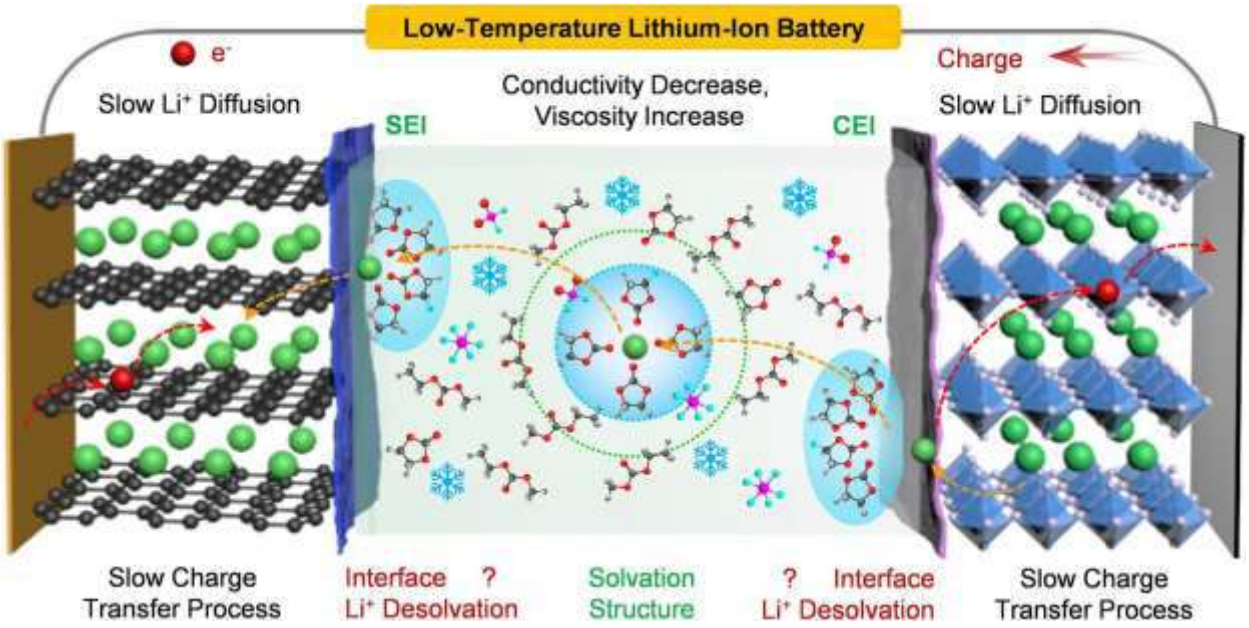

طراحی الکترولیت با دمای عملیاتی پایین برای باتری‌های لیتیوم یونی: چشم‌انداز و چالش‌ها

چکیده

باتری‌های لیتیوم یونی در بازار انرژی از تجهیزات الکترونیکی قابل حمل گرفته تا خودروهای الکتریکی به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، کاربردهای LIB[1]، زمانی که در مناطق سردسیر یا فصول

[1] Lithium-ion batteries

سرد استفاده می‌شوند، در صورتی که حفاظت حرارتی وجود نداشته باشد، به طور جدی محدود خواهد شد. این به این دلیل است که قابلیت انتقال یون Li^+ در داخل الکترود و به ویژه در الکترولیت به دلیل کاهش ویسکوزیته‌ی الکترولیت به طور قابل توجهی کاهش یافته و منجر به کاهش ناگهانی عملکرد و عمر چرخه سلول می‌شود. بنابراین، طراحی یک الکترولیت دما پایین برای فعال نمودن کاربردهای بیشتر LIBها اهمیت زیادی پیدا خواهد نمود. در این پژوهش، توسعه‌ی الکترولیت در دمای پایین را از جنبه‌های حلال، نمک و مواد افزودنی، آنالیز الکترولیت و عملکرد آن در سیستم‌های مختلف باتری مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه، رویکردهای جدید در مورد ساختار انحلال کاتیونی معرفی می‌شود، که برای درک رفتارهای سطحی در دمای پایین، با هدف طراحی یک الکترولیت با دمای پایین به طور موثرتر مهم خواهد بود.

خلاصه و چشم اندازها

به دلیل گسترش سریع کاربردهای LIBها در وسایل نقلیه‌ی الکتریکی، توسعه‌ی الکترولیت‌های دما پایین برای مناطق سردسیر یا فصول سرد سال، نیازی اساسی خواهد بود. اگرچه حفاظت حرارتی می‌تواند باعث کار کردن باتری شود، اما تنظیمات اضافی و سیستم مدیریت باتری (یعنی BMS[2]) می‌تواند چگالی انرژی را کاهش دهد و هزینه را افزایش دهد. در مقابل، الکترولیت دما پایین، سریع‌ترین و مقرون‌به‌صرفه‌ترین روش برای کارکرد الکترولیت است. در این پژوهش، انواع حلال، نمک لیتیوم، افزودنی و ترکیبات آن‌ها برای تولید الکترولیت‌ها به صورت خلاصه مرور شده و آنالیز الکترولیت، عملکرد باتری و خصوصیات الکترود نیز مورد بحث قرار گرفته است.

[2] Battery management system (BMS)

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

به ویژه، تحقیقات اخیر در خصوص ساختار انحلال Li^+ در الکترولیت هم از دیدگاه‌های مختلف در مورد SEI و اثر افزودنی‌ها، در این بررسی معرفی شدند. این موضوع برای طراحی الکترولیت دما پایین و درک عملکرد باتری بسیار مهم است.

طراحی یک الکترولیت با رسانایی یونی بالا، ویسکوزیته‌ی کم، نقطه‌ی انجماد بسیار پایین، همیشه اولین انتخاب برای عملکرد LIB در دمای پایین است که توانایی کار کردن الکترولیت را ممکن می‌سازد. این هدف را می‌توان با افزودن کمک حلال‌ها با ویسکوزیته‌ی پایین، استفاده از نمک‌های لیتیوم با توانایی تفکیک بالا، و/یا انتخاب مواد افزودنی برای تشکیل SEI خاص با رسانایی Li^+ بالا به دست آورد. علاوه بر این خواص کلان الکترولیت، بایستی تمرکز بر ریزساختار الکترولیت (به عنوان مثال، ساختار انحلال Li^+) و فرآیند حلال‌زدایی Li^+ معطوف شود، که به نظر می‌رسد برای تأثیرگذاری بر عملکرد در دمای پایین حیاتی‌تر است. به عنوان مثال، نشان داده شد که یک برهمکنش ضعیف حلال‌پوشی Li^+ برای تعیین عملکرد در دمای پایین غالب است. بنابراین، مطالعه‌ی ساختارهای حلال پوشی Li^+ (یعنی اعداد هماهنگی، برهمکنش حلال Li^+ و غیره) در توده‌ی الکترولیت و فرآیند حلال‌زدایی Li^+ (به عنوان مثال، خواص ترمودینامیکی، فرآیند جنبشی، پایداری الکتروشیمیایی کمپلکس Li^+-حلال-آنیون) روی رابط الکترود، روند اصلی در تحقیقات LIBها، از جمله LIBهای دما پایین خواهد بود. در حقیقت، با هدف تعیین دستورالعمل‌های جدید برای توسعه‌ی الکترولیت‌های قابل اطمینان‌تر برای LIBهایی که در دماهای پایین کار می‌کنند یک رابطه‌ی جدید بین ساختار حلال‌پوشی، رفتار حلال‌زدایی و عملکرد الکتروشیمیایی باید ایجاد شود.

علاوه بر ترکیب بهینه‌ی اجزای الکترولیت، طراحی یک حلال کارآمد، مانند حلال فلوئوردار، برای کاهش نقطه‌ی انجماد و حفظ رسانایی یونی بالا اهمیت پیدا می‌کند و LIBها را قادر می‌سازد تا طبق معمول عمل کنند. اگرچه بسیاری از محققین از SEI و SEI بهبود یافته با افزودنی برای تفسیر عملکرد باتری در دمای پایین استفاده

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

می‌کنند، نقش ساختار حلال‌پوشی Li^+ و مدل سطحی مرتبط، نیاز به توجه بیشتری دارد. این پدیده برای تفسیر و درک عملکرد باتری به اندازه توجه به حلال کارآمد مورد اهمیت است. همچنین باید در نظر داشت که حفظ پایداری بسیاری از الکترولیت‌های دما پایین با افزایش دما دشوار است، در نتیجه ساختار مولکولی حلال با پایداری بالا در محدوده‌ی وسیعی از دما نیز باید برآورده شود. بنابراین، طراحی الکترولیت در دمای پایین، علاوه بر محققان در حوزه و رشته‌های مرتبط با باتری، به تلاش بیشتری از حوزه‌های مختلف مانند محاسبات، طراحی مولکول‌های آلی و سنتز نیاز دارد. علاوه بر مسئله‌ی الکترولیت، عملکرد باتری‌های بزرگ در دمای پایین نیز می‌تواند توسط طراحی حرارتی و عایق در دمای پایین و همچنین گرمای تولید شده در حین کار افزایش یابد. این مسئله یک مشکل سیستماتیک و مهندسی است که در آن، هزینه، چگالی انرژی و قابلیت اطمینان LIBها در برابر دمای بالا (به عنوان مثال، تجزیه‌ی الکترولیت، یا تخریب سریع الکترود) باید به خوبی در نظر گرفته شود.

کلید واژه ها:

الکترود؛ باتری‌های لیتیوم یون؛ الکترولیت دما پایین؛ فاز میانی الکترولیت جامد؛ ساختار حلال‌پوشی.

Ref: Li, Q.; Liu, G.; Cheng, H.; Sun, Q.; Zhang, J.; Ming, J, Low-Temperature Electrolyte Design for Lithium-Ion Batteries: Prospect and Challenges, Chemistry-A European Journal, 2021, 27, 15842-15865.

DOI: 10.1002/chem.202101407