دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد

سمینار دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مواد

رضا گلی

ساخت و مشخصه‌یابی جوهرهای رسانا و جوهرهای رسانای هیبریدی بر پایه‌ی نانوسیم‌های نقره-نانولوله‌های کربنی چنددیواره

استاد راهنما	استاد مشاور	اساتید داور
دکتر فتح اله کریم زاده	دکتر محمد حسن عباسی	دکتر مهشید خرازیها
		دکتر مهران نحوی

چهارشنبه۱۳۹۹/۱۲/۶ ساعت ۹

چکیده

گسترش روز افزون استفاده از تجهیزات الکترونیکی و مواد هوشمند باعث به‌وجود آمدن نیازمندی‌های جدیدی در این حوزه‌ها شده‌است. از جمله این نیازمندی‌ها می‌توان به سرعت تولید بالا، هزینه‌ی تمام‌شده پایین و همچنین عدم آلودگی محیط زیست اشاره نمود. فناوری الکترونیک چاپی، صنعتی است که توانایی پاسخگویی به این نیازها را دارد. یکی از مهم‌ترین عناصر این فناوری، جوهرهای رسانا است. در این پژوهش، با استفاده از نانوسیم‌های نقره جوهرهای رسانای مورد نظر ساخته شد. در ادامه با افزودن نانولوله‌های کربنی به جوهر رسانای بهینه بدست آمده، جوهرهای رسانای هیبریدی ساخته شد. بدین منظور، ابتدا نانوسیم‌های نقره سنتز شد. این نانوسیم‌ها با استفاده از فرآیند آلتراسونیک، درون مخلوطی از اتیلن گلیکول، اتانول و گلیسرول پخش شدند تا جوهر رسانای یکنواختی با ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی نقره ساخته‌شوند. با انجام آزمون‌های رئولوژیکی، جوهر رسانای بهینه بدست آمد. سپس قلم رسانایی با استفاده از جوهر بهینه ساخته شد و الگوی با ابعاد مورد نظر روی زیرلایه پلی‌ایمیدی ایجاد شد. الگوهای ایجاد شده تحت فرآیند تفجوشی قرار گرفتند و بدین ترتیب دما و زمان مناسب برای تفجوشی جوهر بهینه بدست آمد. پس از آن، با افزودن مقادیر مشخصی از نانولوله‌های کربنی چنددیواره به درون جوهر رسانای بهینه، جوهرهای رسانای هیبریدی با ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد وزنی نانولوله ساخته شد. آزمون‌های رئولوژیکی روی این جوهرها نیز انجام پذیرفت. الگوهای ایجاد شده با این جوهرها تحت شرایط مناسب تفجوشی که قبل‌تر بدست آمد، تفجوشی شدند. در انتها مقاومت الکتریکی الگوها پس از سیکل‌های خمشی اندازه‌گیری شد تا پایداری مکانیکی جوهرها نیز مورد بررسی قرار گیرد. نتایج آزمون‌های پراش پرتو ایکس(XRD)، طیف سنجی فرابنفش-مرئی(UV-Vis)، میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی(FESEM) و میکروسکوپ الکترونی عبوری(TEM) نشان دادند که نانوسیم‌های نقره با نسبت ابعادی حدوداً ۱۰۰سنتز شدند. آزمون ویسکوزیته‌سنجی و تنش سطحی جوهرهای رسانا نشان داد که با افزایش درصد وزنی نانوسیم‌ها درون جوهر، مقادیر ویسکوزیته و تنش سطحی افزایش می‌یابد که این افزایش ناشی از پیوندهای برقرار شده بین مولکول‌های اتیلن گلیکول موجود در جوهر و PVP موجود روی سطح نانوسیم‌ها است. بر اساس نتایج این آزمون‌ها، جوهر حاوی ۱۰ درصد وزنی نانوسیم نقره(W10)، با ویسکوزیته ۱۰/۱ cp، تنش سطحی ۳۰/۶۳± ۰/۰۶ mN/m و زاویه‌ی ترشوندگی ۱۷/۱۱ درجه، به عنوان جوهر بهینه انتخاب شد. نتایج آزمون مقاومت سنجی الکتریکی نشان داد که با افزایش دمای تفجوشی از دمای محیط تا دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان یک ساعت، مقاومت ویژه‌ی الگو از ۱۴۵/۷±۸/۲ به ۳۸/۵±۲/۶ μΩ.cm کاهش می‌یابد. این کاهش به‌دلیل پیشرفت فرآیند تفجوشی و اتصال پیداکردن نانوسیم‌ها به یکدیگر است. لازم به ذکر است که در دماهای فوق، تفجوشی بطور کامل انجام نشده است، از این رو، به دلیل محدودیت‌های زیرلایه، دمای ۱۶۰°C به عنوان دمای مناسب انتخاب شد. در اثر افزایش زمان فرآیند تفجوشی در دمای ۱۶۰°C از ۱۵دقیقه به ۷۵ دقیقه، مقاومت ویژه از ۸۶/۵±۶/۷ به ۳۳/۷±۲/۹ μΩ.cm می‌رسد. با افزایش بیشتر زمان فرآیند تا ۹۰ دقیقه، مقاومت ویژه به ۳۲/۰±۱/۸ μΩ.cm کاهش می‌یابد؛ از این رو، زمان بهینه‌ی فرآیند ۷۵ دقیقه در نظر گرفته شد. نتایج آزمون‌های رئولوژیکی جوهرهای هیبریدی نشان داد که با افزایش درصد وزنی نانولوله‌ها درون جوهر از ۰/۱ به ۰/۷۵ درصد وزنی، ویسکوزیته جوهر از ۱۰/۲ به ۱۱/۲ cp، تنش سطحی از ۳۰/۷۵±۰/۰۲ به ۳۱/۳۲±۰/۰۳ mN/m و زاویه ترشوندگی از ۱۷/۷۶ به ۲۱/۵۵ درجه می‌رسد. این افزایش‌ها ناشی از افزایش برهمکنش هیدروژنی میان مولکول‌های اتیلن گلیکول و همچنین پیوند برقرار کردن مولکول-های اتانول با سطح نانولوله‌های کربنی است. آزمون مقاومت سنجی الکتریکی نشان داد که با افزایش مقدار نانولوله در جوهر از ۰/۱ به ۰/۵ درصد وزنی، مقاومت لایه از ۰/۱۱۱±۰/۰۰۳ به $\Omega.\square^{-1}$ ۰/۱۰۴±۰/۰۰۳ کاهش می‌یابدکه این امر ناشی از عمل کردن نانولوله‌ها به عنوان پل است. افزایش مقدار نانولوله به ۰/۷۵ درصد وزنی، باعث افزایش مقاومت لایه به $\Omega.\square^{-1}$ ۰/۱۰۶±۰/۰۰۳ می‌شود که این اتفاق بدلیل افزایش مقاومت تماسی درون الگو است. در اثر اعمال سیکل‌های خمشی روی الگوهای ایجاد شده با جوهرهای هیبریدی و جوهر W10، مقاومت الکتریکی لایه افزایش پیدا می‌کند. در اثر اعمال ۳۰۰۰ سیکل خمشی روی الگوها، درصد تغییرات مقاومت الکتریکی برای الگوهای شده با جوهر W10،H10، H15، H25، H50 و H75، به ترتیب ۹۰/۹٪، ۸۸/۶٪، ۷۹/۶٪، ۷۶/۵٪، ۶۵/۴٪ و ۵۵/۷٪ بود.

کلمات کلیدی: الکترونیک‌چاپی، نانوسیم نقره، نانولوله‌های کربنی چند دیواره، جوهر رسانای هیبریدی، پایداری مکانیکی.