دراسة تاثير هول لاغشية اوكسيد الكاديوم الرقيقة النقية والمشوبة بالانديوم والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري

محمد سامي عبد علي

جامعة القادسية/كلية العلوم

الخلاصة

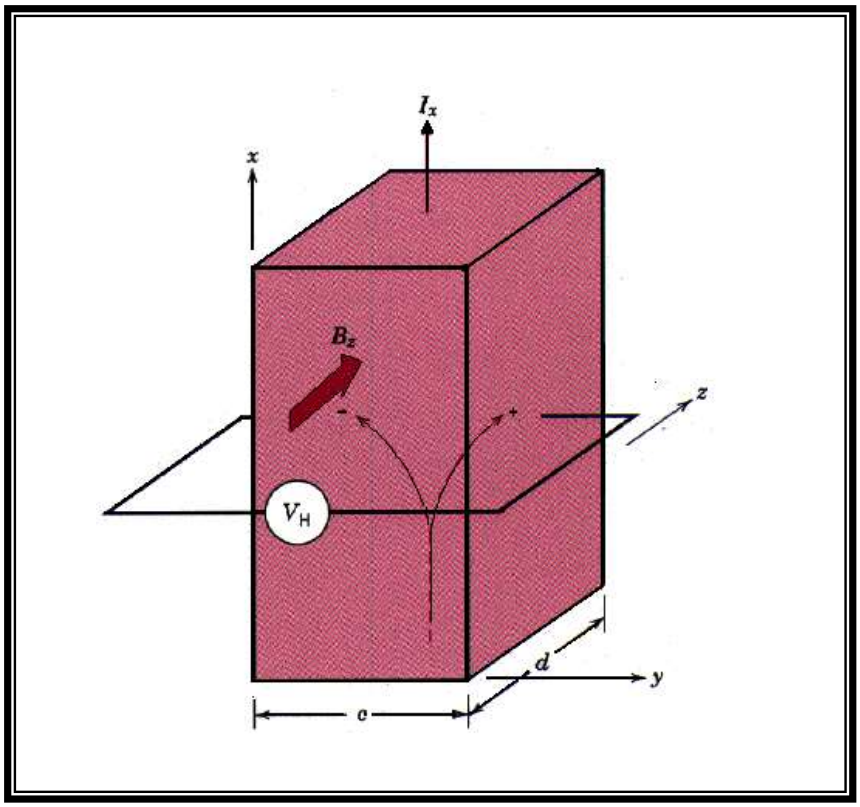
في هذا البحث تم دراسة تاثير هول لاغشية اوكسيد الكادميوم النقية والمشوبة بالانديوم وللنسب (٣,١, ٥ %) والمتضمنة معامل هول والتحركية وتركيز الحاملات وتم استخدام طريقة الرش الكيميائي الحراري وعلى قواعد من الزجاج لتحضير اغشية المادة .وقد اظهرت النتائج ان اغشية اوكسيد الكادميوم هي من النوع السالب (n-type) وان معامل هول هوبحدود($-0.154 cm^3/C$) في درجة حرارة الغرفة وان قيمة تحركية هول هي($٩١,٠٦ \ cm^2/V.s$) وهذه القيم تقل بزيادة نسبة التشويب وان تركيز الحاملات يزداد بزيادة نسبة التشويب .

المقدمة:

اوكسيد الكادميوم هو مركب ذا لون بني وهو احد مركبات الكادميوم الكيميائية ذو تركيب بلوري مكعب (cubic) متمركز الاوجه (F.C.C) مشابه لتركيب بلورة كلوريد الصوديوم (Nacl) [١] . وهو من المواد شبه الموصلة من النوع السالب [٢] وله ثابت شبيكة مقداره (٤,٦٩Å) وله توصيلية كهربائية عالية ناتجة عن وجود ذرات الكادميوم في مواقع تعويضية (interstitial) او فراغات بسبب وجود ذرات الاوكسجين تعمل كمراكز مانحة في التركيب البلوري [٤،٣] ونظرا لنفاذيته العالية (high transparency) في المنطقة المرئية والمنطقة تحت الحمراء القريبة فقد صنف ضمن اكاسيد التوصيل الشفافة (transparent conducting oxides) [٥] . وقد تم استخدام اغشية هذه المادة لدراسة تاثير هول .

يعرف تاثير هول بانه اختلاف توزيع التيار في شريحة موصلة أو شبه موصلة بفعل المجال المغناطيسي [٦] أي تسليط مجال مغناطيسي على موصل يحمل تيارا كهربائيا باتجاه عمودي على اتجاه سريان التيار يولد انحراف حاملات الشحنة جانبا وتسبب توليد قوة دافعة كهربائية عبر الموصل باتجاه عمودي على اتجاه كل من التيار والمجال المغناطيسي . ولهذه الظاهرة تطبيقات كثيرة وأهمها بالنسبة لأشباه الموصلات هو تعيين نوعية شبه الموصل سالباً كان أو موجباً وإيجاد قيم الخواص الكهربائية كالتحركية، تركيز الحاملات [٧].والشكل (١) يوضح ظاهرة هول فعند تسليط مجال مغناطيسي (B_z) باتجاه عمودي على تيار كهربائي (I_x) مار بالاتجاه السيني خلال شبه موصل فأن الإلكترونات التي تحمل التيار تُجبرْ على الانحراف نحو الجانب الأيسر من الشكل (١)، وبذلك يكون هذا الجانب سالباً بالنسبة للجانب الأيمن فيظهر فرق جهد بينهما يعرف بفرق جهد هول Hall Voltage(V_H)، إن هذا يحصل بالنسبة لشبه موصل من النوع السالب في حين يحصل العكس في النوع الموجب، ويعود السبب في حصول هذا الانحراف إلى نشوء قوة عمودية على كل من اتجاه التيار والمجال المغناطيسي تدعى بقوة لورنتز (Lorentz Force) والتي يمكن تحديد اتجاهها باستخدام قاعدة اليد اليمنى، وباستمرار تراكم الشحنات السالبة أو الموجبة على أحد الجانبين نصل إلى حالة التوازن التي عندها يتلاشى التيار نهائياً بسبب وجود قوة معاكسة لقوة لورنتز (F_L) ناتجة من نشوء مجال كهربائي بين الجانبين يدعى بمجال هول (E_H) Hall

Electric Field يكون اتجاههُ في الشكل المبين باتجاه المحور (Y) [9،8].



شكل (١): ظاهرة هول في أشباه الموصلات[١٠].

٢. الجانب العملي :

٢,١ تيهئة النماذج :

تم في هذا البحث استخدام قواعد زجاجية مصنوعة من زجاج البوروسليكات، إذ نُظفت هذه القواعد بشكل جيد للتخلص من أي مواد عالقة فيها وذلك بغسلها أولاً بالماء المقطر غسلاً جيداً ثم وضعت في كحول الايثانول أو الأسيتون لمدة زمنية محددة لحين التاكد من خلوها من الشوائب ، بعدها جُفِفَت باستخدام ورق ترشيح، وقبل وضع هذه القواعد على السخان الكهربائي تم وزنها باستخدام ميزان إلكتروني حساس من نوع (Mettler EA-160)ذي حساسية (10^{-4}gm) حيث تم قياس سمك الاغشية بالطريقة الوزنية، وأخيراً وضِعت على السخان الكهربائي لمدة لا تقل عن ساعة تقريباً قبل البدء بالرش ويراعى أن تدور العينات بين فترة وأخرى لضمان الحصول على غشاء متجانس ، وان تُترك لفترة نصف

ساعة بعد اكتمال عملية الترسيب للسماح بإكمال عملية الأكسدة (Oxidation) والنماء البلوري للأغشية المحضرة .

٢,٢قياس تأثير هول

أُجريت قياسات تأثير هول اعتمادا على الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل (٢) وفي درجة حرارة الغرفة، وذلك لمعرفة نوع حاملات الشحنة وايجاد معامل هول ومن خلاله تم حساب تركيز الحاملات والتحركية, إذ تم وضع الغشاء بشكل عمودي أمام مجال مغناطيسي ثابت (B_z) شدتهُ ($2.5x10^{-5}$ Wb/cm^2) حيث ربط قطبين من أقطاب الغشاء بمجهز قدرة مستمرة (D.C. Power Supply) وربط معهما مقياس للتيار (Ameter) على التوالي، أما القطبان الآخران فربطا مع طرفي مقياس للفولتية (Voltmeter)، فعند تغيير الفولتية المستمرة بزيادة ثابتة نقرأ التيار المار بالغشاء (I_x) والذي يرافقه تغيير في الفولتية (V_H) وهذه بدورها تُحدد نوعية حاملات الشحنة,وان توصيل اسلاك النحاس مع اقطاب الغشاء تم باستخدام لحام عجينة الفضة(Silver Baste) .

٣. الحسابات

٣,١ حساب التوصيلية الكهربائية:

تعطى علاقة التوصيلية في أشباه الموصلات المتعددة التبلور بالمعادلة التالية [11]

$$\sigma = \sigma_o EXP(\frac{-E_a}{k_B T}) \quad \text{.....(1}$$

إذ أن:

Ea : طاقة التنشيط.(eV) T : درجة الحرارة المطلقة.

K_B: ثابت بولتزمان. $\sigma_\circ$: ثابت.

تم حساب التوصيلية المستمرة للأغشية المحضرة (النقية والمشوبة) بعد قياس مقاوميه الأغشية ρ (Resistivity) لكل درجة حرارة ابتداءً

من درجة حرارة الغرفة وصولاً إلى درجة (523 K) باستخدام العلاقة الاتية :

$$\rho = \frac{RAT}{L} \qquad \ldots\ldots\ldots(2)$$

إذ أن:

R: مقاومة الغشاء المقاسة عملياً (Ω).

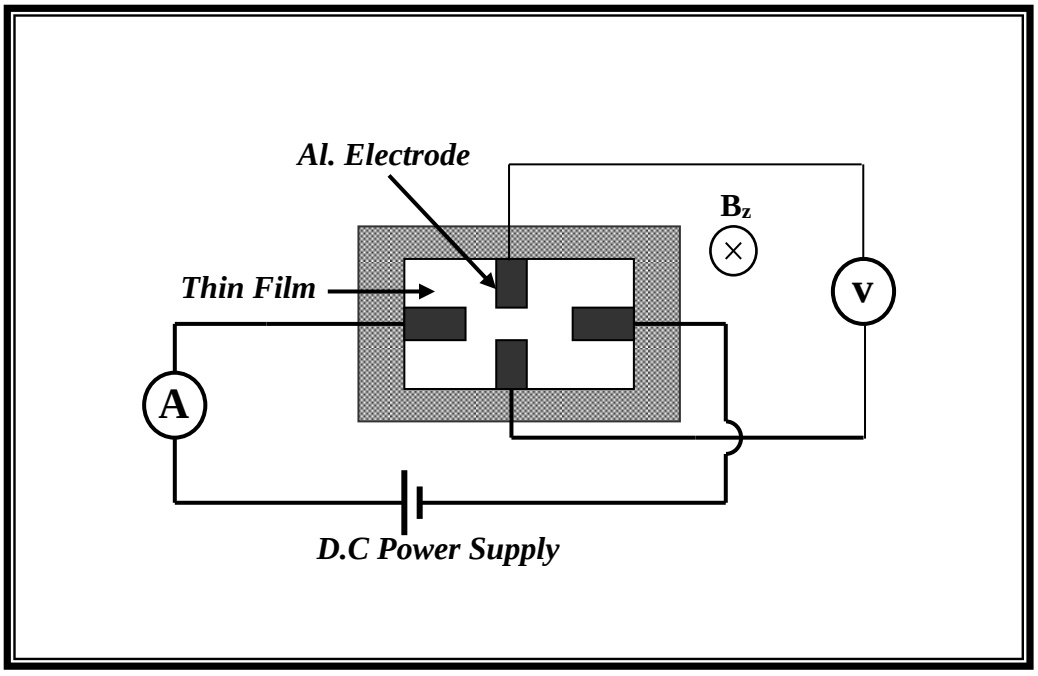
A : عرض القطب (cm) .

L: المسافة بين القطبين المتقابلين (cm) .

T: سمك الغشاء (cm).

ومن حساب المقاومية تم حساب التوصيلية المستمرة (σ_{dc}) من حساب مقلوب قيمة المقاومية ، أي أن :

$$\sigma = 1/\rho \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$



شكل(2):مخطط توضيحي لدائرة قياس

تأثير هول

٣,٢ حساب تاثير هول:

قياسات تأثير هول في اشباه الموصلات تعطى بالعلاقة التالية [12]:

$$R_H = -(\frac{1}{ne}) = \frac{V_H.t}{I_x.B_z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٤)$$

إذ تمثل

R_H: معامل هول. n: تركيز الالكترونات.

e: شحنة الالكترون. t: سمك الغشاء.

I_x: التيار المار في الغشاء. B_z: شدة المجال المغناطيسي.

ومن هذه العلاقة أيضا تم حساب تركيز الحاملات الأغلبية، وباستخدام العلاقة التالية تم حساب تحركية هول لهذه الحاملات[١٠].

$$\mu_H = |R_H|\sigma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٥)$$

اذ تمثل:

μ_Hتحركية هول

σ التوصيلية الكهربائية

٤. النتائج والمناقشة :

بينت نتائج قياسات تأثير هول بالاعتماد على العلاقة (٤) إن جميع الأغشية المحضرة هي من النوع السالب وذلك من خلال الإشارة السالبة لمعامل هول، ومن هذه العلاقة أيضا تم حساب تركيز الحاملات الأغلبية، وقد أظهرت النتائج وبالاعتماد على المعادلة (٥) أن اوكسيد الكادميوم يمتلك تحركية قيمتها (٩١,٠٦ $cm^2/V.s$)في درجة حرارة الغرفة ، وهذه النتائج تتفق تقريبا مع ما توصل إليه باحثون آخرون[١٢،٣]. أما عند تشويب الأغشية كانت هناك زيادة واضحة في تركيز الحاملات ونقصان في قيم التحركية عند درجة حرارة الغرفة بزيادة نسب التشويب كما في الجدول (١) ويعزى سبب ذلك الى زيادة تركيز الحاملات في المستويات الموضعية المتكونة بالقرب من حزمة التوصيل والتي بدورها تؤدي إلى زيادة عدد الذرات الواهبة للالكترونات والقادرة على التأين ضمن طاقة حرارية لا تتعدى قيمة (K_BT)، أما بالنسبة لنقصان التحركية فيمكن تفسيرها اعتمادا على العلاقة الاتية [١٠]:

$$\mu = \frac{e\tau}{m_e^*} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٦)$$

إذ تمثل

τ : متوسط زمن المسار الحر.

m*: الكتلة الفعالة للإلكترون.

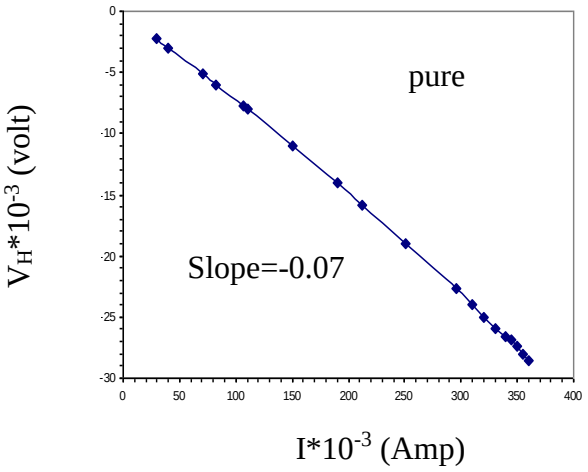
إذ أن زيادة الشوائب تؤدي إلى نقصان متوسط زمن المسار الحر (τ) والذي بدوره يؤدي إلى نقصان قليل في قيمة التحركية مقارنة بالزيادة الواضحة في تركيز الالكترونات، وهذه الأخيرة هي المسؤولة عن زيادة التوصيلية بثبوت درجة الحرارة، والشكل (٣) يبين علاقة التيار مع فولتية هول لجميع الأغشية المحضرة.

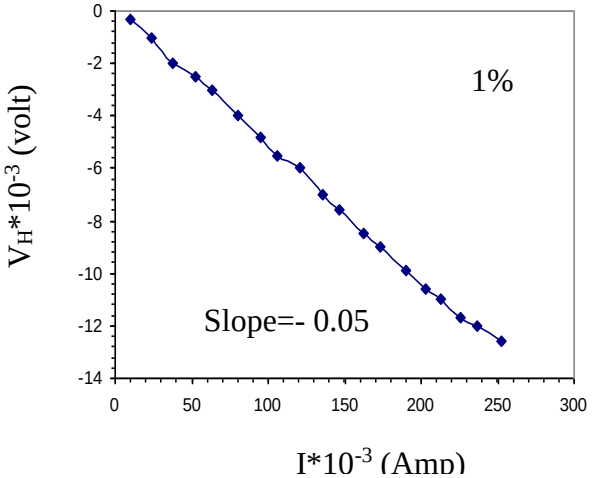
جدول (١) النتائج العملية لحسابات هول للأغشية المحضرة

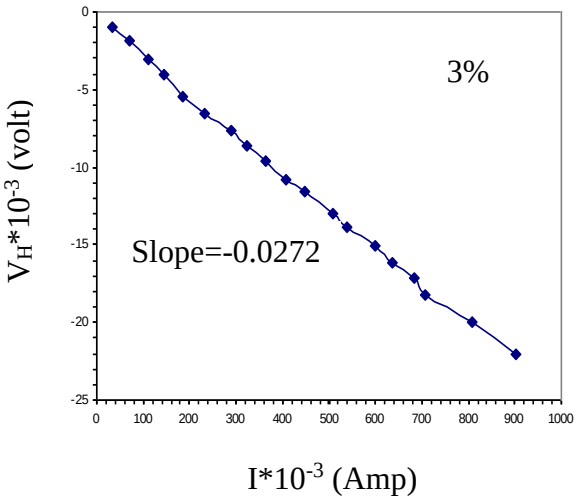
الغشاء ونسبة الشائبة	معاملات هول cm^3/C	نوع حاملات الشحنة	تركيز حاملات الشحنة cm^{-3}	تحركية هول μH $cm^2/V.s$	التوصيلية الكهربائية $\sigma_{d.c}$ $(\Omega.cm)^{-1}$
Cdo	-0.154	n	٤,٠٥x 10^{19}	٩١,٠٦	٦,٠٧١×١٠٢
Cdo:In(1%)	-0.1	n	5 x 10^{19} ٦,٢	٦٤,٧١	٦,٤٧١×١٠٢
Cdo:In (3%)	-0.054	n	1.15x 10^{20}	٣٦,٣٤	٦,٧٣١×١٠٢
Cdo:In (5%)	-0.037	n	1.6 x 10^{20}	٢٥,٩	٧,٠٢×١٠٢

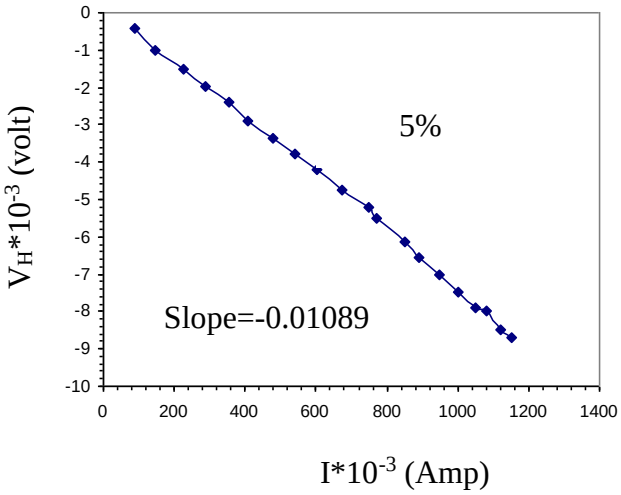
٥ . الاستنتاجات

أظهرت دراسة تاثير هول أن غشاء اوكسيد الكادميوم هو شبه موصل من النوع السالب، وان قيم معامل هول والتحركية تقل بزيادة نسبة التشويب وان تركيز الحاملات يزدادبزيادة نسبة التشويب .









الشكل (٣): العلاقة بين التيار والفولتية لأغشية (CdO) النقية والمشوبة ب(In) وبنسب مختلفة.

المصادر

1. CI.Zuniga–Romero,G.Torres–Delgado and S.Jimenex-Sandovall, Physics Letters, B15, 17, 726 – 729 (2001).

٢. Fc.Eze,"Molecular and Chemical Physics Fluids Plasmas Biophysics", 20,9,1421-1430 (1998).

٣. G. Santana and A. Marales, Superficiesy, 9, 300-302 (1999).

٤. M. Ortega, G.Santana and A.Morales-Acevedo, superficiesy, 9, 294-295**(1999).**

5. OG. Daza, Aac. Readigos, J. Campos, MTS. Nair and Pk. Nair, Modern physics Letters, B15,17,609-912 (2001).

6. M. G. Yousif, "Solid Sate Physics", Baghdad University Press, 2,Arabic Version, (1989).

٧.عامر عباس إبراهيم وهناء متي عبد الأحد "إلكترونيات أشباه الموصلات" مطبعة الجامعة المستنصرية، الجزء الأول (١٩٩٠).

٨.محمد امين سليمان، احمد فؤاد باشا وشريف احمد خيري، "فيزياء الجوامد"، مطبعة الفكر العربي (٢٠٠٠).

9. C. Kittle, "Introduction to Solid State Physics", John Wiley and Sons Inc., 7th edition, **(**1997).

10.A.Tribble, "Electrical Engineering Materials and Devices"University of Lowa, (2002).

11.A.K. Jonscher, Thin Solid Films, 36, 2, 135 (1987).

12. M.Z.mohammed "the study of optical and electrical propreties of cadmium oxide thin films doped by aluminum oxide" m.s.c. thesis almustansiriya university, 2001

Study of Hall Effect of cadmium oxide thin films doped by indium prepared by the Chemical Spray Pyrolysis

Abstract:-

In the present paper, *The hall effect* of (CdO) doped with (IN) by (1%, 3%, 5%) ratio and undoped cadmium oxide (CdO) films prepared by spray chemical pyrolysis method has been studied, included hall Coefficient, mobility and concentration of charge carriers.

The results showed that all prepared films were negative kind (n-type), as well as the results showed throughout the study that the hall Coefficient is (-.154 cm^3/C) at room temperature and value of hall mobility is (91.06 $cm^2/V.s$). And these values decreased with increasing doping ratio, also carriers concentration increased with increasing doping ratio.

.