

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

Немогай С.Ю.

Ясюкевич Л.В. – канд. техн. наук, доцент

На сегодняшний день невозможно представить работу мобильных устройств без использования литий-ионных аккумуляторов (Li-ion). Смартфоны, планшеты, ноутбуки — все эти гаджеты оснащены данным типом аккумуляторов. Значительные преимущества по сравнению с другими типами аккумуляторов позволяют находить широкое применение в электронике. Однако за явными плюсами кроется ряд недостатков, которые могут быть приведены к серьезным последствиям, но также могут быть ликвидированы с внедрением новых технологий. В работе представлен краткий обзор устройства литий-ионных аккумуляторов, рассмотрены основные проблемы и возможные перспективы.

Революцию в развитии перезаряжаемых литиевых аккумуляторов произвело сообщение о том, что в Японии разработаны аккумуляторы с отрицательным электродом из углеродных материалов. Углерод оказался весьма удобной матрицей для интеркаляции лития (рисунок 1). Для того чтобы напряжение аккумулятора было достаточно большим, японские исследователи использовали в качестве активного материала положительного электрода оксиды кобальта. Литированный оксид кобальта имеет потенциал около 4 В относительно литиевого электрода, поэтому рабочее напряжение Li-ion аккумулятора имеет характерное значение 3 В и выше [1].

**Химические процессы, протекающие в Li-ion аккумуляторах.** При разряде Li-ion аккумулятора происходит деинтеркаляция лития из углеродного материала (на отрицательном электроде) и интеркаляция лития в оксид (на положительном электроде). При заряде аккумулятора процессы идут в обратном направлении. Следовательно, во всей системе отсутствует металлический (нуль-валентный) литий, а процессы разряда и заряда сводятся к переносу ионов лития с одного электрода на другой. Поэтому такие аккумуляторы получили название "литий-ионных", или аккумуляторов типа кресла-качалки [1]. Уравнения реакций при заряде имеют следующий вид: на положительном электроде:  $\text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li}^+ + xe^-$ , на отрицательном электроде:  $\text{C} + x\text{Li}^+ + xe^- \rightarrow \text{C}\text{Li}_x$ . При разряде происходят обратные реакции.

**Устройство аккумуляторов.** Литий-ионные аккумуляторы выпускаются в двух вариантах: цилиндрическом и призматическом. Последний наиболее распространён, так как основное предназначение литий-ионных аккумуляторов — питание мобильных устройств. Разноименные электроды разделяются сепаратором, препятствующим их соприкосновению. Очень важным условием производства является абсолютная герметичность. Аккумуляторы изготавливают в специальных боксах в атмосфере чистого аргона.

**Характеристики Li-ion аккумуляторов.** Современные Li-ion аккумуляторы имеют высокие удельные характеристики: 100-180 Вт ч/кг и 250-400 Вт ч/л. Рабочее напряжение колеблется в диапазоне 3.5-3.7 В. Активные исследования в области литий-ионных аккумуляторов позволили добиться токов разряда от 2С до сотен С, а также работоспособности при температурах от минус 40 до +60 °С. Саморазряд, в отличие от аккумуляторов с никелем, значительно ниже и составляет порядка 4 %. Ресурс также более благоприятный: 500-1000 циклов.

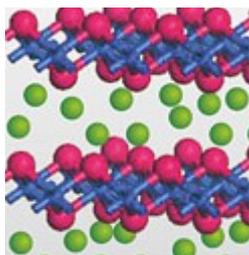


Рис. 1 — Углеродная матрица и ионы лития



Рис. 2 — Один из неудавшихся образцов нового смартфона компании Samsung

**Перспективы развития Li-ion аккумуляторов.** Ведутся активные исследования в области развития литий-ионных аккумуляторов, чтобы повысить их характеристики и сделать максимально безопасными для повседневного использования. Очевидно, что главными путями к исправлению многих недостатков литий-ионных аккумуляторов является использование инновационных материалов, а также применение новых конструктивных решений. Активно внедряются нанотехнологии, позволяющие значительно повысить способности электродов к интеркаляции-деинтеркаляции. В качестве примера рассматривается технология компании A123 Systems. История A123 Systems началась в конце 2000 года в лаборатории профессора Йет Мин Чанга из Массачусетского технологического института (MIT). Чанг, долгое время работавший над Li-ion технологиями, почти случайно обнаружил потрясающий феномен. При определенном воздействии на коллоидный раствор электродных материалов структура батареи начинала самовоспроизводиться! Силы притяжения и отталкивания зависели от множества факторов — размеров, формы и количества самих частиц, свойств электролита, электромагнитного поля и температуры. Чанг провел детальные исследования физико-химических свойств электродных наноматериалов и определил базовые параметры запуска процесса спонтанной самоорганизации. Полученные батареи обладали удельной емкостью, на треть превышающей емкость обычных батарей на основе кобальтата лития, и выдерживали сотни циклов заряда-разряда. Микроструктура электродов, созданная естественным путем, позволяла на порядок увеличить общую площадь активной поверхности и ускорить ионообмен, что, в свою очередь, повышало емкость и производительность батареи. Самоорганизация по методу Чанга выглядит следующим образом: смесь наночастиц оксида кобальта и графита помещается в корпус будущей батареи, добавляется электролит и создаются необходимые внешние условия — температура, электромагнитное поле и давление. Частицы оксида кобальта притягиваются друг к другу, но отталкивают частицы графита. Процесс длится до тех пор, пока силы притяжения и отталкивания не достигнут равновесия. В результате образуется пара анод-катод, полностью разделенная интерфазой — электролитом. За счет одинакового размера наночастиц Чангу в лабораторных условиях удалось создать образцы батарей с заданными параметрами емкости и производительности. Дальнейшее изучение этого феномена и разработка технологии производства на его основе сулили фантастические перспективы. По расчетам Чанга, емкость аккумуляторов можно было бы удвоить в сравнении с существующими аналогами, а себестоимость — снизить наполовину. Метод самоорганизации позволял создавать батареи любой формы размером меньше спичечной головки, в том числе непосредственно внутри самих потребителей тока [2].

**Проблемы использования Li-ion аккумуляторов.** Нашумевшая история, произошедшая в компании Samsung в конце августа — начале сентября 2016 года, имеет непосредственное отношение к проблемам использования литий-ионных аккумуляторов. Дело в том, что в этот период времени от пользователей начали поступать жалобы о взрывах смартфона (рисунок 2), представленного компанией как самый инновационный мобильный телефон, превосходящий любое устройство производства компании-конкурента. Однако это не помешало данному «гаджету» стать поводом для многочисленных фотографий в интернете с достаточно ироничным содержанием. Итак, компанией была отозвана партия из 1,5 миллиона смартфонов, из которых 500 тысяч успели продать. Известно 35 случаев взрывов аккумулятора. Ущерб составил порядка 17 млрд. долларов.

Утечка документов из Корейского агентства по защите прав потребителей дала основания утверждать, что аккумуляторы для первой партии смартфонов, созданные дочерней компанией *Samsung SDI*, были немного, буквально на волос, больше, чем нужно. За счет этого сепараторы (изоляционные пластины, которые разделяют катод и анод), находились слишком близко к краям и были особенно подвержены разрушению под давлением. В результате повышался риск короткого замыкания и образования теплового пробоя. Также эксперты обнаружили проблемы с упаковкой ячеек батареи, в частности, из-за качества изоляционной ленты, которая была изготовлена сторонней компанией, и с изоляцией анода. Если бы каждая проблема имела место сама по себе, аккумуляторы, скорее всего, не взорвались бы. Однако все вместе они практически не оставили *Samsung Galaxy Note 7* с аккумуляторами *SDI* шансов. Избыточное давление на сепараторы возникло, видимо, из-за того, что они были расположены слишком близко к скругленному краю корпуса. Дополнительно усилила давление на аккумулятор система защиты смартфона от воды — уплотнители тоже занимают место. Это и объяснило взрывы первой партии устройств и их отзыв с рынка [3].

Список использованных источников:

1. Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://powerinfo.ru/accumulator-liion.php>. — Дата доступа: 20.12.2016.
2. Литий-ионное будущее: Аккумуляторы нового поколения. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://popmech.ru/technologies/7766-lity-ionnoe-budushchee-akkumulyatory-novogo-pokoleniya/>. — Дата доступа: 27.04.2017.
3. Раскрыта реальная причина возгораний *Samsung Galaxy Note 7*. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://pikabu.ru/story/raskryta\\_realnaya\\_prichina\\_vozgoraniy\\_samsung\\_galaxy\\_note\\_7\\_4571559](http://pikabu.ru/story/raskryta_realnaya_prichina_vozgoraniy_samsung_galaxy_note_7_4571559). — Дата доступа: 20.12.2016.

## ОПТОТРАНЗИСТОРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПУЛЬСА НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ АТМЕГА 328

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Шекунов В. С.

Собчук Н. С. – ст. преподаватель

В данной работе был разработан «Оптотранзисторный измеритель пульса на микроконтроллере Atmega 328». Регистрация периферического кровотока происходит «на отражение» т.е. свет от источника падает на кожу, частично поглощается и, отражаясь попадает на приёмник. Длину волны излучателя была выбрана по графику поглощения света окси и дезоксигемоглобина с наложенными на него кривыми спектральных характеристик излучателей Рисунок 1.

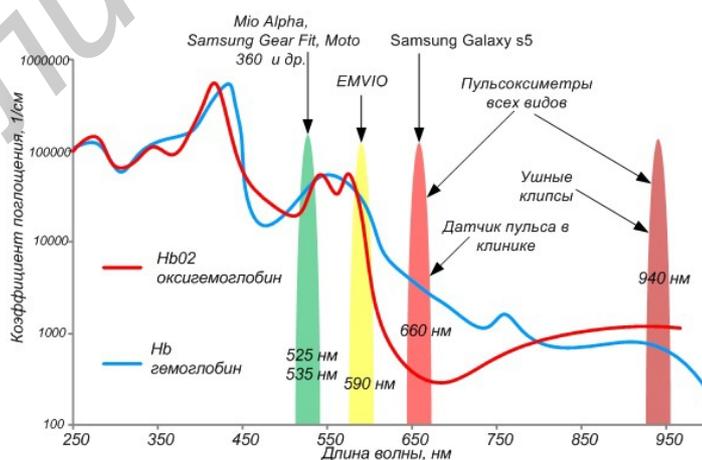


Рис.1 – Зависимость поглощения света гемоглобином от длины волны

Из кривой степени поглощения света гемоглобином можно сделать вывод о том, что лучше всего использовать длину волны в диапазоне 400-450нм и 520-600нм. Однако имеющиеся в наличии фототранзисторы имели максимальную