

دراسة بعض الخصائص التركيبية والبصرية لاغشية اوكسيد النحاس المحضرة بطريقة الرش الكيميائي

بان خالد محمد* و مصطفى عامر حسن*
و ايمان حسن هادي*

تاريخ التسلم: 2011/5/25

تاريخ القبول: 2011/10/6

الخلاصة

في هذا العمل , تحضير اغشية اوكسيد النحاس بطريقة الرش الكيميائي مع تغيير الملح المستخدم مثل (نترات,كلوريد , خلات) النحاس بتركيز (0.1 مولاري) , استخدمت تقنية الليزر لقياس سمك الاغشية المحضرة و دراسة الخصائص التركيبية حيث أوضحت نتائج قياسات الأشعة السينية ان الأغشية المحضرة متعددة التبلور polycrystalline اما دراسة الخصائص البصرية باستخدام مقياس المطيافية (spectrophotometer) وتم حساب معامل الامتصاص حسب نوع الملح وكمية الامتصاص عند (1.723*10⁵- 1.936*10⁵ cm⁻¹) عند (380nm) و (1.81*10⁴ – 1.748*10³ cm⁻¹) عند الطول الموجي (900nm) وكانت فجوة الطاقة من النوع المباشر المسموح وبقيمة تتراوح بين (2.05 eV – 2.65 eV) .

Study of Some Structural , Optical Properties of Copper Oxide Thin Films Deposited by Chemical Spray Pyrolysis Method

Abstract

In this research we prepared copper oxide thin films by Spray pyrolysis method with various salts such as (acetate, nitrate & copper chloride (0.1 M) and study its structural and optical properties.

Laser technique has been used to determine the thickness of thin films, The structure characterization of the film was carried out with XRD. The results of XRD show that all samples have a polycrystalline , Optical properties has been measured by using spectrophotometer . The absorption coefficient was (1.723*10⁵- 1.936*10⁵ cm⁻¹) at (380 nm) according to the kind of salt, and (1.81*10⁴ – 1.748*10³ cm⁻¹) at (900 nm). The energy gap for direct allowed transition was ranged (2.05 eV– 2.65 eV).

المقدمة

ان المادة قيد البحث والتي هي اوكسيد النحاس هي مادة شبيهة موصل ذات لون قهوائي غامق وذات تركيب بلوري احادي الميل Monoclinic , ثابت الشبكة لاوكسيد النحاس يساوي (4.684Å^o) ويمتلك اوكسيد النحاس فجوة طاقة تقدر ب(1.5eV) وهو شبه موصل من نوع (P- type) اي ان حاملات الشحنة الاغلبية هي الفجوات (holes) [1].

اما بالنسبة لاستخدامات اوكسيد النحاس فبالنظر لامتلاكه فجوة طاقة صغيرة نسبيا وكذلك معامل امتصاص عالي في المنطقة المرئية لذلك فهو يستخدم في التطبيقات الشمسية وخاصة المجمعات الضوئية – الحرارية الشمسية Solar Photo –thermal collector حيث تتطلب هذه التطبيقات كفاءة عالية وحد طويل وجيد من الاستقرارية وتتطلب امتصاصية عالية في مدى

السريعة . وكذلك قام كل من (جواد و طارق) [7] بترسيب غشاء رقيق من مادة CuO باستخدام تقنية التبخير الحراري بواسطة ليزر Nd-YAG النبضي . أوضحت النتائج قياسات الأشعة السينية ان الأغشية المحضرة متعددة التبلور اما القياسات البصرية فقد وجد ان فجوة الطاقة لمادة CuO 1.8 eV) والأغشية ذات انتقال مباشر وجرى تليدين الاغشية الرقيقة حراريا "سريعا" باستعمال مصباح هالوجيني حيث وجد ان التليدين الحراري السريع يؤثر كثيرا "على الأغشية المحضرة حيث ادى التليدين الى تحسين خصائص الاغشية .

الاجهزة والتجارب المختبرية

تم تحضير غشاء رقيق من مادة أكسيد النحاس باستخدام طريقة الرش الكيميائي Chemical Spray Pyrolysis Method حيث إن الآلية التي تستند عليها هذه الطريقة لتكوين الاغشية هي حدوث التفاعل الكيميائي على سطح القاعدة اعتماداً على درجة حرارة تلك القاعدة، اي ان الاغشية تتكون نتيجة التحلل الكيميائي - الحراري على سطح القاعدة تتطلب عملية التحليل الحراري عند سطح القاعدة بان تحفظ المادة الاولية تحت درجة حرارة التفكك. يتم هذا باذابة المادة الاولية في المذيب وتزديدها بشكل قطرات محمولة بالغاز الى سطح القاعدة الساخن. ان عمل المذيب هو تبريد المادة الاولية اضافة الى استكمال مكونات التفاعل ومنع تفككها قبل اوانها للحصول على حجم الدقائق اللازمة لحصول افضل تفاعل كيميائي عند سطح القاعدة. هذه العملية تتم من خلال السيطرة على التركيب الكيميائي وكفاءة ترديد قطرات المحلول وان الشكل (1) يوضح منظومة الترسيب الكيميائي الحراري . ان الية التفاعل الكيميائي لتكوين اغشية أكسيد النحاس تأتي من التفاعل الكيميائي للمحاليل المستخدمة في عملية الرش المكونه من ثلاثة املاح مختلفة للنحاس هي نترات وكلوريدات وخلات النحاس تمزج مع التايوريا

الطول الموجي الشمسي (0.3-2.5 μ m) وانبعائية واطئة للاطوال الموجية الطولية (الاشعة تحت الحمراء الحرارية) واستخدم أكسيد النحاس في صناعة الخلايا الضوئية والخلايا الشمسية [1,2] .

اجريت دراسات متعددة حول المادة وأكسيد النحاس بشكل اغشية رقيقة ودرست امكانية الاستفادة منها في كثير من التطبيقات المهمة ومنها

التي قام بها (Roos, & Karlsson) [3] حيث حضر اغشية CuO و Cu₂O بأكسدة الحرارية لاغشية النحاس المحضر بالتبخير واجريت الفحوصات التركيبية و البصرية و اظهرت الدراسة ان طاقة الفجوة الممنوعة لاغشية CuO هي (1.5eV) ولغشاء Cu₂O هي (2.2eV) . بينما درس (Roos, et. al.) [4] الصفات الانتقائية الشمسية لأكاسيد النحاس (CuO, Cu₂O) والتي تم الحصول عليها من اكسدة اغشية النحاس بالاكسدة الحرارية الجافة في المدى الحراري (473,873K) وبزمن اكسدة مختلف ومديات حرارية مختلفة و اظهرت النتائج انه بالاكسدة الحرارية لانستطيع الحصول على سطوح انتقائية شمسية قيمة او ذات اهمية عند درجات حرارة اكسدة عالية ولا عند زمن اكسدة طويل بينما بالاكسدة بالطرق الكيميائية نستطيع الحصول على طبقات سطحية بامتصاصية شمسية عالية وانبعائية حرارية واطئه . اما (Karlsson, & Roos) [5] فقد درس الصفات الانتقائية في تطبيقات الاشعة الشمسية لاغشية الفولاذ حيث تم تحضير اغشية النحاس بالتاكسد الحرارية والتي وتم الحصول على اغشية النحاس بطريقة التريديز على صفائح من الفولاذ وقد وجد ان لهذه الاغشية قابلية عالية على امتصاص الاشعة الشمسية. بينما قام كل من (Hiernaut, et. al.) [6] بدراسة التركيب البلوري لاغشية أكسيد النحاس المحضر من اكسدة النحاس و اظهرت الدراسة ان التركيب البلوري يعتمد على سمك النحاس الاصلي وعلى معدل التاكسد وقد تم اكسدة اغشية النحاس بطريقتين طريقة التاكسد البطيئة وطريقة التاكسد

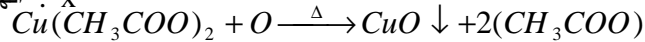
$$t = \frac{I}{2} \times \frac{\Delta x}{x} \dots\dots\dots (1)$$

t : سمك الغشاء

I : الطول الموجي لليزر هليوم نيون

Δx : الفرق بين الهدب المضئ والمظلم

x : الهدب المضئ



وكانت الاسماك لكل من اغشية اوكسيد النحاس المحضرة من محلول الخلات (180nm) و من محلول النترات (300nm) و من محلول الكلوريدات (360nm) لنفس العدد من الرشات (نفس معدل الترسيب).

وللحصول على الخصائص البصرية جرى دراسة طيف النفاذية والامتصاصية للاغشية التي تم قياسها باستخدام مطياف من نوع Vv.VIS.NIR-Double Beam Spector Photometer من شركة Perkin Elmere ذو حزمتين للضوء يوضع في طريق احدهما اللوح الزجاجي المرسب عليه الغشاء والمراد اجراء القياسات له بينما يوضع في طريق الحزمة الثانية المرجع وهو لوح زجاجي غير مرسب عليه.

وقد اجريت القياسات لاغشية اوكسيد النحاس ضمن مدى الاطوال الموجية (380-900 nm) ومن ثم تم حساب معامل الخمود وفجوة الطاقة، كما تم حساب معامل الامتصاص من طيف النفاذية من العلاقة الاتية [9]:

$$a = \frac{1}{t} \ln \left[\frac{1-R}{T} \right] \dots\dots\dots (2)$$

t : سمك الغشاء nm

R : الانعكاسية

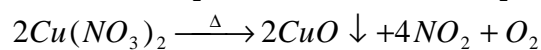
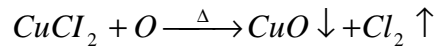
T : النفاذية

وبما ان السقوط عمودي فان الانعكاسية تكون قليلة جدا فان $(1-R)^2$ تساوي واحد فتصبح العلاقة كالتالي :

$$a = (1/t) \ln [1/T] \dots\dots\dots (4)$$

ومعامل الخمود الذي يعرف على انه مقدار فقدان في الطاقة الذي تعانيه الموجة

$CS(NH_2)_2$ بنسب مختلفة ومن ثم ترسب الاغشية وكما في العلاقات :



ان درجة حرارة القاعدة المناسبة تعمل على تبخير الماء وتبقى مادة CuO كغشاء رقيق على القاعدة المراد الترسيب عليها . وان ظروف ترسيب الغشاء كانت كما يلي :

1 - تركيز المحلول المائي 0.1 M

2 - حجم المحلول المائي 50 ml

3 - درجة حرارة القاعدة 300 C° Ts

4 - معدل جريان المحلول المائي 3 ml/min

5 - معدل جريان الغاز 27 l/min

6 - ارتفاع جهاز الرش 30 cm

7 - زمن الرش الواحدة 3sec

8 - زمن التوقف 30 sec

توجد عدة عوامل مهمة يجب مراعاتها أثناء تحضير الاغشية وهي ثبوت درجة حرارة القاء

Stability of Substrate Temperature
وإرتفاع جهاز الرش The Height of Spray
ومعدل الرش Nozzle The Spray Rate
وزمن الرش The Spray Time و ضغط غاز التذرية The Pressure of Carrier Gas . [8]

استخدمنا في هذا البحث قواعد زجاجية مصنوعة من الزجاج الاعتيادي لترسيب الاغشية عليها اذ جرى تقطيع الشرائح الى قطع مربعة بمساحة (2.5x2.5 cm ± 1mm).

أن قياس سمك الاغشية الرقيقة تم باستخدام الليزر حيث يتم تسليط ليزر هليوم نيون ذي الطول الموجي (632nm) على الغشاء الرقيق المراد قياس سمكه ومن خلال الاهداب المظلمة والمضيئه واعتمادا على العلاقة التالية :

التوالي (360,300,180 nm) لكل من كلوريد
و نترات و خلات النحاس .

و هذه النتيجة منطقية للغاية حيث ان الكلور ذو
وزن جزيئي اقل من النترات و النترات ذات
وزن جزيئي اقل من الخلات مما يعني ان كمية
المادة المتطايرة من محلول الخلات اكبر من
كمية المادة المتطايرة من محلول الكلوريد أي
ان نسبة النحاس المترسبة من محلول الكلوريد
اكبر من نسبة النحاس المترسبة من محلول
الخلات و لنفس الحجم من السائل المستخدم
للرش.

ويظهر لنا ايضاً من خلال الاشكال (2,3,4)
صورة فحص الاغشية بالمجهر الضوئي نوع
Olympus- Japan ذو قدرة تكبير (-270
540 مرة) . ان الاغشية المحضرة من نترات و
كلوريد النحاس (C&N) اكثر تجانس وذات
بريق ولمعان اعلى من الاغشية المحضرة من
خلات النحاس (A) عند تعريضها للضوء التي
تكون ذات تجانس اقل و يفسر ذلك بسبب تطاير
الخلات من القاعدة الزجاجية الساخنة اثناء
الترسيب. يكون لون الاغشية المحضرة بني
غامق او قهوائي . توضح الاشكال (5,6,7)
نتائج حيود الاشعة السينية حيث نجد ان الاغشية
المحضرة من النترات تكون ذات تركيب
عشوائي حيث نلاحظ ان القمم ضعيفة للطورين
(111) و (111) وذلك لانتشار الغشاء مع
القاعدة الزجاجية مما ادى الى شدة التصاقه بها
فاصبحت كمادة واحدة ويتبين ذلك عند خدش
الغشاء يخدش معه الزجاج فيكون المسحوق
الظاهر بنفس لون وهيئة الغشاء المرسب اي ان
الزجاج امتزج مع مادة الغشاء بفعل النترات و
فالتركيب العشوائي له عدة اسباب منها نوعية
الاملاح المستخدمة والتي هي النترات وتركيزها
وكذلك درجة حرارة القاعدة و سرعة التبريد
الحاصل عند رش القواعد الزجاجية يؤثر سلباً في
التبلور، بينما نجد ان الاغشية المحضرة من
الكلوريد والخلات تكون ذات تركيب متعددة

البلورة [12] حيث ان الاغشية المحضرة من
الكلوريد يكون به الطور (111) اضعف من
الطور (111) بينما الاغشية المحضرة من

الكهر ومغناطيسية عند مرورها خلال المادة
ويمكن حسابه بدلالة الطول الموجي ومعامل
الامتصاص وفق العلاقة الاتية [10]:

$$K = a \lambda / 4\pi \dots\dots\dots (5)$$

K : معامل الخمود

a : معامل الامتصاص

λ : الطول الموجي للاشعاع الساقط nm

اما بالنسبة لحساب فجوة الطاقة المباشرة لاغشية
أكسيد النحاس بنوعها المسموحة والممنوعة
فتم من خلال العلاقة الاتية [11]:

$$a(h\nu) = A(h\nu - E_g)^g \dots\dots\dots (6)$$

حيث g : تساوي قيمته $\frac{1}{2}$ في الانتقالات
المباشرة المسموحة :

hν : طاقة الفوتون الساقط (eV)

Eg : فجوة الطاقة للغشاء الرقيق (eV)

A : ثابت ويساوي 2×10^4

ويرسم العلاقة البيانية بين $(ah\nu)^2$ وطاقة
الفوتون hν يمكن ايجاد قيمة فجوة الطاقة بمد
الجزء المستقيم من المنحني العلاقة ليقطع
المحور السيني عند قيم طاقة الفوتون اذ تمثل
نقطة التقاطع قيمة فجوة الطاقة المباشرة
المسموحة .

التحليل والمناقشة

تبين ان الاغشية المحضرة من املاح مختلفة
تمتلك معدل ترسيب مختلف فأغشية اوكسيد
النحاس المحضرة من كلوريد النحاس $CuCl_2$
والذي رمزه له بالحرف (C) تمتلك معدل
ترسيب (10.28 nm) لكل مرة تم رش الغشاء
بها و الاغشية المحضرة من نترات النحاس
 $Cu(NO_3)_2$ والذي رمزه له بالحرف (N)
(8.57 nm) لكل رشة و (5.14 nm) لكل
رشة للاغشية المحضرة من خلات
النحاس $Cu(CH_3COO)_2$ والذي رمزه له
بالحرف (A) فمثلاً عند رش 35 رشة (زمن
الرشة الواحدة 3 sec) يكون سمك الاغشية على

تقلصاً في فجوة الطاقة كما تظهر هذه الذبول نتيجة زيادة درجة عشوائية المادة .

تعتمد قيم فجوة الطاقة و نوعها على نوع المادة وعلى طريقة تنظيم و توزيع الذرات داخل المادة، كما و تتأثر بنوع الشوائب المتواجدة داخل البنية التركيبية .

ان معامل الخمود يتأثر بعوامل كثيرة و منها الخسارة في طاقة الموجة الساقطة كما موضح في الشكل (14) بسبب عملية الامتصاص وهذا السلوك يشبه سلوك معامل الامتصاص وذلك للاعتماد الواضح لمعامل الخمود على معامل الامتصاص كما موضح بالمعادلة (5).

يشير معامل الخمود الى مقدار التوهين الحاصل للموجة الكهرو مغناطيسية عند مرورها خلال الوسط , وعلى هذا الاساس فان قيمته تتحدد من خلال تفاعلات الموجة مع الوسط لذا فان القيمة العالية له عند الاطوال الموجية القصيرة تعود الى خسائر طاقة الموجة الساقطة في عملية الامتصاص الاساسية اي بسبب خسائر الموجة في نقل الشحنات بين الحزم الطاقية و يلاحظ في الشكل (15) ان كل من الاغشية المحضرة من الكوريد والنترات ذات معامل خمود اعلى عند الاطوال الموجية القصيرة الا ان هذا السلوك ينعكس عند الاطوال الموجية العالية اذ يلاحظ ان الاغشية المحضرة من الخلطات (ذات فجوة الطاقة الاقل) تمتلك معامل خمود اعلى عند (900nm) , ويمكن تفسير هذه النتيجة الى الامتصاص بعمليات اخرى مثل الامتصاص بوجود الشوائب او حاملات الشحنة.

الاستنتاجات

1. الأغشية الرقيقة (CuO) المحضرة بطريقة الرش الكيميائي ذات تركيب متعدد التبلور
2. تمتلك هذه الأغشية معدل ترسيب مختلف وفي ظروف التحضير المستخدمة اعتماداً على الوزن الجزيئي للأغشية المحضرة منها.
3. من حساب فجوة الطاقة لغشاء CuO وجدت ان قيمتها تتراوح بين (2.05 eV- 2.65 eV)

الخلات يكون به الطور (111) اضعف من الطور (111) ان سبب ذلك في اختلاف القمم يعود الى اختلاف في عدد الذرات المكونة للغشاء من منطقة الى اخرى و بعد مقارنة هذه النتائج مع الجداول القياسية ل ASTM وحسب مامذكور في الجدول (2) [13] وجدنا انها مطابقة , وان جميع الاغشية المحضرة ذات معامل امتصاص عال أي نفاذية واطئة و يقل معامل الامتصاص بزيادة الطول الموجي كما مبين بالشكل (8) تم حساب معامل الامتصاص للأغشية المحضرة حسب المعادلة (4) ضمن المدى الطيفي (380nm – 900nm) و يلاحظ من الشكل (9,10) حدوث انخفاض حاد في معامل الامتصاص مع زيادة الطول الموجي ضمن المدى (380nm – 500nm) أي زيادة حادة في النفاذية الطيفية , ويستمر الانخفاض في معامل الامتصاص للمدى (500nm – 700nm) ولكن بحدّة اقل بعدها يحصل استقرار نسبي في الانخفاض للمدى (700nm – 900nm) أي حدة اقل.

يعتمد معامل الامتصاص على طيف النفاذية وبتناسب عكسي حسب المعادلة (4) كما و يتأثر بتضاريس سطح الغشاء (و التي تؤثر على الانعكاسية) و كذلك التركيب الكيميائي و البلوري للمادة لذلك نلاحظ اختلاف في معامل الامتصاص باختلاف المادة الكيميائية المحضرة منها الغشاء [10].

قياس فجوة الطاقة : تم حساب فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح و ذلك برسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ (الشكل الاسي لمعامل الامتصاص) و طاقة الفوتون الساقط. والجدول (1) يوضح قيم فجوة الطاقة مع تغير نوع المحلول وهذه النتائج مقاربة لما هو موجود في البحوث المنشورة [7-14-15-16].

يلاحظ في الاشكال (11,12,13) انخفاض في فجوة الطاقة للأغشية المحضرة من خلطات النحاس (A) و يمكن تفسير هذا النقص بسبب التشوهات التي اتصفت بها هذه الاغشية حيث تؤدي الى تكوين ذبول لحزم الطاقة مما يحدث

4. الاغشية المحضرة ذات معامل امتصاص عالٍ أي نفاذية واطئة ويقل معامل الامتصاص بزيادة الطول الموجي
5. تكون الاغشية ذات معامل خمود اعلى عند الاطوال الموجية القصيرة الا ان هذا السلوك ينعكس عند الاطوال الموجية العالية الا في حالة الامتصاص بعمليات اخرى
- المصادر
- [1]- Z.M.Jarzebski, "Oxide Semiconductors", Vol. 4, (1974).
- [2]-S.E.Hornstrom, B.Karlsson, A.Roos, B.Westerstrandh, Solar Energy Materials, Vol.9, p. (367-389), (1984).
- [3]-A.R.oos, T. Chibye and B. Karlsson, Solar Energy Materials, Vol.7,p.(453-465), (1983).
- [4]-A.R.oos, Karlsson, Solar Energy Materials, Vol.7,p.(467-480), (1983).
- [5]-T. Karlsson, A. R. oos, Solar Energy Materials, Vol.10,p.(105-119), (1984).
- [6]-J. P. Hiernaut, A.Roch, J.Van Cakenberghe, Thin Solid Film, Vol.71,p.(249-254), (1980).
- [7] - مسلم فاضل جواد و هبة سلام طارق "تأثير التلدين الحراري السريع على غشاء CuO المحضر بطريقة الترسيب النبضي بليزر النديميوم ياك"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28 العدد 2010 (2010).
- [8]-L. Vergnieres, S. Donet, C. Jimenez, "MOCVD and Spray Pyrolysis for Coated Cconductor Synthesis" Applied Superconductivity, Vol. 15, No. 2, (2005).
- [9]-P. Stefanov, Applied Surface Science Vol.253,p.(1046-1050),(2006).
- [10]-D.Chauhan, S.Dass, R.Shrivastav, "Preparation and Characterization of nanostructured CuO Thin Films for Photoelectrochemical Splitting of water", Bull. Mater. Sci., Vol.29, No. 7, p. (709-716), (2006).
- [11]- J.I.Pankov, "Optical Processes in Semiconductors", Prentice-Hall, (1973).
- [12]-A. Y. Oral, Material Chemistry Vol.83,p.(140-144),(2004).
- [13]- Powder diffraction file, Joint committee on powder diffraction standards" International center for diffraction data, Swarthmore, Pa. File 1-1117.
- [14] - مسلم فاضل & هبة سلام "دراسة الخصائص البصرية لأغشية أكسيد النحاس المحضرة بالليزر" مجلة العلوم جامعة النهرين، المجلد الثاني عشر، العدد الرابع (2009)
- [15]- M.I.Ali, S.M.Jasim, Q.A.Sbbar, Iraqi journal of applied physics letters vol.1, No.2, 2008.
- [16]- A.Sivasanker reddy, S.vthanna, p.Sreedharq reddy, Applied Surface Science vol.253,p.5287-5292, 2007.

الجدول (1) يوضح قيم فجوة الطاقة مع تغير نوع المحلول

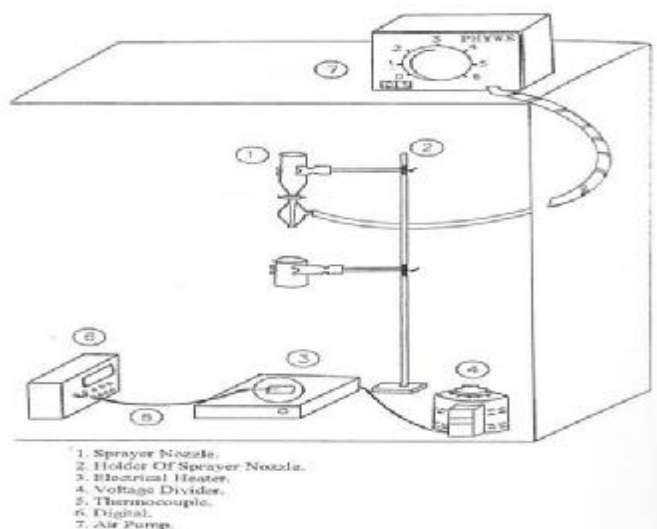
النموذج	تركيز المحلول (M)	فجوة الطاقة (eV)
A	0.1	2.05
C	0.1	2.45
N	0.1	2.65

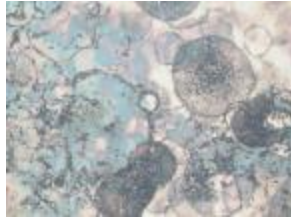
الجدول (2) نموذج من احد الكارتات المستخدمة لمادة رقم البطاقة (1-1117)

2□	d (A)	I	h	K	L
35.7432	2.510000	100	-1	1	1
38.9572	2.310000	100	1	1	1

شكل (1)

يوضح منظومة الترسيب الكيميائي المستخدمة





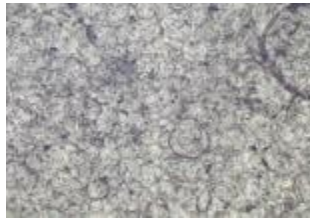
a-270



a-540

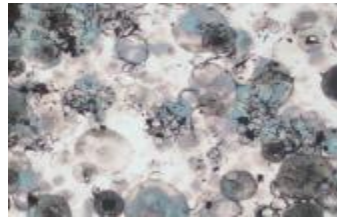
شكل (2)

يوضح طوبوغرافية اسطح الاعشبية المحضرة من خلاات النحاس (قوة التكبير 270-540)



c-

c-540



270

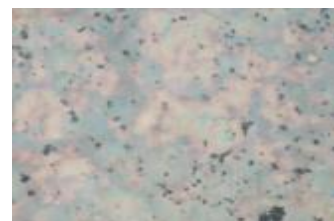
شكل (3)

يوضح طوبوغرافية اسطح الاعشبية المحضرة من كلوريد النحاس (قوة التكبير 270-540)

Intensity (Arb. Un.)



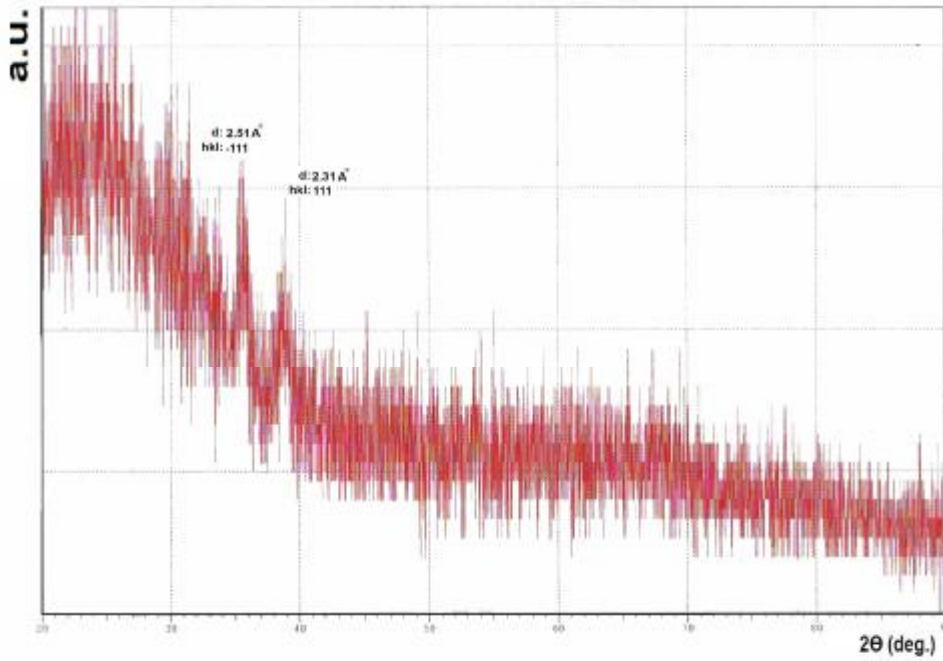
n- 270



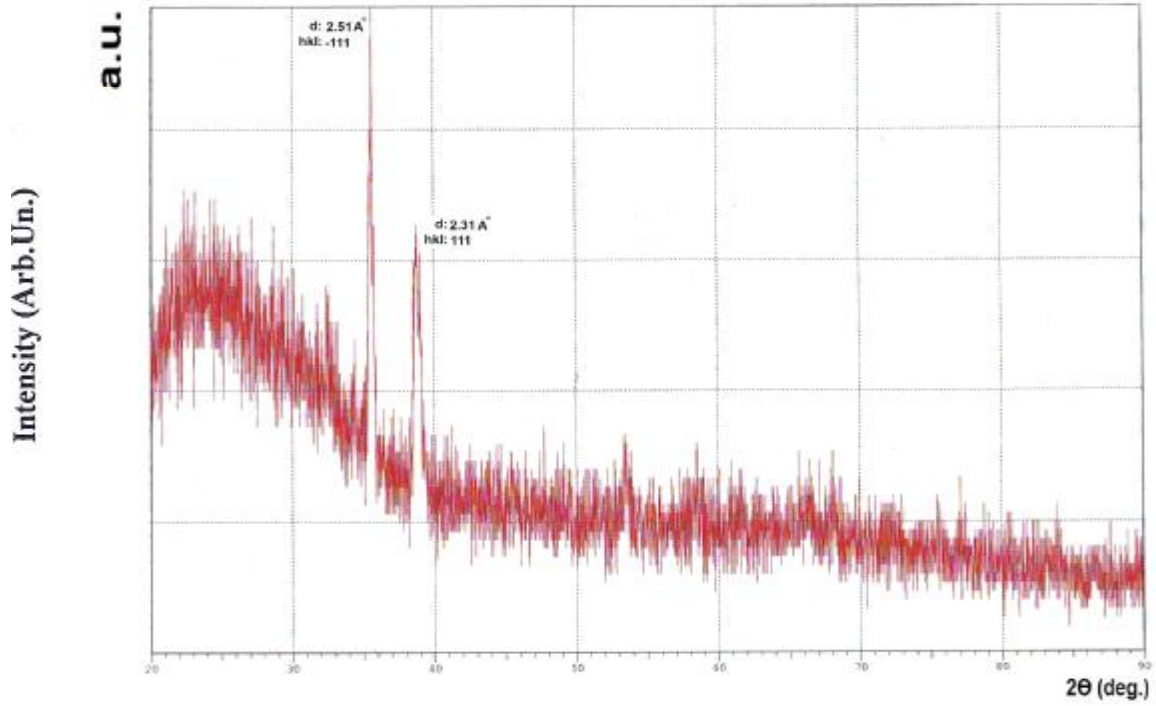
n-540

شكل (4)

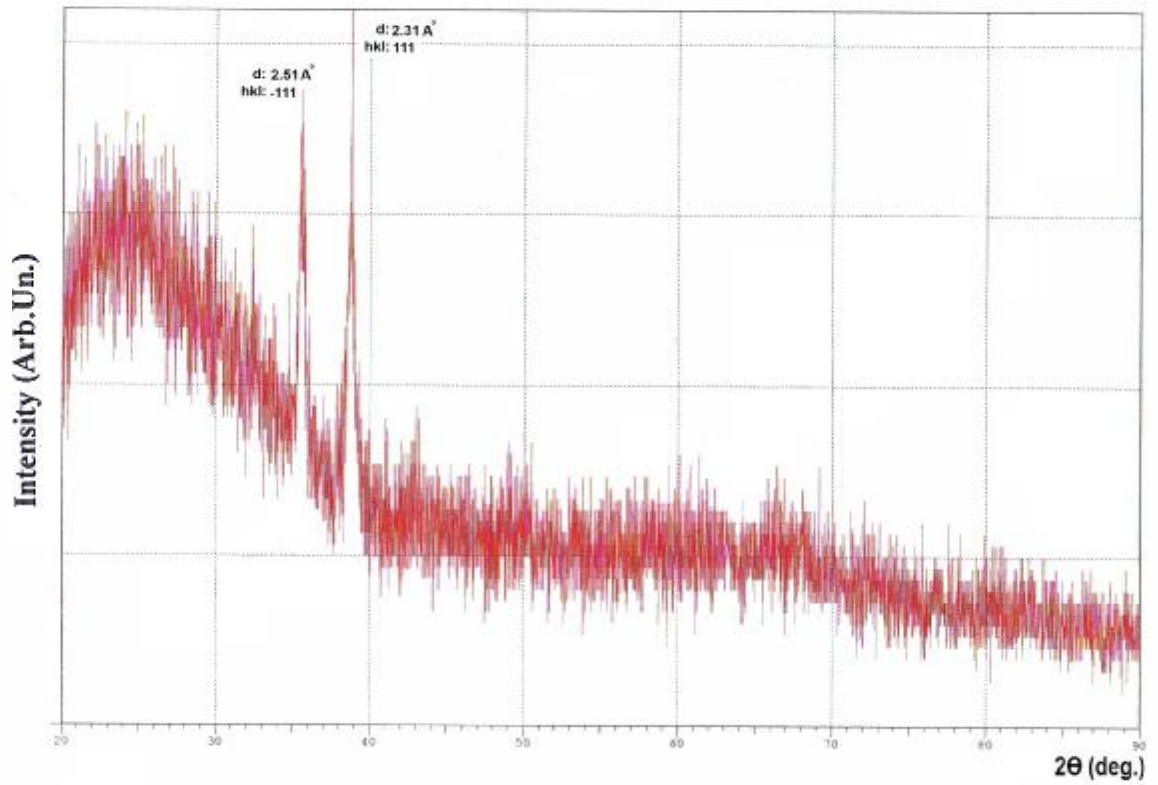
يوضح طوبوغرافية اسطح الاعشبية المحضرة من نترات النحاس (قوة التكبير 270-540)



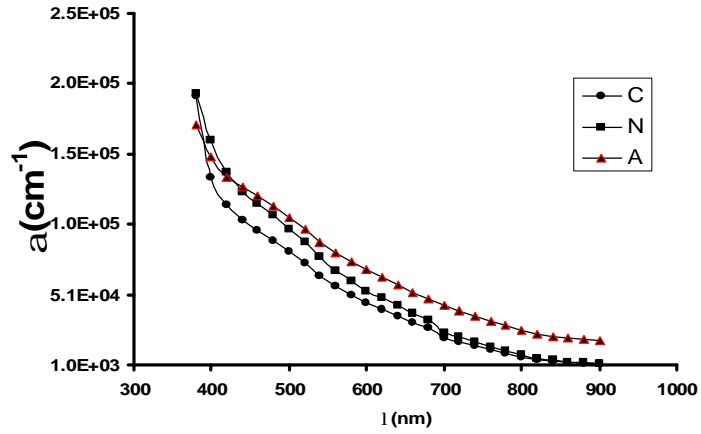
شكل (5) يوضح طيف حيود الأشعة السينية لأغشية الاغشية المحضرة من نترات النحاس



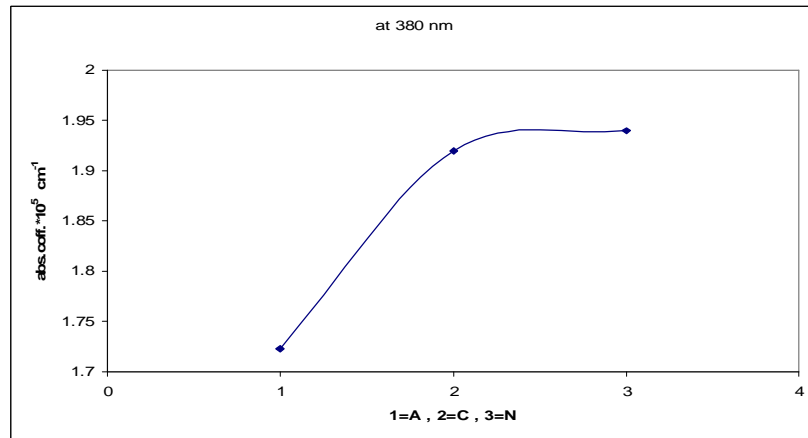
شكل (6) يوضح طيف حيود الأشعة السينية لأغشية الاغشية المحضرة من كلوريد النحاس



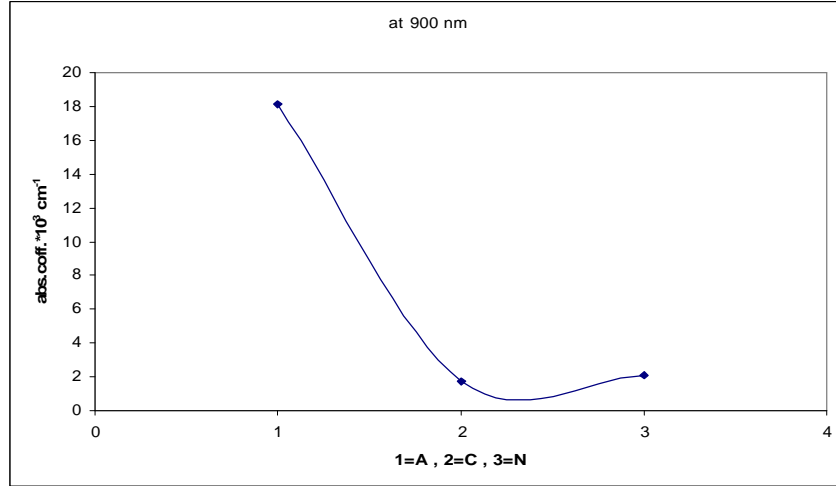
شكل (7) يوضح طيف حيود الاشعة السينية لأغشية الاغشية المحضرة من خلات النحاس



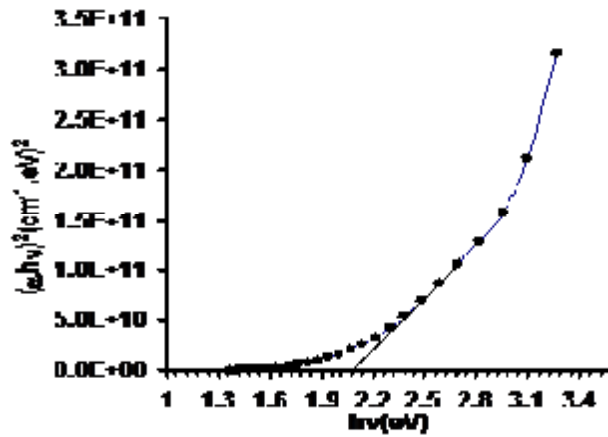
شكل (8) يوضح سلوك معامل الامتصاص



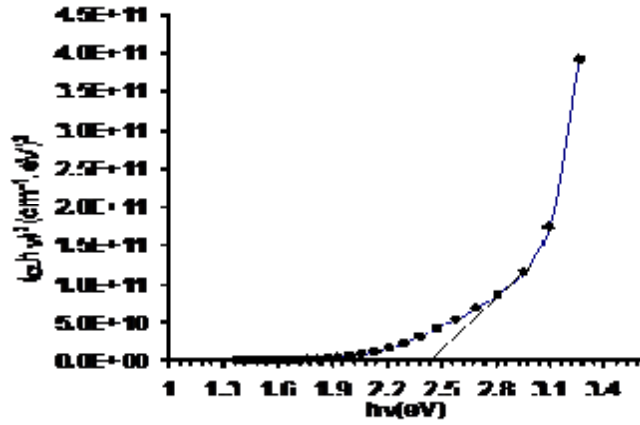
شكل (9) يوضح معامل الامتصاص عند طول موجي (380nm) باختلاف نوع الملح المستخدم (1,2,3)



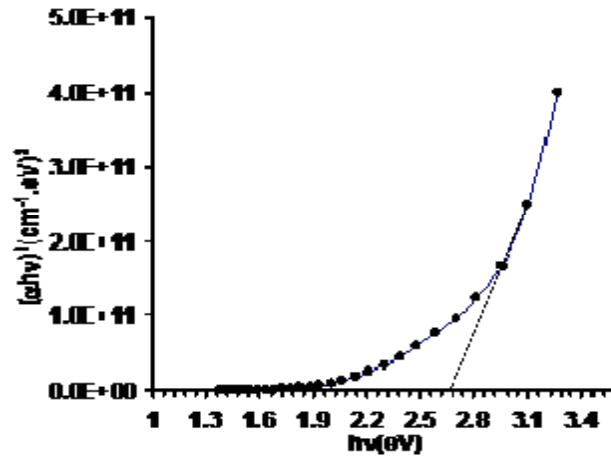
شكل (10) يوضح معامل الامتصاص عند طول موجي (900nm) باختلاف نوع الملح المستخدم (1,2,3)



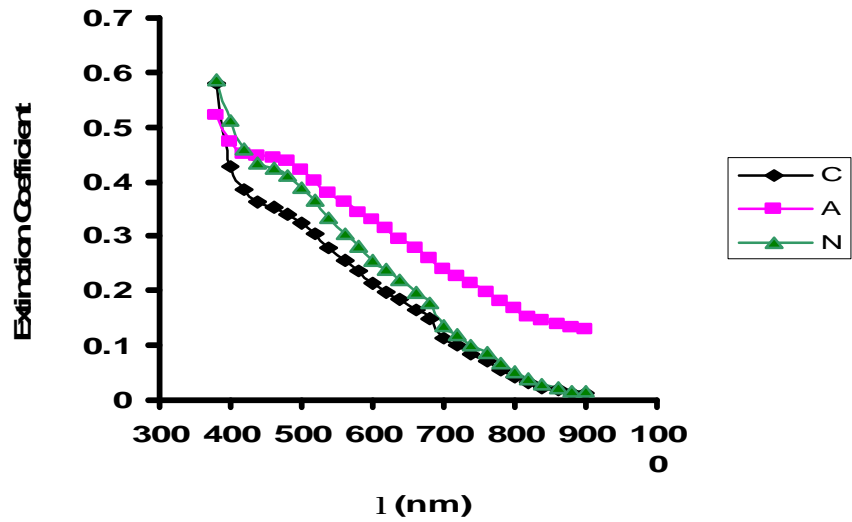
شكل (11) فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح للآغشية المحضرة من خلايا النحاس



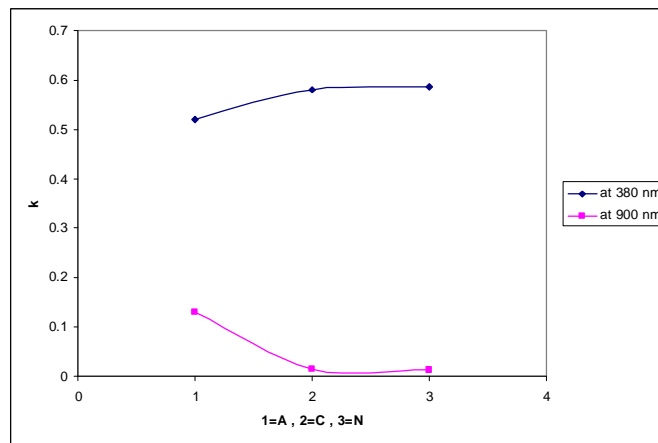
شكل (12) فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح للاغشية المحضرة من كلوريد النحاس



شكل (13) فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح للاغشية المحضرة من نترات النحاس



شكل (14) يوضح تغير معامل الخمود مع الطول الموجي



شكل (15) يوضح تغير معامل الخمود مع تغيير نوع المحلول المستخدم للترسيب