

Электрохимические конденсаторы и электрохромные устройства

«Суперконденсаторы» (быстрое перезаряжение)

«двойнослойные»
интеркаляционные (интеркаляция протона)

Электрохромные устройства

проводящие полимеры (интеркаляция аниона)
берлинские лазури (интеркаляция катиона щелочного металла)
проводящие оксиды (интеркаляция протона)
гибридные материалы

Дополнение: интеркаляция как способ электрохимического синтеза

Конденсаторы

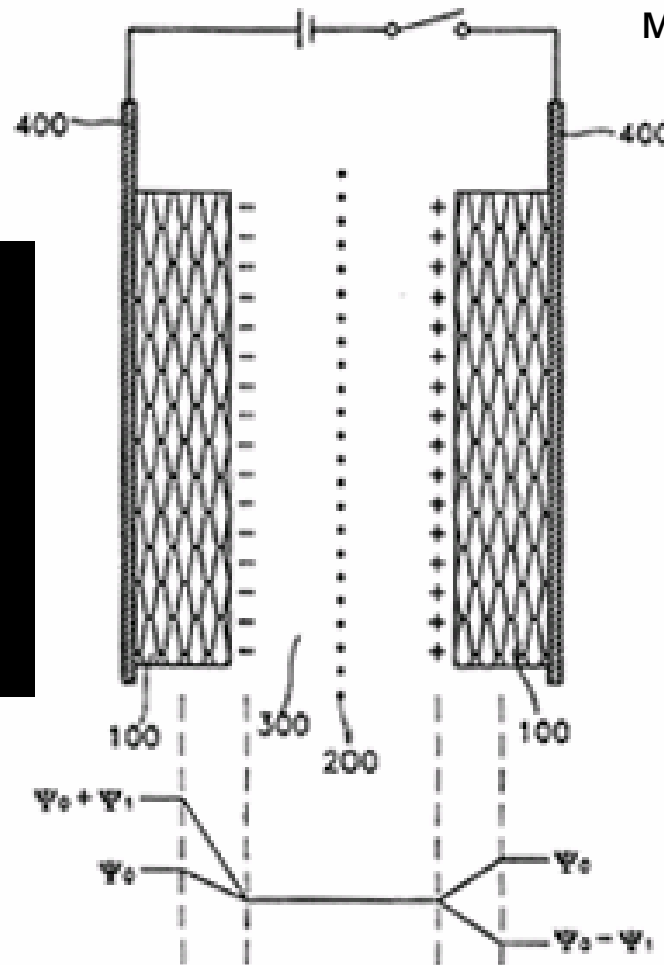
Диэлектрические

Электролитические
(Al, Nb, Ta, Ti)

Суперконденсаторы

↓
Двойнослойные
(углеродные
материалы)

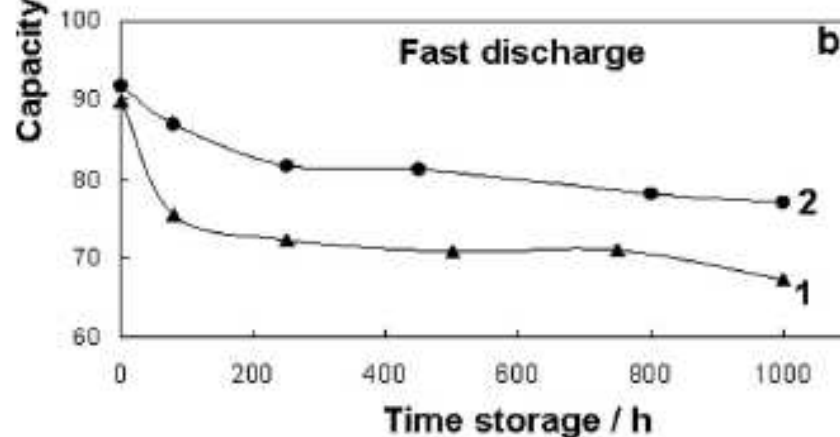
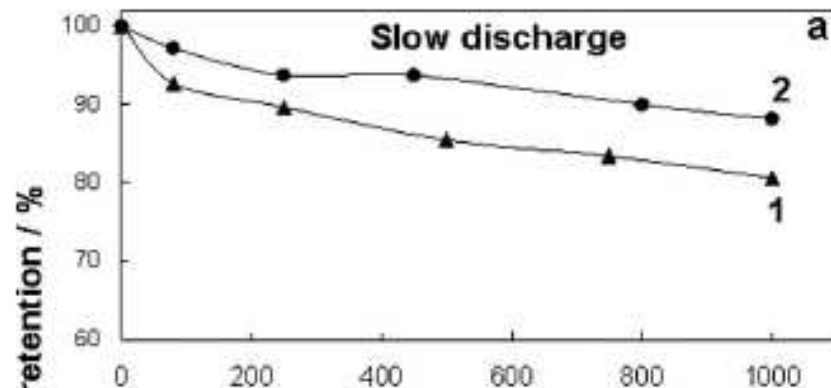
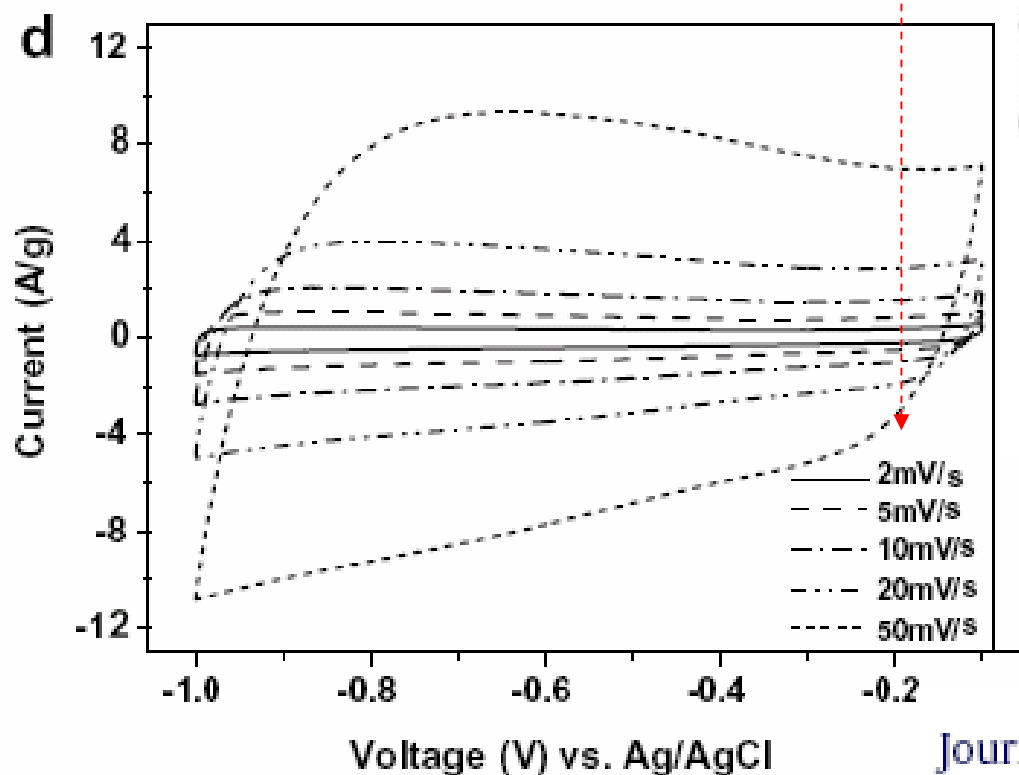
↓
Псевдоконденсаторы



Аккумуляция заряда на межфазной границе («двойнослойные» конденсаторы)

Углеродные материалы: десятки и сотни Ф/г

$$Q = \text{const} \longrightarrow I \sim v$$



Обзор:

Электролиты для углеродных «двойнослойных» конденсаторов

Organic electrolytes

- $(C_2H_5)_4N \cdot BF_4$ (TEA⁺BF₄⁻)
- $(C_2H_5)_3(CH_3)N \cdot BF_4$ (TEMA⁺BF₄⁻)
- $(C_2H_5)_4P \cdot BF_4$ (TEP⁺BF₄⁻)
- $(C_4H_9)_4N \cdot BF_4$ (TBA⁺BF₄⁻)
- $(C_6H_{13})_4N \cdot BF_4$ (THA⁺BF₄⁻)
- $(C_2H_5)_4N \cdot CF_3SO_3$
- $(C_2H_5)_4N \cdot (CF_3SO_2)_2N$ (TEA⁺TFSI⁻)

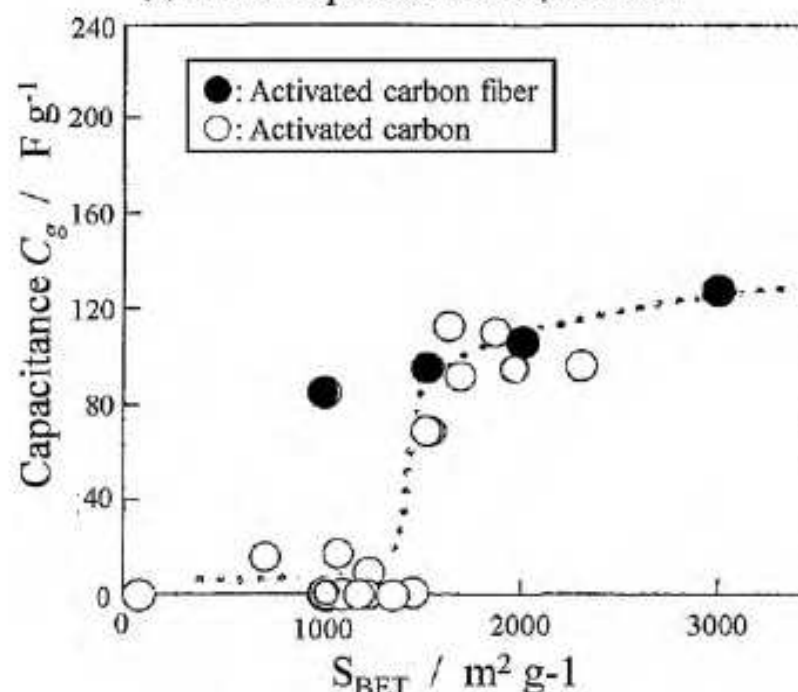
Inorganic electrolytes

- H₂SO₄
- KOH
- Na₂SO₄
- NaCl
- Li·PF₆
- Li·ClO₄

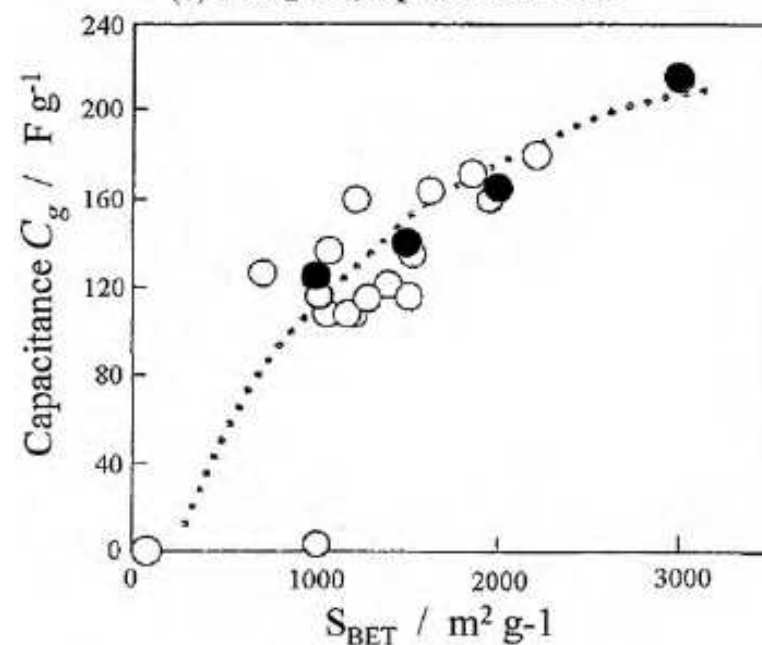
Solvents

- Acetonitrile (AN)
- γ-Butyrolactone (GBL)
- Dimethyl ketone (DMK)
- Propylene carbonate (PC)
- Water

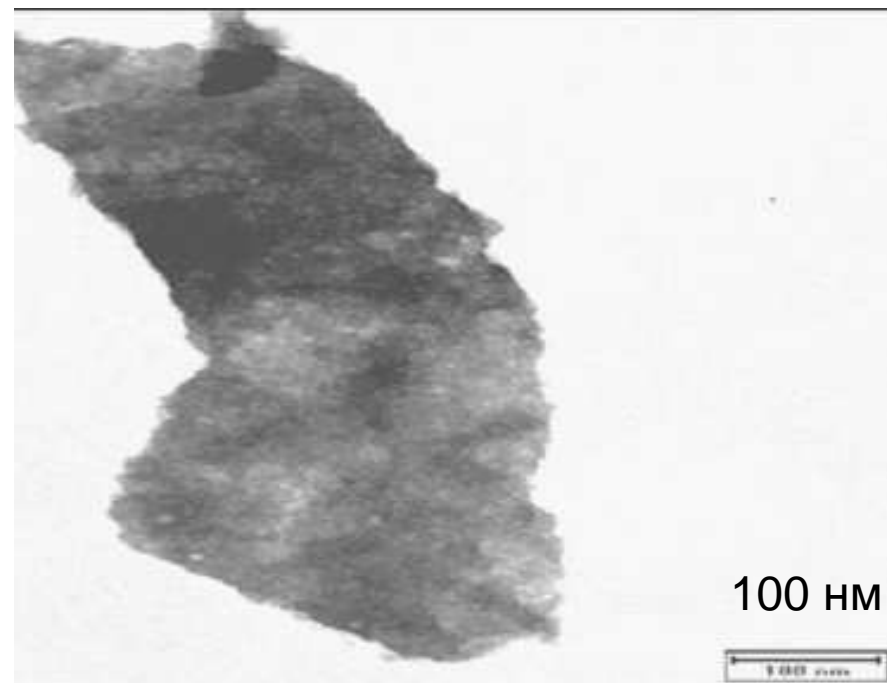
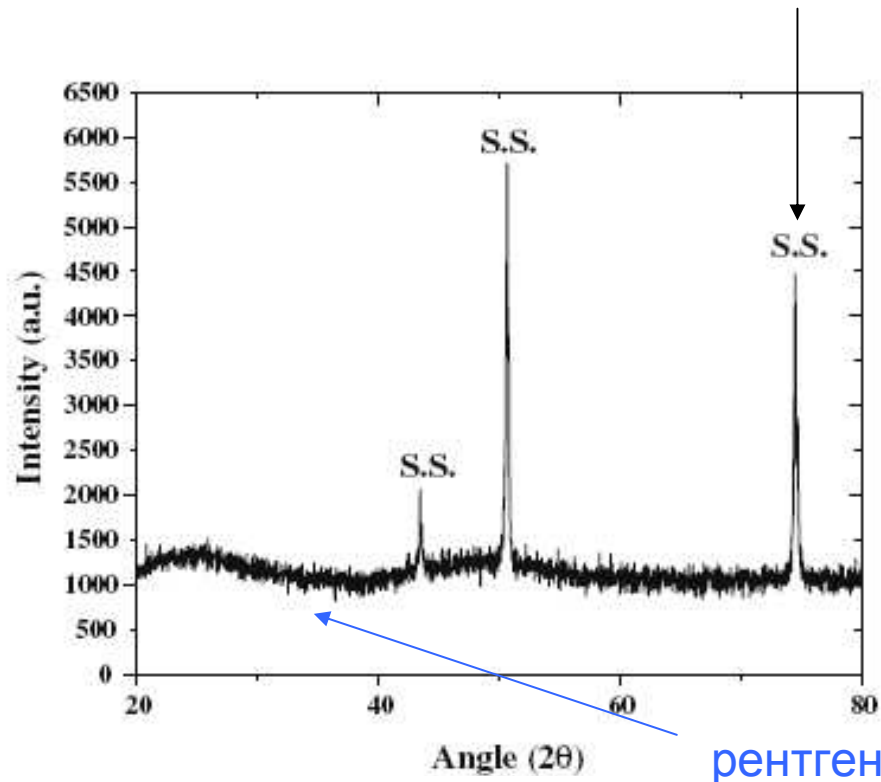
(a) In non-aqueous LiClO₄ solution



(b) In H₂SO₄ aqueous solution



Гидратированный диоксид рутения на нержавеющей стали (stainless steel)

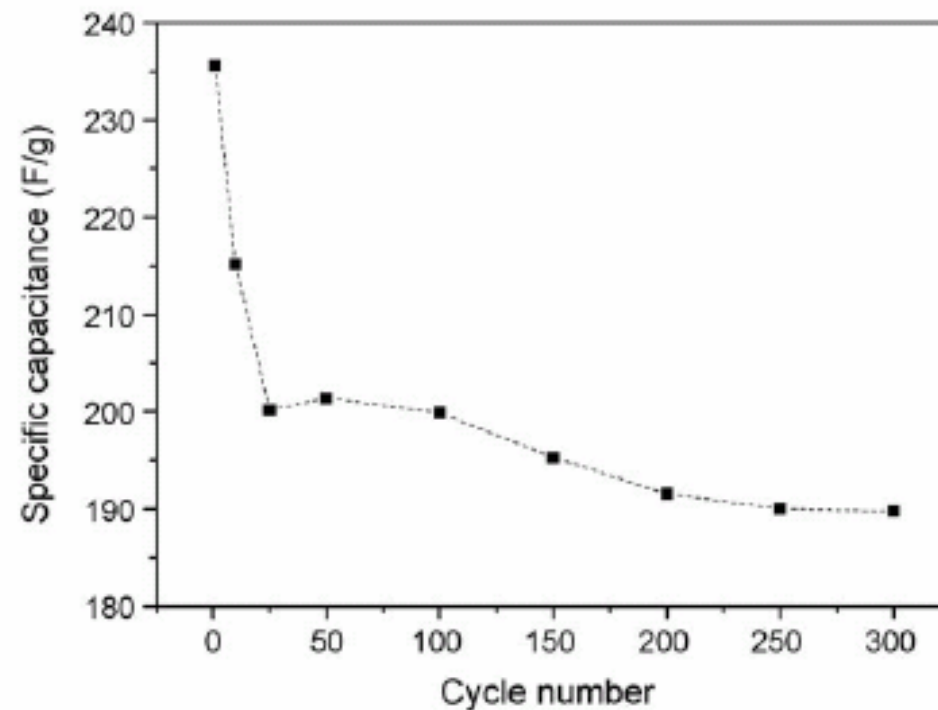
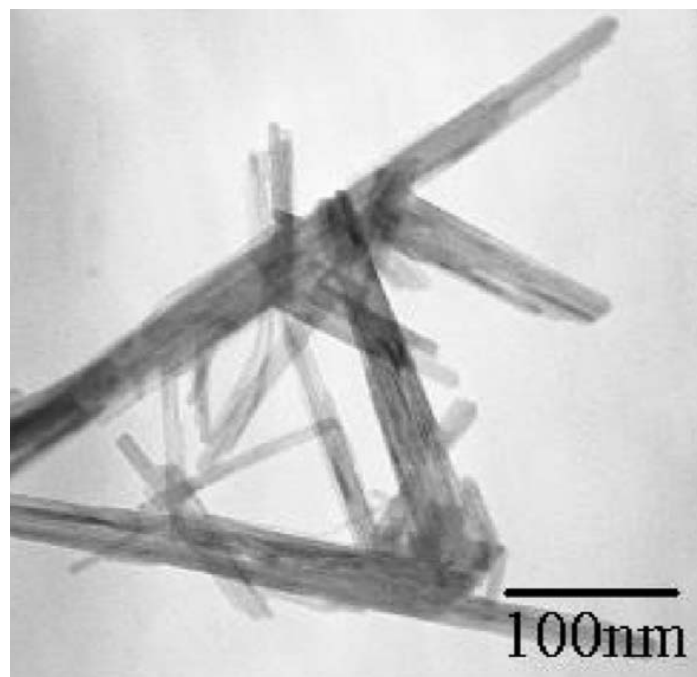
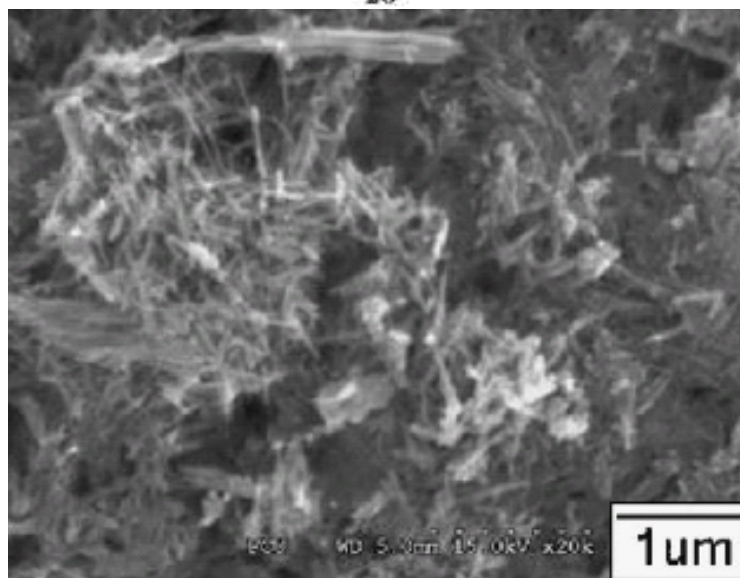
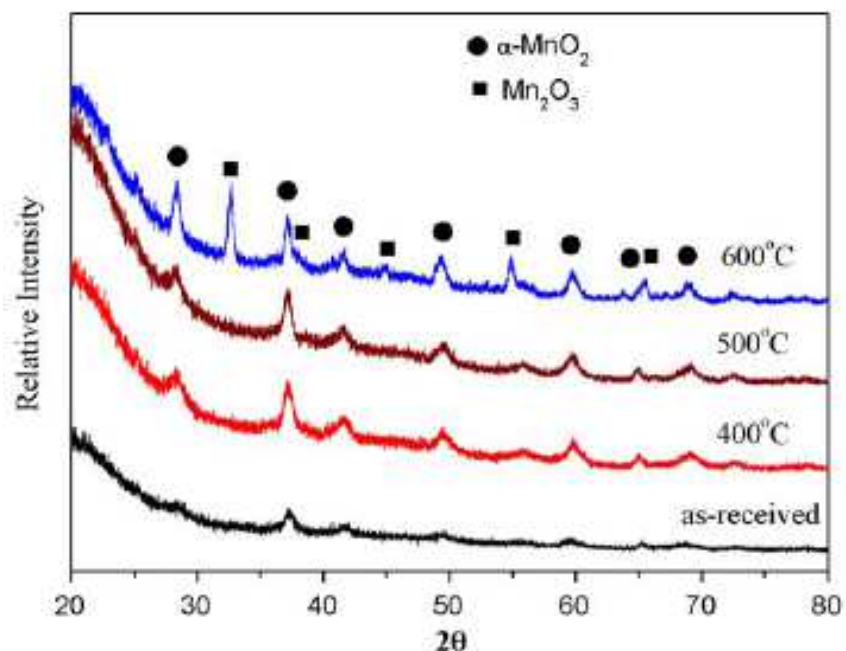


рентгеноаморфный

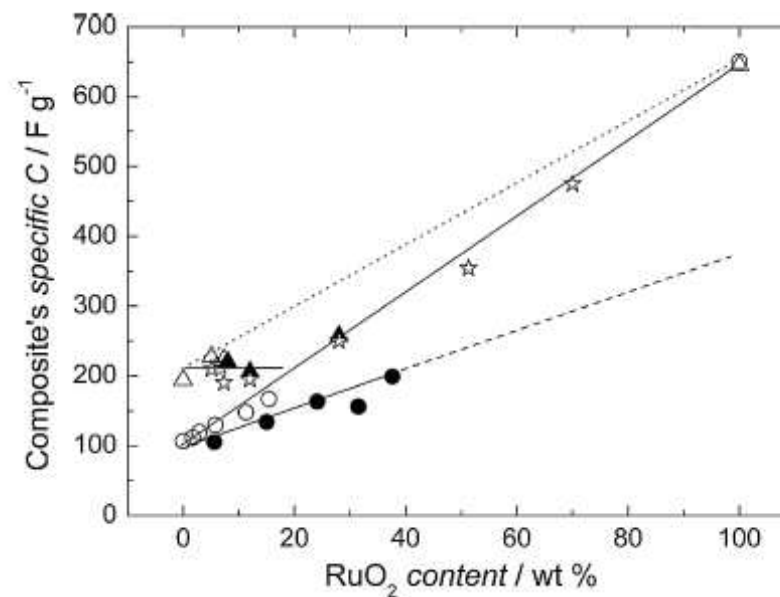
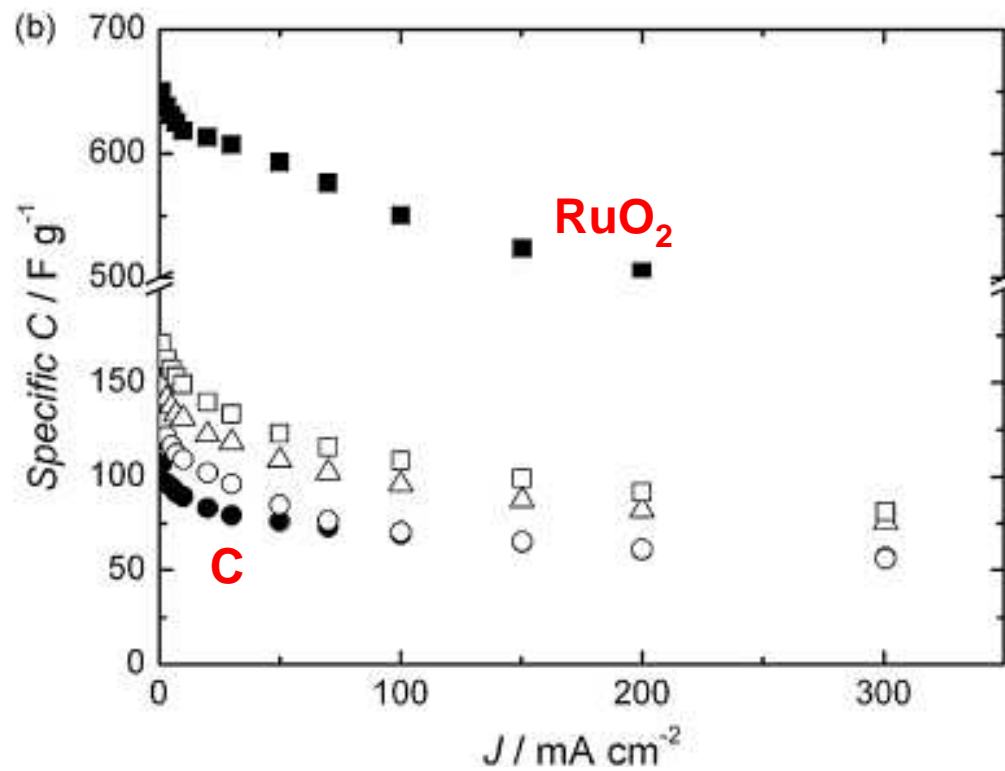
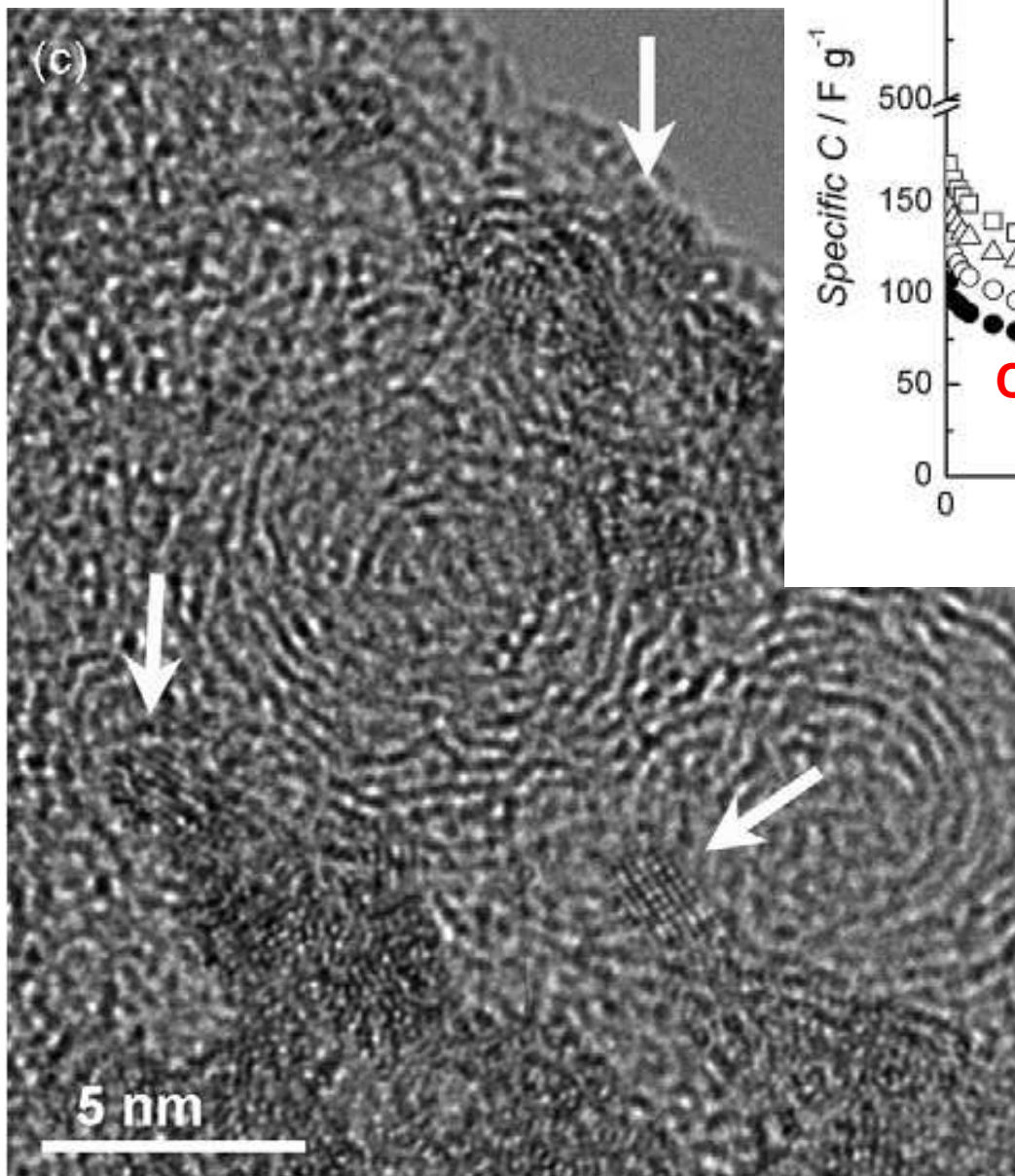
The variation of specific capacitance with the scan cycles.

Sr. No.	Stability cycles	Specific capacitance (F/g)
1	10	1190
2	50	1088
3	100	976
4	400	800
5	700	~800
6	1000	~800

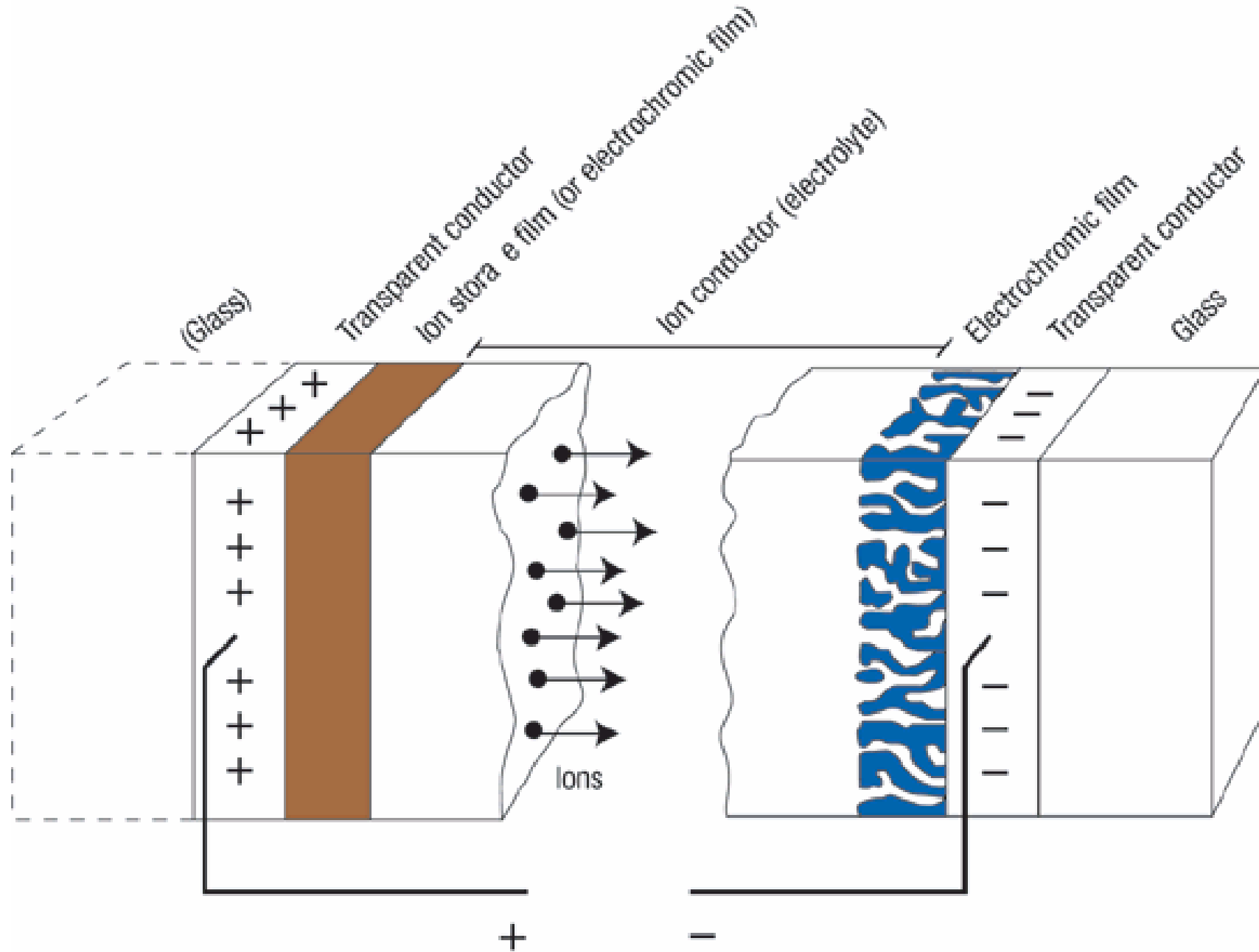
Диоксид марганца



Оксидно-углеродные КОМПОЗИТЫ



Электрохромные устройства



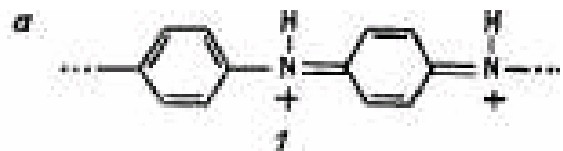
- The accidental discovery of polyacetylene, along with subsequent research on doping it to achieve conducting properties ranging from an insulator to a semiconductor to a metallic conductor (Nigrey et al., 1981), led to the invention of “polymer batteries” based on polyaniline, as well as the awarding of the 2000 Nobel Prize in Chemistry to A. MacDiarmid, A. J. Heeger, and H. Shirakawa.

Nigrey, P. J., D. MacInnes, Jr., D. P. Nairns, A. G. MacDiarmid, and A. J. Heeger, “Lightweight Rechargeable Storage Batteries Using Polyactelene, (CH)_x, as the Cathode-Active Material,” *J. Electrochem. Soc.*, **128**, 1651 (1981).

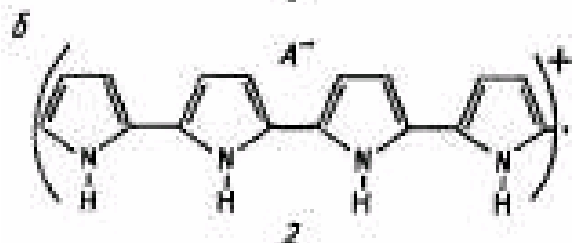


Проводящие полимеры – электродные материалы

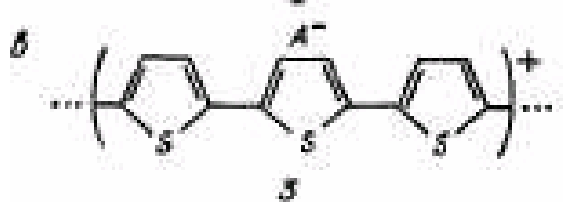
Осаждение полимеров (анодное)



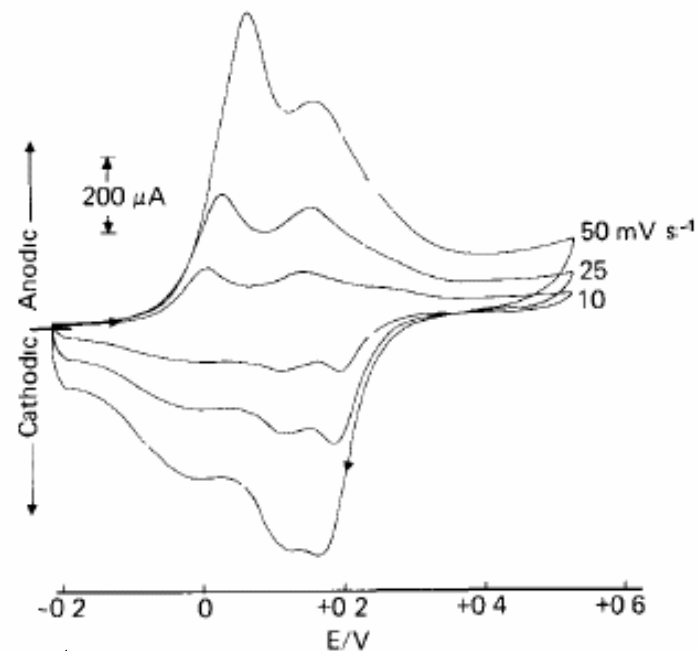
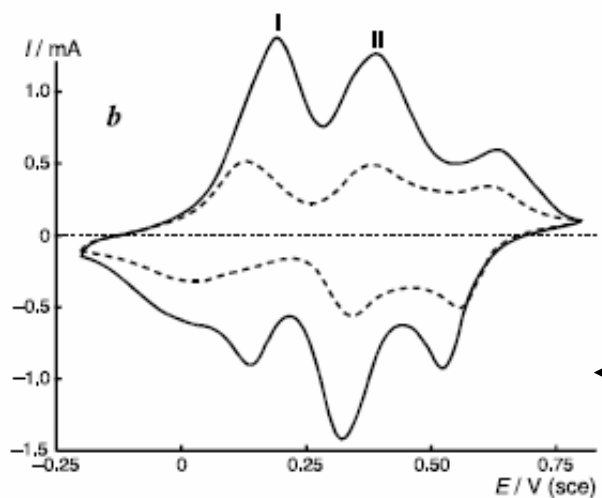
полианилин



полипиррол

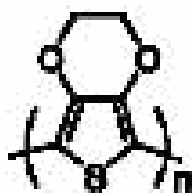


политиофен



перезаряджение
полимеров и олигомеров

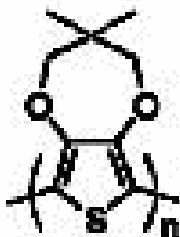
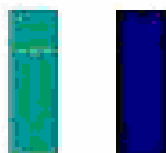
Популярные электрохромные материалы – - электронпроводящие полимеры



PEDOT

1

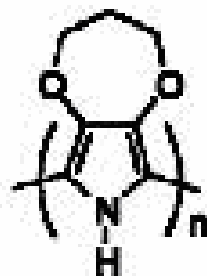
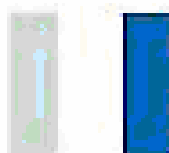
D N



PProDOT-(CH₃)₂

2

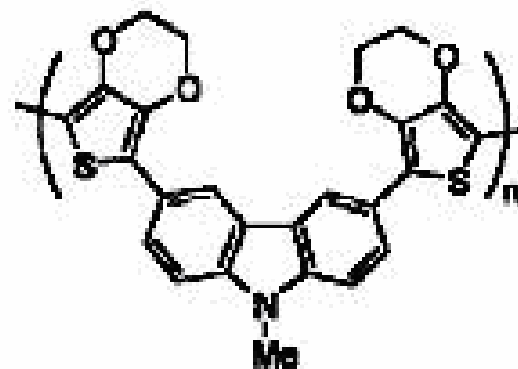
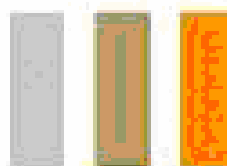
D N



PProDOP

6

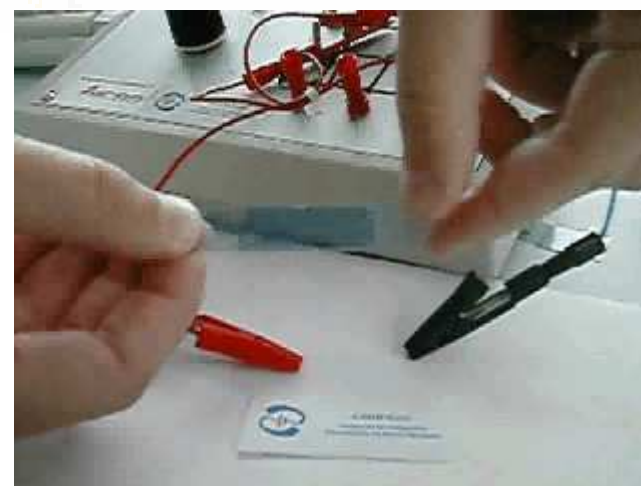
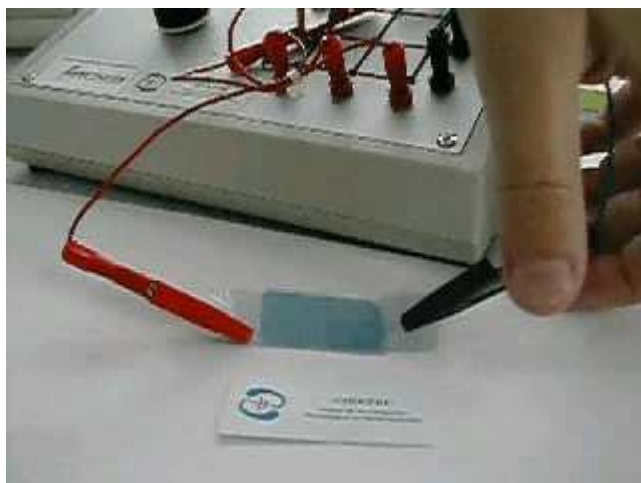
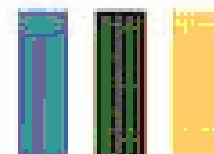
D I N



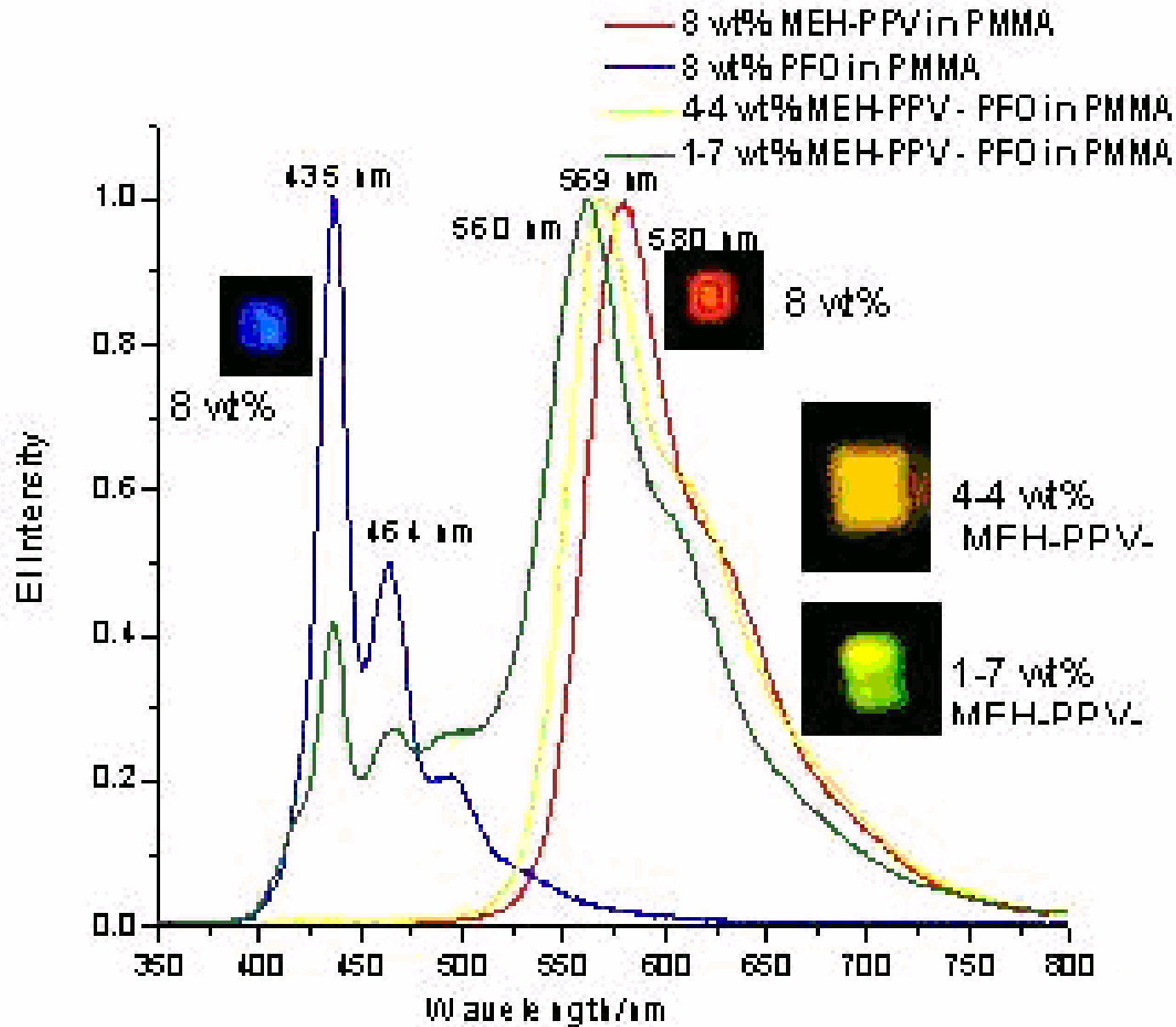
PBEDOT-NMeCz

10

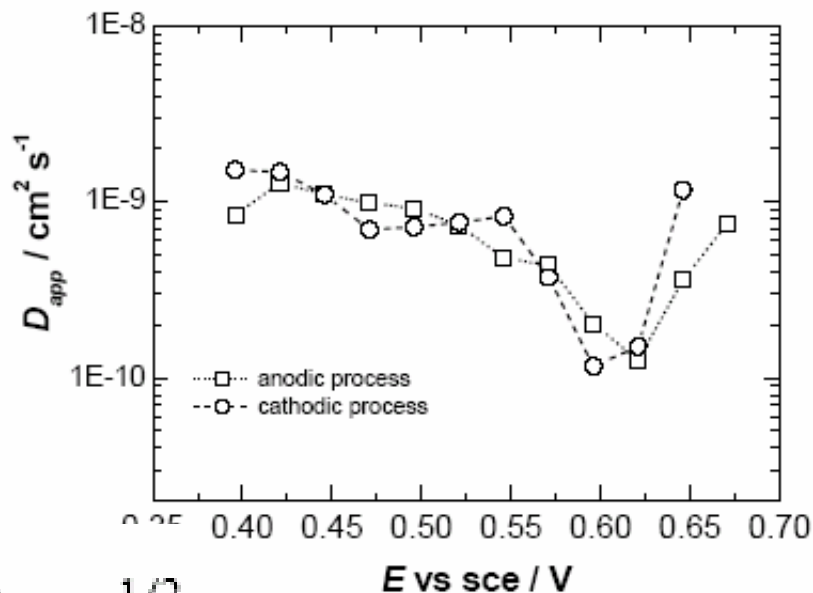
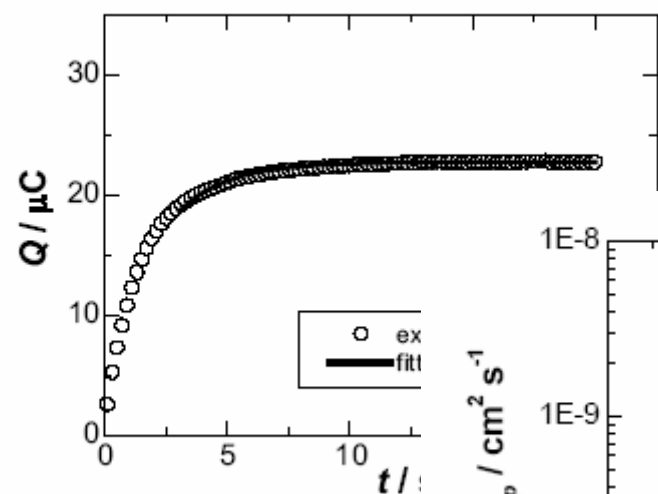
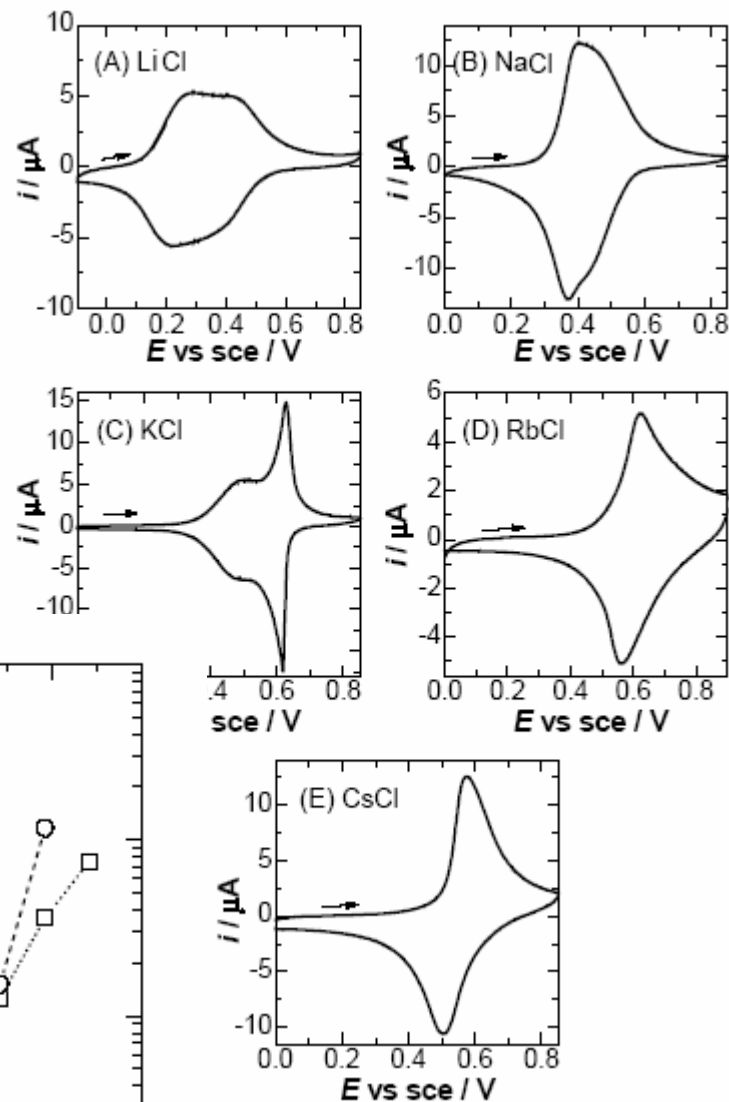
D I N



In situ измерение спектров – тестирование электрохромных композиций с разными связками и полимерными электролитами

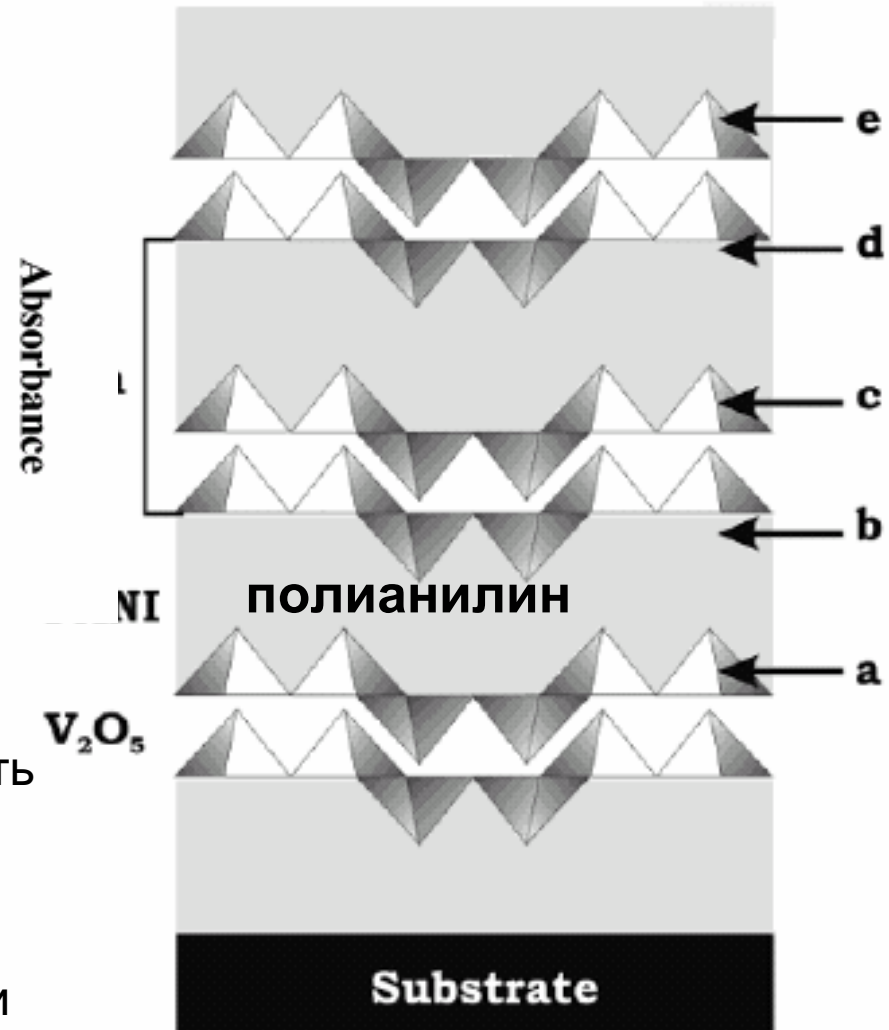
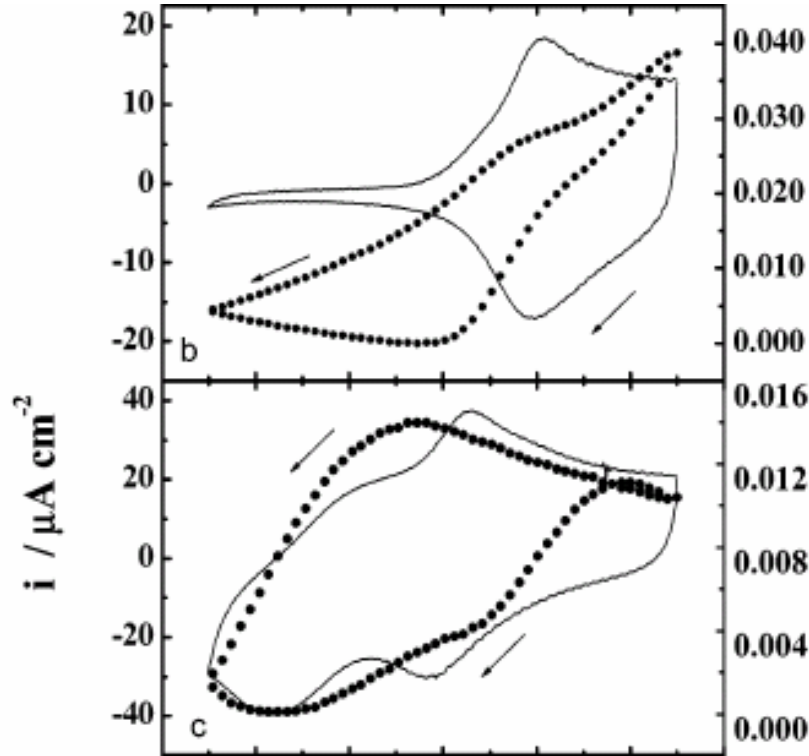


Берлинская лазурь и ее аналоги



$$\left[\frac{Q}{t^{1/2}} \right] = 2nF\pi^{1/2}r^2C_0D_{\text{app}}^{1/2}$$

Гибридные (organic-inorganic) перезаряжаемые материалы



гибкость и механическая стабильность

НО

проблема химической совместимости

Электрохимическая интеркаляция в электросинтезе

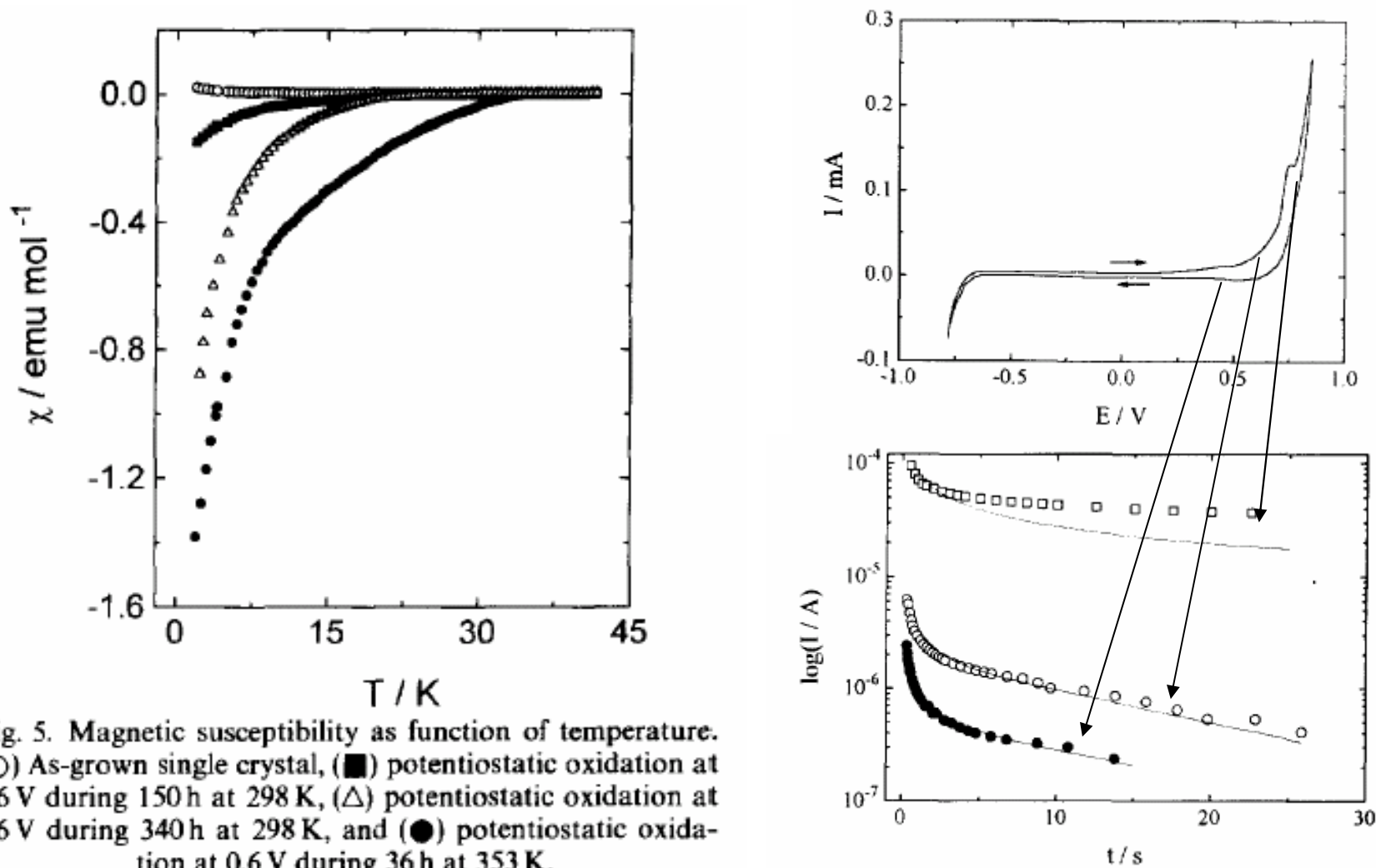
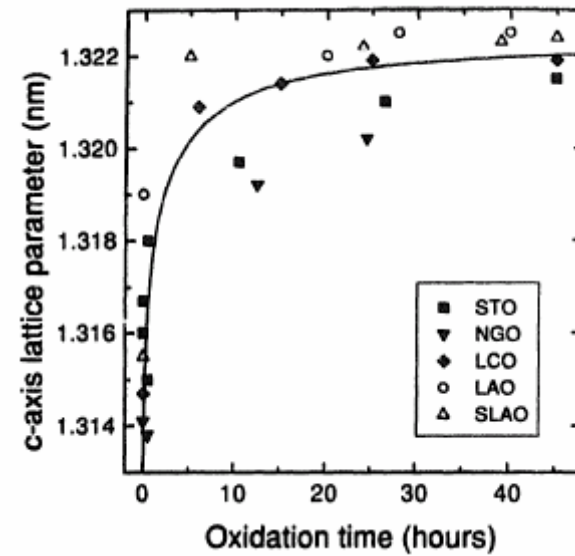
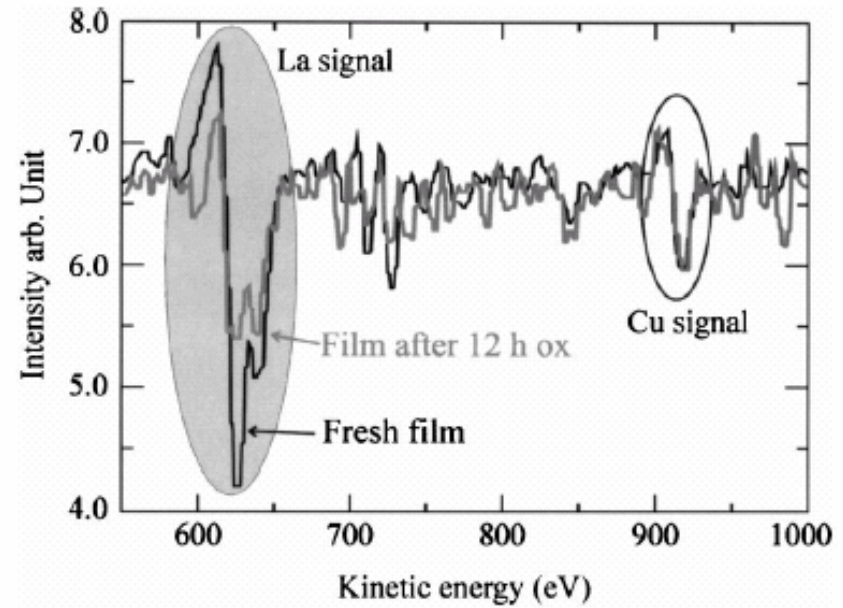
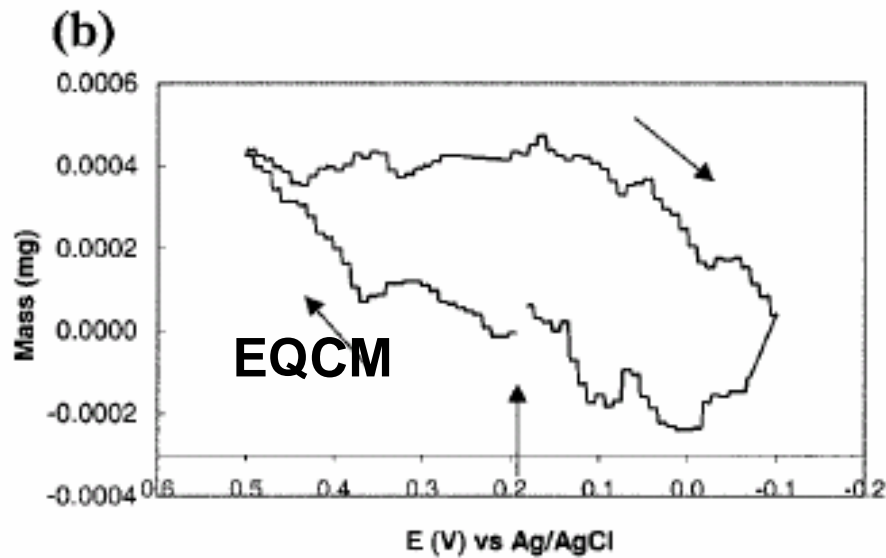
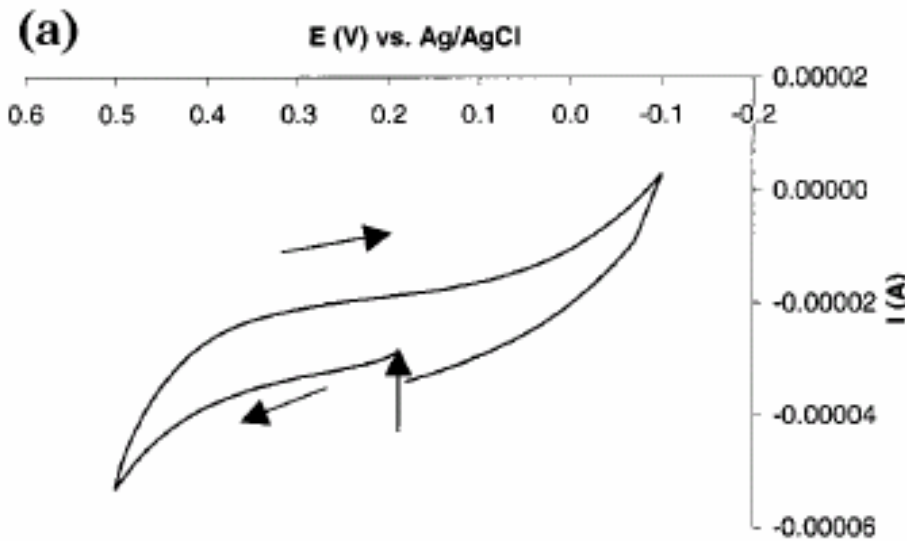
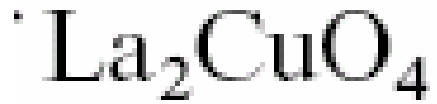


Fig. 5. Magnetic susceptibility as function of temperature. (○) As-grown single crystal, (■) potentiostatic oxidation at 0.6 V during 150 h at 298 K, (△) potentiostatic oxidation at 0.6 V during 340 h at 298 K, and (●) potentiostatic oxidation at 0.6 V during 36 h at 353 K.



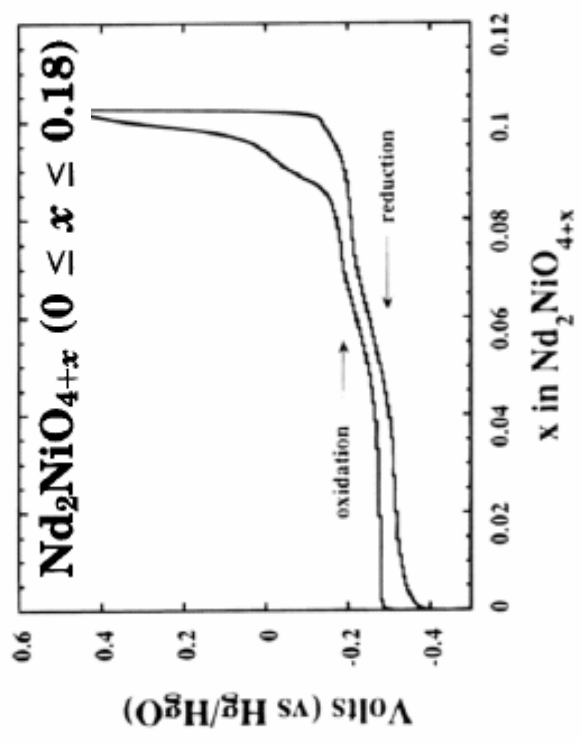
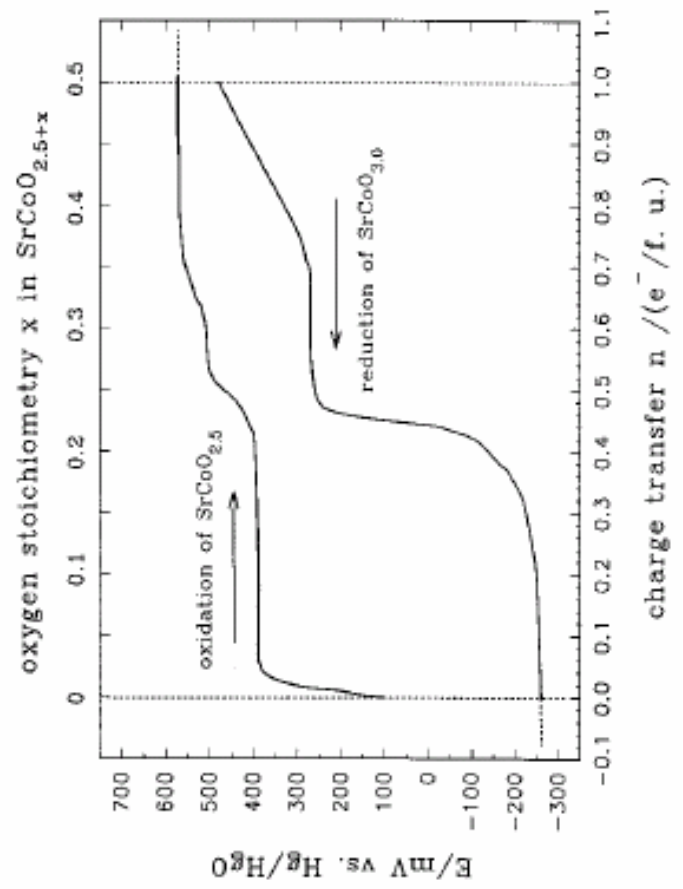
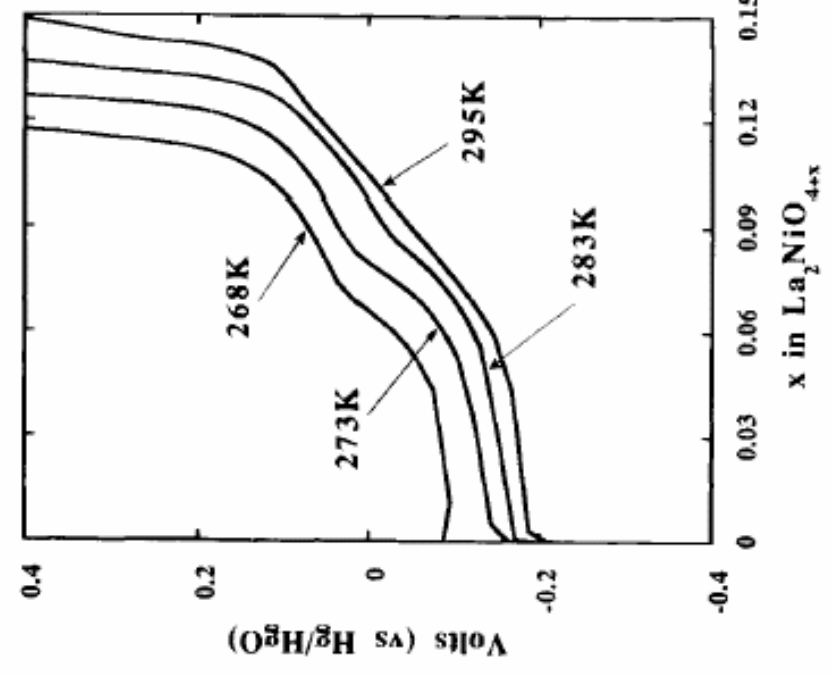
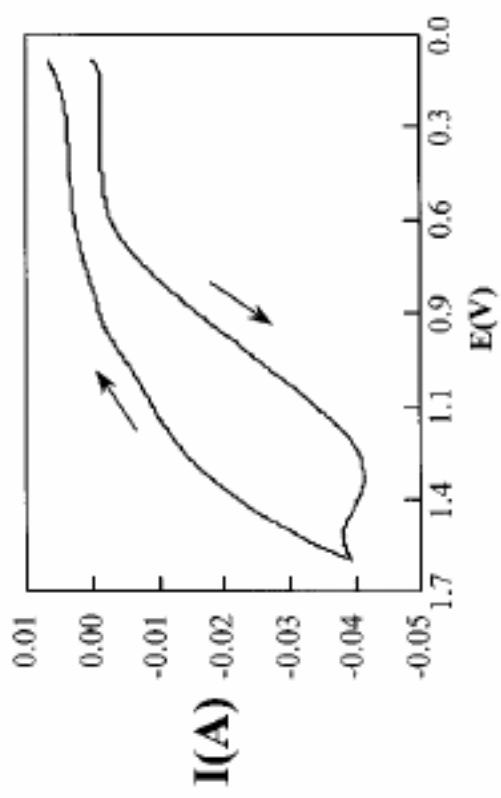
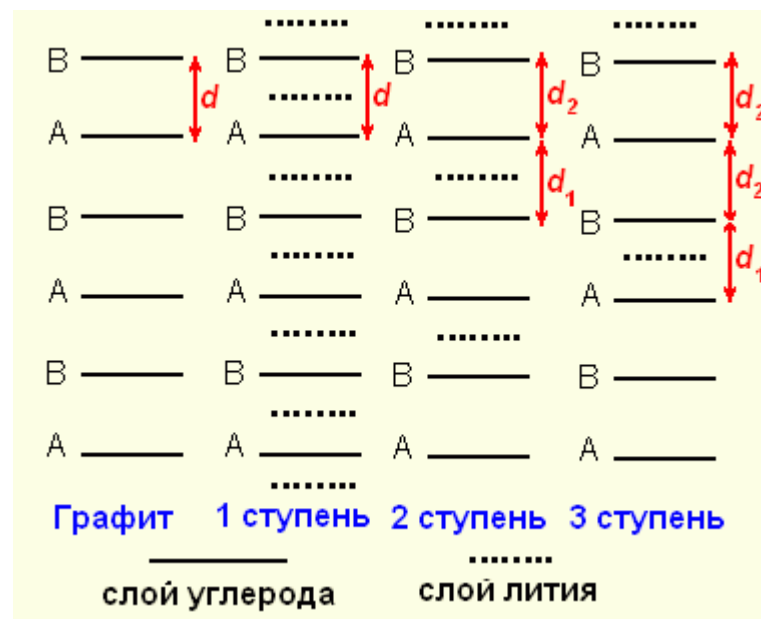
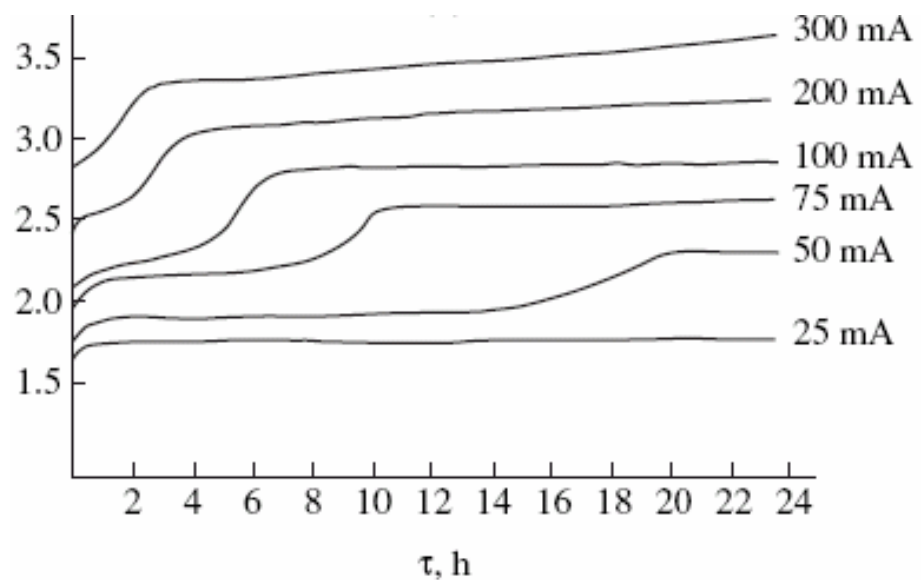


Figure 1. Cyclic voltammogram of Ca_{1.5}Nd_{1.5}MnO₄ in fused nitrates (150 °C, 0.2 M NaOH). Scan rate 20 mV/s



Получение расширенного графита



Модифицирование слоистых гидроксидов

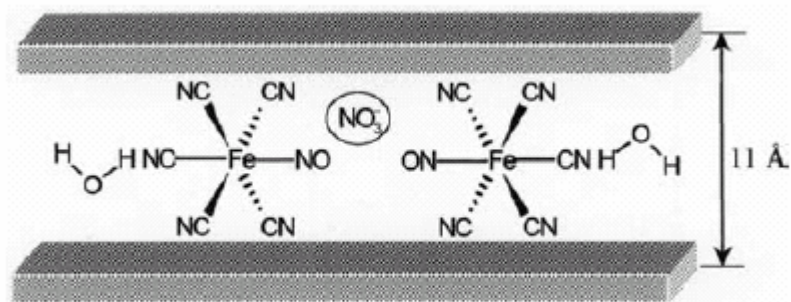


Figure 2. Proposed model for the structure of ZnAl-NP-LDHs.

