

# بررسی خواص ساختاری و رسانندگی لایه‌های نازک مجسمه سازی شده ال-شکل و پنتاگون-شکل

مریم مال میر

۱. دانشکده فیزیک، دانشگاه لرستان  
EMAIL: malmir.m@lu.ac.ir

## یافته‌ها

به این ترتیب نانو ساختار با مقطع پنج ضلعی، نانو ساختار پنتاگون-شکل، با طول هر بازو برابر با ۳۵۰ nm ساخته می‌شود.

مشخصات ساختاری با میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی FESEM، شکل ۱، و میکروسکوپ نیروی اتمی AFM، شکل ۲، بررسی شد، تشکیل نانو ساختارها با تقارن ال-شکل و پنتاگون-شکل در این شکل‌ها مشهود است. جهت‌گیری بازوها به وسیله خط‌هایی در شکل‌ها نشان داده شده‌اند. نتایج استخراج شده از میکروسکوپ نیروی اتمی، با استفاده از کد JMicoVision، محاسبه و در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: داده‌های استخراج شده از تصاویر AFM، اندازه‌ی دانه‌ها،  $D_{AFM}$  و  $R$  زبری سطح و اندازه‌ی زاویه‌ی تماسی.

	$D_{AFM}$ (nm)	$R_{ave}$ (nm)	$\sigma(S/cm) - \sigma(S/cm)$	
			$0^\circ$	$90^\circ$
نانو ساختار ال-شکل	۱۹۲	۱۶	$5/9 \times 10^3$	$6/0.4 \times 10^3$
نانو ساختار-پنتاگون شکل	۲۴۴	۱۸	$19/19 \times 10^3$	$18/86 \times 10^3$

## چکیده

مطالعه‌ی حاضر با استفاده از روش لایه‌نشانی خراشی (GLAD) به ساخت لایه‌های نازک مجسمه-سازی شده‌ی نقره با تقارن ال-شکل و پنتاگون-شکل می‌پردازد. خواص ساختاری لایه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترون روبشی گسیل میدانی (FESEM) و میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) بررسی شد. با استفاده از روش مقاومت dc، به کمک نمودارهای جریان-ولتاژ، رسانندگی لایه‌ها استخراج شد. نتایج نشان داد که، لایه‌های نازک مجسمه سازی شده هر دو از جنس نقره بوده، اما تفاوت در تقارن ساختاری سبب تفاوت در اندازه دانه‌ها و رسانندگی آن‌ها شده است.

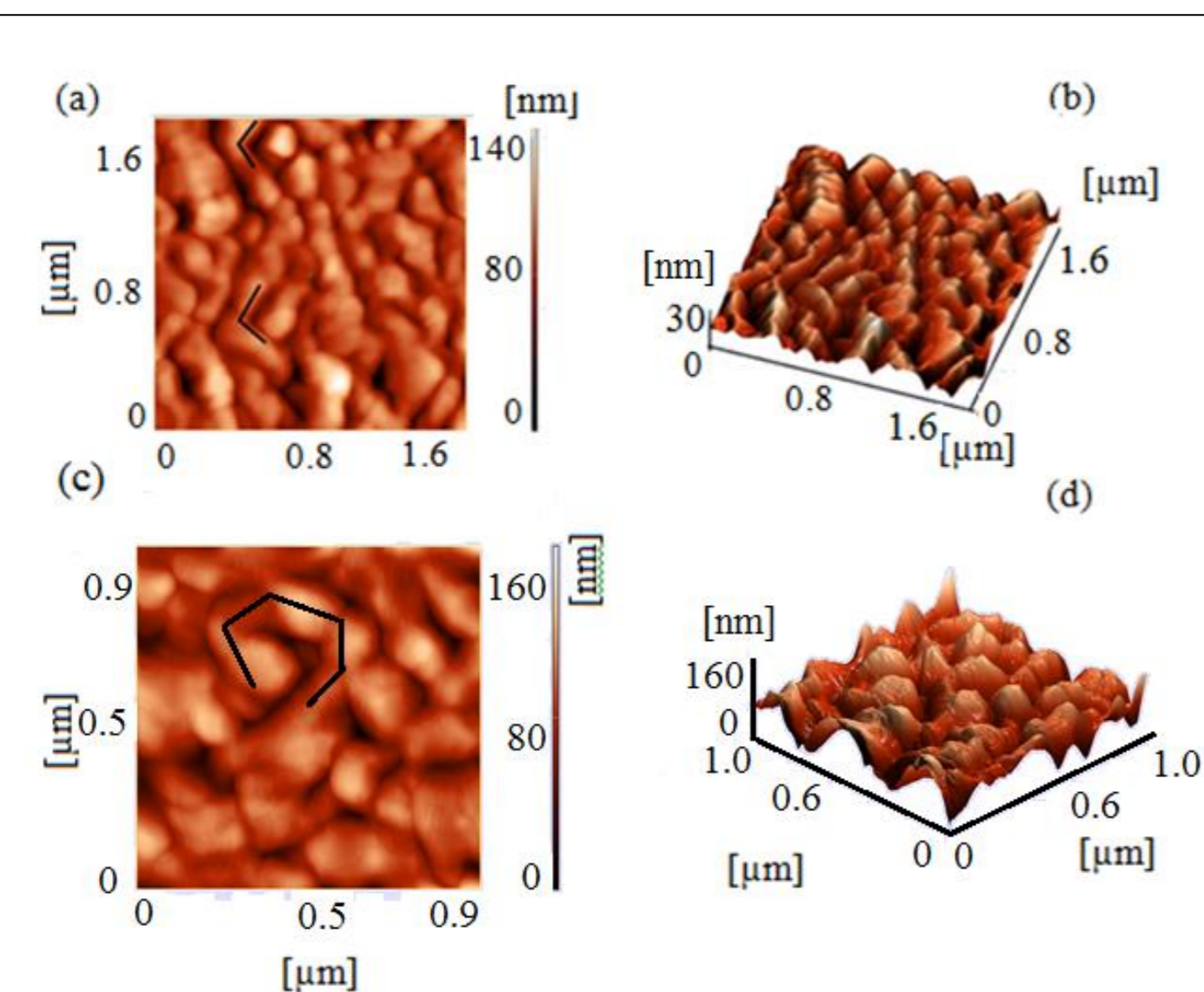
## مقدمه

در سال‌های اخیر، لایه‌های نازک انباشت شده به روش زاویه‌ی مایل (OAD) که یک روش انباشت فیزیکی است بسیار مورد توجه قرار گرفته است، با این روش نانو ساختارهایی متنوع با ناهمسانگردی ساختاری تولید می‌شوند. در لایه نشانی با زاویه‌ی مایل وقتی زاویه‌ی شار بخار فرودی بیشتر از ۸۵ درجه باشد، روش، لایه نشانی زاویه‌ی خراشی نام دارد (GLAD) که همراه با چرخش زیر لایه حول عمود بر سطح زیر لایه است. و اصطلاحاً با این روش نانو ساختارهای مهندسی شده ایجاد می‌شوند [۱ و ۲]. نانو ساختارهایی با شکل‌های متنوع زیگ-زاگ، فنر مانند و.. با کاربردهای متنوع با این روش ساخته می‌شوند [۳]. در این مطالعه به ساخت نانو ساختارهای ال-شکل و پنتاگون-شکل می‌پردازیم و خواص الکتریکی و رسانندگی آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

## مواد و روش‌ها

نقره با درصد خلوص ۹۹/۹۹٪ از بوت‌هی تنگستن به روش تبخیر مقاومتی، در دمای اتاق، روی زیرلایه‌ی  $15 \times 15 \text{ mm}^2$  از جنس شیشه، انباشت شد. زیرلایه به روش آلتراسونیک در استون و سپس در اتانول، کاملاً تمییز و سپس خشک شد. دستگاه تبخیر، دستگاه Edwards بود با خلأ  $3 \times 10^{-7} \text{ mb}$  و نرخ انباشت  $5/25^{-1} \text{ \AA}$ . برای ساخت نانو ساختار ال-شکل ابتدا در زاویه‌ی اولیه‌ی زیرلایه، شار بخار نقره روی زیرلایه می‌نشیند و اولین بازوی ساختار ایجاد می‌شود، سپس زیرلایه یکبار به اندازه‌ی  $180^\circ$  در خلاف جهت عقربه‌های ساعت (در راستای زاویه‌ی قطبی) می‌چرخد تا بازوی دوم ساختار ایجاد شود. به این ترتیب نانو ساختار ال شکل با طول هر بازو ۶۳۵ nm ایجاد می‌شود.

و برای ساخت نانو ساختار پنتاگون-شکل پس از انباشت شار بخار و شکل‌گیری بازوی اول، زیرلایه در حین انباشت شار بخار نقره ده مرتبه و هر بار به اندازه‌ی  $75^\circ$  در خلاف جهت عقربه‌های ساعت (در راستای زاویه‌ی قطبی) می‌چرخد تا بازوهای بعدی ایجاد شوند.



شکل ۲: تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی به ترتیب دو و سه بعدی از a و b نانو ساختار ال-شکل، c و d نانو ساختار پنتاگون شکل.

رسانندگی نانو ساختارها در دو جهت عمود بر هم نمونه، ۰ و ۹۰ درجه، با استفاده از مقاومت dc بدست آمده از نمودارهای جریان-ولتاژ محاسبه شد. این نتایج در جدول ۱، گزارش شده‌اند. تفاوت در رسانندگی نانو ساختارها در دو جهت عمود بر هم نشان‌دهنده‌ی ناهمسانگردی رسانندگی آن‌ها است. با توجه به جدول ۱، می‌توان نتیجه گرفت که رسانندگی نانو ساختار پنتاگون-شکل بیشتر از نانو ساختار ال-شکل بوده است. همانطور که می‌دانیم، اندازه‌ی دانه‌های ساختار عامل مهمی در میزان رسانندگی هستند، بزرگتر بودن اندازه‌ی دانه‌ها در نانو ساختار پنتاگون-شکل موجب افزایش بیشتر رسانندگی در این نانو ساختار شده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، نانو ساختارهای مهندسی شده با تقارن ال-شکل و پنتاگون-شکل، به روش لایه نشانی خراشی ساخته شد. این ساختارها به دلیل روش ساخت نسبت به ساختارهای نرمال تخلخل بالاتر و همچنین ناهمسانگردی بالاتری دارند. در این مقاله نشان دادیم که مهندسی نانو ساختارها در خواص مختلف آن‌ها تاثیر بسیاری خواهد داشت. لایه‌های نازک از جنس یکسان نقره با دو تقارن ساختاری مختلف، ال-شکل و پنتاگون-شکل خواص مختلف ساختاری و رسانندگی‌های مختلفی از خود نشان دادند.

## مراجع

- [1] K. Robbie, M. J. Brett, "Chiral sculptured thin films," Nature (London), VOL. 384, PP. 616, 1996.
- [2] K. Robbie, M. J. Brett, "Sculptured thin films and glancing angle deposition: Growth mechanics and applications," J. Vac. Sci. Technol. A, VOL. 15, PP. 1460-1465, 1997.
- [3] Y. J. Jen, C. F. Lin, "Anisotropic optical thin films finely sculptured by substrate sweep technology" Opt. Express. VOL. 16, PP. 8, 2008.

شکل ۱: تصویر میکروسکوپ الکترون روبشی گسیل میدانی به ترتیب تصویر از بالا و سطح مقطع a و b نانو ساختار ال-شکل، c و d برای نانو ساختار پنتاگون شکل.