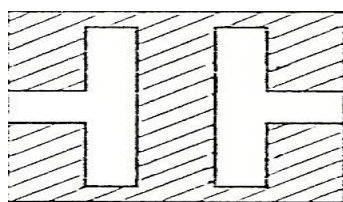
٣- أن التوصيلية المتناوبة و التوصيلية المستمرة تزداد نتيجة التشويب بينما تتناقص
طاقة التنشيط نتيجة له .

٤- أدت المعاملة الحرارية إلى تقليل اتوصيلية المتناوبة والتوصيلية المستمرة وزيادة
طاقة التنشيط .

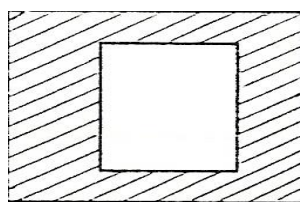


الشكل (1)

منظومة الترسيب الكيميائي الحراري



(2-2)

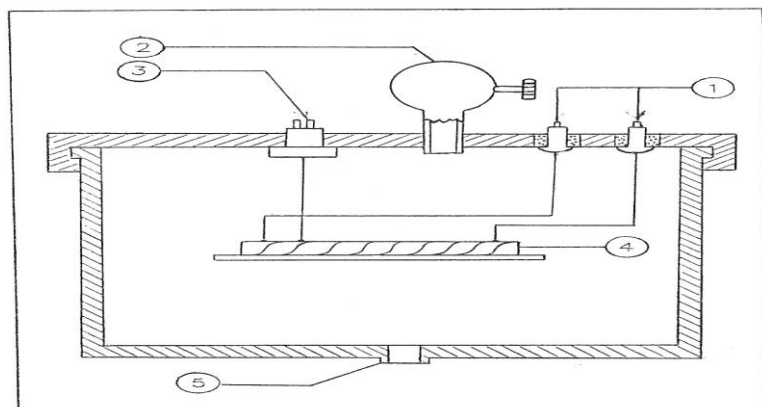


(2-1)

الشكل (2)

١- القناع المستخدم لترسيب الغشاء الرقيق

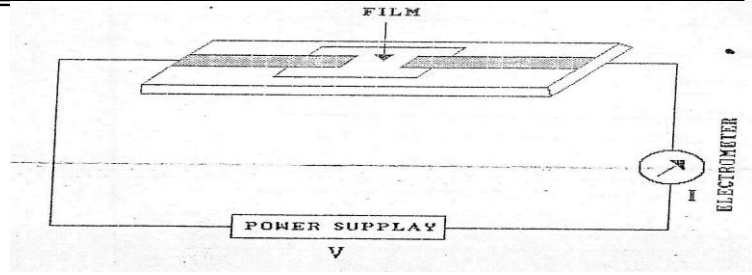
٢- القناع المستخدم لترسيب اقطاب الالمنيوم



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

(3-1)

دراسة تأثير التشويب والمعاملة الحرارية على الخواص الكهربائية لغشاء أكسيد الكاديوم
المعصر بطريقة الرش الكيميائي الحراري بان خالد محمد

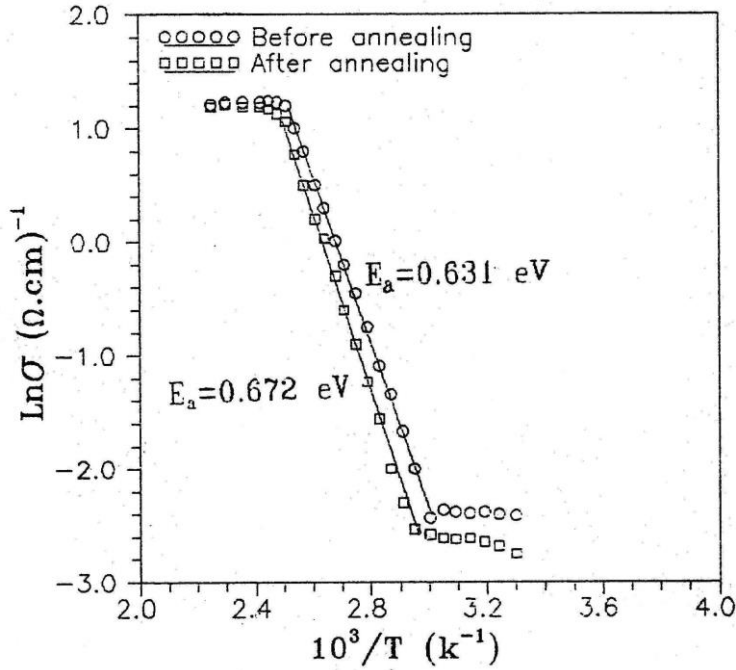


(3-2)

الشكل (3)

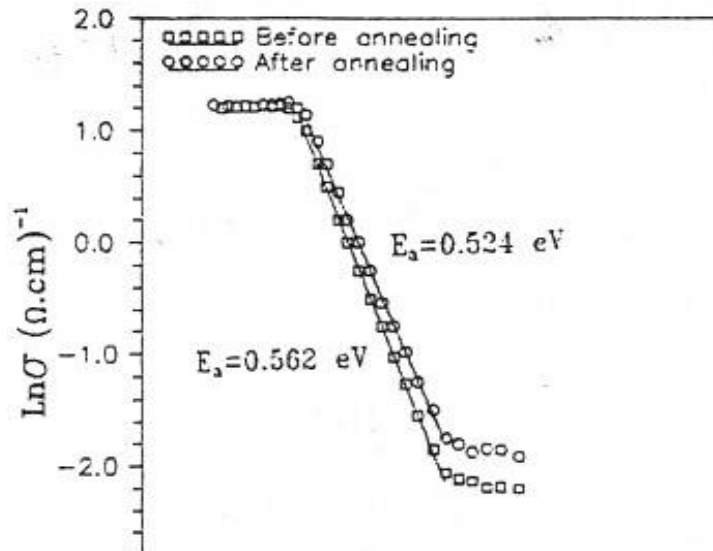
١- مخطط لمنظومة قياس التوصيلية الكهربائية

٢- الدائرة الكهربائية الخارجية المستخدمة لقياس التوصيلية الكهربائية للغشاء



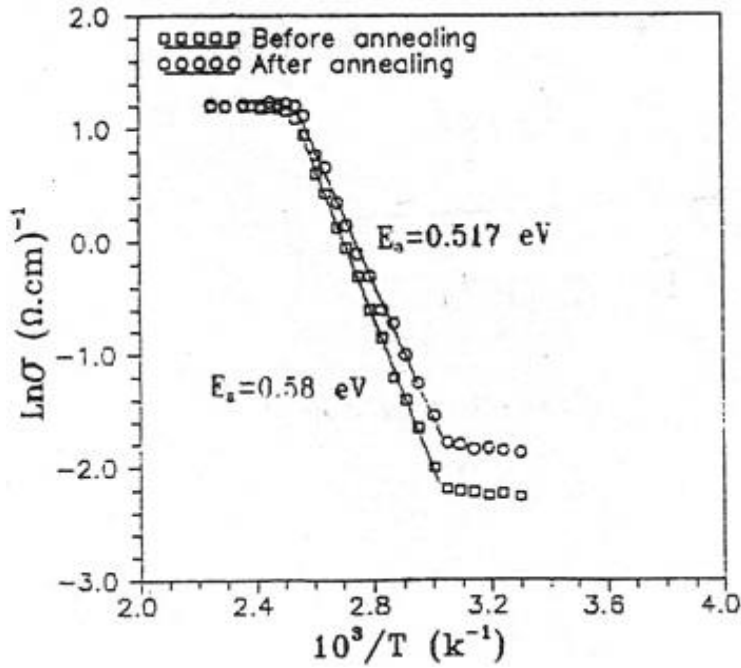
الشكل (4)

العلاقة بين $(Ln\sigma)$ وبين $(10^3/T)$ لغشاء CdO غير المشوب



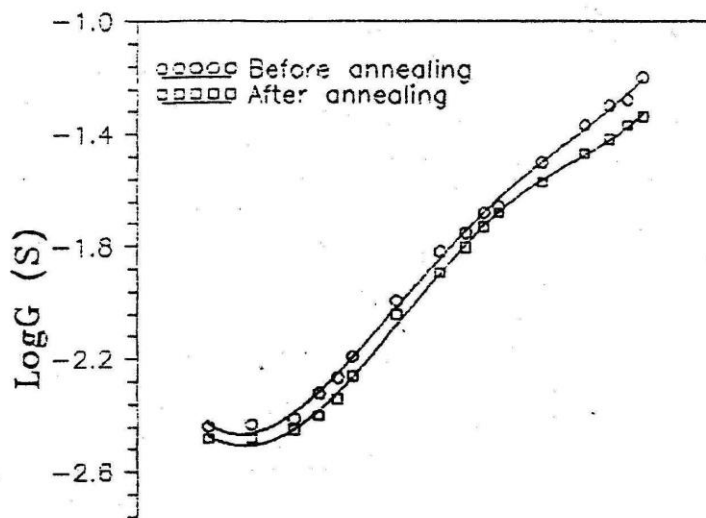
الشكل (5)

العلاقة بين $(Ln\sigma)$ وبين $(10^3/T)$ لغشاء CdO المشوب بالكلور



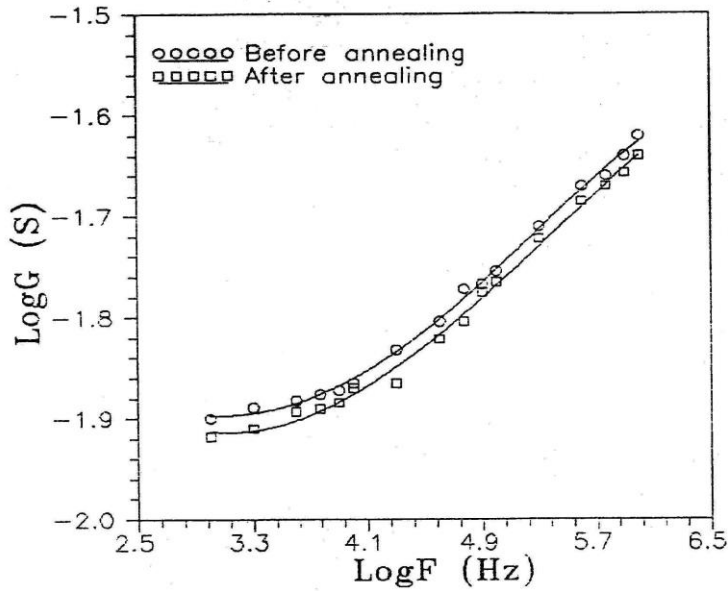
الشكل (6)

العلاقة بين $(Ln\sigma)$ وبين $(10^3/T)$ لغشاء CdO المشوب باليود



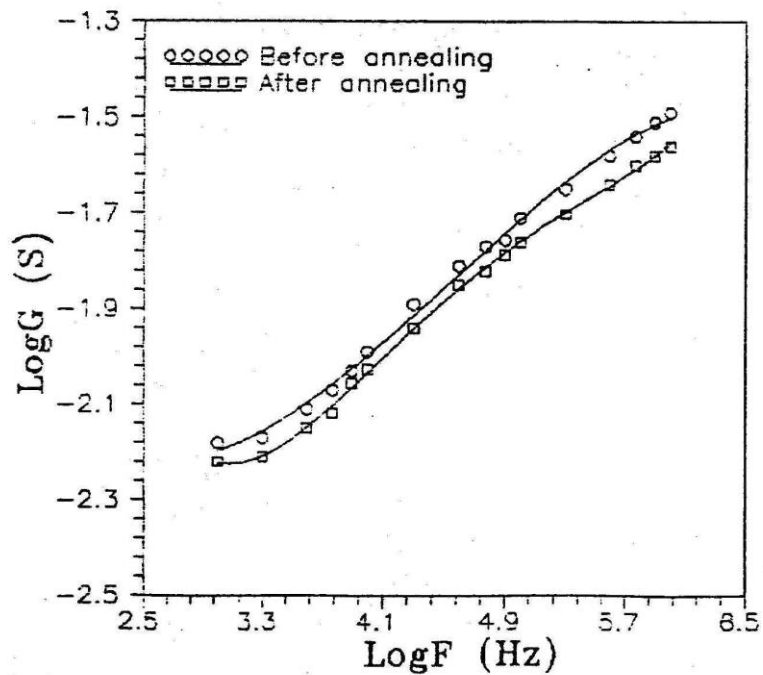
الشكل (7)

تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد لغشاء CdO غير المشوب



الشكل (8)

تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد لغشاء CdO المشوب بالكلور



الشكل (9)

تغير التوصيلية المتناوبة مع التردد لغشاء CdO المشوب باليود

١. انتصار هاتو هاشم، " الخواص البصرية والكهربائية لأغشية أكسيد الكاديوم الرقيقة " ، رسالة ماجستير ، الجامعة المستنصرية، (1997).
٢. بان يوسف حنا باتا، " الخواص البصرية لأغشية ZnO و CdO ومزيجها بنسب مختلفة " ، رسالة ماجستير ، الجامعة المستنصرية، (1991) .
٣. حسن جابر عطا، " الخواص البصرية لأغشية أكسيد البزموت الرقيقة المشوبة بالفلور " ، رسالة ماجستير ، الجامعة المستنصرية ، (1994) .
٤. رائدة حميد عباس ، " تحضير سبائك Hg_{1-x} cdx Te دراسة خواصها التركيبية " ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الرشيد للهندسة والعلوم ، جامعة بغداد، (٢٠٠٣) .
٥. رياض كمال الحكيم وعادل خضير حسين ، " أسس الهندسة الإلكترونية " (مطبعة وزارة التعليم العالي) ، (1980) .
٦. سعد فرحان مطر، " الخواص البصرية والكهربائية لأغشية أكسيد النحاس CuO المشوبة بمجموعة الهالوجينات " ، رسالة ماجستير، الجامعة المستنصرية، (1996) .
٧. صبرية عليوي ضبع، " الانتقالات الإلكترونية ZnO و CdO و PbS الرقيقة المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري " ، رسالة ماجستير ، الجامعة المستنصرية ، (1989) .
٨. مؤيد جبرائيل يوسف، " فيزياء الحالة الصلبة " ، جامعة بغداد ، (1988) .
٩. مارتن . أي . كرين ، " الخلايا الشمسية " ، ترجمة يحيى محمد حسن ، جامعة الموصل (1989) .
١٠. مريوان احمد رشيد، " تأثير عوامل التحضير والسبك على الخواص الكهربائية والبصرية للمركب CdTe " ، رسالة ماجستير ، الجامعة المستنصرية، (1993) .
١١. مصطفى عامر حسن ، " تأثير عمليتي الاشابة والتدلين في بعض الخصائص الفيزيائية لغشاء Cu₂S المحضر بطريقة الرش الكيميائي " ، رسالة ماجستير كلية العلوم ، الجامعة التكنولوجية ، (2006) .
١٢. وكاح فرحان الجبوري و نهر غالب حياتي، " الخواص الكهربائية والمغناطيسية للمواد " ، (مطبعة جامعة الموصل) ، (1985)

13. A Hadeed , M. Sc. Thesis , UOT , (2000).
14. B. L. Evans, G.Y Nasser, Phys. Stat. sol.(a). 110:165-79, (1988) .
15. F.A. Benko , F. P. Koffyberg , Solid State Comm., 57(12):901-903, (1986) .
16. F.P. Koffberg, Physics. Lett . 30A(1):37-38, (1969) .
17. J.S. Choi , Y. H. King , and K. H. Kim , J. Phys. Chem. 81(23):2208-2211, (1977) .
18. K.L. Chopra , S. Major and D. Pandya , Thin Solid Films, 102:1-46, (1983).
19. N.F. Mott , E.A Davis , “Electronic Process in Non-Crystalline Materials ”, 2nd Edition , Clarendon Press, Oxford , (1979) .
20. R. L. Call , N.K Jaber and K. Seshan and . J. R. Whyte , Solar Energy Materials. 21:373-380, (1980).
21. R.P Benedict , Phy. Rev.B . 2(12):4949-4958, (1970) .
22. R.P. Benedict , Phy. Rev.B. 2(12):4949-4958, (1970) .
23. S.N. Qiu, C.X. Qiu and I. Shih, Solar Energy Materials. 16:471-475, (1987) .
24. V.D. Das and P.J Lakshmi , J.Materials Seines , 22: 2377-81, (1987).
25. Z. M. Jazebki , “Oxide Semiconductors ”, McGraw-Hill, New York , (1974) .