

مطالعه توپوگرافی و خواص ساختاری لایه‌های آمورف کربن نیکل با توزیع‌های متفاوت فلزی

نسترن آساره، ولی دلوجی

دانشگاه ملایر، دانشکده علوم، گروه فیزیک

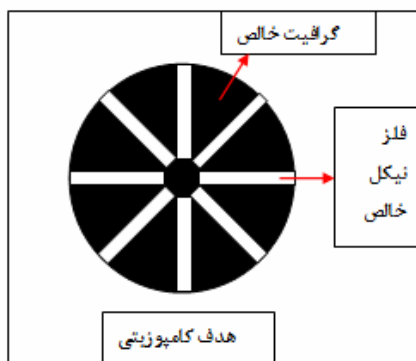
چکیده: در این مقاله خواص ساختاری لایه‌های آمورف کربن نیکل ساخته شده از هدف‌های گرافیتی با مقادیر مختلف نیکل از ۱/۸۷ تا ۴/۶۴ درصد مورد مطالعه قرار می‌گیرند. توپوگرافی در لایه‌های انباشت شده در ۱/۷۸، ۳/۲۱ و ۴/۶۴ درصد دارای یک افت و خیزی حول یک نانومتر ولی در لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد دارای افت و خیزی حول ۲۰ پیکومتر است. لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد دارای کمترین مقدار سد پتانسیل در حدود ۰/۰۰۳۱ الکترون ولت است. این لایه‌ها همچنین دارای کمترین مقدار اندازه عرضی نانوذرات در حدود ۴۰ نانومتر هستند. انباشت لایه‌ها دارای یک فرآیند گذار غیرفلز-فلز در ۳/۹۲ درصد است.

۱- مقدمه

امروزه نانومواد نقش مهمی در شاخه‌های مختلف علوم مانند مواد، مهندسی و پزشکی ایفا می‌کنند [۱ و ۲]. یکی از پرکاربردترین مطالعات ساختاری لایه‌های نازک از مواد، تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از تصاویر AFM است. مطالعه توپوگرافی سطح لایه‌ها و ارتباط آن با خواص الکتریکی لایه‌ها می‌تواند در بهبود عملکرد آنها مفید باشد. مقدار زبری سطح لایه‌ها در کیفیت و نوع کاربرد لایه‌ها می‌تواند نقش بسزایی داشته‌باشد [۳]. لایه‌های آمورف کربن تزریق شده با فلزات دارای کاربردهای فراوانی در علوم پزشکی، الکترونیک، مکانیک و اپتیک هستند [۴، ۵]. در کار حاضر تاثیر محتوا و توزیع نانوذرات نیکل درون لایه‌های ساخته شده روی توپوگرافی سطح و مقدار انرژی سد پتانسیل تولید شده در بین نانوذرات درون لایه‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۲- روش تهیه لایه‌ها

لایه‌های آمورف کربن فلز روی زیر لایه‌های شیشه‌ای توسط روش کندوپاش مغناطیسی با فرکانس رادیویی ساخته می‌شوند. تیکه‌هایی از نیکل خالص روی هدف گرافیتی خالص با طولی در حدود ۴۰ میلی‌متر چسپیده می‌شوند. درصد سطحی این تیکه‌ها روی هدف‌ها به ترتیب ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ درصد بودند. فشار پایه محفظه کندوپاش ۵-۲×۱۰ میلی‌بار و فشار کاری در حدود ۲-۲×۱۰ میلی‌بار در نظر گرفته شدند.

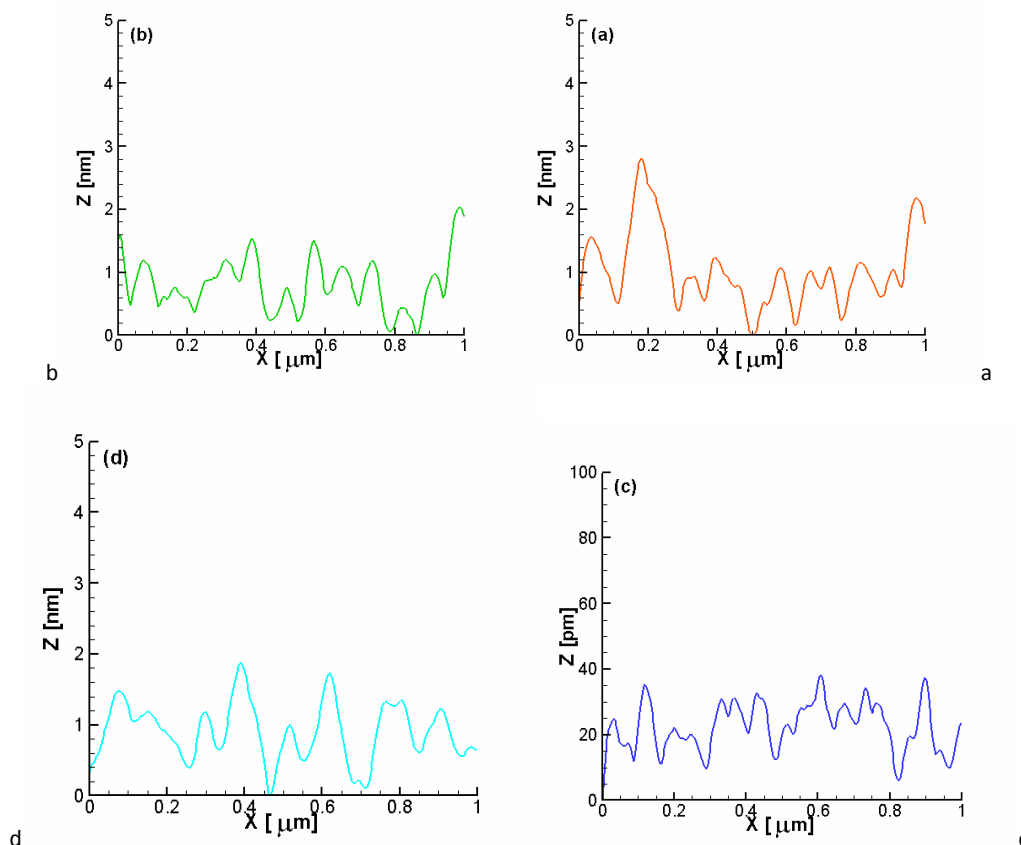


شکل ۱- تصویر شماتیکی هدف کامپوزیتی گرافیت و نیکل.

لایه‌ها در مدت زمان یک‌سان ۳ دقیقه و توان ۴۰۰ وات انباشت شدند. فاصله هدف تا زیر لایه ۶۰ میلی‌متر بود. تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی برای مشخصه‌یابی مورفولوژی لایه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. محتوای نیکل موجود در لایه‌ها توسط مطالعات پراکندگی انرژی اشعه ایکس EDAX انجام شد. تصویر هندسه هدف شامل گرافیت و نیکل به صورت شماتیکی در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳- نتایج و بحث

شکل های ۲ (a)، (b)، (c) و (d) به ترتیب تغییرات ارتفاع Z نانوذرات روی سطح را نسبت به محور X برای لایه های انباشت شده در نسبت های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ نشان می دهد. نظر به اینکه اندازه روبش روی سطح لایه ها توسط دستگاه میکروسکوپ نیروی اتمی AFM در حدود ۱×۱ میکرومتر مربع است بنابراین حداکثر مقدار عددی روی محور X ها همان یک میکرومتر است. تغییرات ارتفاع در روی سطح روبش شده لایه ها نشان می دهد که لایه ها در ۳/۹۲ درصد یک تغییر فاز شدید بدست می آورند به طوری که لایه های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد حول ۲۰ پیکومتر که در حدود ۰/۰۰۱ حالت های دیگر است و نشان می دهد که لایه ها در این حالت اولاً خیلی هموار هستند و ثانیاً می توانند دارای یک تغییر فاز باشند.

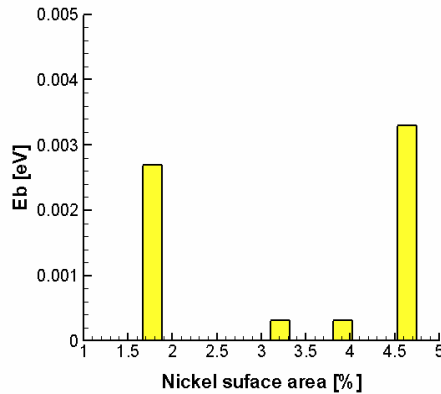


شکل ۱- تغییرات ارتفاع Z نانوذرات روی سطح بر حسب محور X برای لایه های انباشت شده در نسبت های سطحی مختلف نیکل (a) ۱/۷۸، (b) ۳/۲۱، (c) ۳/۹۲، (d) ۴/۶۴ درصد.

سدهای پتانسیل ایجاد شده توسط نواحی عایق بین نانوذرات فلزی دارای یک مقدار انرژی هستند که توسط رابطه زیر بدست می آید:

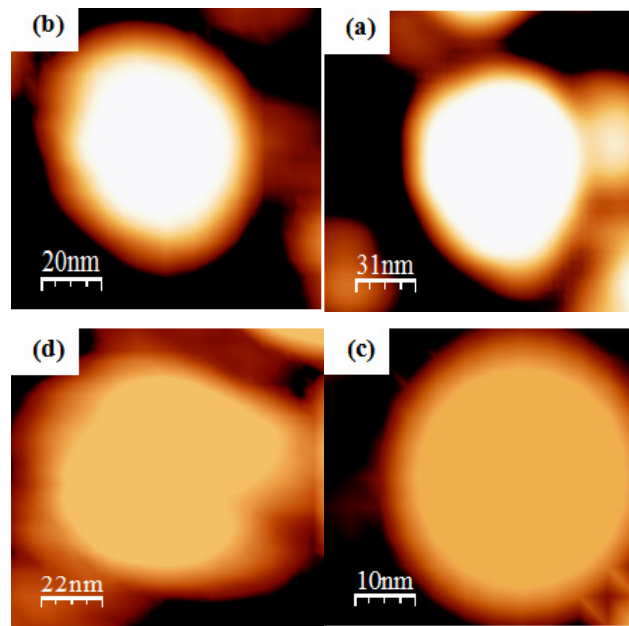
$$E_b = \alpha^2 h^2 / 4\pi^2 m^*$$

که در این رابطه α عکس طول جایگزیدگی بین مراکز پرش حامل هاست و h ثابت پلانک و m^* جرم موثر حامل هاست. شکل ۳ تغییرات انرژی سدهای پتانسیل بین نانوذرات روی سطح را نسبت به نسبت های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ نشان می دهد. همچنانکه در این شکل مشاهده می شود این مقدار انرژی از لایه های انباشت شده در ۱/۷۸ درصد تا لایه های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد کاهش می یابد و به مقدار کمینه ۰/۰۰۳۱ الکترون ولت می رسد و در لایه های انباشت شده در ۴/۶۴ درصد به حدود ۰/۰۰۳۳ الکترون ولت می رسد که خود نشان دهنده همان تغییر فاز ایجاد شده در لایه های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد است. بررسی های بیشتر نشان می دهد که یک فرایند گذار از غیر فلزی به فلزی در لایه های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد و یک فرایند گذار فلزی به غیر فلزی در لایه های انباشت شده در ۴/۶۴ درصد اتفاق می افتد.



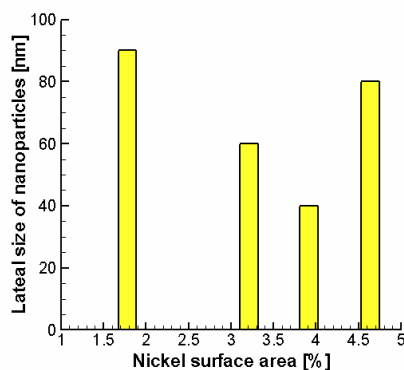
شکل ۲- تغییرات انرژی سدهای تانسیل بین نانوذرات روی سطح برای لایه‌های انباشت شده در نسبت‌های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ درصد.

شکل ۴ (a)، (b)، (c) و (d) به ترتیب تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی AFM نانوذرات روی سطح لایه‌ها را در نسبت‌های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ نشان می‌دهد. توسط این تصاویر می‌توان اندازه عرضی نانوذرات روی سطح را تخمین زد. این مقادیر برای لایه‌های انباشت شده در نسبت‌های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ به ترتیب در حدود ۹۰، ۶۰، ۴۰ و ۸۰ نانومتر است. بنابراین تا ۳/۹۲ درصد تغییرات اندازه عرضی نانوذرات روی سطح لایه‌ها به صورت کاهشی و آن طرف ۳/۹۲ درصد این تغییرات به صورت افزایشی است. این مقادیر اندازه‌ها ارتباط مستقیمی به مقادیر انرژی سد پتانسیل بین نانوذرات فلزی دارد. بنابراین کوچک بودن نانوذرات فلزی این امکان را به وجود می‌آورد که تعداد بیشتری از آنها به طوری در کنار هم قرار گیرند که مقدار ضخامت عایق بین آنها به کمترین مقدار خود برسد در نتیجه لایه‌ها به فاز فلزی نزدیک می‌شوند.



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی AFM نانوذرات روی سطح لایه‌ها را در نسبت‌های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸ (a) ۳/۲۱ (b) ۳/۹۲ (c) ۴/۶۴ (d) درصد.

تغییرات اندازه عرضی نانوذرات روی سطح لایه‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است. همچنانکه در بالا اشاره شد برای لایه‌های انباشت شده تا ۳/۹۲ درصد این تغییرات کاهشی و برای لایه‌های انباشت شده از ۳/۹۲ تا ۴/۶۴ درصد این تغییرات افزایشی است.



شکل ۴- تغییرات اندازه عرضی نانوذرات روی سطح لایه‌ها برای لایه‌های انباشت شده در نسبت‌های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ درصد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله خواص ساختاری لایه‌های آمورف کربن نیکل ساخته شده با استفاده از روش کندوپاش با تاکید بر توپوگرافی سطح و مقادیر انرژی سد پتانسیل ایجاد شده بین نانوذرات فلزی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. توپوگرافی سطح لایه‌ها از ۱/۷۸ تا ۳/۹۲ درصد کاهش یافت سپس از ۳/۹۲ تا ۴/۶۴ درصد افزایش یافت. لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد دارای کمترین اندازه عرضی در حدود ۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان دادند که فرآیند رشد لایه‌ها ممکن است دارای گذار از حالت غیرفلز به فلز و یا برعکس باشند.

مراجع

- [1] L. Dejam, S.M. Elahi, H.H. Nazari, H. Elahi, S. Solaymani, A. Ghaderi, J. Mater. Sci.: Mater. Electron. 27 (2016) 685.
- [2] S. Talu, M. Bramowicz, S. Kulesza, A. Shafiekhani, A. Ghaderi, F. Mashayekhi, & S. Solaymani, Ind. Eng. Chem. Res. 54(33), (2015) 8212.
- [3] S. Talu, S. Stach, T. Ghodselahi, A. Ghaderi, S. Solaymani, A. Boochani, & Z. Garczyk, J. Phys.Chem.B.119(17), (2015) 5662.
- [4] V. Dalouji, S.M. Elahi, A. Ghaderi, S. Solaymani, Chin. Phys. Lett. 33 (5) (2016) 057203.
- [5] V. Dalouji, S. Elahi, S. Solaymani, A. Ghaderi, H. Elahi, Appl. Phys. A 122 (5) (2016) 541.