

دراسة أطياف الانعكاسية لأغشية النحاس المحضرة بطريقة الطلاء الكهربائي

ميادة عيسى**

كمال كايد*

الملخص

جرى في هذا البحث ترسيب أغشية من النحاس على ركازات من الألمنيوم باستخدام طريقة الطلاء الكهربائي. وصفت الأغشية المحضرة باستخدام مطيافية الانعكاسية الضوئية وجهاز قياس النخانة ومقياس القساوة. جرت دراسة تأثير زمن الترسيب على كل من نخانة الغشاء، والقساوة الميكانيكية والانعكاسية الضوئية للأغشية المحضرة. كما جرت دراسة العلاقة بين عتبة البلازما المستنتجة من أطياف الانعكاسية الضوئية وقرينة الانكسار. جرى أيضاً في هذا البحث تحديد الشروط المثلى لتحضير الغشاء بحيث نحصل على غشاء بمواصفات متكاملة (قساوة، وبريق مناسبان).

الكلمات المفتاحية: أغشية النحاس، الطلاء الكهربائي، عتبة البلازما، الانعكاسية، القساوة الميكانيكية.

* مدرس قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة دمشق

** مشرفة على الأعمال قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة دمشق

Studying of Optical reflectivity of Copper films prepared by electrical plating method

Kamal Kayed*

Mayada Issa**

Abstract

Copper films were synthesized by electrical plating deposition on aluminum substrates. Films were analyzed by optical reflectivity spectroscopy, thickness meter and hardness tester. We have been investigated the effect of deposition time on each of the thickness, hardness and optical reflectivity of the prepared films. We also studied the relationship between the Plasma edge derived from the optical reflectivity spectra and the refractive index. In addition we determined the optimal conditions for the films preparation which allow us to get films with appropriate specifications (suitable hardness and Luminosity).

Keywords: Capper films, Electrical plating, Plasma edge, Reflectivity, Mechanical hardness.

*physics Department, Faculty of Science, Damascus University.

**Chemistry Department, Faculty of Science, Damascus University.

مقدمة:

يعد النحاس من أكثر المعادن شيوعاً، حيث يستخدم في كثير من المجالات الصناعية، وذلك لما يتمتع به هذا المعدن من مواصفات قلما تجتمع في معدن واحد، منها: ناقليته العالية للكهرباء، وقابليته العالية للطرق والسحب وسعره المنخفض؛ فضلاً عن لونه الأحمر الجميل الذي يعطي لمسات رائعة للديكورات المنزلية وديكورات المكاتب والتحف والساعات والمجوهرات التقليدية والثريات [1].

إن الطلي الكهربائي عبارة عن عملية فيزيائية يتم الحصول من خلالها على غشاء ذي خصائص فيزيائية مميزة [2-4]، وكذلك تستخدم هذه التقنية للحصول على طبقات رقيقة من مواد محددة تغطي الأسطح لتجميل المظهر الخارجي لها. يعدّ النحاس من أكثر المواد المستخدمة في الطلاء الكهربائي حيث يتم ترسيب النحاس كهربائياً في العديد من التطبيقات الهندسية والتزيينية والتي تتطلب خصائص فيزيائية و ميكانيكية محددة، وخصوصاً الطلاء على البلاستيك، وألواح الدارات الإلكترونية المطبوعة، وقوالب السبك، وحروف الطباعة؛ فضلاً عن الكثير من التطبيقات المتنوعة [1]. يعدّ النحاس خياراً جيداً للطلي كمادة أساس لأنه غالباً ما يغطي العيوب الطفيفة في سطوح المعادن التي يراد طلاؤها، وهو يغطي حتى الأجزاء صعبة التغطية. يملك النحاس ناقلية عالية وهو خامل نسبياً في معظم محاليل الطلاء الشائعة؛ مما يجعله مناسباً لطباعة لوحات الأسلاك أو الطلاء على أسلاك الفولاذ المستخدمة؛ لتوصيل الكهرباء. يستخدم النحاس أيضاً في صناعة حواجز التمدد الحراري؛ لأنه يمتلك القدرة على امتصاص الإجهاد الناتج عن تعرض المعادن ذات معاملات التمدد الحراري المختلفة لتغيرات درجة الحرارة. هذه الخاصية مفيدة بشكل خاص مع ركائز البلاستيك [1,2].

تعامل إلكترونات التكافؤ في النواقل على أنها إلكترونات حرة، حيث تتصادم الإلكترونات بشكل مشابه لجزيئات الغاز في النظرية الحركية للغازات. تنتج الخصائص الضوئية للمعدن من التفاعل بين فوتونات الأشعة الضوئية الساقطة على سطح المعدن وغمامة الإلكترونات. تعدّ الانعكاسية الضوئية من الخصائص الفيزيائية المهمة للأغشية المعدنية، وتتعلق هذه الخاصية إلى حد كبير بالتفاعل المتبادل بين الضوء والإلكترون الحر الذي يعبر عنه بمعادلة التشتت التالية [5-7]:

$$\varepsilon_f = 1 - \omega_p^2 / (\omega^2 - i\omega/\tau) \quad (1)$$

حيث ω_p عتبة البلازما Plasma edge وهي سمة مميزة للمعادن، وتعبّر عن تواتر تجاوب البلازما للإلكترون الحر و τ هو زمن الاسترخاء و ω هو تواتر الضوء. تتعلق عتبة البلازما بكل من كثافة الإلكترونات والكتلة الفاعلة [5]، ويمكن تحديدها مباشرة من أطياف الانعكاسية حيث تحدث التغيرات الحادة للانعكاسية عند عتبة البلازما؛ نتيجة حدوث اختلاف في جر الإلكترونات، كما أن انزياح عتبة البلازما باتجاه الأطوال الموجية الأعلى يدل على ازدياد تركيز حاملات الشحنة الحرة [5].

مواد البحث:

تمت عملية الطلاء ضمن أحواض خاصة مصنوعة من البلاستيك باستخدام ركازات عبارة عن صفائح من الألمنيوم النقي. تمت عملية الطلاء لفترات زمنية تتراوح من 5 إلى 25 دقيقة باستخدام جهد ترسيب 12 فولتاً في درجة حرارة 45°C . قبل إجراء عملية ترسيب العينات جرى تنظيف الركازات بالكحول لإزالة المواد العالقة والدهون. جرى تثبيت ركازات الألمنيوم بشكل متتالي شاقولياً في محلول كبريتات النحاس ذي التركيز 0.15kg/L ثم وصلت بالقطب السالب للبطارية حيث جرى رفع عينة كل خمس دقائق لنحصل على خمس عينات بسماكات مختلفة.

جرى قياس سماكات الأغشية المحضرة باستخدام جهاز قياس التخانة MiniTest 2100، وقيست القساوة الميكانيكية باستخدام مقياس القساوة MHT-10Microhardness Tester. جرى تسجيل أطياف الانعكاسية باستخدام مطياف الانعكاسية Ocean spectrophotometer -USB4000. حسبت القيم العددية لقرينة الانكسار باستخدام العلاقة الآتية [8]:

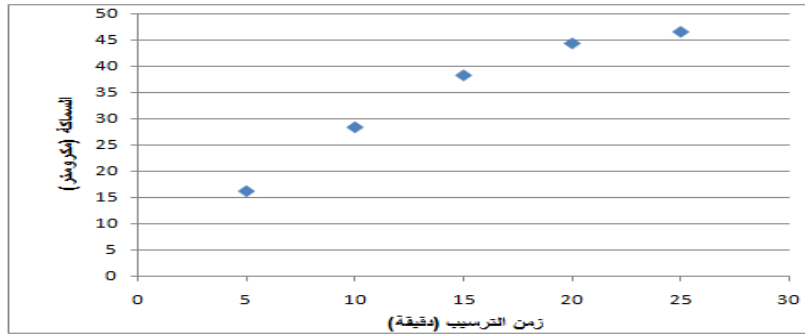
$$n_f = \frac{1 + R + \sqrt{R}}{1 - R} \quad (2)$$

حيث تعبر R عن الانعكاسية و n_f عن قرينة الانكسار للغشاء. جرى حساب قرينة الانكسار لكل عينة عند كل طول موجي في طيف الانعكاسية.

النتائج والمناقشة:

نتيجة لتغيير زمن الترسيب حصلنا على أغشية بسماكات مختلفة. يحتوي الشكل 1

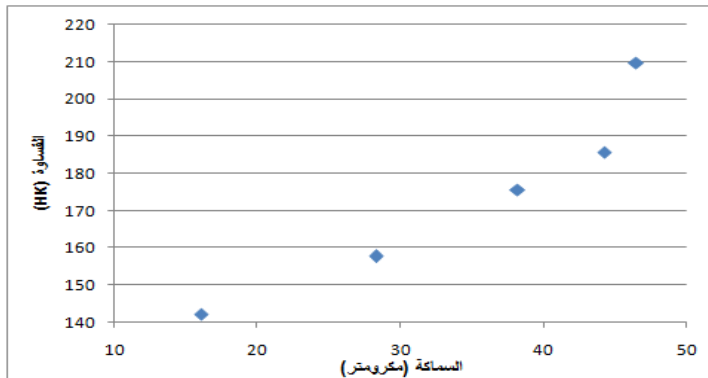
على تغيرات الثخانة بدلالة زمن الترسيب.



الشكل (1) تغيرات الثخانة بدلالة زمن الترسيب.

نلاحظ أن الثخانة تزداد مع ازدياد زمن الترسيب، ولكن بمعدل غير ثابت حيث يزداد الابتعاد عن الخطية بازدياد زمن الترسيب.

تعدُّ القساوة من الخصائص الميكانيكية المهمة والتي تأخذ بالحسبان عند تحضير الأغشية الرقيقة؛ كونها تعدّ مقياساً مناسباً لمدى مقاومة الغشاء للتلم بواسطة رأس الإبرة في مقياس القساوة، وهي تملك أهمية خاصة بالنسبة لأغشية النحاس المحضرة بطريقة الطلي الكهربائي؛ كون التطبيقات الصناعية لهذه الأغشية تهتم بالحصول على غشاء عاكس ذي قساوة مناسبة. يحتوي الشكل (2) على تحولات القساوة بدلالة الثخانة.

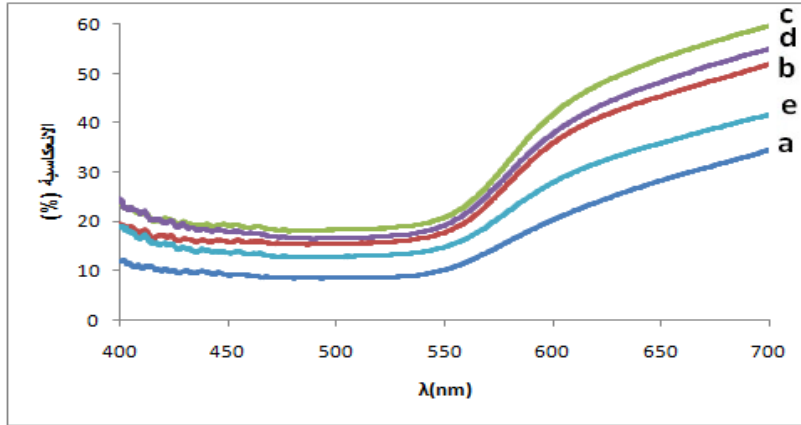


الشكل 2. تغيرات القساوة بدلالة الثخانة.

نلاحظ أن القساوة تزداد بازدياد الثخانة، وأن معدل الزيادة يكون مرتفعاً من أجل الأغشية الأكثر ثخانة.

ملاحظة: المقصود بالقساوة هنا هو القساوة المركبة للجملة المكونة من الغشاء والركازة.

جرى تحديد قيم عتبة البلازما من أجل جميع العينات المحضرة من الشكل (3) الذي يحتوي على أطياف الانعكاسية للعينات المحضرة. نلاحظ أن العينة المحضرة عند زمن ترسيب 15 دقيقة تملك أعلى قيم للانعكاسية، وأن العينة المحضرة عند زمن ترسيب 5 دقيقة تملك أقل قيمة للانعكاسية على كامل المجال المدروس. كما نلاحظ أن المنحنيات تكون متقاربة ومحصورة في مجال ضيق في المنطقة الواقعة قبل عتبة البلازما؛ فضلاً عن أنه لا يوجد تغير مهم في القيم العددية للانعكاسية مع تغير الطول الموجي ضمن هذا المجال. عند الانتقال إلى أطوال الموجة الأعلى من عتبة البلازما نلاحظ أن المنحنيات يتباعد بعضها عن بعض وتزداد قيم الانعكاسية مع ازدياد الطول الموجي نتيجة لتشتت الضوء الناتج عن التفاعل المتبادل بين الأمواج الضوئية والإلكترونات الحرة فوق عتبة البلازما. نلاحظ أيضاً أن عتبة البلازما تنزاح باتجاه الأطوال الموجية الأعلى نتيجة لازدياد تركيز حوامل الشحنة [5].

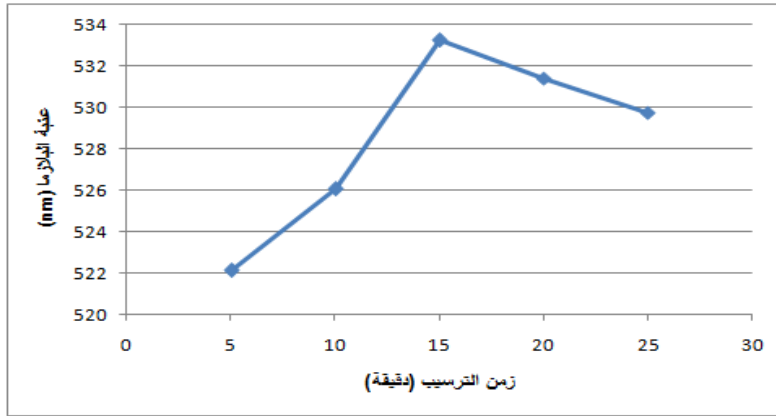


الشكل (3) أطياف الانعكاسية لأغشية النحاس.

.(a)5min,(b)10min,(c)15min,(d)20min,(e)25min.

يبين الشكل التالي تابعة عتبة البلازما لزمن الترسيب. نلاحظ أن العينة المحضرة

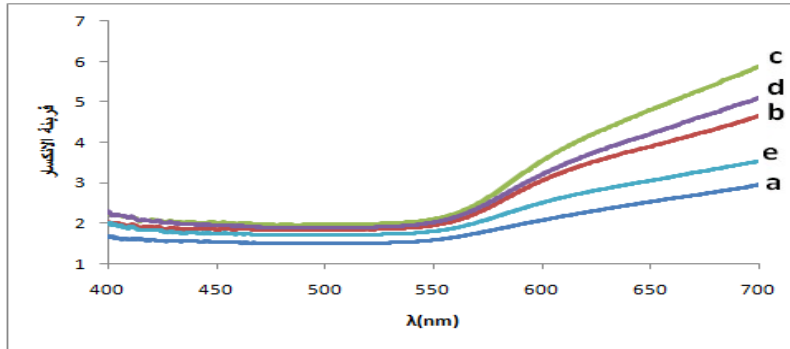
عند زمن ترسيب 15 دقيقة تملك أعلى قيمة لعتبة البلازما.



الشكل (4). تابعة عتبة البلازما لزمن الترسيب.

ظهور النهاية العظمى في الشكل 4 يرتبط بشكل مباشر بتقنية الترسيب وتصميمها الهندسي حيث يتأثر كل من ثخانة الغشاء، ومعدل الترسيب والطاقة الحركية للأيونات بعيد سطح العينة عن كل من الأنود والكاثود.

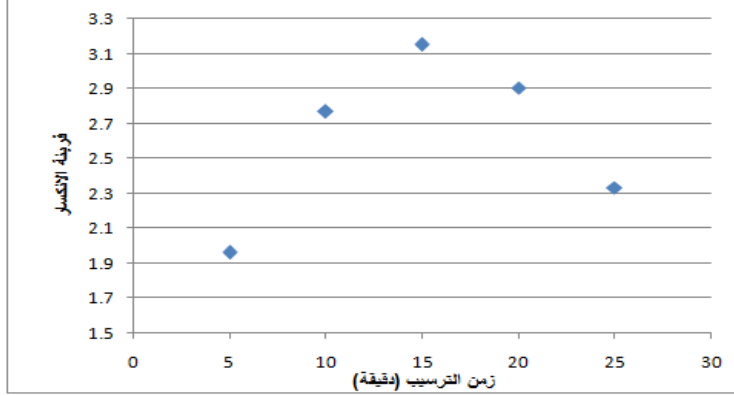
من أجل الحصول على مزيد من المعلومات قمنا بحساب قرينة الانكسار لكل العينات وعند جميع الأطوال الموجية ومن ثم جرى رسم تحولات قرينة الانكسار بدلالة الطول الموجي (الشكل 5).



الشكل 5. تابعة قرينة الانكسار للطول الموجي.

(a)5min,(b)10min,(c)15min,(d)20min,(e)25min.

نلاحظ ثبات قيمة قرينة الانكسار ضمن مجال الأطوال الموجية الموافق $\lambda < \lambda_{\text{plasma edge}}$ وذلك من أجل العينات جميعها، وعند الانتقال إلى الأطوال الموجية الأعلى تبدأ قرينة الانكسار بالازدياد. يحتوي الشكل (6) على تحولات قرينة الانكسار الموافقة للطول الموجي العياري $\lambda=589\text{nm}$ بدلالة زمن الترسيب.



الشكل (6) تغيرات قرينة الانكسار بدلالة زمن الترسيب.

نلاحظ أن قرينة الانكسار تبلغ أعلى قيمة من أجل العينة المحضرة عند زمن ترسيب 15 دقيقة. بالمقارنة مع الشكل 4 نستنتج أن سبب تغير قرينة الانكسار وفق هذا الأسلوب يعود إلى تغيرات الكتلة الحجمية المرتبطة مع تغيرات كثافة الإلكترونات المسببة لتغيرات عتبة البلازما بالأسلوب الوارد في الشكل (4).

الخاتمة:

تضمن هذا العمل دراسة أطياف الانعكاسية الضوئية لأغشية من معدن النحاس جرى ترسيبها بطريقة الطلي الكهربائي على ركازات من الألمنيوم. وصفت الأغشية الناتجة باستخدام تقنيات متنوعة بهدف قياس ثخانات الأغشية والانعكاسية الضوئية لها؛ فضلاً عن القساوة الميكانيكية وقرائن الانكسار.

دلّت النتائج التي تم الحصول عليها امتلاك الأغشية ذات السماكات المختلفة لقرائن انكسار مختلفة. تم تفسير اختلاف القيم العددية لقرينة الانكسار بتغير كثافة الغشاء عند ازدياد الثخانة وتم التأكد من ذلك من خلال دراسة العلاقة بين عتبة البلازما (المتناسبة مع كثافة الغشاء) و قرينة الانكسار، حيث وجدنا أن سبب تغير قرينة الانكسار يعود إلى تغيرات الكتلة الحجمية المرتبطة مع تغيرات كثافة الإلكترونات المسببة لتغيرات عتبة البلازما. جرى في هذا البحث أيضاً تحديد الشروط المثلى لتحضير الغشاء والتي تضمن

الحصول على غشاء بمواصفات متكاملة (قساوة وبريق مناسبان).

المراجع:

- [1] Sard, R., 1986. Encyclopedia of Materials Science and Engineering, Vol. 2, M. B. Bever, Ed., Wiley, New York.
- [2] An Huang, C., Yeh, Y., Lin, C., and Hsieh, C., 2014. Copper Electro deposition on a Magnesium Alloy (AZ80) with a U-Shaped Surface, Materials, V.7, PP. 7366-7378.
- [3] Seleim, S., Ahmed, A., and Ahmed, F., 2014. Electroplating in Steel in Presence of Isopropanol-Water Mixture, Int. J. Electrochem. Sci, PP. 2016 – 2028.
- [4] SASAHARA, T., and NIIYAMA, N., 2008, Bactericidal activity and sensitization capacity of copper and its alloys, Journal of the Japan Research Institute for Advanced Copper-Base Materials and Technologies, V. 47, PP. 1-7.
- [5] Onuki, T., Kuwano, H., Low Resistive Copper Thin Film Deposited with ultra-high purity Target and ECR-ION Beam Sputtering, Proceedings of PowerMEMS + microEMS, Sendai, Japan, November 9-12, (2008).
- [6] Yehey, M., 1970. Investigation of the optical properties of Au by means of thin semitransparent films, Phys. Rev.B, V.2, pp.3060-3077.
- [7] Johnson, P., Christy, R., 1972. Optical constants of the noble metals, Phys. Rev. B, V.17, pp. 4370-4379.
- [8] Born, M. and Wolf, E., 2005. Principles of Optics, 7th Edition, Cambridge University Press.

