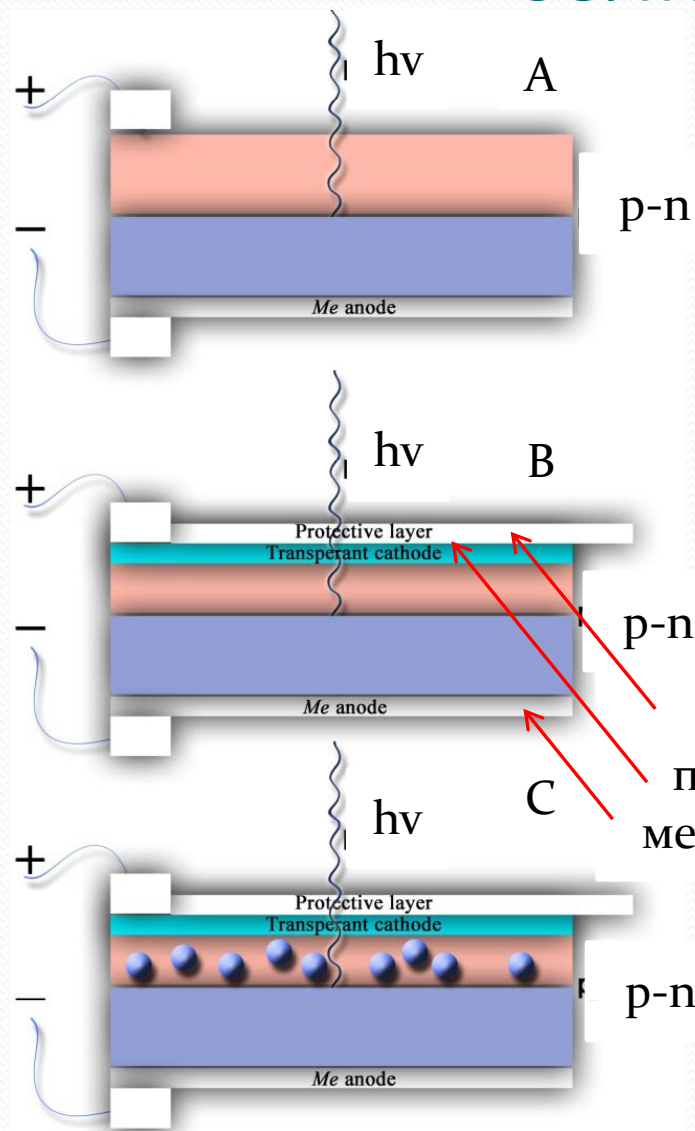


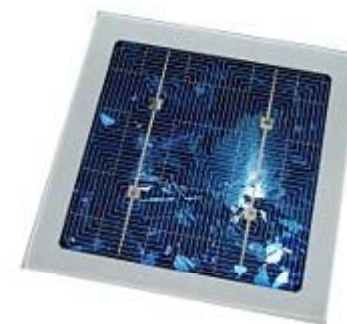
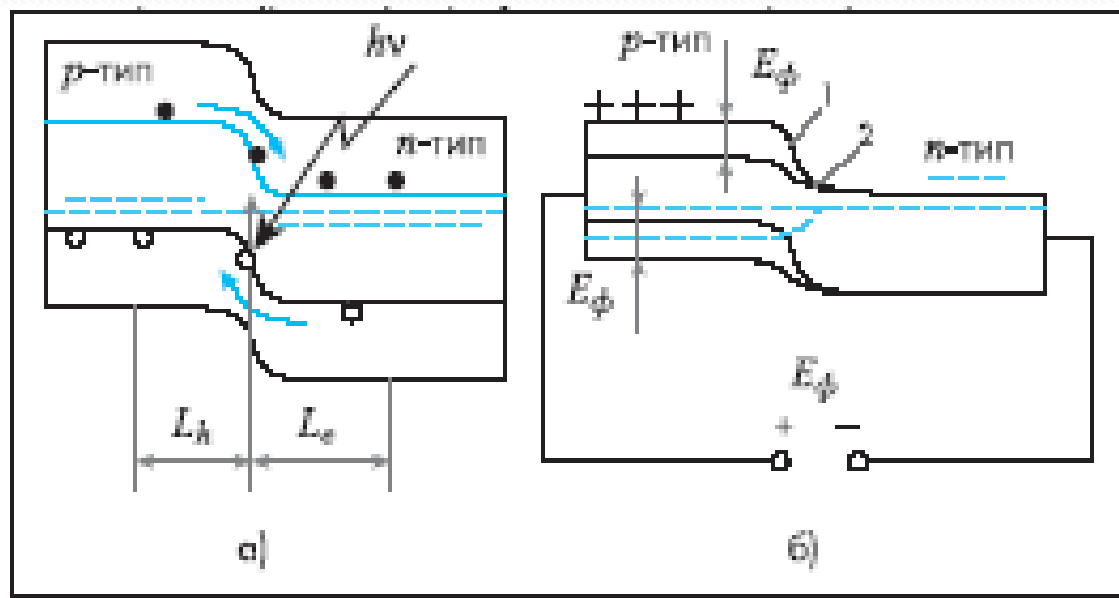
Альтернативные источники энергии

Топливные элементы (ТЭ), солнечные батареи,
водородная энергетика

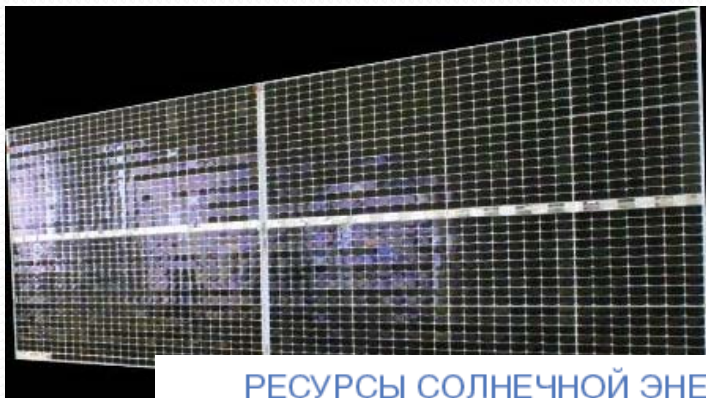
Солнечные батареи



защитный слой
прозрачный катод
металлический анод

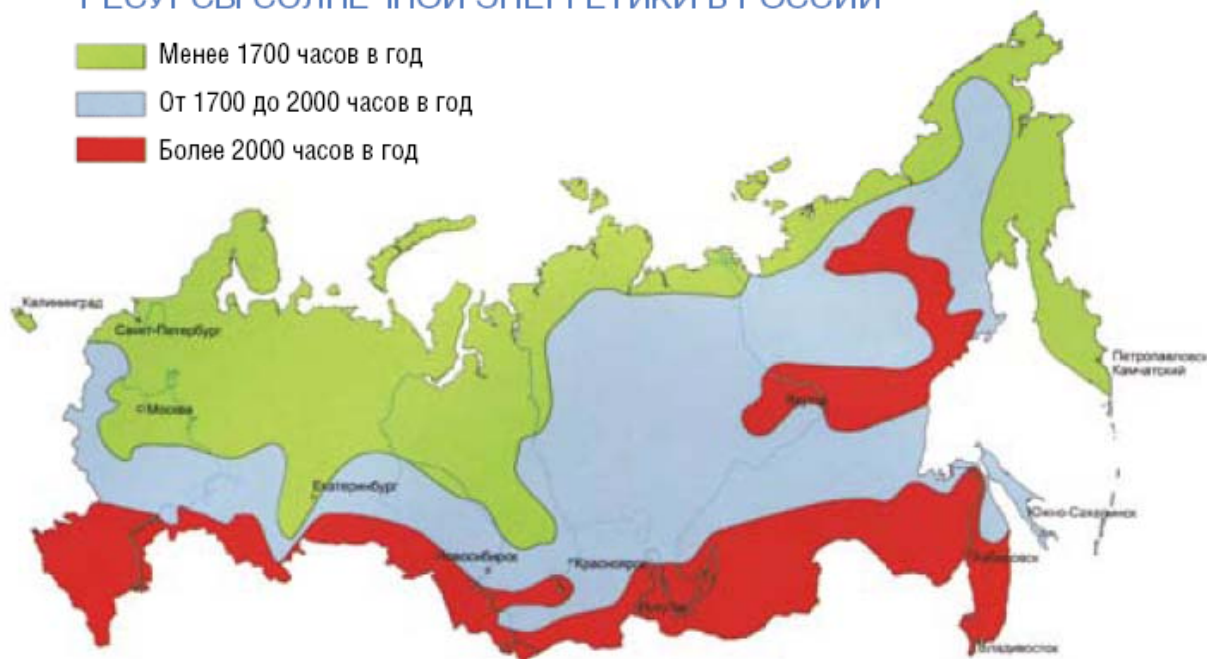


Применение солнечных батарей



РЕСУРСЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

- Менее 1700 часов в год
- От 1700 до 2000 часов в год
- Более 2000 часов в год

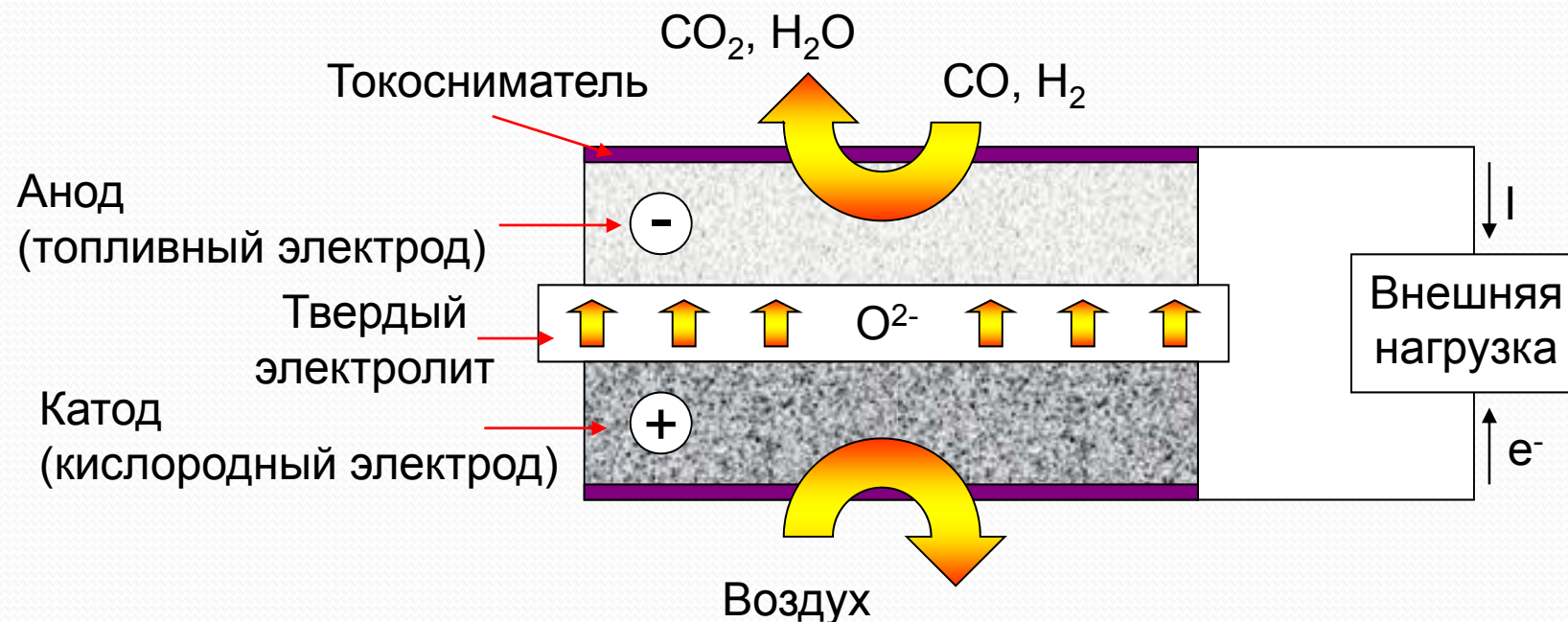


Источник: «Академия энергетики», № 3, 2007.

Классификация ТЭ

Топливный элемент	Рабочая температура	Топливо	Электролит	Проводимость
ТЭ на основе полимерных электролитных мембран (PEM)	70-100	H_2 , CH_3OH	Серосодержащие полимеры	$(H_2O)_n H^+$
Щелочные ТЭ (AFC)	100-250	H_2	Водный раствор KOH	OH^-
ТЭ на основе H_3PO_4 (PAFC)	150-250	H_2	H_3PO_4	H^+
Карбонатные ТЭ (MCFC)	500-700	H_2 , CO , $C_n H_{2n+2}$	$(Na,K)_2CO_3$	CO_3^{2-}
Оксидные ТЭ (SOFC)	700-1000	H_2 , CO , $C_n H_{2n+2}$	$(Zr,Y)O_{2-\delta}$	O^{2-}

Устройство ТЭ: SOFC



- 1) Катод: $\frac{1}{2} O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$
- 2) Перенос O^{2-} в твердом электролите
- 3) Анод: электрохимическое окисление
 $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$

$$E^0 = RT/4F \cdot \ln(P_{O_2(ox)}/P_{O_2(fuel)})$$

$$V = E^0 - IR - \eta_A - \eta_F$$

Твёрдые электролиты

- Стабильная кристаллическая структура в широком интервале температур
- Высокая ионная проводимость (порядка 1 (Ом*см)^{-1}) при высоких температурах
- Низкая электронная проводимость (ниже 10^{-3}) при парциальных давлениях кислорода в области электродов
- КТР, близкий к КТР материалов электродов и контактов
- Химическая инертность по отношению к материалам электродов и топливу

Анодные, катодные и соединительные материалы

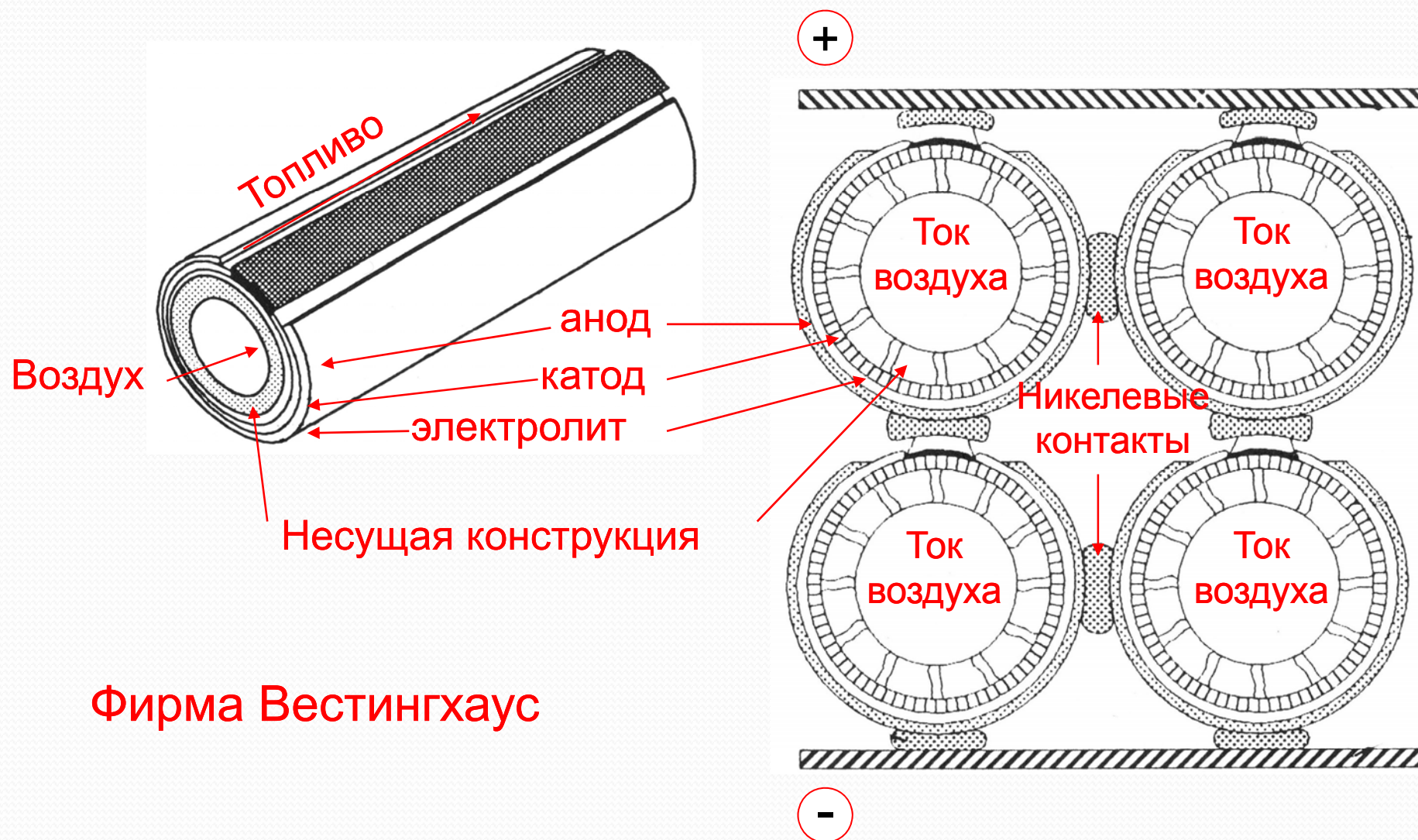
Требования:

- стабильность в восстановительной атмосфере.
- пористая структура, сохраняющаяся при высоких температурах.
- высокая электропроводность.
- схожий коэффициент термического расширения с материалом твердого электролита.

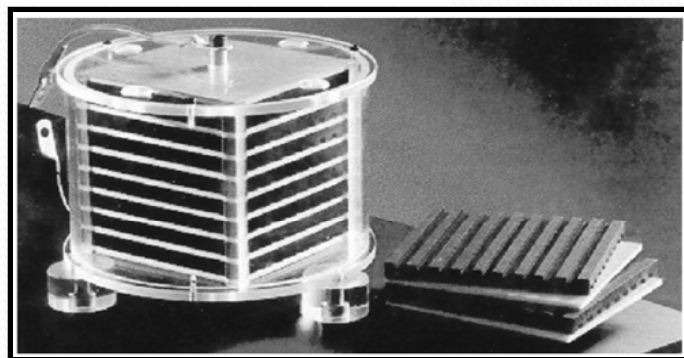
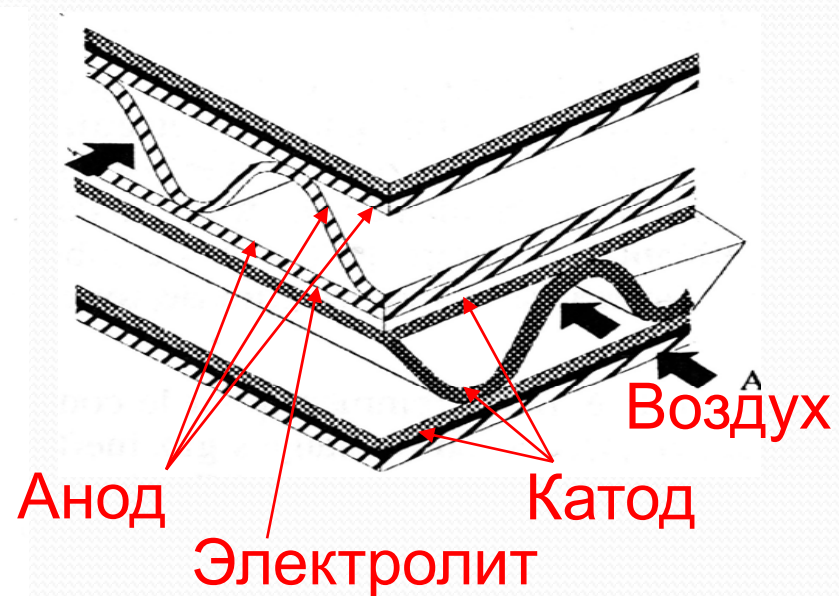
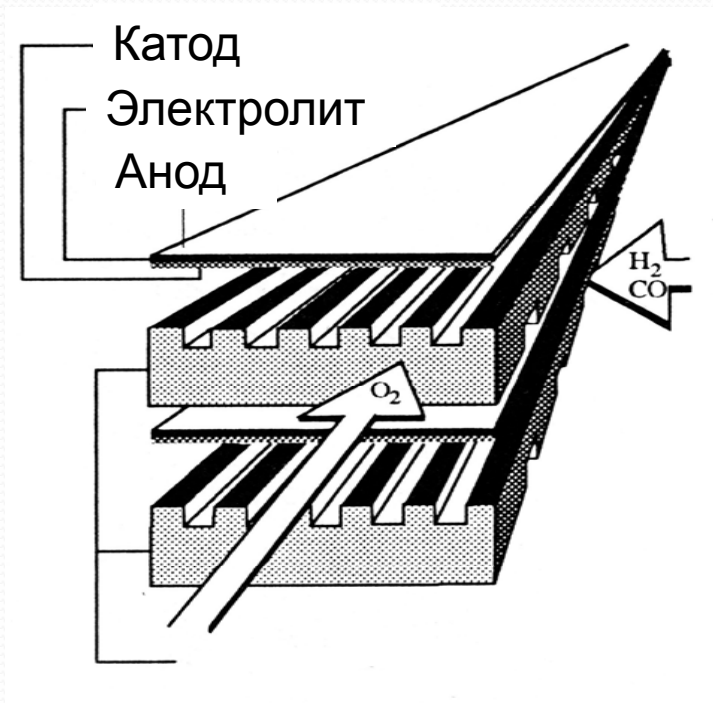
Материалы:

- Керметные аноды на основе YSZ (CGO) :
 $\text{Me}/\text{Zr}_{1-x}\text{Y}_x\text{O}_2$ ($\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_{2-x/2}$) ($\text{Me} = \text{Ni}$ (наиболее дешевый), Co и благородные металлы).
- Оксидные аноды (особенность - значительно низкие потери при перенапряжении на аноде):
 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_{0.8}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_3$
 $\text{Sr}_{0.6}\text{Ti}_{0.2}\text{Nb}_{0.8}\text{O}_3$
 $\text{La}_{0.4}\text{Sr}_{0.6}\text{TiO}_3$

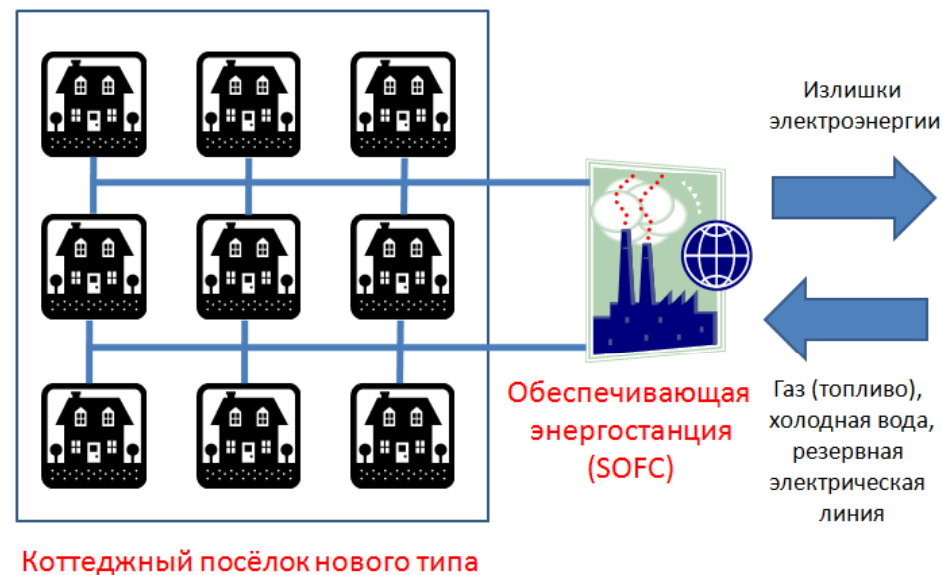
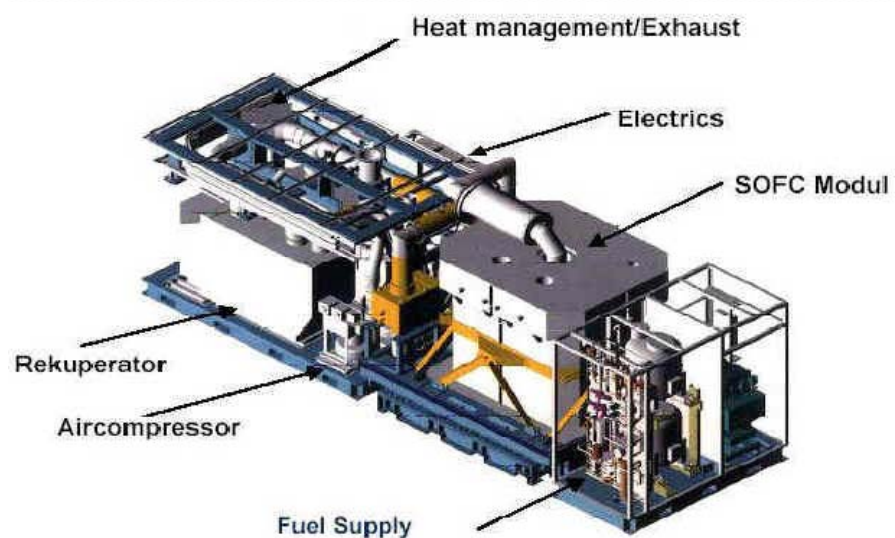
Устройства на основе SOFC



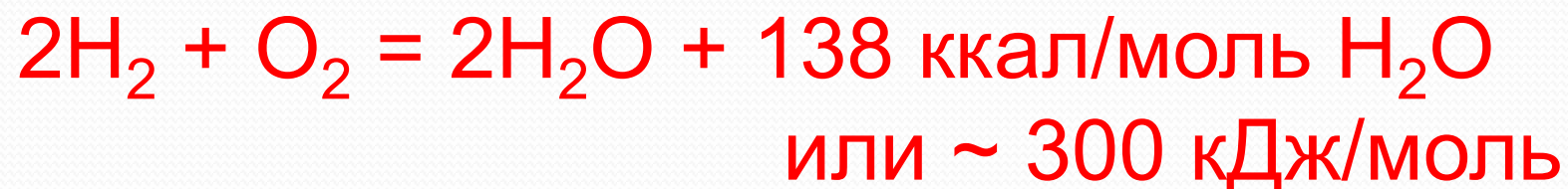
Устройства на основе SOFC



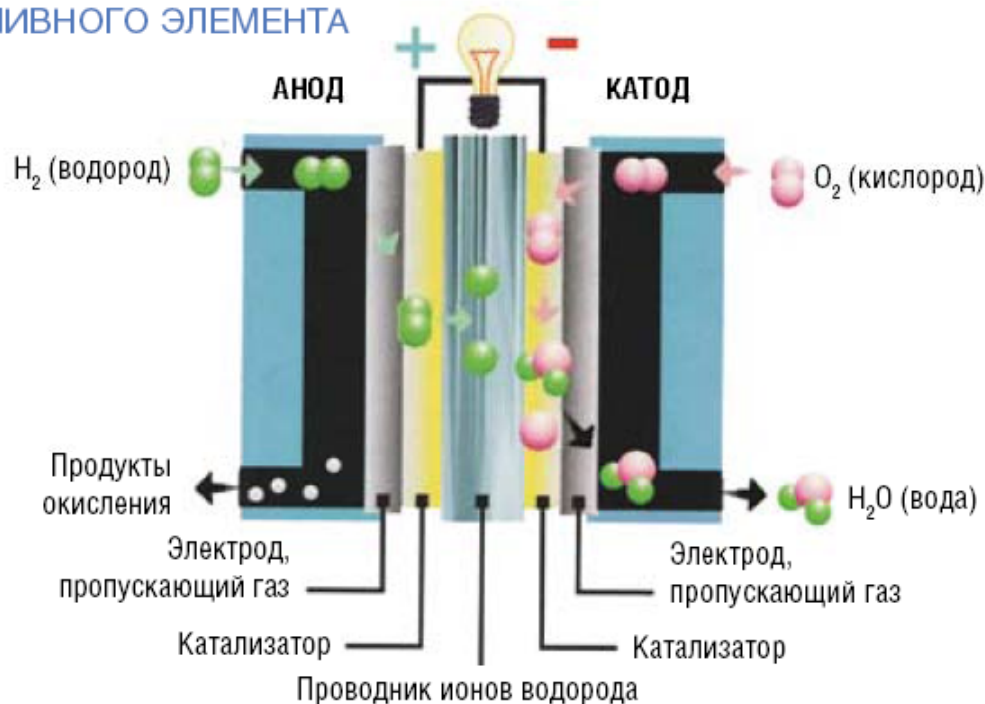
Что может дать технология SOFC?



Водородная энергетика



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА
ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА



Источник: Мазур И. «Энергия будущего», 2006.

Водород. Получение

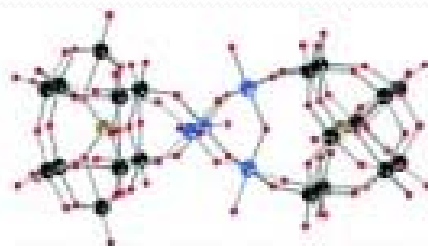
Солнечный свет

Катализаторы

Полупроводниковые
структуры

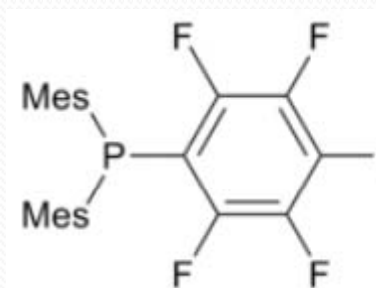
Бактерии

Водород!

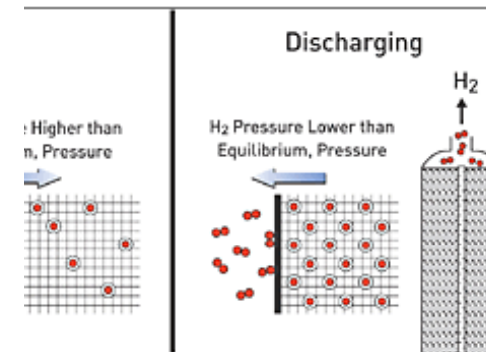
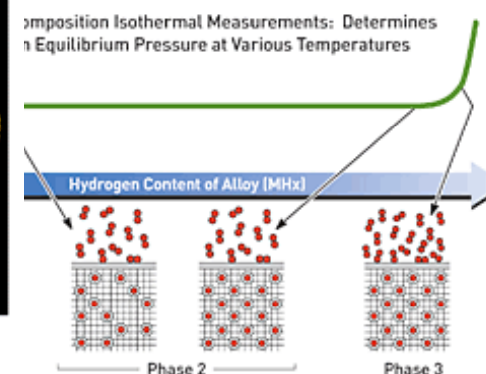
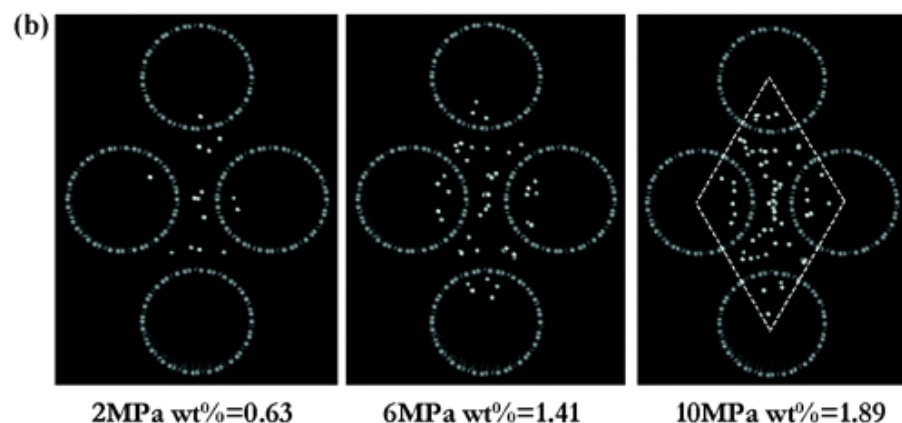
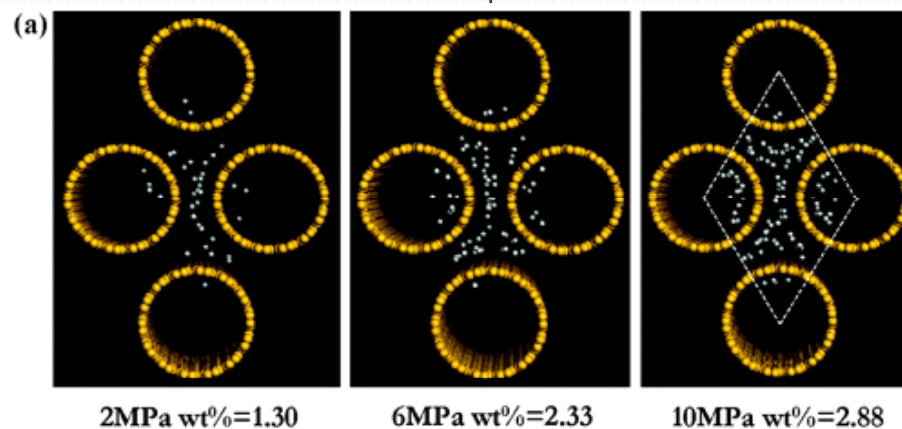


Водород. Хранение и транспортировка

Молекулярный
метод



Мезопористые
материалы



Перспективы развития

Storage Parameter	2005	2010	2015
Gravimetric Capacity (Specific energy)	1.5 kWh/kg 0.045 kg H ₂ /kg	2.0 kWh/kg 0.060 kg H ₂ /kg	3.0 kWh/kg 0.090 kg H ₂ /kg
System Weight:	111 Kg	83 Kg	55.6 Kg
Volumetric Capacity (Energy density)	1.2 kWh/L 0.036 kg H ₂ /L	1.5 kWh/L 0.045 kg H ₂ /L	2.7 kWh/L 0.081 kg H ₂ /L
System Volume:	139 L	111 L	62 L
Storage system cost	\$6 /kWh	\$4 /kWh	\$2 /kWh
System Cost:	\$1000	\$666	\$333
Refueling rate	.5 Kg H ₂ /min	1.5 Kg H ₂ /min	2.0 Kg H ₂ /min
Refueling Time:	10 min	3.3 min	2.5 min

Перспективы сегодня



Подводная лодка класса U212 (Германия) с силовой установкой на водородных топливных элементах.



Автомобильные топливные элементы Honda

Mercedes Benz Citaro на водородных топливных элементах в Лондоне



Перспективы и реальность сегодня

