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

**نسترن آساره، ولی دلوجی**

دانشگاه ملایر، دانشکده علوم، گروه فیزیک

dalouji@yahoo.com

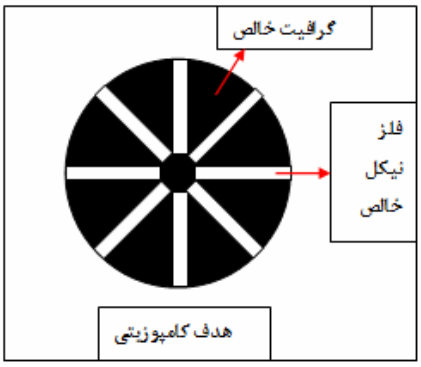
**چکیده:** در این مقاله خواص ساختاری لایه‌های آمورف کربن نیکل ساخته شده از هدف‌های گرافیتی با مقادیر مختلف نیکل از ۱/۸۷ تا ۴/۶۴ درصد مورد مطالعه قرار می‌گیرند. توپوگرافی در لایه‌های انباشت شده در ۱/۷۸، ۳/۲۱ و ۴/۶۴ درصد دارای یک افت و خیزی حول یک نانومتر ولی در لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد دارای افت وخیزی حول ۲۰ پیکومتر است. لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد دارای کمترین مقدار سد پتانسیل در حدود ۰۰۰۳۱/. 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 [۱و۲]. 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 [۵،۴]. 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 لایه ها 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 کندوپاش۵-۱۰×۲ میلی‌بار و فشار کاری در حدود ۲-۱۰×۲ میلی بار در نظر گرفته شدند. 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 مشخصه یابی 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.



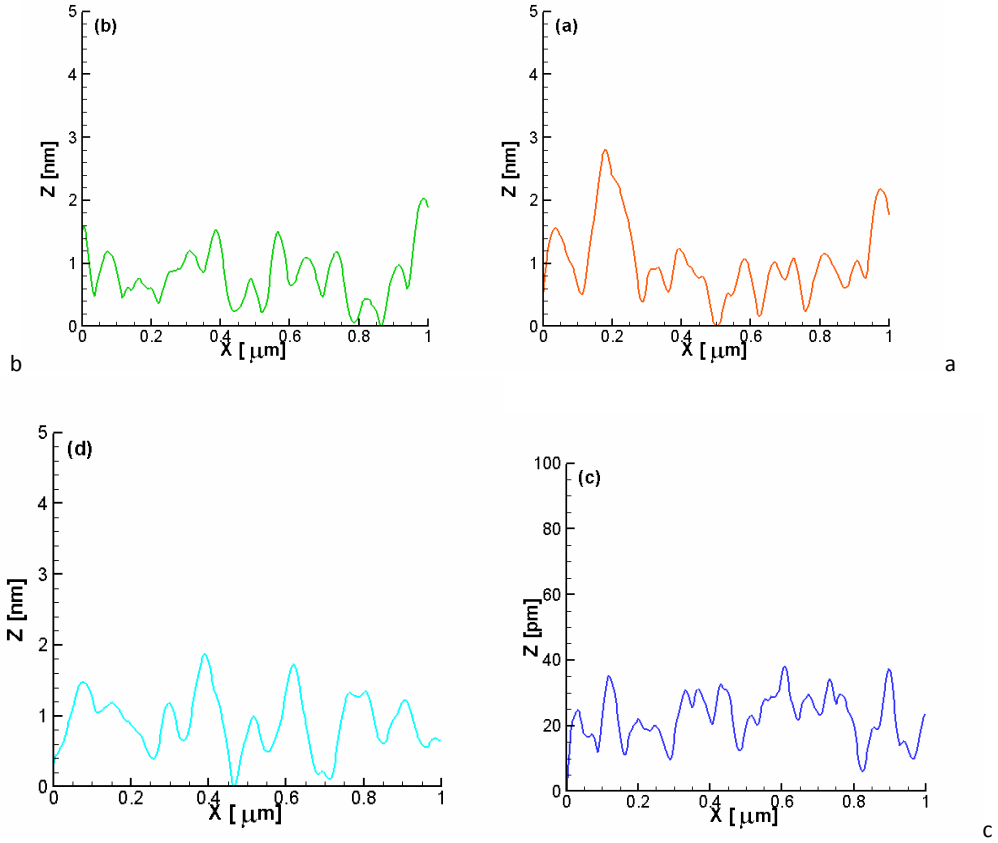

**شکل ۱-** تصویر شماتیکی هدف کامپوزیتی گرافیت و نیکل.



[ Downloaded from jicers.ir on 2026-10-06 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353351.1397.4.56.5.5 ]

## ۳- نتایج و بحث

شکل‌های ۲ (a)، (b)، (c) و (d) به ترتیب تغییرات ارتفاع Z نانوذرات روی سطح را نسبت به محور X برای لایه‌های انباشت شده در نسبت‌های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ نشان می‌دهد. نظر به اینکه اندازه روبش روی سطح لایه‌ها 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 لایه‌ها نشان می‌دهد که لایه‌ها در ۳/۹۲ درصد یک تغییر فاز شدید بدست می‌آورند به طوری که لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد حول ۲۰ پیکومتر که در حدود ۰۰۱/. حالت‌های دیگر است و نشان می‌دهد که لایه‌ها در این حالت اولا خیلی هموار هستند و ثانیا می‌توانند دارای یک تغییر فاز باشند.




**شکل ۱**- تغییرات ارتفاع Z نانوذرات روی سطح بر حسب محور X برای لایه‌های انباشت شده در نسبت‌های 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 می‌آید:

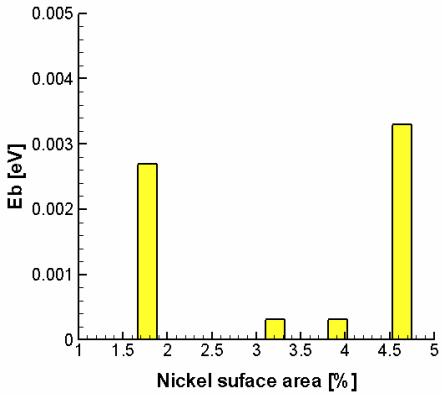
$$E_b = \alpha^2 h^2 / 4\pi^2 m^*$$

که در این رابطه α عکس طول جایگزیدگی بین مراکز پرش حامل‌هاست و h ثابت پلانک و m* جرم موثر حامل‌هاست.

شکل ۳ تغییرات انژی سدهای پتانسیل بین نانوذرات روی سطح را نسبت به نسبت‌های سطحی مختلف نیکل ۱/۷۸، ۳/۲۱، ۳/۹۲ و ۴/۶۴ نشان می‌دهد. همچنانکه در این شکل مشاهده می‌شود این مقدار انرژی از لایه‌های انباشت شده در ۱/۷۸ درصد تا لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد کاهش می‌یابد و به مقدار کمینه ۰۰۰۳۱/. الکترون ولت می‌رسد و در لایه‌های انباشت شده در ۴/۶۴ در صد به حدود ۰/۰۰۳۳ الکترون ولت می‌رسد که خود نشان دهنده همان تغییر فاز ایجاد شده در لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد است. بررسی‌های بیشتر نشان می‌دهد که یک فرایند گذار از غیر فلزی به فلزی در لایه‌های انباشت شده در ۳/۹۲ درصد و یک فرایند گذار فلزی به غیر فلزی در لایه‌های انباشت شده در ۴/۶۴ درصد اتفاق می‌افتد.

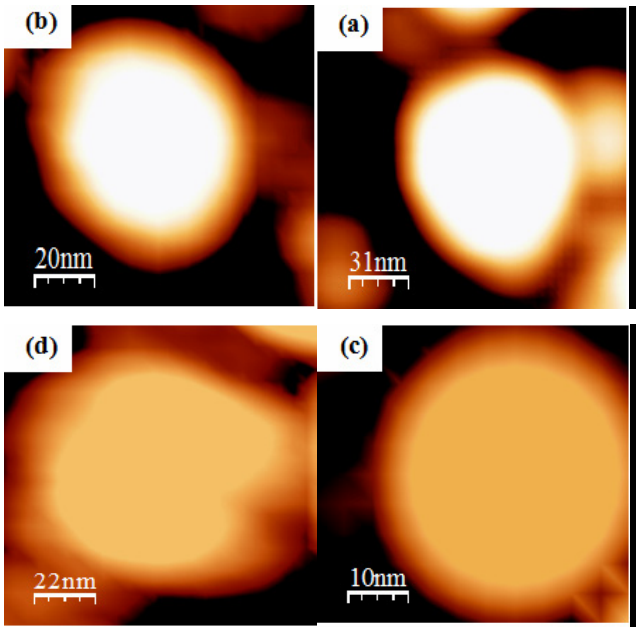


[ Downloaded from jicers.ir on 2026-10-06 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353351.1397.4.56.5.5 ]




**شکل ۲**- تغییرات انژی 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.

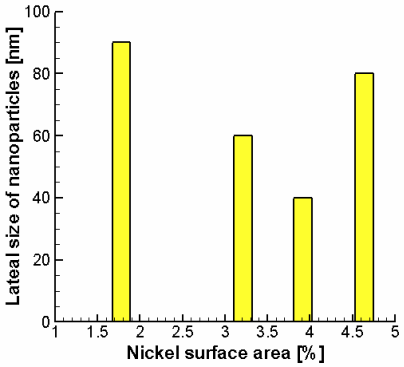



**شکل ۳**- تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی AFM نانوذرات روی سطح لایه‌ها را در نسبت‌های سطحی مختلف نیکل (a) ۱/۷۸ (b) ۳/۲۱ (c) ۳/۹۲ (d) ۴/۶۴ درصد.

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.



[ Downloaded from jicers.ir on 2026-10-06 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353351.1397.4.56.5.5 ]




**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 اندازه گیری 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.

[ Downloaded from jicers.ir on 2026-10-06 ]

[ DOR: 20.1001.1.17353351.1397.4.56.5.5 ]