



## دراسة الخصائص التركيبية و البصرية للغشاء الرقيق المحضر بتقنية الليزر النبضي من ثالث أكسيد التنغستن ( $WO_3$ )

أكرم ابراهيم علي

نديم خالد حسن

جامعة تكريت كلية التربية للعلوم الصرفة

### المخلص

في هذا البحث تم دراسة خصائص التركيبية والبصرية للغشاء ( $WO_3 : CuO_2$ ) حيث تم ترسيب ثنائي اوكسيد النحاس ( $CuO_2$ ) فوق أرضيات من الكوارتز حيث رسبت العينات باستخدام تقنية التبخير الحراري في الفراغ تكونت اغشية منتظمة ورقيقة ومستوية بدون تكتلات وتم وضعها في الفرن الكهربائي عند درجة حرارة  $^{\circ}C$  (500 - 700) لمدة ساعة ثم يترك يبرد لمدة (24)hr , وبعدها تم ترسيب طبقة ( $WO_3$ ) كأغشية رقيقة فوق طبقة ( $CuO_2$ ) بطريقة الاستئصال بالليزر النبضي بعد كبس مادة ( $WO_3$ ) على شكل اقراص تحت ضغط (5Tan), وبعدها توضع في الفرن الكهربائي العينات المحضرة عند درجات حرارة  $^{\circ}C$  (700 - 900) لمدة ساعة ثم يترك يبرد لمدة (24h) , حيث ظهر التوزيع المنتظم للحبيبات النانوية الكروية توزيعًا متجانسًا مع وجود بعض التكتلات الحبيبية التي ظهرت على شكل عناقيد. ومن خلال فحوصات حيود الاشعة السينية (XRD) أظهر فحص الأشعة السينية زيادة طفيفة في حجم الجسيمات النانوية مما أدى الى تناقص الحجم البلوري حيث تم حسابه من خلال معادلة شرر . وبينت نتائج مجهر القوة الذرية AFM انه عند ترسيب ثلاثي اوكسيد التنغستن ينخفض معدل خشونة السطح مع انخفاض الحجم البلوري للمادة بشكل كروي تقريبا وبزيادة مقدار درجة حرارة التلدين يصبح شكل السطح متكتل ويزداد معدل الحجم الحبيبي. كما بينت الفحوصات البصريه لوحظ أن يقل معامل الإمتصاص عند الأطوال الموجية العالية للأغشية جميعها تقريبا, حيث يرتبط طيف الامتصاصية بشكل كبير بترتيب المستويات الطاقة التي ترتبط بدورها بالتركيب البلوري والكيميائي للمادة وعلى الخصائص العامة لتلك المادة .

### الكلمات المفتاحية

الكوارتز ، الاغشية الرقيقة ، النظام البلوري ، الاكسدة ، التكتلات الحبيبية ، التلدين.

### Summary

In the research the structural and optical properties of the ( $WO_3:CuO_2$ ) film were studied, where Copper oxide was deposited on quartz floors. The samples were deposited using the thermal evaporation technique in the vacuum. Regular thin flat films were formed without agglomerations. They were placed in an electric furnace at a temperature of (500 - 700  $^{\circ}C$ ) for an hour, then left to cool for (24) . After that the layer of ( $WO_3$ ) was deposited as thin films on top of the layer of ( $CuO_2$ ) using the pulsed laser ablation method after the material ( $WO_3$ ) was bagged in the form of discs under pressure (5Tan). After that, they were placed in an electric furnace to oxidize the prepared samples at temperatures of (700 - 900  $^{\circ}C$ ) for an hour, then left to cool for (24 hr). The regular distribution of the secondary spherical grains appeared homogeneous, with some granular agglomerations that appeared in the form of clusters . Through x-ray diffraction examination, the x-ray examination showed a slight increase in the size of the secondary particles , which led to a decrease in the crystal size, as calculated using the Scherrer equation. Atomic force microscope (AFM) results showed that when tungsten trioxide is deposited the surface roughness rate decreases with the decrease in the crystal size of the material, becoming almost spherical. With increasing annealing

temperature, The surface shape becomes lumpy and the average grain size increases. Optical examinations also showed that the absorption coefficient decreased at high wavelengths for almost all films, as the absorption spectrum is closely related to the arrangement of energy levels, which in turn is related to the crystal and chemical structure of the material and to the general properties of that material.

#### مقدمة :

أصبحت تقنية النانو في طليعة المجالات الأكثر أهمية وإثارة في مجال علوم الفيزياء والعلوم الأخرى فقد أعطت أملا كبيرا لثورات علمية في المستقبل القريب والتي ستغير وجهة التقنية في العديد من التطبيقات وهي تُصنف اليوم بوصفها جيلاً خامساً للتطور التقني ويمكن إرجاع تقنية النانو إلى عملية التحكم والتلاعب بالمادة على مستوى الأبعاد الذرية وعملية التحكم هذه مماثلة للهندسة في مستوى النانو وإن عملية التصنيع النانوي (Nanofabrication) ترتبط بشكل تام بهذه الهندسة [1]. يعتمد مفهوم تقنية النانو على أن المادة التي تتركب من جسيمات نانوية سبدي خصائص جديدة مما يقود إلى سلوك جديد يعتمد على حجم هذه الجسيمات، فقد لوحظ كمثال لذلك أن كل من التركيب الإلكتروني، والتوصيلية، والتفاعلية، ودرجة الانصهار، والخصائص الميكانيكية للمادة تتغير كلها عندما يقل حجم الجسيمات عن قيمة حرجة من الحجم إذ أنه كلما اقترب حجم المادة من الأبعاد الذرية خضعت المادة لقوانين ميكانيك الكم بدلاً من قوانين الفيزياء التقليدية وإن اعتماد سلوك المادة على حجمها يمكننا من التحكم بهندسة خواصها، وبناء عليه فقد استنتج الباحثون أن لهذا المفهوم تقنية عظيمة تشمل مجالات تقنية واسعة ومتنوعة، وبشكل عام هي تلك التي تتعامل مع تراكيب متعددة من المواد ذات أبعاد من رتبة النانومتر وإن عالم النانو يعد الحد الفاصل بين عالم الذرات والجزيئات وبين عالم المايكرو [2]. يشتمل مصطلح التقنية النانوية من مقياس النانومتر (Nanometer) وهذا العلم يفتح حقبة جديدة من التكامل الأساسي البحثي عند المقياس النانوي (Nanoscale) فالمنتجات المهمة تُصنع ضمن هذا المقياس، إذ إن البحوث جارية لتصنيع نباتات أكثر كفاءة وإن الأولوية للسنوات القادمة في الوقت الراهن ستركز على كل من المجال الطبي وتحويل الطاقة والزراعة، والكترونيات النانو، والعوامل المحفزة، والمستحضرات الصيدلانية [3]. وعلى ضوء ذلك فقد تمكن العلماء من تصنيع أشكال نانوية التركيب (Nanostructure Shapes) لا تُرى بالعين المجردة تشابه في حقيقتها أشكالاً موجودة في الطبيعة أو غير موجودة ومثال على ذلك تصنيع القضبان النانوية (Nanorods) والأسلاك النانوية (Nanowires) والأنابيب النانوية (Nanotubes) والألياف النانوية (Nanofibers) والكثير من الأشكال رائعة التكوين، وكذلك تصنيع النباتات الإلكترونية المعروفة مثل الترانزستورات، والخلايا الشمسية، والدايودات، والمتحسسات وغيرها [4] وعملية التصنيع هذه ترتبط بصورة مباشرة بداية بتقنيات تحضير مختلفة من أهمها تقنية الأغشية الرقيقة (Thin Films) المعروفة [5].

#### Study objective

#### هدف الدراسة:

- (1)- تحضير أغشية رقيقة من التراكيب النانوية لثنائي اوكسيد النحاس ثم يتم ترسيب طبقة من ثالث اوكسيد التنغستن ( $WO_3$ ) وبالتالي تحسين خصائص التركيبية والبصرية للمادة المتكونة.
- (2)- تصنيع المتحسسات الغازية ذات الكفاءة العالية والتغلب على هذه المشكلة باستخدام طريقة تقنية الترسيب بالليزر النبضي (PLD) قليلة التكلفة وبفترة زمنية قصيرة.

#### Nano thin films

#### الأغشية الرقيقة النانوية :

إن الأغشية الرقيقة النانوية لأشباه الموصلات ذات أهمية كبيرة في الوقت الحالي لاستعمالها في مجالات مختلفة، حيث تستخدم في تصنيع أجزاء كبيرة من الدوائر الإلكترونية ومنها في المتسعات والترانزستورات وغيرها الكثير، أما بالنسبة للتطبيقات البصرية فيستفاد منها في أجهزة الاستنساخ وفي التصوير الفوتوغرافي، كما تستخدم في صناعة المرشحات البصرية فيستفاد منها في صناعة الخلايا الضوئية، وتظهر أهمية الأغشية الرقيقة في تصنيع الخلايا الشمسية والكواشف الضوئية. حيث ترسب هذه الأغشية على مواد أخرى مختلفة تستعمل كأرضيات ترسيب (Substrates) بسبب ضالة السمك لهذه الأغشية مما يجعلها سهلة الكسر. وتعتمد هذه القواعد على طبيعة الاستعمال والدراسة والتطبيق ومن أمثلتها الزجاج بأنواعه والسليكون والكوارتز وغيره [6]. كذلك استخدمتها في الطلاء للعدسات والمرايا في بعض الأطوال الموجية ذات الصفات المهمة لاستخدامها في الخلايا الضوئية والخلايا الشمسية بشكل عام [7]. وكذلك تم استخدام الأغشية الرقيقة في تركيب الأجهزة الإلكترونية بشكل مقومات Rectifiers ومتسعات Capacitors وترانزستورات Transistors في الحاسبات الرقمية Digital Computers كما إن للأغشية الرقيقة استخدامات أخرى في الكواشف Detectors ودوائر الفتح والغلق



والمحارير الإشعاعية وذلك بسبب خفة وزنها وصغر حجمها وقدرتها العالية في أداء عملها بالإضافة على استخداماتها في بعض المواد لمنع التآكل الكيميائي أو لإظهارها بالمظهر الجميل كطلاء المعادن الرخيصة بأخرى ثمينة لرفع قيمتها المادية والجمالية [8]. يستخدم مصطلح الأغشية الرقيقة لوصف طبقة أو طبقات عديدة من ذرات المادة لا يتجاوز السمك لها عن مايكرو متر واحد أو عددا من النانومترات [9]

### Semiconductor Nanostructures

### أشباه الموصلات النانوية

تتصف أشباه الموصلات ذات التراكيب النانوية بارتباطها مع باقي العلوم الفيزيائية الأخرى ارتباطاً وثيقاً من حيث التصنيع ، فهي اليوم واحدة من الركائز المهمة في مجال تصنيع النانوبنى ذات التراكيب النانوية، إذ إن علم النانو يبدأ فيها من أقل من (100nm) وينتهي إلى (1nm) أو أقل من ذلك وهذه الحدود ليست نهائية ، وإن أغلب عمليات التصنيع لنانوبنى تتم عن طريق عملية الترسيب للأغشية الرقيقة المعروف [1] ، إن الترانزستورات تأثير المجال التي تم حديثاً تستعمل أنابيب أو قضبان نانوية شبه موصلة مفردة بين قطبين معدنيين تقوم مقام قناة تتدفق خلالها الإلكترونات [10] . إذ يمكن التحكم في تدفق التيار عبر هذه القناة (بالسماح أو الإيقاف)، وذلك بتطبيق فولتيات على قطب ثالث قريب منهما. وتمتاز النانوبنى المبنية على الأنابيب النانوية في درجة حرارة الغرفة بمميزات كهربائية مماثلة لنظائرها في السليكون وبجودة أعلى فمثلاً قطب البوابة يستطيع أن يغير موصلية قناة الأنبوب النانوي بمعامل يبلغ مليوناً أو أكثر، مقارنة بالترانزستورات السليكونية، ونظراً لحجمه بالغ الصغر، فإن ترانزستور (FET) المصنوع من الأنابيب النانوية يمكنه أن يشكل مفتاحاً موثوقاً فيه، مستعملاً طاقة أقل بكثير من الطاقة التي تستهلكها نانوبنى السليكون، ويتنبأ النظريون بأن قاطعة نانوية المقياس تستطيع أن تعمل بسرعات تقدر بالتيارهرتز أو أكثر، أي أنها (1000) مرة أسرع من المعالجات الموجودة حالياً [11] .

لقد تنوعت طرق

### طرائق تحضير الأغشية الرقيقة: Thin Films Deposition Methods

تحضير الأغشية الرقيقة وتطورت بدرجة كبيرة جداً لاسيما خلال السنوات الأخيرة، وتمتلك هذه الطرق دقة عالية في تعيين وتحديد سمك الغشاء وطريقة تجانسه، ولكل طريقة ميزاتها الخاصة وخصوصيتها وقد استعملنا في بحثنا هذا طريقة التبخير الحراري في الفراغ وتقنية الترسيب بالليزر النبضي (PLD).

### طريقة التبخير الحراري تحت الفراغ:

### Thermal Evaporation Under Vacuum Method

تعد طريقة التبخير الحراري في الفراغ (التسخين بالمقاومة) أكثر الطرائق استعمالاً لتحضير الأغشية الرقيقة والمفارق الهجينة، لما تتمتع به من محاسن عملية عن التقنيات الأخرى ومنها:

1. الحصول على أغشية ذات نقاوة عالية (وذلك لتبخير المادة في حجرة مفرغة من أغلب الغازات والأبخرة الأخرى، فتضمن عدم حدوث عملية الأكسدة الحرارية للغشاء المترافقة مع وجود غاز الأوكسجين، وكذلك التخلص من ذرات الغبار وغيرها التي من الممكن أن تكون عيوباً في التركيب البلوري للغشاء المحضر) .

2. إن درجة التفريغ العالي والضغط الواطئ ( $10^{-6}$ - $10^{-9}$ ) mbar داخل حجرة التبخير يمنع حدوث التلوث وكذلك فإن نقطة إنصهار المادة تقل بإنخفاض الضغط، فضلاً عن تقليل احتمالية حدوث عمليات التصادم (الإستطارة) ما بين ذرات المادة المتبخرة و ذرات الغازات الأخرى المتواجدة في حيز التبخير.

3. الحصول على أغشية ذات أقل عدد ممكن من مراكز الإجهاد (التوتر الداخلي) الذي ينتج من وجود ذرات الغبار أو الذرات الغريبة في حجرة التبخير.

4. الحفاظ على الأرضيات (القواعد) المعدة للترسيب من الأضرار السطحية، مع إمكانية الحصول على عينات عديدة بظروف التحضير نفسها والسمك في وقت قليل، بالإضافة إلى سهولة تحضير العينات.

وبالرغم من هذه المحاسن الإيجابية لطريقة التبخير الحراري في الفراغ إلا أن لها بعض السلبيات منها: أنها غير ملائمة في تحضير الأغشية الرقيقة للمركبات بسبب الإرتفاع التدريجي في درجة الحرارة الذي يعمل على إنفصال عناصر هذه المركبات، أنها طريقة محدودة لتبخير العناصر والمركبات ذات درجة الإنصهار الواطئة، فقدان جزء من المادة المتبخرة داخل حجرة التبخير، درجة إتصاق الغشاء المحضر بالأرضيات (Substrate) ضعيفة نسبة إلى تقنية التريذ، وكذلك لا يمكن فيها تحضير غشاء بمساحة كبيرة. وتتأثر عملية تحضير الأغشية الرقيقة بتقنية التبخير الحراري في الفراغ بعوامل عديدة، من أهمها : ضغط الهواء داخل حجرة التبخير، درجة حرارة القاعدة المعدة للترسيب، مدى نظافة الحجرة والأرضيات من التلوث، معدل الترسيب، المسافة بين الحويض والأرضيات وكذلك نوع مادة وشكل الحويض المناسب المستعمل لتبخير المادة، وإن لهذه العوامل دوراً مهماً في تجانس الغشاء

ونسبة نقاوة الغشاء المُحضّر من الشوائب ومن تعرضه للأكسدة نتيجة تصادم ذرات بخار المادة مع ذرات الهواء داخل حجرة التفريغ.

إن عملية ترسيب الغشاء المُحضّر بهذه الطريقة تسلك ثلاث مراحل بعد عملية التفريغ؛ فتبدأ أولاً بتحويل المادة المراد ترسيبها (بعد وضعها في الحويض Boat) من الحالة الصلبة إلى الغازية بعد تسخين الحويض إلى درجة حرارة تبخر المادة، ثم إنتقال ذرات المادة من مصدر التبخير (التسخين) إلى الأرضيات عبر الفراغ و تكثيف وترسيب هذه الذرات على الأرضيات المعدة للترسيب. و لأجل حصول هذه المراحل بنجاح، فيستوجب التعرف على مقدار ضغط داخل الحجرة لحصول الشرط الكافي للتبخير في الفراغ والذي يشترط على أن يكون مقدار معدل المسار الحر أكبر من المسافة بين حويض التبخير وأرضيات الترسيب، إذ يرتبطان وعلى هذا الأساس يجب أن يكون أدنى مقدار لضغط التفريغ هو  $(P=10^{-4} \text{ Torr})$  وتكثيف ذرات المادة بشكل أفضل لنمو وتجانس الغشاء الرقيق.

### منظومة التبخير الحراري الفراغي Vacuum Thermal Evaporation System

فإن هذه المنظومة تتألف من أربعة أجزاء أساسية هي :-

1. حجرة التبخير (Evaporation Chamber) 2. مضخات التفريغ (Vacuum Pumps)
3. أجهزة قياس الفراغ (Vacuum gauges) 4. منظومة التبريد (Cooling System):



شكل (1) يوضح المنظومة المستخدمة في تحضير الاغشية الرقيقة

### منظومة الليزر (Laser System):

تم استخدام ليزر Nd:YAG النبضي المصنوع من قبل شركة ( DIAMON-288 pattern EPLS System ) بطول موجي قدره (1064 nm) في عملية ترسيب النماذج المحضرة على قواعد الكوارتز حيث تتكون المنظومة من مجهر القدرة، ونظام تحكم بالحاسوب ونظام تبريد داخلي، إذ يتم تثبيت مسار أشعة الليزر على الهدف يدوياً إذ يتميز الليزر المستخدم بالموصفات الآتية.

a. طاقة الليزر (100 - 1000) mJ الطاقة المستخدمة (600) mJ

b. التردد (1 ~ 6) Hz التردد المستخدم (6)Hz

c. الطول الموجي لليزر (532-1064 nm)  $\lambda =$  الطول الموجي المستخدم (1064)nm

d. مدة كل نبضة = (10 n sec) .

e. طريقة التبريد للجهاز: تكون عن طريق تدوير ماء الجهاز الساخن يدوياً بماء بارد من خلال خزان موجود داخل الجهاز.

### Sediment chamber

### 1. حجرة الترسيب

هي حجرة اسطوانية الشكل قطرها (30cm) وارتفاعها (40cm) مصنوعة من الكوارتز. تحدث فيها عملية ترسيب الأغشية , بوساطة الليزر النبضي عند التفريغ العالي وتم تصميمها بحيث تحتوي على بوابة لخروج الغاز عند التفريغ ومشاهدة أشعة الليزر.

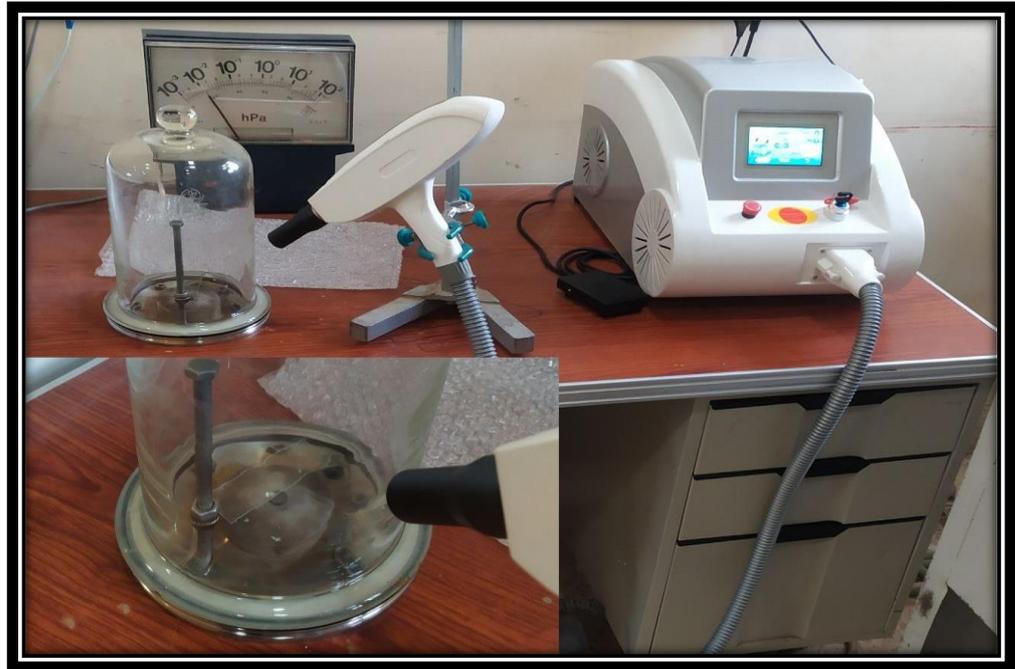
## 2 عملية نمو الأغشية الرقيقة بتقنية الليزر النبضي

### The process of growth of thin films with pulse laser technology

إن عملية ترسيب النماذج المحضرة من أقراص أكسيد التنغستن فوق طبقة أكسيد النحاس تمت داخل حجرة التفريغ في منظومة الليزر تم تشغيل المضخة الخاصة للتفريغ المربوط مع حجرة التفريغ بعد احكام اغلاقها وينخفض الضغط تدريجياً وبعد مدة (45 min) تم وصول الضغط الى ( $10^{-3}$  mbar).

وتتضمن عملية الترسيب خطوات أساسية هي:

1. تفاعل اشعة الليزر النبضي مع الهدف الذي هو عبارة عن قرص المسحوق المكبوس.
2. يترسب الغشاء على شريحة الكوارتز في درجة حرارة الغرفة وعند ضغط التفريغ المنخفض حوالي ( $10^{-3}$  mpar) يبين الشكل (2) عملية ترسيب الاغشية وكيفية تثبيت الشريحة الزجاجية أمام الهدف و بمسافة  $(3 \pm 1)$  cm والمسافة بين الهدف ونقطة انطلاق اشعة الليزر (15cm) وبتردد (6Hz) وبعده نبضات (700) نبضة اذ تصنع أشعة الليزر الساقطة مع سطح الهدف زاوية ( $45^\circ$ ).



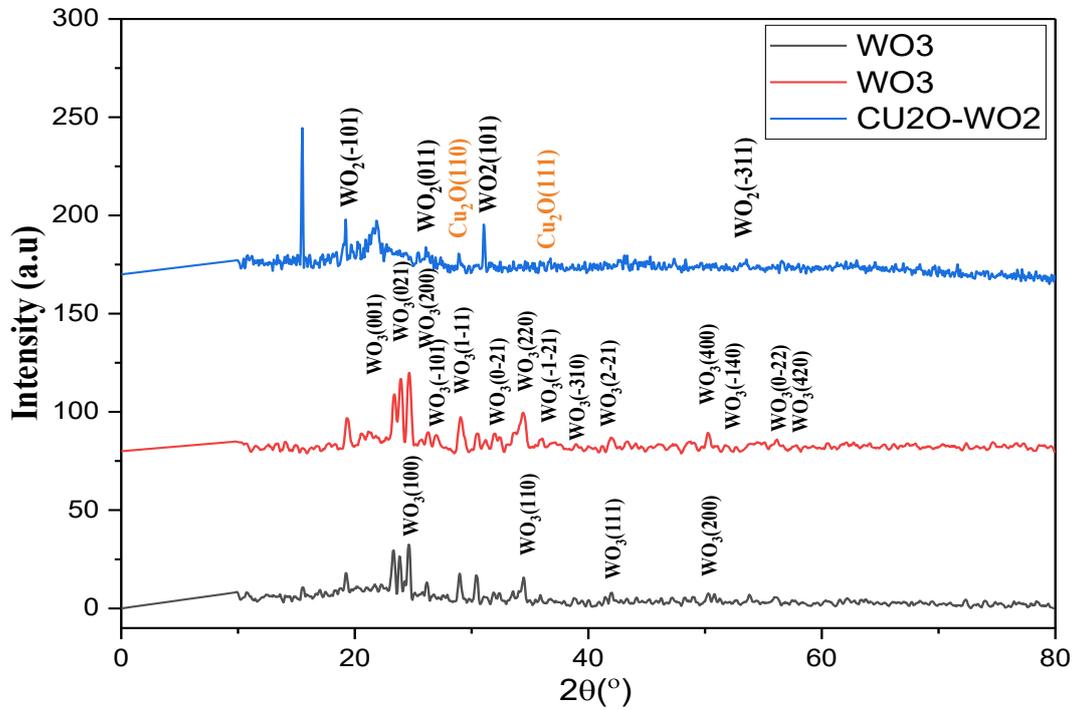
الشكل (2) مخطط لحجرة الترسيب و جهاز الليزر المستخدم في ترسيب الأغشية.

### تحضير النماذج : (Form preparation process)

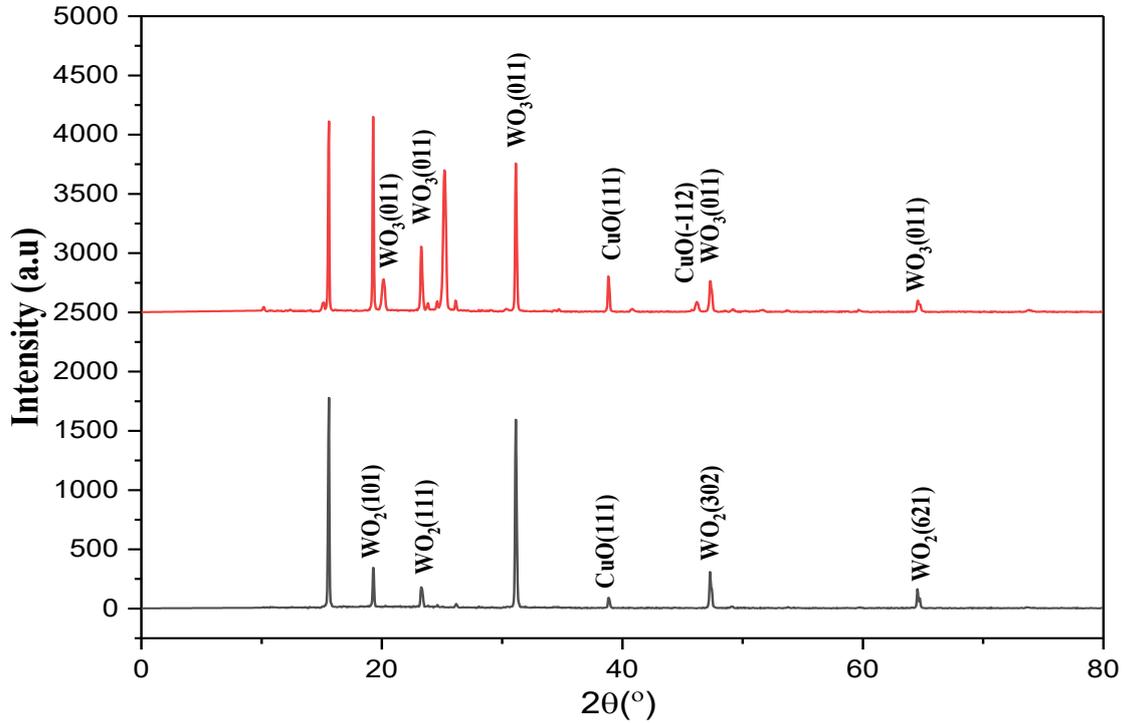
تم استخدام مادة أكسيد النحاس ( $\text{CuO}_2$ ) ذات النقاوة 99.9 ذو صناعة هندية على شكل مسحوق يتم وضعها في الحويض في جهاز التبخير الحراري وتم ترسيبها على شرائح الكوارتز عند درجات حرارة تتراوح بين (500  $^\circ\text{C}$  - 700  $^\circ\text{C}$ ) ثم توضع في الفرن الكهربائي لغرض التلدين لمدة ساعة ثم يتم تبريدها في الفرن لمدة (24) ساعة ، تم استخدام مادة أكسيد التنغستن الثلاثي ( $\text{WO}_3$ ) على شكل اقراص توضع في القالب لكبس المادة على شكل قرص ذي حجم (10) mm ثم تضغط العينة بمكبس الهيدروليك على (5) طن لمدة زمنية (5) دقائق لتخرج العينات ثم تلدن في الفرن لمدة زمنية (1) ساعة على درجة حرارة ( $500^\circ\text{C}$ ) ثم تخرج بعد ان تبرد، ان الغرض من الكبس هو لتقريب درجة حرارة تبخر المادتين وعدم انفصالها في اثناء الترسيب ( أي ان المادة عند الضغط تتسامى ) يتم ترسيب مادة أكسيد التنغستن الثلاثي ( $\text{WO}_3$ ) على العينات بطريقة الترسيب بالليزر وبمعدل (700) قصفه لكل عينه بعدها توضع في الفرن الكهربائي لغرض التلدين عند درجات حرارة تتراوح بين (700 - 900  $^\circ\text{C}$ ) لمدة ساعة ثم يتم تبريدها في الفرن لمدة (24) ساعة

### قياسات حيود الأشعة السينية: (X-Ray) Diffraction Test

تمت في هذه الدراسة دراسة حيود الأشعة السينية لتحديد طبيعة النمو البلوري ، وتوزيع الذرات، وتشكل المستويات لأغشية ( $WO_3:CuO_2$ ) الرقيقة عند ترسيب ثاني أكسيد النحاس وفوق ترسيب ثالث أكسيد التنغستن ولعدد نبضات (700) نبضة لكل عينة ولدرجات حرارة مختلفة . حيث يبين الشكل (6,7,8) أنماط حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية ثالث أكسيد التنغستن  $WO_3$  المترسبة فوق طبقة من ثنائي أكسيد النحاس  $CuO_2$  والتي تم تحضيرها على ركائز من الكوارتز بطريقة الترسيب بالليزر النبضي وبدرجة حرارة تلدين قدرها (-700  $C^0$ ). كذلك ظهرت جميع العينات ذات تركيب متعددة التبلور وبمزيج من الطورين احادي الميل (Monoclinic) لشبيكة  $WO_3$  و الرباعي القائم (Tetragonal) لشبيكة  $CuO_2$  ولكن ظهرت الشدة بنسب مختلفة تبعاً لاختلاف درجات حرارة التلدين . هنالك اختلاف طفيف في مواقع القمم بسبب نشوء اجهادات في الشبيكة والذي يدل على انتشار بعض الايونات للمادة المضافة لتكون بمثابة ذرات تشويب استبدالية. مع العلم بان جهاز حيود الأشعة السينية المستخدم في هذا البحث مصنوع في المملكة المتحدة من نوع ( XRD panalytical ) .X Pert Pr



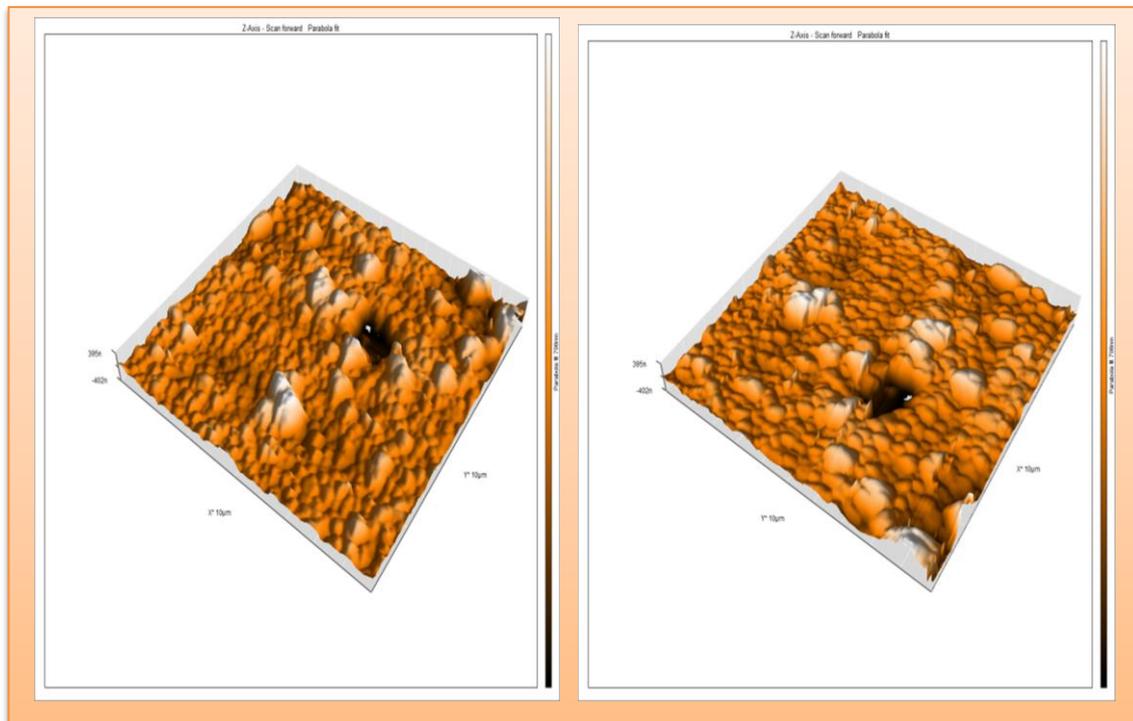
الشكل (3): أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية ( $WO_3: CuO_2$ ) المحضرة بالليزر النبضي بعدد (700) نبضة على ارضيات الكوارتز عند درجات حرارة ( $700, 750, 800^{\circ}C$ ).



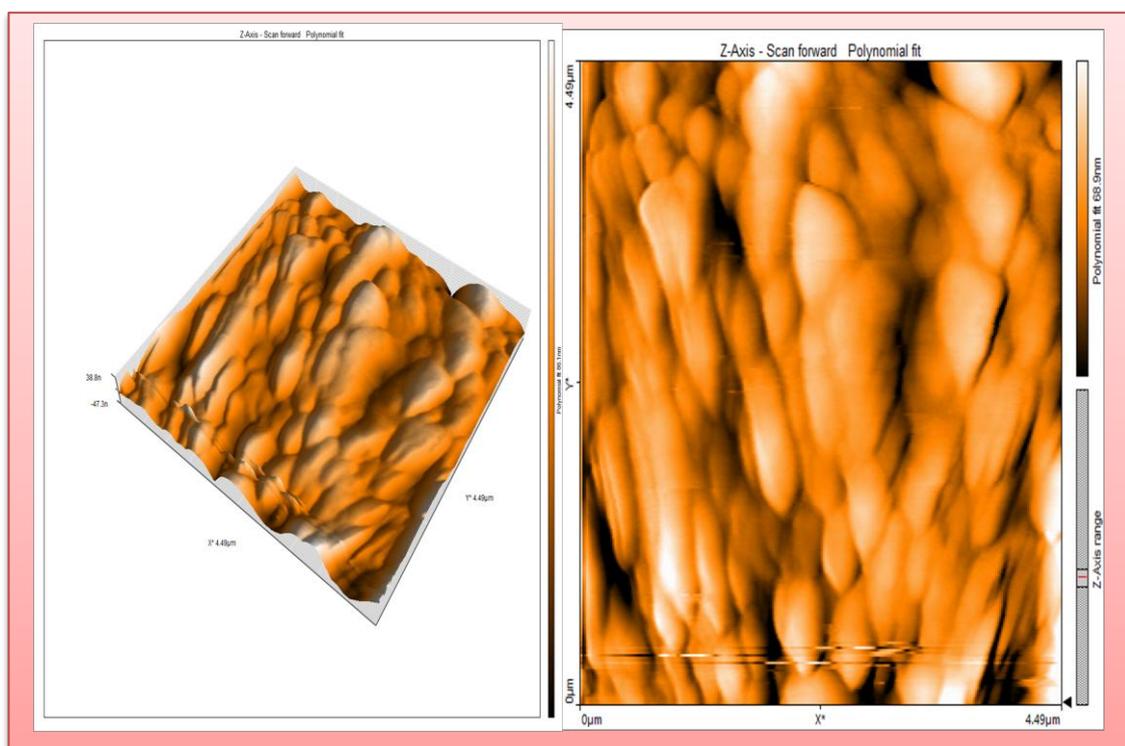
الشكل (4) : أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية  $WO_3 : CuO_2$  المحضرة بالليزر النبضي بعدد (700) نبضة على ارضيات الكوارتز البلوري عند درجات حرارة (850,900 °C).

#### قياسات مجهر القوة الذرية (AFM):

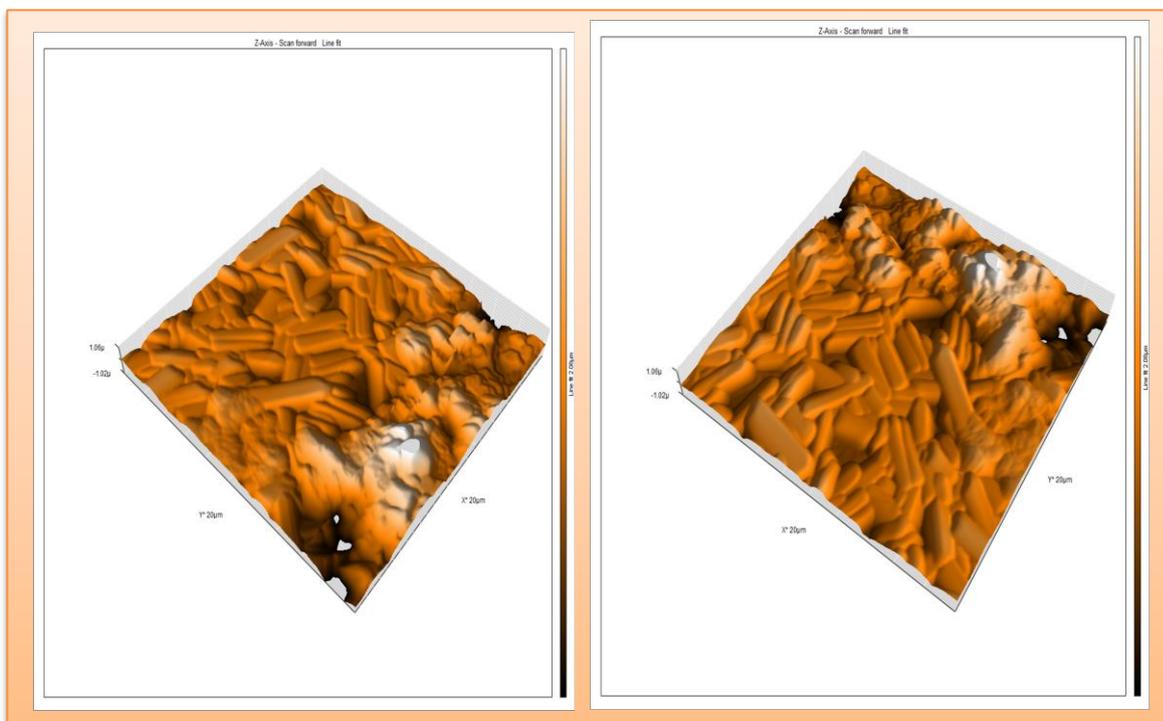
من خلال هذه التقنية، تم التعرف على كيفية توزيع وترتيب الذرات على سطح الغشاء قلا بد من دراسة سطوح الأغشية المحضرة من خلال استعمال تحليل مجهر القوة الذرية (AFM) لدراسة طوبوغرافية السطح. ويستعمل مجهر القوة الذرية (AFM) لدراسة خصائص سطوح الأغشية المحضرة ومدى تأثيرها بظروف التحضير، ويزودنا بمعلومات دقيقة عن مقدار خشونة السطح ومعدل الخشونة (RMS) Roughness وعن عدد الحبيبات وكذلك معرفة مقدار الحجم الحبيبي (Grain Size) للحبيبات المتكونة وأشكال تكونها في الغشاء الرقيق. علماً بأن جهاز مجهر القوة الذرية (AFM) المستخدم في هذا البحث مصنوع في المانيا نوع SPMDualScope TM DS/



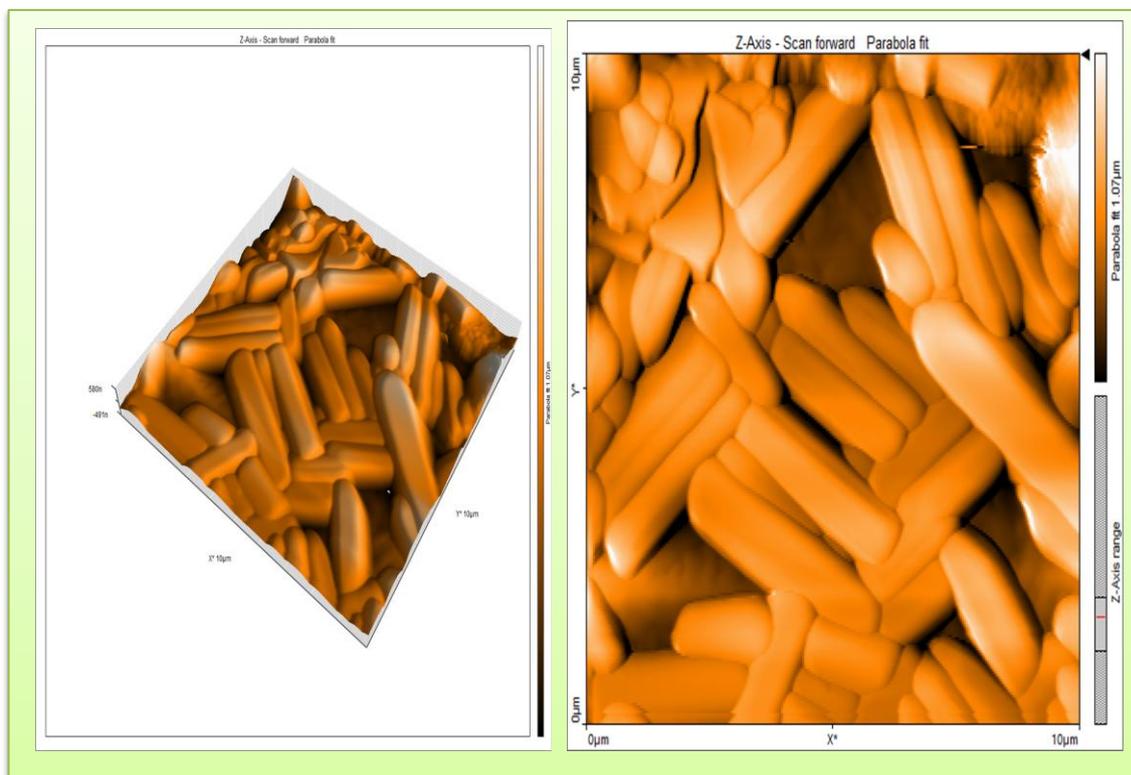
شكل (5) طوبوغرافيا (AFM) لأغشية  $WO_3 : CuO_2$  المحضرة بالليزر النبضي على ارضيات الكوارتز وعند درجة حرارة تليدين ( $700 C^0$ ).



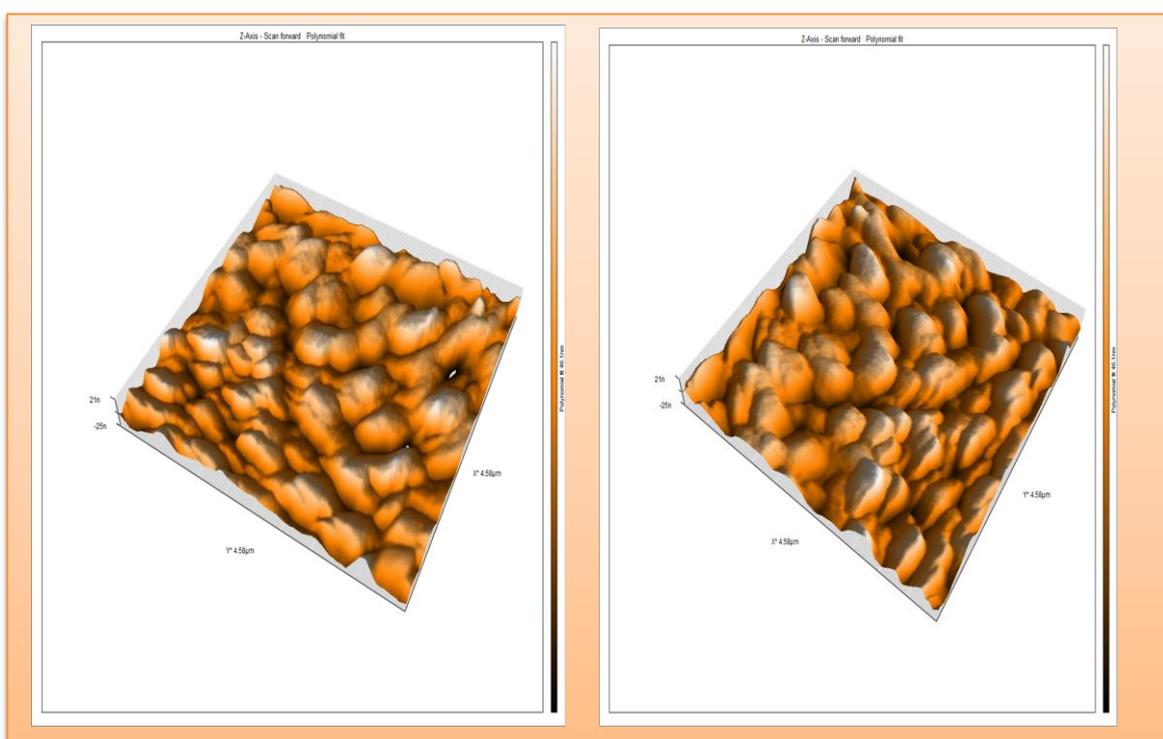
شكل (6): طبوغرافيا (AFM) لأغشية  $\text{CuO}_2 : \text{WO}_3$  المحضرة بالليزر النبضي على ارضيات الكوارتز وعند درجة حرارة تليدين ( $750 \text{ C}^0$ ).



شكل (7) : طبوغرافيا (AFM) لأغشية  $\text{CuO}_2 : \text{WO}_3$  المحضرة بالليزر النبضي على ارضيات الكوارتز وعند درجة حرارة تليدين ( $800 \text{ C}^0$ ).



شكل (8) طوبوغرافيا (AFM) لأغشية  $WO_3 : CuO_2$  المحضرة بالليزر النبضي على ارضيات الكوارتز وعند درجة حرارة تلدن  $(850 C^0)$ .



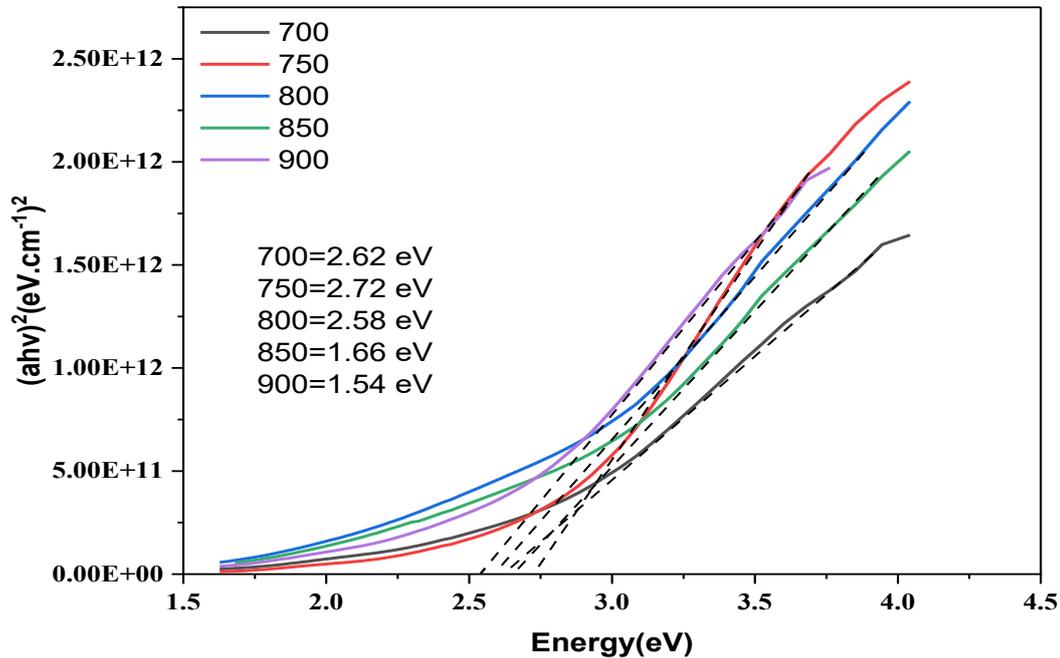
شكل (9) طبوغرافيا (AFM) لأغشية  $WO_3 : CuO_2$  المحضرة بالليزر النبضي على ارضيات الكوارتز وعند درجة حرارة تليدين ( $900\text{ C}^0$ ).

## Optical Properties

## (3-4) الخواص البصرية

## النفاذية (Transmittance) والامتصاصية (Absorbance)

أجريت قياسات الامتصاصية Absorbance والنفاذية Transmittance في مدى الاطوال الموجية (300-1100)nm لجميع الاغشية النقية والمشوبة بعد ترسيبها على ارضيات من الكوارتز ويعد طيف النفاذية معاكسا بسلوكه لطيف الامتصاصية بشكل عام فإن منحنى النفاذية للعينات عادة يُبدي سلوكاً بصرياً يكون متشابهاً حيث يبدأ بزيادة تدريجية شبه مستقرة من الطول الموجي 300 nm تقريباً، وهذا السلوك مطابقاً لسلوك منحنى النفاذية في مجموعة أكاسيد التوصيل الشفافة، حيث تزداد النفاذية بشكل سريع عند منطقة حافة القطع مما يؤكد أن فجوة الطاقة للأغشية هي من النوع المباشر اما الامتصاصية فتعتمد بشكل عام على مقدار الطاقة للفوتونات الساقطة على المادة شبه الموصلية وعلى نوع المادة والتركيب البلوري لها وعلى خشونة السطح للمادة وعلى مواقع الشوائب. وتمثل حافة الامتصاص الأساسية أدنى فرق في الطاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل وتمثل الحد الفاصل بين منطقة الامتصاص العالي للضوء والمنطقة الشفافة. ذكرنا سابقاً الشكل أن قيم معامل الامتصاص ( $\alpha > 10^4\text{ cm}^{-1}$ ) وللأغشية المحضرة كافة، وهذا يشير إلى أن فجوة الطاقة البصرية هي من النوع المباشر. ولقد تم حساب فجوة الطاقة البصرية للغشاء الرقيق المحضر برسم علاقة تغير  $(ah\nu)^2$  مع طاقة الفوتون الساقط.



شكل (10) فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح لأغشية مختلفة

## Conclusions

## الاستنتاجات:

- 1- بينت نتائج فحوصات حيود الأشعة السينية ان مادة ثلاثي اوكسيد التنكستن المترسب فوق طبقة ثنائي اوكسيد النحاس تتجانس وتتنظم اكثر لكن بزيادة الترسيب يؤدي الى عدم الانتظام في التركيب البلوري.
- 2- يتبين من خلال فحوصات المجهر للقوة الذرية انه يحدث انخفاض في قيمة خشونة السطح مع الانخفاض في معدل الحجم الحبيبي للذرات السطحية عند الزيادة في نسبة الترسيب.

3- أظهرت نتائج الخصائص البصرية ان زيادة الترسيب يؤدي الى زيادة فجوة الطاقة البصرية ونقصان في الامتصاصية ونقصان في معامل الامتصاص.

### Future Projects

### المشاريع المستقبلية :

- 1 - دراسة تأثير ضغط الغاز في منظومة الترسيب بالليزر النبضي على الخصائص التركيبية والبصرية للاغشية ( $WO_3 : CO_2$ ) وتأثيره على كفاءة خواص المتحسس الغازي.
- 2 - دراسة الخواص البصرية والكهربائية للكواشف المصنعة للاغشية الرقيقة باستخدام الترسيب بالليزر النبضي.

### Sources

### المصادر:

- [1] Kuhn, S. C., Carmele, A., Knorr, A., & Richter, M. (2020). Theory of Spectroscopy and Light Emission of Semiconductors Nanostructures. In Semiconductor Nanophotonics (pp. 203-240). Springer, Cham.
- [2] A. Dwayyan and M. Alsalmi "Introduction to Nanotechnology" King Saud University Press, 1st edition, (2007).
- [3] Hans-Joerg Fecht and Matthias Werner "The Nano-Micro Interface" Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, (2013).
- [4] Jagadish, C., & Pearton, S. J. (Eds.). (2011). Zinc oxide bulk, thin films and nanostructures: processing, properties, and applications. Elsevier.
- [5] Zribi, A., & Fortin, J. (Eds.). (2009). Functional thin films and nanostructures for sensors: synthesis, physics and applications. Springer Science & Business Media.
- [6]-L. Eckortova, "Physics of thin films", Plenum Press, (1977).
- [7]-Sze SM (1985) "physics of semiconductor Device NewYork "john wiley and son.Inc.
- [8]-Berry R.W. Hall P.M. and Harris T. (1969) "Thin Film Technology, New York. Litton Education Publishing.
- [9]-F.A. Shirland, "Solar Cell", editd by Bachas C, E. IIEFF Press New York, p:36, (1976).
- [10] Korkein, A., & Rosei, F. (Eds.). (2008). Nanoelectronics and photonics: from atoms to materials, devices, and architectures. Springer Science & Business Media.
- [11] Oh, J. Y., Park, J., Kang, S. Y., Hwang, C. S., & Shim, H. K. (2009). Room temperature fabrication of ZnO nanorod films: synthesis and application as a channel layer of transparent thin film transistors. Chemical communications, (30), 4545-4547.
- [12] Verkerk, M. J., Van de Velde, G. M. H., Burggraaf, A. J., & Helmholtz, R. B. (1982). Structure and ionic conductivity of  $Bi_2O_3$  substituted with lanthanide oxides. Journal of physics and chemistry of solids, 43(12), 1129-1136.