

## اثر فشار محفظه بر رشد لایه های نانو کامپوزیت مس-کربن تهیه شده با کاربرد همزمان روشهای لایه نشانی RF-PECVD و RF-Sputtering

قدس الهی، طیبه<sup>۱</sup>؛ وساقی، محمد علی<sup>۱</sup>؛ شفیع خانی، عزیزاله<sup>۲</sup>؛ اولیایی، پروین<sup>۳</sup> و لامعی رشتی، محمد<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک دانشگاه شریف، تهران

<sup>۲</sup>مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات، تهران

<sup>۳</sup>دانشگاه الزهرا، تهران

<sup>۴</sup>پژوهشگاه علوم و تکنولوژی هسته ای، تهران

چکیده:

لایه های نانو کامپوزیت مس-کربن به روش همزمان RF-PECVD, RF-Sputtering از گاز استیلن وهدف مس رشد داده ایم. فرایند رشد در ناحیه ای که با تغییر فشار محفظه فرایند به کندوپاش فیزیکی در توان ثابت و فشار بحرانی ۱,۵ تا ۳ پاسکال تبدیل می شود، بررسی می شود. مقدار تخمینی انرژی متوسط یونها در این فشار بحرانی نزدیک به آستانه انرژی اسپاترینگ فیزیکی مس با یونهای استیلن است. با استفاده از این خاصیت و با تنظیم فشار اولیه از ۱,۳ تا ۶,۶ پاسکال لایه های نازک مس-کربن با محتویات مس متفاوت رشد داده ایم. محتویات مس این لایه ها با استفاده از پراکندگی راترفورد (RBS) و اسپکتروسکوپی امواج ایکس (XPS) تعیین شد. تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) و پراش امواج ایکس (XRD) بر تشکیل نانو ذرات مس دلالت دارند.

### Effect of chamber pressure on the growth of nanoparticles copper-carbon composite films prepared by simultaneous use of RF-PECVD and RF-Sputtering deposition technique

Ghods Elahi, Tayebeh<sup>1,2</sup>, Vesaghi, Mohamad Ali<sup>1,2</sup>, Shafiekhani, Azizollah<sup>2,3</sup> Ollaiy, Parvin<sup>4</sup> and Lameii Rashti, Mohamad<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Physics Department Sharif University of Technology, Tehran,

<sup>2</sup>Institutefor studies in theoretical physics and mathematics, Tehran

<sup>3</sup>Physics Department, Alzahra University, Tehran

<sup>4</sup>Nuclear Science Research School, Tehran

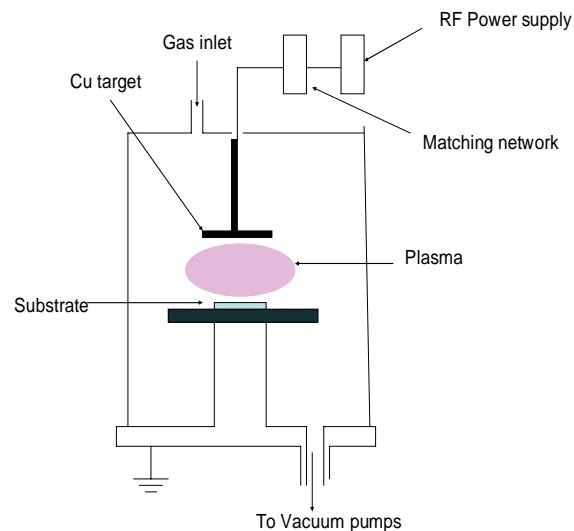
#### Abstract

Nanoparticle copper/carbon composite films were prepared by Co-deposition of RF-Sputtering and RF-PECVD method from acetylene gas and copper target. We investigate deposition process in the region where by changing pressure, the process converts to

physical sputtering mode in constant power regime and at a critical pressure between 1.5 to 3 Pa. The estimated value of mean ion energy at this critical point of pressure is close to threshold energy of physical sputtering of copper atoms by acetylene ions. By utilizing this property and by setting initial pressure from 1.3 to 6.6 Pa, nanoparticles copper/carbon composite films were grown with different copper content. The Copper content of our films was obtained by Rutherford Back Scattering (RBS) and X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS). Atomic force microscopy (AFM) image and X-ray diffraction (XRD) indicated that copper nanoparticles were formed in our films.

مقدمه: در سالهای اخیر لایه های نازک نانو کامپزیت های مس-کربن علاقه زیادی را به خود جلب کرده اند. این لایه ها پتانسیل کاربردی در میدانهای مختلف اپتیک، الکترونیک و بیولوژی دارند [1,2]. این لایه ها به روشهایی که بیشتر شیمی تر می باشد ساخته می شوند. روش تر محدودیت کار بردی در قطعات اپتیکی و الکترونیکی لایه ها ایجاد می کند [3]. در این گزارش ما روش رشد همزمان RF-Sputtering, RF-PECVD که غیر شیمی تر است، معرفی می کنیم و همچنین فرایند رشد این روش را بررسی می نماییم.

آزمایش: لایه های نازک نانو کامپزیت های مس-کربن با استفاده از یک دستگاه RF با فرکانس ۱۳.۵۶ مگا هرتز، از گاز استیلن و هدف مس ساخته شد. لایه نشانی روی شیشه و سیلیکن در دمای اتاق انجام شد. نمایی از محفظه در شکل ۱. نشان داده شده است.

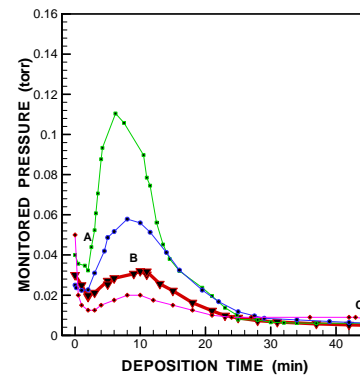


شکل ۱: نمای محفظه لایه نشانی.

لایه نشانی در توان ثابت ۲۰۰ وات و فشار متغییر بین ۱.۳ تا ۶.۶ پاسکال انجام شد. ضخامت لایه ها با استفاده از  $\alpha$ -step اندازه گیری شد که ۲۰ تا ۱۵۰ نانومتر بدست آمد. آنالیز RBS با استفاده از پروتونهای با انرژی ۱.۴ تا ۱.۸ مگا

الکترون ولت انجام شد. آنالیز XPS با استفاده از منبع آلومینیوم انجام گرفت. تصاویر AFM اندازه دانه ها را نشان می دهد و XRD تشکیل نانو ذرات مس را نتیجه می دهد.

نتایج و بحث: ما فرایند رشد این لایه ها بخصوص فرایند اسپاترینگ را بررسی می کنیم. در حین هر ساخت در توان ثابت، فشار محفظه خوانده می شود. تغییرات فشار بر حسب زمان برای چهار لایه نشانی با فشار اولیه متفاوت در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می شود، برای هر لایه نشانی ابتدا فشار تا یک نقطه بحرانی بین ۱،۵ تا ۳ پاسکال کاهش می یابد. سپس فشار تا یک مقدار بیشینه تقریباً هشت دقیقه افزایش می یابد. بعد فشار با نرخ کمتر کاهش می یابد. مهمترین کمیت برای توضیح فرایند ساخت و خصوصیت لایه های رشد یافته انرژی متوسط یونهای که به هدف برخورد می کنند، می باشد. توان RF به الکتروود کوچکتر اعمال می شود. RF بین الکتروودها پلاسما تولید می کند. تحرک بیشتر الکتروونها نسبت به یونها سبب تراکم یونها در غلاف نزدیک الکتروودها می شود. یک ولتاژ منفی DC روی الکتروود کوچکتر ایجاد می شود. ولتاژ RF بین غلاف دو الکتروود به نسبت مساحتهاشان تقسیم می شود  $[4] V_1/V_2 = (A_2/A_1)^2$ . الکتروود کوچکتر نسبت به بزرگتر منفی می شود. این ولتاژ منفی به یونهای هیدروکربن مثبت به طرف هدف شتاب می دهد. یونها به نسبت  $\lambda/d$  (پوشش آزاد و  $d$  پهنای غلاف) در عبور از غلاف انرژی از دست می دهند. پوشش آزاد یونها در فشار ۲،۵ پاسکال ۳ میلیمتر بدست آمد. پهنای غلاف از قانون لانگمیر  $d = 1.018 L (V/T)^{3/4}$  تقریباً ۱۰ میلیمتر تخمین زده شد [5].

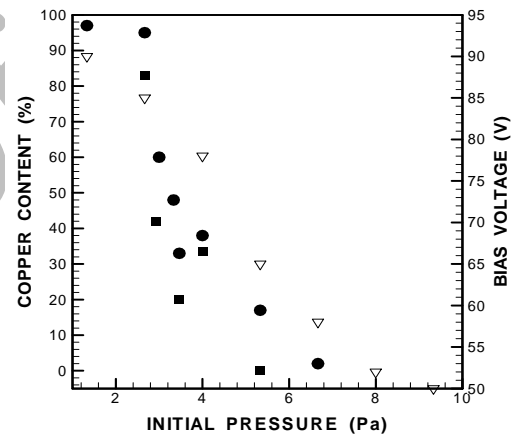


شکل ۲: تغییرات فشار محفظه حین لایه نشانی بر حسب زمان برای نمونه های با فشار اولیه متفاوت .

ما ولتاژ بایاس رادرفشارهای مختلف محفظه اندازه گرفتیم. ولتاژ بایاس بدست آمده با رابطه  $V_b \sim W / P^{1/2}$  سازگار است. P فشار محفظه و W توان RF است. بر اساس توضیحات بالا میانگین انرژی یونها که به هدف برخورد می کنند در فشار ۲،۵ پاسکال ۲۶ الکترون ولت بدست آمد. این عدد نزدیک به آستانه انرژی کندوپاش فیزیکی مس می باشد. آستانه انرژی کندوپاش فیزیکی از این رابطه بدست می آید [6].

$$E_{th} = E_s (M_1 + M_2)^4 / 4M_1M_2 (M_1 - M_2)^2$$

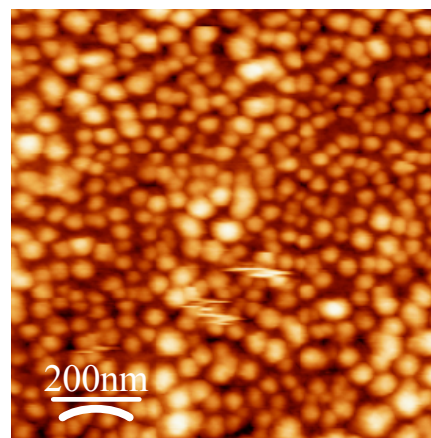
که  $E_s$  انرژی پیوند سطحی هدف،  $M1$  و  $M2$  به ترتیب جرم یونهای فرودی و اتمهای هدف می باشند. بر اساس رابطه بالا آستانه انرژی کندوپاش فیزیکی اتمهای مس با یونهای استیلن ۲۴ الکترون ولت بدست می آید. با استفاده از این نتایج و شکل ۲. ما می توانیم فرایند رشد و کندوپاش را توضیح دهیم. در شکل ۲ کاهش اولیه فشار به نرخ بالای نشست کربن مربوط می شود. در این شرایط همچنین یک کندو و پاش شیمیایی کم از اتمهای مس می توان داشت. نرخ انباشت کربن از نرخ ورود گاز هیدروکربن به محفظه بیشتر است بنابراین این فشار کاهش می یابد. وقتی فشار به ۲,۵ پاسکال می رسد، متوسط انرژی یونهای هیدرو کربن برای کندوپاش فیزیکی اتمهای مس مناسب می شود. اتمهای مس کنده شده فشار محفظه را افزایش می دهند. افزایش فشار ادامه می یابد تا دوباره انرژی متوسط یونها کمتر از آستانه انرژی کندوپاش فیزیکی شود. این نقطه، نقطه قطع کندو پاش فیزیکی می باشد. بنابراین فشار کاهش می یابد. اما هنوز نشست کربن و یک کندو و پاش شیمیایی کم از مس داریم. اثر فشار اولیه محفظه بر محتویات مس نمونه ها بررسی شد. محتویات مس نمونه ها بر حسب فشار اولیه محفظه در شکل ۳ آمده است.



شکل ۳: محتویات مس نمونه ها بر حسب فشار اولیه. نتایج RBS (دایره ها) و نتایج XPS (مربع ها) و ولتاژ بایاس بر حسب فشار (مثلث ها)

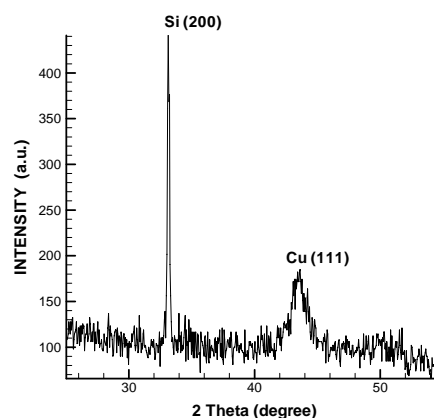
محتویات مس لایه ها از RBS و محتویات مس سطح لایه ها از XPS بدست آمد. همچنین تغییرات ولتاژ بایاس اندازه گیری شده بر حسب فشار در این شکل آمده است. تغییرات محتویات مس بر حسب فشار اولیه و ولتاژ بایاس بر حسب فشار شبیه هم هستند. نرخ کندو پاش متناسب است با ولتاژ بایاس و ولتاژ بایاس نیز بطور معکوس با فشار متناسب می باشد. فشار اولیه محفظه اثر مهمی روی محتویات مس دارد. با استفاده از این خاصیت لایه هایی با درصد مس متفاوت و شامل نانو ذرات مس با اندازه های متفاوت ساخته شد. درصد مس این لایه ها ۲٪ تا ۹۷٪ از آنالیز RBS بدست آمد.

تصاویر AFM بر تشکیل نانو ذرات با قطر ۲۰ تا ۶۰ نانومتر دلالت دارد. شکل ۴. تصویر نوعی از این نمونه ها را نشان می دهد.



شکل ۴: تصویر AFM از نمونه شامل ۴۰٪ مس.

این نمونه شامل ۴۰٪ مس می باشد. همچنین نتایج XRD شاهد دیگری بر تشکیل نانو ذرات مس می باشد که نمونه نوعی آن در شکل ۵ آمده است. این نمونه شامل ۵۰٪ مس می باشد.



شکل ۵: پراش امواج ایکس از نمونه شامل ۵۰٪ مس.

نتیجه گیری: لایه های نانو کامپوزیت مس- کربن به روش رشد همزمان RF-Sputtering, RF-PECVD از گاز استیلن و هدف مس رشد داده ایم. فرایند رشد در ناحیه ای که با تغییر فشار محفظه فرایند به کندوپاش فیزیکی تبدیل می شود، بررسی شد. کاهش اولیه فشار محفظه به نرخ بیشتر انباشت کربن نسبت به نرخ ورود گاز هیدروکربن، مربوط می شود. وقتی فشار به ۲,۵ پاسکال می رسد، متوسط انرژی یونهای هیدرو کربن برای کندوپاش فیزیکی اتمهای مس مناسب می شود. اتمهای مس کنده شده فشار محفظه را افزایش می دهند. افزایش فشار ادامه می یابد تا دوباره انرژی متوسط یونها کمتر از آستانه انرژی کندوپاش فیزیکی می شود. این نقطه، نقطه قطع کندوپاش فیزیکی می باشد. بنابراین فشار کاهش می یابد. با استفاده از این خاصیت و با تنظیم فشار اولیه از ۱,۳ تا ۶,۶ پاسکال لایه های نازک مس - کربن با محتویات مس متفاوت رشد داده ایم.

سپاسگزاری

از همکاری خانم واثقی نیا و آقای رفیعی صمیمانه تشکر می‌کنیم.

مراجع:

- [۱] L. Huang, H. Jiang, J. Zhang, Z. Zhang and P. Zhang, *Electrochemistry Communications*, 8(2006)262.
- [۲] S. Hussain, R.K. Roy and A. K. Pal, *J.Phys.D*, 38(2005)900.
- [۳] Yong Lei and Wai-Kin Chim, *J. AM. CHEM. SOC* **127**, (2005) 1487.
- [۴] J. Robertson, *Materials Science and Engineering*, R37(2002)129.
- [۵] M. Spolaore, V. Antoni, M. Bagatin, A. Buffa, R. Cavazzana, D. Desideri, E. Martines, N.Pomaro, G.Serianni and L. Tramontin, *Surface and Coatings Technology*, 116 (1999)1083.
- [۶] J. Roth, *Nuclear Fusion Research*, R.E.H. Clark, D.H. Reiter(Eds.), springer (2005), p204.

Archive of SID