تولید نخ نانولیفی پیزوالکتریک تولید نخ نانولیفی پیزوالکتریک

محمد باقری مطلق پاشاکی[1]، علی‌اکبر مرآتی، مسعود لطیفی[2]، روح‌اله باقرزاده[2]

چکیده

تولید نخ نانولیفی پیزوالکتریک می‌تواند در راستای تولید منسوجات هوشمند کاربرد فراوانی داشته باشد.در این تحقیق تولید نخ نانوساختاری که دارای خاصیت پیزوالکتریک باشد با استفاده از پیزوپلیمر پلی‌وینیلیدین فلوراید (PVDF) مد نظر می‌باشد.

جهت افزایش کارآیی خواص پیزوی نخ تولید شده از نانو ذرات اکسیدروی (با درصدهای وزنی ۵، ۱۰ و۱۵) در محلول پلیمری استفاده گردید. نتایج ارزیابی‌های صورت گرفته نشان داد که افزایش مقدار نانو ذرات تا ۱۰ درصد وزنی وزنی منجر به افزایش ولتاژ خروجی می‌شود و افزایش بیشتر، منجر به کاهش راندمان ولتاژ خروجی می‌شود؛ علاوه بر این افزایش کشش در اثر افزایش تاب و افزایش سرعت برداشت، سبب افزایش بلورینگی نمونه‌ها و افزایش ولتاژ خروجی می‌شود.

۱- مقدمه

مواد پیزوالکتریک یکی از مناسبترین گزینه‌ها در تولید منسوجات هوشمند هستند. ساختارهای الیافی پیزوالکتریک به روش‌های مختلفی تولید می‌شوند که ذوب‌ریسی، سل ژل و الکتروریسی از مهمترین آنها هستند روش سل ژل عمدتاً برای تولید الیاف از زیرکونات سرب استفاده میشود اما دو روش ذوب‌ریسی و الکتروریسی برای تولید الیاف پلی‌وینیلیدین‌فلوراید بسیار مناسب هستند.

تولید الیاف پیزوالکتریک از پلی‌وینیلیدین‌فلوراید به روش ذوب‌ریسی، یکی از روش‌های اولیه تولید الیاف از این پلیمر است. ساختار بلوری پلی‌وینیلیدین‌فلوراید در حین ذوب‌ریسی به‌صورت کشیده، پیوسته و چندریختی تولید می‌شود.

پلیمر تولیدی عموماً به صورت فاز آلفا است. برای تبدیل آن به فاز بتا که فاز مطلوب برای خواص پیزوالکتریک است، الیاف همسان‌گرد (با فاز آلفا) تهیه شده تحت کشش سرد قرار می‌گیرد. فرآیند الکتروریسی به دلیل ساده بودن و استفاده از مکانیسمی متفاوت برای تولید نانو الیاف، روشی بسیار مناسب برای تولید محصولات لیفی پیزوالکتریک می‌باشد. در این روش کشش لیف در فرایند الکتروریسی انجام می‌گیرد و تشکیل فاز بتا نیاز به فرایند اضافی ندارد. خصوصیات الکترواکتیو PVDF 2 بشدت وابسته به فاز β ، میکرو ساختار و درجه بلورینگی نمونه‌هاست، که همه وابسته به شرایط فرایندی است.

پارامترهای محلول، شرایط فرایندی و شرایط محیطی به میزان قابل توجهی نه تنها بر روی مورفولوژی، بلکه بر میزان بلورینه شدن مؤثر است.

ژنگ و همکارانش دریافتند شرایط الکتروریسی باعث می‌شود که بلورینه شدن در دمای پایین‌تر اتفاق بیفتد. پایین بودن دمای اتاقک الکتروریسی یا سرعت تبخیر بالای حلال، فاز مطلوب β را شکل می‌دهد. ولتاژ بالا یا نرخ کشش بالای جت و جمع‌کننده دوار از طریق افزایش آرایش‌یافتگی الیاف الکتروریسی شده در تشکیل فاز مطلوب β مؤثر است. نتایج پژوهش‌های قبلی نشان‌دهنده مؤثر بودن شرایط فرایند الکتروریسی و حلال مورداستفاده در میزان بلورینه شدن و همچنین قطر متوسط الیاف مؤثر است . عواملی که تشکیل جت و تبخیر حلال را کنترل می‌کند مثل نرخ تغذیه، قطر نازل، فاصله ازنازل تا جمع‌کننده، دما، ولتاژ اعمالی و درنهایت طریقه جمع‌آوری بر قطر الیاف و آرایش یافتگی آنها موثر هستند.

برای رسیدن به مشخصه‌های مطلوب‌تر مواد پیزوالکتریک، از ترکیب پیزوپلیمرها و پیزوسرامیک‌ها استفاده می‌شود. پیزوالکتریسیته بالای پیزوسرامیک‌ها و مشخصه‌های مکانیکی مطلوب پیزوپلیمرها را می‌توان از ترکیب این مواد انتظار داشت. به‌عنوان مثال، وجود کربن نانو تیوب در کامپوزیت الیافی PVDF/CNT باعث افزایش استحکام و افزایش خاصیت پیزوالکتریک شده است. اکسید روی (ZnO) ماده پیزوالکتریکی است، که امروزه بیشتر به صورت نانوذره برای کاربردهای گوناگون به کار گرفته می‌شود، به‌طوریکه بهبود خصوصیات پیزوالکتریکی فیلم PVDF/ ZnO نسبت به فیلم PVDF گزارششده است.

همچنین فیلم PVDF/ ZnO پس از ارزیابی، برای کاربردهای حسگری و عملگری، به عنوان کرنش‌سنج دینامیکی و تشخیص‌دهنده عیب در ساختار کامپوزیت‌ها، استفاده‌شده است.

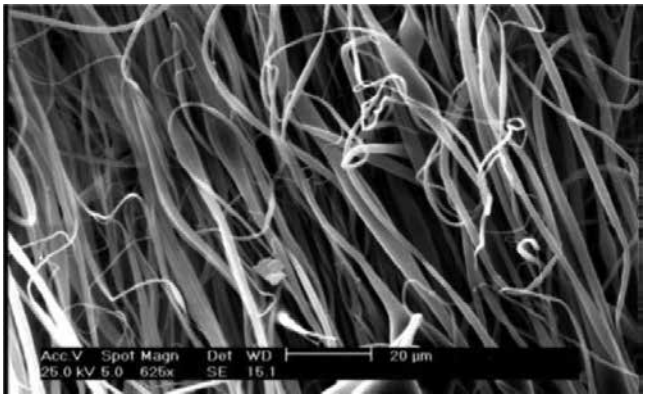
از کامپوزیت‌هایی که اخیراً موردتوجه محققان قرارگرفته است استفاده از اکسید روی به همراه پلیمر PVDF است که هر دو ماده پیزوالکتریک است و می‌توانند خصوصیات پیزوالکتریکی را افزایش دهند. در این تحقیق، جهت بهبود کارایی پیزوالکتریکی نانوساختارها از ترکیب نانوذرات اکسید روی با PVDF در فرایند الکتروریسی در تولید نخ نانولیفی پیزوالکتریک استفاده گردید.

۲- تجربیات

از پلیمر پلی‌وینیلیدین‌فلوراید با متوسط وزن مولکولی ۱۰۷۰۰۰ گرم بر مول و به شکل گرانول از شرکت Sigma Aldrich آمریکا، N,N دی‌متیل‌فرم‌آمید (و استون تهیه شده از شرکت Merck آلمان با خلوص ۹۹درصد به‌عنوان حلال، نانو ذرات اکسید روی با متوسط اندازه ذرات ۱۰ تا ۳۰ نانومتر و درصد خلوص ۹۹ برای تقویت خاصیت پیزوالکتریسیته از شرکت US Research nanomaterial، Inc و فویل آلومینیرومی به‌عنوان الکترود جهت تولید نخ نانولیفی پیزوالکتریک به روش الکتروریسی استفاده گردید.

در این تحقیق از روش الکتروریسی ترکیبی که از دو جت با بارهای مخالف برای تولید نخ نانو لیفی بهره می‌برد؛ استفاده شد. تغییر درصد اکسید روی، میزان تاب و سرعت برداشت ازجمله پارامترهای موردبررسی هستند.

برای تهیه محلول پلیمری، N,N دی‌متیل‌فرم‌آمید و استون را به‌عنوان حلال با نسبت حجمی مشخص به گرانول پلیمر PVDF اضافه کرده و توسط همزن مغناطیسی با دور ۴۰۰ دور بر دقیقه و در داخل حمام آب با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد بمدت ۲ ساعت هم‌زده می‌شود. جهت بررسی تأثیر نانو ذرات اکسید



شکل ۱- نمونه‌ای از نخ‌های پیزوالکتریک تولید شده (غلظت ۲۶ ، فاصله ۳۰ سانتی‌متر، ولتاژ ۱۸ KV، نرخ تغذیه: ۰/۷۵ ml/h تاب در متر: ۱۸۰۰، سرعت برداشت ۰/۰٤ m/min)

روی، نمونه‌هایی با درصدهای وزنی ۵، ۱۰ و ۱۵ تولید گردید. شرایط الکتروریسی برای پلیمر PVDF شامل غلظت ۲۴ درصد وزنی- وزنی، فاصله سوزن‌ها از یکدیگر ۲۶ سانتیمتر، ولتاژ اعمالی نیز با توجه به شرایط تولید نمونه‌ها ۱۸ کیلوولت و نرخ تغذیه ۱ میلی‌لیتر بر ساعت در نظر گرفته شد. این شرایط در حالتی که نانوذرات اکسید روی به محلول اضافه گردید شامل فاصله سوزن‌ها از یکدیگر ۳۰ سانتیمتر، ولتاژ ۱۹ کیلو ولت و نرخ تغذیه ۰/۷۵ میلی‌لیتر بر ساعت در نظر گرفته شد. نخ‌های تولید شده (شکل۱) الکترودگذاری گردید و خواص پیزوالکتریک آنها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای اندازه‌گیری خاصیت پیزوالکتریک از دستگاه اعمال نیروی ضربه‌ای به روش خارج از مرکز استفاده گردید. برای بررسی تأثیر پارامترهایی چون تاب، سرعت برداشت و درصد وزنی نانو ذرات اکسید روی بر خاصیت پیزوالکتریک، نمونه‌های نشان داده شده در جدول ۱ تولید شدند.

۳- نتایج و بحث

تأثیر تاب، سرعت برداشت و درصد وزنی نانو ذرات اکسید روی بر خواص پیزوالکتریک مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۵ نمونه از هر نخ الکترود گذاری شده و مورد آزمایش قرار گرفت. در جدول ۲ میانگین خروجی هر نمونه نشان

جدول ۱- نمونه‌های تولیدشده جهت بررسی تأثیر تاب، درصد وزنی نانوذره اکسید روی و سرعت برداشت بر روی خاصیت پیزوالکتریک

شماره نمونه	درصد وزنی-وزنی ZnO	تاب در متر	سرعت برداشت (متر بر دقیقه)
۴۰	بدون نانوذره	۱۸۰۰	۰/۰۴
۴۱	بدون نانوذره	۱۸۰۰	۰/۰۶
۴۲	بدون نانوذره	۲۶۰۰	۰/۰۴
۴۳	۵	۱۸۰۰	۰/۰۴
۴۴	۵	۱۸۰۰	۰/۰۶
۴۵	۵	۲۶۰۰	۰/۰۴
۴۶	۱۰	۱۸۰۰	۰/۰۴
۴۷	۱۰	۱۸۰۰	۰/۰۶
۴۸	۱۰	۲۶۰۰	۰/۰۴
۴۹	۱۵	۱۸۰۰	۰/۰۴
۵۰	۱۵	۱۸۰۰	۰/۰۶
۵۱	۱۵	۲۶۰۰	۰/۰۴

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار ولتاژ خروجی نمونه نخ‌های میکرو نانو لیفی

شماره نمونه	ولتاژ خروجی (µV/N)	CV%
۴۰	۴۹/۲۲	۶/۸۰
۴۱	۵۶/۳۹	۹/۵۳
۴۲	۷۸/۲۸	۷/۸۸
۴۳	۴۷/۰۱	۱۰/۹۱
۴۴	۵۱/۰۸	۷/۶۳
۴۵	۸۸/۴۲	۹/۰۷
۴۶	۵۳/۷۶	۶/۲۱
۴۷	۱۸۵/۸۹	۸/۱۳
۴۸	۲۱۵/۶۹	۸/۶۴
۴۹	۷۲/۹۰	۹/۱۷
۵۰	۲۷۷/۸۸	۷/۹۳
۵۱	۱۷۶/۳۶	۸/۳۹

داده شده است. در این آزمایش، به‌منظور از بین بردن تأثیر نیرو بر ولتاژ خروجی از واحد میکرو ولت بر نیوتن استفاده شده است تا از این طریق بتوان نمونه‌ها را بهتر مقایسه کرد. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، ولتاژ خروجی با افزایش تاب، سرعت برداشت و درصد نانوذرات اکسیدروی افزایش می‌یابد. افزایش تاب، کشش مضاعفی را به نخ وارد می‌کند و درنتیجه این افزایش کشش می‌تواند ساختار بلوری نخ را افزایش دهد و همسو با آن فاز بلوری بتا نیز بیشتر شود و ولتاژ خروجی نمونه‌ها نیز افزایش یابد. افزایش سرعت برداشت نیز به دلیل افزایش کشش، منجر به افزایش میزان بلورینگی نمونه‌ها شده و درنتیجه فاز بلوری بتا نیز افزایش یابد و ولتاژ خروجی نمونه‌ها نیز افزایش یابد. از سوی دیگر افزایش کشش می‌تواند منجر به افزایش آرایش یافتگی میکرو نانو الیاف در ساختمان نخ نیز شود و این همسو شدن بیشتر الیاف نیز می‌تواند منجر به افزایش ولتاژ خروجی گردد. علاوه بر این با افزایش مقدار نانو ذرات اکسیدروی از ۵ درصد به ۱۵ درصد مقدار ولتاژ خروجی افزایش می‌یابد.

٤-نتیجه‌گیری

نخ‌های نانولیفی کامپوزیتی PVDF/Zno با درصدهای اکسید روی ۰، ۵ ، ۱۰ و ۱۵ تولید گردید و تأثیر تاب، سرعت برداشت و مقدار نانو ذرات بر ولتاژ خروجی از آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست‌آمده نشان داد که تاب بیشتر باعث افزایش کشش الیاف در فرایند تولید می‌شود و درنتیجه بیشترین مقدار ولتاژ خروجی را در نمونه‌های با بیشترین تاب می‌توان مشاهده نمود. این مقدار در نمونه با ۱۰ درصد وزنی- وزنی نانو ذرات اکسیدروی به ۲۱۶ میکرو ولت رسیده است. افزایش سرعت برداشت نیز باعث افزایش ولتاژ خروجی می‌گردد. افزایش مقدار نانو ذرات اکسیدروی تا ۱۰ درصد وزنی منجر به افزایش ولتاژ خروجی و افزایش بیشتر آن تا ۱۵ درصد وزنی- وزنی منجر به کاهش ولتاژ خروجی نمونه‌ها می‌گردد.

پی نوشت

۱- دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲- پژوهشکده مواد و فناوری‌های پیشرفته در نساجی، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر