وقائع المؤتمر العلمي البحثي الدوري الثامن للباحثين من حملة الشهادات العليا
شعبة البحوث والدراسات التربوية/ قسم الاعداد والتدريب وبالتعاون مع مركز البحوث والدراسات التربوية / وزارة التربية وجامعة بغداد / كلية التربية ابن رشد والجامعة المستنصرية – كلية التربية الاساسية والمنعقد تحت شعار
((الاستدامة ودورها في تنمية القطاع التربوي))
للمدة 12/2/2025

دراسة خصائص غشاء أوكسيد الزنك النانوي المحضر بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي

د.جنان محمد عباس
متوسطة العظماء
jinan.shukur@gmail.com

مستخلص البحث:
تم في هذا البحث تحضير غشاء نانوي من اوكسيد الزنك ZnO بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي حيث رسبت الأغشية على شرائح زجاجية من محلول نترات الزنك المائية $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ وبنسبة (0.2) مول/لتر وبدرجة حرارة 70 °C وقد تم إجراء فحوصات (XRD, AFM,UV)على العينات ولوحظ بان التركيب هو من النوع السداسي متعدد التبلور والحجم الحبيبي هو(22 nm) و ان الأغشية تمتلك نفاذية عالية تصل الى 90%. كذلك تم دراسة طبوغرافية السطح و فجوة الطاقة ومعامل الامتصاص للغشاء.

1- المقدمة:-

تتميز أشباه الموصلات النانوية الأحادية البعد بصفات وخصائص فريدة خاصة في مجال الاجهزة النانوية ، وبالنظر إلى التقدم التكنولوجي الحالي، بدأت تقنية النانو في الانتشار بصورة واسعة بين المجالات الحيوية. ولقد بدأ الاهتمام بهذه التقنية في الزيادة بشكل كبير.الى ما بين العام 1996م و1998م قام مركز تقييم التقنية العالمي الأمريكي بإجراء دراسة تقييمية لأبحاث النانو وأهميتها. يعتمد مفهوم تقنية النانو على فكرة أن الجسيمات التي يقل حجمها عن مائة نانومتر تمنح المادة التي تدخل في تركيبها خصائص جديدة.[1]. كلما اقترب حجم المادة من الأبعاد الذرية، خضعت المادة لقوانين ميكانيك الكم بدلاً من قوانين الفيزياء الكلاسيكية [2]. يمكن تحضير التراكيب النانوية (Nanostructures) بإشكال مختلفة مثل الأسلاك النانوية (Nanowires) [3] والأنابيب النانوية (Nanotubes)[4] والقضبان النانوية (Nanorods) [5] والصفائح النانوية (Nanobelts) وغيرها من الطرق[6]. وإن احد أهم اشباة الموصلات هي ما يسمى بأكاسيد التوصيل الشفافة(TCO) وهي مختصر لمصطلح Transparent Conductive Oxides والتي هي عبارة عن اشباة موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأوكسجين أي إنها اشباه موصلات اوكسدية مثالها ZnO ,SO ,In_2O_3 [7] .حيث تتميز هذه المواد بارتفاع توصيليتها ونفاذيتها البصرية ،فيمتد طيف النفاذية فيها ما بين (400-1500 nm) تكون حزمة التوصيل مليئة بالإلكترونات على الرغم من وجود فجوة كبيرة في الطاقة الممنوعة، وذلك بسبب الشواغر الأكسجينية الناتجة عن عدم التوافق الجزئي Oxygen Vacancies [9,8]. نظرًا لما تتميز به هذه المواد، فقد تم استخدامها في العديد من التطبيقات، منها: الترانزستورات، الحاسبات الرقمية، المقاومات، المتسعات، الخلايا الشمسية، وأقطاب التوصيل الشفافة، بالإضافة إلى مستشعرات الغاز، والصمامات الباعثة للضوء، والمقاومات المتغيرة [11,10]. يعتبر اوكسيد الخارصين احد اكاسيد التوصيل الشفافة ذات الاستخدامات الواسعه وهو مادة غير سامه قليل الذوبان بالماء وذات نفاذيه عاليه للضوء المرئي وانعكاسية في المنطقة تحت الحمراء وامتلاكها توصيليه كهربائيه جيده من النوع السالب (n-type) فضلاً عن انها متوفرة في الطبيعة وذات استقرارية كميائية عالية. و اذ نلاحظ الفرق بينه وبين بعض المركبات

مثل CdO-ZnO والمحضرة على هيئة اغشية رقيقة فانها تمتلك توصيلية ممتازة وكذلك تمتلك هذه المركبات خصائص بصرية ممتازة حيث ان فجوة طاقة كبيرة (3.7 eV) والتي تصلح للتطبيقات الفوتوفولتائية.علاوة على ذلك فان استخدام هذه الاغشية في التكنلوجيا أتاح المجال الى تصنيع مواد ذات مواصفات عالية تستخدم في التطبيقات مثل باعثات الضوء فوق البنفسجي.

2- دراسات سابقة

1-قام كل من (Zhao, et al...) في(2020) بتحضير أغشية (ZnO) الرقيقة بدرجات حرارة مختلفة للقاعدة (100-250°C) وباستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري، وتمت دراسة الخواص التركيبية والبصرية، وأظهرت نتائج حيود الأشعة السينية ان الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور باتجاه سائد هو (002) وان اعلى شدة كانت عند درجة (250°C)، وبزيادة درجة حرارة القاعدة يزداد الحجم الحبيبي. واعلى قيمة لفجوة الطاقة تساوي (3.288eV)[12].

2-قام كل من (Larcheria, et al.) في (2021) بتحضير تراكيب نانوية لأغشية (ZnO) الرقيقة باستعمال تقنية الترسيب البخاري الكيميائي (APCVD) ، وتم تحضير الاغشية عن طريق وضع مسحوق (ZnO) في مركز أنبوبة الكوارتز مفتوحة الطرفين عند الضغط الجوي الاعتيادي والموضوعة داخل فرن بشكل أفقي عند درجة حرارة (1150°C) وأظهرت فحوصات (XRD) أن جميع الأغشية ذات تركيب متعدد التبلور مع اتجاهية (002) ، أن هذه الأغشية ذات فجوة طاقة قيمتها (3.2eV)[13].

3-حضر الباحث (Bacaksiz) في(2022) أغشية أوكسيد الخارصين باستخدام(نترات الخارصين، كلوريد الخارصين، اسيتات الخارصين) على قواعد من الزجاج باستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري وعند درجة حرارة (550°C)، اظهرت الخواص التركيبية باستخدام حيود الاشعة السينية حيث أن جميع الأغشية كانت ذات تركيب سداسي اما الخواص البصرية فقد بينت أنّه في حالة استخدام كلوريد الخارصين فان الاغشية تمتلك نفاذية قليلة وفجوة طاقة بصرية مباشرة بحدود (3.3eV) ، وبيّنت فحوصات المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) الاختلاف الواضح لسطح الأغشية حسب المادة المستخدمة لتحضير أوكسيد الخارصين[14].

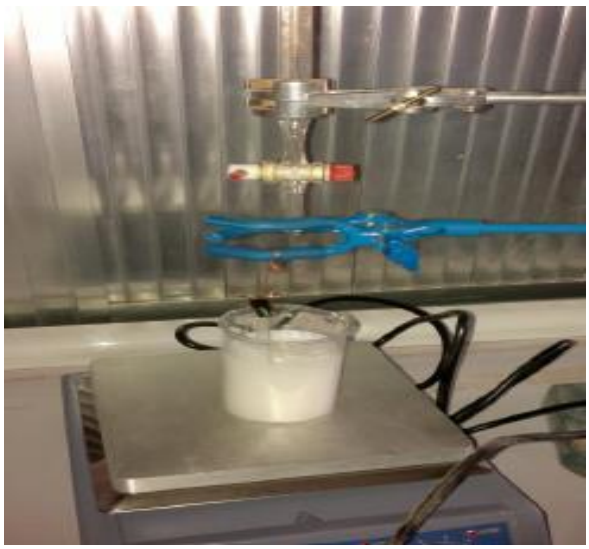
4-حضر الباحث (Mishra) في (2022) أغشية أوكسيد الخارصين ثم درس تحسسية الغشاء لغاز الايثانول باستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري على قواعد من الزجاج باستعمال نترات الخارصين ووجد ان زمن الاستجابة بحدود (4.5s) عند درجة حرارة(350^{o}C) وبنسبة حجمية مقدارها (100 ppm) من حجم غاز الايثانول بالنسبة لحجم الهواء المحيط بالعينة[15].

3-الجانب العملي :-

- **طريقة الترسيب الحمام الكيميائي :**

• تتألف طريقة ترسيب الحمام الكيميائي Chemical Bath Deposited(CBD) من عدة أجهزة وأدوات بسيطة ومتوفرة محليا. ويوضح الشكل (1) منظومة الترسيب التي تم استخدامها لتحضير أغشية المادة، وتتكون هذه المنظومة من الأجهزة والأدوات الآتية :

1. خلاط مغناطيسي(Magnetic stirrer) مع منظم للحرارة.
2. مقياس الحامضية و القاعدية (pH meter).
3. مزدوج حراري(Thermocouple) .
4. دو راق زجاجي مختلفة الأحجام.
5. حامل مع ماسك.



شكل(1) طريقة ترسيب الحمام الكيميائي(CBD).

- **تحضير المحاليل Solution preparation**

لتحضير اغشية اوكسيد الخارصين(ZnO) بطريقة ترسيب الحمام الكيميائي (CBD) تم استخدام نوع واحد من القواعد الزجاجية الرقيقة جداً (بأبعاد $0.1cm^2$ *2.5 *7.5)ألمانية المنشأ. بعد عملية اختيار نماذج القواعد الزجاجية يتم غسلها جيداً بالماء المقطر مع مسحوق الغسيل، ثم غسلها بحامض الهيدروكلوريك المخفف (HCl)بنسبة ,40% بعد ذلك يتم وضعها في كحول الايثانول النقي 99% مدة 10 دقيقة, ثم في الأسيتون لإزالة بقايا الشوائب الزيتية إن وجدت [16] ولمدة 15 دقيقة ، بعد ذلك، يتم تجفيف هذه القواعد عن طريق وضعها في فرن حراري بدرجة حرارة 50 مئوية لمدة 10 دقائق، لتصبح جاهزة للاستخدام. يتم وزن القواعد بعد التنظيف باستخدام الميزان الحساس. Mittler typeذو حساسية 10^{-4} mg ، و استخدمت مادة نترات الخارصين المائية$Zn(NO_3)_2.6H2O$ ، تم تجهيز مادة صلبة نقية بنسبة 99.99% من قبل شركة Fulki،

وهي مادة ذات لون أبيض وسريعة الذوبان في الماء، بوزن جزيئي يبلغ 51.297 جرام/مول. يتم تحضير محلول نترات الزنك بتركيز 0.2 مول/لتر، وذلك من خلال إذابة الكمية المطلوبة من المادة في 200 مل من الماء المقطر. يتم ذلك بعملية إذابة تدريجية باستخدام خلاط مغناطيسي، مما يؤدي إلى الحصول على محلول شفاف ومتجانس بعد الانتهاء من عملية الإذابة والحصول على المحلول المناسب، يتم إضافة محلول هيدروكسيد الأمونيوم (NH4OH) بتركيز 30% من شركة Fulki بشكل تدريجي. نتيجة لهذه الإضافة، يتغير لون المحلول إلى لون حليبي.، بعدها نستمر بإضافة محلول هيدروكسيد الامونيوم إلى ان نحصل على محلول رائق متجانس شفاف عديم اللون مرة ثانية. درجة القاعدية للمحلول تم قياسها باستخدام pH meter رقمي نوع Inolab pH720 الماني الصنع، وكانت تتراوح(9.5-10) في جميع المحاليل المحضرة تغمر الشرائح الزجاجية والسلكونية بصورة عمودية في الحمام وبدون أثاره مغناطيسية والجدول (1) يبين ظروف

جدول رقم (1) ظروف الحمام الكيميائي المدروسة.

Bath	Bath-1
$Zn(NO_3)_2$ *(M)*	0.2
NH_4OH*(%)*	30
$T(C^0)$	70
t(h)	3-4
$T_a(K)$	343
$t_a(min)$	30
Ph	*9.5-10*

- **تحضير الأغشية:-**

1. تركز ايونات الخارصين الموجبةZn^{+2}.
2. درجة حرارة الحمام(T°C).
3. زمن ترسيب الحمام (h t) .
4. المعاملة الحرارية للأغشية K (T_α).
5. زمن المعاملة الحرارية (t_α)

سجل طيفي النفاذية والامتصاصية باستخدام مطياف من النوع (shimadzu) صنع في اليابان ولمدى الاطوال الموجية 900 nm -300 وقد سجلت جميع القراءات في درجة حرارة الغرفة.وتم ايجاد السمك من المعادلة الاتية [17]:-

$$T= m/A\rho \text{------(1)}$$

حيث T: سمك المادة ،m: كتلة المادة ،A: مساحة الغشاء ،ρ: كثافة المادة .

كذلك تم حساب المسافة بين المستويات البلورية (d_{hkl}) من خلال قانون براك [18] :

$$n =2d_{hkl} \sin\Theta \text{----------(2)}$$

حيث ان n مراتب الحيود، Θ هي زاوية الحيود، d_{hkl} المسافةالعمودية بين المستويات، λ=1.54Å كذلك تم حساب الحجم الحبيبي من معادلة شرر[19] :-

$$D=0.9\lambda / \beta\cos\Theta \text{ --------(3)}$$

وتم حساب فجوة الطاقة البصرية من خلال المعادلة التالية [20] :-

$$(\alpha h\nu=Bo (h\nu - Egopt)r \text{ ----------(4)}$$

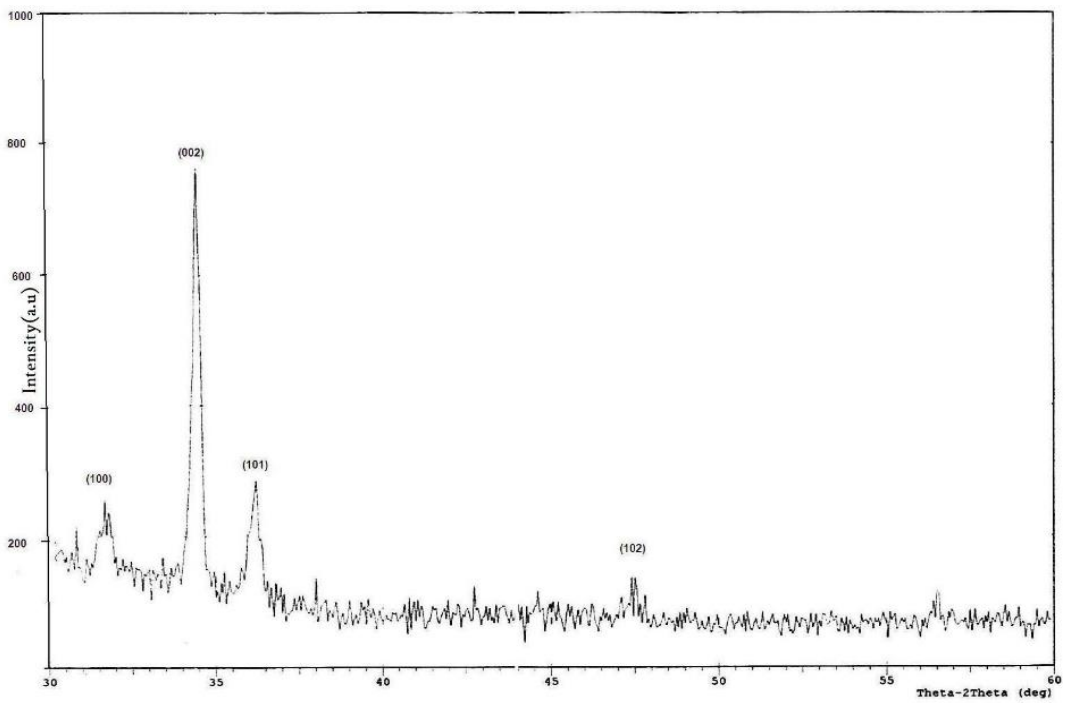
حيث ان r : معامل أُسي يُحدد نوع الانتقال. Bo : ثابت يعتمد على نوع المادة. hν : طاقة الفوتون بوحدات eV . Egopt : فجوة الطاقة البصرية بوحدات eV. α : معامل الامتصاص .

4- النتائج والمناقشة:-

1- الخصائص التركيبية :- Structural Properties

- حيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction (XRD)

من الشكل (2) تم التعرف على التركيب البلوري للأغشية المحضرة بوساطة جهاز حيود الأشعة السينية(XRD)، وأوضحت النتائج إن الأغشية المحضرة بمولارية M0.2 هي ذات تركيب متعدد التبلور(Polycrystalline) ويظهر الاتجاه التفضيلي (002) بشدة أعلى من الاتجاهات الأخرى، كما يبين ذلك حيود الأشعة السينية لغشاء أوكسيد الخارصين من خلال العلاقة بين زاوية حيود الأشعة السينية (2θ) والشدة (Intensity) إذ تبين إن أعلى شدة تقع عند الاتجاهية (002) أي باتجاه عمودي على القاعدة ويعزى هذا الميل في التبلور إلى أنموذج Drift الذي يدعى بأنموذج البقاء للأسرع (Survival of the fasted) إذ أفترضَ (Drift) إن عملية تكّون النوى (Nucleations) تتجه معظم مراحل نمو الغشاء في البداية نحو اتجاه معين، ثم تبدأ هذه الاتجاهات بالتنافس أثناء عملية نموها. تستمر النوى الأسرع في النمو، بينما يتوقف نمو النوى الأخرى. وهذا يفسر نمو أغشية ZnO في الاتجاه العمودي (002) على القاعدة، حيث يُعتبر هذا الاتجاه الأسرع في النمو لأنه يمثل اتجاه التحلل أو الترسيب[21]



الشكل (2) حيود الاشعة السينية لغشاء ZnOبمولارية (0.2)

.والجـــدول(2) يبـــين النتـــائج العمليـــة لقياســـات حيـــود الاشعة السينية (XRD) لأغشية اوكسيد الخارصين.

جدول (2) النتائج العملية لقيلسلت (XRD) لاغشية ZnO

hkl	2Θ ASTM	2Θ XRD	D_{hkl}ASTMA°	D_{hkl} XRD	FWHM (XRD) deg	S.G XRD nm
100	31.8193	32.4547	2.810000	2.75649	0.36790	22.5
002	34.3303	35.1645	2.610000	2.55003	0.36480	17.7
101	36.4949	37.0050	2.460000	2.42732	0.47070	22.8

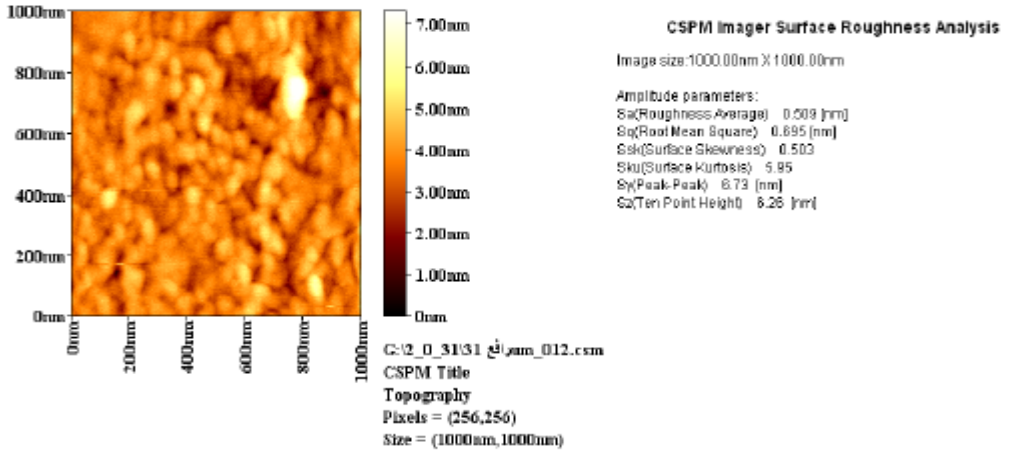
- **مجهر القوة الذرية AFM**

اســتخدم تحليــل مجهــر القــوة الذريــة (Atomic Force Microscope) لدراسة طبوغرافية السطح والتركيب البلوري السطحي للغشـاء المرسـب .حيـث يبـين الشـكل (3) الصـورة التحليلة الطبوغرافيـة لخشـونة السـطح وذات بعـدين D2 ، ويمكـن قيـاس لجـذر التربيعـي مـن المعادلة التالية [22]:-

$$R_{ms} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{(Zi - Zav)2}{N}} \qquad \text{--------(5)}$$

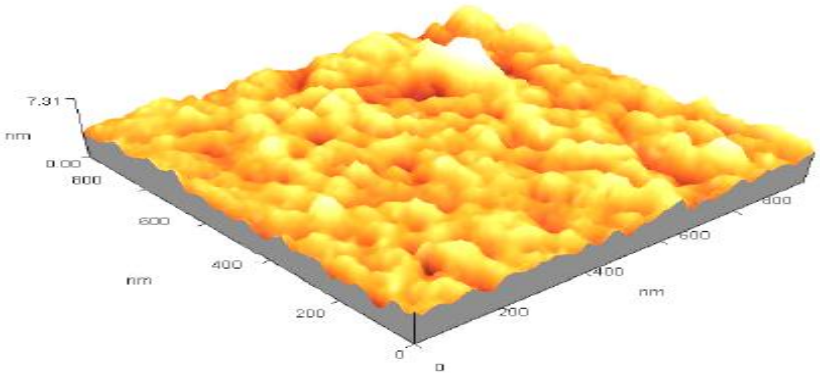
حيــث ان (Zi) تمثــل قيمــة (Z) لكــل نقطــة و(Zav)

تمثل معدل قيم (Z) و(N) يمثل عدد النقاط التي تم قياسها .حيث وجد ان معدل خشونة السطح كان 0.965nm وهذا يدل على انتظامية بلورية جيدة وتجانس ممتاز،وان قيمة متوسط الجذر التربيعي تساوي 0.509nm وهذا يدل على نعومة السطح ،فكلما زادت قيمة متوسط الجذر التربيعي زادت خشونة السطح والعكس صحيح .وان قيمة ميل المستوى السطحي للغشاء يساوي (0.503) وهذة القيمة تبين المستوى السطحي بالنسبة إلى الأساس المرسب الغشاء عليها .وان أقصى قيمة تحدب للسطح كان يساوي (6.73) وهذه القيمة توضح المظهر الطبوغرافي لسطح الغشاء بشكل كلي ،وان معدل المسافة البينية من قمة حبيبية بلورية وقمة أخرى كانت تساوي 6.26nm وهذا يدل على انتظامية الغشاء المرسب وإمكانية استخدامه في الخلايا الشمسية،لانه كلما كان الغشاء منتظم كان الانعكاس افضل.



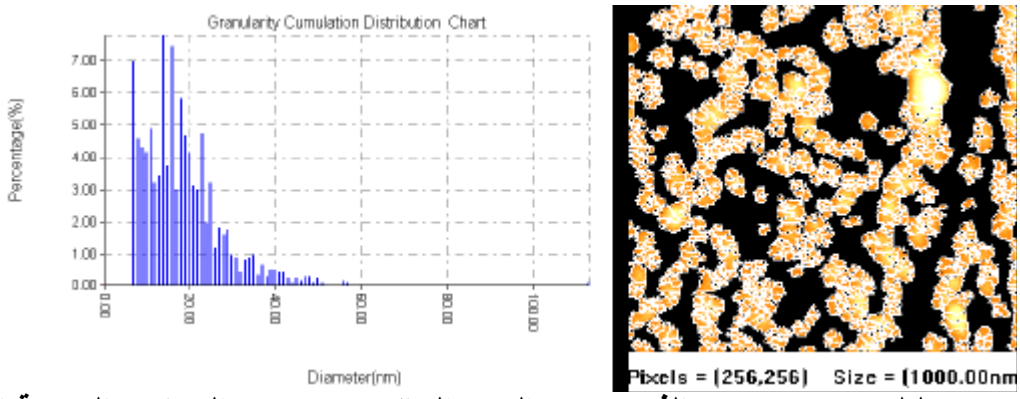
الشكل (3) الصورة التحليلة الطبوغرافية لسطح الغشاء في بعدين D2

ويبين الشكل (4) صورة المجهرAFM ثلاثية الإبعاد للغشاء حيث نلاحظ الانتظام في تكوين الغشاء وان الحبيبات ذات تركيب عمودي على المحور البلوري ومتساوية تقريبا.



الشكل (4) صورة المجهرAFM ثلاثية الإبعاد للغشاء3D

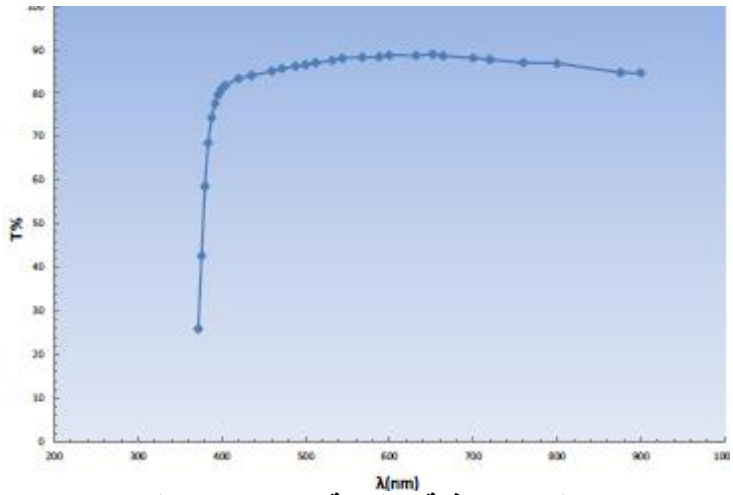
يبين الشكل (5) تحليل مجهر AFM الذي يوضح الرسم البياني عن توزيع المجاميع الحبيبية المنماة على سطح الغشاء .وقد وجد ان الحجم الحبيبي الكلي كان بحدود 17.8nm حيث ان 10% من الحبيبات تمتلك حجم حبيبي بحدود 7nm وان 90% يمتلك حجم حبيبي 28nm .



الشكل (5) تحليل مجهر AFMالذي يوضح الرسم البياني عن توزيع المجاميع الحبيبية المنماة على سطح الغشاء والحجم الحبيبي .

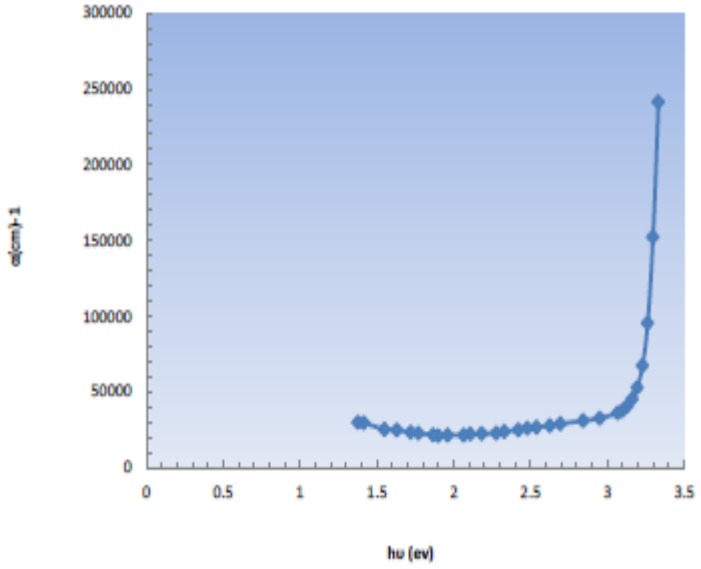
5- الخصائص البصرية :-

ان من اهم وسائل تحديد التركيب الحزمي لاشباه الموصلات هي القياسات البصرية ،والانتقالات التي يحدثها الضوء بين حزم الطاقة هي التي تحدد الفجوة البصرية ،فقد تم قياس النفاذية البصرية للاغشية ومن خلال الشكل (6) نلاحظ طيف النفاذية لهذه الاغشية مع الطول الموجي لمدى الاطوال الموجية nm(300-900) فعند الطول الموجي(380nm) نلاحظ انخفاض في منطقة الطيف فوق البنفسجي وهذا يدل على الامتصاص العالي للفوتونات الساقطة على الغشاء ،كما نلاحظ ان نفاذية الغشاء تزداد بزيادة الطول الموجي حيث تصل الى 90% في منطقتي الطيف المرئي وتحت الحمراء ،ويمكن تحديد فجوة الطاقة البصرية لZnO من حافة الامتصاص لانها تدل على الانتقالات الالكترونية من حزمة التكافؤ الىحزمة التوصيل.



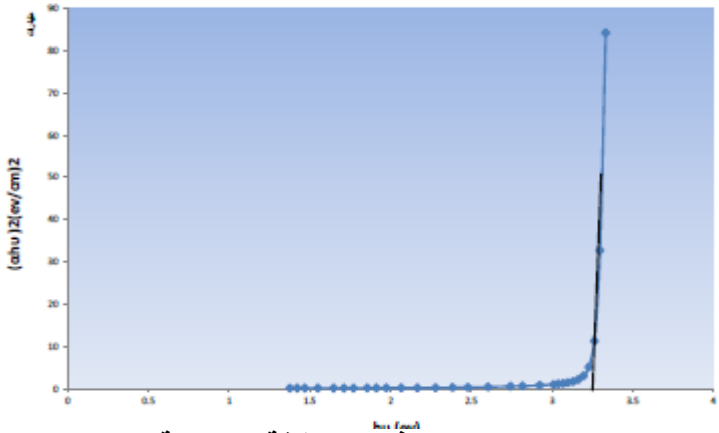
الشكل (6) طيف النفاذية لاغشية ZnO مع الطول الموجي

ويبين الشكل (7) معامل الامتصاص لأغشية ZnOقيد الدراسة . الذي يعرف بأنة النقصان في نسبة طاقات الإشعاع بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتونات الساقطة وعلى خواص شبه الموصل)فجوة الطاقة (ونوع الانتقالات الالكترونية التي تحدث بين حزم الطاقة.إن الامتصاصية تعتمد على عدة عوامل منها: نوع وطبيعة التركيب الكيمياوي والبلوري للغشاء، سمك الغشاء المحضر، نوع ونسبة الاشابة.ومن الشكل (7) نلاحظ ان معامل الامتصاص يقل مع زيادة طاقة الفوتون وهذا يعزي إلى زيادة النفاذية ضمن الطول الموجي منnm(380-900) ، هذا يدل على احتمالية كبيرة للانتقالات الإلكترونية المباشرة وإن الطاقة العالية التي حسبت عندها هذه القيمة هي طاقة فجوة طاقة مباشرة كذلك نلاحظ من الشكل إن قيمة معامل الامتصاص تكون قليلة عند الطاقات الفوتونية الواطئة وفيها تكون احتمالية الانتقالات الإلكترونية قليلة وتزداد قيمة معامل الامتصاص عند حافة الامتصاص بإتجاه الطاقات العالية.لان عند الحافة او (الامتصاص الاساسي) تكون احتمالية امتصاص الفوتون عالية وبالتالي تزداد الامتصاصية وتقل النفاذية ويزداد معامل الامتصاص.



الشكل (7) معامل الامتصاص لأغشية ZnO

و الشكل (8) يبين فجوة الطاقة البصرية الذي تم ايجادها برسم العلاقة بين $(\alpha h \nu)^2$ و $(h\nu)$ ذلك من تقاطع الجزء المستقيم لمنحني $(\alpha\ h\ \nu^2=0)$.تقاطع الخطوط المستقيمة هذه مع احداثيات طاقة الفوتون يحدد قيمة فجوة الطاقة البصرية لاغشية ZnO حيث ان فجوة الطاقة البصرية كانت (3.29 eV) للغشاء المحضر وهذة بسبب المستويات الموضعية بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل.



الشكل (8) فجوة الطاقة البصرية

6- الاستنتاجات:

1- التركيب البلوري للغشاء (ZnO) المحضّر بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي حرارة القاعدة (70^0C) ذو طور سداسي متعدد التبلور.

2- ان الحجم الحبيبي كان nm22 مما يشير الى ان القياسات نانوية
3- عند الاطوال الموجية من(400-800 nm) تكون النفاذية عالية جدا لذلك يمكن استخدامها في تطبيقات نوافذ الخلايا الشمسية

7- المشاريع المستقبلية

1- دراسة التحسسية لأغشية أوكسيد الخارصين المشوبة بالكوبالت والمحضّرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي لغازات اخرى.
2- دراسة تأثير درجة حرارة قواعد الترسيب، نوع القاعدة، التلدين ،السمك والتشعيع على الخصائص التركيبية والبصرية والتحسسية لأغشية أوكسيد الخارصين المشوبة بالكوبالت.

8- المصادر

[1] محمد صالح الصالحي ،عبدالله صالح الضويان ،مقدمة في تقنية النانو جامعة الملك سعود.2007م /- قسم الفيزياء والفلك- كلية العلوم
[2] Ratner, Nanotechnology professor Mark Ratner , Dan Gentle Introduction, Harvard University, Brown University.(2002) .
[3] Xu, C, Xue, L., Yin, C. and Wang, G. 'Formation and photoluminescence properties of AlN nanowires', Phys. Stat. Sol. A, Vol. 198, p.329 (2003) .
[4] Wang, J. and Li, Y. 'Rational synthesis of metal nanotubes and nanowires from lamellar structures', Adv. Mater., Vol. 15, p.445 (2003) ..
[5] Li, L.S. and Alivisatos, A.P. 'Semiconductor nanorod liquid crystals and their assembly on a substrate', Adv. Mater., Vol. 15, p.408 (2003) .
[6] C. Ma, D. Moore, Y. Ding, J. Li and Z.L. Wang," Nanobelt and nanosaw

[7] structures of II-VI semiconductors", Int. J. Nanotechnology, Vol. 1, No. 4, 2004 .
[8] J . Eboth , A . Hichou and M . Addam , "Flow rate And interface roughness of zinc oxide thin films deposited by spray pyrolysis technique", J. Appl. Phys., Vol. 93, No. 1, P, 632, 2003 .
[9] R. Schropp, A. Madan, J. AppI. Phys., Vol.66, No.5, P.2027,1989 .
[10] F. Bueche, D. Jwrde, "Principles of Physics", Arabic Edition .(2001)،
[11] Zahug , H . Ma , " scattering mechanisms of charge carriers in transparent conducting oxide films", J. Appl. Phys. A, Vol. 62 , P. 487,1996
[12] L. Zhao, J. Lian, V. Liu , Q. Jiang, "Structural and Optical Properties of Zno Thin Films Deposited on Quartz Glass by Pulsed Laser Deposition", Journal Applied Physics, Vol. 252, No.77 (2020), 8451.
[13] S. Larcheria, C. Armellinia, F. Roccaa, A. Kuzminb, "X-ray Studies on Optical and Structural Properties of ZnO Nonstructered Thin Films" Superlattices and Microstructures Vol.39, No.30, (2021), 267-274 .

[14] E. Bacaksiz "The Effects of Zinc Nitrate, Zinc Acetate and Zinc Chloride Precursors Precursors Oninvestigation of Structural and Optical Properties of ZnO Thin Films" Journal of Alloys and Compounds,Vol.77, No.466 (2022),447.
[15] R.L. Mishra "Ethanol Gas Sensitivity of Zinc Oxide Micro-Structural Thin Film" Journal of Science & Technology, Vol.23, No.1, (2022),167.
[16] Mustafa Oztas , Metin Bedir , " Thickness dependence of Structural , electrical and Optical properties of sprayed ZnO:Cu films " Thin Solid Films Vol. 516 P.1703-1709 , (2008) .
[17] J. Chung, J. Chen, and C. Tseng, "The influence of titanium on the properties of zinc oxide films deposited by radio frequency magnetron sputtering", Applied Surface Science 254, pp. 2615–2620, (2008).
[18] W. Lin, R. Ma, W. Shao, and B. Liu, "Structural, electrical and optical properties of Gd doped and Undoped ZnO: Al (ZAO) thin films prepared by RF magnetron sputtering", Applied Surface Science 253, pp. 5179–5183, (2007).
[19] J. Taus in, "Amorphous and Liquid Semiconductors", Ed. by J. Taus, Plenum Press, London, (1974).
[20] L.Eckrtova, "physics of Thin Films", plenum press, New York (1977).
[21] K. S.Krane, "MODREN PHYSICS" John Wiley & Sons Inc.2nded (1996.
[22] Das, Soumen & Chaudhuri, Subhadra ,"Mg2+ substitution in ZnO Al2O3 thin flims and its effect on the optical absorption spectra of the nanocomposite", Applied Surface Science, Vol.253,Issue 21,P.8661-8668 (2007).

Study properties of Zno nanostructured thin films by chemical deposition

Abstract :-
In this work, the prepared ZnO nanostructured films by chemical bath deposition at a reaction temperature of 70°C without any post-treatment. Zinc nitrate hexahydrate ($Zn(NO_3)_2.6H_2O$) was used as a synthetic precursor, and the preparation of ZnO nanostructures was achieved within a few hours. The obtained ZnO nanostructures were characterized by X-ray diffraction (XRD, AFM, UV). The ZnO layer had a hexagonal structure, the grain size was between 22 nm, the transmission layer was 90%, and the morphology and optical properties of the layer were detected.