

دراسة تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية CuO المحضرة بطريقة الرش الكيمائي الحراري

لمياء خضير عباس*

تاريخ قبول النشر 2006/2/22

الخلاصة :

تم في هذا البحث دراسة تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية CuO (بسمك 1200-1800 nm) المحضر بطريقة الرش الكيمائي الحراري على قواعد زجاجية مسخنة بدرجة حرارة K(635) وأظهرت نتائج الفحوصات البصرية ان قيم معامل الامتصاص لأغشية CuO اكبر من (10^4cm^{-1}) مما يدل على حدوث انتقالات الكترونية مباشرة وتدل ايضا على ان الطاقات التي حسبت عندها هذه القيم هي طاقات فجوة مباشرة.

وحسبت فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح والممنوع للأغشية ولوحظ تناقص قيم فجوة الطاقة البصرية بزيادة السمك. وتضمنت الحسابات البصرية أيضا حساب الثوابت البصرية كمعامل الخمود ومعامل الانكسار وانعكاسية الأغشية كما حسب الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي لأغشية CuO الرقيقة.

المقدمة

تعد تقنية الأغشية الرقيقة واحد من اهم التقنيات التي اسهمت في تطور دراسة اشباه الموصلات واعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها الفيزيائية والكهربائية [1] ولاهمية اوكسيد النحاس في بعض التطبيقات المهمة اذ يعتبر من المواد شبه الموصلة نوع (p-type) ويمتلك فجوة طاقة صغيرة (1.4eV) لذلك فهو يستخدم في كثير من التطبيقات الشمسية وخاصة المجمعات الضوئية-الحرارية الشمسية وفي الخلايا الضوئية ويعد اوكسيد النحاس احد اهم الاجزاء المهمة للمواد فانقة التوصيل في درجات الحرارة العالية مثل المركب (YBCO) [2-5].

الجانب النظري

ينتج طيف الامتصاص من ظاهرة الفقدان في الطاقة الناتجة من التفاعل الحاصل بين الضوء والشحنات التي تحويها المادة (6) ، اذ انه عندما تسقط حزمة ضوئية شدتها I_0 على غشاء فالشعاع النافذ تكون شدته I حسب قانون لامبرت Lambert Law :

$I = I_0 \exp(-\alpha t)$(1)
 α : معامل الامتصاص Absorption (coefficient) $(\text{cm})^{-1}$ ويعرف بانه نسبة النقصان في فيض طاقة الاشعاع او الشدة بالنسبة لوحد المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط.

t : سمك الغشاء الرقيق $(\text{cm})^{-1}$

ويمكن كتابة العلاقة (1) بالصيغة الاتية

$$\ln I/I_0 = -\alpha t \dots\dots\dots(2)$$

$$\alpha t = 2.303 \text{ Log } I_0/I \dots\dots\dots(3)$$

وبما ان المقدار $(\text{Log } I_0/I)$ تمثل الامتصاصية (Absorption) (A) لمادة الغشاء فيمكن كتابة المعادلة (3) بالصورة الاتية :

$$\alpha = 2.303 A/t \dots\dots\dots(4)$$

ويعتمد معامل الامتصاص على خواص شبه الموصل من حيث فجوة الطاقة البصرية ونوع الانتقالات الالكترونية التي تحدث بين حزم طاقته. وتحسب طاقة الفوتون الساقط $(h\nu)$ من العلاقة التالية:

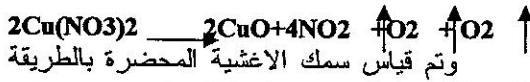
$$h\nu (\text{eV}) = 1240/\lambda \dots\dots\dots(5)$$

حيث λ : الطول الموجي (nm)

ان السمة المميزة المشتركة في مخطط الامتصاص لجميع المواد شبه الموصلة هي الزيادة السريعة الحاصلة في الامتصاص عندما تصبح طاقة الاشعاع الممتص مساوية تقريبا الى فجوة الطاقة الاساسية للامتصاص للمادة (Fundamental absorption Edge) وان دراسة موقع الحافة الاساسية وتركيبها يعطي معلومات عن فجوة الطاقة وعن خواص حزم الطاقة اعلاها واسفلها [6-8].

* كلية العلوم-قسم الفيزياء-جامعة بغداد

حضرت اغشية CuO باستخدام منظومة الرش الكيميائي التي تتكون من (مسخن حراري- مضخة هواء- قواعد زجاجية- حامل حديدي). وحضر المحلول بتركز 0.1 مول بإذابة (6.039) gm من نترات النحاس المائي Cu(NO3)2·3H2O في 250 cm³ من الماء المقطر اذابة تدريجية وبدرجة حرارة الغرفة:-



وتم قياس سمك الاغشية المحضرة بالطريقة الوزنية باستخدام ميزان الكتروني حساس نوع (Mettler AE-160) دي حساسية (10⁴ gm).

ثم قياس اطراف المتصاصية والنفاذية للاغشية قيد البحث ضمن الاطوال الموجية (المرئية- فوق البنفسجية) (340-900 nm) باستخدام جهاز قياس الطيف

Recording (Uv/visible Spectrophotometer_Uv/160)

النتائج والمناقشة

1- اطراف الامتصاصية والنفاذية:

يوضح الشكلين (1,2) تغير اطراف الامتصاصية والنفاذية لاغشية CuO بدرجة حرارة اساس (635K) مع الطول الموجي كدالة للسمك على التوالي اذ يتضح من ذلك زيادة في قيم الامتصاصية ونقصان في النفاذية بزيادة سمك الاغشية وهذا يتفق مع التناسب الطردي بين امتصاص المادة وسمكها.

2- معامل الامتصاص $\alpha(\text{cm}^{-1})$:

وتم حساب معامل الامتصاص للاغشية المحضرة بدلالة طيف الامتصاصية باستخدام العلاقة (4) واطهرت النتائج المستحصلة من هذه العلاقة زيادة في قيم معامل الامتصاص لهذه الاغشية بزيادة سمكها وكما هو موضح في الشكل (3) وتدل القيم العالية لمعامل الامتصاص ($\alpha(\text{cm}^{-1}) > 10^4$) على حدوث انتقالات الكترونية مباشرة وان الطاقات التي حسبت عندها هذه القيم هي طاقات فجوة مباشرة.

3- فجوة الطاقة البصرية (Eg)eV:

كما تم حساب فجوة الطاقة البصرية (Eg) للانتقال المباشر المسموح والممنوع وفق العلاقة (5) عندما ($r=1/2$). ($r=2/3$). على التوالي وذلك من خلال رسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)r$ وطاقة الفوتون $h\nu$ اذ تمثل Eg نقطة امتداد الخط المستقيم المرسوم بصورة مماسة لمنحني الامتصاص مع محور طاقة الفوتون.

ففي حالة كون الانتقال بين اعلى نقطة من حزمة التكافؤ واوطأ نقطة في حزمة التوصيل ولنفس قيمة متجه الموجة فان هذا النوع من الانتقال يدعى بالانتقال المباشر المسموح اما عندما يكون الانتقال من المناطق المجاورة لمنطقة الانتقال المباشر المسموح مع بقاء شرط عدم تغيير قيمة متجه الموجة فان هذا النوع من الانتقال يدعى بالانتقالات المباشرة الممنوعة.

$$(\alpha h\nu) = \beta (h\nu - E_g)^r \text{-----}(5)$$

حيث

α : معامل الامتصاص

$h\nu$: طاقة الفوتون الساقط

β : ثابت يعتمد على طبيعة المادة

E_g : فجوة الطاقة البصرية

r : معامل أسّي يعتمد على نوع الانتقال

وأن قيمة r تساوي (1/2) للانتقالات المباشرة المسموحة و(3/2) للانتقالات المباشرة الممنوعة.

ويعبر عن النسبة بين الاشعاع المنعكس والاشعاع الساقط عند الحد الفاصل بين وسطين

$$R+A+T=1 \text{-----}(6)$$

حيث R: الانعكاسية

A: الامتصاصية

T: النفاذية

يعتبر معامل الخمود الجزء الخيالي من معامل الانكسار للمعدن الذي يمثل الانحلال الاسمي للموجة داخل المادة والذي يعبر عنه بالمعادلة الآتية:-

$$K_0 = \alpha \lambda / 4\pi \text{-----}(7)$$

ويمكن للتعبير عن معامل الانكسار n_0 بالمعادلة الآتية:-

$$n_0 = \{ (1+R/1-R)^2 - (K_0^2 + 1) \}^{1/2} + (1+R)/(1-R) \text{-----}(8)$$

وتحدث عملية فقدان الطاقة في المادة بسبب التفاعل بين الضوء وشحنات للوسط وما ينتج عنه من استقطاب لشحنات للوسط ويوصف هذا الاستقطاب عادة بثابت العزل الكهربائي للمعدن للوسط.

$$\epsilon_r = n_0^2 - K_0^2 \text{-----}(9)$$

$$\epsilon_i = 2n_0 K_0 \text{-----}(10)$$

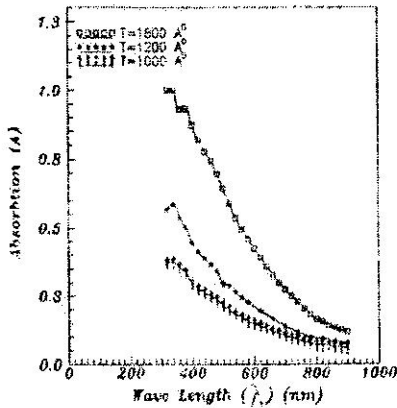
تضمن البحث دراسة تأثير السمك على الخواص البصرية لاغشية CuO الرقيقة والمحضرة بطريقة الرش الحراري على قاعدة زجاجية وبدرجة حرارة K (635) وباسماك مختلفة (1000-1200-1800) nm.

الجانب العملي

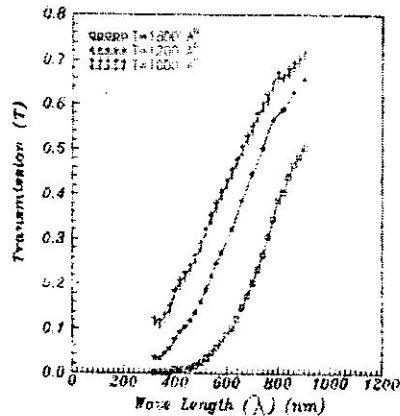
تم حساب ثابت العزل الكهربائي المعقد بجزيئه الحقيقي والخيالي لاغشية CuO باستخدام العلاقة (10,9) على التوالي:

يوضح الشكل (9) تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي مع طاقة الفوتون لاغشية CuO إذ يلاحظ تشابه طبيعة منحنى الجزء الحقيقي لثابت العزل مع طاقة الفوتون مع منحنى معامل الانكسار مع طاقة الفوتون وهذا يتفق مع العلاقة (9) حيث يكون تأثير معامل الخمود قليلا مقارنة بتأثير معامل الانكسار.

ويوضح الشكل (10) تغير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي (ϵ_i) مع طاقة الفوتون حيث يلاحظ تناقص قيم الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي مع نقصان السمك.



الشكل (1): يوضح تغير الامتصاصية كدالة للطول الموجي وبأسمك مختلفة.



الشكل (2): يوضح تغير النفاذية كدالة للطول الموجي وبأسمك مختلفة.

وتوضح الاشكال (5(A,B,C)) و (6(A,B,C)) قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المسموح والممنوع على التوالي لاغشية CuO المحضرة بسمك A(100,1200,1800) إذ يتضح من هذه الاشكال تناقص قيم فجوة الطاقة البصرية بزيادة سمك الاغشية المحضرة والسبب في ذلك يعزى الى تكون مستويات موضعية داخل فجوة الطاقة البصرية مما يؤدي الى تناقص قيم (Eg)(9).

جدول رقم (1) يوضح قيم فجوة الطاقة البصرية لاغشية اوكسيد النحاس (CuO)

سمك T(A°)	Eg(eV) فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح	Eg(eV) فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر الممنوع
1800	2.3	1.4
1200	2.7	1.6
1000	2.8	1.7

4- الانعكاسية (R)

تم حساب الانعكاسية استنادا الى المعادلة (6) إذ يوضح الشكل (6) انعكاسية اغشية CuO كدالة لطاقة الفوتون الساقط.

يلاحظ من الشكل ان انعكاسية الاغشية تقل بزيادة السمك والذي تعود الى زيادة امتصاصية الاغشية بزيادة السمك.

5 - معامل الخمود (K₀)

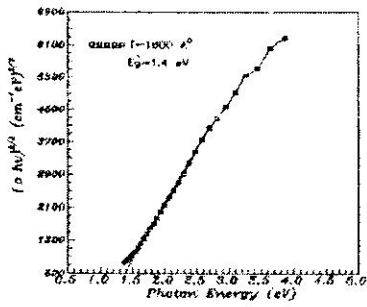
تم حساب معامل الخمود باستخدام المعادلة (7) ويوضح الشكل (7) تغير معامل الخمود مع طاقة الفوتون الساقط ومن خلال الشكل تستطيع ملاحظة التشابه في طبيعة منحنى معامل الامتصاص وتغيرهما مع طاقة الفوتون إذ ان التشابه ناتج عن اعتماد حساب قيم معامل الخمود على قيم معامل الامتصاص كما هو واضح في المعادلة (7).

ويلاحظ من الشكل تزايد قيم معامل الخمود بزيادة السمك وان طبيعة تصرف المنحنى لفشاء CuO مطابق لما ذكر في المصدر (7) إذ يلاحظ تزايد قيم معامل الخمود وبشكل سريع عند قيم الطاقات القريبة من حافة الامتصاص النصري مما يؤكد حصول انتقالات الكترونية مباشرة عند تلك الطاقات.

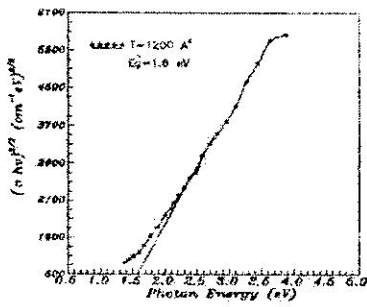
6- معامل الانكسار (n₀)

تم حساب معامل الانكسار استنادا الى المعادلة (8) ويبين الشكل (8) تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لاغشية CuO المختلفة السمك.

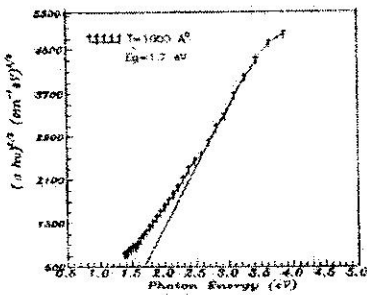
7- ثابت العزل الكهربائي المعقد :



- A -

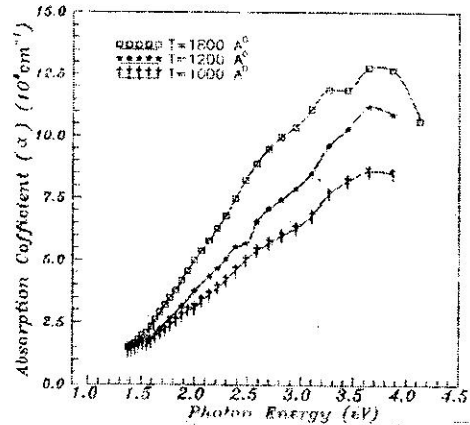


- B -

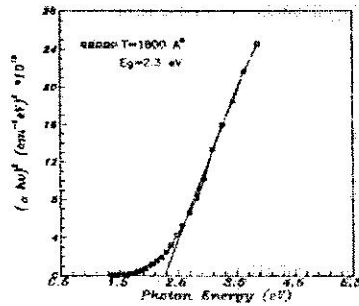


- C -

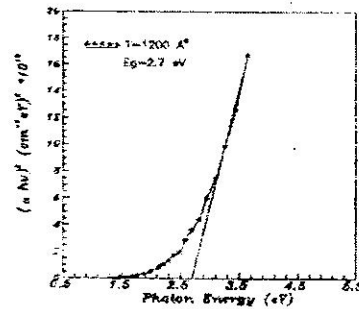
الشكل (5): يوضح تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون وبأسماك مختلفة



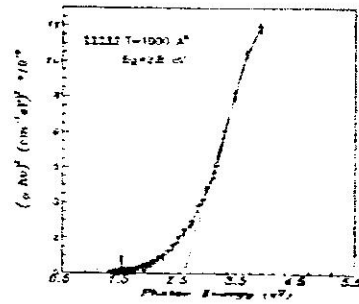
الشكل (3): يوضح تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون وبأسماك مختلفة.



- A -

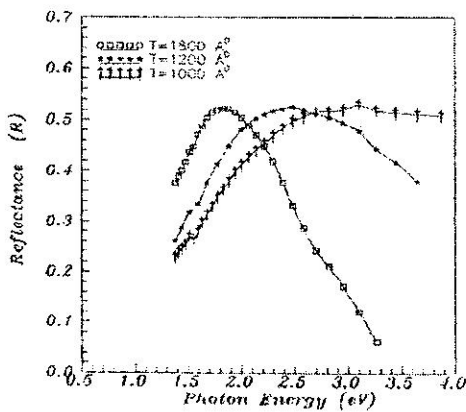


- B -

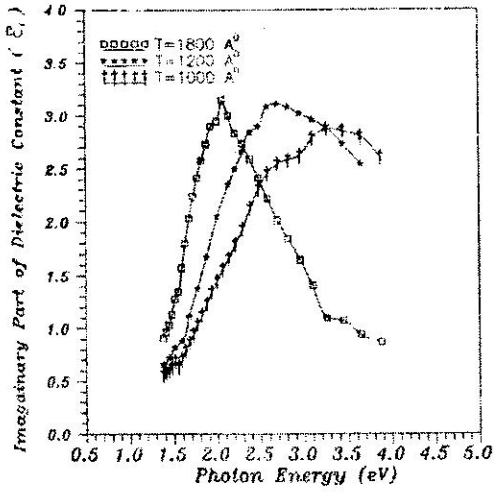


- C -

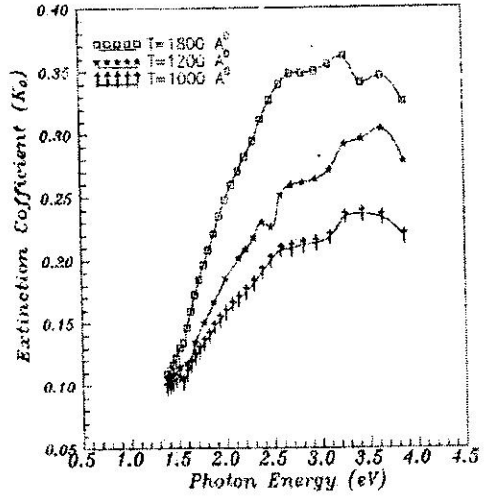
الشكل (4): يوضح تغير كدالة لطاقة الفوتون وبأسماك مختلفة.



الشكل (6): يوضح تغير الامتصاصية كدالة للطول الموجي وبأسماك مختلفة



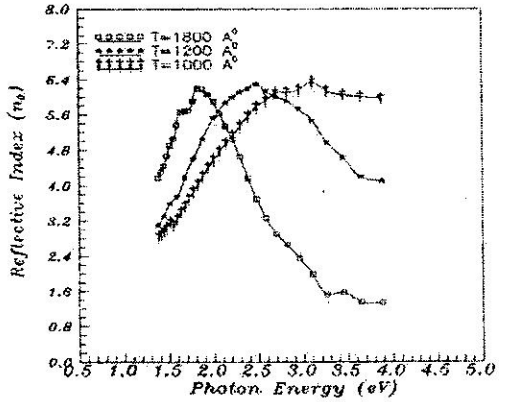
الشكل (10): يوضح تغير ثابت العزل الخيالي كدالة للطول الموجي وبأسماك مختلفة.



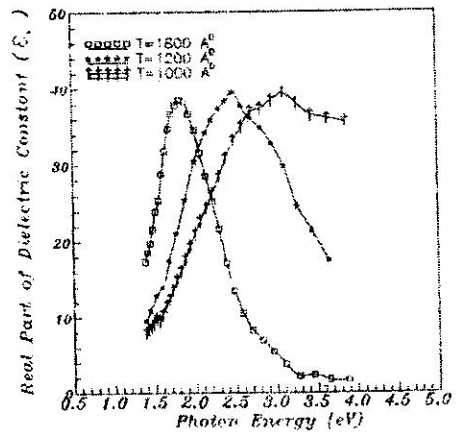
الشكل (7): يوضح تغير معامل التوهين كدالة للطول الموجي وبأسماك مختلفة.

References

- 1- Chopra, K.L., 1969, "Thin film phenomena", MC-Graw Hill Book Company, new york.
- 2- Johana, D., (1979), "Lnge`s hand book of chemisterg", Copywrite by MC-Graw Hill, Inc.
- 3- Hagemann H., Bill H., Sadowki W., Waker E. and francois M., (1990), "Solid state communication 73 (6): 447-451.
- 4- Tyagi A.K., Tyagi S. and Sharma T.P., (1997) "Materials Science and Engineering B45" pp: 88-97.
- 5- (intrenet) – (1999) "physics Today", V.13.
- 6- Tauce J., (1974), "Amorphous and Liquid semiconductors plennmpress", London and new york.
- 7- AL-Ani S.K., (1984) "Studies of optical and realated properties of thin amorphous films" ph.D. Thesis Brunel University.
- 8- Hogartg C.A., and Nadeem M.Y., (1981) "phys. Stat. Sol. Cal"
- 9- Chadhri, S., Biswas, S.K. (1981) "Amorphous to crystalline transition of Selenium thin films of different thicknesses" J.of Non-Cryst.Solids, 4:171.



الشكل (8): يوضح تغير معامل الانعكاس كدالة للطول الموجي وبأسماك مختلفة.



الشكل (9): يوضح تغير ثابت العزل الحقيقي كدالة للطول الموجي وبأسماك مختلفة.

A study of the effect of thickness on the optical properties of CuO thin films prepared by chemical spray pyrolysis

Lamia K. Abass *

*** Department of physics, College of science, Baghdad University**

Abstract

A study of the effect of thickness on the optical properties of CuO thin films of thickness (1800-1200-1000) nm prepared by using the method of chemical spray pyrolysis on glass substrate at temperature of 635K .

The optical results showed that the value of the absorption coefficient for CuO thin films was greater than (10^4 cm^{-1}) which means that there were direct electronic transition and had direct energy gap.

A calculation were carried out for measuring forbidden energy gap for direct allowed and forbidden, it was noticed that there were decreases in the value of forbidden energy gap as the thickness increases. Also a calculation of the optical constant carried out such as extinction coefficient refractive index, reflectance, real and imaginary part of dielectric constant of (CuO) thin films.