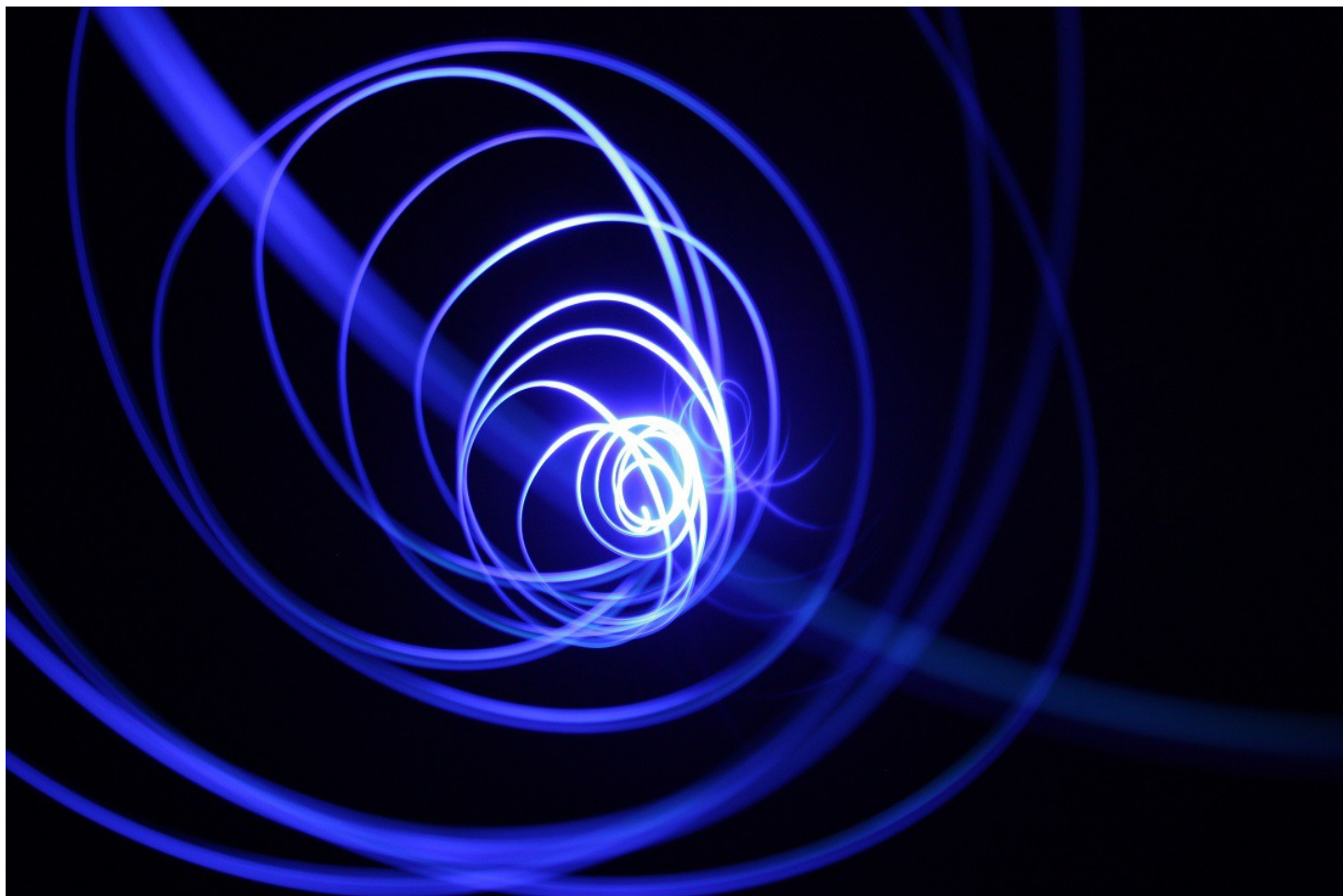


Создание нанокomпозиционных электродов для аккумуляторов



Исследователи Политеха создали собственную технологию изготовления миниатюрных электродов для тонкопленочных твердотельных литий-ионных аккумуляторов

Тенденция к миниатюризации автономных электронных устройств вызывает потребность в миниатюрных источниках энергии. Одним из перспективных вариантов решения этой задачи является разработка тонкопленочных твердотельных литий-ионных аккумуляторов (ТТЛИА). Обычные литий-ионные аккумуляторы с жидкостным электролитом широко используются в различных сферах: от игрушек, гаджетов и бытовой электроники до тяговых аккумуляторов для транспорта. Но их невозможно уменьшить до нанометрового или субмикронного уровня. Актуальной задачей также является снижение стоимости производства батарей. Сделать это можно, заменив дорогостоящий и дефицитный катодный материал на основе кобальта на более дешевый. Еще одна задача для исследователей – ускорить процесс зарядки аккумуляторов.

Тонкопленочные литий-ионные аккумуляторы имеют высокую производительность, более высокое среднее выходное напряжение, легкий вес, соответственно, высокую плотность энергии и длительность работы (1 200 циклов без ухудшения качества), а также пожаробезопасность. При этом они могут работать в широком диапазоне температур (от -20 до $+60^{\circ}\text{C}$). Плотность энергии – одна из существенных характеристик ТТЛИА, обеспечивающая длительность автономной работы.

ТТЛИА имеют хорошие перспективы использования в устройствах интернета вещей (IoT), микрочипах, RFID-метках, применяющихся для идентификации изделий, беспроводных датчиках со встроенными источниками питания, автономных детекторах звука, света, контроля химического состава газов, а также в имплантируемых биосенсорах и медицинских устройствах.

Литий-ионные батареи служат для преобразования химической энергии в электрическую, состоят из анода, катода, электролита, сепаратора и корпуса. Положительный электрод (катод) и отрицательный (анод) обладают высокой электропроводностью и обмениваются ионами лития через жидкий электролит, который проходит через пористый сепаратор, предотвращающий неконтролируемую реакцию при прямом контакте между анодом и катодом, во избежание короткого замыкания. Основными особенностями электролита являются высокая ионная проводимость и высокое электрическое сопротивление. Электрический ток переносится проводящими коллекторами на анодах и катодах к отрицательному и положительному полюсам ячейки и обратно.

Электрохимическая система ТТЛИА состоит из пленок анода, твердого электролита (также выполняет функцию сепаратора) и катода, последовательно осажденных слоями на подложке друга на друга.

Ученые разрабатывают тонкопленочные твердотельные аккумуляторы рулонного типа, что позволит снизить затраты на их производство. Твердотельные батареи отличаются повышенной плотностью энергии за счет снижения их веса, а гибкость материала электролита позволяет батарее принимать любую форму и легко вписываться в габариты микроэлектронных устройств.

В тонкопленочной гибкой литий-ионной батарее используется электролит на полимерной основе, который выступает также в качестве сепаратора и связующего материала. Недорогие полимерные разделительные материалы в литий-ионных батареях обладают способностью транспортировать ионы через их пористые мембраны при сохранении физического разделения между анодными и катодными материалами для предотвращения короткого замыкания. Гибкий сепаратор устойчив к разрушению во время работы батареи.

Для ТТЛИА необходима разработка специальных анодных и катодных материалов, которые будут противостоять снижению емкости батареи из-за циклирования и повышению ее безопасности при перезарядке. Разработка наноматериалов вдохнула новую жизнь в литий-ионные батареи.

Исследователи Санкт-Петербургского Политеха провели исследование влияния параметров синтеза на скорость выращивания, химический состав материала, электрохимические свойства и создали собственную технологию изготовления миниатюрных электродов для тонкопленочных твердотельных литий-ионных аккумуляторов.

Целью проекта является разработка технологических основ создания перспективных наноматериалов для литий-ионных полимерных аккумуляторов повышенной эффективности и создание новых видов нанокпозиционных электродных материалов мирового уровня. Реализация проекта позволит снизить себестоимость производства электродных материалов, повысить технические характеристики литий-ионного полимерного аккумулятора, особенно его энергоэффективность, и обеспечить вывод на рынок новой продукции.

Доцент Высшей школы физики и технологий материалов СПбПУ Максим Максимов пояснил: «Разработана методика получения электрохимически активного материала на базе никелата лития (катод) и оксида никеля (анод) с использованием метода молекулярного наслаивания. В результате были получены базовые и допированные составы анодов и катодов толщиной от единиц до десятков нанометров, которые в будущем могут быть использованы для создания нанометрового аккумулятора, интегрированного в процессор устройства при создании микросхем для носимой, портативной или вживляемой электроники».

Для получения катодных материалов на базе никелата лития был выработан общий подход: нанесение кристаллического слоя переходных металлов с изначально заданным их соотношением, последующим нанесением слоя Li-Ni-O (следы никеля) и применение термообработки (отжиг при 800 °С) для создания кристаллической структуры катодного материала. Для улучшения электрохимических характеристик разрабатываемых катодов были апробированы новые подходы: двухстадийная термообработка и уменьшение времени выдержки до 1 минуты. В качестве образцов выступали мультислойные пленки со слоистой структурой: нижний слой оксида переходных металлов (Ni-Co-O), на который в последующем осаждали литий, содержащий слой типа Li-Ni-O.

В качестве твердого электролита на поверхность катода была нанесена система Li-Ta-O. Осаждение пленок проводили последовательным чередованием одного цикла получения оксида лития и двух циклов оксида тантала. На основании данных РФЭС можно сделать вывод, что в образцах, полученных при последовательном нанесении Li-Ta-O на сформированный после термообработки катод, состав изменяется следующим образом: на поверхности образца находится тонкий слой, содержащий карбонат лития/оксид лития/гидроксид лития/оксиды тантала. При исследовании в объеме пленки концентрация тантала возрастает.

Ученые разработали метод выращивания на подложках массивов углеродных нанотрубок с использованием слоев оксида никеля контролируемой толщины. Полученные композитные структуры могут использоваться в литий-ионных аккумуляторах.

Результаты проведенных научно-исследовательских работ могут быть использованы для проведения опытно-конструкторских работ, направленных на разработку технологии получения электродных материалов для высокопроизводительных тонкопленочных литий-

ионных аккумуляторов на основе нанокomпозиционных материалов и могут быть внедрены в производство.

Сейчас ученые Петербургского Политеха разрабатывают твердый электролит для будущего миниатюрного литий-ионного аккумулятора.

Индустриальными партнерами Политеха выступили компании ЗАО «АКОМ», TSE Technology (КНР), ENV Energy New Vehicle (КНР).

Анатолий Попович, директор Института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, пояснил:

«В нашем институте ведется разработка научно-технологических основ создания новых видов нанокomпозиционных электродных материалов для литий-ионных полимерных аккумуляторов повышенной эффективности с применением функциональных покрытий. Полученный нами материал обладает повышенными эксплуатационными и функциональными характеристиками.

У меня очень хорошие отношения с моим учеником Ван Цин Шеном, который защитил кандидатскую диссертацию по теме литий-ионных аккумуляторов в Политехническом университете. Сейчас он возглавляет инновационные китайские компании TSE Technology и ENV Energy New Vehicle. Шесть лет назад мы вместе с ним создали совместную российско-китайскую лабораторию, которая финансируется компаниями Ван Цин Шена. В Китае на этой площадке создан совместный институт, где мы разрабатываем материалы для литий-ионных аккумуляторов. Ученые Политеха прошли в Китае стажировку и продолжают вести исследования в Петербурге.

Мы решаем три основные задачи. Во-первых, удешевление изготовления электродных материалов. Для этого разрабатываем новые нанокomпозиционные структуры. Во-вторых, увеличение ресурса батарей. Ведь чем больше ресурс батареи автомобиля, тем больше у него максимальный пробег без подзарядки. В-третьих – повышение безопасности.

Очень важным является создание безопасных литий-ионных аккумуляторов. В основу данной технологии, разработанной нами совместно с КНР, положены разработки Ван Цин Шена, признанного мировым авторитетом в этой теме. Сегодня уже решена проблема безопасности: если разрезать разработанную пластину литий-ионного аккумулятора ножом, то ток есть, а короткого замыкания нет. Даже при краш-тесте автомобиля аккумулятор не вызывает замыкания и взрыва.

Сегодня компетенция Политеха связана с разработкой наноструктурированных катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов. У нас очень много патентов в этой области».

Реализация проекта позволит снизить себестоимость производства электродных материалов, повысить технические характеристики литий-ионного полимерного

аккумулятора, особенно его энергоэффективность и способность к быстрой зарядке, а также способствовать выводу на рынок инновационной продукции.