

## جداکننده باتری لیتیومی عالی با عملکرد الکتروشیمیایی و پایداری حرارتی فوق العاده مبتنی بر نانوکامپوزیت‌های هیبریدی UHMWPE/SiO<sub>2</sub> از طریق فرآیند کشش در مقیاس دومحوری

### چکیده

جداکننده به‌عنوان بخش اساسی باتری‌های لیتیوم-یون، ارتباط نزدیکی با ایمنی و عملکرد الکتروشیمیایی باتری‌های لیتیوم-یون دارد. با وجود غشاهای جداکننده‌های متعددی که به‌صورت تجاری در دسترس هستند، پایداری حرارتی و عمر مفید آنها راندمان و قابلیت اعتماد باتری را به شدت محدود می‌نماید. در این پژوهش برای اولین بار، یک غشای نانوکامپوزیت پلی‌اتیلن با وزن مولکولی فوق العاده بالا (UHMWPE)/دی‌اکسید سیلیکون<sup>1</sup> (SiO<sub>2</sub>) از طریق یک فرآیند کشش متوالی دومحوری<sup>2</sup> طراحی و ساخته گردیده است. مشخصات<sup>3</sup> SEM،<sup>4</sup> EDS،<sup>5</sup> ATR-FTIR،<sup>6</sup> WAXS و<sup>7</sup> TGA شواهد روشنی را برای ساخت موفق غشاهای نانوکامپوزیت<sup>UHMWPE-SiO<sub>2</sub></sup> ارائه می‌نمایند. تأثیر SiO<sub>2</sub> بر ساختار و خواص غشاهای UHMWPE به‌طور مرتب مورد بررسی قرار گرفت. وجود SiO<sub>2</sub>، خواص اساسی مختلف جداکننده‌های UHMWPE مانند پایداری حرارتی، جذب الکترولیت و ترشوندگی، هدایت یونی و عملکرد الکتروشیمیایی را بهبود می‌بخشد. بنابراین، باتری‌های لیتیوم-یون به‌دست آمده دارای ظرفیت تخلیه<sup>8</sup> عالی حدود 165 میلی‌آمپر ساعت در نرخ جریان C/1 و 123 میلی‌آمپر ساعت در نرخ جریان 5C و عملکرد چرخه شارژ/تخلیه<sup>9</sup> بیشتر از 100 سیکل می‌باشند. از این‌رو، این پژوهش الهام‌بخشی برای گسترش جداکننده‌های نانوکامپوزیت معدنی-آلی برای باتری‌های لیتیوم-یون نسل بعدی می‌باشد.

<sup>1</sup> Ultra -high molecular weight polyethylene (UHMWPE)/silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>)

<sup>2</sup> Biaxial stretching

<sup>3</sup> Scanning electron microscope (SEM)

<sup>4</sup> Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS)

<sup>5</sup> Attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy (ATR-FTIR)

<sup>6</sup> Wide-Angle X-ray Scattering (WAXS)

<sup>7</sup> Thermogravimetric Analysis (TGA)

<sup>8</sup> Discharge capacity

<sup>9</sup> Cycling performance

**کلمات کلیدی:** جداکننده‌های لیتیوم-یونی، غشاهای نانوکامپوزیتی، روش کشش دومحوره، پلی‌اتیلن با وزن مولکولی فوق العاده بالا، نانوذرات دی‌اکسید سیلیکون.

### نتیجه‌گیری

غشاهای نانوکامپوزیت UHMWPE/SiO<sub>2</sub> با موفقیت با روش کشش دومحوری متوالی بدون هیچ گونه اصلاح دیگری ساخته شد. ساختار و خواص جداکننده‌های نانوکامپوزیت هم برای جداکننده UHMWPE خالص و هم برای جداکننده کامپوزیتی UHMWPE/SiO<sub>2</sub> به‌طور مرتب با آزمون‌های مشخصه‌یابی مختلف، مانند FT-IR، SEM-EDS، WAXS، TGA، XPS<sup>10</sup>، اندازه‌گیری زاویه تماس، نفوذپذیری، تست مقاومت کششی، پایداری حرارتی و عملکردهای الکتروشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. جداکننده UHMWPE خالص انقباض حرارتی<sup>11</sup> بالایی در نمونه‌هایی که کشش در جهت MD<sup>12</sup> (30/5 درصد) و کشش در جهت TD<sup>13</sup> (27/6 درصد) داشتند، را نشان می‌دهد. در مقابل، جداکننده‌های نانوالیاف UHMWPE/SiO<sub>2</sub> پایداری حرارتی<sup>14</sup> بالاتری را نشان می‌دهند، به عنوان مثال، نمونه S<sub>3</sub> که حاوی 10 درصد وزنی SiO<sub>2</sub> می‌باشد، انقباض حرارتی افزایش یافته آن در حالت کشش در جهت MD (2 درصد) و کشش در جهت TD (1/7 درصد) مشاهده شده است. نتایج آزمون‌های تخلخل، نفوذپذیری هوا، جذب الکتروولیت غشاهای نانوکامپوزیتی به‌دست‌آمده بیشتر از غشای UHMWPE خالص می‌باشد. به همین ترتیب، هدایت یونی<sup>15</sup> از نمونه S<sub>1</sub> تقریباً حدود 1/5 میلی‌ثانیه بر سانتی‌متر به نمونه S<sub>2</sub> تقریباً حدود 1/7 میلی‌ثانیه بر سانتی‌متر به نمونه S<sub>3</sub> تقریباً حدود 2/2 میلی‌ثانیه بر

<sup>10</sup> X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)

<sup>11</sup> Thermal shrinkage

<sup>12</sup> Machine direction (MD)

<sup>13</sup> Transvers direction (TD)

<sup>14</sup> Thermal stability

<sup>15</sup> Ion conductivity

سانتی‌متر و در نهایت به نمونه S<sub>4</sub> تقریباً حدود 3/4 میلی‌ثانیه بر سانتی‌متر افزایش یافته است. علاوه بر این، جداکننده‌های نانوکامپوزیت UHMWPE/SiO<sub>2</sub> قابلیت نگهداری خوبی از الکترولیت و همچنین خواص مکانیکی عالی را نشان می‌دهند. با توجه به مزایای ذکر شده در بالا، سل‌های لیتیوم-یون بسته‌بندی شده با جداکننده UHMWPE/SiO<sub>2</sub> به ظرفیت چرخه عالی با راندمان کولن<sup>۱۶</sup> 99/93 درصد در بالاتر از 100 سیکل و ظرفیت 146/2 میلی‌آمپر ساعت بر گرم با نرخ جریان 1C ارتقا یافتند. در این پژوهش، یک فرآیند آسان، مقرون‌به‌صرفه و کارآمد برای طراحی و ساخت غشاهای نانوکامپوزیتی با کارایی بالا برای بهبود عملکرد الکتروشیمیایی ارائه گردید. از این رو، این پژوهش چشم‌اندازهای گسترده‌ای در ارتقای کاربرد عملی باتری‌های لیتیوم-یون در آینده خواهد داشت.

## Reference

Babiker DM, Wan C, Mansoor B, Usha ZR, Yu R, Habumugisha JC, Chen W, Chen X, Li L. Superior lithium battery separator with extraordinary electrochemical performance and thermal stability based on hybrid UHMWPE/SiO<sub>2</sub> nanocomposites via the scalable biaxial stretching process. *Composites Part B: Engineering*. 2021 Apr 15; 211:108658.

---

<sup>16</sup> Columbic efficacy