



# ***Нанотехнология органических светочувствительных материалов***

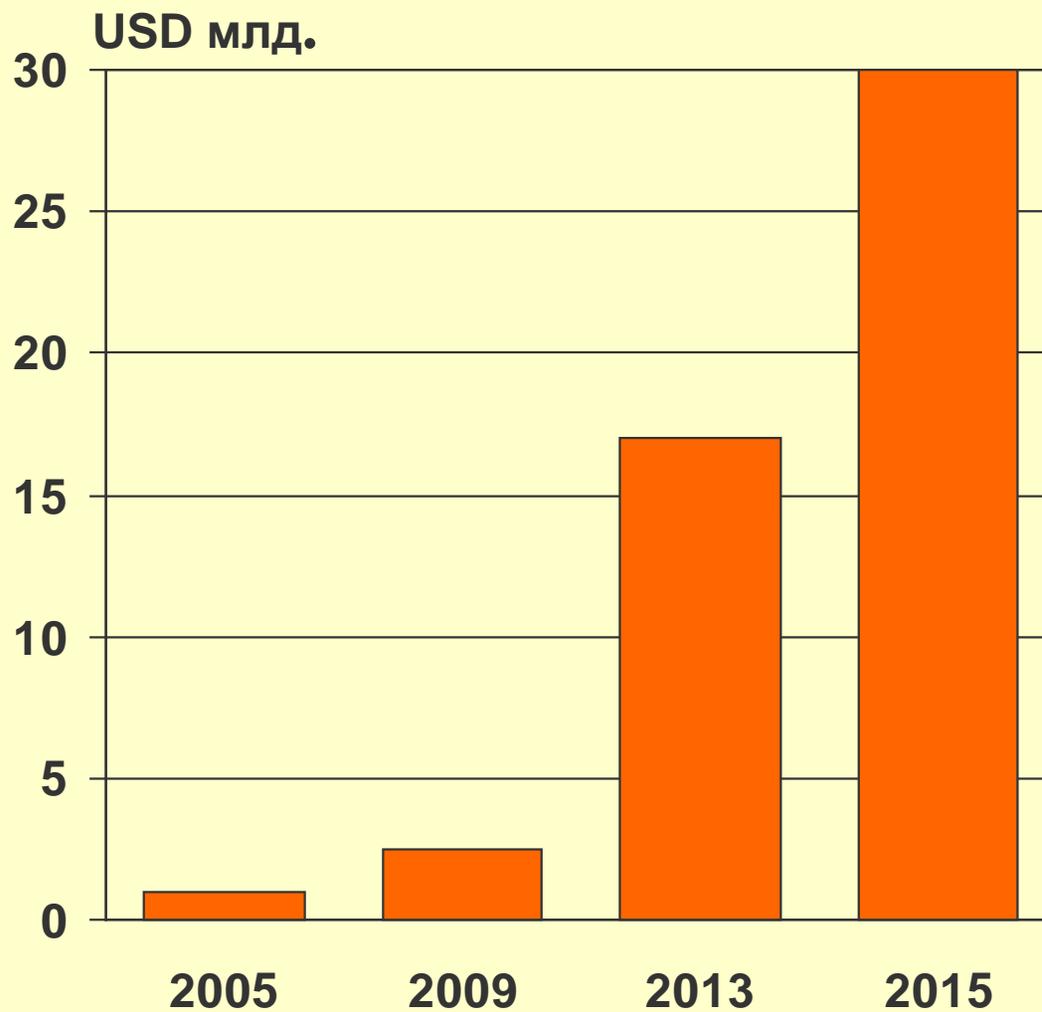
Чл.-корр. РАН, проф.  
Громов Сергей Пантелеймонович

<http://suprachem.photonics.ru>

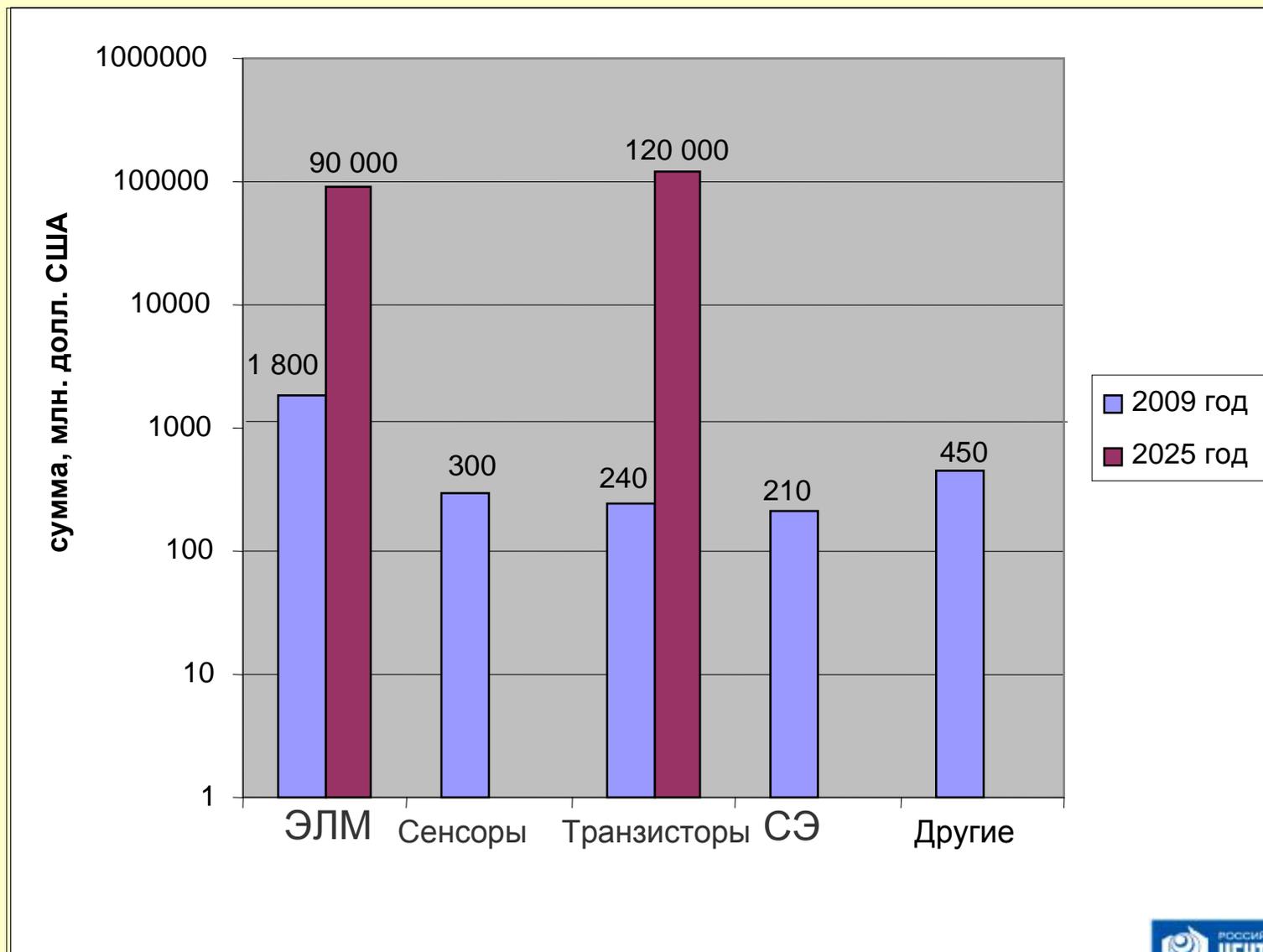
# **Нанотехнология органических светочувствительных материалов (органическая нанофотоника)**

- органические электролюминесцентные материалы и устройства (светодиоды и дисплеи);*
- органические оптические сенсоры в том числе интегрированные (контроль окружающей среды, техносферы, состояния здоровья и др.);*
- фотовольтаические устройства (органические солнечные батареи, фотодетекторы);*
- оптические запоминающие устройства (оптические диски).*

# Прогноз рынка органической наноэлектроники

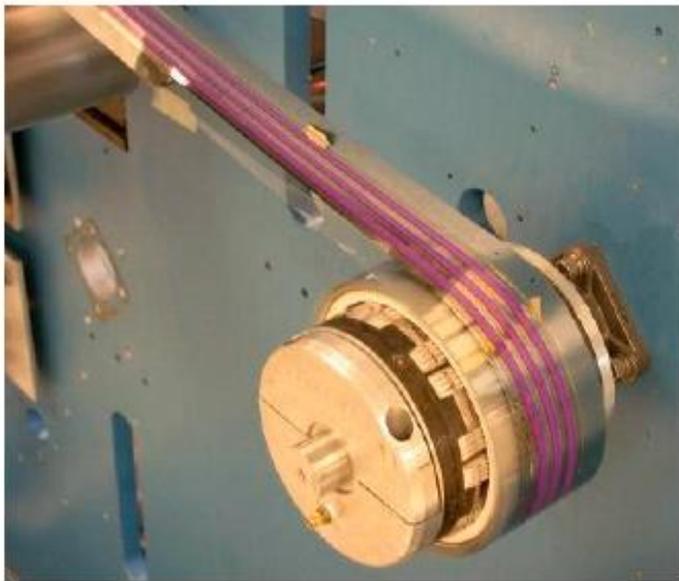


# Структура рынка органической наноэлектроники

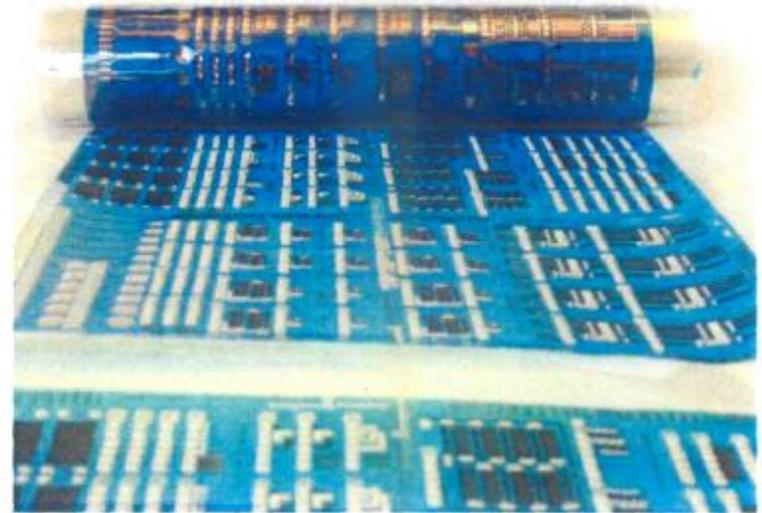


# Преимущества:

- Технологии органической электроники очень эффективны и дешевы
- Печатные технологии позволяют создавать интегральные схемы из органических материалов на гибкой основе



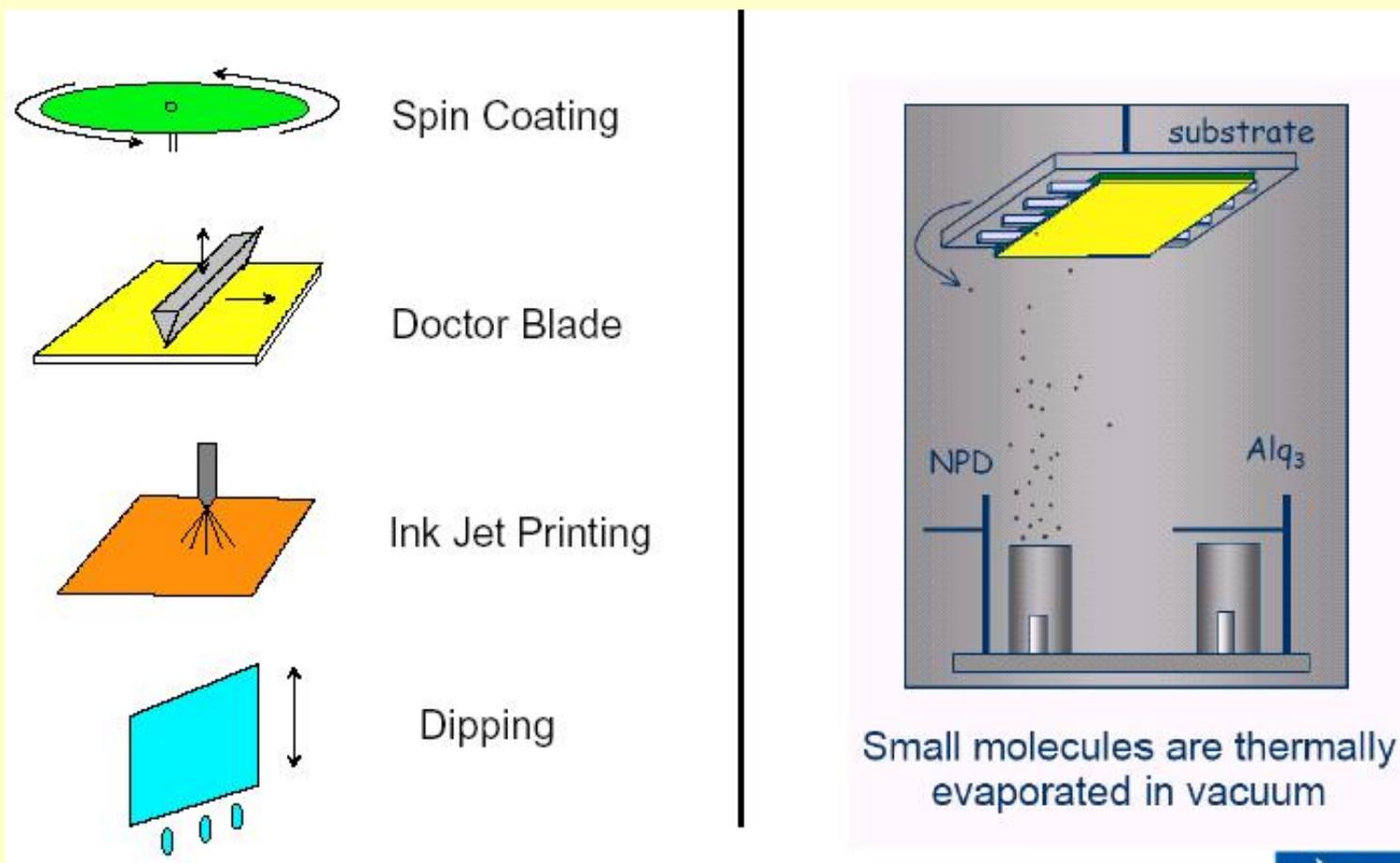
*Konarka's roll-to-roll, high volume manufacturing process produces thin, flexible solar cells*



# Технология нанесения органических полупроводников

Нанесение из раствора

Испарение в вакууме



# Органическая электроника: резюме

## Почему “Органическая”?

- малый вес
- гибкость и пластичность
- низкая стоимость
- большие площади
- производство с использованием печатных технологий
- широкий спектр контролируемых свойств

## Недостатки

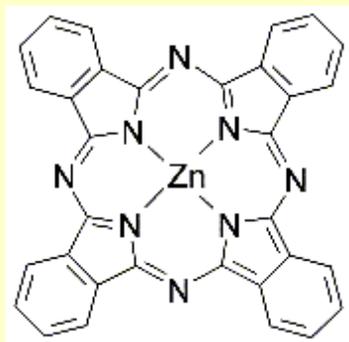
- Низкая стабильность во внешней среде
- требует инкапсуляции
- низкая эффективность (малые подвижности носителей зарядов)

***Органические электролюминесцентные  
материалы и устройства  
(светодиоды и дисплеи)***

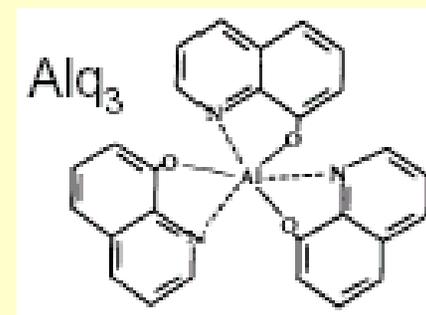
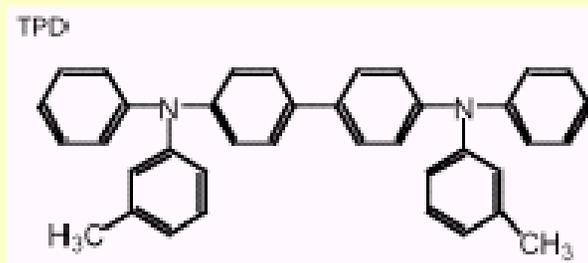


# Органические соединения

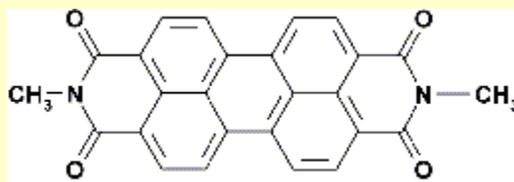
“p-типа”



ZnPc



“n-типа”



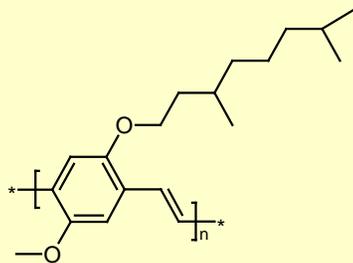
Me-Ptcdi



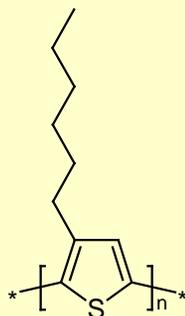
C<sub>60</sub>

# Сопряженные полимеры

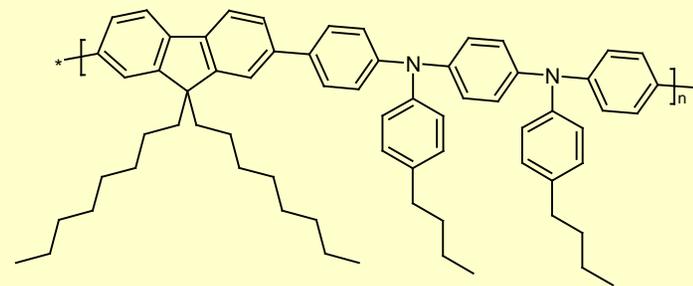
## сопряженные полимеры “p-типа”



MDMO-PPV

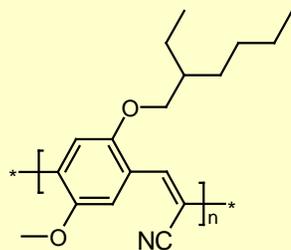


P3HT

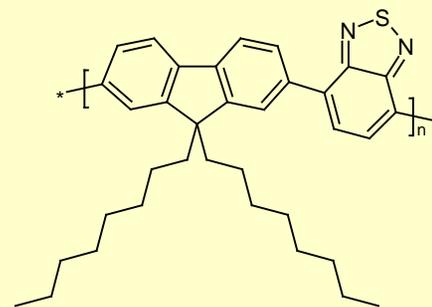


PFB

## сопряженные полимеры “n-типа”



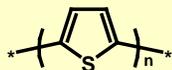
CN-MEH-PPV



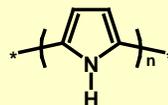
F8BT

# Сопряженные полимеры в качестве полупроводников

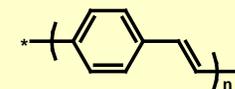
Поли tioфен  
(PT)



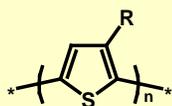
Полипиррол  
(PPy)



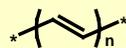
Полипарафенилен  
винилен  
(PPV)



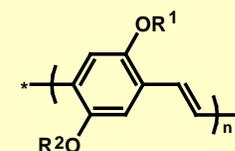
Поли(3-алкил)  
тиофен  
(P3AT)



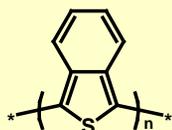
Полиацетилен  
(CH)<sub>x</sub>



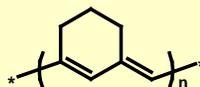
Поли(2,5-диалкокси)  
парафенилен  
винилен  
(напр. MEN-PPV)



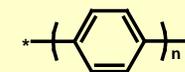
Полиизотианафтен  
(PITN)



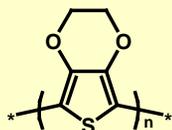
Полигептадиин  
(PHT)



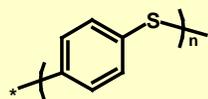
Полипарафенилен  
(PPP)



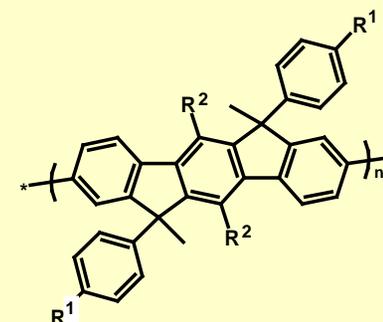
Полиэтилен  
диокситиофен  
(PEDOT)



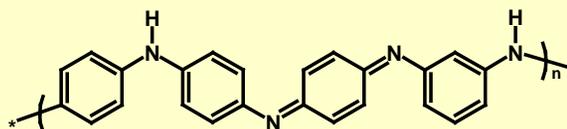
Полипарафенилен  
сульфид  
(PPS)



Полипарафенилен  
лестничного типа  
(LPPP)



Полианилин  
(PANI)



В 2000 г. А. Хигер, А. Мак-Диармид и Х. Сиракава получили Нобелевскую премию по химии за «открытие и развитие проводящих органических полимеров».

# Дисплеи на основе ОСИД

монохроматические



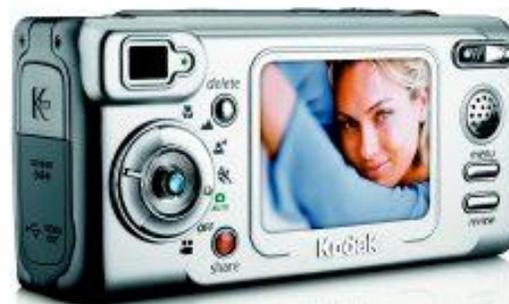
полноцветные



## Преимущества по сравнению с ЖК-дисплеями

- Отсутствие необходимости в подсветке
- Меньшие габариты и вес, тонкие устройства
- Отсутствие такого параметра как угол обзора
- Мгновенный отклик (на порядок выше, чем у ЖК)
- Более качественная цветопередача (высокий контраст)
- Меньшее энергопотребление
- Менее сложная архитектура, малая цена
- Большой диапазон рабочих температур (от -40 до +70° С)

# Продукция с ОСИД дисплеями



Органические дисплеи встраиваются в телефоны, цифровые фотоаппараты, GPS-навигаторы, в приборы ночного видения, автомобильные бортовые компьютеры, в цифровые индикаторы лицевых панелей автомагнитол, MP3-плееры и т. д.

Основные производители: Samsung, Pioneer, RiTdisplay, LGE.

# Продукция с ОСИД дисплеями



55-дюймовые OLED-телевизоры LG, толщина 4.3 мм

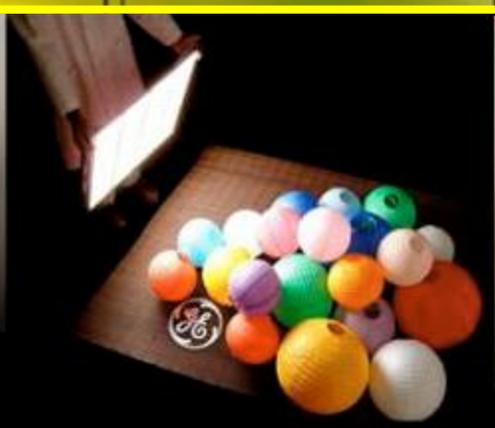
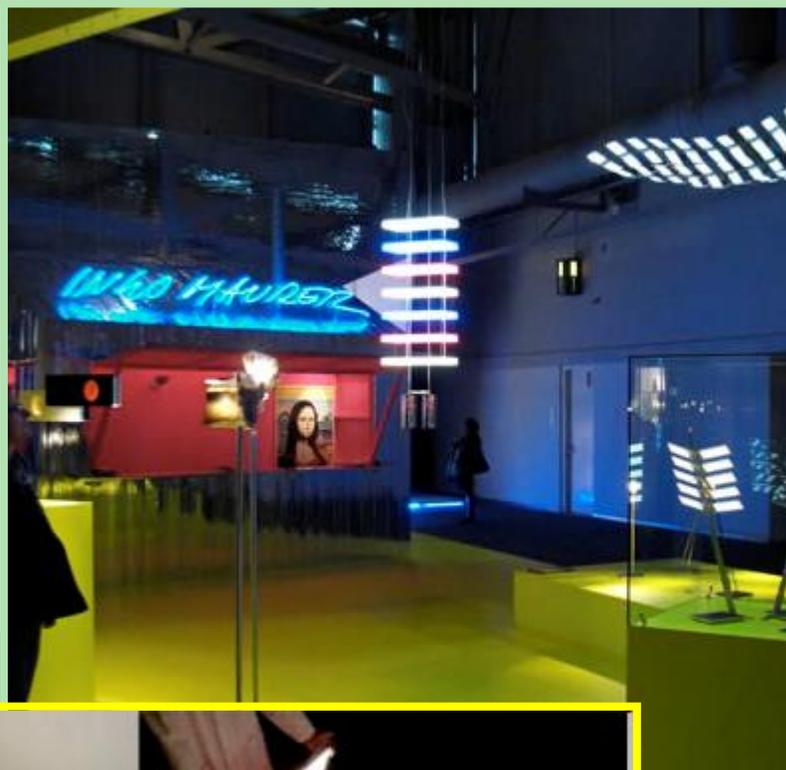
# Электронная бумага !



# Производство электроники с гибкими дисплеями

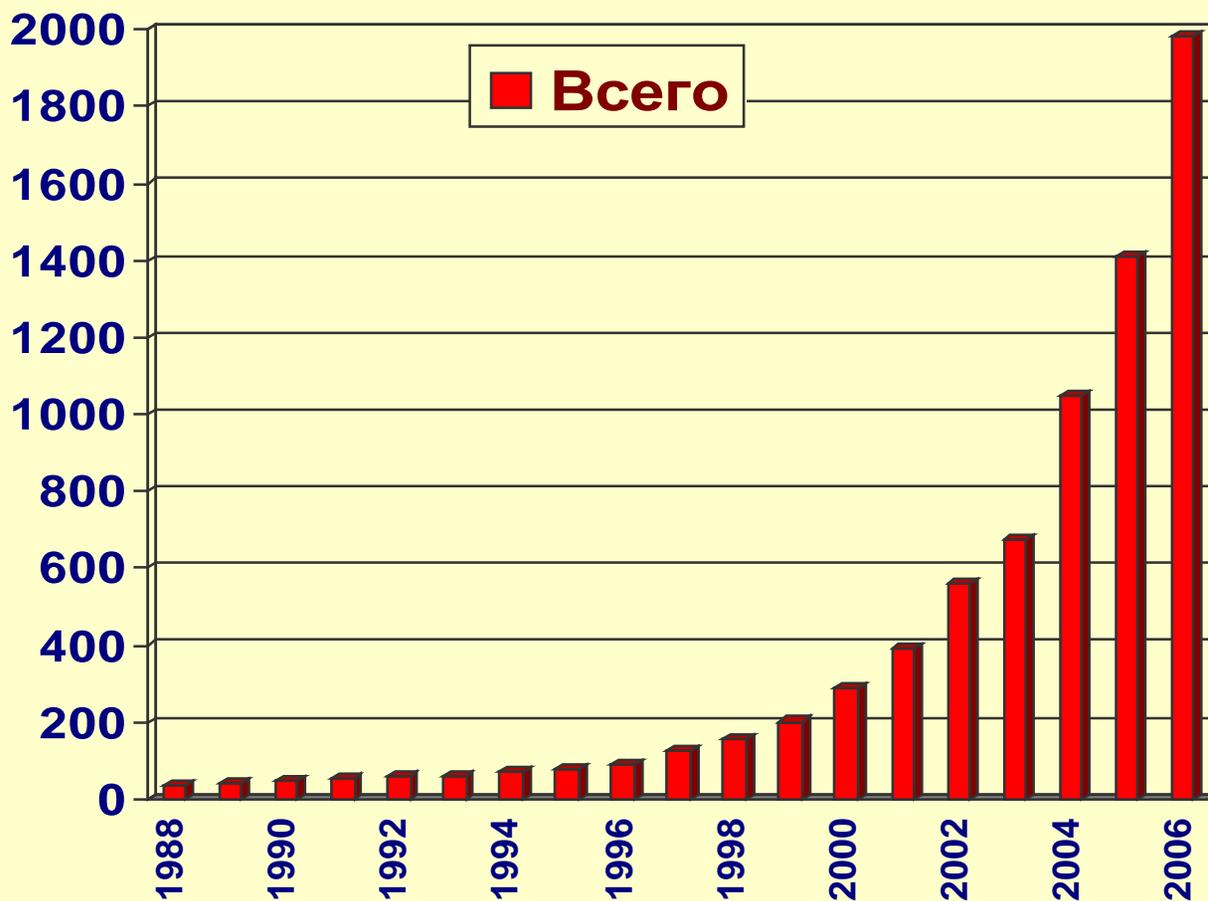


# Осветительные системы на основе ОСИД

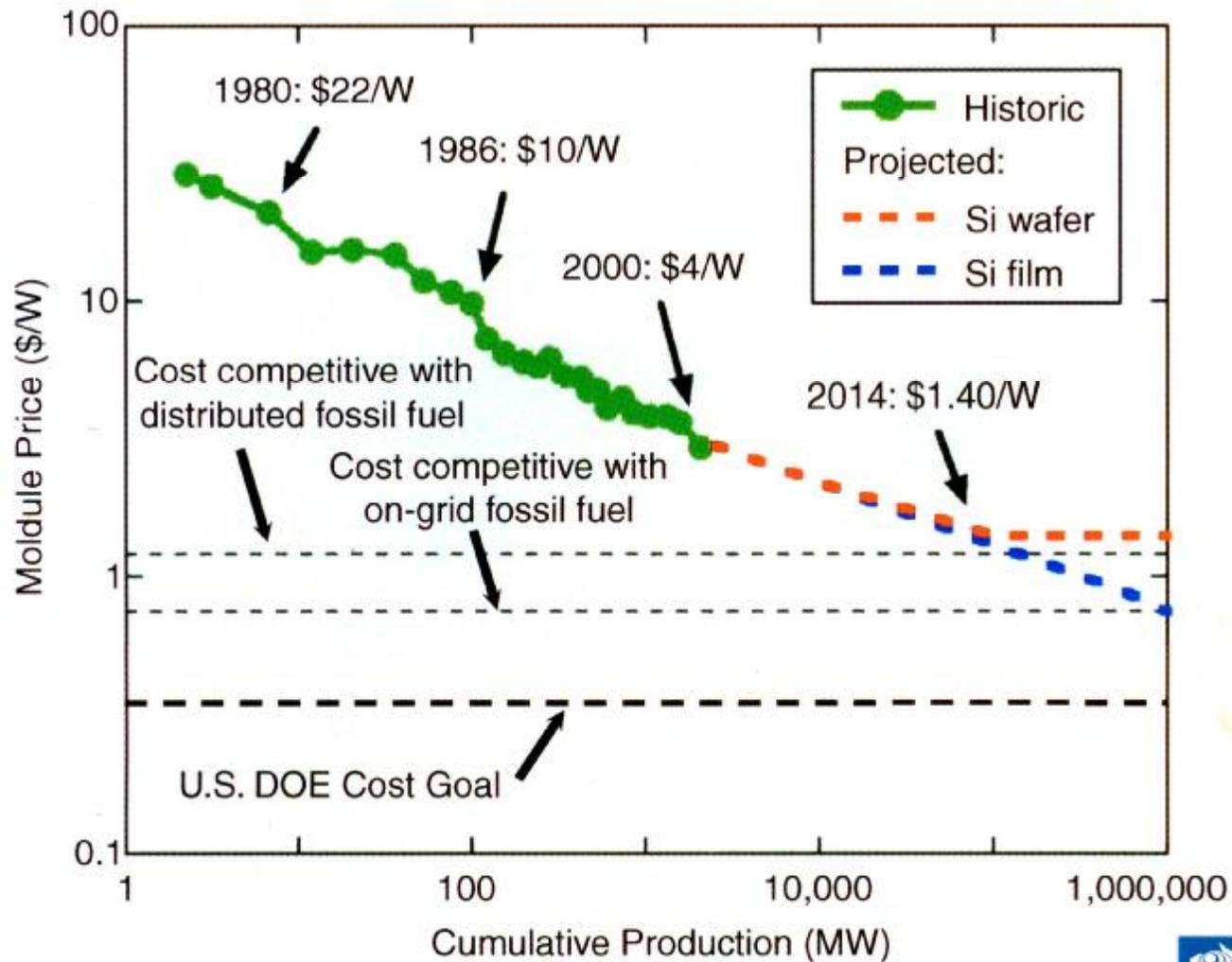


# ***Органические солнечные батареи***

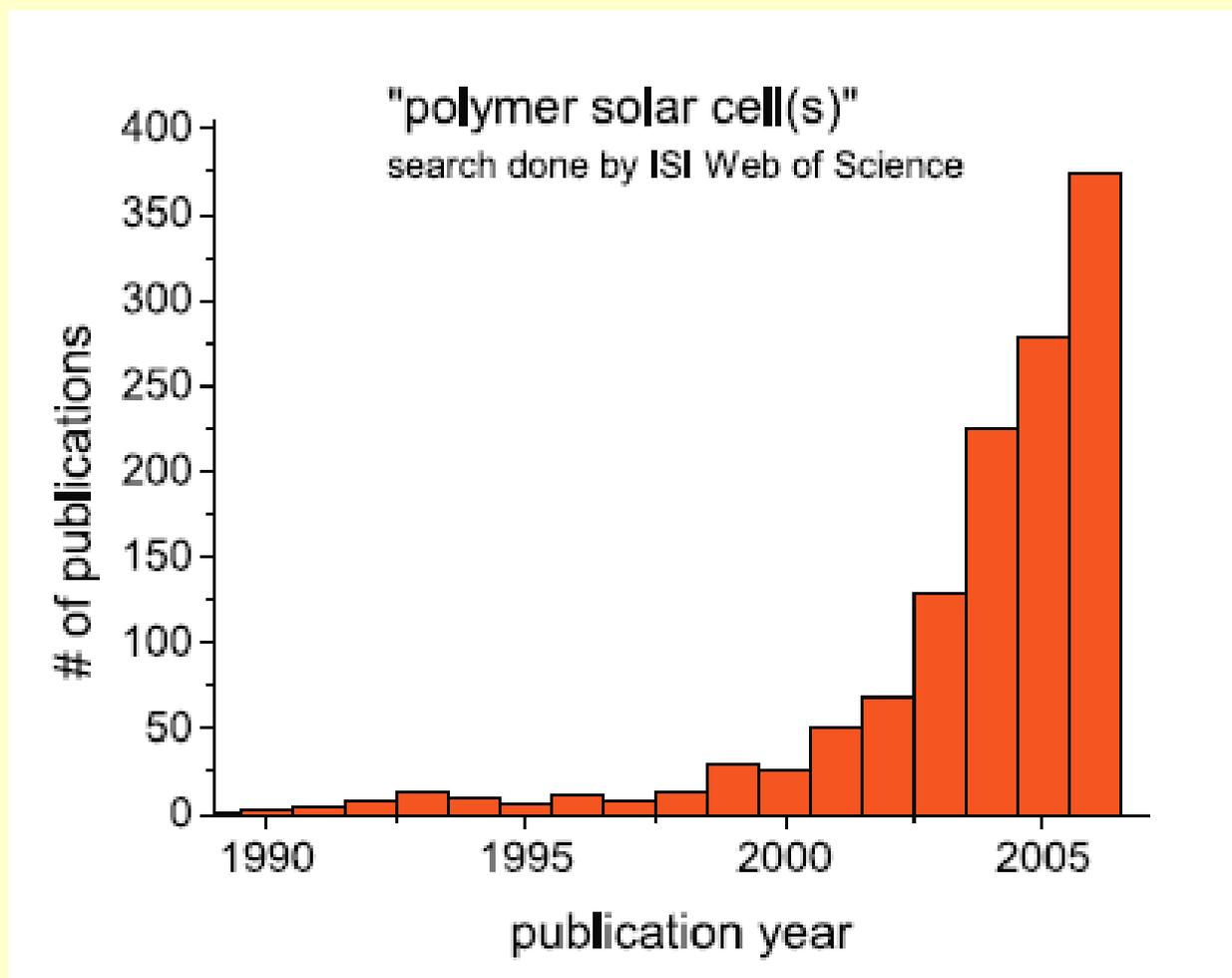
*Производство солнечных батарей (МВт),  
общий объем потребления и коммерческого использования*



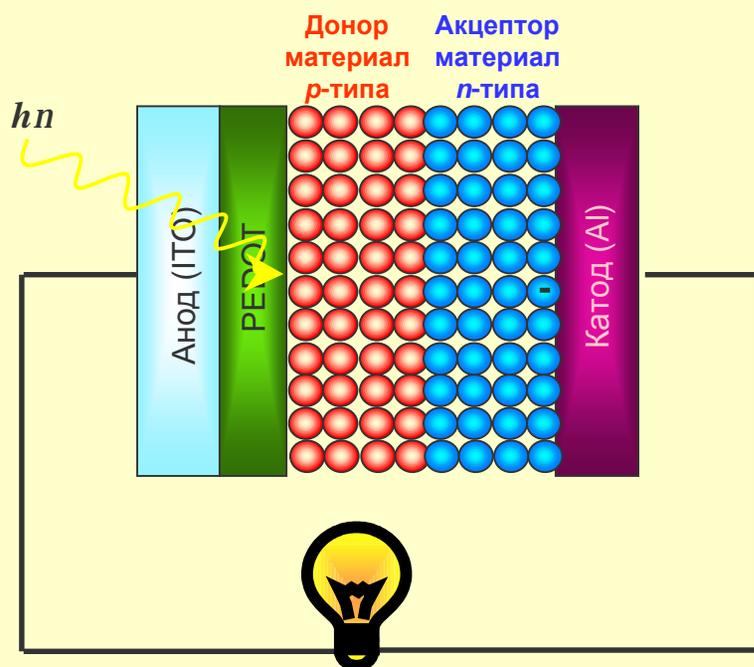
# Конкурентоспособность кремниевых солнечных батарей



# Рост числа публикаций по органическим солнечным батареям



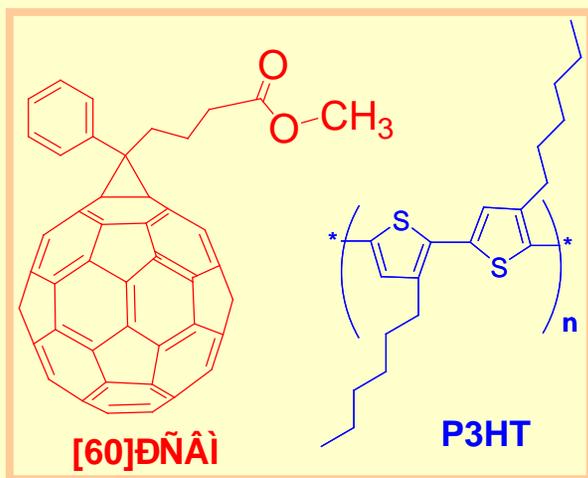
# Принцип работы органических солнечных батарей



## Результаты для различных комбинаций материалов

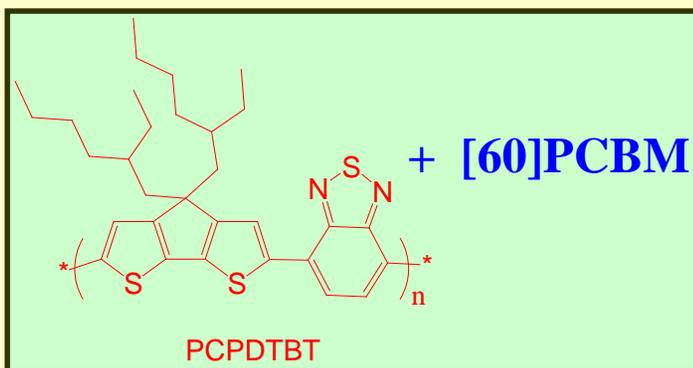
Система	$\eta$ , %
Соединения фуллерена - полимер	5.2
Фуллерен $C_{60}$ – малые молекулы	3.8
Полимер - полимер	1.8
Полимер - наночастицы (CdS)	2.6
Полимер - нанотрубки	0.22

# Система P3HT-[60]PCBM



$h \sim 5.0\%$   
 $h = 3.5 - 4.0\%$

*Тандемные батареи*

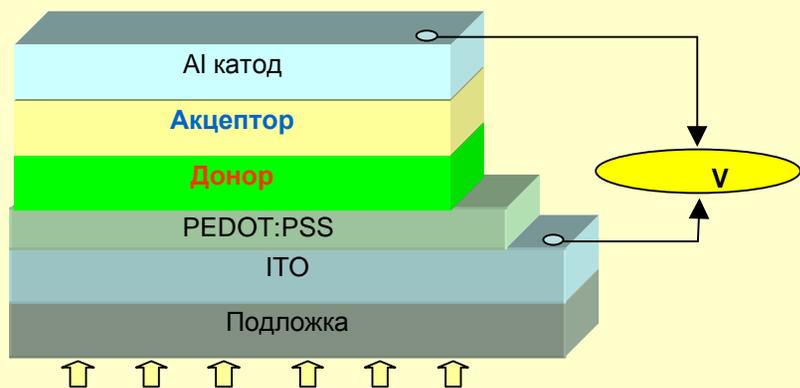


**P3HT+**  
**[70]PCBM**

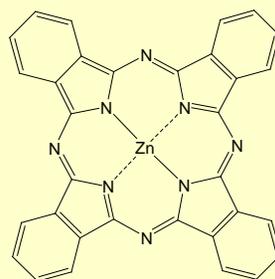
$h = 6.5\%$

# ***Органические фотодетекторы***

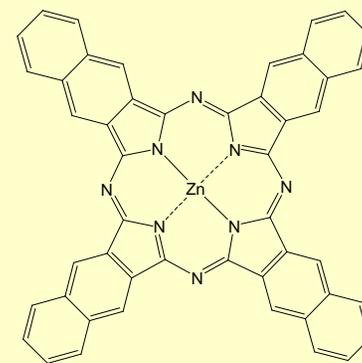
# Принцип работы фотодетекторов



## Электронодонорные материалы

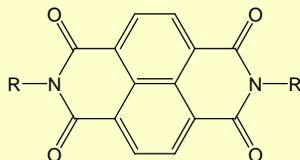


ZnPc

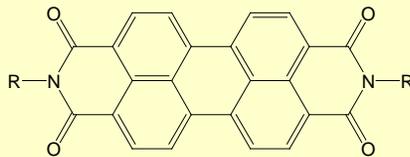


ZnNc

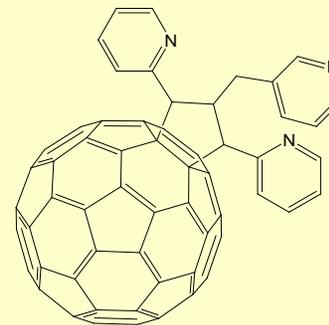
## Электроноакцепторные материалы (разработки ИПХФ РАН)



NDI



PDI



PyF

Органические фотодетекторы встраиваются в охранные системы, оптические сенсоры.

# ***Органические оптические сенсоры***

# Органические оптические сенсоры

## Потенциальные области применения:

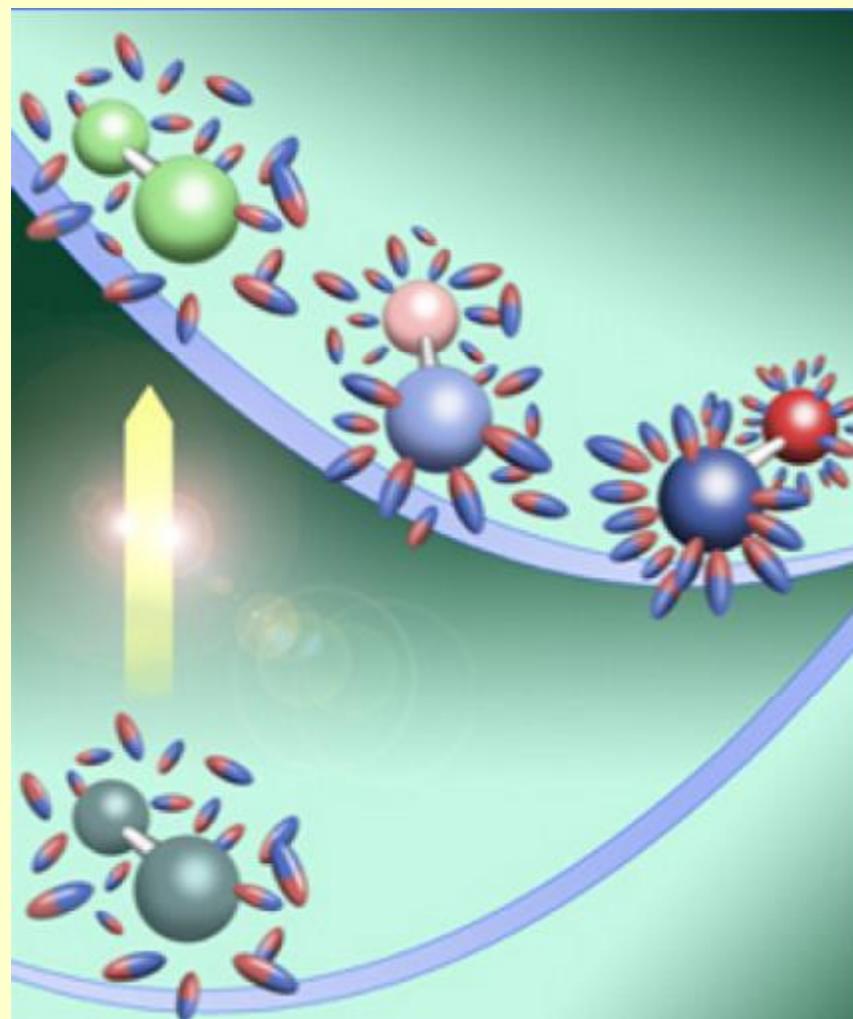
- Медицинская диагностика
- Контроль качества воздуха в жилых помещениях
- Контроль качества пищевых продуктов
- “Умная” упаковка
- Детектирование взрывчатых веществ
- Контроль качества воды и биологических жидкостей

## Аналиты:

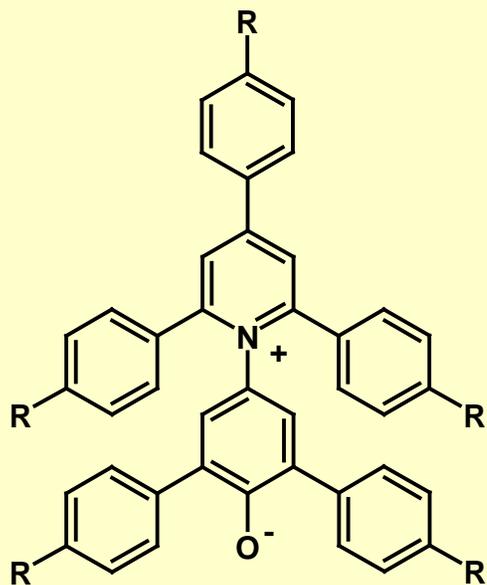
- Летучие органические соединения (толуол, бензол, ацетон, формальдегид и др.)
- Галогенпроизводные и аммиак
- Нитросоединения (ТНТ и др.)
- Нелетучие органические соединения и ионы металлов

# Сольватохромные красители для оптических хемосенсоров

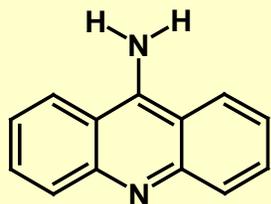
*Для обнаружения паров  
полярных и неполярных веществ  
в оптических хемосенсорах  
используются сольватохромные  
красители.*



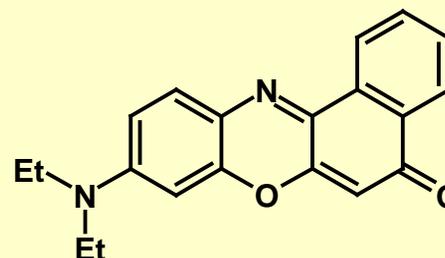
# Сольватохромные красители



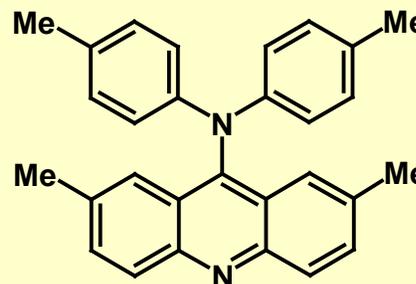
Сольватохромный  
краситель Рейхардта  
( $\Delta\lambda = 350$  нм)



9-Аминоакридин (9-АА)

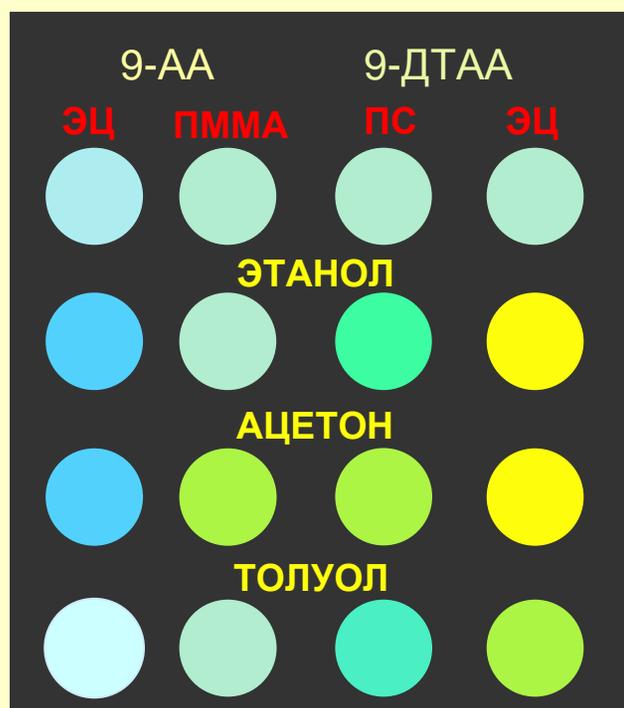


Сольватифлуорохромный краситель  
Нильский красный  
( $\Delta\lambda = 130$  нм)



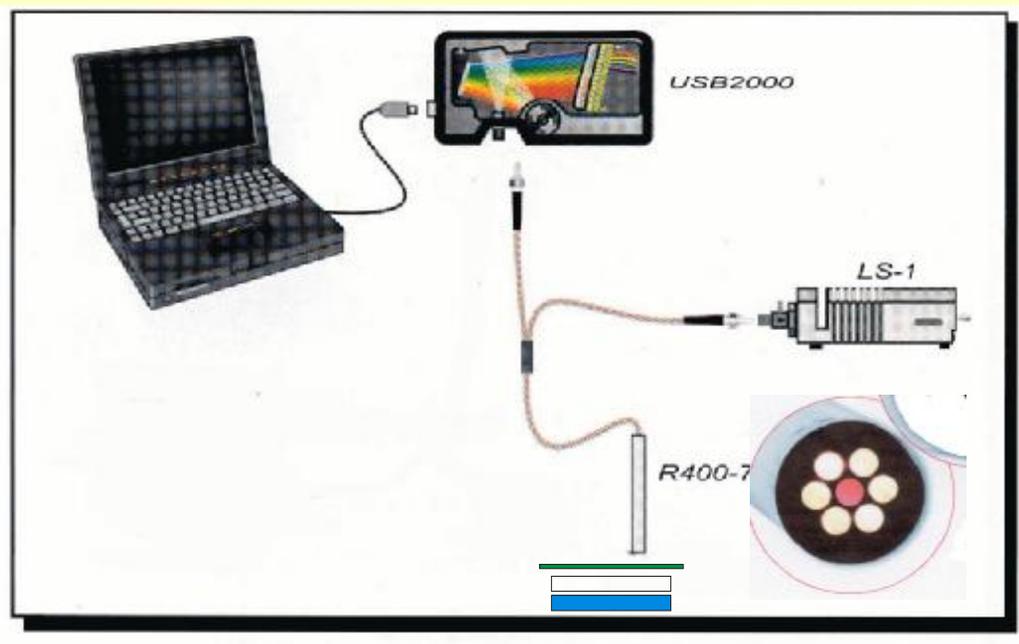
9-DTAA

# Люминесцентный хемочип

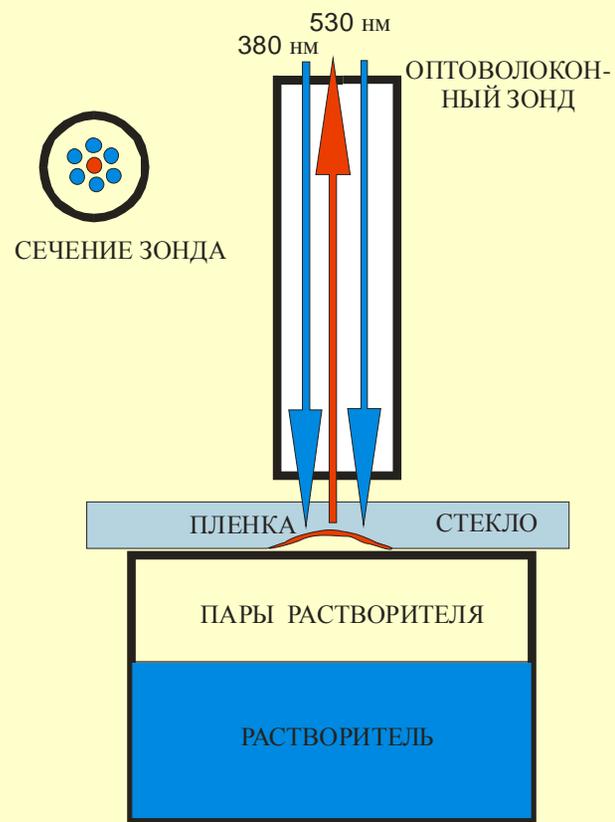


AffymetrixGMS 417 Arrayed

# Схема регистрации флуоресценции пленок

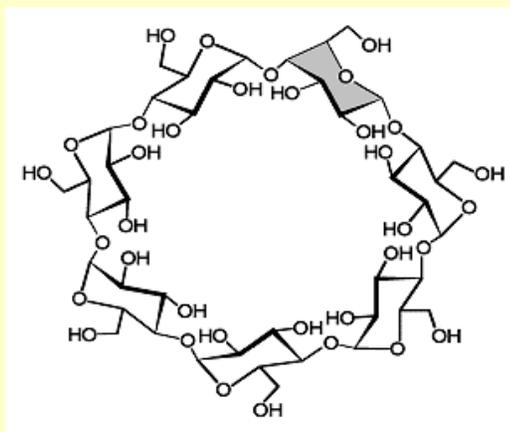


Оптоволоконный спектрофлуориметр Ocean Optics



# Оптические молекулярные сенсоры

## Циклодекстрины на нелетучие органические соединения

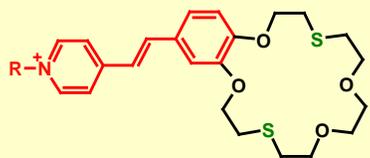


$\beta$ -ЦД

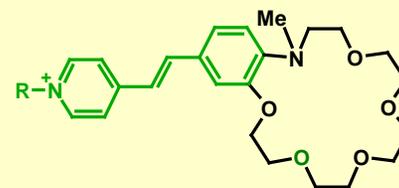


Сополимер- $\beta$ -ЦД и эпихлоргидрина

Краунсодержащие стироловые красители на ионы  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$



Азакраунсодержащие стироловые красители на ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$



# Интегрированные оптические хемосенсоры



Схема макета пятислойного интегрального оптического хемосенсора

Сенсорные устройства, содержащие структурно-интегрированные сенсорный, электролюминесцентный, светопоглощающий, фотовольтаический и фотодетекторный слои

# Сенсоры



Прототип Nokia N95

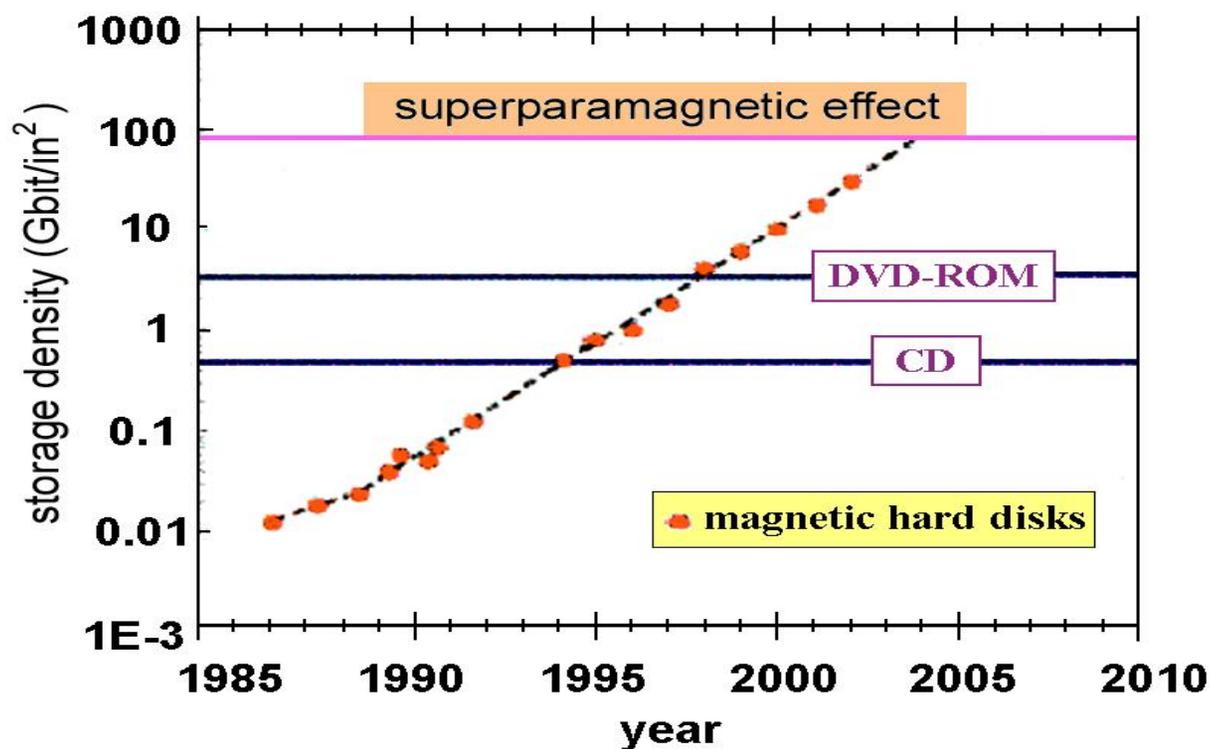
Может распознать различные газы, входящие в состав человеческого дыхания - CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> и определить удельный вес каждого из них. Это позволяет распознать астму, диабет, рак легких, гастрит, определить количество алкагольных паров в дыхании человека.

# ***Оптические запоминающие устройства***

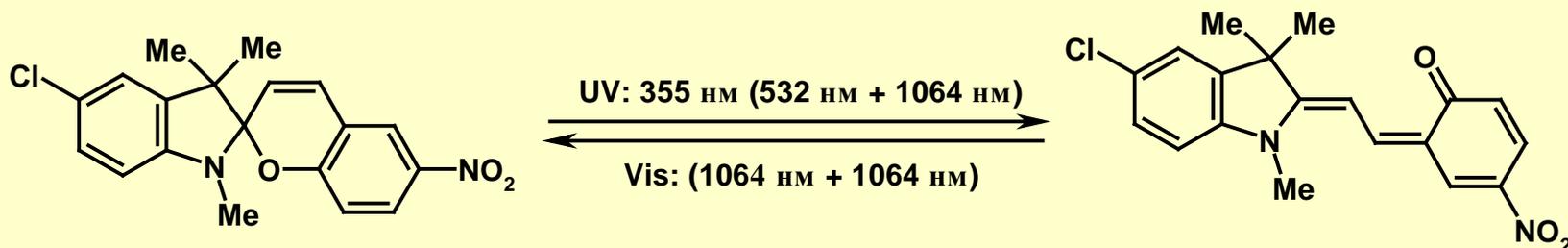
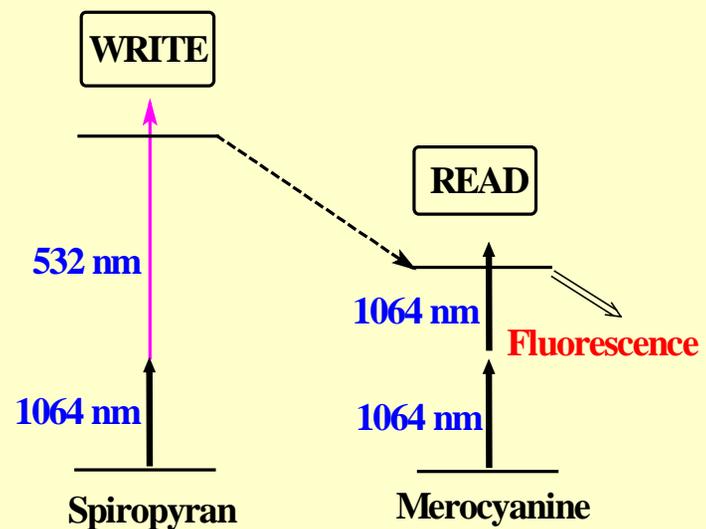
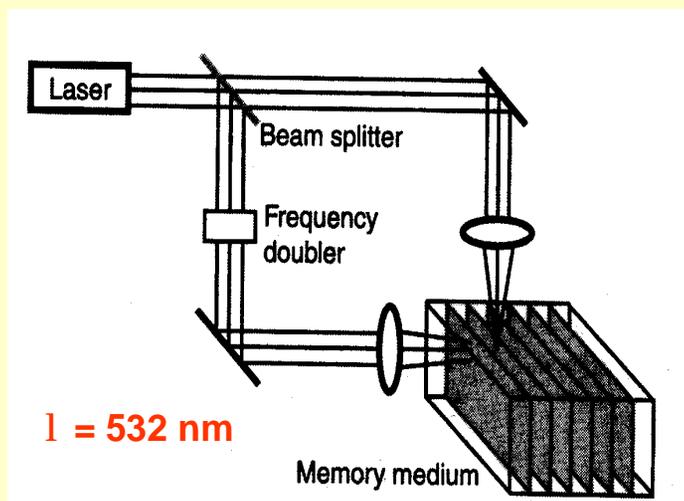
# Плотность магнитной памяти приближается к пределу

## Magnetic Data Storage

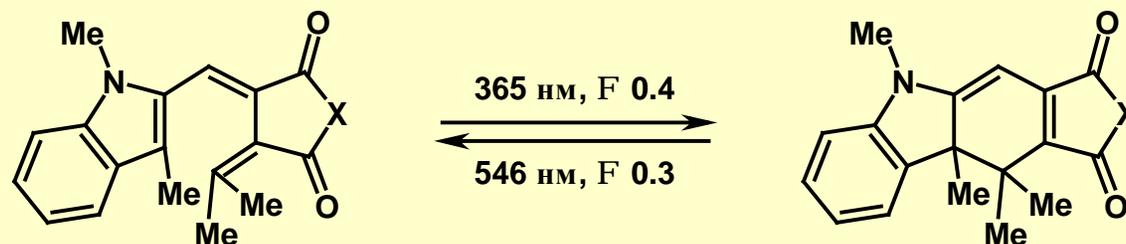
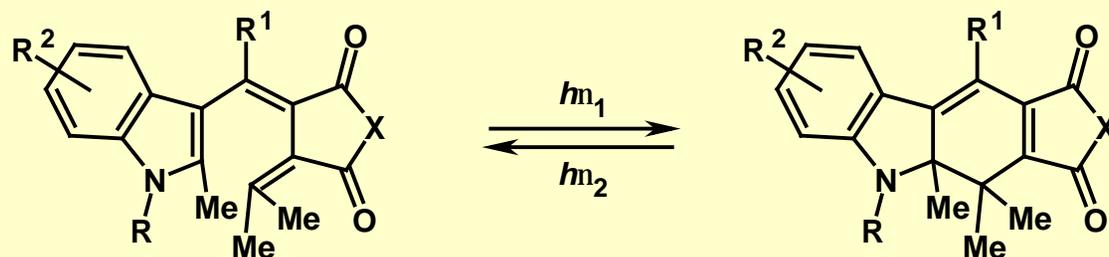
The storage density will reach the limit soon



# Двухфотонные 3D оптические диски

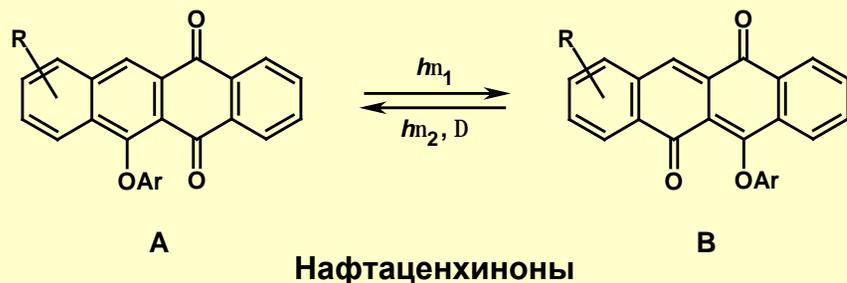
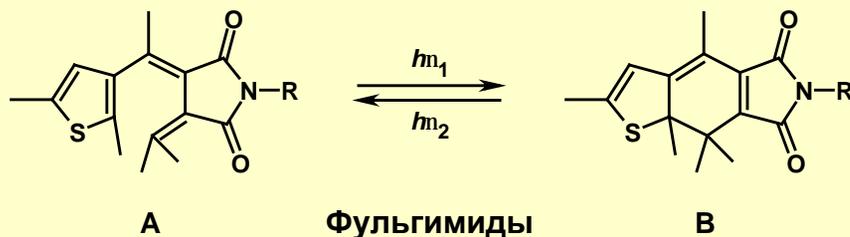


# Индолилфульгиды и фульгимиды для 3D оптической памяти



2001 г. Компания Constellation3D создала на базе индолилфульгидов  
первые FMD ROM диски: 140 Гб (10 слоев).

# Фотохромные соединения для 3D оптической памяти



Конкретными требованиями являются:

- высокая эффективность фотохимических превращений;
- термостойкость форм А и В;
- высокая устойчивость обеих форм к необратимым фотопревращениям;
- эффективное считывание без разрушения записанной информации.

## **Ближайшее будущее органической нанофотоники**

- системы химического запасаения световой энергии (получение водорода фоторазложением воды);*
- оптические логические устройства;*
- оптоэлектронные процессоры и компьютеры;*
- фотоуправляемые молекулярные устройства и машины.*

**Спасибо за внимание !**