

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

А. А. ПОТАНИН

Изобретение химических источников тока и напряжения на основе кислотных и затем щелочных электролитов оказало колоссальное влияние на развитие науки, техники и промышленности. Однако работа с жидкими растворами источников опасна, во многом неудобна и неэкологична. Поэтому постоянно велись поиски замены таких электролитов.

Применительно к миниатюрным таблеточным аккумуляторам типа используемых в наручных часах разработаны около 20 лет тому назад и промышленно выпускаются элементы на основе прямого контакта «литий-йод». Они не содержат какую-либо жидкость, а электролитный контакт соз-

дается твердым продуктом химической реакции — йодидом лития. Полностью герметичная твердотельная конструкция обеспечивает исключительную надежность аккумуляторов, в связи с чем их, в основном, применяют в имплантируемых медицинских изделиях (кардио- и нейростимуляторах). Они имеют сравнительно высокое внутреннее сопротивление, рассчитаны на микротоки и высокоомную нагрузку при начальном напряжении 2,8 вольт со сроком службы до 12,5 лет.

В 80-х гг. РНЦ «Курчатовский институт» вышел с предложением развития в Министерстве среднего машиностроения принципиально новых и очень перспективных твердо-

тельных батарей с использованием фторидов металлов с высокой подвижностью ионов фтора в твердой фазе. Предложение было поддержано министром Л. Д. Рябевым. Намерения были очень серьезные, но в силу последующего ухудшения экономической ситуации в России это направление не получило необходимого развития.

Несмотря на эти трудности во ВНИИЭФ практически в инициативном порядке (средств не было, но никто не запрещал) работы продолжались по направлению конверсионного развития твердотельных батарей. В середине 90-х гг. по предложению В. Н. Лобанова и А. А. Потанина во ВНИИЭФ создается самостоятельная лаборатория для научных исследований и разработки твердотельных батарей. С этого времени во ВНИИЭФ начинается этап активного развития нового направления: химической физики твердых суперионных проводников с высокой анионной разупорядоченностью.

Отличительным свойством этих материалов (иногда их называют суперионными проводниками) является очень высокий уровень ионной проводимости в твердой фазе, который на 5–10 порядков выше ионной проводимости в обычных ионных кристаллах. Так как при определенных условиях ионная проводимость суперион-



Фтор-ионные батареи

ных проводников оказывается ближе всего к ионной проводимости расплавов ионных соединений или концентрированных жидких растворов, эти вещества называют также твердыми электролитами.

Успехи, достигнутые в области изучения ионного переноса в твердых ионных проводниках и в поликристаллических структурах на их основе, позволили провести большой объем научно-исследовательских работ для создания принципиально новых твердотельных источников тока. Фтор-ионные твердотельные источники тока состоят из гальванических элементов, которые представляют собой многослойную металло-керамическую структуру, состоящую из твердофазных компонентов: анода, электролита и катода. При этом генерация тока происходит при реализации твердофазных высокоэнергетических электрохимических реакций с переносом ионов фтора по твердой фазе ионных проводников.

В результате работ, выполненных в 1995–1997 гг. нам удалось показать, что такие гальванические элементы могут иметь ЭДС до 3,6 вольт. При этом были достигнуты предельно высокие плотности электрической энергии при разряде первичного гальванического элемента в области высоких температур. Демонстрация этих результатов получила высокую международную и российскую оценку. Работы ВНИИЭФ были удостоены золотой и серебряной медалей на Всемирных салонах изобретений, инноваций и ноу-хау в Брюсселе (1997 г., 1998 г.) и Гран-при салона в Париже (1998 г.).

В результате последующего развития твердотельных фтор-ионных источников тока нам

удалось доказать, что они работоспособны при температурах 25–250°C, обладают низким саморазрядом (менее 1% в год),

устойчивы к вибрации, безопасны и могут быть использованы в любых современных нефтяных и газовых скважинах,



Сотрудники лаборатории — создатели твердотельных батарей.
Сидят: И. П. Максименко, А. А. Потанин; стоят: А. М. Шаповалов,
А. Ф. Михайлов, А. Д. Кашеев, Н. И. Веденеев, И. Н. Мишкин



Диплом Российской инженерной академии



Работы ВНИИЭФ были удостоены золотой и серебряной медалей на Всемирных салонах изобретений, инноваций и ноу-хау в Брюсселе и Гран-при салона в Париже. 1997–1998 гг.



*Нас чествует Чикаго.
С наградой — А. А. Потанин. 2006 г.*

в том числе сверхглубоких, с глубиной до 8000–9000 метров.

Были разработаны, изготовлены и испытаны образцы таких батарей (они приведены на фотографии). Испытания батарей были проведены во ВНИИЭФ и в компании General Atomics (США) и показали в результате, что наши батареи не имеют мировых аналогов по температурному диапазону эксплуатации и безопасности и очень востребованы рынком.

Этот этап развития твердотельных фтор-ионных батарей был очень важен. О возможности создания таких батарей ранее много сообщалось. Уже в самых ранних патентах (это патенты США 70–80 гг.), которые касались химического состава твердых фтор-ионных проводников, говорилось об очень перспективных батареях на их основе. Но фактически батарей не было. В 1999 г. мы впервые в мире разработали и изготовили такие новые батареи.

Мы показали, что их сделала российская школа и продемонстрировали работоспособность твердотельных фтор-ионных батарей не только в России, но и в США.

Чтобы развивалось это новое направление на стыке химической физики твердого тела и электрохимии фактически была создана новая научно-инженерная школа, включающая в себя научные исследования, разработку технологий, конструирование принципиально новых батарей, инновационную деятельность, педагогическую деятельность и подготовку кадров. В 2003 г. созданная в области твердых суперионных проводников и твердотельных батарей школа была признана одной из ведущих в России и награждена дипломом Российской инженерной академии.

В результате последующего развития нам удалось доказать, что такие батареи могут работать не только при нормальных

и высоких температурах, но и при отрицательных, увеличить энергетические параметры, развить несколько направлений конструирования и т.п.

В 2005 г. была произведена экспортная поставка в США образцов батарей SSD-10V с повышенной емкостью и мощностью для применений в нефтяных и газовых скважинах и геотермальных применений. Испытания этих батарей были произведены в Сандийской национальной лаборатории (США). Эта работа имела очень большой успех и была признана одной из 100 лучших НИОКР США 2005 г.

ПОТАНИН

Александр Аркадьевич —
начальник лаборатории
отделения 19 РФЯЦ-ВНИИЭФ,
кандидат технических наук