Литий-ионные аккумуляторы повышенной мощности

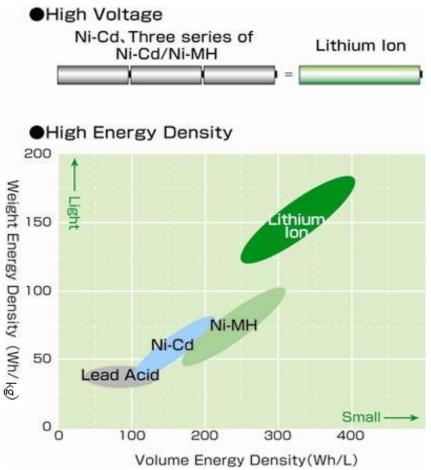
<u>Кулова Т.Л.а</u>, Кузьмина А.А.а, Скундин А.М.а, Новикова С.А.⁶, Стенина И.А.⁶, Ярославцев А.Б.⁶

^аИнститут физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина ^бИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук,

Современные применения литий-ионных аккумуляторов

Характеристики различных аккумуляторов





Современные литий-ионные аккумуляторы

(+) – Кобальтат лития LiCoO₂

(-) – Графит C₆ Неводный жидкий электролит U=3.6-3.7 BW = 180-200 Втч/кг

Мобильный телефон

Непрерывная работа в течение 2 часов, Режим ожидания - 140 ч (5 суток). Интегральное время = 2000 ч

Робот-пыпесос

Время уборки – 60 мин



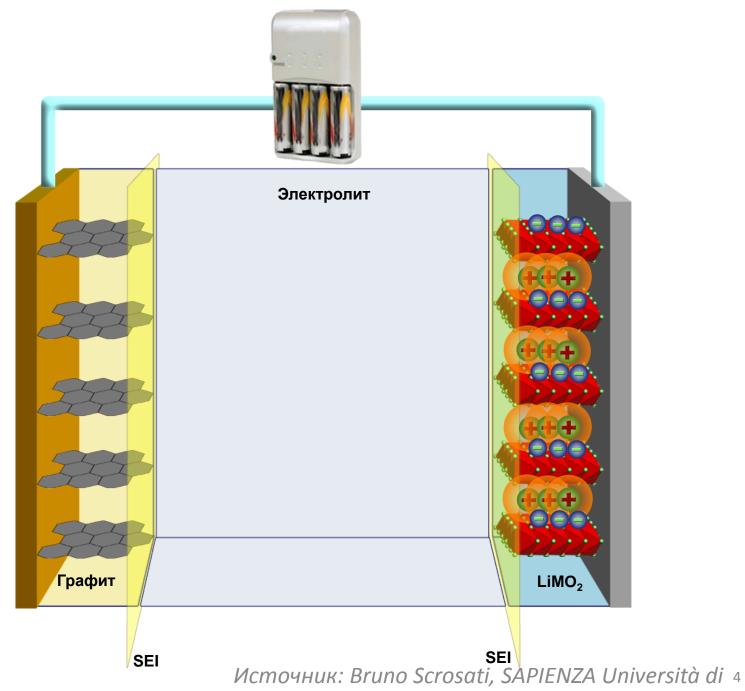
135 MM (F)

Радиоуправляемый вертолет

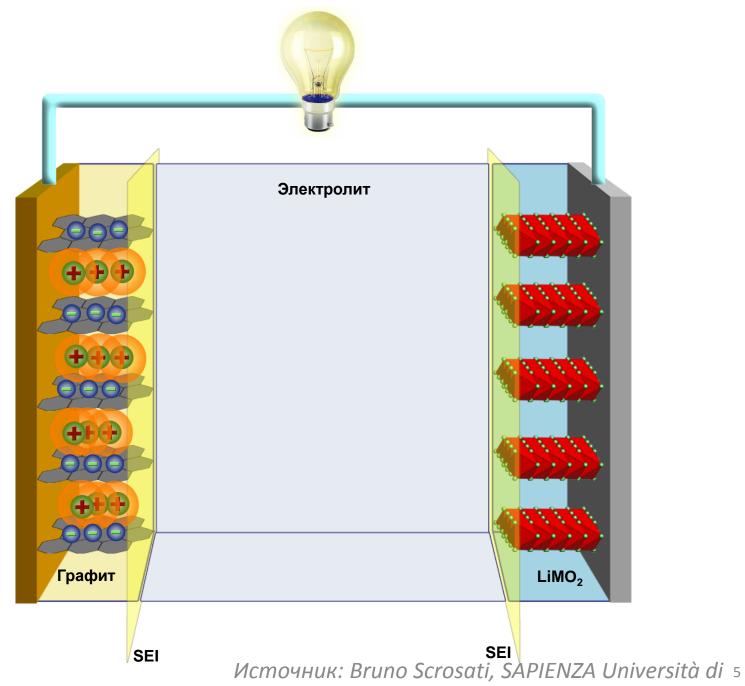
Время полета: около 6-8 минут







Roma



Roma

Энергетика аккумулятора

Удельная энергия аккумулятора $W = U^*Q_{ak} = (E_+ - E_-)^*Q_{ak}$

U – напряжение

Е₊ - потенциал положительного электрода

Е_ - потенциал отрицательного электрода

Удельная емкость аккумулятора
$$1/Q_a = 1/Q_+ + 1/Q_-$$

Удельная емкость активных веществ $Q_{+(-)} = F^* n / M_{+(-)}$

F – число Фарадея,

n – число электронов участвующих в реакции внедрения ионов лития

М – молекулярная масса соединения

Энергетика аккумулятора

Удельная мощность аккумулятора

$$W_m = U^*I = (E_k - E_a)^*I / m$$

U – напряжение аккумулятора

Е_к - потенциал катода

Е_а - потенциал анода

m - масса аккумулятора

Требования к функциональным материалам элетродов ЛИА

Высокая электронная проводимость
Высокая мощность
Быстрая диффузия ионов лития
Малый размер частиц

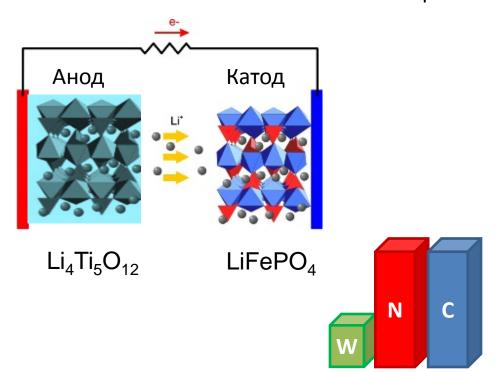
Обратимость процессов интеркаляции/деинтеркаляции лития (минимальные структурные изменения) Электрохимическая стабильность, устойчивость к электролиту во всем интервале циклирования

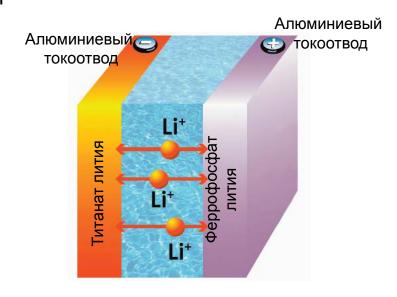


Высокая циклируемость (низкая деградация)



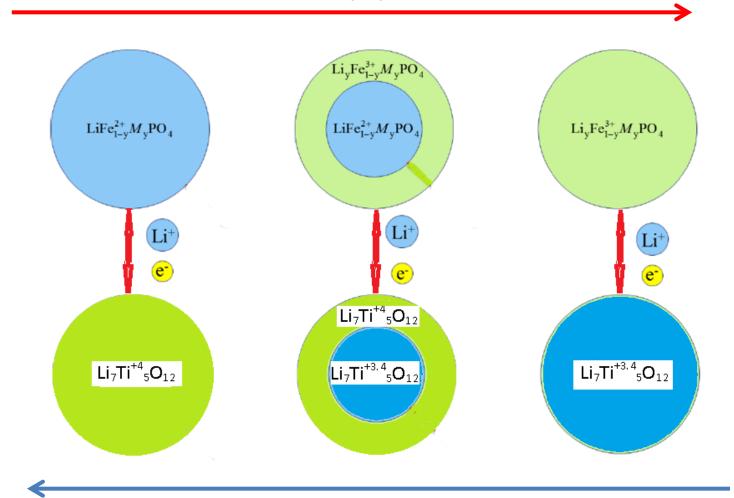
Аккумуляторные системы запасания энергии



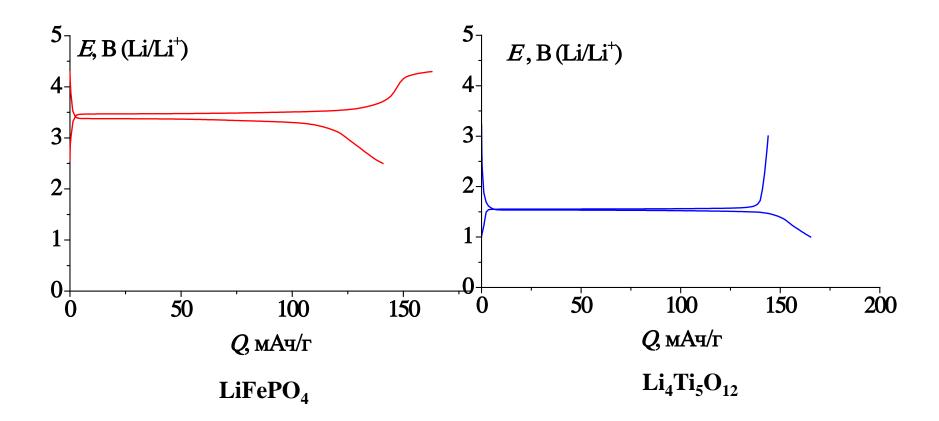


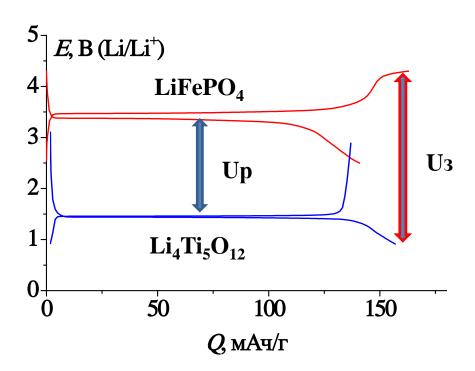
 $LiFePO_4$ - $Li_4Ti_5O_{12}$ до 1000 Вт/кг

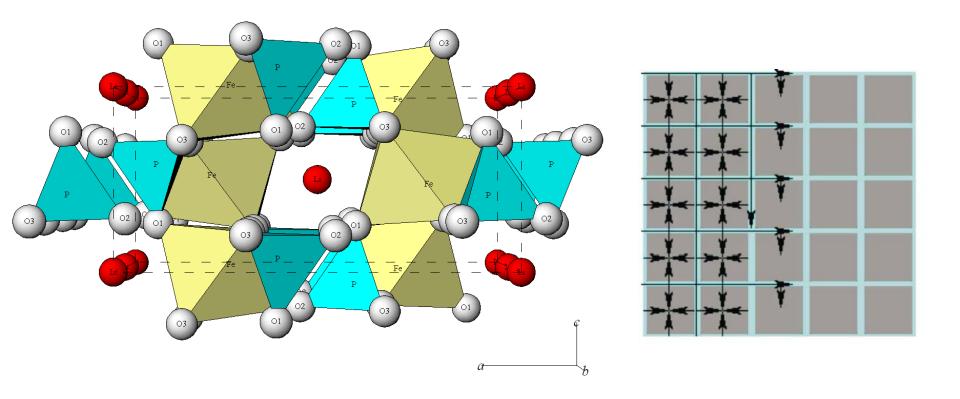
Заряд аккумулятора



Разряд аккумулятора





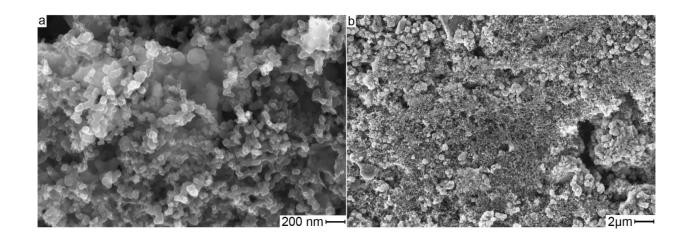


LiFePO₄ - литированный фосфат железа – каркасная структура

 $Q^{\text{Teop}} = 170 \text{ mA·ч/r}; E^{\sim} 3.5 \text{ B}$ LiFePO₄ \longleftrightarrow FePO₄ + Li⁺+ e

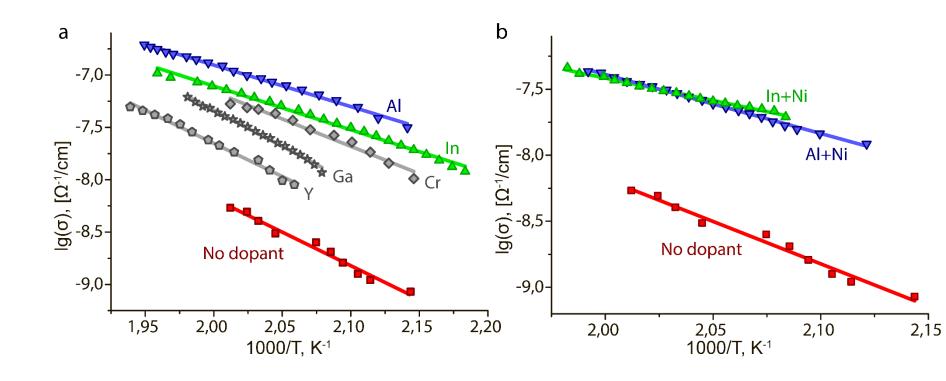
- электронная проводимость ~ 10-9 С/см
- D~10⁻¹⁵ cm²/c

$$Li_{1-x}Fe_{1-x}M_xPO_4/C$$
 $M = AI, Cr, Ga, Y, In$
 $(x = 0.005, 0.02, 0.05, 0.1)$



Типичный вид изображений СЭМ для образцов $Li_{0.995}Fe_{0.99}(NiM)_{0.005}PO_4$ (M = AI, In).

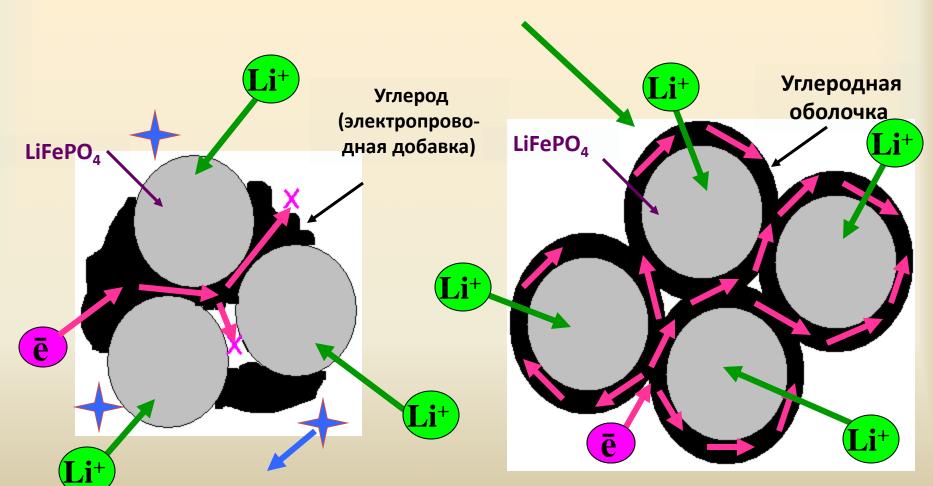
Увеличение ионной проводимости $Li_{1-x}Fe_{1-x}M_xPO_4/C$



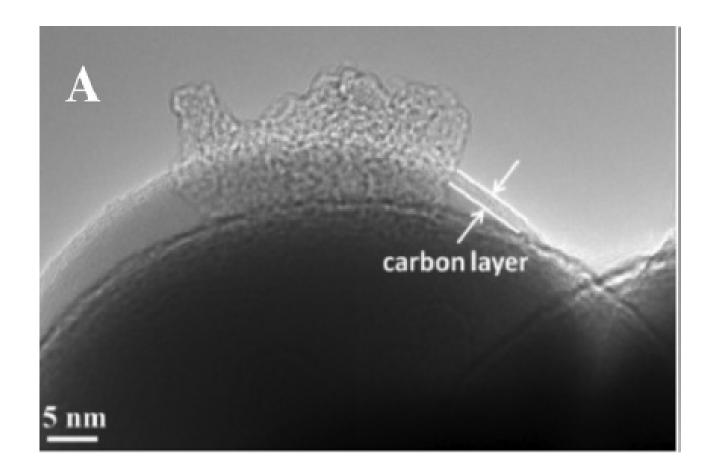
Катионные замещения $Li_{1-x}Fe_{1-x}M_xPO_4/C$

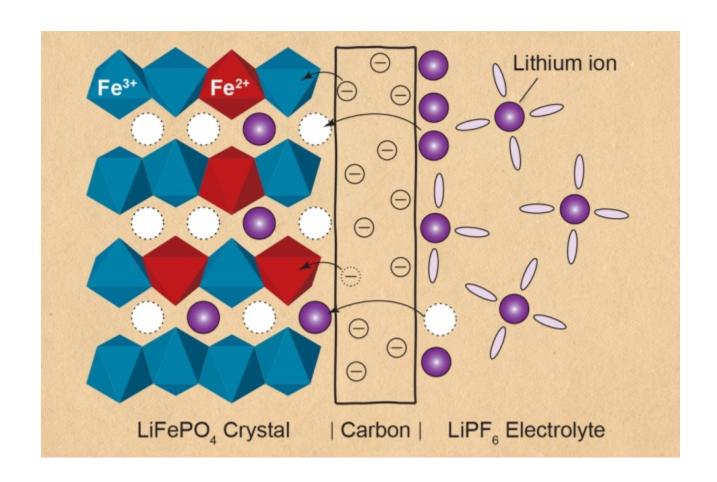
$$(x = 0.005, 0.02, 0.05, 0.1)$$

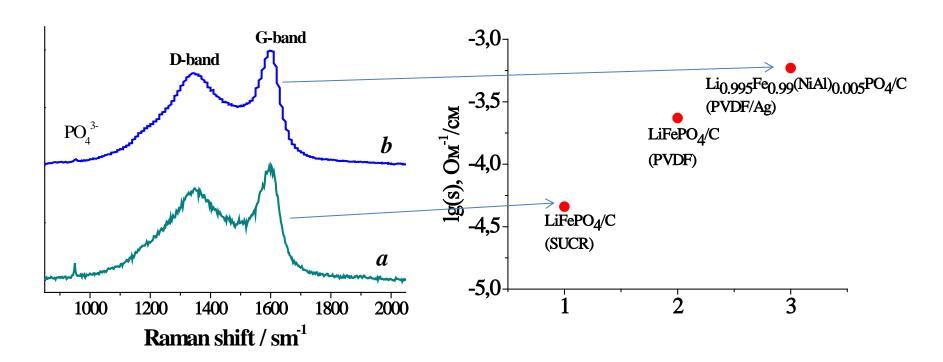
Повышение электропроводности активного материала за счет создания нанопокрытия из углерода



Углеродное покрытие на $Li_{1-x}Fe_{1-x}M_xPO_4/C$

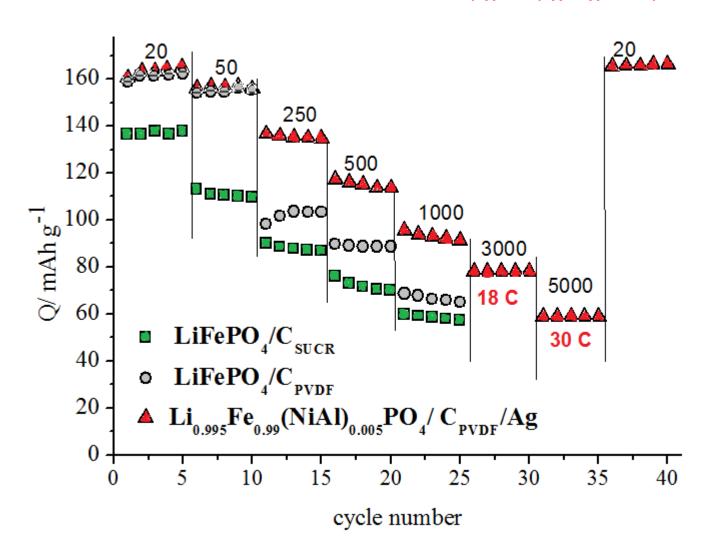




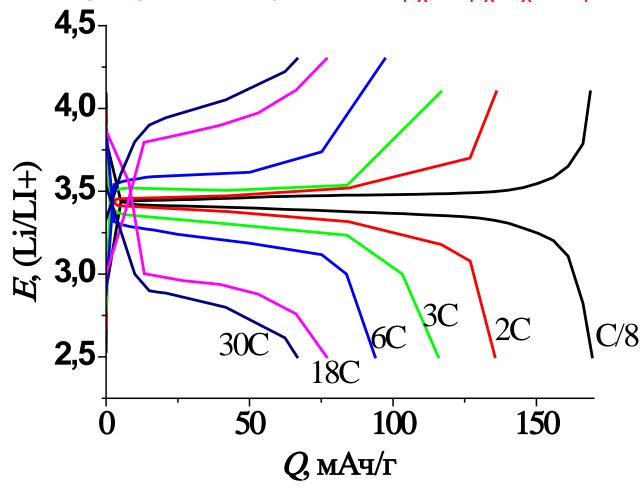


Raman spectra of LiFePO₄/C_{SUC} (a); $Li_{0.995}Fe_{0.99}(NiIn)_{0.005}PO_4/C_{PVDF}/Ag$ (b).

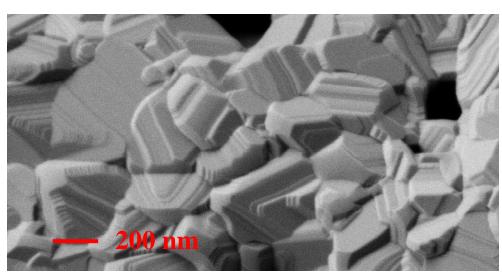
Зависимость разрядной емкости Li_{1-x}Fe_{1-x}M_xPO₄/C от тока

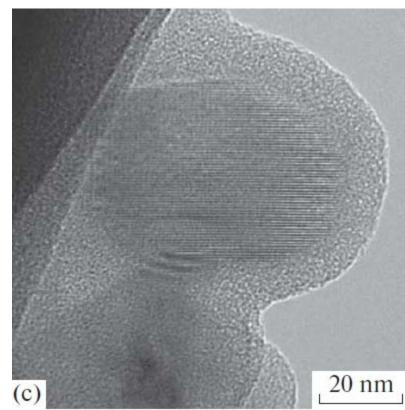


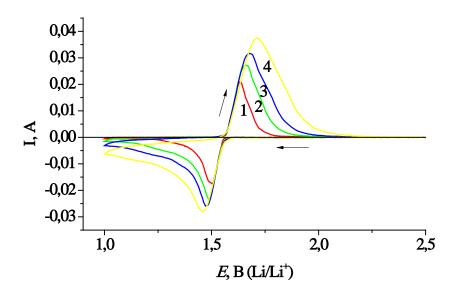
Зарядно-разрядные кривые Li_{1-x}Fe_{1-x}M_xPO₄/C

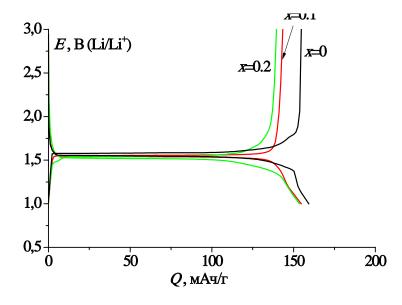


Данные электронной микроскопии для $Li_4Ti_{4.8}Ga_{0.2}O_{12}/C$

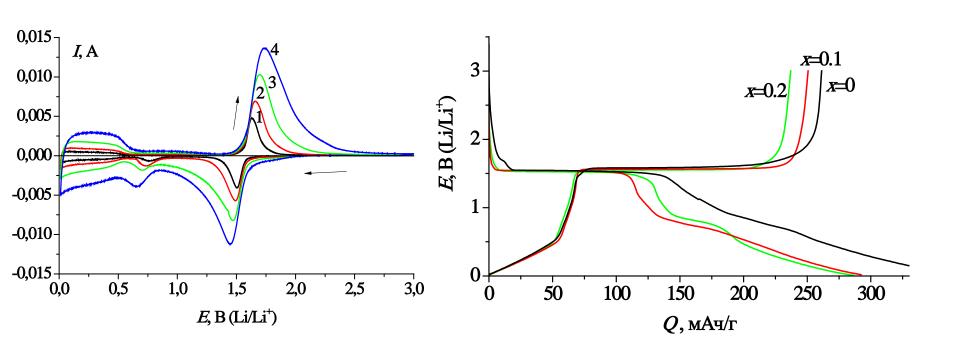




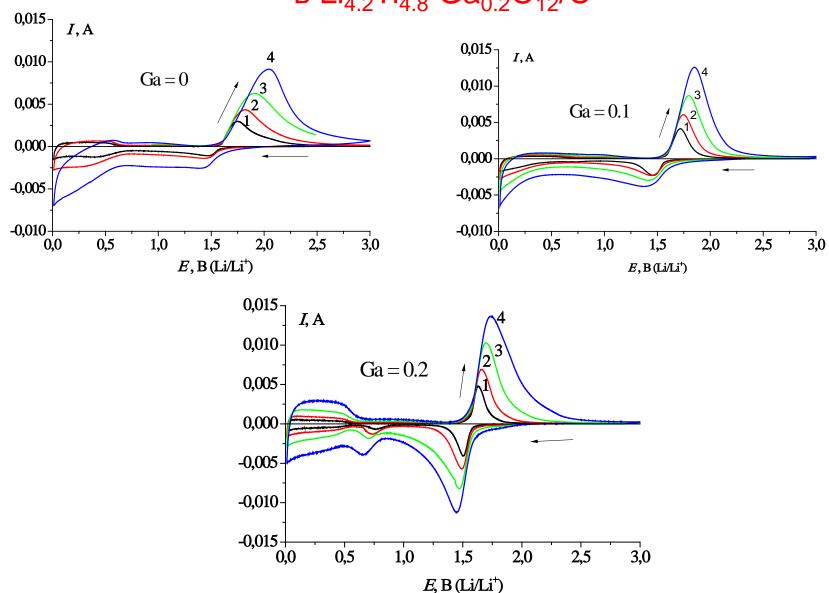




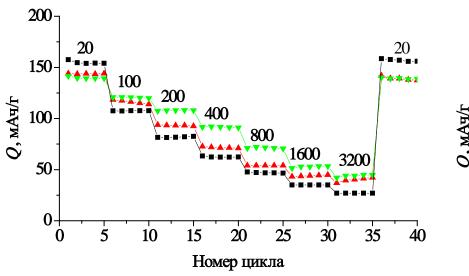
ЦВА и зарядно-разрядные кривые в Li_{4.2}Ti_{4.8} Ga_{0.2}O₁₂/С в широком диапазоне потенциалов

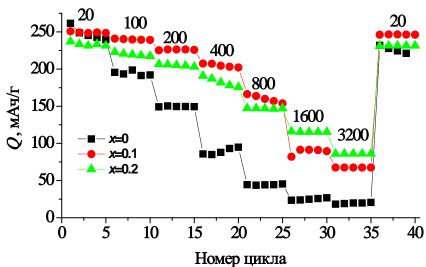


Увеличение обратимости внедрения-экстракции лития в $Li_{4,2}Ti_{4,8}$ $Ga_{0,2}O_{12}/C$

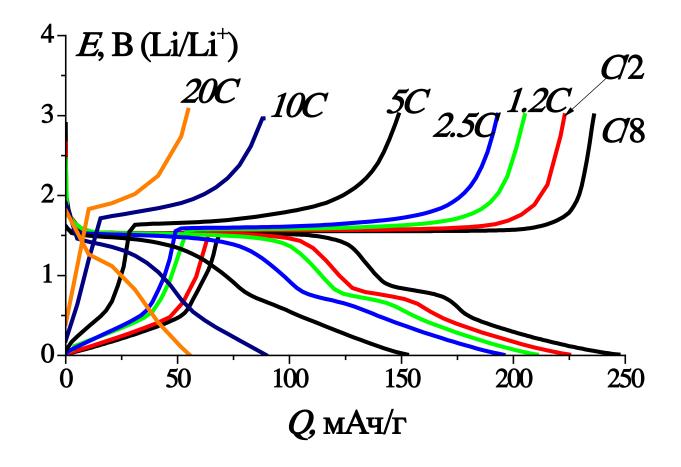


Зависимость разрядной емкости $\text{Li}_4\text{Ti}_{4.8}~\text{Ga}_{0.2}\text{O}_{12}/\text{C}$ от тока

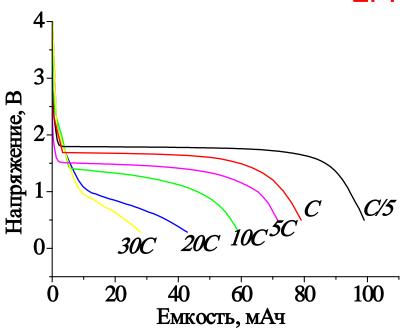


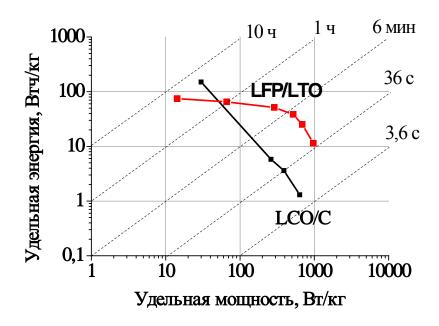


Зарядно-разрядные кривые Li_{4+x}Ti₅Ga_xO₁₂/C

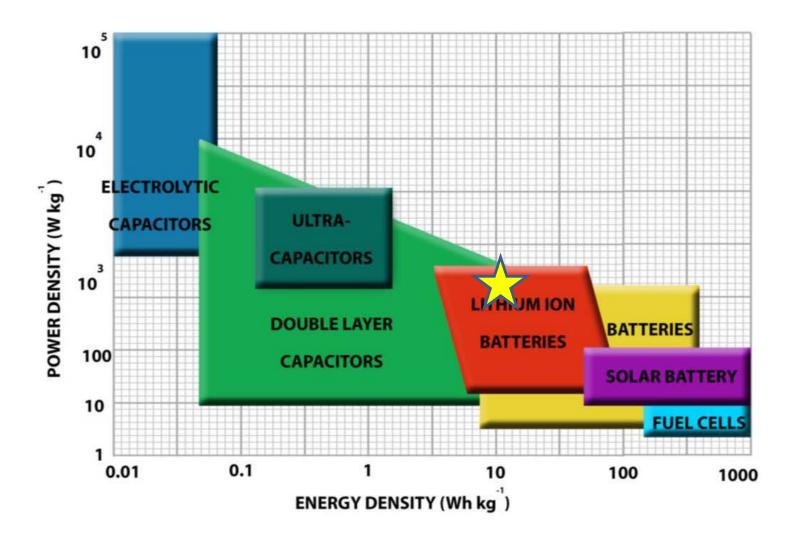


Характеристики макета аккумулятора LFP/C – LTO/C



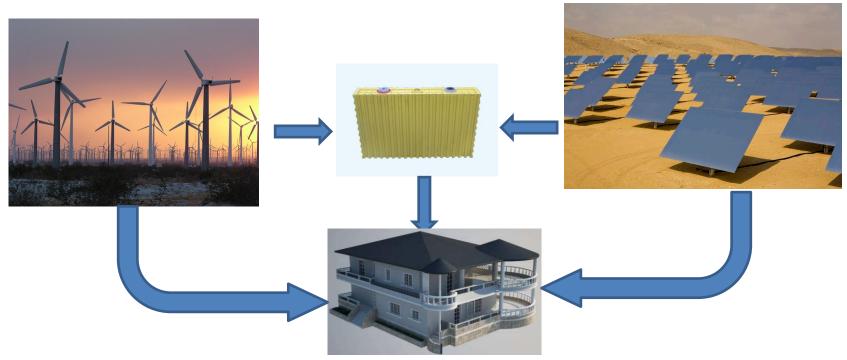






Новые применения литий-ионных аккумуляторов

Накопители энергии, вырабатываемой альтернативными источниками энергии.



 Накопление энергии в периоды выработки излишков электроэнергии, возвращение энергии в периоды пониженного уровня выработки электроэнергии (при отсутствия ветра – для Ветроэлектростанций, ночью – для Солнечных батарей)

Новые применения литий-ионных аккумуляторов

Накопители для ЖКХ



Накопление энергии в ночной период по ночному тарифу предоставляет возможность для ТСЖ, Управляющих компаний понизить стоимость электроэнергии для жильцов жилых домов. Предполагается размещение литийионных батарей в помещениях над и/или под районными трансформаторными подстанциями.

31

Спасибо за внимание