مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد السادس والعشرون - المجلد الأول - علوم الفيزياء - أيلول 2025 م
doi.org/10.52866/esj.2025.01.26.14

تأثير التشويب بالالمنيوم (Al) على بعض الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد التيتانيوم(TiO_2)

عبدالرحمن اديب عبدالعزيز[1*] ، كوكب داود سالم[2*]
قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة تكريت، العراق
البحث مستل من رسالة الباحث الأول
E-mail[2] : AA230058pep@st.tu.edu.iq , E-mail[2] : kawkab-badri@tu.edu.iq

مستخلص:

في هذا البحث تم ترسيب اغشية رقيقة من أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) النقية والمشوبة بألالمنيوم (Al) بنسبة (6٪) ، على قواعد زجاجية بأستخدام تقنية الترسيب بالليزر النبضي (PLD) ، وكانت طاقة الليزر الموجه تبلغ (800)mJ وعدد نبضات بلغ (900) نبضة تحت تردد (6)Hz ، تمت دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة . وبينت نتائج جيود الاشعة السينية (XRD) ان غشاء التيتانيوم النقي كان عشوائيا لعدم تعرضه للمعاملة الحرارية، اما الغشاء المشوب فقط ظهرت به اربع قمم عند المستويات (110)، (101)، (111)، (211) وتقابل الزوايا (54.17° ، 41.20° ، 35.95° ، 27.20°) = 2Θ على التوالي، وكان الطور السائد هو الروتيل ، بتركيب رباعي قائم . واظهرت نتائج الفحوصات البصرية زيادة في قيم كل من الامتصاصية والانعكاسية عند التشويب ولوحظ أيضا تناقص في الامتصاصية عند الاطوال الموجية الطويلة ، يقابله تناقص في قيمة النفاذية وفجوة الطاقة (Eg)عند التشويب حيث انخفضت قيمة فجوة الطاقة من (3.44–3.28)eV ، وبينت النتائج زيادة في قيم كل من معامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار عند التشويب، حيث بلغت قيمة معامل الانكسار تقريبا (1.044)، اما معامل الخمود فبلغت قيمته تقريبا (1.2) .

الكلمات المفتاحية: اغشية رقيقة، أوكسيد التيتانيوم، الالمنيوم، التطعيم ، الترسيب باليزر النبضي ، الخواص التركيبية، الخواص البصرية .

The Effect of Aluminum(Al) Doping On Some Structural and Optical Properties Of Titanium Oxide(TiO_2) Films

Abdulrahman A. Abdulazez*[1] , Kawkab D. Salim*[2]
1. Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Tikrit, Iraq
2. Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Tikrit, Iraq

Abstract :

In this research , thin films of pure titanium oxide **(TiO_2)** doped with aluminum **(Al)** at a ratios of **(6)%** were deposited on glass substrates , using the pulsed laser deposition **(PLD)** method , with energy of **(800 mJ)** ,and number of pulses **(900)**, and frequency **(6 Hz)** , and under pressure **(10^{-3})torr**. The research aims to study the **(structural properties, optical properties)** of titanium oxide **(TiO_2)** films. X-ray diffraction **(XRD)** pattern deleare pure titanium oxide film was random due to the absence of thermal treatment , However The doped film exhibited four peaks at the levels (110),(101),(111),(211) Corresponding to the angles 2Θ = (27.20 ° , 35.95° , 41.20° , 54.17°) Respectivele . The dominat phase was Rutile with an Orthorhombic structure . The results of optical tests showed an increase in bpth absorbance and Reflectivity , and adecrease in absorbance at longer wavelengths was also observed , in the transmittance values and the energy gap value which ranged from **(3.44-3.28)eV**, and an increase in the values absorption coefficient and the extinction Coefficient and Refractive Index , which then decreased. The Refractive Index value reached(1.04) and extinction Coefficient was (1.2).

Keywords: Thin films , Titanium oxide(TiO_2) , Aluminum(Al) , The Doping, PLD , structural properties , Optical Properties .

1. مقدمة Introduction:-

ان الاغشية الرقيقة هي طبقات رقيقة من مادة معينة ذات ابعاد تتراوح من (1 – 100)nm [1]. تترسب الاغشية الرقيقة على قواعد مختلفة منها الزجاج والسلكون والالمنيوم إضافة الى الكوارتز،لغرض تحسين وتطوير خصائص هذه المواد [2] ، ومن هذه الاغشية هو أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) الذي حظي بأهتمام واسع في الأبحاث العلمية وذلك لما له من خصائص مميزة، فهو يمتلك ثابت عزل عالٍ ، ويعتبر شبه موصل مثالي بالإضافة الى كونه غير سام كيميائيا، وهو من اشباه الموصلات ذات النوع السالب (n-type) . وله فجوة طاقة تتراوح بين (3.04 – 3.64)ev، ويستخدم أوكسيد التيتانيوم كطلاء في معظم الالياف البصرية وذلك بسبب معامل انكساره العالي الذي يعطي لمعان للطلاء [3] . ويعد أوكسيد التيتانيوم من اشباه الموصلات ذات الاشكال البلورية المتعددة ، ومن هذه الاشكال: أناتاس (Anatase)، روتيل (Rutile)، بروكيت (BrooKite) [4]. هناك عدة تطبيقات لثنائي أوكسيد التيتانيوم فهو يستخدم في الدوائر المتكاملة وفي اشباه الموصلات إضافة الى استخدامه في التطبيقات الطبية[5] . ترسب الاغشية الرقيقة ومن ضمنها ثنائي أوكسيد التيتانيوم بعدة طرائق منها الطرائق (الفيزيائية والكيميائية)، تشمل الطرائق الفيزيائية التبخير الحراري مثل: التبخير بالليزر (Pulse Laser Evaporation) والتبخير بالمقاومة Resistive Heating)) وغيرها، وطرائق الترذيذ مثل : الترذيذ بالتيار المستمر (D.C.Sput-tering)والترذيذ بالحزمة الايونية (Ion Beam Sput-tering)وغيرها . اما الطرائق الكيميائية فتشمل: الترسيب بالرشم الكيميائي الحراري (Chemical Spray Pyrolysis)) والترسيب بالحمام الكيميائي (Chemical Bath Deposition) وترسيب المحاليل الغروية (6] (Sol-Gel]. وقد استخدمت في هذا البحث تقنية الترسيب باليزر النبضي (PLD)، وهي تقنية تعتمد على ترسيب غشاء رقيق يعتمد على التفاعل بين شعاع الليزر النبضي الذي يكون عالي الطاقة وعلى مادة الهدف وتتكون هذه المنظومة من ثلاثة أجزاء رئيسية هي (الليزر، منظومة التفريغ، الحجرة) [7]. يتم تركيز شعاع الليزر على الهدف، فإذا كانت كثافة الطاقة أعلى من عتبة الطاقة، فعندها سيتم اقتلاع المادة من سطح الهدف [8]. يمكن استخدام تقنية الترسيب (PLD) في العديد من المواد مثل المعادن وأشباه الموصلات والعوازل الكهربائية وغيرها من المواد الأخرى [9] ، وقد استخدمنا كل من أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) والالمنيوم (Al) .

2. الجزء العملي Experimental Work

في هذا البحث تم تحضير اغشية رقيقة من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 امريكي المنشأ والمصنع من قبل شركة (Sky Spring nanomaterial's) الامريكية وذو نقاوة عالية حيث بلغت نقاوته (99.998٪) ،وتم استخدام اغشية TiO_2 كمادة أساسية مع إضافة الألمنيوم بنسبة (6٪)، تم اختيار (2gm) ليكون كتلة قرص الهدف بأستخدام ميزان حساس من نوع (Metller.A.K-160) ذو حساسية (0.0001) ، وتم حساب نسب الخلط بمعرفة الوزن الجزيئي للألمنيوم والتيتانيوم، وتم طحن وخلط المكونات باستخدام هاون من العقيق لمدة 30 دقيقة، ثم وضعها في قالب من الصلب بقطر

(12mm)، وتم كبسها بمكبس هيدروليكي بضغط 3 طن لمدة من 5 الى 10 دقائق ، حتى يستقر ضغط المكبس الهيدروليكي، وتم تشكيل هدف بسمك 4 مم، ثم وضعه في فرن الحمل الحراري عند درجة حرارة 100 درجة مئوية لمدة ساعة للحصول على التجانس بين المكونات وتجفيف الهدف من أي رطوبة، تم ترسيب العينات بواسطة تقنية الترسيب باليزر النبضي (PLD) وفي عملية التسرسيب تم استخدام ليزر Nd:YAG النبضي بزمن نبضي (10) n.sec ، وطول موجي (1064)nm وطاقة (800)mj وتردد (6 Hz) ، تم وضع الهدف على مسافة 2cm تحت قاعدة الزجاج للحصول على تجانس جيد في عملية الاستئصال، ثم تم تفريغ حجرة الزجاج إلى ضغط (10^{-3} Torr)، وتم توجيه شعاع الليزر نحو الهدف بزاوية (Θ= 45°) بواقع عدد نبضات 900 نبضة ، تم ترسيب عينة من اغشية TiO_2 النقية والخالية من التشويب ، ومن ثم تم ترسيب عينة من اغشية TiO_2 والمشوبة بالالمنيوم بنسبة (6٪) .

الشكل (1) يبين صورة لحجرة الترسيب و جهاز الليزر المستخدم في ترسيب الأغشية.

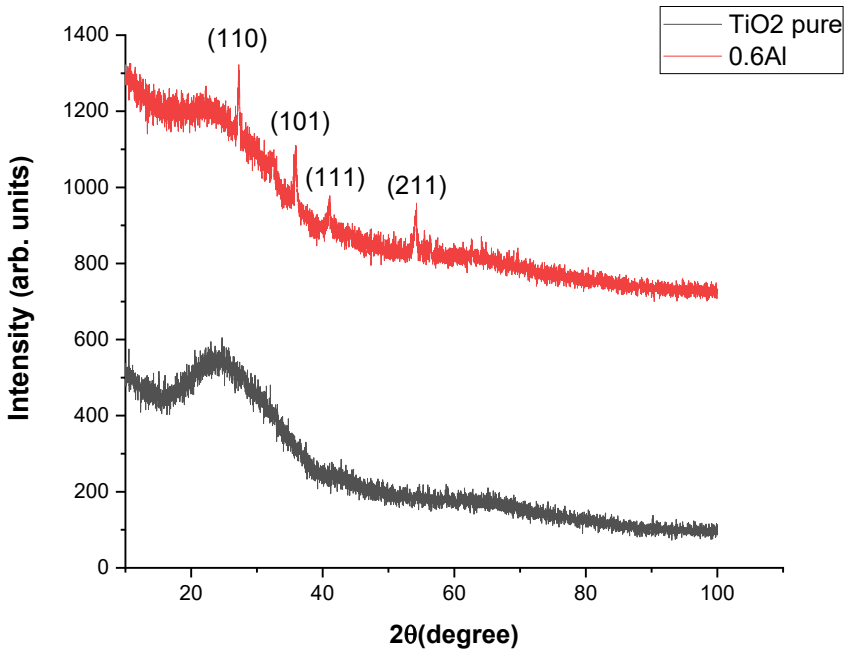
3. الخصائص التركيبية

Structural Measurements

3-1 نتائج حيود الاشعة السينية (XRD)

الشكل (2) يبين نتائج حيود الاشعة السينية (XRD) لأغشية أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) النقية والمشوبة بنسبة (6٪) من الالمنيوم والمرسبة على قواعد زجاجية بمنظومة الترسيب باليزر النبظي (PLD) ، بينت نتائج حيود الاشعة السينية ان غشاء أوكسيد التيتانيوم النقي لم يظهر في أية قمة وقد يرجع السبب في ذلك الى عدم تعريض الغشاء للمعاملة الحرارية . اما بالنسبة للغشاء المشوب بالالمنيوم فقد ظهرت به اربع قمم عند المستويات (110)، (101)، (111)، (211) وتقابل الزوايا (27.20^0 , 54.17^o , 41.20^o , 35.95^o ,) 2Θ = على التوالي، وهي متوافقة مع بطاقة (ICSD) المرقمة (01-076-1940) ، وان الطور السائد هو طور

الروتيل (Rutile) للغشاء المشوّب ، وهو ذو طبيعة متعددة التبلور وبتركيب رباعي قائم (tetrago-nal) ، وعند مقارنة هذه النتائج مع بطاقة (ICSD) المرقمة (01-076-1940) ، تبين ان التشويب بالالمنيوم اثر في اغشية TiO_2 حيث ظهرت القمم بعد التشويب ، حيث ان الغشاء النقي كان عشوائيا ، وبما انه لم تظهر قمم الالمنيوم لذلك فقد حصلنا على غشّاء من TiO_2 مشوّب .



الشكل (2): حيود الاشعة السينية لأغشية اوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بألالمنيوم

جدول (1): نتائج حيود الاشعة السينية .XRD

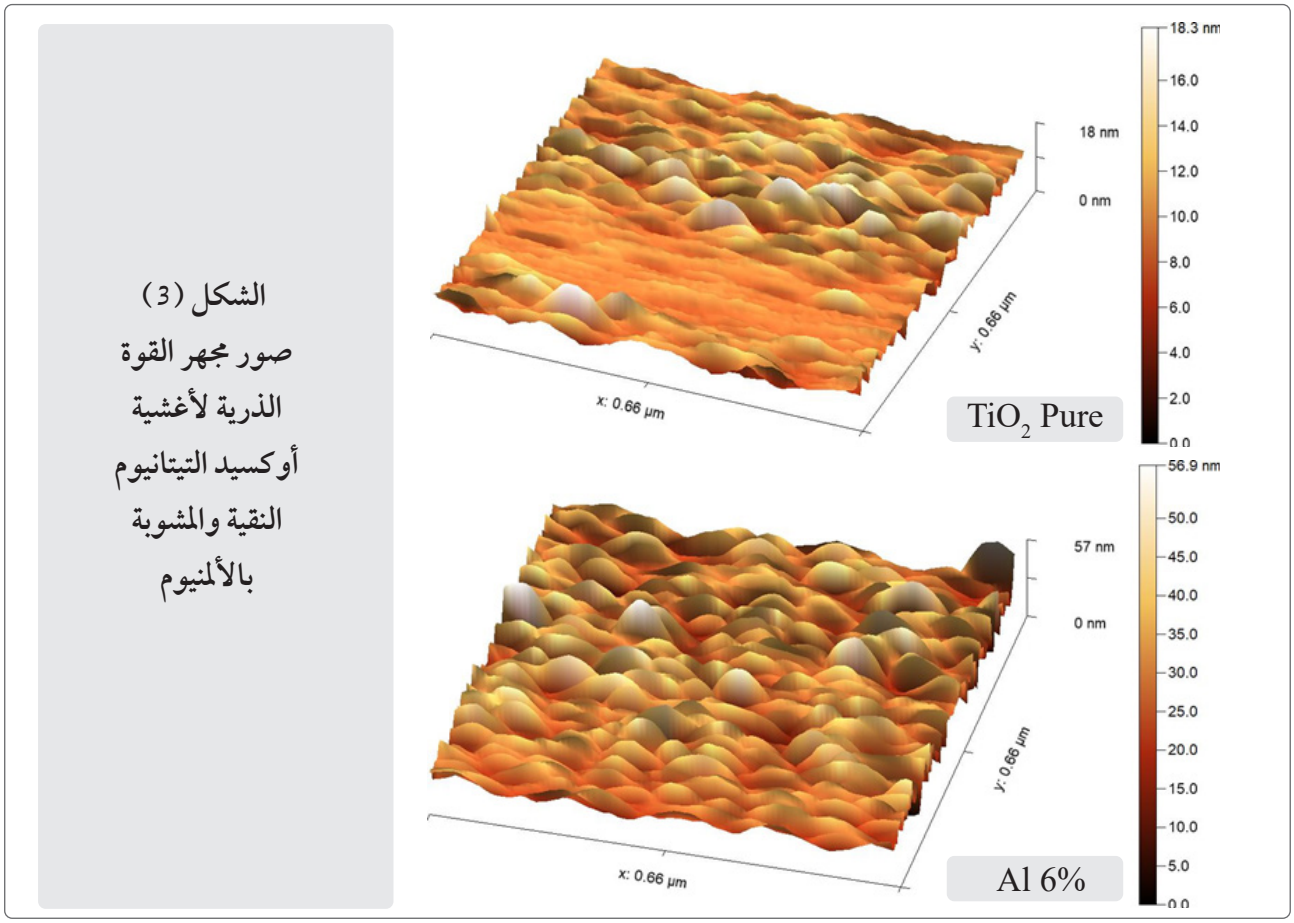
Samples	2Θ (Deg)	FWHM(Deg)	dhkl Exp(A°)	GS(nm)	hkl	dhkl Std(A°)
TiO_2 pure						
TiO_2:6%AL	27.20	0.8740	3.2538	8.8312	110	3.2640
	35.95	0.8324	2.5019	9.0788	101	2.5046
	41.20	0.6334	2.1917	11.7431	111	2.1995
	54.17	0.4831	1.6884	14.6352	211	1.6963

3-2 مجهر القوة الذرية:

Atomic Force Microscope

في هذه البحث تم استخدام مجهر القوة الذرية (AFM) امريكي المنشأ والموجود في جامعة بغداد – كلية العلوم – قسم الكيمياء وهو من نوع (Scan-ning probe microscope type AA3000) من شركة (Angstrom Advanced Company). يمتاز هذا الجهاز بقدرة تحليل كبيرة حيث تبلغ قيمته (0.1-1) nm ، إضافة الى انه يمتلك قوة تكبير عالية ويمكن تشغيله ضمن ضغط الجو الطبيعي ، دون

القيام بالتفريغ العالي كما في المجاهر الإلكترونية. أجريت فحوصات AFM على غشاء (TiO_2) النقي، والمشوب بنسبة (6٪) من (Al) كما موضح في الشكل (3) ، الذي يبين توزيع الحبيبات على سطح الغشاء ، ومن خلاله يمكن حساب الحجم الحبيبي (Grain size) ومعدل الخشونة للسطح (Roughness Average)، إضافة الى معدل الجذر التربيعي (Root Mean Square) ، يتبين من الشكل ان الحجم الحبيبي قل عند التشويب ، لتصبح قيمته من (46.302 – 30.515)nm ، كما مبين في الجدول (2) ، ولوحظ أيضا نقصان في قيم كل من معدل خشونة السطح ومعدل الجذر التربيعي عند التشويب ، حيث تراوح قيمها (7.614 – 5.162)nm ، (7.920 – 5.524) nm تواليا . فكلما قلت قيمة متوسط الجذر التربيعي دل على نقصان معدل الخشونة لان التناسب بينهما طردي فكلما قلت قيمة متوسط الجذر التربيعي قل معدل خشونة السطح . ان دراسة اسطح اغشية المواد مهمة جدا في معرفة كيفية توزيع وترتيب الذرات على السطح، وكذلك معرفة سمك الغشاء، من خلال معرفة مقدار الارتفاع والانخفاض في صور(AFM) ثلاثية الابعاد، ويفسر ذلك هو ان النماء البلوري للحبيبات يحدث بشكل عمودي على السطح ، ان الحبيبات الكبيرة الموجودة على اسطح الاغشية تبين تدهور في التركيب البلوري وهذا يتفق مع نتائج (XRD) ، ويتبين ان الحجم الحبيبي المقاس بواسطة (AFM) يكون اكبر من الحجم الكرستالي المقاس بـ (XRD) ، ويعزى ذلك لان فحص AFM يقيس الحبيبات على سطح الغشاء ، في حين ان فحص XRD يقيس حجم الحبيبات داخل الغشاء وهذا يتفق مع [10] .



الشكل (3)
صور مجهر القوة الذرية لأغشية أوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بالألمنيوم

جدول (2) نتائج مجهر $_{AFM}$ لأغشية TiO_2 النقية والمشوبة بالألمنيوم

Samples	Roughness Average (nm)	Root mean square (nm)	Grain Size Average (nm)
TiO_2 Pure	7.614	7.920	46.302
TiO_2:AL (6%)	5.162	5.524	30.515

4. نتائج القياسات البصرية
(The Optical Properties)

4-1 . الامتصاصية : Absorbance

في هذا البحث تم استخدام جهاز مطياف بصري من نوع (UV–1800) .UV- Visible spec-trophotometer المجهز من قبل شركة (Shimad-zu) اليابانية .وهو يقيس طيف الامتصاصية وطيف النفاذية، ضمن مدى الاطوال الموجية من nm(200–1100) وهو جهاز من النوع ذو الحزمتين ، فهو يحتوي على مصدرين من شمعتين ضوئيتين من الديتيريوم والتنكستن .

يبين الشكل (4) طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي ،لأغشية أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) النقية والمشوبة بنسبة (6٪) من الالمنيوم(Al) والمرسبة على قواعد زجاجية ، يلاحظ من الشكل زيادة في الامتصاصية عند التشويب كما يتبين ان الامتصاصية تقل مع زيادة الطول الموجي ($\lambda \geq 400nm$) في الطيف المرئي، وهذا يعني ان قيمة الامتصاصية تتناسب طرديا مع التشويب وعكسيا مع الطول الموجي، اذ تم الحصول على اعلى امتصاصية عند نسب تشويب (6٪Al) ، واقل أمتصاصية عند أوكسيد التيتانيوم النقي (TiO_2 Pure) ، ويعزى ذلك الى المستويات الموضوعة التي تكونت بفعل الذرات الشائبة من الالمنيوم (AL) في المادة الاصلية أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) بين حزمتي التكافؤ والتوصيل ، إضافة الى دور طاقة الليزر المسلطة وعدد نبضاته المستخدمة في عملية الترسيب ، اذ عند تسليط الليزر على مادة الهدف يحدث بذلك استئصال للجسيمات من مادة الهدف ، وكلما زادت طاقة الليزر وعدد النبضات المستخدمة يزداد استئصال الجسيمات من المادة ، ونتيجة لذلك تزداد سماكة الاغشية الرقيقة المرسبة على ركائز زجاجية من الاسطح السفلى مع زيادة الامتصاصية ،إضافة الى ذلك يمكن ملاحظة بعض التعرجات في المنحني المشوب ، قد يكون هذا عائدا الى العيوب البلورية . وهذا يتفق مع الباحثين [11، 12] .

$$A = I_A / I_0 = e^{-\alpha t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث:

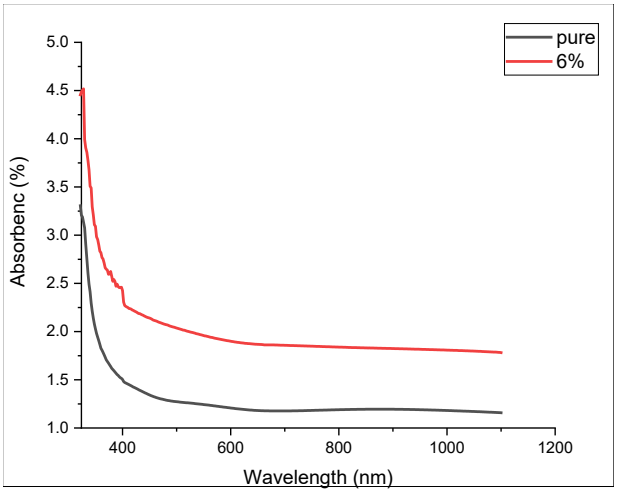
A: الامتصاصية

I_A : شدة الضوء النافذ

I_o: الساقط على الغشاء

α : معامل الامتصاص (cm^{-1})

t: سمك الغشاء

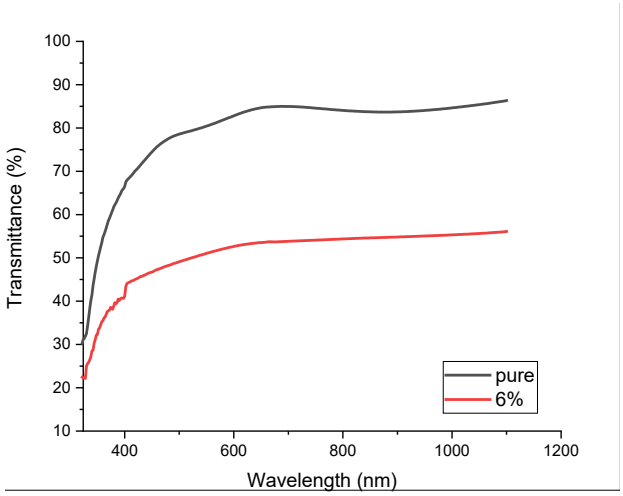


الشكل (4): طيف الامتصاصية لأغشية اوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بألالمنيوم

4-2. النفاذية : Transmittance

تمت دراسة طيف النفاذية لأغشية أوكسيد التيتانيوم الرقيقة (TiO_2) ، النقية والمشوبة بنسب (6٪) من الالمنيوم (Al) والمرسبة على قواعد زجاجية، ويوضح الشكل (5) مخطط لطيف النفاذية نسبة الى الطول الموجي، حيث تشكل فيها نسبة نفاذية (Pure-TiO_2) تفوق (80٪) ، وبعدها حصل تناقصا في طيف النفاذية حيث وصلت قيمة النفاذية في نسبة (Al 6٪) الى اكثر من (50٪) تقريبا وقد يعود ذلك الى زيادة سمك الغشاء بسبب زيادة نسب التشويب بالألمنيوم (AL) ، أي التناسب بينهما عكسي ويمكن ملاحظة بعض التعرجات في قيم النفاذية، ضمن الاطوال الموجية ($\lambda \leq 400$) nm وهذا قد يعود الى العيوب البلورية . ان النفاذية قلت عند التشويب وقد يعود ذلك لما يمتلكه الالمنيوم(Al) من خصائص تختلف عن خصائص المادة الأساس أوكسيد التيتانيوم (TiO_2)، وهذا يعني ان عند تشويب (TiO_2) بالالمنيوم (Al) اصبح غشاء (TiO_2) يتمتع بنفاذية منخفضة، لان نفاذية الضوء تقل عند حافة الامتصاص نسبة الى الاطوال الموجية التي تتراوح ($\lambda \leq 400$) nm لان الاغشية الرقيقة تمتص طاقة اعلى عند هذه الاطوال الموجية ، اما بالنسبة لنفاذية الضوء حيث أنها تكون عالية عند ($\lambda > 400$) nm اذ ان امتصاص الطاقة يكون اقل عند ارتفاع طول الموجة لهذه الاغشية الرقيقة ضمن هذا المدى وهذا يتفق مع [13، 14] .

$$T = e^{-2.303A} \dots\dots\dots (2)$$



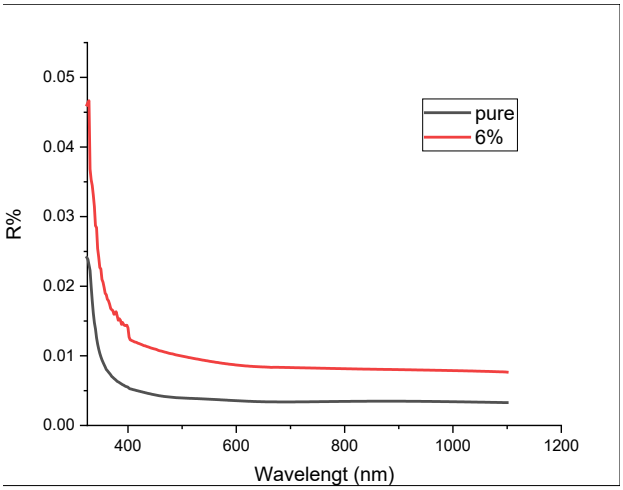
الشكل (5): طيف النفاذية لأغشية اوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بألالمنيوم

4-3. الانعكاسية: Reflectivity (R)

يوضح الشكل (6) تغير الانعكاسية مع الطول الموجي لأغشية أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) النقية والمشوبة بنسبة (6٪) من الالمنيوم (AL) . يلاحظ من الشكل ان سلوك منحني الانعكاسية لغشاء أوكسيد التيتانيوم النقي يميل الى الثبات تقريبا مع زيادة الطول الموجي ، الى ان يصل الى مدى الاطوال الموجية المقابلة لحافة الامتصاص حيث ينخفض عندها. اما بالنسبة للغشاء المشوب فأن قيمة الانعكاسية له تقل مع زيادة الطول الموجي الى ان تصل الى اقل من واحد ، ويصبح انخفاضها بشكل اقل عند وصولها الى الاطوال الموجية المقابلة لحافة

الامتصاص ، وهذا يبين ان هناك تناسبا عكسيا بين الانعكاسية والطول الموجي، بلغت اعلى قيمة للأنعكاسية عند الغشاء المشوب ، واقل انعكاسية عند الغشاء النقي وهذا يدل على ان التشويب أدى الى قيمة الانعكاسية .

$$A + R + T = 1 \dots\dots (3)$$



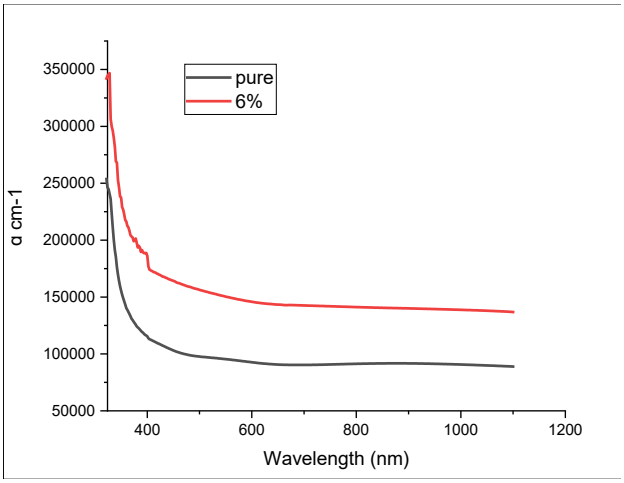
الشكل (6) طيف الانعكاسية لأغشية اوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بالالمنيوم

4-4 معامل الامتصاص:

(α) Absorption coefficient

يبين الشكل (7) تغير معامل الامتصاص (α) مع الطول الموجي لأغشية أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) النقية والمشوبة بنسب (6٪) من الالمنيوم والمرسبة على قواعد زجاجية، يلاحظ من الشكل ان معامل الامتصاص يسلك سلوكا مشابها لطيف الامتصاصية وهذا يعود الى العلاقة بينهما وأيضا اعتماد معامل الامتصاص على الامتصاصة حسب المعادلة (4)، ان معامل الامتصاص يزداد عند التشويب، حيث كانت اعلى قيمة لمعامل الامتصاص عند التشويب (6٪)، حيث بلغت اعلى قيمة لمعامل الامتصاص عند الاطوال الموجية قصيرة المدى (400-320)nm ، وتعزى الزيادة في معامل الامتصاص الى النقصان في فجوة الطاقة وحصول الانتقالات المباشرة. وهذا يتفق مع الباحث [15] .

$$\alpha = \frac{2.303A}{t} \dots\dots (4)$$



الشكل (7) معامل الامتصاص لأغشية اوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بالالمنيوم

4-4 فجوة الطاقة Energy Gap:

حسبت فجوة الطاقة بأستخدام معادلة تاويس (Taus)، يبين الشكل (8) الرسم البياني بين $(h\nu\alpha)^2$ على المحور العمودي وطاقة الفوتون hv (eV) على المحور الأفقي لأغشية أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) ، النقية والمشوبة بنسبة (6٪) من الالمنيوم (Al)، حيث لوحظ من خلال الشكل (5) ان فجوة الطاقة تنخفض عند التشويب، وتتراوح قيمها من 3.44(ev) الى 3.28). كما موضح في الجدول(3) الذي يبين قيم فجوة الطاقة البصرية المباشرة، وان سبب انخفاض فجوة الطاقة يعود الى التشويب بألالمنيوم (Al) التي أدت بدورها الى ظهور مستويات ثانوية بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل، حيث مكنت الالكترونات من اشغال

هذه المستويات عند انتقالها من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل وهذا يتفق مع [16،17] . وان السبب وراء انخفاض قيمة فجوة الطاقة يعود الى ان هناك العديد من العوامل التي تؤثر في فجوة الطاقة ، من هذه العوامل هو نوع مادة الغشاء المحضر وكذلك طريقة تحضير الغشاء وأيضا تتأثر كثيرا بعملية التشويب، إضافة الى ذلك ان فجوة الطاقة تتأثر بظروف التحضير وكذلك بطبيعة البنية التركيبية للأغشية المحضرة ومدى انتظامها البلوري. وهذا يتفق مع الباحث [18] .

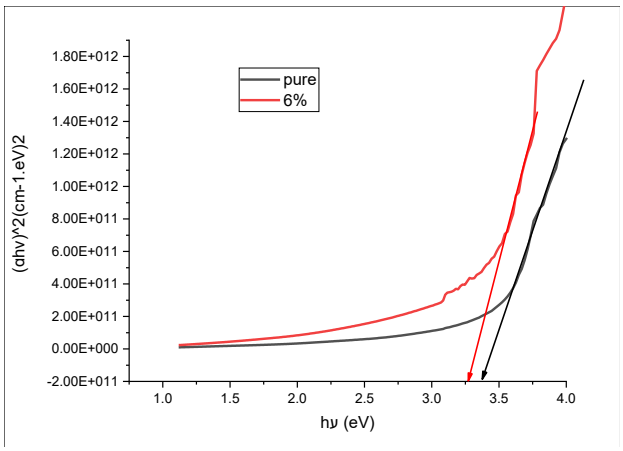
$$\alpha h\upsilon = \beta(h\upsilon - E_g)^r \dots\dots\dots (5)$$

حيث ان حيث:

β : ثابت يعتمد على طبيعة المادة ، hv: طاقة الفوتون الساقط (eV) ، E_g : فجوة الطاقة ، r: مرتبة الانتقال البصري وتعتمد على نوع الانتقال الالكتروني .

الجدول (3) قيم فجوة الطاقة
لأغشية ثنائي أوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بالالمنيوم

Sample	Energy gap
TiO_2 pure	3.44
AL 6%	3.28



الشكل (8): قيم فجوة الطاقة المباشرة لأغشية اوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بألالمنيوم

4-5 . معامل الخمود : (k) Extinction Coefficient

تم حساب معامل الخمود (K) لأغشية أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) النقية والمشوبة بالالمنيوم (Al) بأستخدام قيم معامل الامتصاص من خلال العلاقة (6) . يوضح الشكل (9) تباين منحنيات معامل الخمود لأغشية أوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بنسبة (6٪) من الالمنيوم كدالة للطول الموجي ، ويبين الشكل ان منحنيات معامل الخمود تتناقص في مدى الاطوال الموجية (330-400)nm ومن ثم تبدا هذه المنحنيات بالتزايد قليلا نوعا ما في مدى الاطوال الموجية (400-450)nm وبعدها تبدا هذه المنحنيات بالازدياد كثيرا حيث وصلت اعلى قيمة لمعامل الخمود عند التشويب (6٪) الى واحد تقريبا. ويتضح من الشكل ان معامل الخمود لديه انخفاض سريع في الغشاء النقي في طيف الاشعة فوق البنفسدية ، حيث وصلت اقل قيمه لمعامل الخمود في الغشاء النقي الى (0.3) تقريبا . وبعدا بدأ بالاستقرار قليلا في المنطقة المرئية تقريبا وبعدها بدأ بالازدياد في منطقة الاشعة تحت الحمراء حيث وصلت اعلى قيمة لمعامل الخمود في الغشاء النقي الى (0.5) تقريبا . اما بالنسبة للغشاء المشوب فلوحظ انخفاض في معامل الخمود لها لكن الانخفاض كان اقل من الغشاء النقي وبعدها ازداد معامل خمودها كثيرا قياسا بالغشاء النقي وهذا يبين لنا ان معامل الخمود يزداد عند التشويب أي ان التناسب بينهما طرديا .

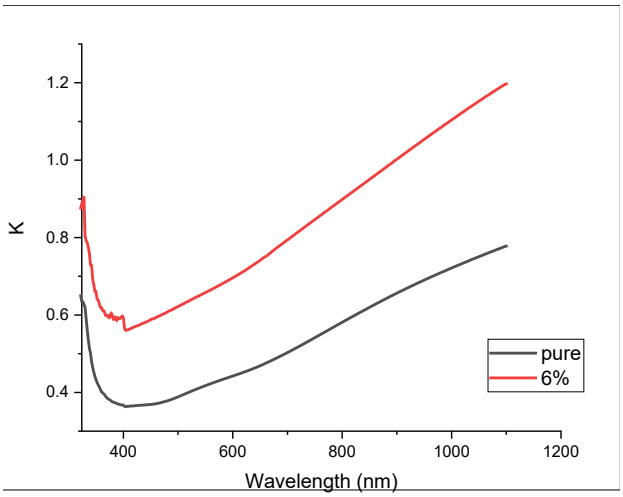
$$k = \alpha\lambda/4\pi \dots\dots\dots (6)$$

حيث ان:

K:معامل الخمود .

λ: الطول الموجي .

α: معامل الامتصاص .

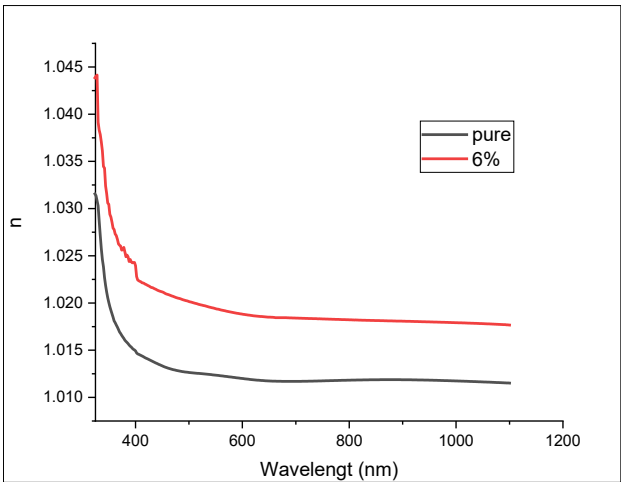


الشكل (9) معامل الخمود لأغشية اوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بالالمنيوم

4 – 5 معامل الانكسار : Refractive Index (n)

الشكل (10) يوضح تغير معامل الانكسار مع الطول الموجي لأغشية (TiO_2) النقية والمشوبة بالالمنيوم (Al) بنسبة (6٪)، نلاحظ من الشكل ان منحني معامل الانكسار مشابه تقريا لطبيعة منحني الانعكاسية، وذلك لأرتباط الانعكاسية مع معامل الانكسار كما مبين في العلاقة (7). يلاحظ من الشكل ان سلوك منحني معامل الانكسار لغشاء أوكسيد التيتانيوم النقي يميل الى الثبات تقريبا مع زيادة الطول الموجي الى ان يصل الى مدى الاطوال الموجية المقابلة لحافة الامتصاص حيث ينخفض عندها. اما بالنسبة للغشاء المشوب فأن معامل الانكسار له يقل مع زيادة الطول الموجي الى ان يصل الى واحد تقريبا ، ويصبح انخفاضه بشكل اقل عند وصوله الى الاطوال الموجية المقابلة لحافة الامتصاص ، وهذا يبين ان هناك تناسبا عكسيا بين معامل الانكسار والطول الموجي، بلغ اعلى معامل انكسار عند الغشاء المشوب ، واقل معامل انكسار عند الغشاء النقي وهذا يدل على ان التشويب أدى الى زيادة معامل الانكسار.

$$n = \left[\left(\frac{1+R}{1-R}\right)^2 - (k^2+1)\right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots\dots (5)$$



الشكل (10) معامل الانكسار لأغشية اوكسيد التيتانيوم النقية والمشوبة بالالمنيوم

5 - الاستنتاجات

بينت دراسة حيود الاشعة السينية (XRD) لأغشية ثنائي اوكسيد التيتانيوم (TiO_2) النقية والمشوبة بالالمنيوم (Al) ان غشاء اوكسيد التيتانيوم النقي كان عشوائيا ، اما الغشاء المشوب بألالمنيوم فظهرت فيه اربع قمم ، وهو ذو طبيعة متعددة التبلور وبتركيب رباعي قائم (tetragonal). وأظهرت نتائج مجهر القوة الذرية (AFM) إن التشويب بالالمنيوم ادي إلى زيادة في انتظام وترتيب الذرات ، كما ادى الى نقصان في الحجم الحبيبي وكذلك نقصان في قيمة متوسط الجذر التربيعي للغشاء والذي يؤدي بدوره إلى نقصان في خشونة سطح الغشاء.وبينت بيانات فحص الخصائص البصرية تناقصاً في طيف النفاذية عند التشويب بالالمنيوم حيث ان نفاذية الضوء تقل عند حافة الامتصاص بالنسبة للأطوال الموجية ($\lambda \leq 400nm$)،

ويرافق ذلك انخفاضاً في فجوة الطاقة من (3.44-3.22) eV، ويقابله زيادة في قيمة الامتصاصية عند التطعيم بالالمنيوم ونلاحظ ايضا زيادة في قيم كل من الانعكاسية ومعامل الانكسار ومعامل الخمود عند التطعيم.

6 - المصادر Reference

[1] O. S. Heavens, "Thin Film physics", John Wiley and Sons Inc., New York, (1973).

[2] K. Seshan, Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques, Norwich, N.Y. : Noyes Publications / William Andrew Pub., 2002.

[3] زنو إيمان « دراسة الخصائص التركيبية والبصرية للأغشية الرقيقة لـ TiO_2 المحضرة بطريقة الـ "Sol-Gel" جامعة قاصدي مرباح ورقلة، (2016).

[4] H. Lin, Demin Wang and C. P. Huang, "Photocatalytic Activity of Pulsed Laser Deposited TiO_2 Thin Films", Department of Civil and Environmental Engineering, University of Delaware, New York, USA, (2007).

[5] D. Minoli "Nanotechnology Application to Telecommunications and Networking", John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, (2006).

[6] Wieder, Herman Harry. Intermetallic Semiconducting Films: International Series of Monographs in Semiconductors. Vol. 10. Elsevier, 2014.

[7] Eugene, A. V. R., G. Gamaly, and Barry Luther-Davies. "Ultrafast Laser Ablation and Film Deposition." (2007)

[8] Muñoz Martín, David. "TeO2-based film glasses for photonic applications: structural and optical properties." (2009).

[9] K. Siraj, PhD thesis, Institute of Applied Physics, Johannes Kepler University Linz, Austria, (2007) .

[10] Tsai, Tsung-Hsuan, Shr-Chiang Chiou, and Shen-Ming Chen. "Enhancement of dye-sensitized solar cells by using graphene-TiO_2 composites as photoelectrochemical working electrode." Int. J. Electrochem. Sci 6.8 (2011): 3333-3343.

[11] Sangchay, W., Sikong, L., & Kooptarnond, K." Photocatalytic and Self-Cleaning properties of TiO_2-Cu thin films on glass substrate In Applied Mechanics and Materials", Vol. 152, Trans Tech Publications Ltd., pp (409-413), (2012).

[12] Essalhi, Z., Hartiti, B., Lfakir, A., Mari, B., & Thevenin, "Optoelectronics properties of TiO_2: Cu thin films obtained by sol gel method. Optical and Quantum Electronics", 49(9), P (1-12), (2017).

13]] Carvalho, H. W., Batista, A. P., Hammer, P., & Ramalho, T. C, "Photocatalytic degradation of methylene blue by TiO_2–Cu thin films: Theoretical and experimental study", Journal of Hazardous Materials, 184(1-3), pp (273-280), (2010).

[14] Kamau, J. K. TiO_2–CU Thin Film Material for Optical Hydrogen Gas Sensor Applications. Natural Science Journal, 3(1), 12-29. (2022).

[15] Kavitha, V., Ramesh, P. S., & Geetha, D Synthesis of Cu loaded TiO_2 nanoparticles for the improved photocatalytic degradation

of rhodamine B. International Journal of Nanoscience, 15(05n06), 1660002. . (2016).

[16] Nikfarjam, A., & Salehifar, N. UV "Enhancement in Carbon Monoxide Detection Using Cu Thin Film on TiO_2 Nanofiber Sensor", Sensor Letters, 13(7), pp (599-604), (2015).

[17] Thamir, Amin Daway, Adawiya J. Haider, and Ghalib A. Ali. "Preparation of nanostructureTiO_2 at different temperatures by pulsed laser deposition as solar cell." Engineering and Technology Journal, 34.2, Part (A), Engineering, (2016).

[18] Ravindra, N. M., Preethi Ganapathy, and Jinsoo Choi. "Energy gap–refractive index relations in semiconductors–An overview" Infrared physics & technology, 50.1, pp (21-29), (2007).