



بررسی اثر مقاومت ویفر سیلیکونی بر تشکیل ساختار سطح در روش حکاکی شیمیایی به کمک کاتالیست

مترگان شونندی^۱، ابوذر مسعودی^۱، علی خانلرخانی^۲، مرتضی مرادی البرزی^۱

^۱. پژوهشکده نیمه هادیها، پژوهشگاه مواد و انرژی، تهران، ایران (دانشجو کارشناسی ارشد، استادیار، استادیار)

^۲. پژوهشکده فناوری نانو و مواد پیشرفته، پژوهشگاه مواد و انرژی، تهران، ایران (استادیار)

چکیده

با توجه به روش های مختلفی که در سنتز نانوساختارهای مختلف سیلیکون صورت می گیرد، استفاده از روش حکاکی شیمیایی به کمک کاتالیست یکی از روش های مفید، مؤثر و در عین حال یک روش ارزان و مناسب برای سنتز ساختارهای مختلف، می باشد. در این مطالعه با اعمال شرایط یکسان بر روی دو ویفر سیلیکونی نوع P، با دو نوع مقاومت $0.05 \Omega\text{cm}$ و $12-8 \Omega\text{cm}$ ، اثر مقاومت بر روی سطح ویفر سیلیکون و همچنین تشکیل ساختار با بیان مکانیسم آن بررسی گردید. مشاهده شد که اثر مقاومت می تواند منجر به تسریع روند فرآیند حکاکی به دلیل تزریق حفرات بیشتر ناشی از خمیدگی نواری در ویفرهای سیلیکونی مقاوت بالا، شود. همچنین در این مطالعه، از تکنیک FE-SEM گسیل میدانی میکروسکوپ الکترونی روبشی برای نمایش ساختار و بررسی آن صورت به عمل آمد.

واژه های کلیدی: حکاکی شیمیایی؛ کاتالیست نقره؛ خمیدگی نواری.

^۱. Email: M.shavandi@merc.ac.ir

مقدمه

سیلیکون و نانو ساختارهای مختلف آن، از جمله مواد مهم در صنعت اپتوالکترونیک، نانو الکترونیک، ذخیره کننده‌های انرژی، سنسورها و موارد دیگر می‌باشند. از اینرو انواع روش‌ها برای سنتز انواع نانو ساختارها از جمله روش‌های بالا به پایین و روش‌های پایین به بالا به صورت فیزیکی و شیمیایی توسعه یافته است [۱]. در این میان روش حکاکی شیمیایی یک روش ساده، مفید و قابل کنترل برای ساخت انواع مختلف ساختارهای سیلیکونی [۲] می‌باشد. در این مطالعه، به بررسی روند این روش بر روی ساختار تشکیل شونده بر روی دو ویفر با چگالی ناخالصی متفاوت پرداخته شده است.

مواد و روش تحقیق

روش حکاکی، یک روش برای ایجاد خلل و فرج و ایجاد ساختارهای متفاوت بر روی سطح می‌باشد. روش حکاکی شیمیایی برای سیلیکون در دو محیط آلی و اسیدی انجام می‌پذیرد. حکاکی شیمیایی سیلیکون در محیط اسیدی غالباً برای دو منظور تعیین نقص کریستالی یا حذف سیلیکون که اصطلاحاً حکاکی سیلیکون نامیده می‌شود و موجب ساختارهای متفاوت می‌گردد، انجام می‌گیرد. عموماً حکاکی شیمیایی سیلیکون در محیط اسیدی به شکل همسانگرد صورت می‌گیرد. سیلیکون در محلول‌های حاوی اسیدهای غیر فلورید، پایدار است، زیرا توسط اکسیدهای محلی یک لایه بر روی سطح آن ایجاد می‌گردد، بنابراین از ترکیبات فلوریدی به عنوان عامل حذف کننده سیلیکون استفاده می‌گردد. حکاکی در محلول حاوی تنها اسید، به آرامی صورت می‌گیرد. از اینرو از یک کاتالیست استفاده می‌گردد تا سینتیک واکنش را بهبود ببخشد. مکانیزم واکنش بدین صورت است که ذرات فلزی بر روی سطح رسوب کرده و عملیات اکسایش و احیا به صورت جایگزیده انجام می‌گیرد (فرآیندهای کاتدی و آندی در سطح انجام می‌گیرد). در این مطالعه از نقره به عنوان کاتالیست استفاده گردید. فرآیند آزمایش به سه مرحله تقسیم بندی گردید؛ مرحله اول به منظور پاکسازی سطح سیلیکون از مواد ارگانیک و آلودگی‌های سطحی و همچنین اکسیدهای محلی انجام گرفت. مرحله دوم شامل لایه نشانی کاتالیست بر روی سطح سیلیکون بود که در اینجا برای این منظور از محلول حاوی اسید هیدروفلوروئیک و نترات نقره برای آبکاری شیمیایی نقره استفاده گردید. مرحله سوم که مرحله اصلی حکاکی شیمیایی می‌باشد، مرحله قرارگیری ویفر سیلیکون درون محلول اصلی به مدت یک دقیقه، به منظور حذف سیلیکون از سطح و

تشکیل ساختار، طرح ریزی شد. محلول آماده سازی شده در این مرحله، حاوی اسید هیدروفلورویک و هیدروژن پراکساید به عنوان عامل اکسند بود.

نتایج و بحث

شکل ۱ نشان می دهد حکاکی شیمیایی بر روی سیلیکون با مقاومت پایین و بالا در محلول های با غلظت یکسان، سبب ایجاد سیلیکون های متخلخل می شود. این در حالی است که با توجه به شکل، تشکیل ساختار بر روی سطح سیلیکون در ویفر مقاومت بالا سریع تر می باشد. به عبارت دیگر، اثر مقاومت بر روی حکاکی شیمیایی ویفر سیلیکونی، موجب تسریع روند و تشکیل ساختار می شود. به عبارت دیگر تزریق حفره در سطح سیلیکون با مقاومت پایین به علت خمیدگی نواری کمتر در سطح مشترک محلول و سطح سیلیکون در مقایسه با سیلیکون با مقاومت بالا بیشتر رخ می دهد. از اینرو به دلیل تزریق حفره بیشتر، نرخ روند حکاکی سریعتر انجام می گیرد.

نتیجه گیری

(۱) روش حکاکی شیمیایی یک روش مفید و مناسب برای سنتز انواع ساختارهای متفاوت از سطح ویفرهای سیلیکونی می باشد.

(۲) تزریق حفره در ویفرهای سیلیکونی نوع p، با مقاومت پایین بسیار بیشتر از ویفرهای مقاومت بالا می باشد که این امر از خمیدگی نواری کمتر در فصل مشترک محلول و ویفر سیلیکونی مقاومت پایین نشأت می گیرد.

(۳) روند حکاکی شیمیایی در ویفر سیلیکونی مقاومت پایین بسیار سریع تر از ویفر سیلیکونی مقاومت بالا می باشد.

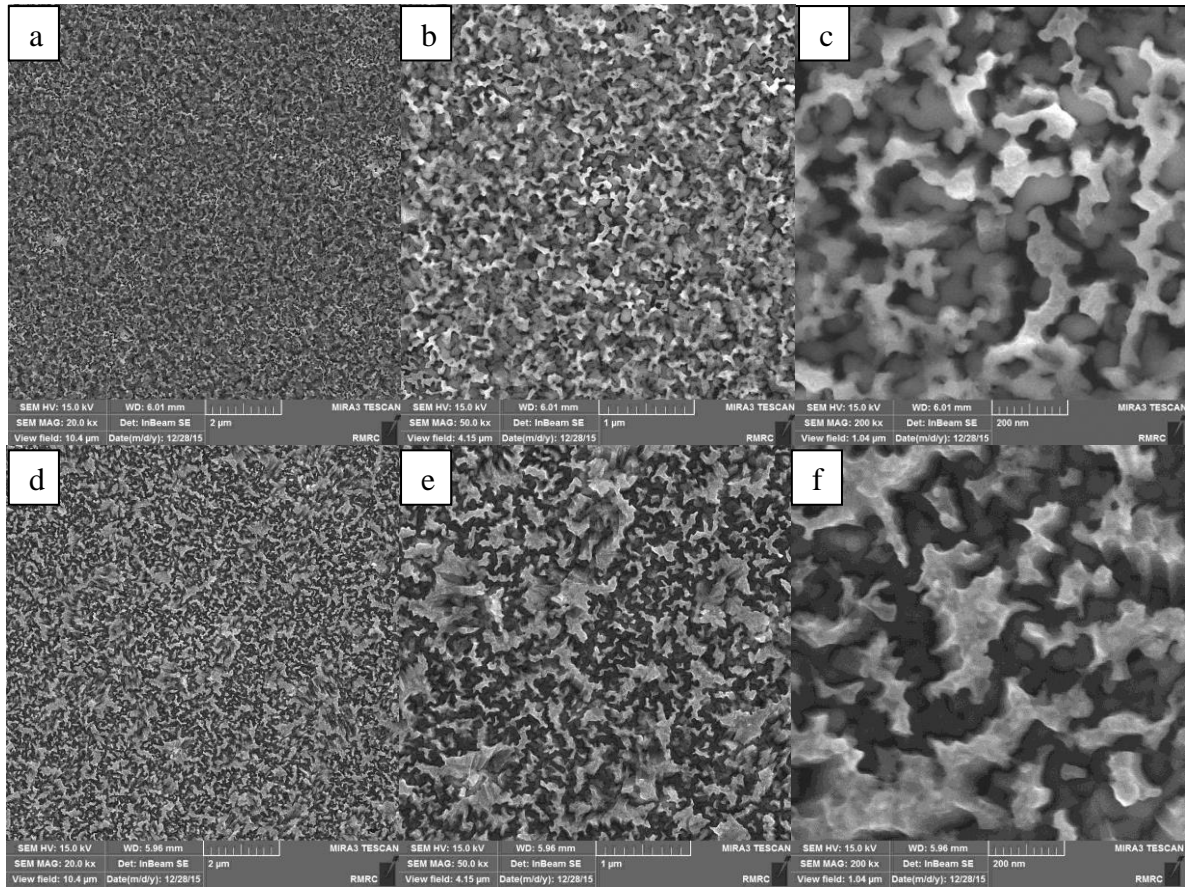
تشکر و قدردانی

از پژوهشگاه مواد و انرژی به دلیل حمایت مالی از این پژوهش قدردانی می شود.

مراجع

1. Lew K-K, Redwing JM (2003) Growth characteristics of silicon nanowires synthesized by vapor-liquid-solid growth in nanoporous alumina templates. *J Cryst Growth* ۲۲-۱۴:(۲-۱)۲۵۴.
2. Peng K, Lu A, Zhang R, Lee S-T (2008) Motility of metal nanoparticles in silicon and induced anisotropic silicon etching. *Adv Funct Mater* ۱۸(۱۹):۳۰۲۶-۳۰۳۵.

بررسی اثر مقاومت ویفر سیلیکونی بر تشکیل ساختار سطح در روش حکاکی شیمیایی به کمک کاتالیز



شکل ۱: تصویر میکروسکوپی الکترونی روبشی از نمونه آزمایشی، a، b، c نمونه ویفر سیلیکونی با مقاومت $0.05 \Omega\text{cm}$

d، e و f نمونه ویفر سیلیکونی با مقاومت $8-12 \Omega\text{cm}$