

Нанотехнология органических светочувствительных материалов

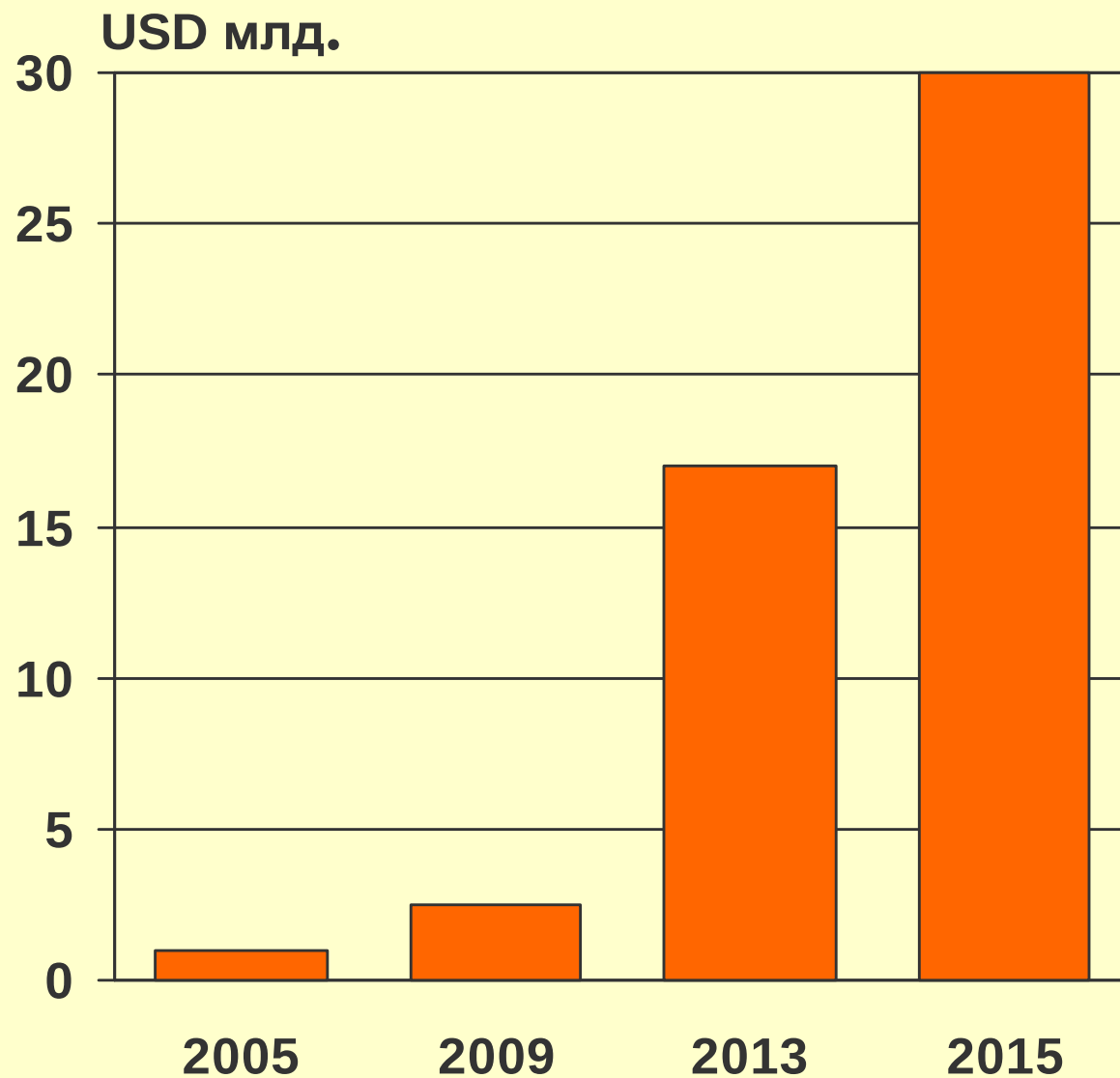
Чл.-корр. РАН, проф.
Громов Сергей Пантелеймонович

<http://suprachem.photonics.ru>

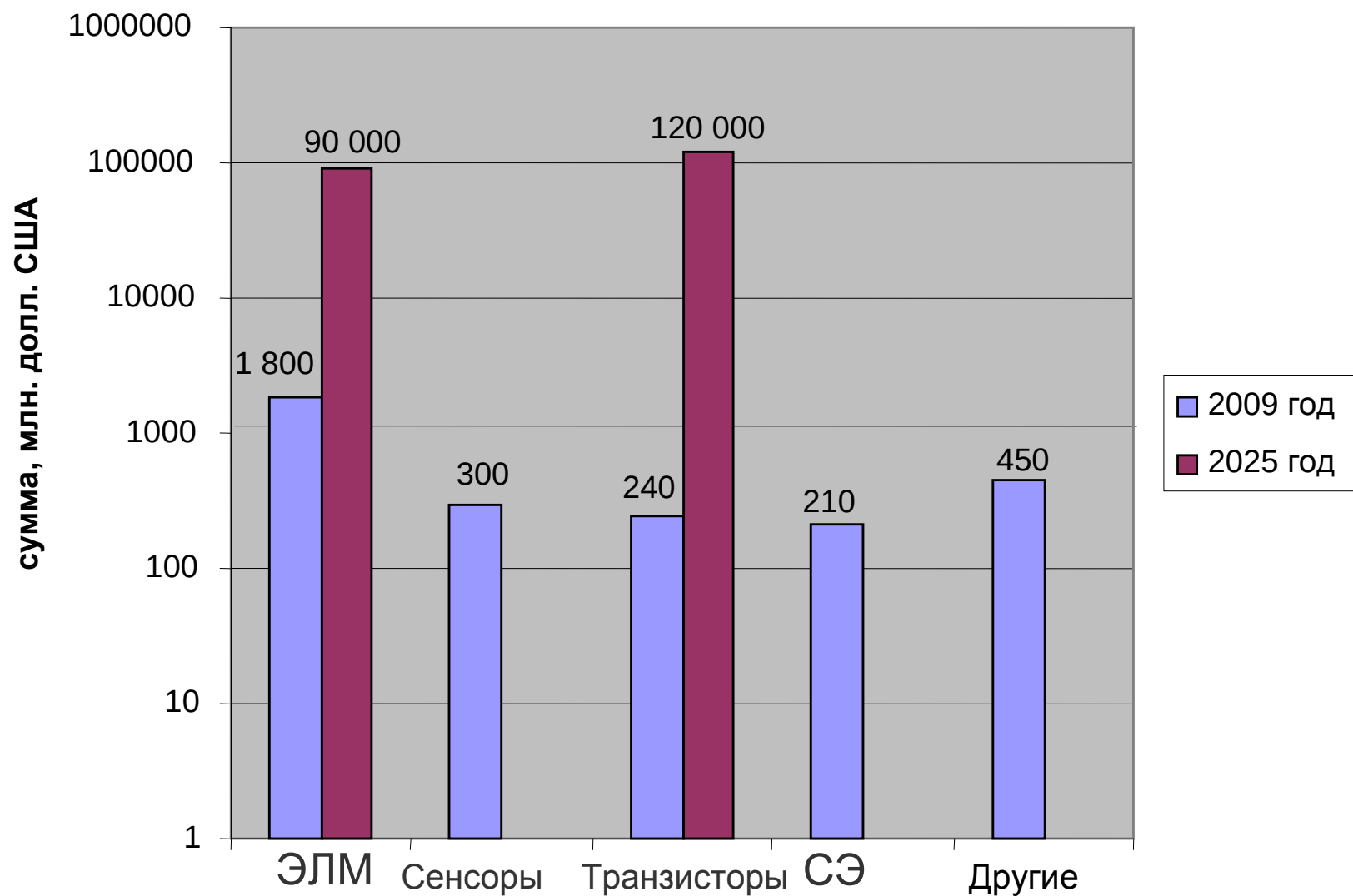
Нанотехнология органических светочувствительных материалов (органическая нанофотоника)

- 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

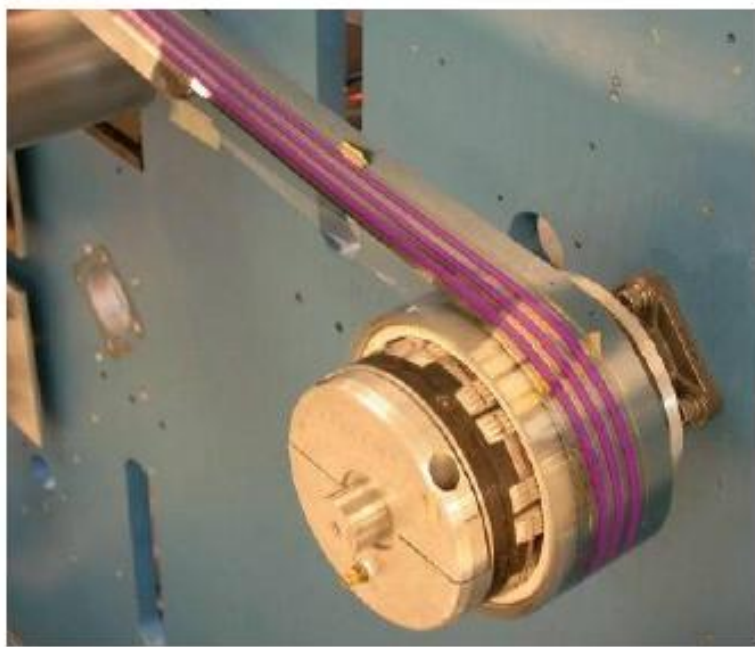


Структура рынка органической наноэлектроники

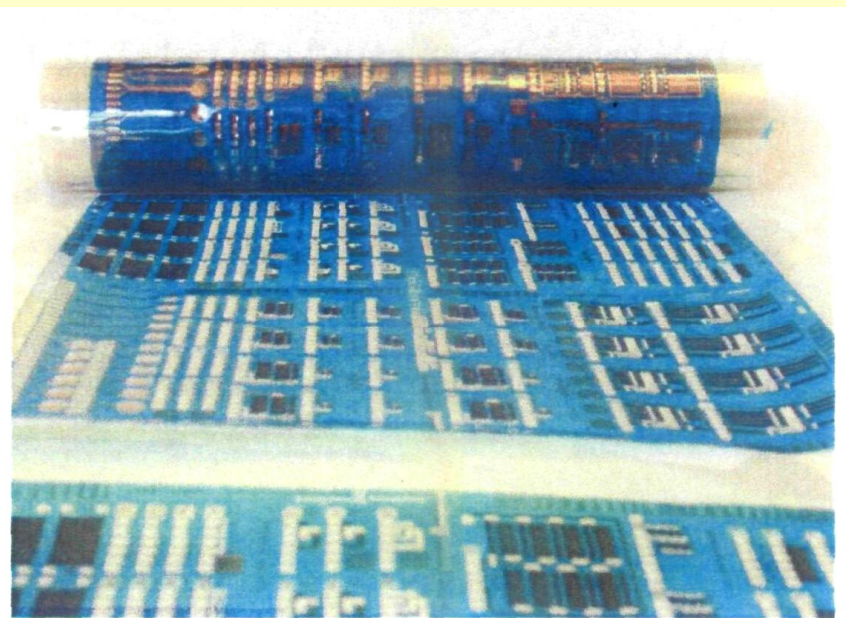


Преимущества:

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



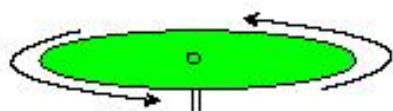
Konarka's roll-to-roll, high volume manufacturing process produces thin, flexible solar cells



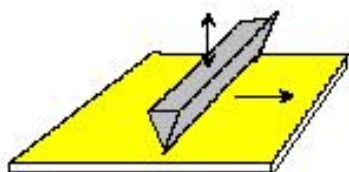
Технология нанесения органических полупроводников

Нанесение из раствора

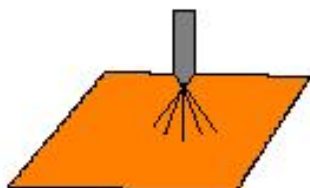
Испарение в вакууме



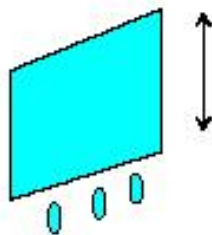
Spin Coating



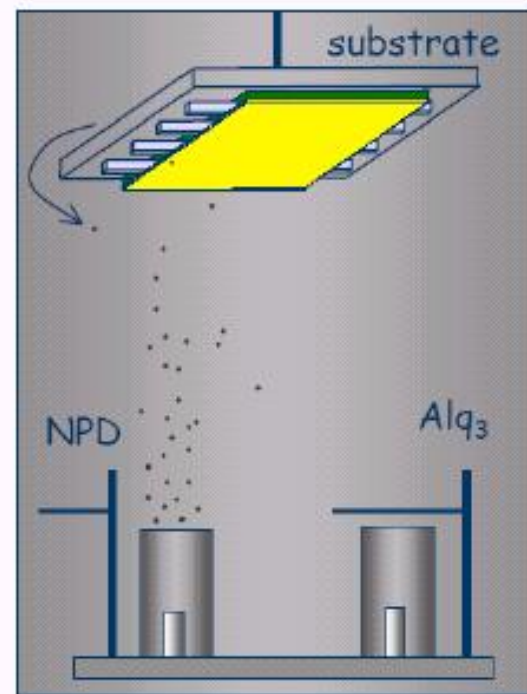
Doctor Blade



Ink Jet Printing



Dipping



Small molecules are thermally evaporated in vacuum

Органическая электроника: резюме

Почему “Органическая”?

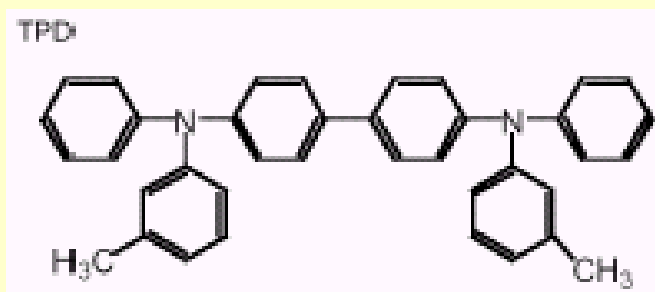
Недостатки

- малый вес
 - гибкость и пластичность
 - низкая стоимость
 - большие площади
 - производство с использованием печатных технологий
 - широкий спектр контролируемых свойств
- Низкая стабильность во внешней среде
 - требует инкапсуляции
 - низкая эффективность (малые подвижности носителей зарядов)

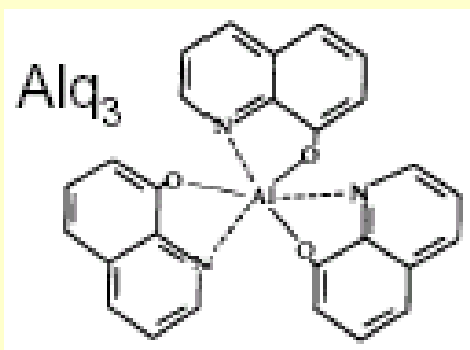
Органические электролюминесцентные материалы и устройства (светодиоды и дисплеи)

Принцип работы органических светоизлучающих диодов (ОСИД)

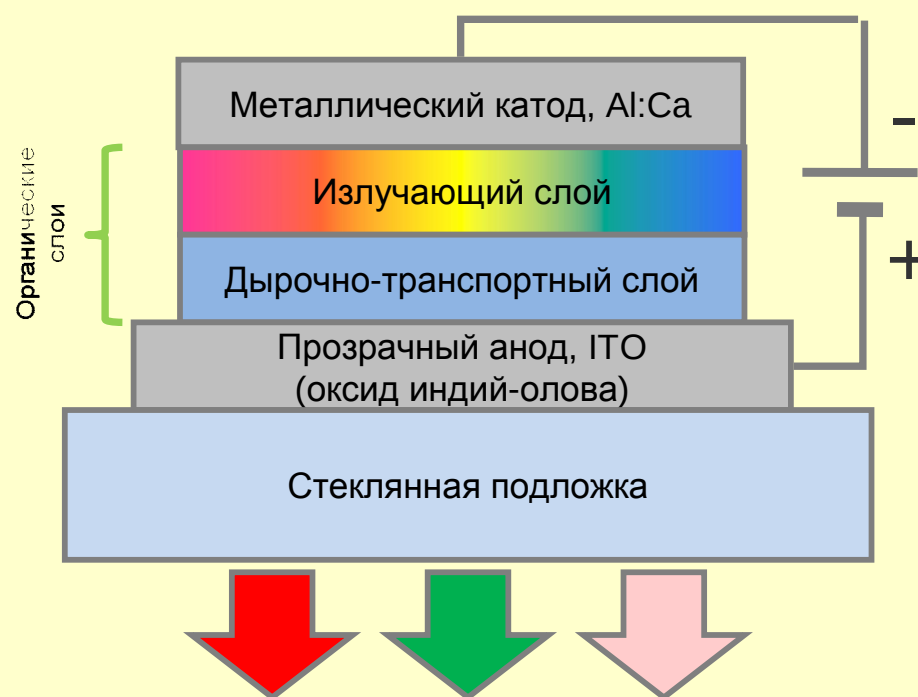
Органический дырочно-транспортный слой TPD



Органический излучающий электролюминесцентный слой

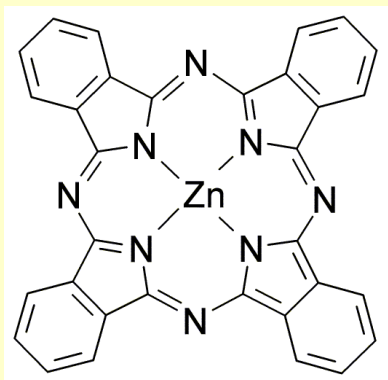


Alq₃ (зеленый)

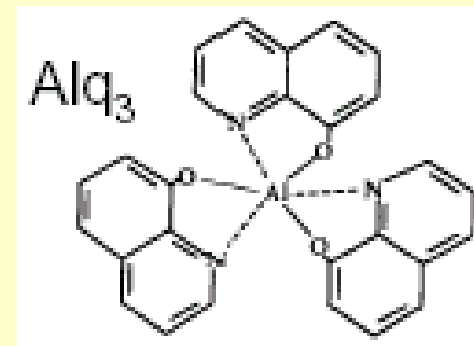
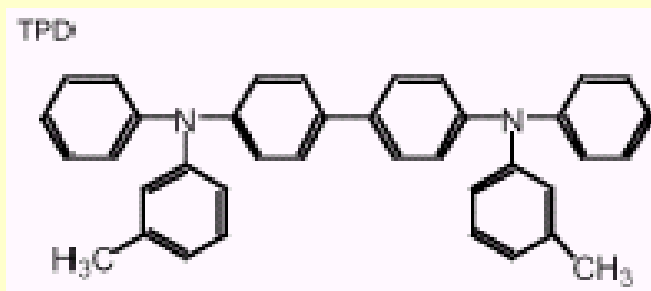


Органические соединения

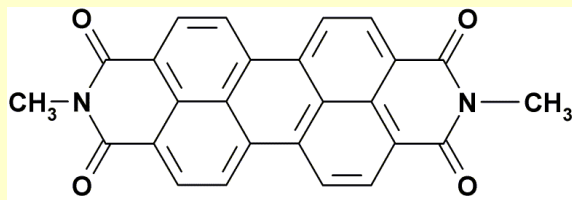
“p-типа”



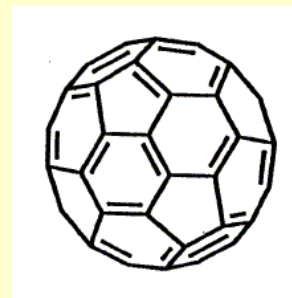
ZnPc



“n-типа”



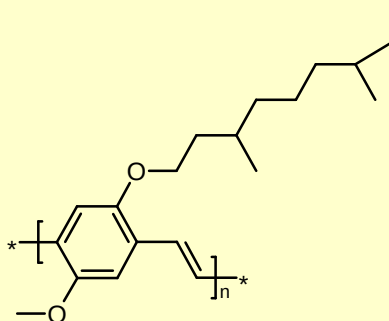
Me-Ptcdi



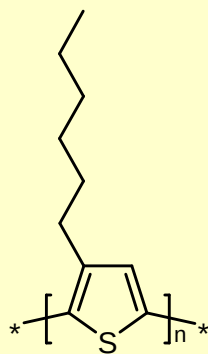
C₆₀

Сопряженные полимеры

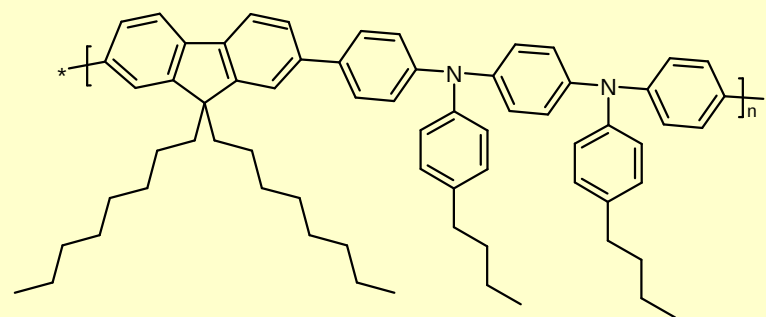
сопряженные полимеры “*p*-типа”



MDMO-PPV

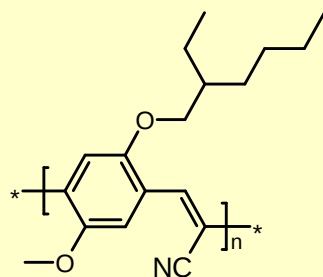


P3HT

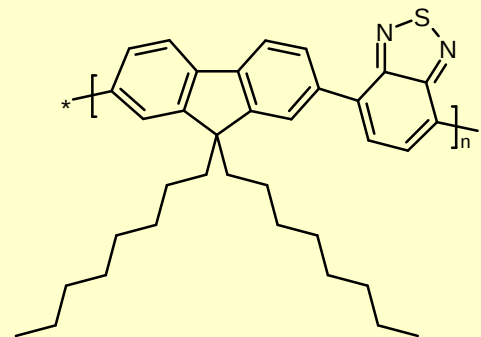


PFB

сопряженные полимеры “*n*-типа”



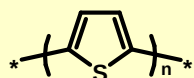
CN-MEH-PPV



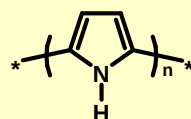
F8BT

Сопряженные полимеры в качестве полупроводников

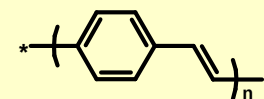
Поли tioфен
(PT)



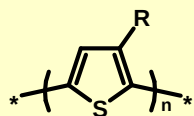
Полипиррол
(PPy)



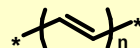
Полипарафенилен
винилен
(PPV)



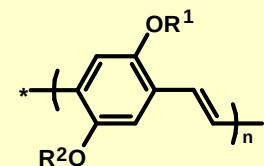
Поли(3-алкил)
тиофен
(P3AT)



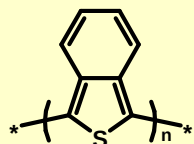
Полиацетилен
(CH)_x



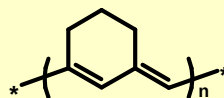
Поли(2,5-диалкокси)
парафенилен
винилен
(напр. MEN-PPV)



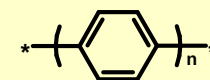
Полиизотианафтен
(PITN)



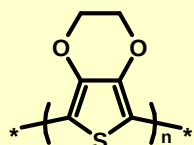
Полигептадиин
(PHT)



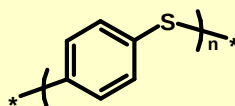
Полипарафенилен
(PPP)



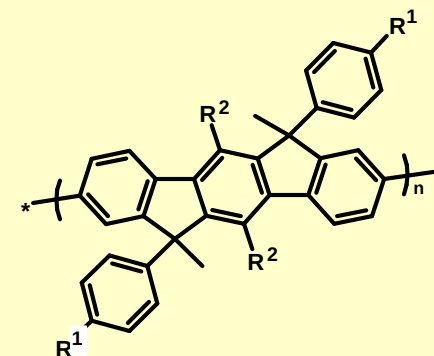
Полиэтилен
диокситиофен
(PEDOT)



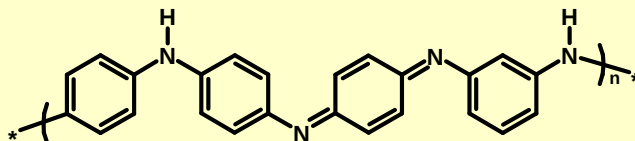
Полипарафенилен
сульфид
(PPS)



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



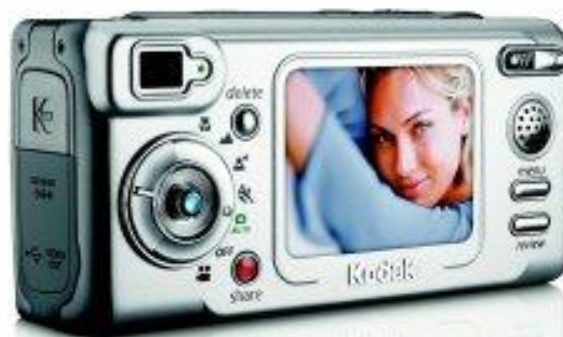
полноцветные



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° C)

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

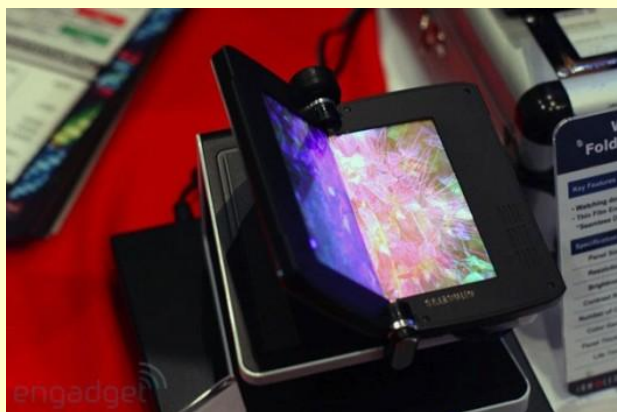


55-дюймовые OLED-телевизоры LG, толщина 4.3 мм

Электронная бумага !



Производство электроники с гибкими дисплеями

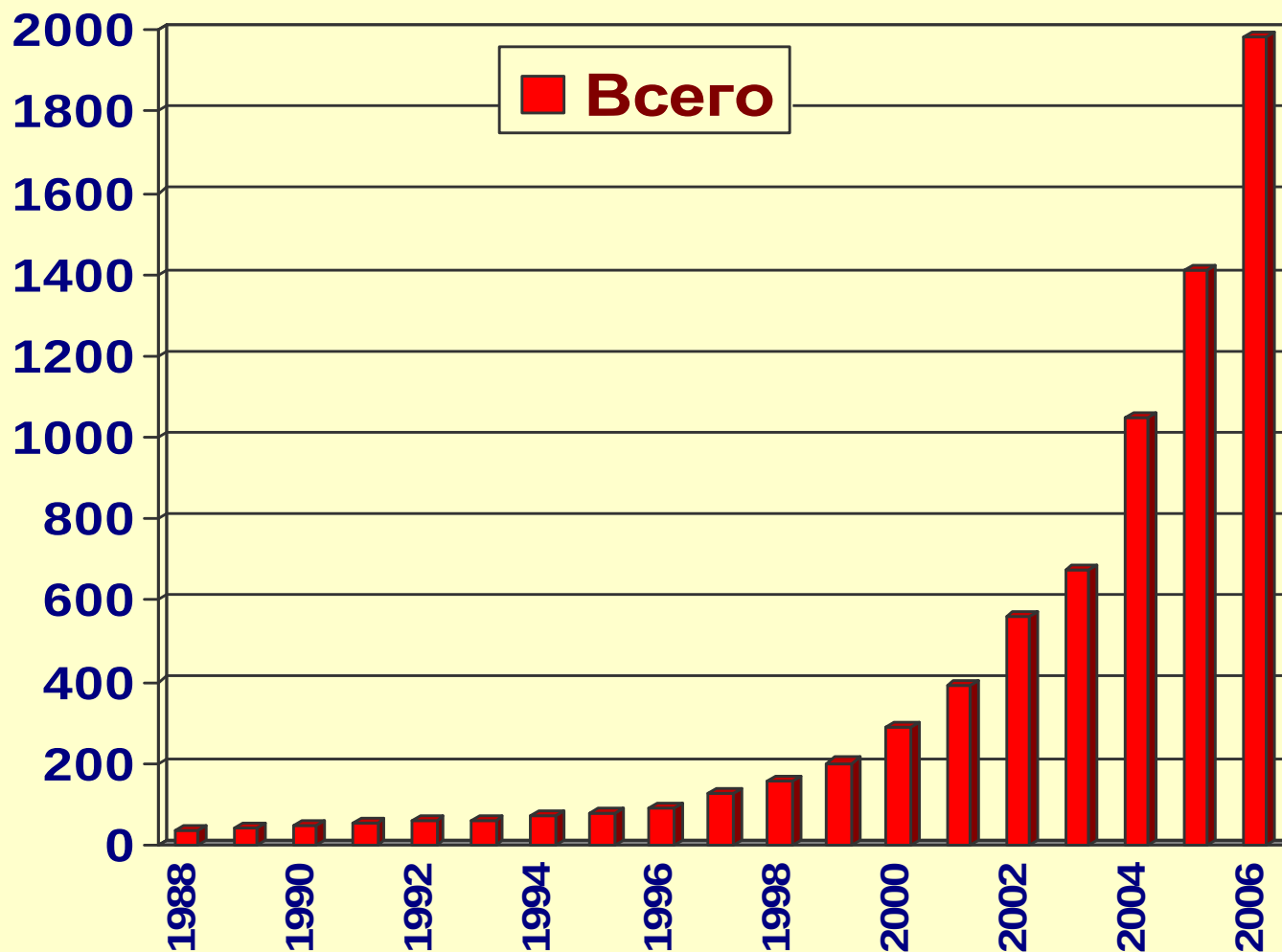


Осветительные системы на основе ОСИД

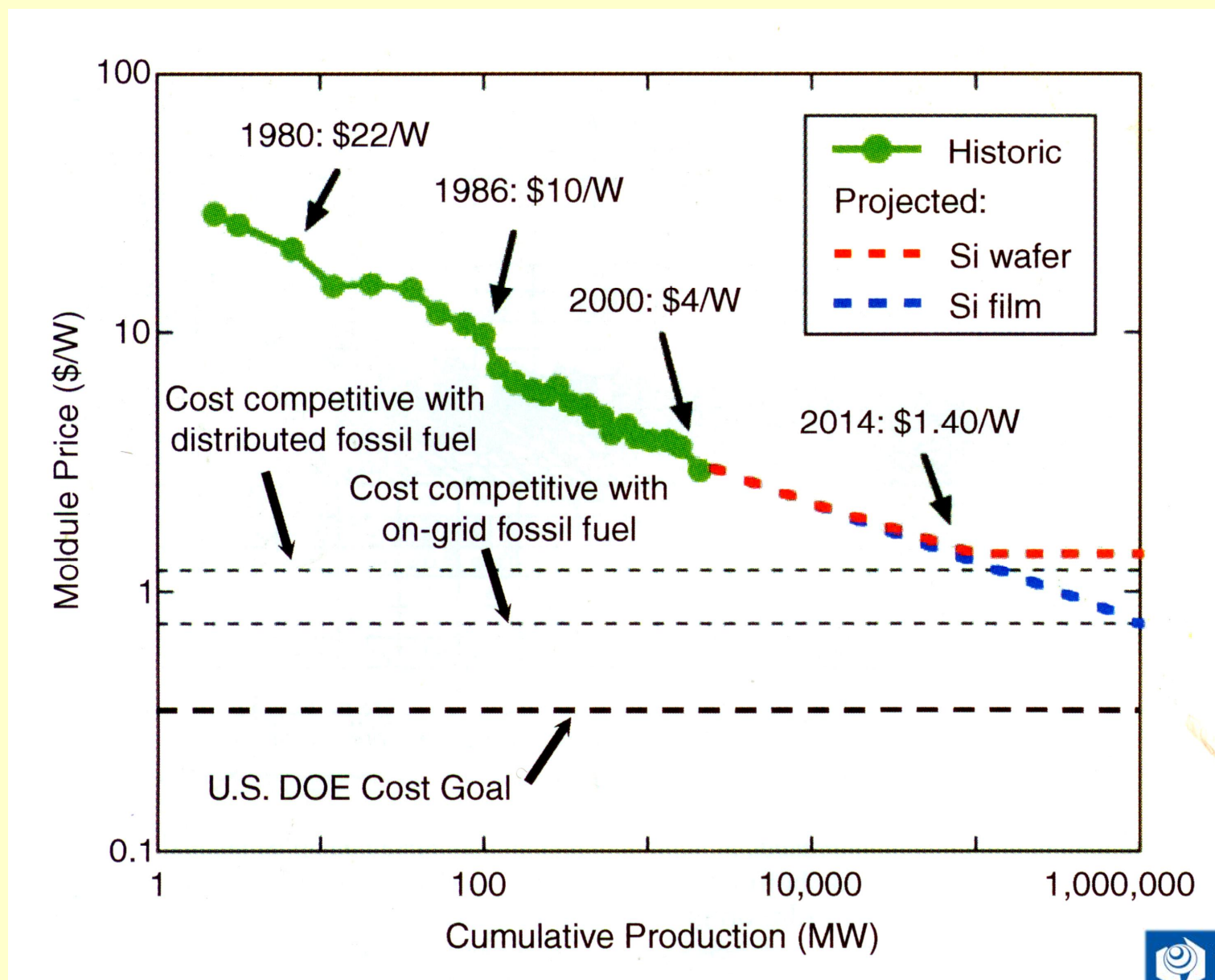


Органические солнечные батареи

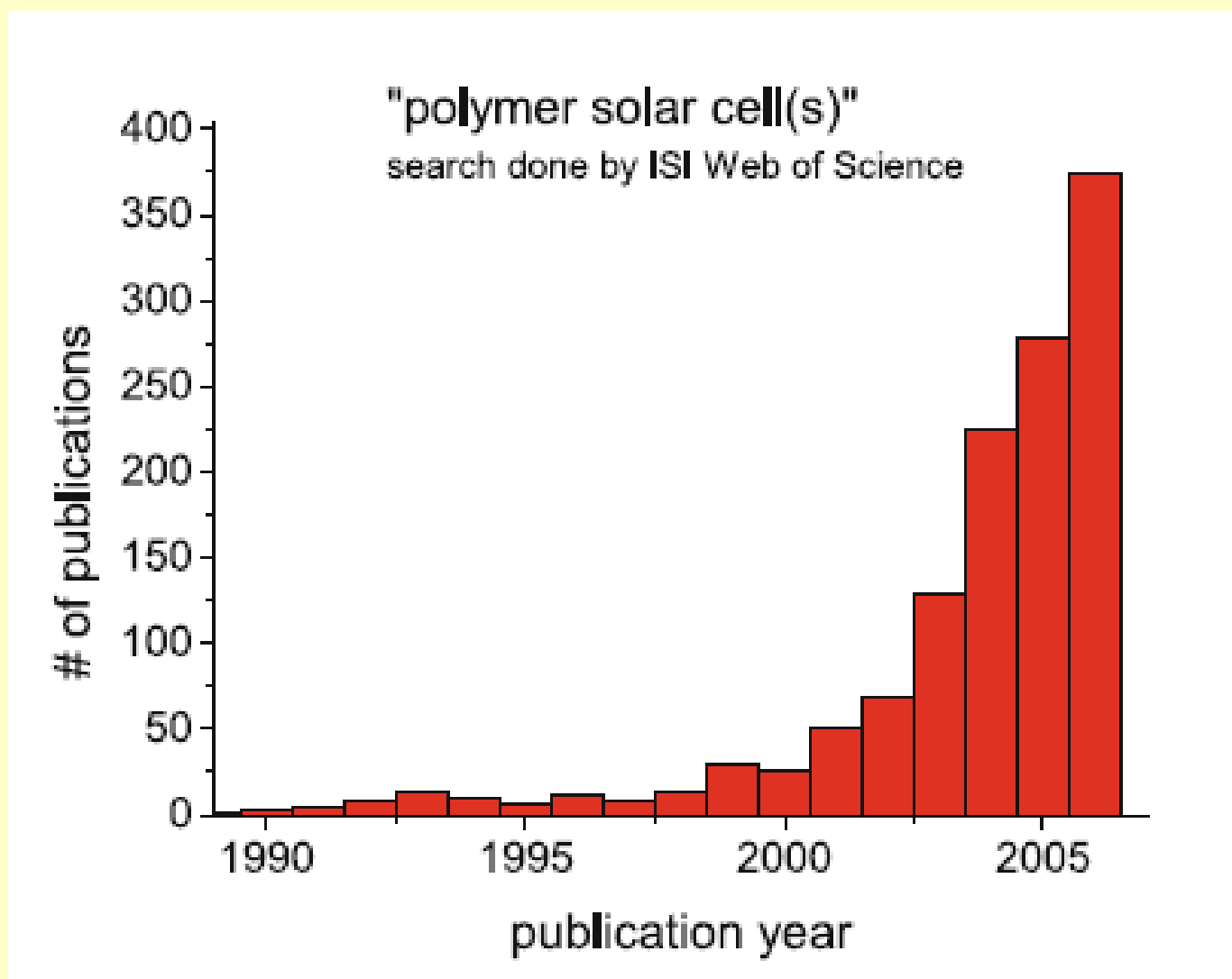
*Производство солнечных батарей (МВт),
общий объем потребления и коммерческого использования*



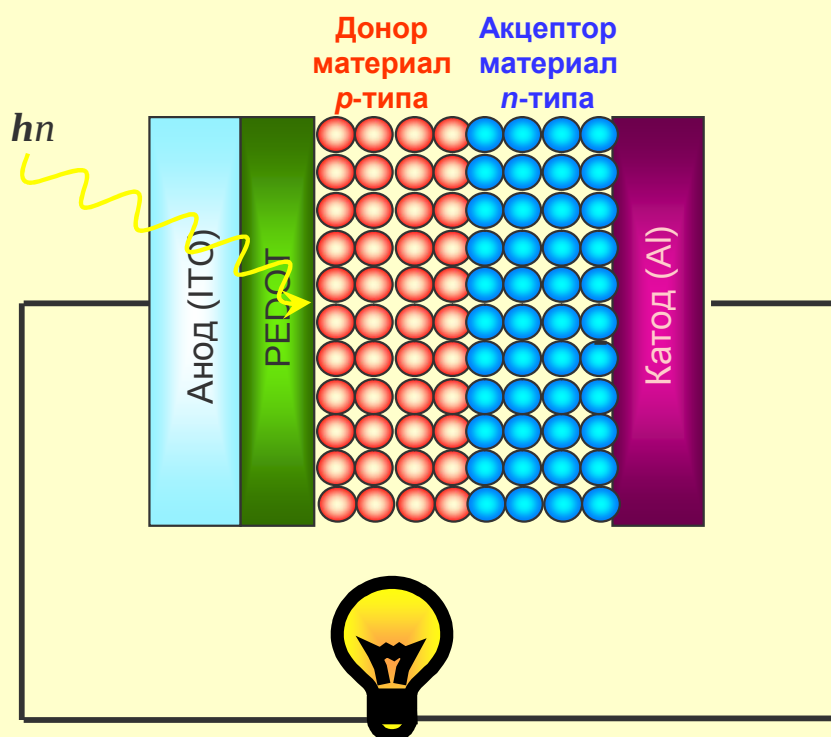
Конкурентоспособность кремниевых солнечных батарей



Рост числа публикаций по органическим солнечным батареям



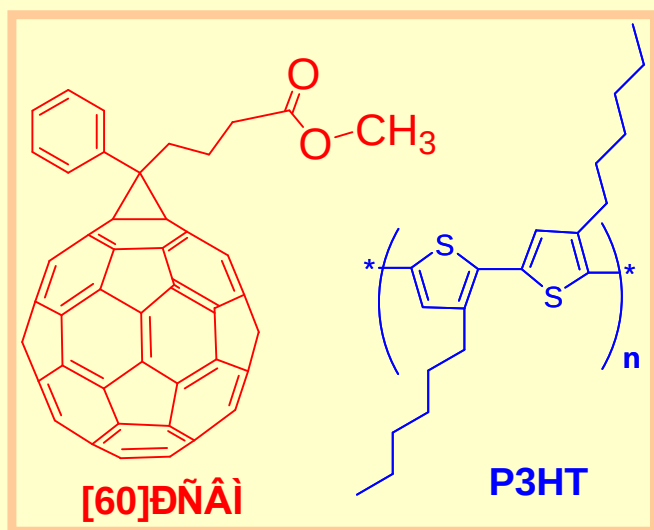
Принцип работы органических солнечных батарей



Результаты для различных комбинаций материалов

Система	η , %
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

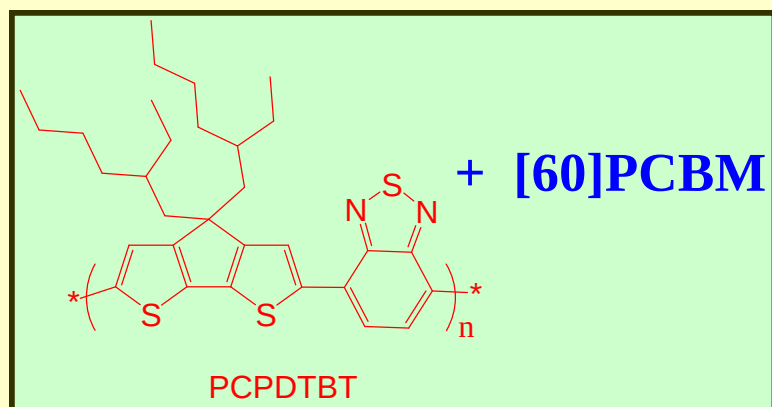
Система P3HT-[60]PCBM



$\eta \sim 5.0\%$

$\eta = 3.5 - 4.0\%$

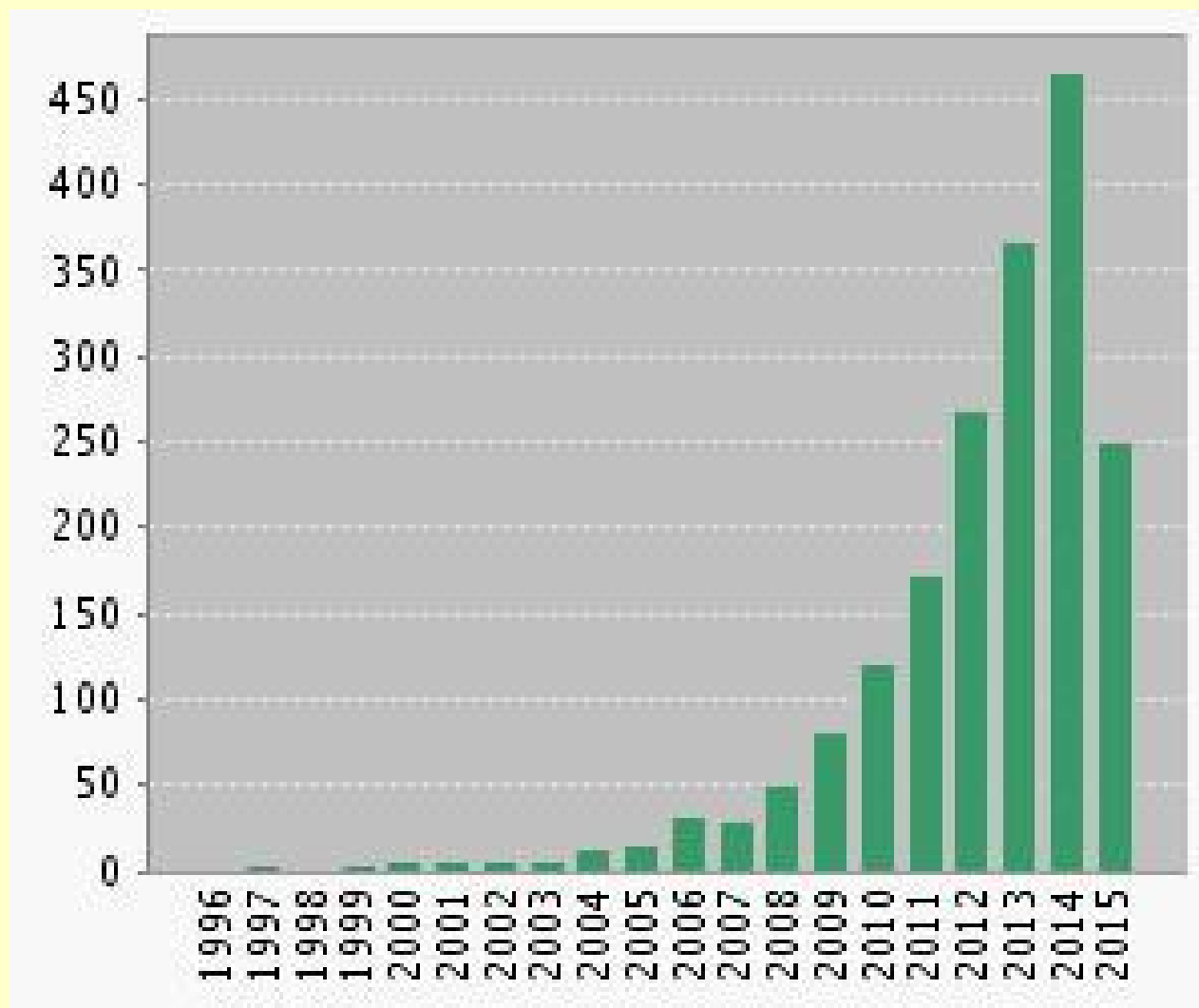
Тандемные батареи



P3HT+
[70]PCBM

$\eta = 6.5\%$

Рост числа публикаций по теме «small molecule solar cell»



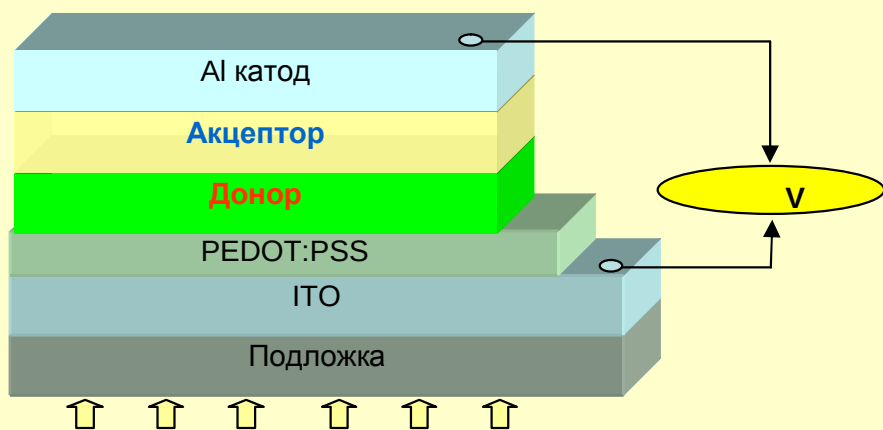
Органические солнечные батареи



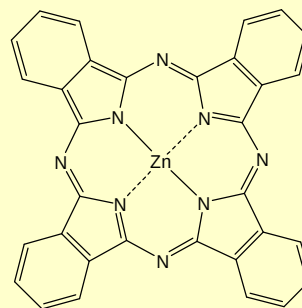
Часть фасада конференц-центра, оснащенного гибридными солнечными батареями. Швейцария

Органические фотодетекторы

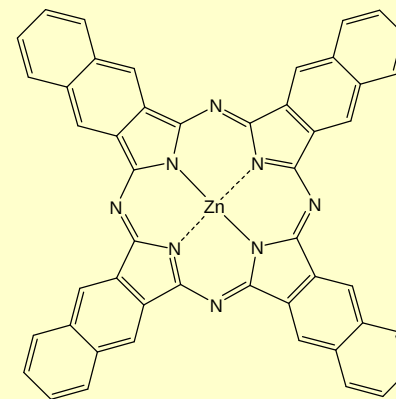
Принцип работы фотодетекторов



Электронодонорные материалы

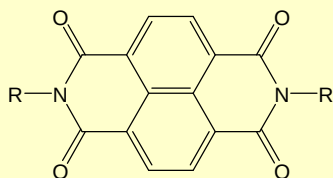


ZnPc

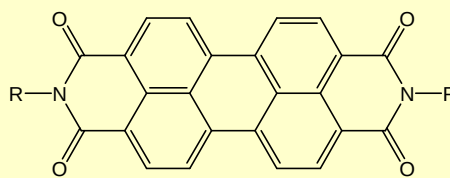


ZnNc

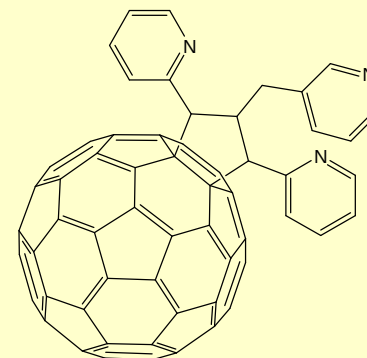
Электроноакцепторные материалы (разработки ИПХФ РАН)



NDI



PDI



PyF

Органические фотодетекторы встраиваются в охранные системы, оптические сенсоры.

Органические оптические сенсоры

Органические оптические сенсоры

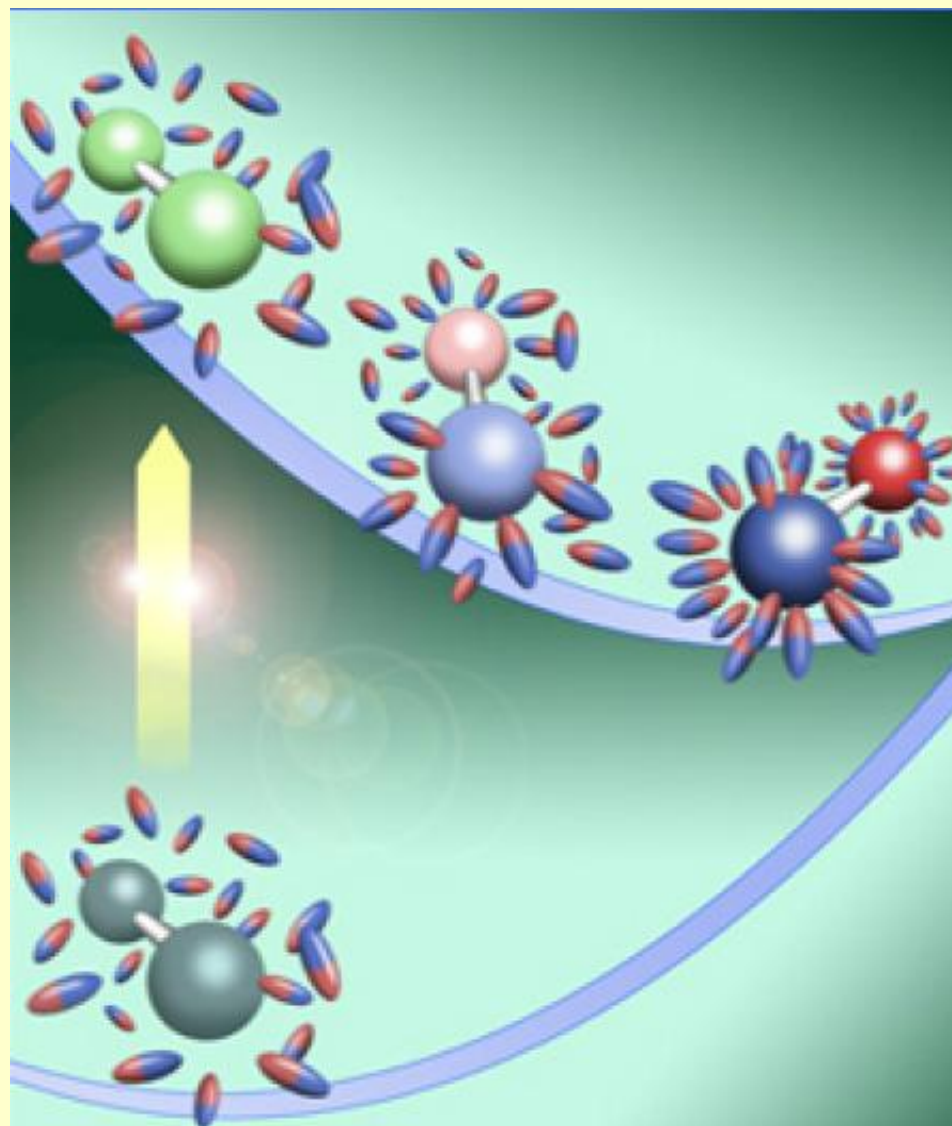
Потенциальные области применения:

Аналиты:

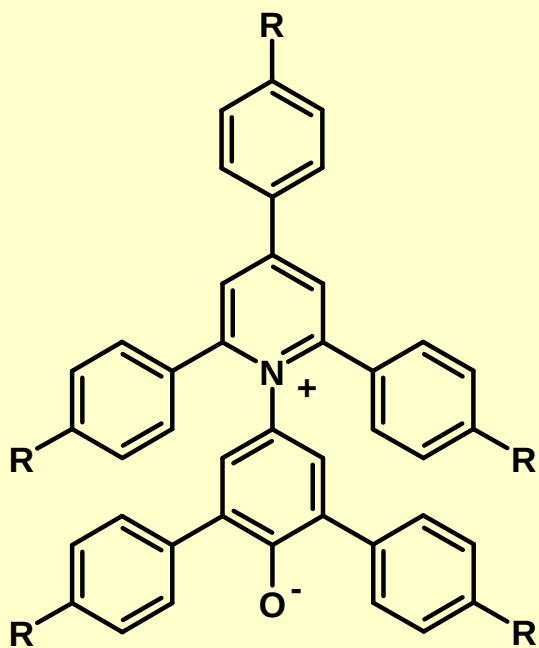
- Медицинская диагностика
- Контроль качества воздуха в жилых помещениях
- Контроль качества пищевых продуктов
- “Умная” упаковка
- Детектирование взрывчатых веществ
- Контроль качества воды и биологических жидкостей
- Летучие органические соединения (толуол, бензол, ацетон, формальдегид и др.)
- Галогенпроизводные и аммиак
- Нитросоединения (ТНТ и др.)
- Нелетучие органические соединения и ионы металлов

Сольватохромные красители для оптических хемосенсоров

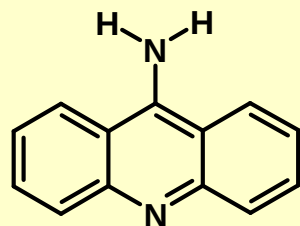
*Для обнаружения паров
полярных и неполярных веществ
в оптических хемосенсорах
используются сольватохромные
красители.*



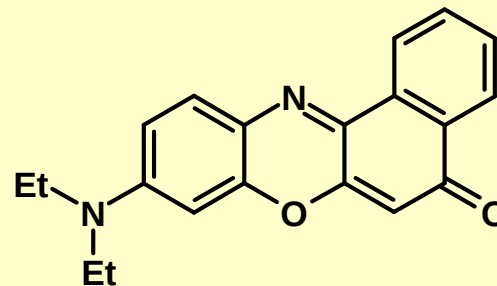
Сольватохромные красители



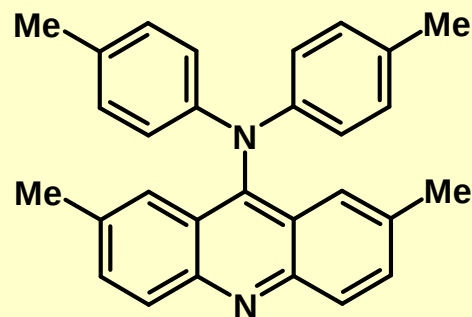
Сольватохромный
краситель Рейхардта
($\Delta\lambda = 350$ нм)



9-Аминоакридин (9-AA)



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



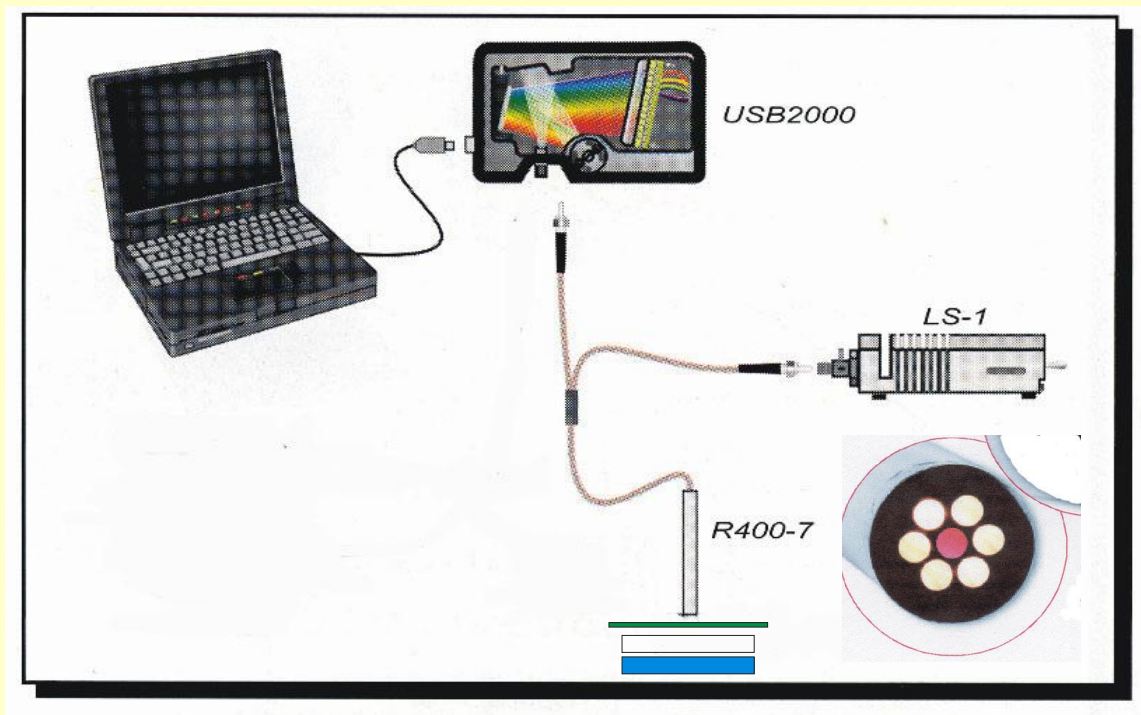
9-DTAA

Люминесцентный хемочип

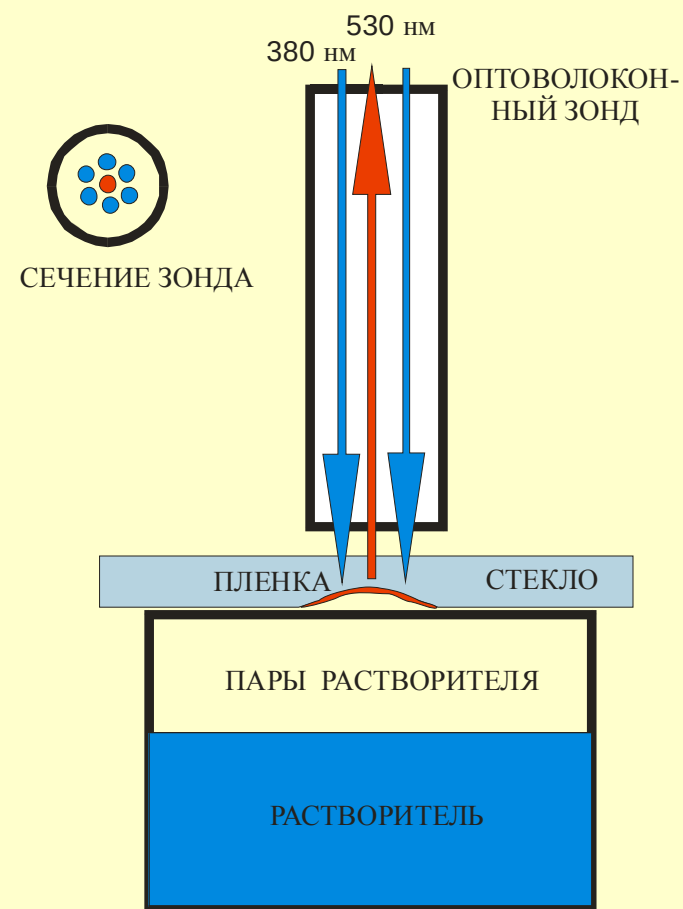


AffymetrixGMS 417 Arrayed

Схема регистрации флуоресценции пленок

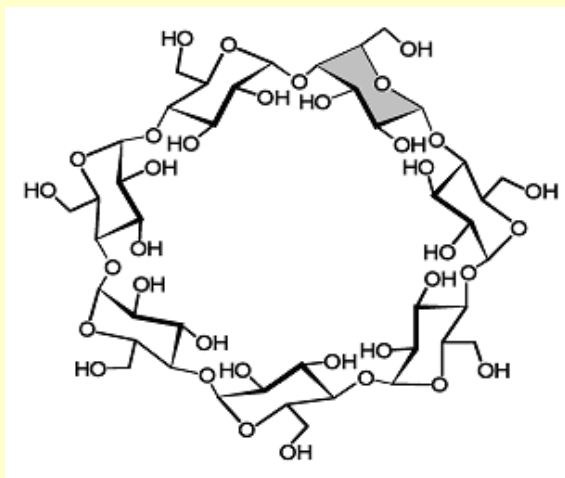


Оптоволоконный спектрофлуориметр Ocean Optics



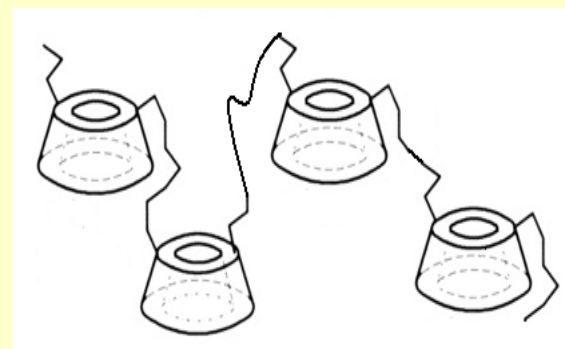
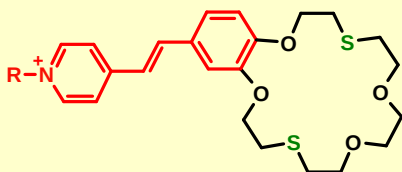
Оптические молекулярные сенсоры

Циклодекстрины на нелетучие органические соединения



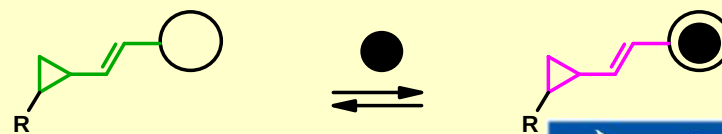
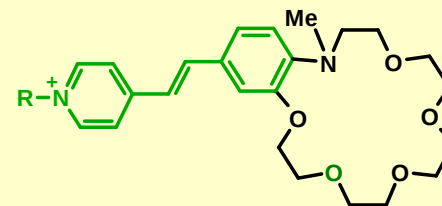
β -ЦД

Краунсодержащие стирильные красители
на ионы Ag^+ , Hg^{2+}



Сополимер- β -ЦД и эпихлоргидрина

Азакраунсодержащие стирильные красители
на ионы Ca^{2+} , Sr^{2+} , 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

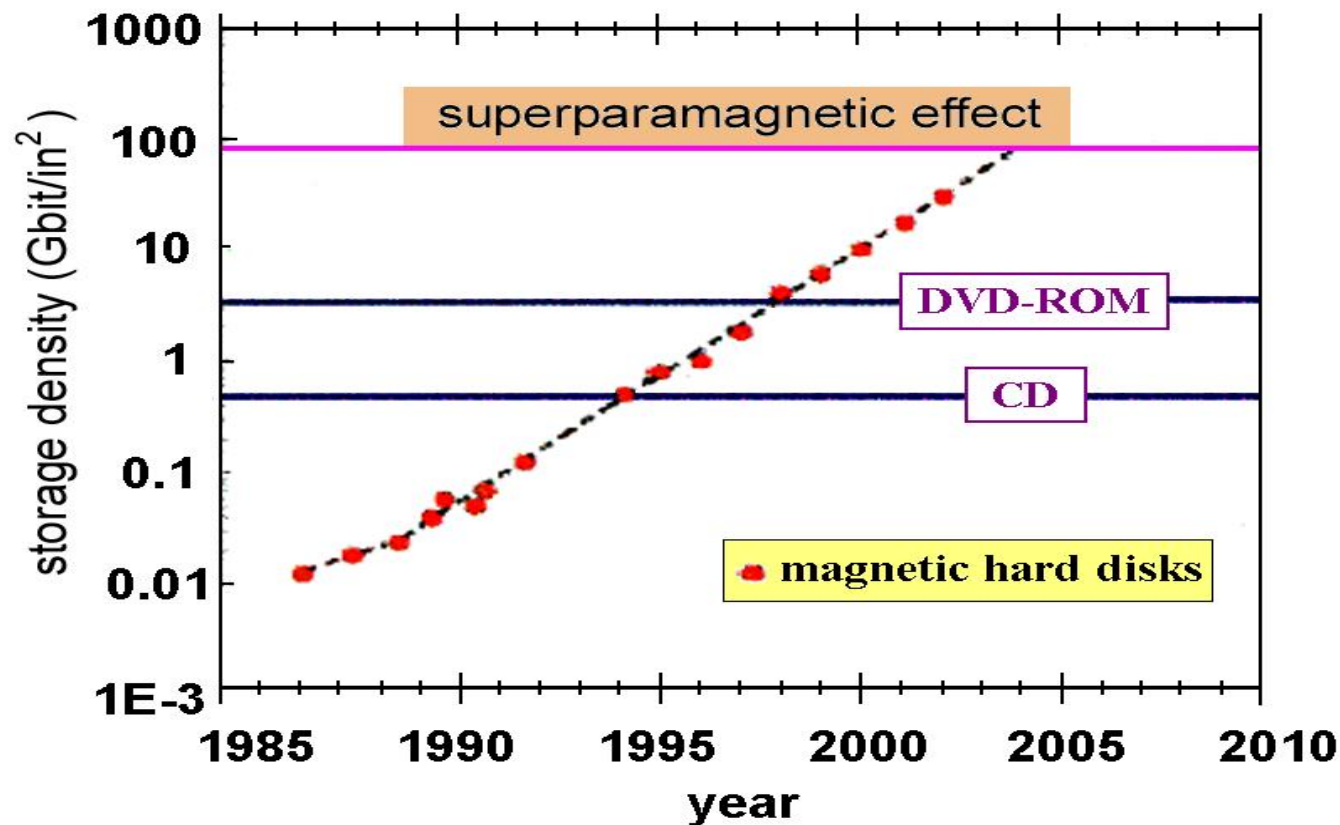
Может распознать различные газы, входящие в состав человеческого дыхания - CO_2 , NO_x , NH_3 и определить удельный вес каждого из них. Это позволяет распознать астму, диабет, рак легких, гастрит, определить количество алкогольных паров в дыхании человека.

Оптические запоминающие устройства

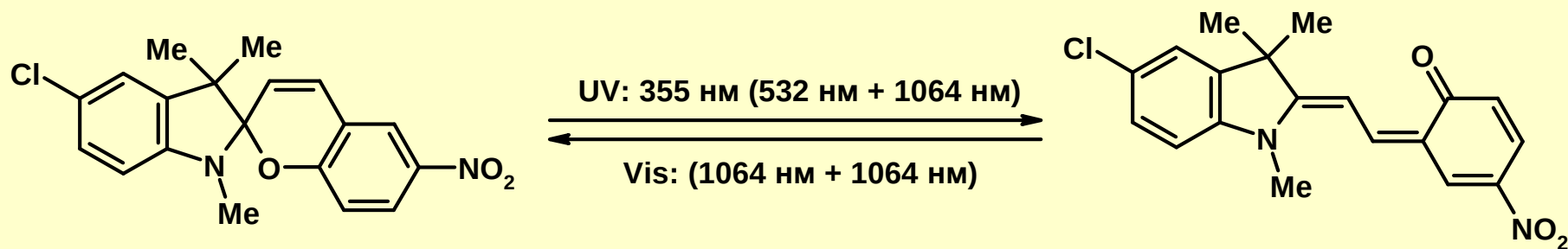
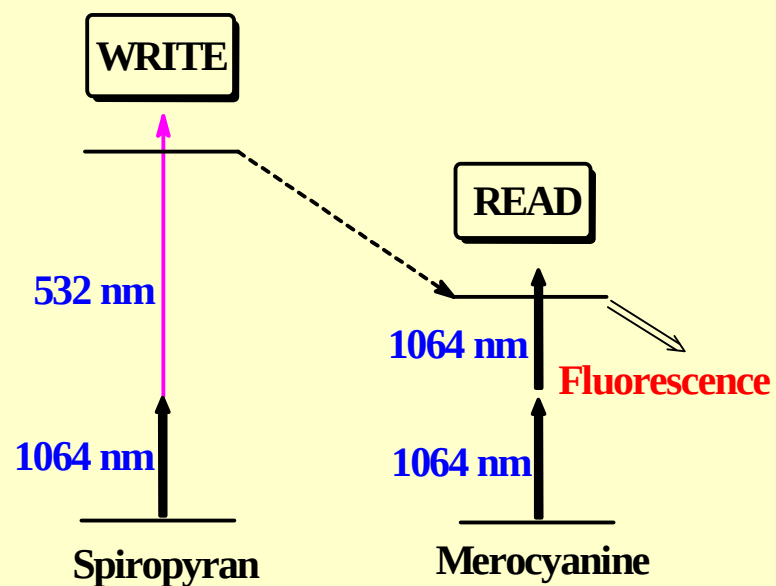
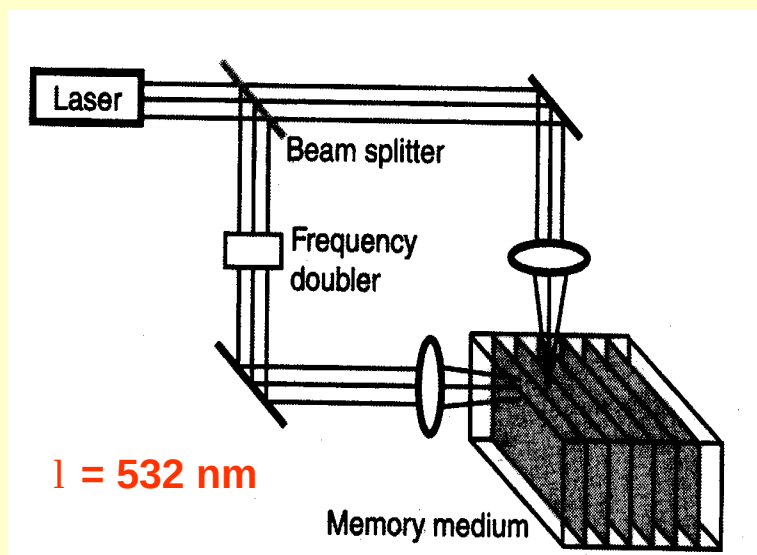
Плотность магнитной памяти приближается к пределу

Magnetic Data Storage

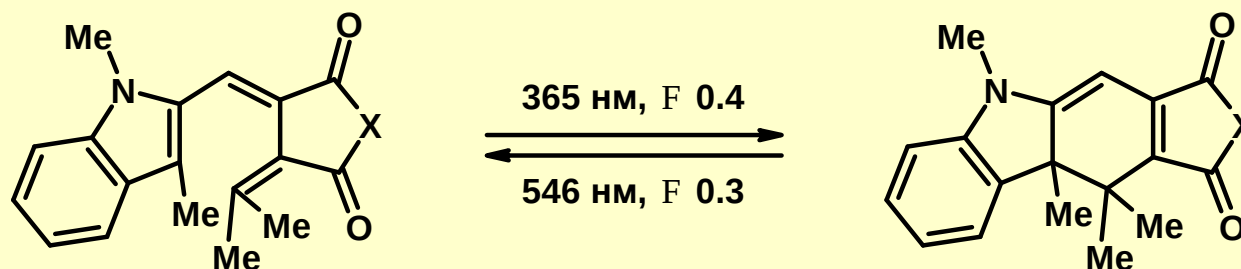
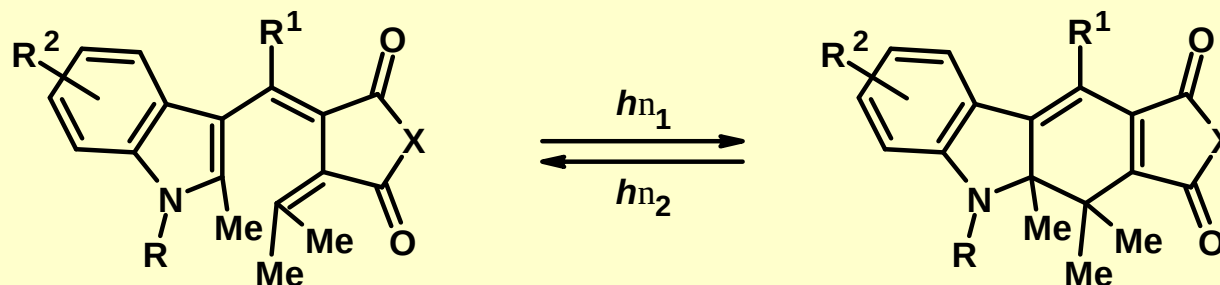
The storage density will reach the limit soon



Двухфотонные 3D оптические диски

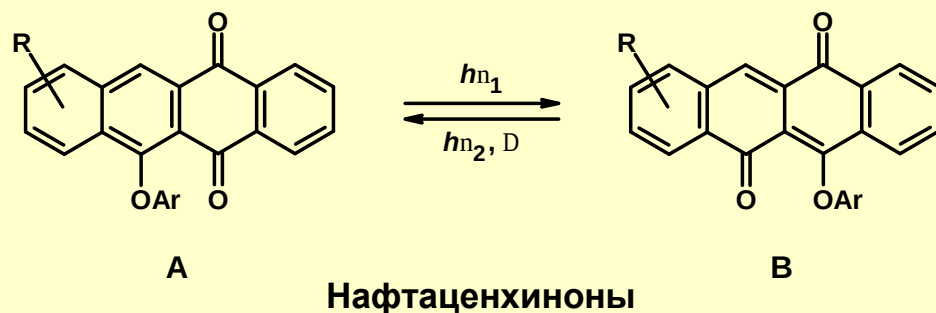
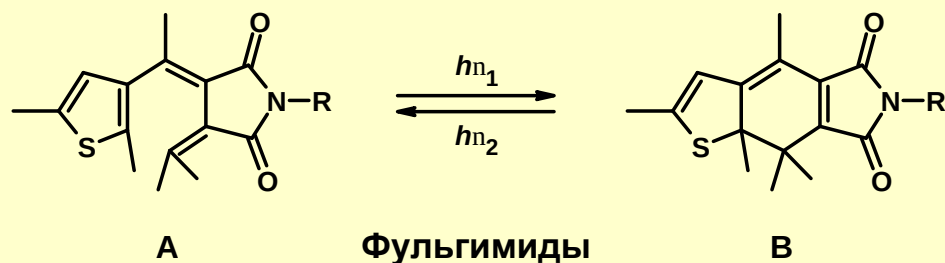


Индолилфульгиды и фульгимиды для 3D оптической памяти



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 !