

اثر دمای بازپخت روی لایه نازک نقره انباشتی به روش سیستم کندوپاش مغناطیسی جریان مستقیم

مشایخی، جهانبخش؛ شفیعی زاده، زهرا؛ ناهیدی، حسین

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران، تهران

چکیده

در این مقاله، لایه نازک نیکل و نقره به ترتیب به ضخامت های ۵۰ و ۱۰۰ نانومتر به روش کندوپاش مغناطیسی نامتوازن، بر روی زیرلایه شیشه ای انباشت گردیده اند. از لایه نیکل جهت افزایش چسبندگی لایه نقره به سطح زیرلایه شیشه ای استفاده شده است. نمونه ها سپس در دماهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ درجه بازپخت شده و مورفولوژی آنها با استفاده از میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که مطابق انتظار افزایش دما موجب افزایش دانه بندی سطح نقره شده است.

Influence of Annealing Temperature on Silver Thin Films Deposited by DC Magnetron Sputtering Method

Mashaiekh, Jahanbakhsh; Shafieizadeh, Zahra; Nahidi, Hossein

Iranian National Center for Laser Science and Technology, PO Box 14665-576, Tehran

Abstract

In this study, thin films of nickel and silver have been deposited on glass substrate by unbalanced magnetron sputtering method with 50 and 100nm thicknesses, respectively. Nickel was used for increasing silver adhesion to glass substrate. Samples were annealed at temperatures of 100, 200 and 300 °C. Scanning tunneling microscopy (STM) was used for investigating surface morphology of samples. STM results demonstrate that increasing temperature lead to an increase in grain size of silver surface.

PACS No. 81.15.Ef

مقدمه

نقره به فشار گاز آرگون و جریان کندوپاش در لایه نشانی به روش کندوپاش مغناطیسی را بررسی کرده اند [۴]. Bhattacharyya و همکارانش تأثیر فرآیند پخت در دماهای مختلف پس از لایه نشانی به روش کندوپاش یون های خوشه ای نقره روی ریخت شناسی لایه را گزارش نموده اند [۵]. تغییر میزان زبری سطح در اثر فرآیند پخت برای لایه های نقره تهیه شده به روش تبخیر مقاومتی در خلأ نیز بررسی شده است [۶]. در این تحقیق، تأثیر دمای زیرلایه روی پارامترهای کیفی لایه نقره انباشتی به روش کندوپاش مغناطیسی جریان مستقیم مورد بررسی قرار گرفته است.

لایه های نازک نقره متناسب با کاربردهای مختلف، با روش های متنوعی رشد داده می شوند و در هریک فاکتورهای مختلفی، لایه را تحت تأثیر قرار می دهند. تاکنون بررسی های فراوانی درباره میزان تأثیر شرایط لایه نشانی بر ریخت شناسی سطح لایه صورت گرفته است. در گزارش های متعددی تأثیر ضخامت لایه و آهنگ رشد بر زبری سطح لایه نقره مطرح شده است [۳، ۲، ۱]. Del Re و همکارانش وابستگی ریخت شناسی سطح لایه نازک

نحوه انجام آزمایش

(mean square)، متداولترین پارامتر زبری در مقیاس لایه نازک شناخته می شود که با رابطه (۱) داده می شود [۱]:

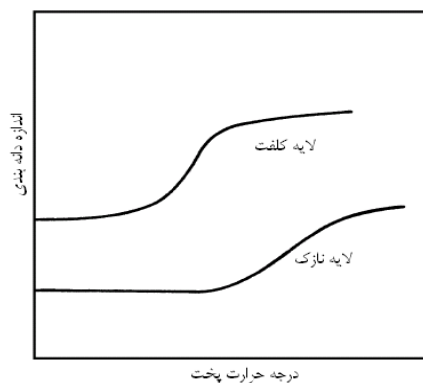
$$R_{rms} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z_i - Z_m)^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

که در آن Z_m ارتفاع صفحه مرجع و N تعداد نقاط موردنظر با ارتفاع Z_i می باشد.

متوسط زبری، پارامتر دیگری است که با R_a نشان داده شده و با رابطه زیر تعریف می شود [۱]:

$$R_a = \iint_a |Z(x, y)| dx dy \quad (2)$$

پارامترهای یاد شده برای سه نمونه محاسبه و مقایسه می شوند. یکی دیگر از پارامترهای مورد بررسی اندازه دانه های سطح لایه نقره می باشد. شکل نشان می دهد که با افزایش دمای بازپخت، مقدار سطح دانه بزرگتر می شود [۷].



شکل (۱): رابطه اندازه دانه بندی لایه با درجه حرارت پخت

نمونه ها پس از لایه نشانی، با میکروسکوپ روبشی DualScope SPM DME مورد بررسی قرار گرفتند. تمامی تصاویر با روبش در یک سطح $2 \mu m \times 2 \mu m$ از زیرلایه به دست آمده اند. میزان زبری سطح نمونه ها نیز بدست آمده است. پارامترهای R_{rms} ؛ R_a مربوط به زبری سطح نیز محاسبه و بصورت خلاصه به صورت ستونی در جدول ۲ آمده است.

با توجه به اینکه بجز دمای زیرلایه برای انباشت لایه نقره سایر مشخصات مواد و شرایط لایه نشانی یکسان بوده است، نتایج

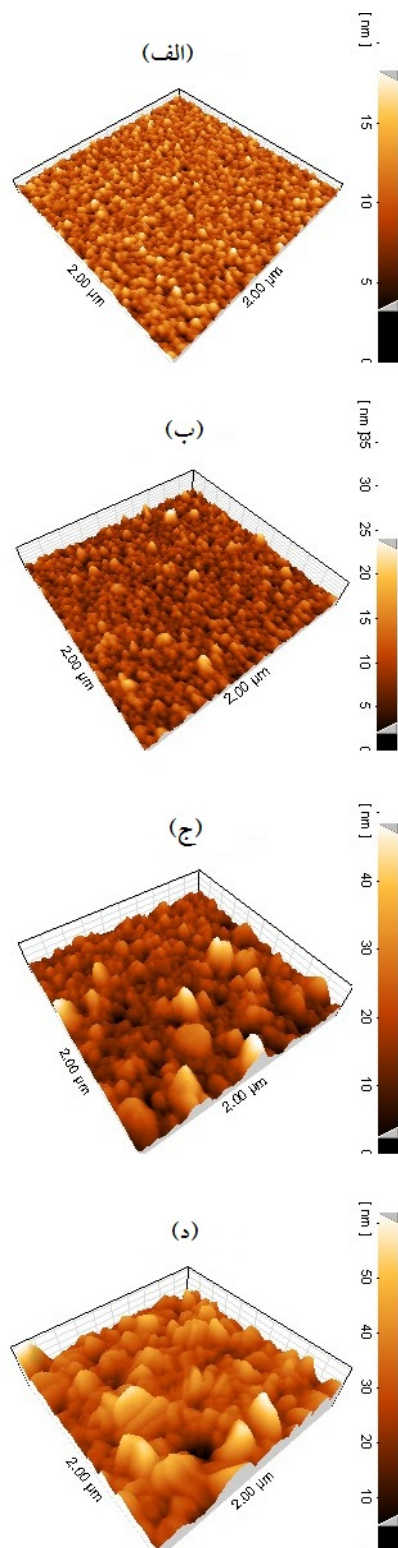
در آزمایش های انجام شده از یک لام شیشه ای به ابعاد $6 \times 2 \text{ cm}^2$ بعنوان زیرلایه استفاده شده است. برای تمیز کردن سطح زیرلایه ها، آنها را به مدت ۱۵ دقیقه در محلول اسید کلریدریک 0.02 مولار در دستگاه فرا صوتی جرم گیری کرده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در محلول استون در دستگاه فرا صوتی قرار داده و در پایان پس از شستشو با آب مقطر، زیرلایه ها توسط گاز نیتروژن خالص خشک گردیدند. لایه نشانی بوسیله دستگاه کندوپاش مغناطیسی انجام گرفت. به جز دما، شرایط لایه نشانی برای کلیه زیرلایه ها طبق جدول شماره ۱، یکسان بود. در ابتدا لایه نیکل و سپس لایه نقره روی نمونه ها انباشت گردید. لایه نیکل برای افزایش چسبندگی لایه نقره به زیرلایه شیشه ای استفاده گردید. نمونه اول در دمای 100 ، نمونه دوم در دمای 200 درجه و نمونه سوم در دمای 300 ، بازپخت شدند.

جدول شماره ۱، شرایط لایه نشانی لایه نیکل و نقره

پارامتر	نقره	نیکل
توان (W)	۱۰	۱۰۰
فشار اولیه (Torr)	10^{-7}	10^{-7}
فشار کاری (Torr)	10^{-2}	10^{-2}
حرارت °C	۳۰	۳۰
فلوی گاز آرگون Sccm	۳۰	۳۰
ضخامت (nm)	۱۰۰	۵۰

بحث و نتایج

برای بیان اندازه کمی زبری، بنا به نوع کاربرد می توان از پارامترهای مختلفی استفاده می کنند. در بحث لایه نازک کمیت R_{rms} (root



شکل ۲: تصاویر سه بعدی میکروسکوپ تونلی روبشی لایه های رشد داده شده نیکل و نقره (الف) در دمای اتاق (ب) بازپخت شده در دمای ۱۰۰°C، (ج) بازپخت شده در دمای ۲۰۰°C، (د) بازپخت شده در دمای ۳۰۰°C.

جدول ۲ و شکل های بدست آمده همگی بیانگر تأثیر مستقیم دمای بازپخت در چگالی لایه و یکنواختی سطح آن است.

جدول شماره ۲: مقدار فاکتورهای زبری برای سه نمونه

پارامتر زبری	نمونه ۱ بازپخت شده در دمای ۱۰۰°C	نمونه ۲ بازپخت شده در دمای ۲۰۰°C	نمونه ۳ بازپخت شده در دمای ۳۰۰°C
R_a (nm)	۲/۱۵	۳/۷	۴/۹
R_{rms} (nm)	۲/۸۱	۴/۸	۶/۷

همان طور که در تصاویر شکل ۲ مشاهده می شود، اندازه دانه ها پس از بازپخت افزایش یافته است. در هنگام انباشت، همه ذرات بخار که به سطح زیرلایه می رسند، تمایلی به انباشت در مکان های پر انرژی ندارند و در مکان هایی با مینیمم انرژی انباشت می شوند و لایه ای ناپایدار را تشکیل می دهند. وقتی لایه بازپخت می شود، ذرات انباشت یافته، فعال می شوند. در این حالت، دانه های کوچک به هم متصل می شوند و دانه های بزرگ را ایجاد می کنند و دانه های بزرگ تر، دانه کوچکتر در نزدیکی خود را جذب می کنند. بنابراین، اندازه دانه ها افزایش می یابد.

نتیجه گیری

در این مقاله تأثیر فرآیند بازپخت روی سطح لایه نازک نقره بدست آمده به روش کندوپاش مغناطیسی، در دماهای مختلف با استفاده از میکروسکوپ پروبی روبشی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها توسط میکروسکوپ روبشی نشان می دهد که مقدار سطح دانه ها، مطابق انتظار، با افزایش دما افزایش می یابد، همچنین زبری ریشه میانگین مربعی R_{rms} با افزایش دما، افزایش می یابد.

در دمای بالا اتم های برخوردی به سطح، انرژی بیشتری دریافت می کنند و بنابراین تحرک آنها بیشتر شده، در نقاط پایدار شبکه قرار گرفته و در نتیجه باعث رشد دانه در سطح و افزایش مقدار سطح دانه می شوند.

مرجع ها

- [۱] V. Kapaklis, P. Pouloupoulos, V. Karoutsos, Th. Manouras, C. Politis; "Growth of thin Ag films produced by radio frequency magnetron sputtering"; *Thin Solid Films* **510** (2006) 138-142
- [۲] Z. Rakocevic, R. Petrovic, S. Štrbac; "Surface roughness of ultra-thin silver films sputter deposited on a glass"; *Journal of Microscopy* **232**, No.3 (2008) 595-600
- [۳] R. Petrovic, S. Štrbac, N. Bundaleski, Z. Rakocevic; "Minimum površinske hrapavosti-tanki sloj Ag deponovan na staklu"; *Journal of the Serbian Chemical Society* **66**, No.7(2001) 483-490
- [۴] M. Del Re, R. Gouttebaron, J.P. Dauchot, P. Leclere, R. Lazzaroni, M. Wautelet, M. Hecq; "Growth and morphology of magnetron sputter deposited silver films"; *Surface and Coatings Technology* **151-152** (2002) 86-90
- [۵] S.R. Bhattacharyya, D. Datta, T.K. Chini, D. Ghose, I. Shyjumon, R. Hippler; "Morphological evolution of films composed of energetic and size-selected silver nanocluster ions"; *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, **267**, No.8-9 (2009) 1432-1435
- [۶] J. Lv, Fachun Lai, Limei Lin, Yongzhong Lin, Zhigao Huang, Rong Chen; "Thermal stability of Ag films in air prepared by thermal evaporation"; *Applied Surface Science* **253**, No.30 (2007) 7036-7040
- [۷] Milton Ohring; "*Materials Science of Thin Films: Deposition & Structure*"; 2001, Academic Press; 2 edition