مجله نانوشیمی و الکتروشیمی

بهار ۱۴۰۲. دوره ۱ . شماره۴

مقاله پژوهشی

مقایسه سطوح ورقه های مس و آلومینیومی در باتری های یون لیتیم قبل و بعد از به کارگیری اسفنج نانو

مهرداد غلامی

گروه شیمی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۸

تاریخ داوری: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: /۱۳۹۹/۹

واژه‌های کلیدی:

باتری یون لیتیم، چسبندگی مواد فعال الکترودی، اسفنج نانو

چکیده: یکی از مشکلات جدی که می تواند در باتری ها ی یون لیتیمی به وجود آید، عدم چسبندگی مناسب مواد فعال الکترودی به سطوح الکترودهای کاتد و آند است که باعث ورقه شدن، تکیده شدن و یا حل شدن مواد فعال الکترودی در الکترولیت شده و نهایتا باتری را از کار می اندازد. در باتری های یون لیتیم معمولا از ورقه های مسی به عنوان بستری برای چسباندن مواد فعال آندی و از ورقه های آلومینیومی به عنوان بستری برای چسباندن مواد فعال کاتدی استفاده میکنند. تا به حال تحقیقات متعددی برای افزایش چسبندگی مواد فعال الکترودی آندی و کاتدی انجام گرفته است که شامل بهینه سازی های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی است. در این مطالعه ساختار اسفنج نانو که در واقع تشکیل شده از شبکه های نسبتا منظم ملامینی است قبل و بعد از استفاده برای بهینه سازی سطوح الکترودهای مسی و آلومینیومی با استفاده از میکروسکوپ نوری دیجیتالی مورد بررسی قرار میگیرد. همچنین مورفولوژی میکروسکوپی سطوح این الکترودها قبل و بعد از بکار بردن اسفنج نانو و پلاسما با هم مقایسه می شود. تصاویر میکروسکوپی بدست آمده نشان میدهند که با بکارگیری این اسفنج و پلاسما سطوح این الکترودها بطور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. زاویه تماس حلال های آب و NMP در سطوح ورقه های مسی و آلومینیومی به ترتیب اندازه گیری و مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین چسبندگی مواد فعال الکترودی پس از این بهینه سازی بهبود چشمگیری را نشان میدهند..

مقدمه

در باتری های لیتیم یون، الکترود مثبت یا کاتد از یک ترکیب لیتیم مانند لیتیم نیکل اکسید بوده که بر روی یک ورقه نازک آلومینیومی به صورت لایه نازکی پوشش داده می شود از سویی دیگر الکترود منفی یا آند از ترکیبی از مواد کربن مانند گرافیت ، گرا فن، نانو لوله های کربنی و یا کربن سیاه ساخته می شود که به صورت لایه نازکی بر روی ورقه های مسی پوشش داده می شود. در این میان یک غشاء نازک مسئولیت جدا سازی بین کاتد و آند را عهده دار است. الکترولیت در باتری های لیتیمی نیز از نمک لیتیم دریک حلال آلی ساخته شده است. بدیهی است که نقص در عملکرد هر یک از اجزای تشکیل دهنده باتری یون لیتیم باعث نقص در عملکرد کل باتری می شود [۱-۳]. یکی از مشکلات جدی که در این نوع از باتری ها می تواند به وجود بیاید چسبندگی مواد فعال الکترودی به سطوح آنهاست که می تواند در اثر ورقه شدن، تکیده شدن و یا حل شدن مواد فعال الکترودی در الکترولیت به وجود آید. تحقیقات متعددی برای افزایش چسبندگی مواد فعال الکترودی که شامل بهینه سازی های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی است تا به حال صورت گرفته است [۴-۶]. در این مطالعه با استفاده از اسفنج نانو یا اسفنج غول خاکستری همراه با آب، بهینه سازی سطوح ورقه های مسی و آلومینیومی انجام می گیرد. استفاده از

* نویسنده مسئول: مهرداد غلامی

نشانی: گروه شیمی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

تلفن: ...

پست الکترونیکی: mehrdad897@yahoo.com

این اسفنج باعث بهبود بسیار زیاد چسبندگی مواد فعال الکترودی بر روی ورقه های مسی و آلومینیومی می گردد.

مواد و روش‌ها

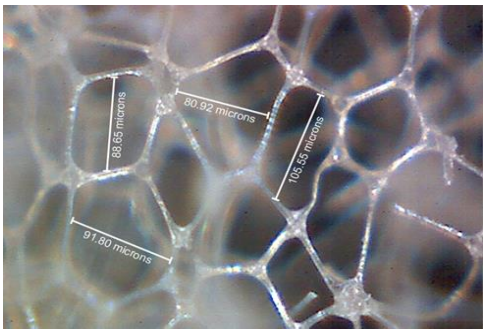
اسفنج نانو تهیه شده از شرکت نانو سان، آب مقطر، استون، گرافیت، کربن سیاه، ورقه مسی، لیتیم نیکل کبالت آلومینیوم اکسید $LiNiCoAlO_2$ یا NCA حلال NMP ، ماده الکترولیت $LiPF_6$ مناسب برای استفاده در ساخت باتری یون لیتیم، دستگاه فیلم کش Doctor Blade - MSK-AFA-II-VC ، دستگاه گلاو باکس، گاز نیتروژن، دستگاههای مخصوص ساخت باتری های کیسه ای یون لیتیم.

روش کار

ابتدا ورقه های نازک مسی و آلومینیومی به طور جداگانه در اندازه های مطلوب برش داده می شود. سپس تکه های نازکی از اسفنج نانو با آب مرطوب گشته و به مدت یک دقیقه بر روی هر یک از ورقه های فلزی کشیده می شود. پس از آن سطوح فلزی با پنبه آغشته به استون تمیز و خشک می شوند. حال مواد فعال کاتدی و آندی که به صورت خمیر های روانی درآمده ا ند با کمک دستگاه فیلم کش بر روی ورقه های آلومینیومی و مسی پو شش داده می شوند. الکترودهای تهیه شده سپس به داخل اجاق خلاء انتقال داده می شوند. برای مقایسه الکترودهای مشابهی بدون به کار بردن اسفنج نانو تهیه گردید .

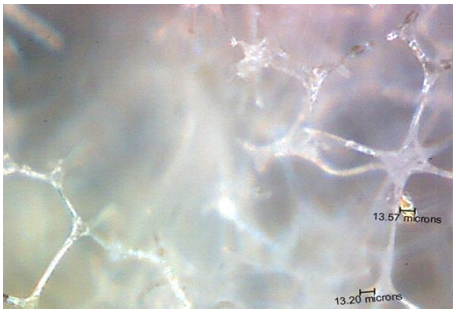
نتایج و بحث:

اسفنج نانو در واقع از شبکه های نسبتا منظم ملامینی تشکیل شده است که به طور گسترده ای برای پاک کردن و خش گیری از روی سطوح مختلف بکار برده می شود. شکل ۱. تصویر گر فته شده از اسفنج نانو با میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر را نشان میدهد. همانطور که در شکل مشاهده می گردد این اسفنج از شبکه های تو خالی پنج ضلعی و شش ضلعی از جنس ملامین تشکیل شده است که اندازه حفرات این شبکه بین ۸۰ تا ۱۱۰ میکرون می باشد.



شکل ۱. تصویر گرفته شده از اسفنج نانو توسط میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر

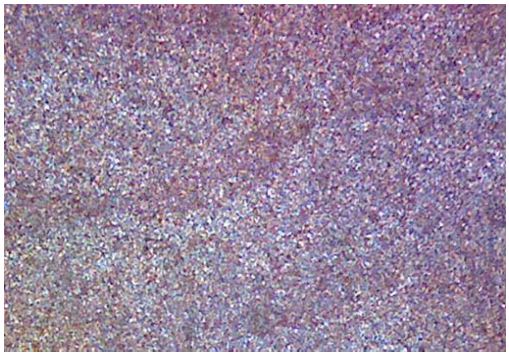
پس از بکار گیری این اسفنج برای بهینه کردن سطح یک ورقه مسی، مجددا تصویر میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر از اسفنج مستعمل گرفته شد که در شکل ۲. نشان داده شده است.



شکل ۲. تصویر میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر از اسفنج نانو مستعمل بکار گرفته شده برای بهینه سازی سطح الکترود مسی.

همانطور که مشاهده می شود شبکه ملامینی اسفنج نانو در هم شکسته شده و ذرات ریز مسی با ابعاد حدوداً ۱۳میکرون بر روی آنها دیده می شود.

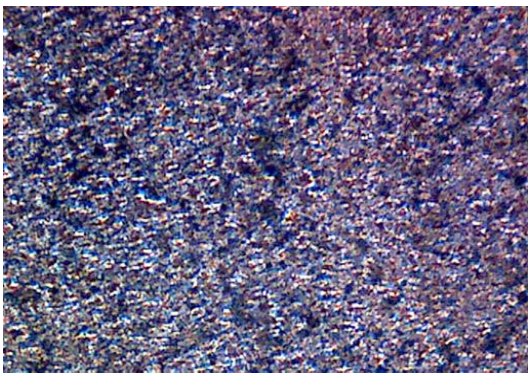
در شکل ۳ تصویر ورقه مسی قبل از به کار گیری اسفنج نانو نشان داده شده است همانطور که مشاهده می شود این سطح کاملا صاف و عاری از هر گونه خلل و فرج می باشد.



شکل ۳. تصویر میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر از سطح الکترود مسی.

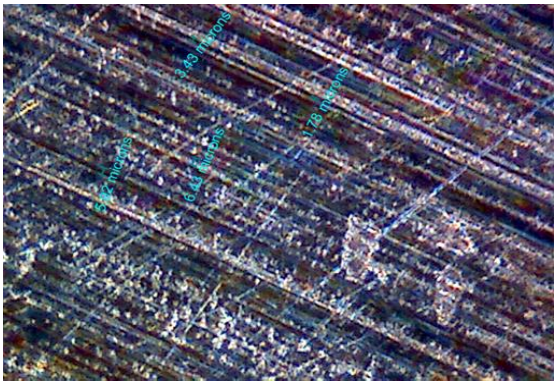
به منظور بررسی عملکرد اسفنج نانو تصویر میکروسکوپی از این ورقه پس از بهینه سازی تهیه گردید که در شکل ۴. نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد در اثر بکار گیری این اسفنج سطح ورقه مسی کاملا متخلخل می شود که این خلل و فرج به وجود آمده می تواند به صورت جایگاه ریشه ای مناسبی برای مواد فعال آندی بکار

گرفته شود به طوری که پس از خشک شدن لایه ای بسیار چسبنده و یکنواخت را می تواند بر روی سطح الکترود به وجود آورد.



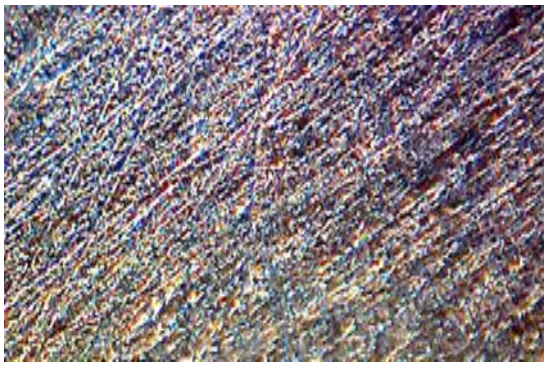
شکل ٤. تصویر میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر بعد از بهینه سازی سطح الکترود مسی

به طور مشابه تصویر میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر از ورقه آلومینیومی برداشته شد که در شکل ۵. نشان داده شده است. در این شکل شیارهای موازی با فاصله حدود ۱ تا ۶ میکرون مشاهده می شود.



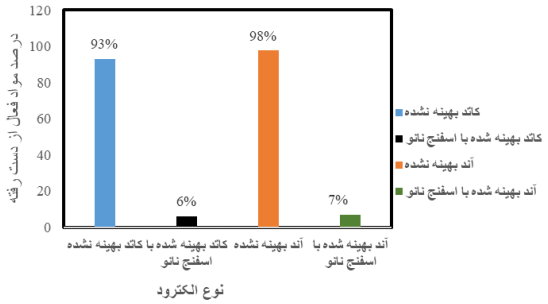
شکل ۵. تصویر میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر از سطح الکترود آلومینیومی

در شکل ۶ تصویر سطح آلومینیومی پس از بهینه سازی با اسفنج نانو نشان داده شده است. درست مشابه با الکترود مسی پس از بهینه سازی با اسفنج نانو، الکترود آلومینیومی هم و دارای خلل و فرج بسیاری شده است که این تخلخل می تواند جایگاه ریشه ای را برای مواد فعال کاتدی فراهم کند. همانطور که انتظار می رود کاتد تهیه شده پس از خشک شدن لایه ای بسیار چسبنده را بر روی ورقه آلومینیومی به وجود می آورد.



شکل ٦. تصویر میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگ نمایی هزار برابر بعد از بهینه سازی سطح الکترود آلومینیومی

برای بررسی میزان چسبندگی مواد فعال الکترود، تست چسبندگی tack test بر روی آنها صورت گرفت بدین نحو که ابتدا یک نوار چسب دوطرفه بر روی سطح یک شیشه کاملا تمیز و تراز شده چسبانده شد. سپس ورقه فلزی پوشش داده شده با مواد فعال الکترودی پس از وزن کردن از طرفی که بدون پوشش می باشد بر روی چسب چسبانده شده بر روی شیشه متصل گردید. حال تکه چسب شیشه ای به دقت وزن شد و بر بروی قسمتی که مواد فعال الکترودی پوشش داده شده بود چسبانده شد و پس از قرار دادن یک تکه شیشه دیگر بر روی آنها وزنه ای به وزن ۵۰۰گرم بر روی شیشه دوم قرار داده شد و پس از ده ثانیه چسب از روی الکترود برداشته شده و مقدار مواد فعال چسبیده به آن اندازه گیری شد [۴]. نتایج این اندازه گیریها در شکل ۷ نشان داده شده است. این نتایج نشان می دهند که زیر سازی با اسفنج نانو الکترودهایی که به عنوان کاتد و یا آند در باتری های یون لیتیم بکار برده میشوند، تاثیر بسیار مطلوبی را بر چسبندگی مواد فعال الکترودی ایجاد میکند. این نتایج با نتایج گرفته شده حاصل از بهینه سازی با روش فیزیکی و شیمیایی با پتنت US 2016/0197352 A1 بسیار قابل مقایسه می باشد[۴].



شکل ۷. نتایج تست چسبندگی الکترودهای مختلف

نتیجه‌گیری

استفاده از اسفنج نانو می تواند تاثیر به سزایی بر روی بهبود چسبندگی مواد فعال الکترودی داشته باشد. با بررسی عکس های میکروسکوپی گرفته شده می توان نتیجه گرفت که این افزایش چشمگیر چسبندگی در نتیجه به وجود آمدن خلل و فرج فراوانی است که توسط اسفنج نانو در روی سطوح این فلزات ایجاد می گردد. با توجه به سادگی کار بااسفنج های نانو و اثر بسیار مطلوبی که آنها می توانند در زمان بسیار کوتاهی در سطح الکترودها ایجاد کنند، این روش می تواند به عنوان یک جایگزین مناسب با سایر روشهای موجود بکار گرفته شود.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی، روش شناسی و تحلیل داده ها: و نگارش نهایی: مهرداد غلامی

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر، فرم‌های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

تشکر و قدردانی

نویسنده از معاونت پژوهشی دانشگاه مرودشت به خاطر حمایت در انجام کار تحقیقاتی حاضر تشکر و قدردانی می کند.

References

[1]. G. Jian, Y. Xu, L.-C. Lai, C. Wang, M.R. Zachariah, Mn 3 O 4 hollow spheres for lithium-ion batteries with high rate and capacity, Journal of Materials Chemistry A, 2 (2014) 4627-4632.

[2]. Y. Jian, L. C. Xu, C. Lai, M. R. Wang, Mn_3O_4 hollow spheres for lithium-ion batteries with high rate and capacity, Journal of Materials Chemistry A, 2 (2014) 4627-4632.

[3]. Magasinski, P. Dixon, B. Hertzberg, A. Kvit, J. Ayala, G. Yushin, High-performance lithium-ion anodes using a hierarchical bottom-up approach, Nature materials, 9 (2010) 353-358.

[۳]J. Zhao, S. Zhang, W. Liu, Z. Du, H. Fang, Fe3O4/PPy composite nanospheres as anode for lithium-ion batteries with superior cycling performance, Electrochimica Acta, 121 (2014) 428-433.

[۴]R. Blaser, M. Karulkar, Physiochemical Pretreatment for Battery Current Collector, Google Patents, 2015.

[۵]S. Dasgupta, J.K. Jacobs, Current collector for lithium ion battery, Google Patents, 19.۹۵

[۶]Y.S. Jung, A.S. Cavanagh, L.A. Riley, S.H. Kang, A.C. Dillon, M.D. Groner, S.M. George, S.H. Lee, Ultrathin direct atomic layer deposition on composite electrodes for highly durable and safe Li-ion batteries, Adv Mater, 22 (2010) 2172-2176.