*دراسة بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية الذهب المحضرة بواسطة الترذيذ بالتفريغ الوهاج

ليلى جندي محمد أ.م.د.عبد الحسين عباس خضير م. د.احمد حميد وناس

جامعة القادسية، كلية التربية، قسم الفيزياء / جامعة القادسية، كلية التربية، قسم الفيزياء / جامعة القادسية، كلية التربية، قسم الفيزياء

Email:plasmaplasma2111@yahoo.com /Email:abdulhussainabbas@yahoo.com/ Email: laylagendi@gmail.com

الخلاصة

تم في هذه الدراسة تحضير أغشية Au الرقيقة بطريقة الترذيذ بالتفريغ الوهاج والمرسبة على قواعد زجاجية وبأسماك (190nm، 270nm، 380nm) ودراسة الخواص التركيبية وذلك باستخدام جهاز حيود الاشعة السينية لغرض تشخيص تركيب وطبيعة مادة الغشاء الرقيق حيث أظهرت النتائج بانها ذات تركيب متعدد التبلور وزيادة السمك أدت الى زيادة تجانس الغشاء وزيادة التبلور. وكذلك تمت دراسة الخواص البصرية للأغشية الحضرة في المنطقة المرئية–فوق البنفسجية من الطيف الكهرومغناطيسي ومن خلال تسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية ولمدى الاطوال الموجية (300–1100)nm ومن ثم حساب طيف الانعكاسية والثوابت البصرية المتمثلة بمعامل الامتصاص ومعامل الخمود ومعامل الانكسار كدالة للطول الموجي، وقد وجد بان الامتصاصية تزداد بزيادة السمك بينما تنخفض النفاذية.

كلمات مفتاحيه : ترذيذ ، خواص تركيبية، خواص بصرية ، لأغشية Au.

1-1- المقدمة

تستعمل بلازما التفريغ الوهاج بشكل واسع في تطبيقات تكنلوجية هامة، مثل ترسيب الاغشية الرقيقة، والنقش، ومعالجة السطوح [1–4]، وتكنلوجيا الالكترونيات الدقيقة [5]، والخ.

حيث يستعمل مصطلح الغشاء الرقيق Thin Film لوصف طبقة او عدة طبقات من ذرات مادة معينة لا يتعدى سمكها مايكرونا واحدا [6]، وبدا العمل في مجال تحضيرها في منتصف القرن التاسع عشر[7]، وعلى مر السنين طور العلماء طرائق عديدة لتحضير الاغشية الرقيقة وتعددت هذه الطرائق وأصبح لكل طريقة مميزاتها الخاصة [6]، ويمكن تحضير اغشية الذهب الرقيقة بعدة طرق منها طريقة الترذيذ، وطريقة التبخير الحراري او بالحزمة الالكترونية[8,9].

يعد الذهب معدن اصفر لماع ، له القابلية على الطرق والسحب، يملك تركيب مكعبي، موصل جيد للكهربائية والحرارية [10] ، نقطة انصهاره : 1064.18°C [11]، و كثافته $19.320\ g\ cm^{-3}$ [12]. لكن خصائص وسلوك جزيئة الذهب النانوية يختلف عن تلك المادة بحجمها bulk، حيث تتغير بعض تلك الخصائص مثل نقطة

الانصهار، ثابت الشبيكة، والخصائص الكهربائية والبصرية [13]، مما يتيح لاستعمالها طيف جديد من التطبيقات مثل المتحسسات، مولد الخصائص البصرية غير الخطية [14]، الخ.

2-1- الية الترذيذ بالبلازما

الترذيذ وهو ازالة ذرات سطح المادة بسبب قصفها بجسيمات ذات طاقة كافية لقلع تلك الذرات، ويقاس الترذيذ بمنتوج الترذيذ (the sputtering yield والذي يعرف بعدد الذرات المنفصلة عن سطح المادة لكل جسيم ساقط [15]. ويمكن تلخيص عملية الترذيذ من خلال تسليط جهد عالٍ على الكاثود وهذا بدوره يولّد مجالا كهربائيا عالٍ والذي يؤدي الى تعجيل الالكترونات المتواجدة بين الاقطاب بسبب الاشعة الكونية نحو الانود، مما تتسبب بعدة تصادمات مع ذرات الغاز الداخلة الى وعاء التفريغ. ويستعمل غاز الاركون حيث نلاحظ أن ذراته المتعادلة والمستمر جريانها إلى داخل الوعاء سوف تتهيج و تتآين إلى أيونات موجبة بسبب تصادمها مع الالكترونات ، وبالتالي الأيونات الموجبة تتعجل نحو الكاثود (الهدف) وتقصفه بطاقة معينة ويكون ناتج هذا القصف ذرات مقذوفة من سطح الهدف (وهو المادة المراد ترسيبها) ، وتدعى الذرات المرذذة وفي الوقت نفسه نلاحظ تولّد الكترونات ثانوية نتيجة لذلك القصف وهذه الالكترونات سوف تقوم بتآيين ذرات غاز الاركون المتعادلة حيث تؤدي الى جعل التفريغ مستديم ذاتيا. وتسمى هذه العملية بالتفريغ ألتوهجي (Glow Discharge)، وبالتالي يمكن أن هذه الذرات المترذذة تتكثف على الأرضية (الانود) لتشكيل الأغشية الرقيقة Thin Films [16].

شكل(1) مخطط لتوضيح العمليات الاساسية الحاصلة في التفريغ الوهاج [16].

2 -المواد وطرق العمل

2-1- تحضير الاغشية

اولا من الضروري تهيئة المنظومة قبل العمل من خلال تنظيف حجرة البلازما من الشوائب باستخدام الكحول وورق تنظيف خاص لتحقيق إزالة التلوث من الحجرة وبالتالي تحسين فراغية المنظومة، ثم تحدد المسافة بين الاقطاب ووضع القواعد الزجاجية على الحامل الموجود على الانود بعد تنظيفها وتجفيفها، ثم تغلق المنظومة ثم يتم تشغيل منظومة التفريغ لمدة 10 دقائق بعدها يتم ضخ غاز الاركون عن طريق الصمام الابري. ومن ثم يحدد الزمن المخصص للترسيب من خلال تثبيت عداد المؤقت وبعد ان يصل الضغط الى القيمة المحددة للعمل يثبت الضغط التشغيلي للمنظومة عن طريق مقاييس الضغط، ليتم بعد ذلك تسليط فولتية معينة بين القطبين إلى أن يتولد التفريغ الوهاج وتبدأ عملية الترذيذ حيث تتجمع الذرات المترذذة على القاعدة الزجاجية مكونةَ الغشاء. ثم يتم ايقاف عمل المنظومة بعد انتهاء الزمن المحدد لتتوقف المنظومة عن العمل وتخرج العينات حيث يتم تعليمها وحفظها لحين إجراء

القياسات لها. والشكل رقم(2) يمثل منظومة الترذيذ المستخدمة في هذا العمل حيث تم اجراء تحوير على المنظومة لغرض التحكم بالجهد المسلط والمسافة بين القطبين ، والمنظومة المستخدمة من نوع (PSC-12 Compact Plasma Sputtering Coater, MTR Corporation, CA 94804,USA), تحمل هدف من مادة الذهب بنقاوة 99.9 % ذات قطر (57mm) و سمك (0.12 mm).

شكل (2) يمثل منظومة الترذيذ بالتفريغ الوهاج.

وقد تم اجراء القياسات التركيبية (XRD) للأغشية المحضرة بجهاز يحمل المواصفات التالية:

TYPE : XRD-6000, SHIMADZU, JAPANESE ORIGIN, TARGET : CuKα, WAVE LENTGTH:(1.5406) Å, SPEED :(5) deg/min, VOLTAGE: (40) KV, CURRENT: (30) mA, RANGE(2θ):30-100 deg)

اما القياسات البصرية فقد تم اجراءها بجهاز: (UV-1650 PC Shimadzu).

3-النتائج والمناقشة

3-1- الفحوصات التركيبية

تم فحص نماذج اغشية الذهب Au المحضرة وبسمك (190،270، 380) nm للتعرف على التركيب البلوري للغشاء باستخدام تقنية حيود الاشعة السينية وقد أظهرت نتائج الفحوصات بأنها ذات تركيب متعدد التبلور وتتفق مع بطاقة ICDD المرقمة (00-004-0784) وكما في الشكل (3أ، 3ب،3ج) .

شكل (3أ،3ب،3ج) يمثل مخطط حيود الاشعة السينية ل أغشية Au لأسماك (190،270،380) nm على التوالي.

وقد تم حساب المسافات البينية للمستويات الذرية للتركيب البلوري (d_{hkl}) حسب قانون براك للحيود [17].

$$2d_{hkl}\sin\theta = n\lambda \quad \text{----------} \quad (1)$$

حيث ان : d_{hkl} : المسافة البينية بين المستويات البلورية

λ : الطول الموجي ، : زاوية سقوط الاشعة السينية

n: عدد صحيح يمثل رتبة الاشعة المحادة.

وتم حساب ثابت الشبيكة للتركيب المكعبي لاغشية Au من العلاقة التالية :

$$d_{hkl} = \text{----------} \quad (2)$$

حيث ان: (hkl) : معاملات ميلر.

وقد بينت نتائج الحيود للأشعة السينية بأن الاتجاه التفضيلي للتبلور هو باتجاه المستوي(111) وان شدة الحيود وارتفاع القمم يزداد بزيادة السمك مما يدل على ان زيادة السمك تسبب في تقليل العيوب البلورية وزيادة انتظام الترتيب الداخلي للذرات مما

يزيد من تجانس الغشاء، اما بالنسبة لثابت الشبيكة لأغشية Au فيكون هنالك اعتماد قليل جدا على سمك الغشاء حيث ومن خلال حسابات XRD يتضح انخفاض بسيط لقيمتها بزيادة السمك وهذا يتطابق مع الباحث [8] ومع الباحث[12] . والجدول التالي رقم ١ يبين ملخص نتائج حيود الاشعة السينية.

جدول رقم ١: التركيبية لحيود لأغشية Au

النموذج Au	2θ (deg)	2θ (deg) ICDD	d - value	hkl	a◦ (Å)
النموذج رقم 1 t=190nm	38.2200	38.1836	2.35290	111	4.073368
	44.3161	44.3917	2.04235	200	
	64.8028	64.5759	1.43754	220	
	77.7041	77.5471	1.22794	311	
	81.9780	81.7212	1.17439	222	
النموذج رقم 2 t=270nm	38.2615	38.1836	2.35045	111	4.071099
	44.4893	44.3917	2.03480	200	
	64.7328	64.5759	1.43892	220	
	77.7191	77.5471	1.22774	311	
	81.7581	81.7212	1.17699	222	
النموذج رقم 3 t=380nm	38.2967	38.1836	2.34837	111	4.068948
	44.5510	44.3917	2.03213	200	
	64.7678	64.5759	1.43823	220	
	77.7241	77.5471	1.22767	311	
	81.8530	81.7212	1.17587	222	

نتائج الفحوصات الاشعة السينية ولسمكين مختلفين.

تمت قياسات طيف الامتصاصية والنفاذية لأغشية Au ضمن مدى الاطوال الموجية 300-1100 nm ، حيث تم من خلالها حساب الانعكاسية (R) والثوابت البصرية للأغشية المحضرة والمتمثلة بحساب معامل الامتصاص (α) ومعامل الخمود (κ) ومعامل الانكسار (n) كدوال للطول الموجي.

3-2- الفحوصات البصرية

3-2-1 حساب الانعكاسية (R)

تم حساب انعكاسية اغشية Au المحضرة ومن خلال طيفي الامتصاصية A والنفاذية T وحسب قانون حفظ الطاقة، من العلاقة الاتية [18]:

R =1-A-T ---------- (3)

الشكل (4أ) يوضح طيف الامتصاصية لأغشية Au ولأسماك مختلفة، حيث يلاحظ أن بزيادة السمك تزداد الامتصاصية وهذا يتطابق مع ما قام به الباحث [19]، ويتضح ان اقل قيمة للامتصاصية للعينات يكون للسمكين 270nm و 380nm يكون تقريبا عند الطول الموجي 500nm بينما العينة ذات السمك 190nm تزحف الى الطول الموجي حوالي 515nm ، كما يلاحظ زيادة الامتصاصية كلما زاد الطول الموجي وهذا يمكن ان ينسب الى خاصية رنين بلازمون السطح Surface Plasmon Resonance (SPR) حيث تظهر هذه الخاصية عند السقوط الضوء على اغشية الذهب مما ينتج حركة جماعية للالكترونات الحرة (Conduction electrons) في سطح المادة حيث يتولد اهتزاز تجمعي موضعي (Collective Oscillation) ويحدث عادتا في منطقة الضوء المرئي ، وهذه الظاهرة هي المسئولة عن تغير الوان الذهب عند الحجم النانوي إذْ أن الجزيئات بحجم 10 nm تمتص ضوء اخضر لذلك تبدو حمراء ، كما تعتمد هذه الخاصية على حجم الجسيم وشكله والوسط الموجود فيه وعند زيادة السمك تتحول قمة (SPR) الى الاطوال الموجية الأطول ،كذلك عند زيادة السمك يزداد تركيز حاملات الشحنة الحرة. اما طيف النفاذية لعينات Au ولأسماك مختلفة يوضح بالشكل (4ب) والذي يكون معاكس لطيف الامتصاص حيث بزيادة السمك تنخفض النفاذية، وهذا يتطابق مع الباحث [12]، وتكون قمة النفاذية عند الطول الموجي 500nm بالنسبة للعينات بسمك 270nm و380nm بينما تكون قمة النفاذية للسمك 190nm تقريبا عند الطول الموجي 515nm . ومن خلال طيفي الامتصاصية والنفاذية تم حساب طيف الانعكاسية لأغشية Au ولكلا العينات (190nm و270nm و 380nm)والذي يكون موضح بالشكل (4ج) فيبين تغيير واضح للانعكاسية نتيجة لزيادة سمك الغشاء حيث تكون قمة الانعكاس عند الطول الموجي 500nm بالنسبة للعينات بسمك 270nm و 380nm بينما اقل قمة للانعكاس تكون عند الطول الموجي 513nm بالنسبة للسمك 190nm ويعود السبب الى زيادة تبلور الغشاء وانتظام الذرات وتجانسها.

الشكل (4أ) يمثل الامتصاصية لأغشية Au كدالة للطول الموجي ولأسماك مختلفة.

الشكل (4أ،4ب) يمثل النفاذية و الانعكاسية على التوالي لأغشية Au كدالة للطول الموجي ولأسماك مختلفة.

3-2-2 حساب معامل الامتصاص (α)

حيث تم حساب معامل الامتصاص من المعادلة الآتية [18]:

$$\alpha = 2.303\ A/t \quad \text{----------} \quad (5)$$

حيث ان :A: تمثل امتصاصية الغشاء، t : سمك الغشاء .

والشكل رقم (5) التالي يوضح معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لأغشية Au المحضرة ولاسماك (190nm،270،380nm) حيث يتضح زيادة معامل الامتصاص بزيادة السمك ويمكن ان يعود السبب الى زيادة تجانس وتبلور الاغشية بزيادة السمك .

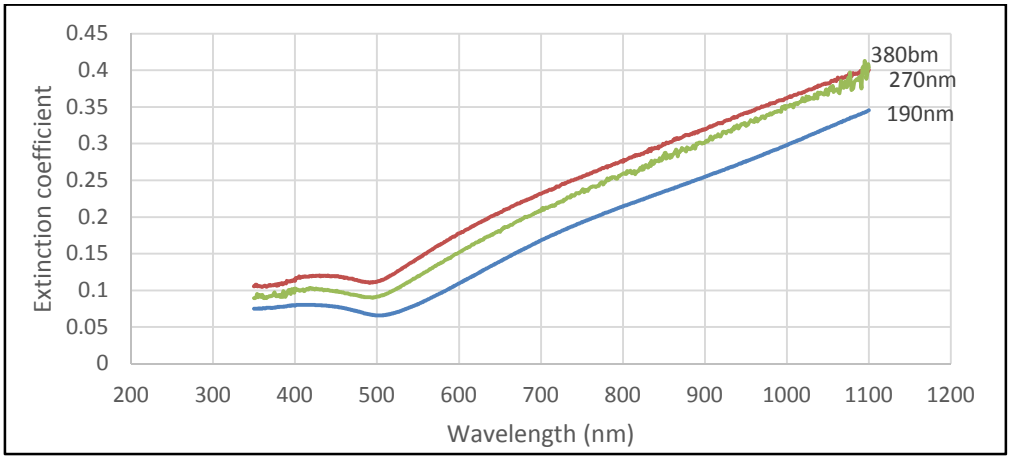
شكل (5) يمثل معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لغشاء Au ولأسماك مختلفة .

3-2-3 حساب معامل الخمود (κ)

تم حساب معامل الخمود باستخدام المعادلة الآتية [20]:

$$k = \lambda\alpha/4\pi \quad \text{----------} \quad (6)$$

ويوضح الشكل (6) معامل الخمود لأغشية Au المحضرة بسماك (190nm و 270nm و 380nm) كدالة للطول الموجي والذي يوضح ارتفاع قيمة معامل الخمود بزيادة السمك وهذا يكون نتيجة الى ارتفاع قيم معامل الامتصاص، حيث يكون له اعتماد كبير على معامل الامتصاص وحسب المعادلة رقم (6)



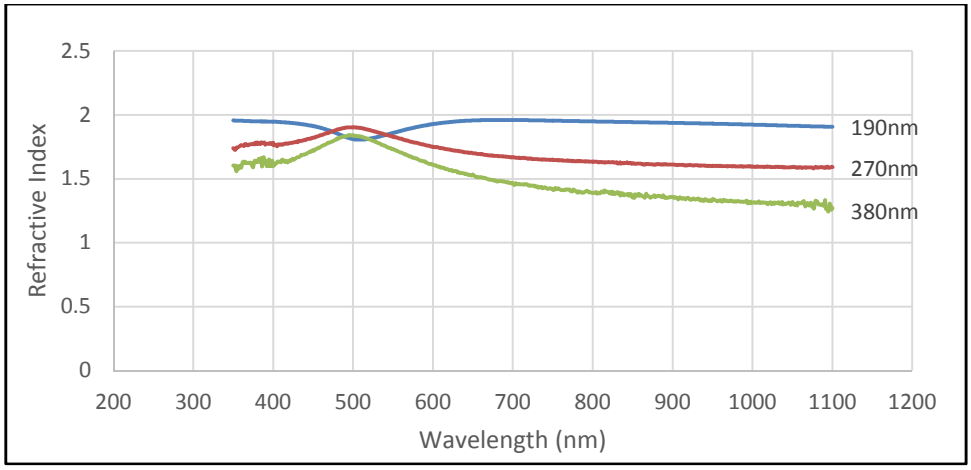
شكل (6) يمثل معامل الخمود كدالة للطول الموجي للغشاء Au وبسمكين مختلفين.

3-2-4 حساب معامل الانكسار(n)

$$n = \quad \text{----------} \quad (7)$$

تم حساب معامل الانكسار وفق المعادلة الاتية [18]:

والشكل (7) يوضح تغير معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لأغشية Au المحضرة حيث تكون هنالك تغير واضح وكبير مع زيادة السمك ويعود السبب لزيادة تبلور الغشاء بزيادة السمك.



شكل (7) يوضح تغير معامل الانكسار لاغشية Au كدالة للطول الموجي ولأسماك مختلفة.

4- الاستنتاجات :

لقد استنتج ومن خلال فحص العينات باستخدام فحوصات الاشعة السينية تبين بأن التركيب البلوري للاغشية المحضرة متعدد التبلور وذات اتجاه سائد (111) وعند زيادة السمك تزداد الشدة كما يلاحظ عدم تغير للاتجاه السائد بزيادة السمك.

كما استنتج ومن خلال حساب طيفي الامتصاصية والنفاذية زيادة الامتصاص بزيادة السمك وانخفاض النفاذية كذلك زيادة معامل الامتصاص والخمود مع زيادة سمك الغشاء.

حيث يمكن استخدام الاغشية لأغراض متعددة مثل الأنظمة المايكروية والأنظمة النانوية (microelectromechanical systems and nanoelectromechanical systems) ، والمتحسسات (Sensors) والمنسوجات الالكترونية (Electronic textiles)، والهندسة الحيوية (Bioengineering)، وكمولد من الخصائص البصرية غيرالخطية (Generator of nonlinear optical properties)، وأجهزة استطارة رامن لتحسين السطح (Devices for surface-enhanced Raman scattering) .

5- المصادر

1 - Jianjun Shi and Michael G. Kong, 2005 , Mode Characteristics of Radio-Frequency Atmospheric Glow Discharges, Ieee Transactions on Plasma Science , Vol. 33, No. 2,pp 624-630.

2 - Bahaa T,Thair L,Mohammad K,Ausama I,2010 ,Characterization of low pressure plasma-dc glow discharges (Ar,Sf_6 and Sf_6/He) for Si etching,Indian Journal of Pure and Applied Physics,Vol.48,pp 723-730.

3 - A.Bogaerts and R.Gijbels, 1995 ,Modeling of metastable argon atoms in a direct-current

4 - M.M. Abdel Rahman, A. Helal , O.A. Moustafa and F.W. Abdel Salam, 2008 , High Efficiency Glow Discharge Ion Source, Journal of Nuclear and Radiation Physics, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9

5 - Michael R. Winchester , Richard Payling , 2004, Radio-frequency glow discharge spectrometry, Spectrochimica Acta Part B 59, 607–666.

6 - K. L. Chopra, 1969 , Thin Film Phenomena, McGraw – Hill, New York.

7 - L. Eckertova, 1977 , Physics of Thin Films , New York and London .

8 – V. Svorcik · J. Siegel · P. Sutta · J. Mistrik · P. Janicek ·P. Worsch · Z. Kolska, 2011 , Annealing of gold nanostructures sputtered on glass substrate, Applied Physics A, 102: 605–610.

9 - H.Frey and H. R. Khan, 2015, Handbook of Thin-Film Technology", Springer-Verlag ,Berlin, Heidelberg.

10 - J. c. Yannopoulos, 1991 ,The Extractive Metallurgy of Gold, Van Nostrand Reinhold -New York.

11 - D. R. Lide, 2004 , Handbook of Chemistry and Physics, The 84th Edition, CRC Press LLC.

12 - Jakub Siegel, Olexiy Lyutakov, Vladimir Rybka1, Zdenka Kolska , Vaclav Svorcik, 2011 , Properties of gold nanostructures sputtered on glass, Nanoscale Research Letters ,6:96.

13 - Jakub Siegel, Robert Krajcar1, Zdenka Kolska, Vladimir Hnatowicz and Vaclav Svorcik1, 2011 ,Annealing of gold nanostructures sputtered on polytetrafluoroethylene, Nanoscale Research Letters, 6:588.

14 – Z. Novotna, A. Reznickova, L. Viererblova, J. Kolafa, Z. Kolska, J. Riha, and V.Svorcik, 2014,Physicochemical Properties of Gold Nanostructures Deposited on Glass ,Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanomaterials , Article ID 753853

15 - R. Behrisch, 1981 ,Sputtering by Particle Bombardment I Physical Sputtering glow discharge ,Physical Review A,Vol.52,Nu.5,pp.3743-3751.

of Single-Element Solids, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.

16 - Annemie Bogaerts, Erik Neyts, Renaat Gijbels, Joost van der Mullen, 2002 , Gas discharge plasmas and their applications, Spectrochimica Acta Part B 57, 609–658.

17 - C.kittel, 2005 ,Introduction to Solid State Physics, 8Edition,John Wiley Sons,Inc.

18 - عادل حبيب عمران ، صالح حسون عبود ،٢٠١٠، بناء منظومة رش كيميائي حراري لتحضير المواد الصلبة على شكل اغشيه رقيقة ودراسة الخواص الفيزياويه للمواد المحضرة ، مجلة KUFA – PHYSICS ، المجلد 2 ، العدد 2.

19 - Anna Schaub, Petr Slepicka, Irena Kasparkova, Petr Malinsky, Anna Mackova , and Vaclav Svorcik, 2013 ,Gold nanolayer and nanocluster coatings induced by heat treatment and evaporation technique, Nanoscale Research Letters, 8:249.

20 - A. Ashour, H. H. Afifi, *S.* A. Mahmoud, 1994 , Effect of some spray pyrolysis parameters on electrical and optical properties of ZnS films, Thin Solid Films, 248 , 253-256.

avelenght ,has been found that the absorbance is getting an increase of thickness while lower transmittance.

Key words: Sputtering, structural properties, optical properties, Au thin film.

Study of some Structural and optical Properties of Au films prepared by glow discharge sputtering

Layla G. Mohammed \ Dr.Abdul Hussain A.Khudair \ Dr.Ahmed H. Wanas

University Al- Qadisiya , College \ University Al- Qadisiya , College \ University Al- Qadisiya , College

of Education, Physics Department \ of Education, Physics Department \ of Education, Physics Department

Email:laylagendi@gmail.com \ Email:abdulhussainabbas@yahoo.com \ Email: plasmaplasma2111@yahoo.com

Abstract:

In this paper, Au thin films have been prepared by using glow discharge sputtering method on a glass substrates with thickness 190nm,270nm and 380nm and studying its structural properties used x-rays diffraction for diagnostic structure and nature thin film material The results showed that the films have a polycrystalline structure and increase thickness led to increase the homogeneity of the thin film and increase of crystallization. Also The optical properties of prepared films have been studied in the UV-VIS region of the electromagnetic spectrum by recording of absorbance and transmittance spectrum of the wavelengths range (300-1100) nm and then the expense of reflectivity spectra and optical constants such as absorption coefficient, extinction coefficient and refractive index calculated as a function of the