

порошков. Структуру пористого никеля можно контролировать, варьируя состав Ni/Cu композита и температурные условия спекания.

Литература:

1. М.Т. Артыкбаева, М.А. Елеуов, Г.Т. Смагулова, Р.Е. Бейсенов. Получение пористого никеля из сплава Ni/Cu методом селективного электрохимического травления. // Горение и плазмохимия. – 2018. – No 16. – P.226-234.
2. Rabi Ebrahim, Mukhtar Yeleuov, and Alex Ignatiev. 3D Porous Nickel Anode for Low Temperature Thin Solid Oxide Fuel Cell Applications. // Adv. Mater. Technol. -2017. –No 2. 1700098.
3. Chang J.-K., Hsu S.-N., Sun I.-W., and Tsai W.-T. Formation of nanoporous nickel by selective anodic etching of the nobler copper component from electrodeposited nickel-copper alloys // Journal of Physical Chemistry C. – 2008. – Vol. 112, No 5. – P. 1371-1376.

УДК 541.136

РАЗРАБОТКА АНОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ SiO₂ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Б.Д. Сарсембаева¹, А.Б. Жапар¹, Қ. Асқарұлы^{1,2}, Е.Е. Бейсенова¹

¹Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

²Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан

zhaparova029@gmail.com

С момента коммерческого внедрения литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) в 1990-е годы корпорацией Sony, поиск литий-ионных батарей с высокой плотностью энергии стал активно развиваться. За последние десятилетия плотность энергии увеличилась в три раза - с ЛИА первого поколения (Вт·ч·кг⁻¹) до сегодняшних 240Вт·ч·кг⁻¹. Благодаря постоянным усилиям по оптимизации обработки материалов, усовершенствованию неактивных компонентов (включая электролит, сепаратор и связующее, проводящую добавку и токоприемник) и техническому прогрессу в производстве потолок плотности энергии литий-ионных аккумуляторов приближается к теоретическим пределам. В настоящее время растущее количество электромобилей постепенно играет доминирующую роль в потреблении ЛИА с высокой плотностью энергии, в то время как их потребности были незначительно низкими в 2010 году по сравнению с потребностями, используемыми в компьютерах, бытовой электронике и камерах. Тем не менее, растущая тенденция электрификации транспортных систем требует скачка в технологии ЛИА, чтобы значительно увеличить дальность проезда электромобилей, чтобы потребители могли избавиться от беспокойства о дальности. Современный графитовый анод является лучшим выбором в современных ЛИА с его низким потенциалом заряд/разряда, умеренной емкостью 372мАчг⁻¹ и низкой производственной стоимостью. Среди всех альтернативных анодных материалов кремний (Si) считается наиболее многообещающим кандидатом для высокоэнергетических ЛИА следующего поколения по нескольким причинам: Si имеет теоретическую удельную емкость 4200 мАч/г и объемную емкость 9786 мАчсм⁻³ при полном литировании, которые в ~10 раз больше, чем графит; средний потенциал лития/делитирования составляет ~ 0,4 В относительно Li, что обеспечивает относительно высокое рабочее напряжение в полной конфигурации элемента, а также предотвращает проблемы безопасности, вызванные литиевым покрытием при низком анодном напряжении; потенциально низкая токсичность, низкая стоимость, экологичность и естественное изобилие Si делают его наиболее подходящей заменой графитового анода.

Тем не менее, обещания никогда не приходят без проблем. Усилия по практическому применению кремниевых анодов в ЛИА претерпели длительный исследовательский процесс, который еще не завершен. Главный недостаток в том, что по мере того, как ионы лития перемещаются в анод, происходит изменение объема, примерно до 400%, что приводит к разрушению и поломке электрода. Большое изменение объема также препятствует стабильному образованию защитного слоя, который находится между электролитом и анодом. Поэтому каждый раз, когда батарея заряжается, этот слой должен постоянно восстанавливаться, используя ограниченный запас ионов лития и сокращая срок службы и перезаряжаемость батареи. Данная работа относится к способам переработки отходов рисового производства для получения аморфного SiO_2 , который может быть использован в качестве анода в ЛИА. В данной работе описывается особенности поведения электрохимических характеристик одним самых изобильных материалов на земле - диоксид кремния SiO_2 . Аморфный SiO_2 был синтезирован из рисовой шелухи, который впоследствии был использован в качестве анодного материала. Данный метод получения анодного материала, является очень простым и экономически выгодным. Использовались отходы рисовой шелухи местных производителей.

С целью удаления пыли и ненужных материалов с поверхности исходного материала, рисовая шелуха неоднократно промывается дистиллированной водой и обрабатывается HCl . Далее, рисовую шелуху сушили при 105°C (4-8 часов), затем кальцинировали при 600°C (4 часов) в муфельной печи. Морфологию синтезированных образцов наблюдали с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM, JSM-7500F). Для установления оценки электрохимических свойств анодного материала на основе SiO_2 синтезированного из рисовой шелухи, был изготовлен лабораторный прототип батарей карманного типа. Рабочие электроды были получены путем смешивания активного материала, проводящей ацетиленовой сажи, порошка связующего поливинилиденфторида (PVDF) и N-метил-2-пирролидона (NMP) в качестве растворителя в массовом соотношении 90:4:6 для получения суспензии. Готовая суспензия наносилась на фольгу; после нанесения покрытия прессовали и сушили при 120°C ; батарея pouch-типа собиралась в лабораторных условиях, в перчаточном боксе.

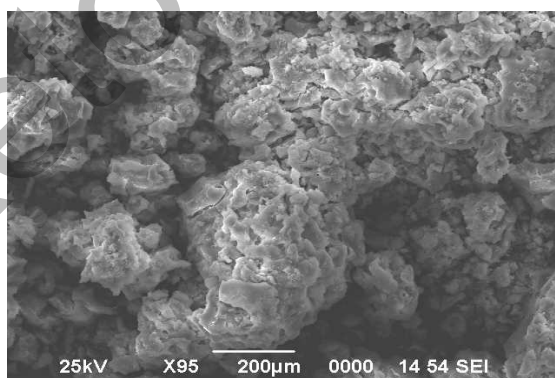


Рисунок 1 – СЭМ изображение SiO_2 образца, синтезированного из рисовой шелухи. Электронно-микроскопическое исследование (рисунок 1) показывает, что с ростом температуры карбонизации происходит постепенное структурирование поверхности SiO_2 возникновение наноразмерных морфологических образований различного типа.

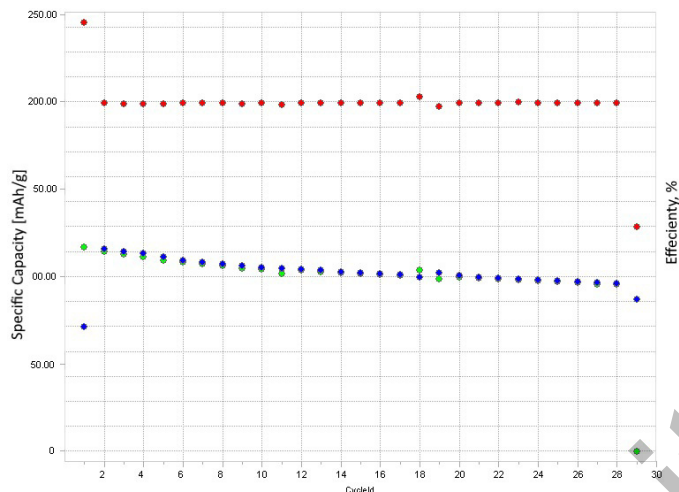


Рисунок 2- Циклические характеристики аккумулятора

Циклы заряда-разряда проводились в диапазоне потенциалов 2,7-4,2В, больше 30 циклов, с помощью 8-канального анализатора аккумуляторов. На первом этапе аккумулятор заряжался в режиме постоянного тока 150 мА/ч до тех пор, пока напряжение не повысилось до 4,2В. В этот момент режим зарядки переключился на режим зарядки постоянным напряжением 4,2В, и зарядка продолжалась до тех пор, пока ток не упал до 10% начального значения (15 мА). После зарядки аккумулятор расслабляли в течение 1 мин, а затем прикладывали разряд постоянным током 50 мА до тех пор, пока напряжение не упало до значения отсечки 2,7 В. Тенденция к уменьшению времени заряда-разряда одного цикла (рисунок 2) указывает на то, что емкость батареи также уменьшается, потому что первоначально больше ионов Li могло пройти от катода к аноду и наоборот, но после нескольких циклов не все ионы возвращаются в их начальное положение и, следовательно, емкость падает в течение многих циклов, что является известным фактором для аккумуляторных батарей. Небольшие отклонения около 100% эффективности демонстрируют, что циклы показали значительную стабильность более 30 циклов. Удельная емкость имела начальное значение 200 мАч/г, а после 30 циклов емкость упала почти до 180 мАч /г, показывая, что более 90% начальной емкости сохраняется в течение непрерывной серии зарядки-разрядки, как видно из рисунка 2. Этот результат подтверждает, что ультратонкий SiO₂, синтезированный из рисовой шелухи, имеет стабильную структуру и дает возможность извлекать более 60% теоретической емкости.

Литература:

1. Zhenhui Liu, Qiang Yu, Yunlong Zhao, Ruhan He Ming Xu, Shihao Feng, Shidong Li, Liang Zhou, Liqiang Mai. Silicon oxides: a promising family of anode materials for lithium-ion batteries. // Chem. Soc. Rev. – 2019. – 48. –P. 285—309.
2. S.Azat, A.V.Korobeinyk, N.Meirbekov, R.B.Kozakevych, R.L.D.Whitby, Z.A.MAnsurov. Nano-SiO₂ from rice husk ash, synthesis and characterixation. International Symposium “Physics and chemistry of carbon materials/nanoengineering” International Conference “Nanoenergetic materials and nanoenergy”, -2016. –P.28-31.
3. К. Аскарулы, С. Азат, М. Елеуов, А.Р.Керимкулова, У.Н. Жантикеев, А.Е. Бердыханов. Получение оксида кремния из рисовой шелухи методом термической обработки. Горения и плазмохимия. -2019. -17. –P.178-183.