

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة

رحيم احمد علي

المديرة العامة للتربية في محافظة ديالى

الخلاصة

تم في هذا البحث ترسيب أغشية أكسيد الفناديوم (V_2O_5) النقية بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية وعند درجة حرارة القاعدة ($350^{\circ}C$) وبسمك (1000,830,660,360) نانومتر. أظهرت تقنية حيود الأشعة السينية لكل الاغشية الرقيقة المحضرة إن طبيعة الأغشية المحضرة هي متعددة التبلور وذات تركيب معيني متعامد وذات اتجاه سائد للنمو هو (001). بعض الخصائص التركيبية درست من خلال تقنية حيود الأشعة السينية مثل الحجم الحبيبي حيث ان قيمة الحجم الحبيبي كانت (24 , 20 , 29 , 27) نانومتر وهو يتغير مع تغير سمك الاغشية الرقيقة المحضرة (, 830 , 1000 360 , 660) نانومتر على التوالي ، معامل التشكيل (2.47 , 1.96 , 2.60 , 2.38) يتغير كذلك مع تغير سمك الاغشية الرقيقة المحضرة (1000 , 830 , 660 , 360) نانومتر على التوالي ، حسبت ثوابت الشبكة أيضا . كذلك درست بعض الخصائص البصرية باستخدام جهاز قياس الطيف (مطياف) UV – Vis – NIR – (Spectrophotometer) و بينت نتائج الفحص أن الأغشية المحضرة ذات نفاذية لا تتعدى قيمتها ألد 35% في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي وتزداد النفاذية مع نقصان سمك الاغشية كما ان الامتصاصية تزداد مع زيادة سمك الاغشية الرقيقة المحضرة. أيضا تم حساب فجوة الطاقة البصرية وكانت (2.203, 2.294 , 2.399,2.472) إلكترون فولت للسمك (1000 , 830,660. 360) نانومتر على التوالي .

الكلمات المفتاحية : الأغشية الرقيقة ، تأثير السمك ، خامس أكسيد الفناديوم ، الخصائص البصرية .

Effect of Thickness on Some Structural and Optical of V_2O_5 Thin Films

Raheem Ahmed Ali

Diyala General Directorate of Education-Diyala, Iraq

rrhym67@gmail.com

Received 27 March 2017 Accepted 1 June 2017

Abstract

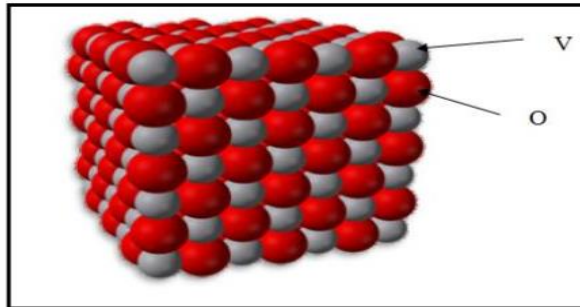
In this paper vanadium pentoxide thin films (V_2O_5) were prepared by the chemical spray pyrolysis technique on a glass substrate at temperature ($350\text{ }^{\circ}\text{C}$) and by thickness (1000,830,660,360) nm. XRD investigations showed that all the films are polycrystalline in nature with an orthorhombic structure with preferred orientation along (001) plane . Some properties studied by X-ray diffraction such as average grain size where the results were (27 ,29 ,20 , 24) nm for thickness (1000 , 830 , 660 , 360) nm respectively, results of texture coefficient were (2.38 , 2.60 , 1.96 , 2.47) nm for thickness (1000 , 830 , 660 , 360) nm respectively, also lattice constant are calculate. Some optical properties as well as studied by using a (UV – Vis – NIR – Spectrophotometer) and the test results showed that the films prepared with Transmittance not exceeding 35% in the visible region of the electromagnetic spectrum and increases with the decrease in thickness. Also the absorbance increase with the increase in thickness. The values of the direct band gap were (2.203, 2.294, 2.402, 2.500) eV for the thickness (1000, 830,660. 360) nm respectively.

Key word: vanadium pentoxide, thin film, effect thickness, optical properties

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

المقدمة

تعد نبائط الأغشية الرقيقة من النبائط المهمة التي تدخل في مجال الصناعة وخاصة الصناعات الكهربائية منها كأجزاء أساسية في صناعة الخلايا الشمسية ، والنوافذ الذكية (Smart Windows) وغيرها [1,2]. تطورت طرائق تحضير الاغشية الرقيقة نتيجة للتطور العلمي وأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه ، وتعددت طرائقها وأصبح لكل طريقة خصوصياتها ومميزاتها لتؤدي الغرض الذي استعملت من اجله، وان اختيار الطريقة المناسبة لتحضير الغشاء يعتمد على عوامل عدة أهمها مجال استعمال الغشاء ونوع المواد المستعملة في التحضير وكلفة التحضير من هذه الطرق (طريقة الترسيب الكيميائي الحراري طريقة التريذ ، طريقة التبخير الحراري في الفراغ ، الطرق الكيميائية وغيرها [3] . الفناديوم (Vanadium) عنصر كيميائي يُصنف كفلز انتقالي، رمزه الكيميائي (V) عدده الذري (23) وهو معدن فضي مائل للبيضاء له العديد من حالات التأكسد ومنها خماسي التكافؤ، يوجد عنصر الفناديوم في الكائنات الحية ، ولا يوجد منفرداً في الطبيعة ولكنه يوجد متحداً مع أكثر من ستين معدناً [4] ويستخدم الفناديوم اليوم بشكل رئيس في صناعة الفولاذ حيث يخلط بالحديد فيما يعرف بسبيكة حديد الفناديوم وكذلك يقوي الفولاذ ويحسن صلابته عند درجات الحرارة العالية كما يحسن مقاومته للصدمات والتآكل ويمتلك الفناديوم أيضا عدة مركبات مثل خماسي أكسيد الفناديوم (V_2O_5) وثلاثي كلوريد الفناديوم (VCl_3) ويستخدمان بمثابة محفزين في التفاعلات الكيميائية، ويساعدان في إنتاج المواد الكيميائية الصناعية ، كما يستخدم خماسي أكسيد الفناديوم في مواد الصباغة وصناعة وتلوين الزجاج [5]، والشكل التالي يبين التركيب البلوري لخماسي أكسيد الفناديوم (V_2O_5) [5] .



وقد جاءت أهمية أغشية (V_2O_5) الرقيقة من كونه (متعدد التكافؤ، تركيبه الطبقي ، يمتلك خاصية كهر وحرارية ممتازة) ، هذه الخواص جعلت منه جزءا مهما في كثير من التطبيقات كنافذة في الخلايا الشمسية وفي أجهزة التلوين بالإضافة إلى استخدامه في المفاتيح الكهربائية [6-9]. وزادت أهمية أغشية (V_2O_5) بعد دخول هذه الأغشية في صناعة بطاريات الليثيوم ذات الطاقة العالية (TFB) [10-12]. وبما أن معامل انتشار ايونات الليثيوم في أغشية V_2O_5 الرقيقة وكذلك التوصيلية الكهربائية لهذه الأغشية قليلة فأنها تقحم ببطء في صناعة بطاريات الليثيوم [13-18].

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

العمل التجريبي

تم في هذه الدراسة ترسيب أغشية V_2O_5 على قواعد زجاجية صينية الصنع بواسطة تقنية التحلل الكيميائي الحراري وبدرجة حرارة القاعدة بلغت ($350^{\circ}C$) ومولارية المحلول ($0.3M$) من ملح كلوريد الفناديوم (VCl_3) وزنه الجزيئي (157.30 gm/mol) حيث مزج مع الماء المقطر لفترة زمنية بلغت (30 min). وثبتت باقي ظروف تحضير كافة الأغشية الرقيقة حيث بلغ البعد بين قاعدة الترسيب وجهاز التريذ (30 cm) وزمن التريذ الواحدة (8 sec) والفترة بين تريذ وأخرى (2 min) وتحت ضغط (1.5 bar). قيس طيفي النفاذية والامتصاصية كدوال للطول الموجي وضمن ($300-900 \text{ nm}$) باستعمال مطياف نوع ($UV-Visible 1800 \text{ Spectrophotometer}$) المجهز من شركة (Shimadzu) اليابانية والموجود في مختبر الدراسات العليا - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة ديالى. قيس سمك الأغشية المحضرة باستخدام الطريقة الوزنية إذ توزن القاعدة الزجاجية النظيفة بميزان الكتروني حساس من نوع Mettler AE - 160 ذي حساسية (10^{-4} gm) وباستخدام المعادلة التالية [19] :-

$$t = \frac{\Delta w}{\rho A}$$

حيث ان :

t : سمك الغشاء المحضر (nm)

$\Delta W = (W_2 - W_1)$: عبارة عن كتلة مادة الغشاء

W_1 : كتلة القاعدة قبل الرش

W_2 : كتلة القاعدة بعد الرش

ρ : كثافة مادة غشاء خامس أكسيد الفناديوم gm/cm^3

A : مساحة الغشاء (cm^2)

وتم اختيار الأسماك (t) ($360,660,830,1000$) نانومتر وبنسبة خطأ لسمك الأغشية الرقيقة المحضرة لم تتجاوز أـ 5% .

لدراسة طبيعة التركيب البلوري للأغشية المحضرة، وكذلك معرفة تأثير تغيير السمك عليها، تم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية والموجود في كلية التربية - ابن الهيثم - جامعة بغداد - المختبر الخدمي وبالمواصفات الآتية:-

TYPE : XRD : - 6000 SHIMADSU , JAPANESS ORIGIN

TARGET : - $Cu\alpha_1$

WAVELENGTH : - 1.5406 \AA

SPEED : - 5 deg/min

VOLTAGE : - 40 Kv

CURRENT : - 30 ma

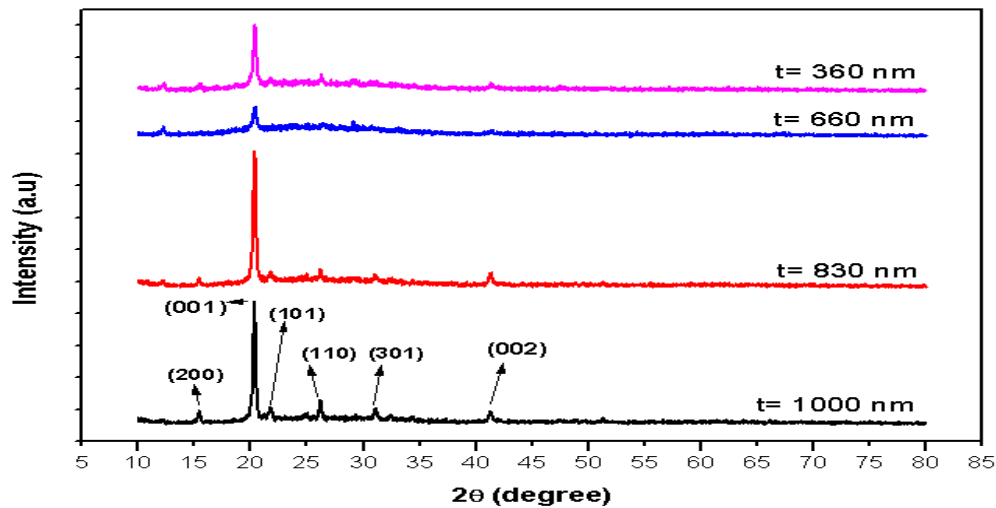
RANGE (2θ) : - ($10 - 80$) deg

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

النتائج والمناقشة

A - الخصائص التركيبية

بينت نتائج طيف حيود الأشعة السينية الموضح في الشكل (1) أن الأغشية المحضرة هي أغشية خامس أكسيد الفناديوم (V_2O_5) ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المعيني المتعامد وذات اتجاه سائد للنمو هو (001) ولكل الأغشية الرقيقة المحضرة وظهر من تشخيص تقنية حيود الأشعة السينية نمو اتجاهات أخرى للأغشية المحضرة هي (200)، (101)، (110)، (002)، (301) مع محافظة كافة الأغشية الرقيقة المحضرة على الاتجاه السائد للنمو وهو (001). وهذه النتائج تتطابق بشكل جيد مع البطاقة الدولية ذات الرقم (ICDD 41- 1426).



شكل (1) مخطط حيود الأشعة السينية لأغشاء (V_2O_5) بمدى سمك (360,660,830,1000) نانومتر

تم حساب معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) للأغشية المحضرة باستخدام معادلة شرر [20].

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta}$$

حيث إن:

: ثابت = K

0.9

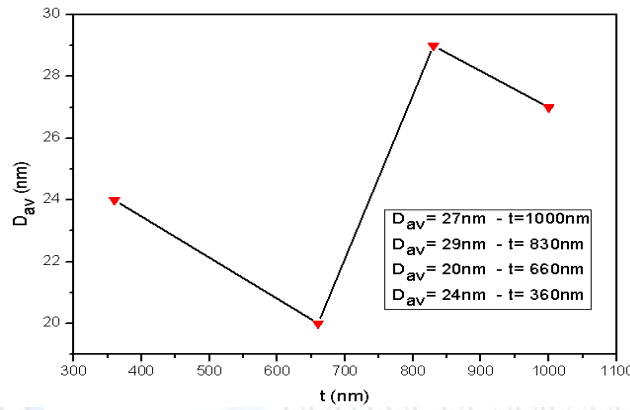
λ : طول موجة الأشعة السينية المستخدمة ($Cu \alpha$ (1.5405 Å))

β : عرض منتصف أعلى قمة (FWHM).

θ : زاوية الحدود

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

وتبين النتائج التي حصلنا عليها ولكافة النماذج أن معدل الحجم الحبيبي يتغير من نموذج إلى آخر لأنه يعتمد على طريقة التحضير ولأن الحجم الحبيبي وحسب معادلة شرر يتناسب عكسيا مع عرض منتصف أعلى قمة فكلما كانت القمة عالية يعني حجم حبيبي اكبر والعكس صحيح وبشكل عام في الغشاء ذو السمك الأعلى فان قيمة معدل الحجم الحبيبي لها هي الأعلى ماعدا قيمته عند السمك 830 nm فهي اكبر من الكل ، ان عدم الانتظام في تصرف قيم معدل الحجم الحبيبي مع تغير سمك الاغشية الرقيقة المحضرة مرده الى الدمج المشترك للحبيبات بسبب إعادة توجيه النمو كما ان اكبر قيمتين للسمك متقاربة في القيمة وقد يؤدي ذلك الى عدم ظهور فرق واضح في قيمة معدل الحجم الحبيبي [21] كما أن زيادة الحجم الحبيبي تعني زيادة انتظام الغشاء وتحسن الطور البلوري له والعكس صحيح [21]. الشكل (2) يوضح العلاقة بين معدل الحجم الحبيبي كدالة للسمك (t) لكافة الأغشية المحضرة وقيم معدل الحجم الحبيبي مدرجة بالجدول رقم (1).



شكل (2) معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) كدالة للسمك (t)

عامل التشكيل (T_C) هو العامل الذي يصف المستوى السائد للنمو (hkl) (فإذا كانت قيمة ($T_C > 1$) فذلك يعني أن الأغشية متبلورة وتمتلك اتجاه واحد للنمو كما في بحثنا ، أما إذا كان ($T_C < 1$) فذلك يعني أن الأغشية المحضرة متعددة التبلور ولكنها تمتلك اتجاهات متعددة للنمو ، أما إذا كانت قيمة ($T_C = 1$) فذلك يعني أن نمو الأغشية عشوائي ، استخدمت المعادلة التالية في حساب معامل التشكيل [20] .

$$T_{C(hkl)} = \frac{I_{(hkl)}/I_{0(hkl)}}{N_r^{-1}[I_{(hkl)}/I_{0(hkl)}]}$$

حيث إن :-

I : الشدة المحسوبة من فحص (XRD).

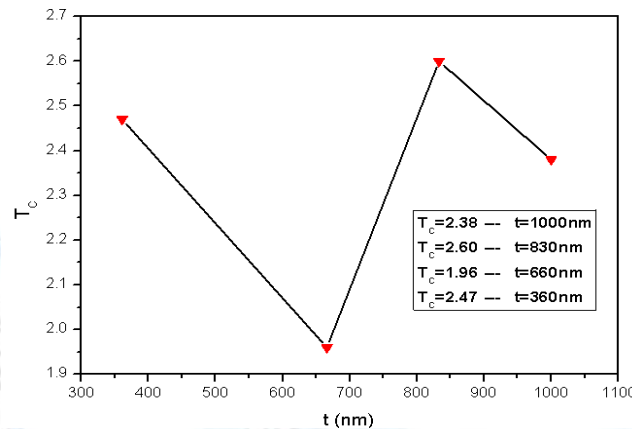
I_0 : الشدة من البطاقة (ICDD 41-1426).

N_r : عدد الانعكاسات من فحص (XRD).

hkl : معاملات ميلر.

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

من الواضح من قيم (T_c) تتغير من قيمة إلى أخرى مع تغير السمك للأغشية المحضرة وان جميع القيم التي حصلنا عليها اكبر من الواحد مما يدل على أن الاتجاه السائد لنمو الأغشية المحضرة هو (001). قيم (T_c) مدرجة بالجدول رقم (1). الشكل (3) يبين عامل التشكيل كدالة للسمك ، بشكل عام مادامت قيمة معامل التشكيل اكبر من الواحد فإنها تمتلك اتجاها واحدا سائدا للنمو لكن زيادة معامل التشكيل تعني أن نمو الأغشية الرقيقة المحضرة أصبحت موجهة أكثر بينما قيمة اقل لمعامل التشكيل تعني أن نمو الأغشية الرقيقة المحضرة أصبح اقل توجيهها [23].



شكل (3) عامل التشكيل (T_c) كدالة للسمك (t)

حسبت ثوابت الشبيكة (a, b, c) للتركيب المعيني المتعامد من تحليل حيود الأشعة السينية لنماذج أغشية (V_2O_5) المحضرة وأن الأغشية المحضرة هي ذات تركيب معيني متعامد واستخدمت المعادلة التالية [23] في حساب ثوابت الشبيكة.

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h}{a^2} + \frac{k}{b^2} + \frac{l}{c^2}$$

حيث إن:

hkl: معاملات ميلر.

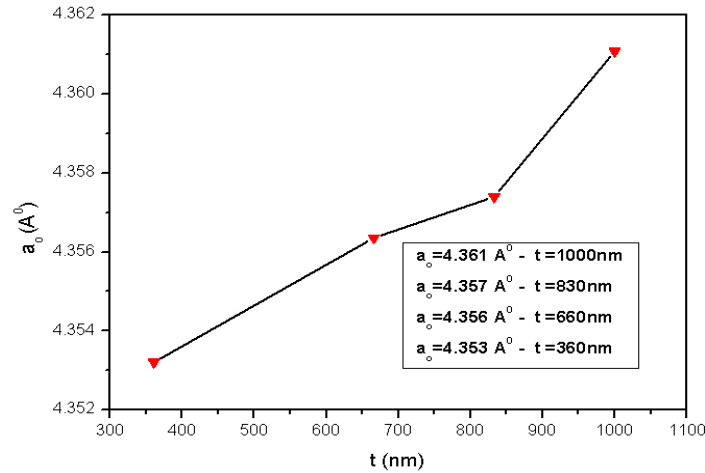
d: الفسحة بين السطوح .

a,b,c: ثوابت الشبيكة .

وقيم ثوابت الشبيكة مدرجة في الجدول رقم (1) النتائج المستحصلة من فحص (XRD) كانت متفقة مع البطاقة الدولية ذات الرقم (ICDD 41-1426) وتبين النتائج المحسوبة لقيم (a,b,c) إنها تزداد مع زيادة السمك أي أن تغير السمك له تأثير على تركيب الأغشية المحضرة لان زيادة السمك وكما هو واضح من تحليل فحص XRD للعينات المحضرة يؤدي إلى انحراف قمم الحيود وباتجاه الزوايا الصغيرة مما يؤدي إلى قلة الانضغاط على حجم وحدة الخلية [24].

الشكل (4) يبين ثابت الشبيكة (a) كدالة لسمك الأغشية.

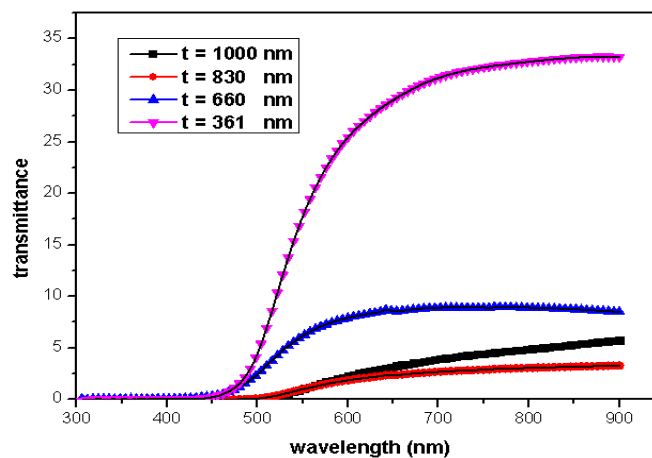
دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي



شكل (4) ثابت الشبكة (a) كدالة للسمك (t)

B – الخصائص البصرية

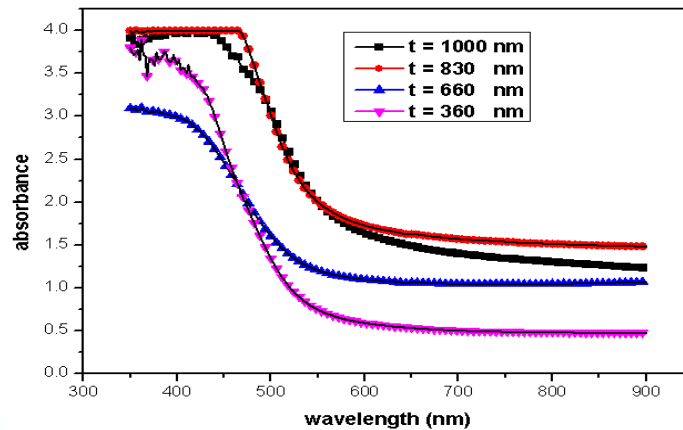
تطرت الدراسة كذلك إلى بعض الخصائص البصرية لأغشية (V₂O₅) الرقيقة المحضرة مثل نفاذية الأغشية المحضرة حيث يوضح الشكل (5) العلاقة بين الطول الموجي و النفاذية التي تتناقص مع زيادة سمك الأغشية المحضرة بسبب زيادة الامتصاص مع زيادة السمك [25]. ذلك يعني انه بالإمكان الاستفادة من تغيير سمك الأغشية الرقيقة في السيطرة على نفاذية الأغشية المحضرة وبالتالي يمكن استعمال هذه الأغشية في تطبيقات النوافذ الذكية. الشكل (5) يبين أيضا أن النفاذية تمتلك أعلى قيمة لها في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي و بحدود 35% خاصة عندما يقل سمك الأغشية.



شكل (5) النفاذية كدالة للسمك (t)

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

يبين الشكل (6) إن الامتصاصية تزداد مع زيادة السمك وتزداد كذلك مع زيادة طاقة الفوتون ولكنها تزحف نحو الطاقات الواطئة (الأطوال الموجبة الأعلى) مع زيادة سمك الأغشية المحضرة .



شكل (6) الامتصاصية كدالة للسمك (t)

استخدمت طريقة تاوس (Tauc) في حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لأغشية (V₂O₅) الرقيقة المحضرة هذه الطريقة توضحها المعادلة التالية [25] .

$$\alpha E = A(E - E_g)^{1/2}$$

حيث أن :

A : ثابت

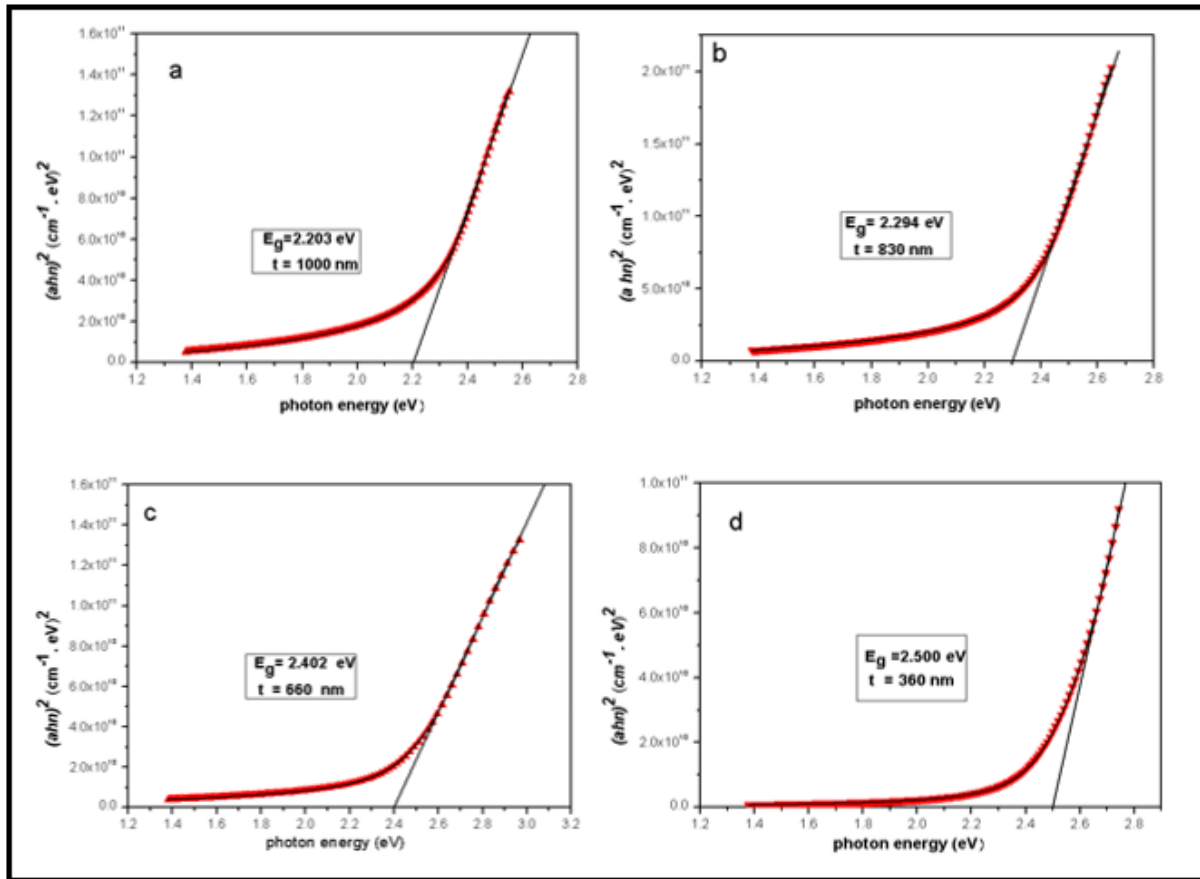
α : معامل الامتصاص

E : طاقة الفوتون

E_g: فجوة الطاقة البصرية

هذه المعادلة تعطي فجوة الطاقة البصرية بعد أن يتم رسم خط موائمة للجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة (0 = αE) وعند تحقق المعادلة $\alpha E = A(E - E_g)^{1/2}$ أي أن نقطة القطع مع محور طاقة الفوتون تمثل فجوة الطاقة البصرية (E_g). قيم فجوة الطاقة البصرية للأغشية المحضرة مبينة بالشكل (7.a,b,c,d) وكانت قيمها (2.203,2.294,2.402,2.500) إلكترون فولت ولأسمك (1000,830,660,360) نانو متر على الترتيب ونلاحظ نقصان فجوة الطاقة البصرية مع زيادة السمك والسبب يعود إلى أن زيادة السمك قد تسبب في تقليل العيوب البلورية كالفراغات والفجوات وبالتالي تقليل المستويات الموضعية قرب حزمي التكافؤ والتوصيل مما يؤدي إلى نقصان قيمة فجوة الطاقة البصرية [26]. قيم فجوة الطاقة البصرية المحسوبة لأغشية (V₂O₅) الرقيقة مدرجة بالجدول رقم (1).

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي



الشكل (7. a,b,c,d) قيم فجوة الطاقة كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (V₂O₅) الرقيقة للأسمك (1000,830,660,360) نانومتر

الاستنتاجات

أظهرت نتائج فحوصات الأشعة السينية لأغشية (V₂O₅) النقية ذات سمك (1000,830,660,360) نانومتر أن الأغشية المحضرة كانت متعددة التبلور ولها تركيباً معيناً قائماً مع هيمنة الاتجاه السائد (001) على نمو كافة الأغشية الرقيقة المحضرة وتأثر معدل الحجم الحبيبي بتغيير السمك. معامل التشكيل كانت قيمته اكبر من الواحد مما يؤكد أن الاتجاه السائد لنمو الأغشية الرقيقة المحضرة هو (001). أما بالنسبة للنفاذية فقد وجد إنها تزداد بشكل سريع مع تناقص طاقة الفوتون عند السمك الأقل مما يعطي إشارة واضحة على إمكانية استخدام هذا النوع من الأغشية في النوافذ الذكية لأنه يمكن السيطرة على نفاذية الأغشية الرقيقة المحضرة من خلال تغيير سمك هذا النوع من الأغشية. أما الامتصاصية فقد وجدت إنها تزداد مع زيادة طاقة الفوتون وان هذه الزيادة تزحف نحو الأغشية ذات السمك الأكبر الذي يجعلها من الممكن أن تدخل في

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

تصنيع الخلايا الشمسية والكواشف البصرية في مديات الضوء المرئي . وتناقص فجوة الطاقة الممنوعة للانتقالات
الالكترونية المباشرة المسموحة بزيادة السمك .

الجدول (1) النتائج المستحصلة من نماذج حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة المحضرة وكذلك فجوة
الطاقة البصرية مع جدول مضمن لثوابت الشبكة

V ₂ O ₅	t=1000nm	t=830nm	t=660nm	t=360nm	
hkl	001	001	001	001	
2θ(deg)	20.3471	20.3651	20.3694	20.3843	
d(A ⁰)	4.36108	4.35721	4.35636	4.35321	
FWHM(deg)	0.29060	0.27900	0.39260	0.33380	
D _{ave} (nm)	27	29	20	24	
T _c	2.38	2.60	1.96	2.47	
E _g (eV)	2.203	2.294	2.402	2.500	
قيم ثوابت الشبكة (a , b ,c)					
السمك (t) nm	2θ(deg)	d (A ⁰)	hkl	المعادلة	قيم (a,b,c) A ⁰
1000	20.3471	4.36108	001	$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{c^2}$	c = 4.36108
	21.7830	4.07674	101	$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2}$	a= 11.47819
	26.2177	3.39636	110	$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}$	b= 3.55579
830	20.3651	4.35721	001	نفس المعادلات في الحقل اعلاه	c = 4.35721
	21.8045	4.07277	101		a= 11.46008
	26.2289	3.39493	110		b= 3.55448
660	20.3694	4.35636	001	=	c = 4.35636
	21.8827	4.05840	101		a= 11.16548
	26.4218	3.37058	110		b= 3.53552
360	20.3843	4.35321	001	=	c = 4.35321
	21.8039	4.07288	101		a= 11.47811
	26.3253	3.38272	110		b= 3.53994

المصادر

1. M. Ortega, G. Santana, and A .M .Acevedo, "Optoelectronic properties of CdO-Si hetero junctions", Superficies y Vaicio, 9, 1999, 294- 295.
2. P. A. Radi, A. G. Brito-Madurro, J. M. Madurro, N. O. Dantas, " Characterization and properties of CdO nanocrystals incorporated in polyacrylamide " Brazilian J. of Physics,36, 2006, 412-414.
3. O. Z . Abd , S.S . Chiad , A .A . Kamil " effect of thickness on optical constant for NiO thin films prepared by chemical spray pyrolysis" diyala journal for pure sciences , vol :9 No :3 , July 2013.
4. R.R. Moskalyk , A.M. Alfantazi, "Processing of vanadium:a review", Minerals Engineering,V.16,p.p(793–805),(2003).
5. R.B. heslop and K. jones "A Guide to Advanced Study", Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam (1976).
6. Li-Jian , Rui. A.Silva, Hain-Ning Cui, vasco Teixeira ,M.P. dos Santos , Zheng. X.U, "Thin Solid films" 515 (2006) 195-200.
7. Joni Huotari , Robert Bjorklund , Jyrki Lappalainen, Anita Lloyd Spetz. "Nanostructured Mixed Phase Vanadium Oxide Thin Films as Highly Sensitive Ammonia Sensor Material"Procedia Engineering 87 (2014) 1035 – 1038
8. D. Rachel Malini , R. Sivakumar , C. Sanjeeviraja, "Annealing effects on V2O5-x thin films deposited by non reactive sputtering" nanosystems: physics, chemistry, mathematics, 2016, 7 (3), P. 547–552.
9. Ashvani Kumar, Preetam Singh, Nilesh Kulkarni Davinder Kaur, "Structural and optical studies of nanocrystalline V2O5" Elsevier Scientific Publishing Company ,Thin Solid films .516 (2008) 912-918.
10. karolina sieradzka , damian wojcieszak, danuta kaczmarek, jaroslaw domaradzkiI , george kiriakidiz , elias aperathitis ,vicky kambilafka , frank placido , shigenf song," Structural and optical properties of vanadium oxide prepared by microwave-assisted reactive magnetron sputtering" Optica Applicata, Vol. XLI, No. 2, 2011.

11. N. Ozer," Electrochromic properties of sol- gel deposited vanadium pentoxide films" Elsevier Scientific Publishing Company (1997). "Thin Solid Films"305, 80.7.
12. K. Wiesener, W. Schneider, D. Ilic, E. Steger, K. H. Hallmeier, E.Brackmann, J. Power Sources 20, 157 (1987).
13. K. Takahashi, Y. Wang, G .Cao, "Growth and electro chromic properties of single-crystal V2O5 nanorod arrays" Appl. Phys. Lett., 2005, 86, P. 053102-1.
14. C.V. Ramana, O.M. Hussain, B.S Naidu, C. Julien, "Physic investigations on electron-beam evaporated vanadium pent oxide film" Mater. Sci. Eng. B, 1998, 52, P. 32–39.
15. Fujita Y., Miyazaki K., Tatsuyama C. "On the electrochromism of evaporated V2O5 films". Jpn. J. Appl. Phys., 1985, 24, P. 1082–1086.
16. B.H. Kim, A.K. Soon-Young Oh , Song – Soo. Bae, Y.J.Yun, H.Y.Yu "Energy gap modulation in V2O5 nano wires by gas adsorption". Appl. Phys. Lett, 2008, 93, P. 233101–233103.
17. I Raible, M Burghard, U Schlecht, A Yasuda .V2O5 "nanofibres: novel gas sensors with extremely high sensitivity and selectivity to amines". Science direct Elsevier Scientific Publishing Company Volume 106, Issue 2, 13 May 2005, Pages 730–735
18. Moshfegh A.Z., Ignatiev A. Formation and characterization of thin film vanadium oxides: Auger electron spectroscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, X-ray diffraction, scanning electron microscopy, and optical reflectance studies. Thin Solid Films, 1991, 198 P. 251–268.
19. Abdullah M. Lateef, Sabri J. Mohameed , Falah A. Mostafah "Study on effect of thickness and temperature of SnO2 thin film prepared by spray pyrolysis techniqu " Tikrit Journal of pure science , 21 (40) 2016 .
20. B.D. Cullity and S.R. stock, "Elements of X – Ray Diffraction", Third edition, Prentice-Hall in the United States of America, 2001.
21. Hadia Kadhim, J.Al-Ogili "Effect of Thickness to the Structure Properties of CdO Thin Films" Eng . and Tech . Journal Vol . 28.8 , 2011.
22. A.A. Dakhel "Electrical and optical properties of iron-doped CdO" Thin Solid Films , 518 (2010) 1712–1715.

دراسة تأثير تغيير السمك في بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الفناديوم الرقيقة
رحيم احمد علي

23. M. G. Yousif, "Solid State Physics", Baghdad University Press, 1, Arabic Version,(1989).
24. C . Feng , X . Li , C. Wang, Y. Sun , "facile synthesis benzene sensor based on V2O5-doped SnO2 nanofiber " The Royal Society of Chemistry,V.4, p.p (45749-47555),(2014).
25. Tauc, J. 1974. "Amorphous and Liquid Semiconductors, " Plenum, London.
26. Ali kadhim taki , " study of thickness effect on some structural and optical properties of (CdO) thin film by vacuum thermal evaporation method " diyala journal for pure sciences , vol :10 No :2 April 2014.

