# دراسه أثر التلدين على الخواص الكهربائيه لأغشيه ($TiO_2$)

**وئام سامي مالك**

**جامعه القادسيه – كليه التربيه – قسم الفيزياء**
**Email: Mayser80@ Yahoo. Com**

**الخلاصه:-**

تم في هذه الدراسه تحضير أغشيه رقيقه من ماده ($TiO_2$) النقي والمشوب بماده القصدير باستخدام طريقه الرش الكيميائي الحراري وذلك بترسيب الغشاء على قواعد زجاجيه وبأبعاد cm (7.6 * 2.6 * 1) وبدرجه حراره الغرفه ، حيث تم قياس بعض الخواص الكهربائيه مثل التوصيليه الكهربائيه ، وبما أن درجه الحراره تعتبر واحده من أهم المعلمات التي تؤثر في الخواص الفيزيائيه لأشباه الموصلات فقد تم دراسه اثر التلدين على تلك الخواص وكذلك تم بيان نوعيه حاملات الشحنه من خلال دراسه علاقه التيار والفولتيه باستخدام تجربه هول.

## 1 – المقدمه:-

إن الماده عندما تكون بشكل غشاء رقيق تمتلك خصائص فيزيائيه تختلف عن خصائص المواد المكونه لها وهي في حالتها الحجميه فحقيقه سمكها المتناهي وكبر نسبه السطح الى الحجم منحتها تركيب فيزيائي يضاهي تركيب احاديه البلوره مما يجعلها مناسبه للعديد من التطبيقات المختلفه [1] وتعتبر ماده ثنائي اوكسيد التيتانيوم $Tio_2$ واحده من المعادن التي لها اهميه كبيره في تلك التطبيقات لامتلاكها العديد من الخواص الكهربائيه والبصريه المناسبه لتلك التطبيقات كالتوصيليه العاليه وفجوه الطاقه الكبير [3,2] اضافه لكون الاغشيه المصنعه من هذه الاكاسيد ذات متانه عاليه وذات معامل انكسار عالي لذا هي مناسبه لتطبيقات الطلاءات العاكسه وفي الدوائر الكهربائيه المتكامله والحاسبه [4]

### 2 - الجانب العملي

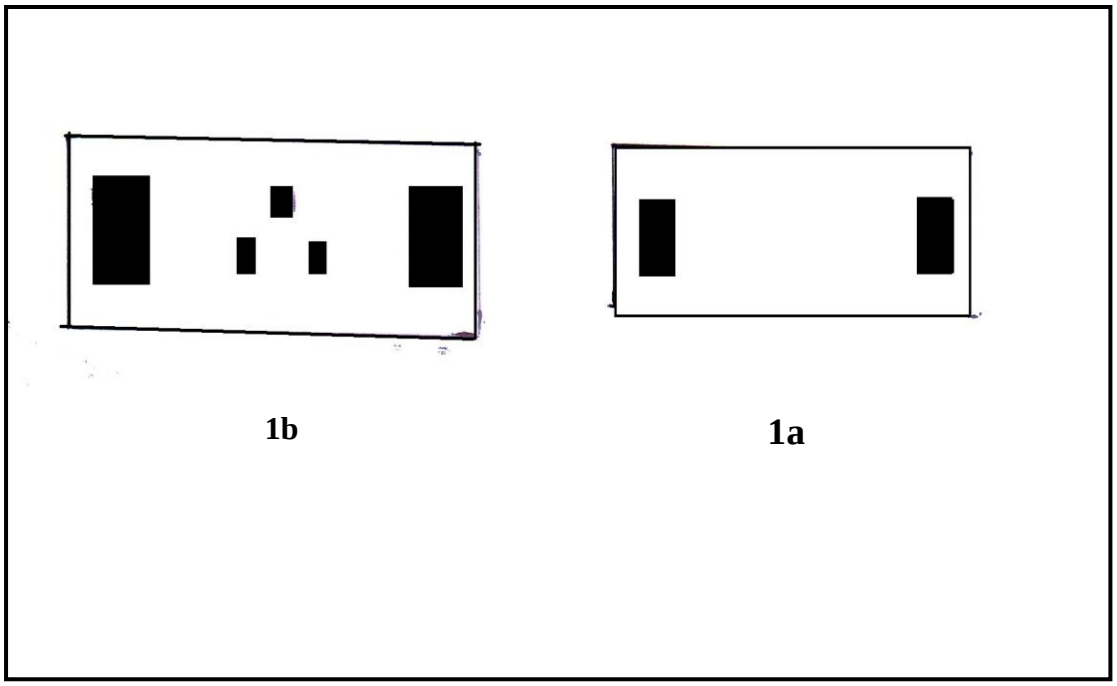
**ا – تنظيف منظومه الرش**

- يوضع رأس الرش و القواعد الزجاجيه في حوض زجاجي يحوي محلول مخفف من حامض الهايدروكلوريك (HCL) لفتره من الزمن ليتم اذابه المواد العالقه فيه
- توضع المجموعه بعد ذلك في محلول ملون 15%) ماده زيتيه + 90% ماء مقطر) لمده (15 min)
- توضع المجموعه في حوض مثقب القاعده وترش بتيار ماء جاري لمده (15 min) للتخلص من رواسب المحلول الزيتي.
- تغمر المجموعه في ماء مقطر وترج لمده (15min) .
- تجفف المجموعه باستخدام فرن حراري لمده (30 min) وبدرجه (100C)
- توضع القواعد في حاويات بلاستيكيه وتحفظ لحين الاستخدام.

**ب – تصميم الاقنعه المعدنيه**

لدراسه التوصيليه الكهربائيه وقياسات هول قمنا بتصميم الاقنعه المعدنيه كما مبين في الشكل (1a, 1b) حيث استخدم الشكل (1a) لدراسه قياسات هول ويتكون القناع المصنع من خمسه فتحات تستخدم الفتحتان الطرفيتان الكبيرتان

لتحضير الاقطاب المسؤولة عن امرار التيار الكهربائي في الغشاء بينما تستخدم الفتحتان المتجاورتان على جانب واحد من الغشاء والتي تفصل بينهما مسافه معينه ويبعدان بابعاد متساويه عن طرفي الغشاء لترسيب قطبين متجاورين يربط بينهما مجزء جهد يستخدم لتصفير جهد المقاس على جانبي النموذج عند زوال المجال المغناطيسي ولقياس التوصيلية الكهربائية تم استخدام الشكل (1b) حيث بالحصول على منحنيات (I/V) يمكننا قياسها مباشره




**شكل (1a) الاقنعه المصممه لدراسه قياسات هول**
**شكل ( 1b ) الاقنعه المصممه لقياس التوصيليه الكهربائيه**

**ج – عمليه الرش**

بعد اكمال تحضير القواعد الزجاجية والاقنعة المعدنية يتم تسخين القواعد لمده (10min) قبل الرش للوصول الى الدرجه الحراريه المطلوبهالتي يتكون عليها الغشاء وفي هذا البحث وجد ان افضل درجة حرارة لتكون غشاء $TiO_2$ هي ضمن المدى C(440 – 420) حيث تم قياس درجه حراره القواعد باستخدام المزدوج الحراري
وقد تم ضبط المسافة بين فوهة الانبوبة الشعرية والقاعدة الزجاجية بين Cm(33 – 30) للحصول على غشاء اكثر تجانساً وفي هذا البحث تم استخدام المسافه (30Cm) بين فوهه جهاز الرش والقاعده الزجاجيه(1.5ml/min) كما تم تجنب رش المحلول دفعه واحده على القاعده لتفادي حدوث التبريد المفاجئ للقاعده وانخفاض درجه حرارتها وبالتالي عدم تصلب المحلول اما ضغط الهواء فيبقى ثابتاً عند (3Kgm/Cm2) وبعد الانتهاء من عمليه الرش يترك الغشاء لمده min(2 – 1) ثم يقطع التيار عن السخان ويبرد الغشاء خلال فتره اقل من دقيقتين لمنع حصول ايه عمليه تلدين غير مقصوده

**د – المعامله الحراريه**

تمت المعامله الحراريه بوضع النموذج داخل انبوبه مفرغه لغايه (Par 5- 10) تتصل عبر صمام زجاجي بقنينه غاز الاركون فقبل البدء بعمليه التسخين يسمح لغاز الاركون بالدخول الى الانبوبه المفرغه ثم الخروج من الطرف الثاني

للانبوبه عبر صمام اخر وذلك لطرد الاوكسجين لكي لا تتأكسد الاغشيه عند التلدين . يسخن النموذج بمعدل (15C/min) حتى الوصول الى درجه الحراره المطلوبه ومن ثم تحفظ درجه الحراره بنفس المعدل في حين يستمر مرور غاز الاركون طيله عمليه التلدين حتى يبرد النموذج الى درجه حراره المحيط وقد تمت المعاملـه الحراريـه للنمـاذج المدروسـه بـدرجات حراره (200C) و(400C) ولمده (40min)

**3 - القياسات الكهربائيه**

من القياسات الكهربائيه المهمه في أشباه الموصلات تاثير هول وهو اختلاف توزيع التيار في شريحه معدنيه أو شبه موصل بفعل مجال مغناطيسي خارج ولدراسه تلك القياسات اعتمدنا الدائره المبينه في الشكل (2) حيث بامرار تيار كهربائي مستمر خلال الغشاء الذي سمكه (t) و بتسليط مجال مغناطيسي قدره (245.) تسلا عمودي على سطح النموذج وبتغير التيار الكهربائي المار في النموذج يتولد على طرفي ذلك النموذج جهد مقداره ($V_H$) يدعى بجهد هول يتم قياسه بواسطه جهاز مقياس جهد رقمي وعند رسم العلاقه بينه وبين التيار الرئيسي المار في النموذج (Ix) ولاستفاده من ميل الخط المستقيم يتم حساب ثابت هول($R_H$) من العلاقه التاليه.

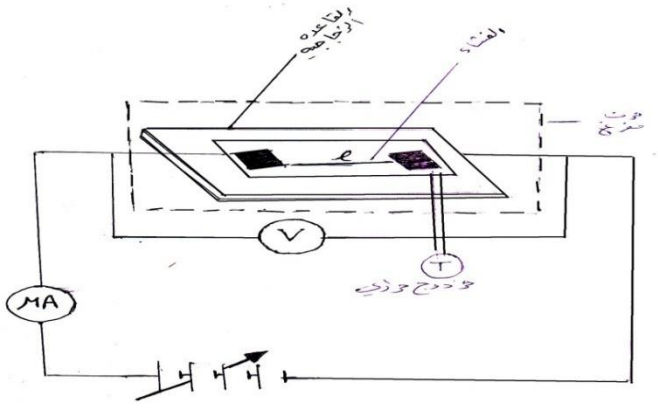
$$R_H = (V_x / I_x) . (t / B_z) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث t: سمك النموذج و Bz المجال المغناطيسي ولحساب حركيه هول نستخدم المعادله التاليه:

$$\mu_H = R_H \sigma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

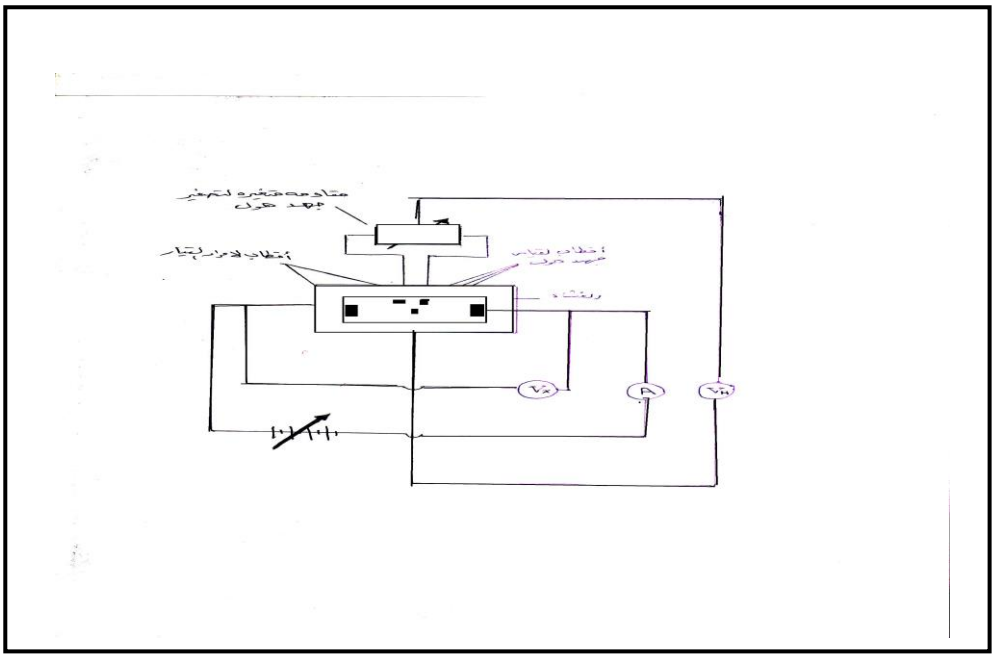
ومن ثم تم حساب تركيز الحاملات من المعادله (4) [5].

$$n = 1 / ( R_H \ e) \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$




**الدائرة الكهربائية المستخدمة لدراسة قياسات هول(2)شكل**

**أما لدراسه التوصيليه تحت الضغط الجوي الاعتيادي اعتمدنا الدائره المبينه في الشكل (3)**



**شكل (3) الدائره الكهربائية المستخدمة لقياس التوصيلية**

حيث يمكن حساب التوصيليه من المعادله

$$\sigma = 1 / \rho = L / R . A \text{.....(1)}$$

حيث A و L مساحه وطول الغشاء بين القطبين المعدنيين.
R مقاومه الغشاء وقد تم قياسها مباشره من منحنيات I / V لكل نموذج
ρ المقاومه النوعيه لشبه الموصل

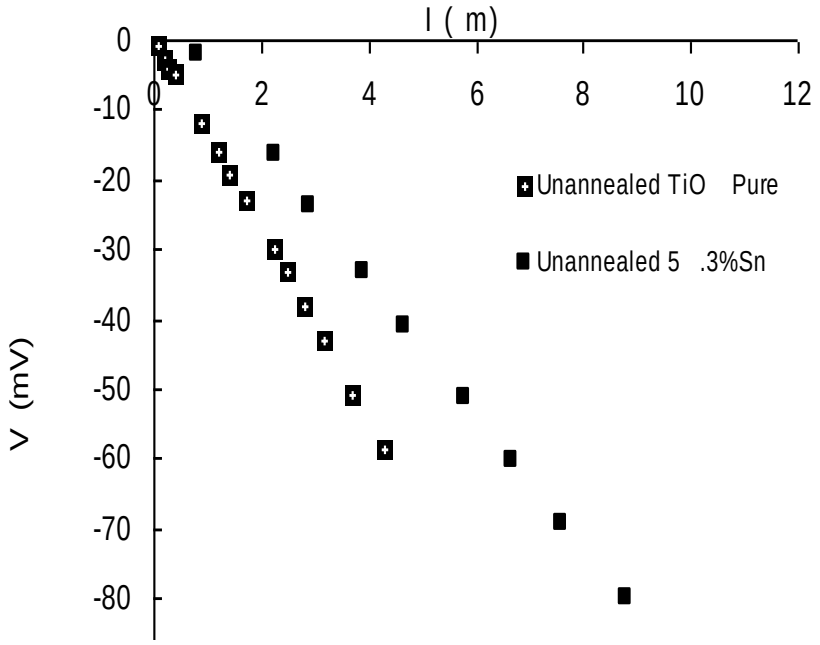
تتاثر التوصليه بعوامل عده منها الحراره حيث تتميز المواد شبه الموصله بوجود فجوه طاقه صغيره نسبياً بين قمه حزمه التكافؤ و حزمه التوصيل حيث تعمل الطاقه الحراريه على رفع بعض الكترونات التكافؤ من حزمه التكافؤ الى حزمه التوصيل مخلفه عدد متساوي من الفجوات في حزمه التكافؤ الامر الذي يؤدي الى زياده التوصيليه الحراريه بارتفاع درجه الحراره بشكل ملحوظ حيث كلما تكرر قفز الالكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمه التوصيل تكررت عمليه ظهور فجوه في حزم التكافؤ اي تكررت عمليه توليد الزوج الكترون – فجوه [6] .

كما يؤثر الضغ على التوصيليه الكهربائيه حيث يؤدي تعرض شبه الموصل الى الضغط على تقارب ذرات الماده الداخله في تركيبه وهذا التقارب او التشويه في الماده يؤدي الى تغير حمه الطاقه وتغير الفجوه وهذا التغير يؤدي الى تغيرفي التوصيليه نتيجة تغير كثافه الشحنات الحره [7]

ان حساسيه شبه الموصل تجاه هذه العوامل تجعله ماده بالغه الاهميه في التطبيقات الالكترونيه حيث يمكن استخدامها في اجهزه الذاكره المغناطيسيه وفي الدوائر المتكامله كما استخدمت في دوائر الفتح والغلق وفي صناعه المقومات والترانسسترات والمضخمات والثنائيات والخلايا الضوئيه والمحارر الاشعاعيه والكواشف كما استعملت في بناء الحاسبات الالكترونيه والمجاهر الاكترونيه[8] .

## 3 – النتائج والمناقشه:-

تم في هذا البحث معرفه نوع حاملات الشحنه وإمكانيه حساب تركيزها وحركيه هول من خلال قياسات هول في درجه حراره المختبر لأغشيه ($TiO_2$) النقيه والمشوبه بالقصدير(Sn) وكما مبين في الشكل (4a) الذي تبين علاقه جهد هول المتولد على طرفي النموذج مع التيار الرئيسي المار فيه بعد تسليط مجال مغناطيسي ثابت قدره (0.254) تسلا بصوره عموديه على سطح النموذج .

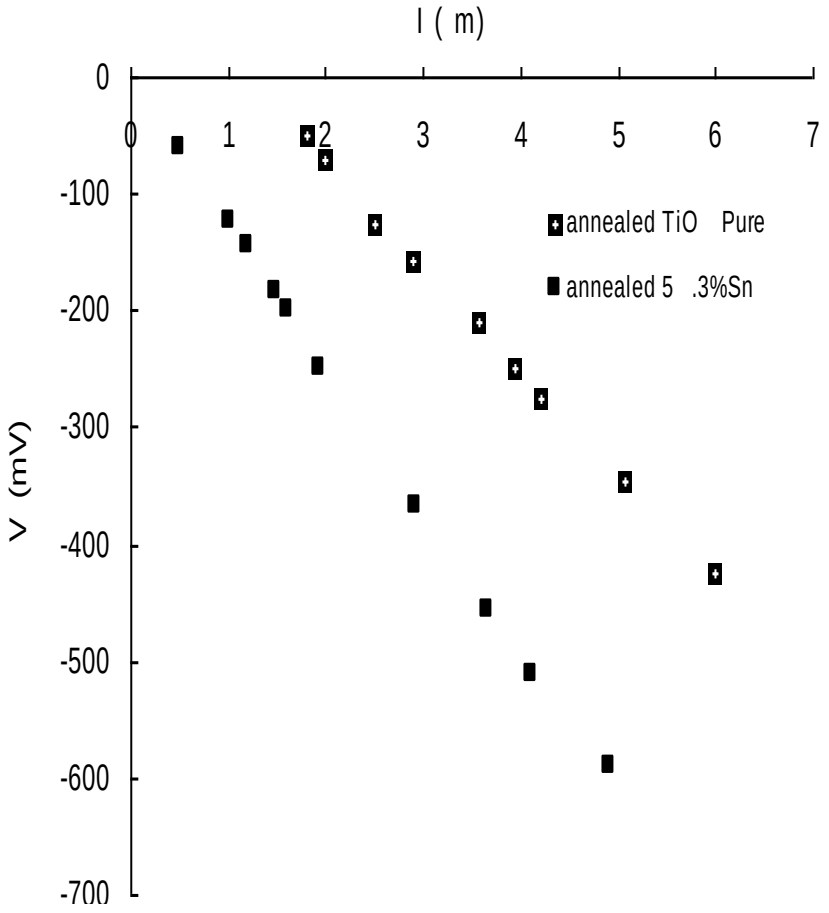



**شكل (4a) علاقة جهد هول م التيار المار في غشاء $TiO_2$ النقي و المشوب وبدون تلدين**

إذ يبين الشكل (4a) ان غشاء ($TiO_2$) النقي وغير الملدن هو من نوع (n – Type) لان ميل خط هول سالب ويعزى هذا إلى زياده نسبه (Ti) في الأغشيه النقيه، وكان تركيز حاملات الشحنه وحركيه هول والتوصيليه لهذا الغشاء (0.02 $\Omega.Cm)^{-1}$,.024$cm^2$/v.s, 8.8 x $10^{18}cm^{-3}$) على التوالي، أما بالنسبه لأغشيه ($TiO_2$) المشوبه في نفس الشكل فتبين أنها من نوع (n – Type) ايضاً وهذا يعود الى تصرف ذرات القصديركشوائب واهبه في أغشيه ($TiO_2$) لان

ذرات القصدير مثل المواقع الاستبداليه للتيتانيوم وتزداد حركيه هول مع التشويب لتبلغ أعلى قيمه لها (0.07 $cm^2/v.s$) للنموذج الخامس

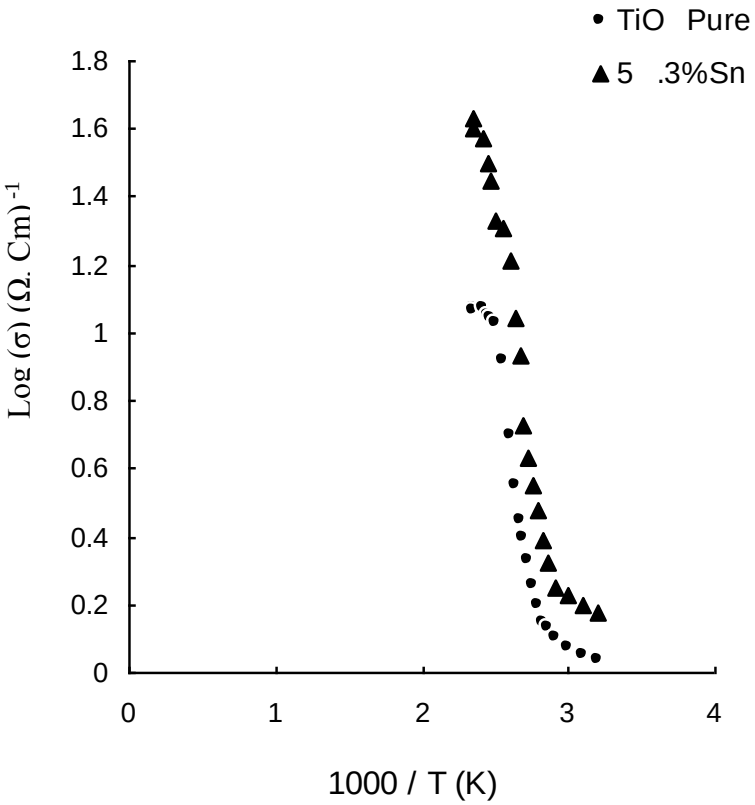
اما تاثير التلدين فيلاحظ من الشكل (4b) انخفاض تركيز حاملات الشحنه وزياده حركيه هول للنماذج (1,5) حيث انخفض تركيز الحاملات من($8.8 \times 10^{18} cm^{-3}$) الى ($5.6 \times 10^{18} cm^{-3}$) للنموذج الاول (الغشاء النقي) و من ($1.8 \times 10^{19} cm^{-3}$) إلى ($0.9 \times 10^{18} cm^{-3}$) للنموذج الخامس والمشوب بنسبه (0.3%Sn)




**شكل (4b) علاقة جهد هول و التيار المار في غشاء $TiO_2$ النقي و المشوب و الملدن عند درجة (4ooC)**

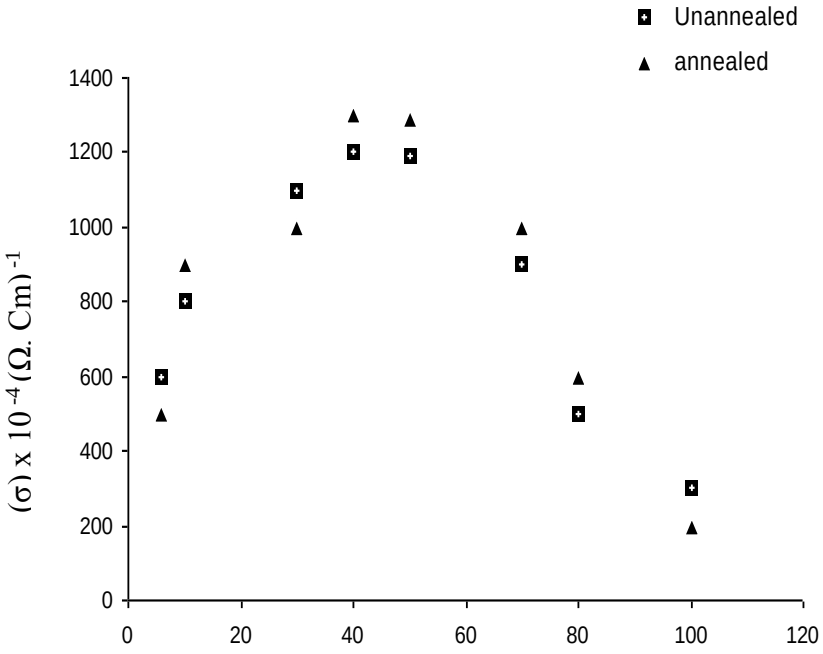
وكذلك درست علاقه التوصيليه مع درحه حراره الغشاء كما يبين ذلك الشكل (5) حيث يتبين من الشكل (5) ان لوغارتم التوصيليه يتغير عكسياً مع مقلوب درجه الحراره(1/T) ويعتبر هذا السلوك ميزه اشباه الموصلات والتي تمتاز بمعامل حراري سالب للمقاوميه بعكس الموصلات وتعزى هذه الزياده الى زياده حجم الحبيبات وزياده المسار الحر للالكترون وبالتالي تقليل التشتت وزياده التوصيليه.

و يبين الشكل (5) زياده التوصيليه بزياده درجه الحراره حتى بلوغ اقصى قيمه لها في المدى الحراري C(430 – 400) للنماذج (5,1) يتبعها هبوط التوصيليه بزياده درجه الحراره وذلك نتيجه تشتت الكترونات التوصيل بسبب اعاده ترتيب الذرات وتوسع مدى اهتزازها حول مواقع استقرارها في درجات الحراره العاليه




**شكل (5) تغير التوصيلية مع درجة حرارة تتعدى درجة حرارة المختبر**

كما تم في هذا البحث دراسه التوصيليه مع التشويب بدرحه حراره المختبر كما يبين ذلك الشكل (6) حيث يتبين من الشكل (6) ان التوصيليه تبلغ ( $6x10^{-2}$ $(\Omega.cm)^{-1}$) في نسبه التشويب (0.1 % Sn) وتزداد لاخطياً مع التشويب حتى تبلغ قيمه ($1.2x10^{-1}$ $(\Omega.cm)^{-1}$) في نسبه التشويب (0.3 % Sn) وتبدا بعد ذلك بالهبوط لاخطياً لتصل قيمه ($3 \times 10^{-2}$ $(\Omega.cm)^{-1}$) عند تشويب (1%Sn) ويعزى هذا السلوك اللاخطي الى انه في التشويب الواطئ ولغايه (0.3%Sn) تزيح ايونات Sn ايونات Ti ونتيجه لان تكافؤ الاول اعلى فان ذرات القصدير تحل محل ذرات التيتانيوم وهي بذلك تسلك سلوك ذرات عنصر واهب والذي بتاينه يؤدي الى زياده حاملات الشحنه، اما بزياده التشويب اكثر من (0.3%Sn) فان Sn تسلك كمراكز تشتت ونظراً لصغر حجم ذره القصدير مقارنه بذره التيتانيوم فان هذه المراكز تؤدي الى انكماش الشبيكه وهذا يؤدي الى خلق مستويات عند سطح الغشاء وعند الحدود الحبيبيه ترتبط باواصر سائبه تقوم بقنص حاملات الشحنه المتولده من التشويب مكونه حواجز جهد مشحونه تعترض طريقها وتعمل على تشتتها مما يؤدي الى هبوط التوصيليه.




**شكل (6) تاثير نسبه التشويب على توصيله غشاء $TiO_2$ المحضر بدرجه حراره420Cº قبل وبعد التلدين بدرجه 400Cº في غاز الركون**

كما يبين الشكل (6) انخفاض التوصيليه بعد التلدين لبعض النماذج في نسب التشويب ويزى ذلك الى السمك القليل لها حيث ان التلدين يؤدي الى تكوين جزر منفصله للاغشيهذات السمك القليل اما في الاغشيه ذات السمك المتوسط

والكبير فان التلدين سوف يعمل على زياده حجم الحبيبات البلوريه مما يزيد من المسار الحر للالكترونات فيقل بذلك التشتت وتزداد التوصيليه.

**4 - الاستنتاجات**

من خلال دراسه المقاوميه الكهربائيه لغشاء ($Tio_2$) النقي و المشوب تبين ان افضل درجه حراره تحضير هي (420 – 440)C كما اظهرت دراسه الخواص الكهربائيه ان المعامله الحراريه للغشاء النقي والمشوب تعمل على زياده التوصيليه وهبوط المقاوميه . ومن خلال قياسات هول لكل حاله تشويب تم استنتاج ان جميع النماذج وبضمنها النقيه من نوع (س) وكان تركيز حاملات الشحنه وحركيه هول والتوصيليه لهذا الغشاء هي $(0.02\ (\ \Omega.Cm)^{-}$ $(.024cm^2/v.s,\ 8.7 \times 10^{18}cm^{-3})$ [1] على التوالي.

## References:-

1-http://chimie.utcluj.ro/~nascu ,2000, "Thin Films: Structure and Properties".
2 - M. ANWAR, I. M. GHAURI, S. A. SIDDIQI, 2005" THE ELECTRICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS THIN FILMS STRUCTURE DEPOSITED BY THERMAL EVAPORATION ", .
3 - Horib Jobi, 2005"Characterisation of $TiO_2$ Thin Films and Multilayer Antireflective Coatings",.

4 – D. Mardare and G. I. Rusu, 2oo2" Dielectric Constant of Fe Doped Tio2 Thin Films".

5 - دراسه الخواص الكهربائيه والضوئيه لخلايا PbSe و KI ، اطروحه ماجستير مقدمه من قبل ابراهيم عبد الله عبود، جامعه بغداد ، 1988.

6 - S. S. AL - Rai, S.J. Shaker, Y. M. Hassan,1990, Solid State Physics" Almousul University,.

7-د. وكاع فرمان محمد، د. مظفر انور النعمه، " فيزياء الالكترونيات" ، جامعه الموصل ،2001.

8 - دراسه الخواص التركيبيه و البصريه لغشاء PbS وZnS ، اطروحه ماجستير مقدمه من قبل صابرجاسم محمد، جامعه تكريت، 2005.

# *Study on Effect of Annealing On Electrical Properties of $TiO_2$ thin Film*

**Weam S. M.**

**Department of Physics, University of AL – Qadisiya**
**Email: Dhiasami@ Yahoo. Com**

## Abstract:-

Titanium dioxide ($Tio_2$) thin film was prepared by *Spray Pytolysis Method (SPM).* Glass substrates with (1 * 2.6 * 7.6) cm were used at (R.T)°C and seems to be One of the more important parameters affecting the physical properties of the semiconductor. Electrical properties such as conductivity ,. Then the effect of annealing on the conductivity is study. Furthermore, By used relation between Voltage and Current in Hall – effect the type transportations Charge is shown.