

سلسله آزمایش‌های آموزشی شبکه توانا

آبان ۱۴۰۰



شماره آزمایش: ۴

تولید نانو الیاف ضد باکتری PVA حاوی نانو ذرات نقره به روش الکتروریسی

آزمایش شماره ۴ - آبان ۱۴۰۰

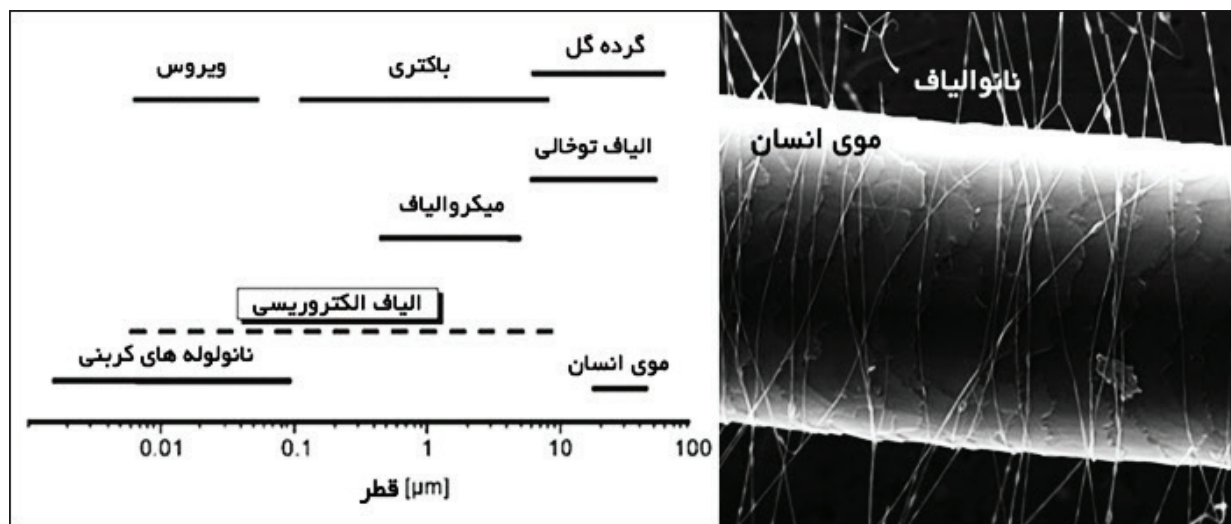
۱) هدف

هدف از انجام این آزمایش آشنایی با روش الکتروریسی، روش کار با دستگاه الکتروریس، تولید نانو الیاف ضدباکتری PVA حاوی نانو ذرات نقره و آشنایی با خواص ضد باکتری نانو ذرات نقره است.

۲) تئوری آزمایش

۱-۱- نانو الیاف

بر اساس مقالات و مراجع مرتبط با تکنولوژی و علوم الیاف، به لیفی با قطر زیر ۱۰۰۰ nm یا زیر یک میکرون با نسبت طول به قطر بزرگ تر از ۱۰۰۰، نانو لیف^۱ اطلاق می شود و به مجموعه نانو لیفها که میتواند بهصورت شبکه بافته نشده یا بافته شده باشد، نانو الیاف اطلاق میشود. امروزه الیاف پلیمری، سرامیکی و کامپوزیتی به قطر چندین نانومتر تا چند میکرون را میتوان به سهولت توسط روش الکتروریسی^۲، به اشکال مختلف و با هزینه بسیار کم تهیه نمود. همان طور که در شکل ۱ مشاهده میشود قطر این الیاف در محدوده نانو در مرتبه باکتریها و ویروسها قرار دارد. این ویژگی سبب شده است که این الیاف برای کاربردهای بیولوژیک و مهندسی بافت مورد توجه قرار بگیرد.



شکل (۱) تصویری از نانو الیاف در کنار موی انسان و مقایسه نانو الیاف و برخی اجسام کوچک

خواص جالب توجه نانو الیاف بدست آمده توسط الکتروریسی عبارتند از:

- نسبت سطح به حجم بالا (۱۰۰۰ برابر میکرو الیاف) یا سطح ویژه بزرگ
- قابلیت کنترل اندازه حفرهها در شبکه
- خواص مکانیکی بالا در جهت محوری الیاف
- مقاومت اهمی کمتر نسبت به نانو الیاف تولید شده به دیگر روشها
- پایداری شیمیایی و حرارتی بالاتر

1-nanofiber

2-electrospinning

آزمایش شماره ۴ - آبان ۱۴۰۰

- پیوستگی الیاف با طول بیش از چند صدمتر تا چند کیلومتر
- ساختار کریستالی جهت دار که سبب چقرمگی و استحکام کششی بالاتر الیاف در راستای طول الیاف میشود
- تنوع در مورفولوژی و شکل الیاف از تسمهای مانند و گره‌دار گرفته تا الیاف توخالی و الیاف چند لایه کامپوزیتی

۲-۱- فرایند الکتروریسی

یکی از روشهای نسبتاً جدید برای تولید نانو الیاف پلیمری، استفاده از یک میدان الکترواستاتیکی قوی است. این روش به نام ریسندگی الکترواستاتیکی الیاف یا الکتروریسی شناخته میشود. میتوان گفت الکتروریسی شبیه فرآیند کشش است، اما به جای نیروی مکانیکی از نیروی الکترواستاتیکی برای بیرون کشیدن محلول و کشش الیاف استفاده میکند. در این روش، محلول یا مذاب پلیمری از درون یک نازل موئینه به بیرون هدایت میشود. سپس ولتاژ بالایی بین نازل و صفحه جمع کننده رسانا برقرار میشود. میدان الکتریکی سبب میشود قطره تشکیل شده بر سر نازل، شکل مخروطی به خود گیرد. در رأس مخروط شارش میدان ناپایدار بوده و با افزایش میدان، نیروی الکترواستاتیک بر کشش سطحی محلول غلبه کرده، جت از رأس آن خارج میشود و به سمت جمع کننده شتاب میگیرد. در این هنگام، جت وارد مرحله دیگری از ناپایداری شده و پس از تقسیم شدن شروع به حرکت دورانی میکند که به شلاقزنی معروف است. دلیل این نوع حرکت وجود میدان الکتریکی و اندرکنشهای الکترواستاتیکی است. این عمل سبب ازدیاد طول جت و شکل گیری نانو الیاف میگردد. فرآیند تشکیل نانو الیاف بسیار سریع بوده و الیاف به طور پیوسته تا طول چند صدمتر تا چند هزارمتر به طور پیوسته تولید میشوند. این پیوستگی به علت گرانیروی بالای محلول، ناشی از درهم فرو رفتگی زنجیرهای پلیمری است که از فروپاشی جت الکتروریسی جلوگیری میکند. با این روش میتوان شبکههای بافته نشده با نخهای درهم تابیده از نانو الیاف را در مقیاس صنعتی تولید کرد. این الیاف قطری در محدوده چند صد نانومتر داشته و شبکه بافته نشده حاصل از آنها متخلخل است.

۳- روش کار آزمایش

۳-۱- وسایل تجهیزات مورد نیاز

- وسایل مورد نیاز برای تولید نانو الیاف ضد باکتری عبارتند از:
- ۱- پلیمر پلی وینیل الکل (PVA) بهعنوان پلیمر تولید الیاف
- ۲- نانو ذرات نقره
- ۳- آب مقطر یون گیری شده
- ۴- همزن مغناطیسی
- ۵- مقدار کیک خوراکی تازه

۲-۲- معرفی دستگاه الکتروریس روش استفاده از آن

- هشدار ایمنی: با توجه به استفاده از جریان الکتریکی ولتاژ بالا در این دستگاه استفاده از آن در صورت عدم حضور مسئول آزمایشگاه ممنوع میباشد.
- دستگاههای الکتروریسی مورد استفاده در مجموعه آزمایشگاههای دانش آموزی نانو فناوری توان تولید انواع نانو الیاف با ترکیبات مختلف را دارد. این دستگاه از یک پمپ سرنگی دقیق برای تزریق محلول پلیمری و ایجاد جت پلیمر استفاده میکند (نرخ تزریق

آزمایش شماره ۴ - آبان ۱۴۰۰

۱۰۰ – ۱۰ μl/h). این پمپ به گونه‌ای طراحی شده است که با قرار گرفتن عمودی سرنگ مورد استفاده، حداقل فضای ممکن را اشغال کند. همچنین این پمپ توان استفاده همزمان از دو سرنگ را دارد.

این دستگاه می‌تواند از انواع سوزنهای توخالی به‌عنوان نازل استفاده کند. دستگاه توان کنترل سرعت روبش رفت و برگشتی نازل با سرعتی نزدیک به ۲۵۰۰ mm/min – ۰ و نیز معمولاً نقطه آغاز فرایند در بازه ۳۰ – ۰ cm را دارد. جمع‌آوری نانو الیاف بر روی جمع‌کننده غلطکی چرخان صورت می‌گیرد که دارای سرعت چرخشی متغیر نزدیک به ۳۰۰۰ – ۲۰۰ rpm است. اختلاف پتانسیل مورد استفاده در این دستگاه‌ها برای فرایند ریسندگی حداکثر برابر ۳۵ kV است که با استفاده از سامانه کنترلی دستگاه قابل تنظیم است. دما و غلظت بخارات حلال در محیط ریسندگی نیز با استفاده از سامانه گرم‌کن و تهویه قابل تنظیم است.

• **هشدار ایمنی:** حتماً پیش از روشن کردن دستگاه از اتصال صحیح کابل اتصال به زمین دستگاه اطمینان حاصل کنید. در صورت عدم اتصال صحیح امکان آسیب جدی قطعات الکترونیکی و نیز کاربر دستگاه وجود دارد.

پس از آماده‌سازی محلول مورد نظر برای ریسندگی، سرنگ دستگاه را با محلول پر کرده و در محل خود قرار دهید. همچنین با استفاده از فویل آلومینیومی سطح غلطک چرخان را پوشش دهید تا الیاف ریسیده شده در حین جدا کردن آسیب نبینند. پس از نصب سرنگ در جای خود و برقراری اتصالات ولتاژ بالای مربوط به سوزن، دستگاه را روشن کرده و با استفاده از ابزار کنترلی موجود در صفحه کنترل نرخ تزریق محلول، موقعیت روبش توسط سوزن، فاصله میان جمع‌کننده و سر سوزن و سرعت چرخش جمع‌کننده غلطکی را تنظیم کنید.

• **هشدار ایمنی:** در حین کار با اجزای درون محفظه ریسندگی حتماً دستگاه خاموش باشد. احتمال برق‌گرفتگی با ولتاژ بالا وجود دارد.

پس از تنظیمات اولیه دستگاه، منبع تغذیه دستگاه را روشن کرده و ولتاژ خروجی آنرا تنظیم کنید. در نهایت پس از بررسی نهایی تنظیمات صورت گرفته، دکمه آغاز فرایند الکتروریسی را فشار دهید. این فرایند می‌تواند بر اساس تنظیمات صورت گرفته برای حجم مشخص محلول مصرفی و یا زمان مشخصی از فرایند انجام شود.

۳-۳- آماده‌سازی محلول پلیمری

با توجه به اینکه نانو ذرات مورد استفاده برای تولید الیاف ضد باکتری در آزمایش مرحله اول در محیط محلول آبی تولید شده‌اند، برای تهیه محلول پلیمری از این محلول حاوی نانو ذرات نقره استفاده می‌کنیم. به این صورت که با افزودن مقدار مناسب PVA به محلول، محلول نهایی با غلظت ۱۵٪ وزنی PVA برای ریسندگی را تهیه می‌کنیم (محاسبات مربوط به تهیه محلول بر عهده دانش‌آموزان است). ابتدا محلول حاوی نانو ذرات نقره را با استفاده از همزن مغناطیسی به مدت ۳۰ دقیقه و با دور اختلاط rpm ۷۰۰ هم‌بزنید تا ذرات ته‌نشین شده در محیط مایع غوطه‌ور شوند. سپس حجم مورد نیاز از محلول را برداشته و در ظرف دیگر تحت اختلاط قرار دهید. در ادامه دانه‌های جامد PVA را به آرامی به محلول در حال اختلاط افزوده و اجازه دهید با دور rpm ۷۰۰ به مدت ۲ ساعت مخلوط شوند. برای اینکه فرایند انحلال PVA و یکنواختی محلول به‌راحتی صورت گیرد دمای محلول اولیه را ۸۰ °C تنظیم کنید.

آزمایش شماره ۴ - آبان ۱۴۰۰

۳-۴- روش ریسیدن نانو الیاف ضد باکتری حاوی نانو ذرات نقره

در نهایت پس از آماده سازی محلول، سرنگ دستگاه الکتروریس را با آن پر کرده و با رعایت تمام نکات ایمنی، بر روی پمپ نصب کنید. در نهایت فویل آلومینیومی را بر روی غلطک جمع کننده نصب کنید؛ همچنین برای نمونه برداری از نانو الیاف تولیدی برای تصویر برداری از الیاف حاصل، قطعه بسیار کوچکی از لام را برش داده و در قسمت حاشیه‌های غلطک که مقدار کمی از الیاف روی آن خواهد نشست نصب کنید. پس از بررسی اتصالات و اعمال تنظیمات دستگاه، ریسیدن نانو الیاف ضد باکتری حاوی نانو ذرات نقره را آغاز کنید. پس از اتمام کار، ابتدا به ترتیب منبع تغذیه ولتاژ بالا و کل دستگاه را خاموش کنید. فویل آلومینیومی و لام را از غلطک جدا کنید؛ دقت کنید نمونه‌های که بر روی لام قرار دارد را به هیچ وجه با دست لمس نکنید و آنرا در محل مناسبی به دور از هر گرد و خباری برای آزمایش مرحله بعد نگهداری کنید. سر سوزن را به خوبی تمیز کرده و سیم نازکی را بر روی سر آن قرار دهید تا از انسداد مجرای آن در اثر تبخیر حلال جلوگیری شود. تک‌های از فویل پوشش داده شده با نانو الیاف ضد باکتری را جدا کرده و مقداری کیک تازه را بر روی نانو الیاف ریخته و از تماس کامل کیک با الیاف مطمئن شوید. کیک و الیاف را به مدت ۲۴ ساعت در محیط مرطوب و گرمی (دمای در حدود 30°C) قرار دهید. پس از گذشت این مدت مشاهدات خود را ثبت کنید.

۴) پرسش

- ۱- تأثیر عوامل مؤثر بر فرایند الکتروریسی، بیان شده در قسمت تئوری آزمایش را بررسی کنید.
- ۲- در صورتی که به جای فویل آلومینیومی از ماده نارسانایی مانند کاغذ استفاده شود چه اتفاقی خواهد افتاد؟
- ۳- چه پدیده یا پدیده‌هایی موجب ایجاد خاصیت ضدباکتری در نانو ذرات نقره میشود؟
- ۴- تحقیق کنید تغییر فاصله جمع کننده چه اثری بر خواص الیاف تولیدی دارد؟
- ۵- پس از گذشت زمان ۲۴ ساعت چه پدیده‌های بر روی کیک قرار گرفته در میان نانو الیاف در محیط گرم و مرطوب مشاهده میکنید؟ دلیل این امر در چیست؟