



دراسة تأثير التشويب بأوكسيد الليثيوم على الخصائص الكهربائية لأغشية  
المركب  $(Li_xNi_{2-x}O_2)$  المحضرة بطريقة الترسيب بالليزر النبضي  
(PLD).

مظفر فؤاد الحلي ، خالد حمدي رزيق ، عبد أحمد خليفة ، كاظم عبد الواحد عادم  
قسم الفيزياء، كلية العلوم- جامعة بغداد ، قسم الفيزياء، كلية التربية- جامعة تكريت ، قسم  
الفيزياء، كلية التربية- جامعة تكريت ، قسم الفيزياء، كلية العلوم- جامعة بغداد

mfj972@yahoo.com

kadhim – adim@yahoo.com

abedkhalefa65@gmail.com

KhalidRazd@gmail.com

الخلاصة

أظهرت فحوصات تأثير هول إنَّ أغشية  $(Li_xNi_{2-x}O_2)$  تمتلك حاملات شحنة أغلبية نوع (p- type) ولجميع نسب التشويب ، وإنَّ تركيز الحاملات يزداد من  $48.07 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  -  $0.257 \times 10^{17}$ ، وكذلك تزداد التوصيلية الكهربائية المستمرة بزيادة التشويب من  $(2.82 \times 10^{-3} - 128.65 \times 10^{-3}) \text{ eV}$  بينما يتناقص معامل هول من  $(2.423 \times 10^3 - 0.013 \times 10^3) \text{ cm}^3/\text{C}$  وبينت قياسات التوصيلية المستمرة تناقص طاقتي التنشيط بزيادة التشويب حيث كانت  $(E_{a1}=0.13\text{eV} , E_{a2}=0.278\text{eV})$  عند  $x=0.0$  وأصبحت  $(E_{a1}=0.074\text{eV}, E_{a2}=0.117\text{eV})$  عند  $x=0.55$  ، وأظهرت فحوصات التوصيلية المتناوبة أنَّ التوصيلية المتناوبة وكذلك السعة وكل من ثابت العزل الحقيقي والظاهري تزداد مع زيادة نسبة التشويب.

الكلمات الدالة: التشويب، التحركية ، طاقة التنشيط ، ثابت العزل.



**Study the doping effect of lithium oxide on the electrical properties thin film of the composited( $\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2$ ) prepared by pulsed laser deposition (PLD).**

Muthafar. F. AL-Hilli

Khalid. H. Razeg

Abed. A.

Khalefa

University of Tikrit/College Of Education    University of Tikrit/College Of Education,

University of Baghdad / College of Sciences ,

*abedkhalefa65@gmail.com*

*Khalid54@gmail.com*

*mfj972@yahoo.com*

*Kadhim A. Aadim, University of Baghdad / College of Sciences*

*kadhim – adim@yahoo.com*

**Abstract**

The Hall effect tests showed that the thin films of( $\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2$ ) have a carriers charge (p-type) at all doping ratios. The concentration of carriers increases from ( $0.257 * 10^{17}$ -  $48.07 * 10^{17}$ )  $\text{cm}^3$  , as well as increasing electrical conductivity by increasing the doping from ( $2.82 * 10^{-3}$ -  $128.65 * 10^{-3}$ ) eV,

while the Hall coefficient decreases from ( $2.423 * 10^3$ - $0.013 * 10^3$ )  $\text{cm}^3/\text{C}$  , The continuous conductivity measurements showed a decrease in activation energy by increasing doping ( $E_{a1} = 0.13$  ,  $E_{a2} = 0.278$ ) eV, at  $x=0.0$  and becomes( $E_{a1}=0.074\text{eV}$ , $E_{a2}=0.117\text{eV}$ )at  $x=0.55$ , The alternating conductivity tests showed that, Alternate conductivity as well as capacitance and both real and imaginary dielectric constant increases with increasing doping ratio.



**Key words** :doping , mobility, active energy , dielectric constant

## 1- المقدمة: *introduction*

نظراً لصغر حجم الأغشية الرقيقة وخفة وزنها دخلت في صناعة الدوائر الكهربائية الميكروية ، وفي الحاسبات الألكترونية الرقمية [2,1] ، وإنَّ الغشاء الرقيق هو تعبير يوصف طبقة أو عدة طبقات من ذرات المادة قد لا يتجاوز سمكها الميرون الواحد . إنَّ الخصائص الفيزيائية للأغشية تختلف عن خصائص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية [4,3] . إن الأغشية الرقيقة لأوكسيد النيكل (NiO) والمحضرة بمختلف طرائق التحضير لها تركيب بلوري مكعب متمركز الوجة (fcc) ، ولها توصيلية كهربائية من النوع (P-type) [5] ، ولأغشية أوكسيد النيكل فجوة طاقة عريضة تقع في ضمن المدى (4eV-3.6eV) . ويتم تصنيع أغشية أوكسيد النيكل أو تركيبها بمختلف تقنيات الترسيب الفيزيائية والكيميائية والتي تتضمن: الترديد والأنحلال الحراري [6] ، وطريقة المحلول الغروي (sol-gel) [7] ، وطريقة الترديد بالترددات الراديوية [8] ، وطريقة الترديد السالبة [9] ، والترسيب بالليزر النبضي [10,11] . أما المركب (LiNiO<sub>2</sub>) فإنَّ تركيبه يشابه تركيب (LiCoO<sub>2</sub>) [12,13] ، حيث تظهر الأغشية المحضرة من المركب وبمختلف طرائق التحضير بتركيب سداسي [14] ، وإنَّ مركبات Li-Ni-O تحتوي عادةً على ذرة أوكسجين لكل ذرة معدن وترتكز على طبقات متراسة ومحكمة (close-packed) من ذرات الأوكسجين ، وتوجد طرائق متعددة ومختلفة لتحضير المركب (LiNiO<sub>2</sub>) منها طريقة التآليف المائية [15] ، وطريقة المحلول الغروي الهلامي [16] .

## 2- الجانب العملي: *Experimental Work*

### 2-1 تحضير مساحيق المواد والاقراص: *Prepare powders substances and discs*

تم جلب مسحوق أوكسيد النيكل (NiO) المختبري بنقاوة (99.99%) ، وكذلك مسحوق كربونات الليثيوم (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) المختبري بالنقاوة نفسها (99.99%) وتم خلطهما ووزنهما بحسب قيمة  $x = (0.55, 0.35, 0.15, 0.00)$  في المركب (Li<sub>x</sub>Ni<sub>2-x</sub>O<sub>2</sub>) ، إذ تم وزن النسب من المساحيق باستخدام ميزان ألكتروني رقمي حساس من نوع (Metller. A.K-160) حساسيته (10<sup>-4</sup>)gm. إذ تم حساب أوزان المساحيق المخلوطة وطحنها بواسطة هاون خزفي (size: 3) لمدة نصف ساعة ، ثم تم وضع المساحيق المطحونة بعبوات بلاستيكية بداخلها ثلاث



كرات سيراميكية بقطر (0.50cm) وبعد ذلك وضعت كل عبوة في داخل جهاز خلط الكليزي المنشأ نوع (spex Mixer) لمدة عشر دقائق ، وبعد ذلك تم كبس المساحيق المخلوطة بقوة ضغط ( $10^7 \text{N/m}^2$ ) في قالب خاص (steel stainless) بقطر (1.2cm) وبسمك (0.3cm) ولمدة (3 دقائق) بواسطة مكبس هيدروليكي أمريكي المنشأ مصنع من قبل شركة ( across ) international لإنتاج أقراص من المركب ( $\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2$ ) حسب قيمة x. تم تلييد الأقراص الناتجة من خلط المساحيق في الفرن الكهربائي الأنوبي عند درجة حرارة ( $950^\circ\text{C}$ ) بوجود غاز الأوكسجين ( $\text{O}_2$ ) ولمدة ساعتين ، وتركت الأقراص في الفرن عند درجة حرارة ( $950^\circ\text{C}$ ) لمدة ساعتين ، ثم تركت لتبرد بعد إطفاء الفرن.

## ٢-٢ ترسيب الأغشية:

إنَّ عملية ترسيب الأغشية الرقيقة من أقراص المركب ( $\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2$ ) حسب قيمة (x) تم إنجازها في داخل حجرة التفريغ في منظومة الليزر (Nd-YAG pulse lase) تحت ضغط تفريغ ( $10^{-3}$  Torr) ، إنَّ عملية ترسيب ونمو الأغشية الرقيقة بطريقة (PLD) تتضمن ثلاث خطوات اساسية هي: ١- تفاعل حزمة أشعة الليزر النبضي مع الهدف والذي هو عبارة عن قرص سيراميكي . ٢- تشكيل وتوسيع البلازما داخل حجرة الترسيب باتجاه الشريحة الزجاجية التي يتم الترسيب عليها والتي تسببها أشعة الليزر. ٣- ترسيب الغشاء على الشريحة الزجاجية عند درجة حرارة الغرفة عند ضغط التفريغ المنخفض، وكانت طاقة الليزر المناسبة لترسيب الأغشية (800m.J) وبتردد (6Hz) حيث تصنع اشعة الليزر الساقطة مع سطح الهدف زاوية ( $45^\circ$ ) ، وتثبت الشريحة الزجاجية أمام الهدف وبموازاته بمسافة (37 1)cm ، وكانت المسافة بين الهدف ونقطة انطلاق أشعة الليزر (15cm).

## ٢-٣ مواصفات جهاز الليزر المستخدم: The specifications of used laser

١- الجهاز هو ليزر النيديوم – ياك Nd: YAG laser وبالأوصاف التالية

(Huafei Tongda Technology- DIAMOND-288 pattern EPLS)

٢- طاقة الليزر المستخدمة = 800m.J

٣- التردد = 6Hz

٤- الطول الموجي  $\lambda = 1064\text{nm}$ .

٥- عدد النبضات = 800 نبضة .



٦- تبريد الجهاز يتم يدوياً عن طريق استبدال الماء الساخن بالبارد من خلال خزان داخلي.

## ٢-٤ القياسات الكهربائية وترسيب الأقطاب: - *Electrical Measurements electrodes deposition*

لدراسة الخواص الكهربائية للمركب ( $Li_xNi_{2-x}O_2$ ) على هيئة الأغشية الرقيقة المحضرة من المركب حسب قيمة ( $x$ ) ، كانت التوصيلات الكهربائية على شكل أقنعة من معدن من مادة موصل- مع مادة الغشاء الشبه موصله والتي لا تضيف أي مقاومة إلى مقاومة المادة الشبه موصله . إذ يتم ترسيب أقطاب على الغشاء الرقيق لإتمام التوصيل الكهربائي في الدائرة الكهربائية وهذا يقتضي صنع أقنعة من مادة الألمنيوم الرقيق ووضعها على القاعدة المرسب عليها الغشاء الرقيق، إذ يتم ترسيب الأقطاب باستخدام سلك من الألمنيوم ذي النقاوة (99.99%) الذي يوضع داخل حوض التنكستن لصهره ثم تبخيره باستخدام منظومة التبخير الحراري ذات طراز (Blazer BAE 370) تحت ضغط ( $10^{-5}$  Torre) .

## ٣- النتائج والمناقشة: *Results and discussion*

### ٣-١ تأثير هول: *Hall effect*

تمت قياسات تأثير هول للأغشية الرقيقة المحضرة من المركب ( $Li_xNi_{2-x}O_2$ ) والمرسبة على قواعد زجاجية وبحسب نسبة التشويب ( $x=0.00, 0.15, 0.35, 0.55$ ) ، فقد أظهرت النتائج أن حاملات الشحنة الأغلبية هي الفجوات وقد تبين أن تشويب أغشية المركب ( $Li_xNi_{2-x}O_2$ ) لم يؤثر في تغير نوع حاملات الشحنة ، وكان تأثير التشويب واضحاً في زيادة التوصيلية الكهربائية والتي تعتمد على تركيز حاملات الشحنة (الفجوات) ، وتناقص معامل هول والتحركية نتيجة زيادة التشويب والموضحة في الجدول (1) . وقد يعزى سبب تزايد التوصيلية في الأغشية الرقيقة المشوبة لأسباب عديدة: منها زيادة تجانس سطوح الأغشية وانتظام اصطفااف وترتيب الجسيمات النانوية التي ينتج عنها تقليل العيوب البلورية منها الفراغات والحدود الحبيبية ، وكذلك زيادة تركيز حاملات الشحنة مع زيادة نسبة التشويب. إذ أن التوصيلية الكهربائية تتناسب طردياً مع تركيز حاملات الشحنة وأن مجال هول المتولد يعمل على مرور حاملات الشحنة الأغلبية المتمثلة بالفجوات ونتيجة لذلك فإن زيادة المجال الكهربائي المسلط على طرفي الغشاء يعمل على زيادة التيار الكهربائي الناتج عن حركة الفجوات وهذا يتفق مع [5].

جدول (1) قياسات تأثير هول لأغشية المركب  $(Li_xNi_{2-x}O_2)$  مع نسبة التشويب  $x$

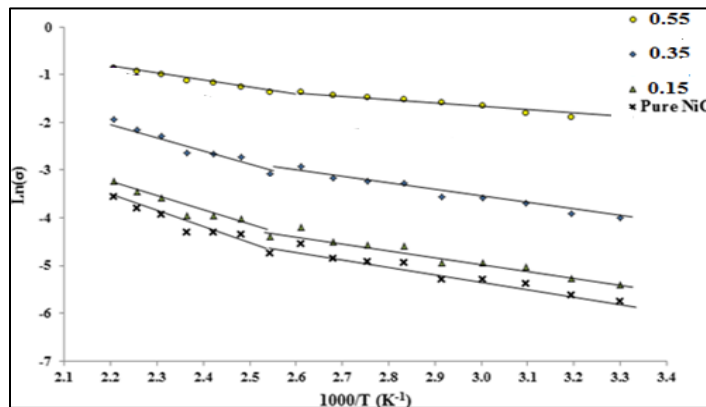
x	Hall coefficient $R_H * 10^3$ ( $cm^3/C$ )	Conductivity, $\sigma * 10^{-3}$ ( $\Omega^{-1} cm^{-1}$ )	Mobility $\mu$ ( $cm^2/(V.s)$ )	Carrier concentration, $n_H * 10^{17}$ $cm^3$	Type
0.00	2.423	2.821	0.683	0.257	p-type
0.15	1.050	6.712	0.406	0.595	p-type
0.35	0.113	20.215	0.228	5.530	p-type
0.55	0.013	128.657	0.167	48.07	p-type

### ٢-٣ التوصيلية المستمرة: D.C Conductivity

تعتمد توصيلة المادة الكهربائية في أشباه الموصلات على كثافة حاملات الشحنة (الالكترونات-الفجوات)، وتعتبر معرفة التوصيلية الكهربائية ضرورية ومهمة في معرفة بعض صفات شبه الموصل وآلية التوصيل الكهربائي ونوعية حاملات الشحنة وتركيزها، وهناك العديد من العوامل التي تعتمد عليها الخواص الكهربائية في أشباه الموصلات متعددة التبلور مثل درجة الحرارة، والضوء، وكثافة الأذرات الشائبة. تم في هذا البحث حساب التوصيلية الكهربائية المستمرة ( $\sigma_{d.c}$ ) لأغشية المركب  $(Li_xNi_{2-x}O_2)$  حسب قيمة  $x$  وإن القياسات تمت ضمن مدى من الدرجات الحرارية (293K – 443K)، إذ نرى عند زيادة درجة الحرارة تزداد قيمة التوصيلية وهذه صفة مميزة لأشباه الموصلات وكذلك نلاحظ وجود طاقتي تنشيط لأغشية المركب، إن العينات التي لها طاقتي تنشيط تكون توصيليتها على مرحلتين: المرحلة الأولى التي



تمثل طاقة التنشيط الاولى ( $E_{a1}$ ) وتكون عن طريق القفز او التنطط (hopping) بين المستويات المقيدة في فجوة الطاقة ، بمعنى أن أنتقال حاملات الشحنة من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل غير ممكنة في هذه المرحلة وهذا يكون في درجات الحرارة الواطئة،بينما يمكن ذلك في المرحلة الثانية والتي تتمثل بطاقة التنشيط الثانية ( $E_{a2}$ ) وفي درجات الحرارة العالية حيث تتم التوصيلية على أساس انتقال حاملات الشحنة بين المستويات الممتدة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل بطريقة التحفيز أو التهيح الحراري . الجدول (2) يوضح تأثير التشويب في قيم التوصيلية الكهربائية وطاقت التنشيط  $E_{a2}, E_{a1}$  ونلاحظ من الجدول زيادة التوصيلية الكهربائية بزيادة التشويب بأوكسيد الليثيوم وهذا يعني زيادة ايونات الليثيوم ( $Li^+$ ) التي تؤدي إلى زيادة تركيز حاملات الشحنة والتي ينتج عنها زيادة التيار الكهربائي المار الذي يسبب زيادة التوصيلية الكهربائية . الشكل (1) يبين تغير اللوغاريتم الطبيعي للتوصيلية الكهربائية ( $Ln\sigma$ ) مع مقلوب درجة الحرارة ( $1000/T$ ) لأغشية ( $Li_xNi_{2-x}O_2$ ) ولقيم تشويب مختلفة والتي تبين زيادة التوصيلية الكهربائية مع زيادة نسبة التشويب وتناقص قيم طاقتي التنشيط الأولى ( $E_{a1}$ ) ، والثانية (  $E_{a2}$ ) بزيادة نسبة التشويب على التوالي كما في الشكل (2) أي يحدث ضيق في حزمة التوصيل عندما تقل طاقة التنشيط فتزداد التوصيلية الكهربائية أي تقل المقاومة الكهربائية وتقل طاقة التنشيط اللازمة لانتقال حاملات الشحنة من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل وهذا يتفق مع [17].

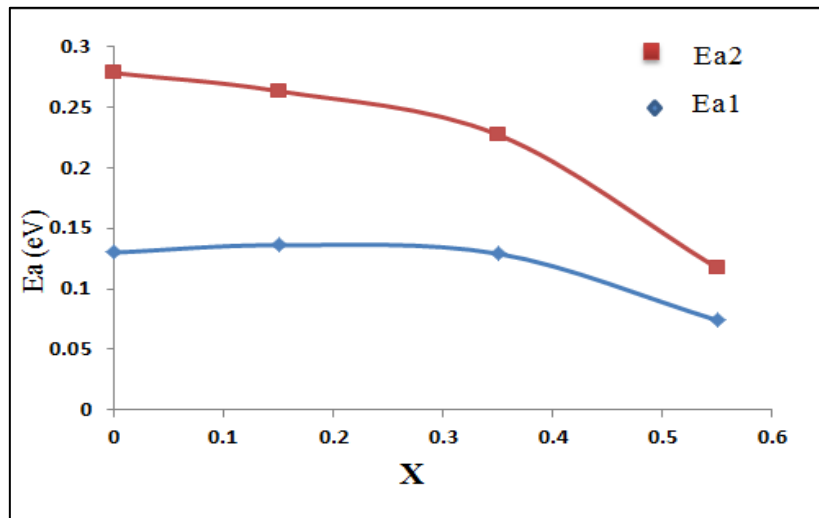


الشكل (1) : تغير  $Ln\sigma$  مع  $1000/T$  لأغشية ( $Li_xNi_{2-x}O_2$ )

الجدول (2) : قيم طاقتي التنشيط و التوصيلية المستمرة لجميع نسب التشويب

لأغشية ( $Li_xNi_{2-x}O_2$ ).

x	E <sub>a1</sub> (eV)	Range (K)	E <sub>a2</sub> (eV)	Range (K)	$\sigma_{RT} \cdot 10^{-3}$ ( $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ )
0.00	0.130	293-353	0.278	353-443	3.16
0.15	0.136	293-353	0.263	353-443	4.52
0.35	0.129	293-343	0.227	343-443	18.3
0.55	0.074	293-343	0.117	343-443	158.02



الشكل (2): تغير قيم طاقتي التنشيط مع نسبة التشويب لأغشية ( $\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2$ ).

### 3-3 قياسات التوصيلة الكهربائية المتناوبة: A.C conductivity measurements

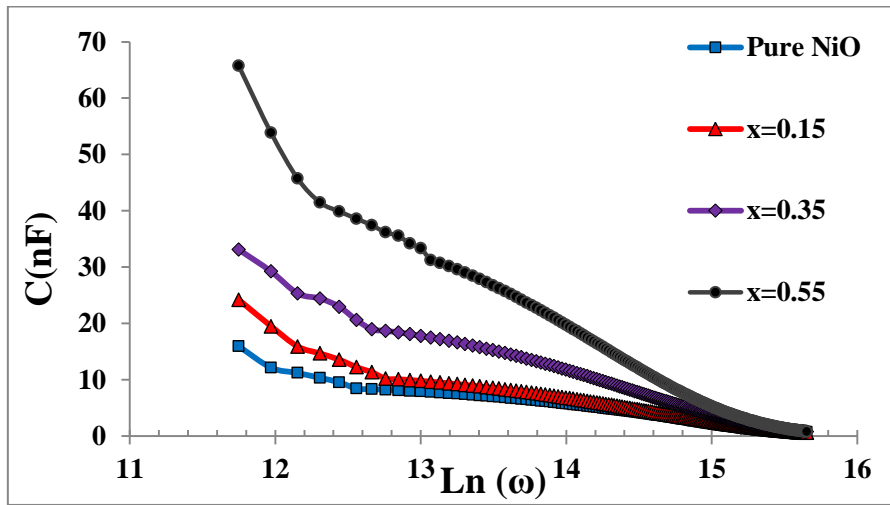
#### 1-3-3 قياسات السعة الكهربائية: electrical capacity measurements

تمت إجراءات فحوصات التوصيلية المتناوبة ضمن مدى الترددات ( $10^6\text{Hz}$ -50Hz) وعند فولتية مقدارها (500mv). إذ إنَّ الشكل (3) يبين تغير السعة الكهربائية مع اللوغاريتم الطبيعي





للتردد الزاوي للفولتية المجهزة للأغشية المحضرة من المركب  $(Li_xNi_{2-x}O_2)$  والملائمة بدرجة حرارة  $(450^\circ C)$  ولقيم تشويب مختلفة. إذ يتبين من الشكلين أن قيمة السعة تتناقص مع زيادة التردد بسبب العلاقة العكسية بينهما في دوائر التيار المتناوب. بينما أزدادت قيم السعة بزيادة نسبة التشويب وقد يعزى السبب في ذلك إلى زيادة حاملات الشحنة بزيادة نسبة التشويب بأوكسيد الليثيوم بثبوت الفولتية. إذ إنَّ السعة تتناسب طردياً مع زيادة الشحنة عند ثبوت الفولتية المجهزة من المصدر وهذا يتفق مع [17].

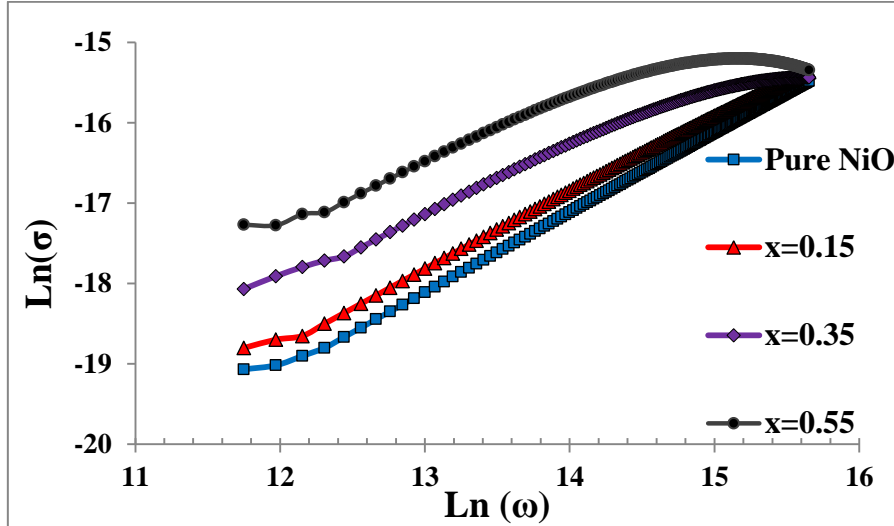


الشكل (3) : تغير السعة مع  $\ln(\omega)$  لأغشية  $(Li_xNi_{2-x}O_2)$  ولقيم تشويب مختلفة.

### 3-3-2 - التوصيلة الكهربائية المتناوبة: *A.C conductivity*

الشكل (4) يبين تغير اللوغاريتم الطبيعي للتوصيلية الكهربائية المتناوبة  $(\sigma)$  مع  $\ln(\omega)$  للوغاريتم الطبيعي للتردد الزاوي للفولتية المجهزة  $\ln(\omega)$  لأغشية المركب  $(Li_xNi_{2-x}O_2)$  ولقيم تشويب مختلفة. حيث يتضح من الشكل أن قيمة التوصيلية الكهربائية تزداد مع زيادة التردد ، ونلاحظ كذلك زيادة قيم التوصيلية الكهربائية بزيادة نسبة التشويب بأوكسيد الليثيوم إذ إنَّ التشويب بأوكسيد الليثيوم نتج عنه زيادة في عدد حاملات الشحنة كما بينت ذلك فحوصات تأثير

هول بينما تزداد طاقة حاملات الشحنة بزيادة التردد والتي تؤدي بالنتيجة الى زيادة التوصيلية الكهربائية وهذا يتفق مع [5] .

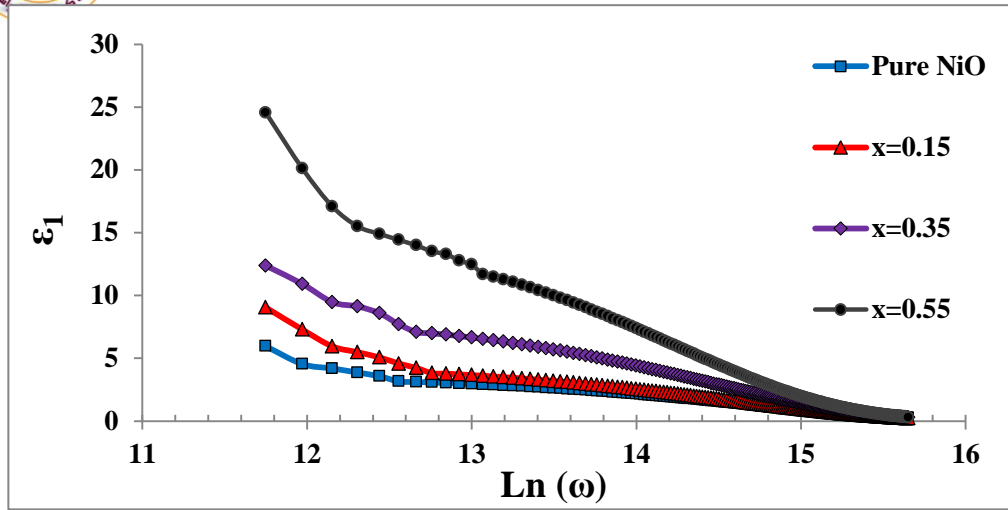


الشكل ( ٤ ) تغير  $\text{Ln}(\sigma)$  مع  $\text{Ln}(\omega)$  لأغشية  $(\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2)$  ولقيم تشويب مختلفة.

### ٣-3-3 - ثابت العزل الحقيقي والخيالي: *real and imaginary part of dielectric*

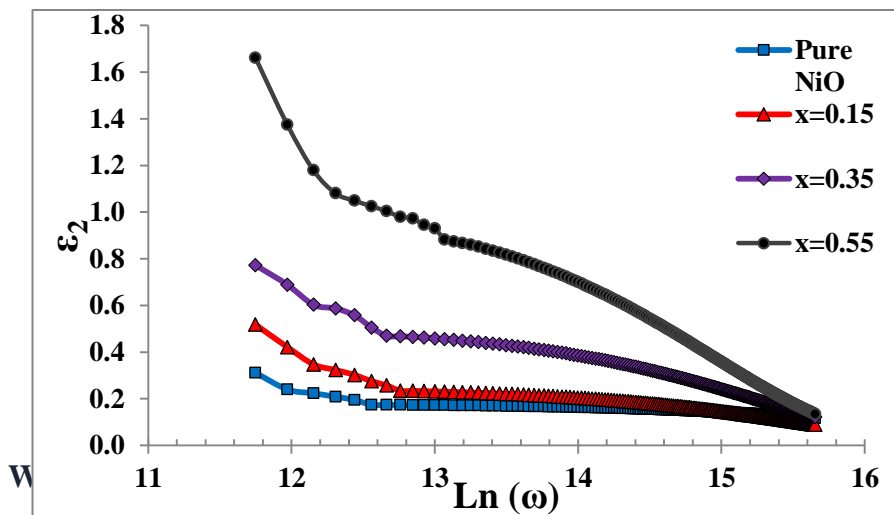
#### *constant*

الشكل (5) يبين تغير ثابت العزل الحقيقي مع اللوغاريتم الطبيعي للتردد الزاوي للفولتية المجهزة  $\text{Ln}(\omega)$  واغشية المركب  $(\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2)$  ولقيم تشويب مختلفة. يبين الشكل أن قيمة ثابت العزل الحقيقي تزداد في الاغشية الرقيقة المشوبة بزيادة نسبة التشويب بالمقارنة مع غشاء اوكسيد النيكل النقي ولجميع النسب ، كما يلاحظ تناقص ثابت العزل الحقيقي مع زيادة التردد .اذ تبلغ قيمته وفي جميع النسب اقصى زياداتها في مناطق الترددات الواطئة، وقد يعزى السبب في ذلك الى حصول الجسيمات ثنائية الاقطاب على الوقت الكافي لتدوير نفسها باتجاه المجال الكهربائي عند الترددات الواطئة ، ثم تنحرف قيم ثابت العزل الحقيقي نحو قيم ادنى مع زيادة التردد، اذ لم يعد بإمكان الثنائيات القطبية اللحاق بالمجال الكهربائي المسلط حيث تستقر بالتناقص عند الترددات العالية ، ويعزى السبب في استقرارها عند الترددات العالية الى زوال تأثير الاستقطابين الايوني والاتجاهي واقتصار الاستقطاب الكلي في جسيمات الاغشية على الاستقطاب الالكتروني الذي لا يتأثر مع التردد .



الشكل (5) : تغير ثابت العزل الحقيقي مع  $\text{Ln}(\omega)$  لأغشية  $(\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2)$  ولقيم تشويب مختلفة

أما الشكل (6) يبين تغير ثابت العزل الخيالي مع اللوغاريتم الطبيعي للتردد الزاوي للفولتية المسطرة  $\text{Ln}(\omega)$  لأغشية المركب  $(\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2)$  ولقيم تشويب مختلفة. يبين الشكل أن قيمة ثابت العزل الخيالي (ثابت الفقد) تقل مع زيادة التردد بينما تزداد مع زيادة نسبة التشويب. ويعزى السبب في ذلك إلى أن تزايد نسب الأضافة  $x$  من  $(\text{Li}_2\text{O})$  إلى أغشية المركب يؤدي إلى زيادة أعداد الثنائيات القطبية والتي تؤدي بدورها إلى زيادة فقدان الطاقة نتيجة الحركة الدورانية للثنائيات القطبية واحتكاكها مع بعضها البعض وهذا يتفق مع [17,5].





الشكل ( 6 ) تغير ثابت العزل الخيالي مع  $(\omega)$  Ln لأغشية  $(\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2)$  .

٤-الاستنتاجات:

- ١- من دراسة تأثير هول تبين أن حاملات الشحنة الأغلبية هي الفجوات أي أن شبه الموصل هو من نوع (p-type) وأن زيادة التشويب لم تؤثر في نوع حاملات الشحنة.
- ٢- إن التشويب أدى إلى نقصان معامل هول والتحركية وزيادة حاملات الشحنة الأغلبية (الفجوات)
- ٣- إن التشويب نتج عنه نقصان في مقاومة الأغشية الرقيقة وزيادة في التوصيلية المستمرة وتناقص طاقتي التنشيط الأولى والثانية.
- ١-زيادة نسبة التشويب نتج عنها زيادة في التوصيلية المتناوبة والسعة وثابت العزل بجزئية الحقيقي والخيالي وتبين أيضاً زيادة التوصيلية المتناوبة وتناقص كل من السعة الكهربائية وثابت العزل بجزئية مع زيادة التردد،

المصادر

- [1] J. M. Pawlikowski, “Thin solid film”, Vol.127, pp.9-27, (1985).
- [2] W. E. Jhonson and H. A. Schile, “ J. Appl. Phys, Lett, Vol.40, No.9, p 798, (1982).
- [3] H. Salah Saaba , “Study of the electrical and optical properties for  $\text{GeSe}_4, \text{GeSe}_4\text{Te}$  thin films” M. Sc. Thesis University of Al-Mustansiriyah,(2005) .
- [4] Ta. Al. Aswad, “Study the Effect of Doping by Coblt on the some Physics Properties of  $(\text{CdS})$  Thin Films”. " M .Sc. Thesis University of Tikrit, ( 2010)



- [5] Chung-Hsin Lu , Hsuan-Hao Chang and Chi Yen " Reverse Microemulsion Synthesis and Electrochemical Properties of LiNiO<sub>2</sub> Powders" Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 7, No 4, pp. 199- 204, (2004).
- [6] P. Puspharajah, S. Radhakrishna, A.K. Arof, J. Mater. Sci. 32,3001, (1997).
- [7] Jiao, Z. M. Wu, Z. Qin, and H. Xu, Nanotechnology 14-458, (2012).
- [8] Souza Cruz, T.G. and M.U. Hleinke, A. Gorenstein, Applied Physics Letters 8-14922, (2002) .
- [9] M. Lee, S. Seo, D. Seo, E. Jeong, and I.K. Yoo, Integrated Ferroelectrics 68-19, (2012).
- [10] Zbroniec, L. T. Sasaki, N. Koshizaki, Journal of Ceramic Processing Research 6-134,(2005).
- [11] Stamataki,M. D. Tsamakis, N. Brilis, I. Fasaki, A. Giannoudakos, and M. Kompitsas, Physica Status Solidi A-Applied Research 205, 2064–20,(2008).
- [12] J. R. Dahn, U. von Sacken, and C. A. Michal, Solid State Ionics,44-87 (1990).
- [13] W. Li, J. N. Reimers, and J. R. Dahn, Solid State Ionics, 67 (1993) 123.
- [14] M. Rubin, S-J. Wen, T. Richardson, J. Kerr, K. von Rottkay, J. Slack" Electrochromic Lithium Nickel Oxide by Pulsed Laser Deposition and Sputtering" Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California (1996).
- [15] G.G. Amatucci, J.M. Tarascon, D. Larcher, L.C. Klein, Solid State Ionics 84- 169, (1996) .
- [16] S. Abdelazeem Hassan Abass “Van der Pauw Measurements Of The Hall Effect In Nanoparticulate Silicon Layers” Diploma at AIMS, University of Cape Town, South Africa, (2008).



- [17] I. Hotovy, V. Rehacek , P. Siciliano , S. Capone , L. Spiess" Sensing characteristics of NiO thin films as NO<sub>2</sub> gas sensor" Thin Solid Films 418, 9–15, (2002).