Archive of SID

پانزدهمین سمینار ملی مهندسی سطح

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران

پژوهشگاه مواد و انرژی
مهرماه ۱۳۹۳

سنتز سیلیکون نانو متخلخل نوع P به روش حکاکی الکتروشیمیایی

مهوش کیهان[۲،۱،*]؛ ابوذر مسعودی[۱]؛ محمد اسماعیل عظیم عراقی[۲]؛ نیما نادری[۱]

[۱]. پژوهشکده نیمه‌هادی‌ها، پژوهشگاه مواد وانرژی، تهران، ایران (دانشجوی کارشناسی ارشد، دکتری)

[۲]. گروه فیزیک، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (دانشجوی کارشناسی ارشد، دکتری)

چکیده

در این مقاله نمونه‌های سیلیکون نانومتخلخل (NPSi) با روش حکاکی الکتروشیمیایی ویفرهای سیلیکون نوع p در پارامترهای مختلف فرایند از جمله شدت جریان، زمان حکاکی و ... سنتز شد. محلول الکترولیت شامل هیدروفلوریک اسید(HF) و اتانول(C_2H_5OH) با نسبت‌های حجمی مختلف می‌باشد. به منظور ایجاد تخلخل‌های مختلف در لایه‌ی سیلیکون متخلخل با مورفولوژی‌های گوناگون، تغییرات پارامترهای مختلف حکاکی الکتروشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت. خواص سیلیکون نانوساختار به تخلخل، ساختار منافذ و توزیع اندازه‌ی منافذ بستگی دارد. این خواص توسط عوامل متعددی به ویژه پارامترهای آماده‌سازی از جمله غلظت الکترولیت، شدت جریان و زمان حکاکی قابل کنترل است. مطالعه‌ی ساختاری نشان می‌دهد که سطح نمونه به صورت تصادفی دارای تخلخل می‌باشد و توزیع اندازه‌ی اسفنج‌ها غیرهمگن است. نتایج نشان می‌دهد که شدت جریان نقش مهمی را در ایجاد فاصله بین منافذ ایفا می‌کند در حالیکه زمان حکاکی، تعیین کننده‌ی میزان عمق منافذ می‌باشد. اثر ترکیب درصد محلول به منظور اصلاح ساختار لایه از میکروساختار به نانوساختار مهمترین عامل می‌باشد. تغییر سایز تخلخل لایه‌ی مذکور منجر به تغییر خواص الکتریکی و نوری لایه می‌شود که بر اساس نظریه‌ی تصحیح کوانتومی قابل توضیح می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیلیکون نانومتخلخل؛ حکاکی الکتروشیمیایی؛ ساختار منافذ

*. Email: mahvash.keihan@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سیلیکون متخلخل فرمی از عنصر شیمیایی سیلیکون است که شامل منافذ نانومتخلخل در ریزساختارش است. این ریزساختار منجر به ایجاد نسبت سطح به حجم بسیار بالا در اندازه ی m^2/cm^3 ۵۰۰ می‌شود [۱]. سیلیکون متخلخل به وسیله روش‌های متعددی از جمله آندایزینگ (حکاکی)، حکاکی نقطه ای و... سنتز می‌شود. در میان این روش‌ها، روش حکاکی الکتروشیمیایی به دلیل آسانی روش، تکرارپذیری و کنترل پذیری از بقیه‌ی روش‌ها قابل اعتمادتر است [۳-۲].

بررسی‌ها نشان می‌دهدکه سیلیکون متخلخل (P-Si) دارای خواص مورفولوژیکی بسیار غنی است که با خواص سیلیکون عنصری بسیار متفاوت است. فرایند حکاکی سیلیکون متخلخل (P-Si) تابع بسیار پیچیده ای از غلظت هیدروفلوریک اسید(HF)، نوع سیلیکون، دانسیته جریان و شدت نورمی‌باشد. در این مقاله به منظور بررسی سنتز سیلیکون متخلخل اسفنجی شکل، ویفر سیلیکونی نوعp و فرایند حکاکی جدیدی مورد استفاده قرار گرفته است.

مواد و روش تحقیق

در این بررسی ویفرهای سیلیکونی بس بلور با غلظت دوپنت atm/cm^3 ۱۰^{17} (بورن) مورد استفاده قرار گرفت. برای فرآیند حکاکی ویفر سیلیکونی توسط پیش فرآیند RCA آماده سازی شد [۲]. به طور کلی در سل الکتروشیمیایی دو الکترودی که در آن سیلیکون به عنوان الکترود آند و گرافیت به عنوان الکترود کاتد می‌باشد، با اعمال شدت جریان ثابت منجر به تولید سیلیکون متخلخل می‌شود. به منظور شکل‌دهی سیلیکون متخلخل به وسیله حکاکی الکتروشیمیایی محلولی از HF و اتانول با ترکیب درصدهای مختلفی از قبیل نسبت‌های (۱:۵)، (۱:۴)، (۱:۳/۵)، (۱:۳) و یا (۲:۱/۵) مورد استفاده قرار گرفت. سل حکاکی استفاده شده در این بررسی یک سل آندایزینگ تفلونی می‌باشد. شدت جریان اعمالی از ۱۰ mA تا ۵۰ mA قابل تغییر می‌باشد. زمان حکاکی از دیگر پارامترهایی است که ما بین ۰/۵ تا ۳ ساعت متغیر است. جدول۱ نشان‌دهنده‌ی تغییرات پارامترها می-باشد. پس از حکاکی نمونه سیلیکون‌های متخلخل در هوا خشک شد و سپس به منظور بررسی مورفولوژی لایه متخلخل دستگاه SEM کمبریج (S۳۶۰) مورد استفاده قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

شکل[۱] مورفولوژی لایه‌ی سیلیکون متخلخل را توسط SEM نشان می‌دهد. این شکل نشان‌دهنده سیلیکون متخلخل اسفنجی شکل بعد از حکاکی سیلیکون در محلول هیدروفلوریک اسید و اتانول با غلظت (۱:٤) و با شدت جریان ثابت ۱۰ mA برای ۳۰ دقیقه می‌باشد. سطح نمونه به صورت تصادفی دارای منافذ می‌باشد و توزیع اندازه‌ی اسفنج‌ها غیر همگن است.

با تغییرترکیب درصد محلول، جریان اعمالی و زمان حکاکی فرم‌های مختلفی از اسفنج سیلیکونی با سایزهای مختلف نانوتخلخل تشکیل می‌شود. سایزهای مختلف تخلخل منجر به خواص الکتریکی و نوری مختلف لایه سیلیکون متخلخل می‌شود که در زمینه‌های قطعات LED، فوتودیودها وآند باتری‌های لیتیوم-یونی با ظرفیت الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳].

نتیجه‌گیری

به منظور ایجاد تخلخل‌های مختلف در لایه‌ی سیلیکون متخلخل با مورفولوژی‌های گوناگون، تغییرات پارامتر های مختلف حکاکی الکتروشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که اثر ترکیب درصد محلول به منظور اصلاح ساختار لایه از میکروساختار به نانوساختار مهم‌ترین عامل می‌باشد. تغییر سایز تخلخل لایه مذکور منجر به تغییرخواص الکتریکی و نوری لایه می‌شود که بر اساس نظریه‌ی تصحیح کوانتومی قابل توضیح است [۳-۱].

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[۱]. X. G. Zhang, Electrochemistry of Silicon and its Oxide, Springer, ۲۰۰۱.

[۲]. V. Lehmann, Electrochemistry of Silicon; instrumentation, science, materials and applications, Wiley-VCH, Weinheim, ۲۰۰۲.

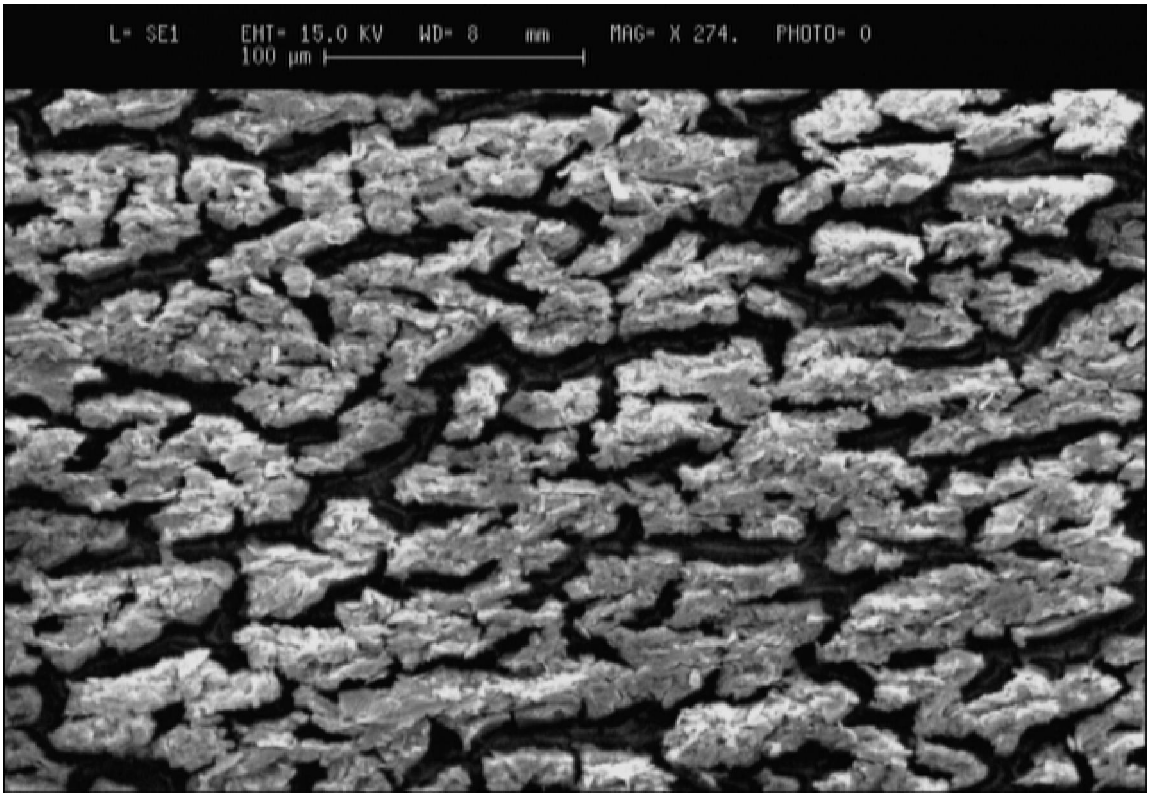
[۳]. Y. Zhao, X. Liu, H. Li, T. Zhai, H. Zhou, *Chem. Commun*., ٤٨ (۲۰۱۲), ٥٠٧٩.

جدول ۱: مشخصات نمونه های آماده شده لایه های سیلیکون منخلخل

شماره‌ی نمونه	غلظت الکترولیت HF/Ethanol	شدت جریان (mA)	زمان آندیزه کردن (min)
۱	۱:٥	٥٠	۱۲۰
۲	۱:٤	۱۰	۳۰
۳	۱:۳/٥	۲۰	٦۰
٤	۱:۳	٤۰	۳۰
٥	۲:۱/٥	۱۰	۱۸۰

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: تصویر SEM سیلیکون متخلخل(P-Si) اسفنجی شکل به‌دست آمده به روش حکاکی الکتروشیمیایی و محلول HF/Ethanol با غلظت(۱:٤)، شدت جریان ثابت ۱۰mA و زمان ۳۰ دقیقه

www.SID.ir