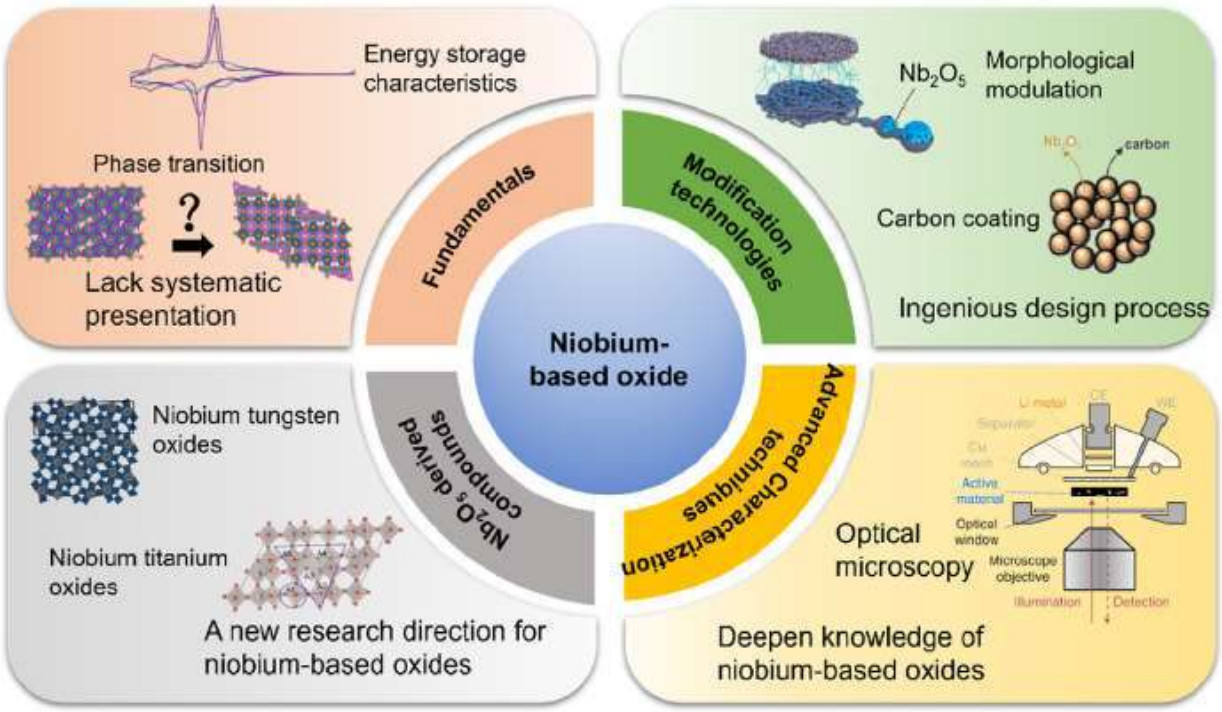
POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران



پیشرفت‌های صورت گرفته در اکسیدهای مبتنی بر نیوبیوم[1] به عنوان آند برای باتری‌های لیتیوم یون با قابلیت شارژ سریع

چکیده:

با افزایش محبوبیت وسایل نقلیه الکتریکی/هیبریدی و سرعت توسعه‌ی سیستم‌های موسوم به 3C[2] الکترونیک، توجهات به سمت سیستم‌های ذخیره‌ی انرژی با نرخ بالا افزایش یافته است. سرعت توسعه و پهنای گسترده‌ی استفاده از باتری‌های لیتیوم یونی می‌تواند به دلیل مزایای بسیار آن‌ها شامل چگالی انرژی بالا، ولتاژ کاری بالا، رفتار سازگار با محیط و نداشتن اثر حافظه باشد. با این وجود پیشرفت‌های باتری‌های LIBs[3] در حال حاضر با

[1] Niobium
[2] Computers-communications-consumer
[3] Lithium-Ion Batteries

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

محدودیت‌های مواد ذخیره‌کننده‌ی انرژی که از اجزاء حیاتی این سیستم هستند روبرو است. بنابراین پرداختن به توسعه‌ی نسل جدید مواد ذخیره‌کننده‌ی انرژی با سرعت بالا به منظور غلبه بر محدودیت‌ها و پیشرفت بیشتر فناوری باتری‌های LIB امری ضروری است. در این بین اکسیدهای مبتنی بر نیوبیوم به دلیل سرعت بالای شارژ و عمر طولانی، یک گزینه‌ی امیدوارکننده برای ساخت باتری‌های لیتیوم یون خواهند بود. این مقاله مرور جامعی بر مبانی، روش‌ها و الکتروشیمیایی اکسیدهای مبتنی بر نیوبیوم را با تمرکز ویژه بر تکامل فازی و ایجاد فازهای کریستالی Nb_2O_5 و روش‌های اصلاح و بهبود از جمله تغییرات مورفولوژی، ایجاد ساختار کامپوزیتی و استفاده از پوشش کربنی ارائه می‌کند. علاوه بر این، این بررسی به دیگر ترکیبات بر پایه Nb_2O_5 و روش‌های پیشرفته‌ی مطالعه‌ی آنها می‌پردازد. در نهایت، مسائل و چالش‌ها در ارتباط با توسعه‌ی اکسیدهای مبتنی بر نیوبیم برای باتری‌های ذخیره‌ی انرژی با نرخ بالا، همراه با چشم‌اندازهای تحقیقاتی آینده مورد بحث قرار می‌گیرند.

نتیجه و دیدگاه ها

در مجموع، مواد الکترود اکسیدی مبتنی بر نیوبیم به دلیل خواص ساختاری و الکترونیکی منحصربه‌فرد خود، توجه بسیاری را در زمینه‌ی ذخیره‌ی انرژی الکتروشیمیایی به خود جلب کرده‌اند. باوجود فازهای کریستالی مختلف Nb_2O_5، این مواد می‌توانند به نرخ‌های شارژ قابل مقایسه با ابرخازن‌های الکتروشیمیایی دست یابند و با توجه به ولتاژ کاری بالایی که دارند ($1.0V <$ در مقابل Li^+/Li) می‌تواند از تجزیه‌ی الکترولیت و تشکیل دندریت لیتیوم جلوگیری کنند. به عنوان مثال ساختار متقارن $T\text{-}Nb_2O_5$ یک کانال 2 بعدی برای نفوذ یون‌های لیتیوم فراهم می‌کند که عملکرد چرخه‌ای و با نرخ بالا را حتی در مقیاس میکرون ممکن می‌سازد. فعالیت‌هایی برای بهبود تاثیر Nb_2O_5 از طریق روش‌هایی مانند مهندسی مورفولوژی، پوشش کربن و ایجاد ساختار کامپوزیتی برای بهبود عملکرد الکتروشیمیایی، صورت گرفته است. علاوه بر آن ساختار کریستالی ذاتی Nb_2O_5 اجازه‌ی ذخیره‌سازی Na^+، Li^+ و K^+ را، با نرخ بالای واکنش‌های الکتروشیمیایی مستقل از سایز آن‌ها ایجاد می‌کند. اما همچنان هزینه‌ی بالای تهیه‌ی Nb یک مسئله‌ی مهم برای بررسی‌های بیشتر است. بر همین اساس تحقیق در زمینه‌ی ترکیبات مشتق از Nb_2O_5 برای کاهش بیشتر استفاده از Nb و در عین حال حفظ عملکرد نرخ‌های بالا، امری ضروری است. ساختار الکترونیکی منحصر به فرد Nb ویژگی انتقال سریع یونی را به ترکیبات گرفته شده از Nb_2O_5 اعطا می‌کند. بررسی روش‌های دیگر برای کاهش مصرف Nb در اکسیدهای بر پایه آن برای کاربردهای صنعتی امری حیاتی

است. درکنار تحقیقات فراوان در خصوص مواد با قابلیت شارژ سریع، تکنیک‌های بررسی و مطالعه‌ی اکسیدهای بر پایه‌ی Nb، برای درک بهتر مکانیزم‌های عملکردی آن‌ها توسعه یافته است.

در حال حاضر، هنوز برخی از چالش‌های کلیدی مرتبط با الکترودهای مبتنی بر Nb_2O_5 وجود دارد. اولا، بیشتر ترکیبات مبتنی بر نیوبیوم رسانایی الکتریکی ضعیفی از خود نشان می‌دهند که منجر به بازده انتقال الکترون پایین در الکترود می‌شود. بنابراین، بهبود هدایت الکتریکی و رسانایی این مواد یک چالش ضروری است که باید به آن پرداخته شود. استراتژی‌های مختلفی مانند مهندسی مورفولوژی، کامپوزیت‌سازی و استفاده از پوشش‌های کربنی برای افزایش رسانایی الکتریکی پیشنهاد شده‌اند اما برای جلوگیری از کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی ، طراحی دقیق فرآیندهای اصلاح و بهبود حائز اهمیت خواهد بود. افزودن ناخالصی یون[۴] نیز یک روش موثر برای بهبود رسانایی ذاتی Nb_2O_5 از طریق تزریق الکترون‌های آزاد است. مطالعات بیشتر در ارتباط با Nb_2O_5 باید بر روی فازهای کریستالی دردمای بالا و مشتقات آن‌ها انجام گیرد زیرا تحقیقات قبلی نشان داده که این فازها دارای خواص الکتروشیمیایی بهتر بوده و مشتقات آن هزینه‌های ناشی از نیوبیوم را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال $H\text{-}Nb_2O_5$ در مقایسه با فازهای موجود در دماهای پایین طرفیت بالاتری را از خود نشان می‌دهد و ترکیبی مثل $TiNb_2O_5$ خواص شبه خازنی $T\text{-}Nb_2O_5$ را دارا است در حالی که مقرون به صرفه‌تر بوده و از ظرفیت تئوری بالاتری نیز بهره می‌برد. تحقیقات در زمینه‌ی ترکیبات مبتنی بر Nb_2O_5 نوید بزرگی در پیشبرد این زمینه است. در نهایت استفاده از الکترودهای Nb_2O_5 بر روی سیستم دیگر باتری‌ها، مانند باتری‌های یون سدیم (SIB) انتخابی مناسب خواهد بود. با وجود چالش‌های مرتبط با کاهش توانایی ذخیره‌ی انرژی در باتری‌های SIB، به دلیل شعاع زیاد و نفوذ آهسته‌ی یون‌های Na، با توجه به هزینه‌ی کم و ذخایر فراوان منابع Nb، بهبود عملکرد الکتروشیمیایی SIB با استفاده از استراتژی های مختلف اصلاح الکترود و ترکیبات جدید مبتنی بر نیوبیوم این گزینه را به انتخابی مناسب و ارزشمند تبدیل می‌نماید. به علاوه $T\text{-}Nb_2O_5$ دارای فاصله‌ی سطحی بزرگی است که اجازه می‌دهد مقدار مشخصی از k (شعاع یونی 1.38 Å) یا Mg (شعاع یونی 0.72 Å) را در خود جای دهد. پیشرفت‌هایی در بررسی سیستم‌های مبتنی بر Nb_2O_5 برای باتری‌های یونی پتانسیم و منیزیم حاصل شده است اما تلاش‌های بیشتر برای کشف سیستم‌های جدید در این جهت مورد نیاز خواهد بود. غلبه بر این چالش‌ها مستلزم تلاش‌های تحقیقاتی بیشتر و همکاری بین دانشمندان و مهندسان در این زمینه است.

[4] Ion doping

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

کلیدواژه: مواد ذخیره‌کننده‌ی انرژی، شارژ سریع، باتری‌های لیتیوم یونی، اکسیدهای بر پایه‌ی نیوبیوم، تحول، ترکیبات مبتنی بر Nb_2O_5، تکنیک‌های پیشرفته‌ی مشخصه‌یابی.

Ref: Xie, F.; Xu, J.; Liao, Q.; Zhang, Q.; Liu, B.; Shao, L.; Cai, J.; Shi, X.; Sun, Z.; Wong, C.; Progress in niobium-based oxides as anode for fast-charging Li-ion batteries. Energy Reviews, 2023, 100027.

DOI: https://doi.org/10.1016/j.enrev.2023.100027