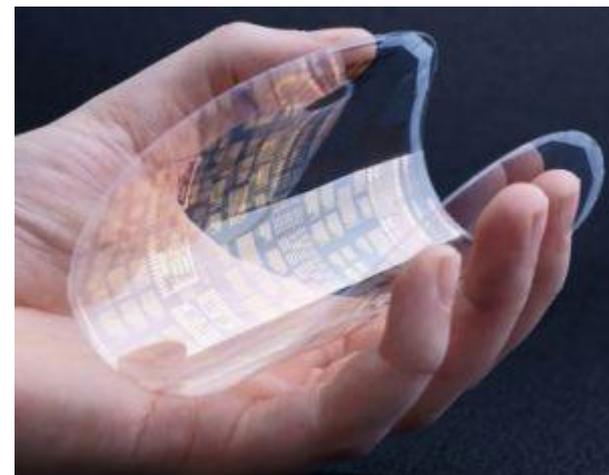


НАНОЭЛЕКТРОНИКА



5.

**Органическая (супрамолекулярная)
электроника**

Объяснение терминологии

Molecular electronics is the study and application of molecular building blocks for the fabrication of electronic components. It is an interdisciplinary area that spans physics, chemistry, and materials science.

Органическими **полупроводниками** называют вещества на основе углеродных молекул, которые имеют (или приобретают под влиянием внешних воздействий) электронную и/или дырочную проводимость и обладают характерной для полупроводников температурной зависимостью проводимости (увеличение проводимости при нагревании).

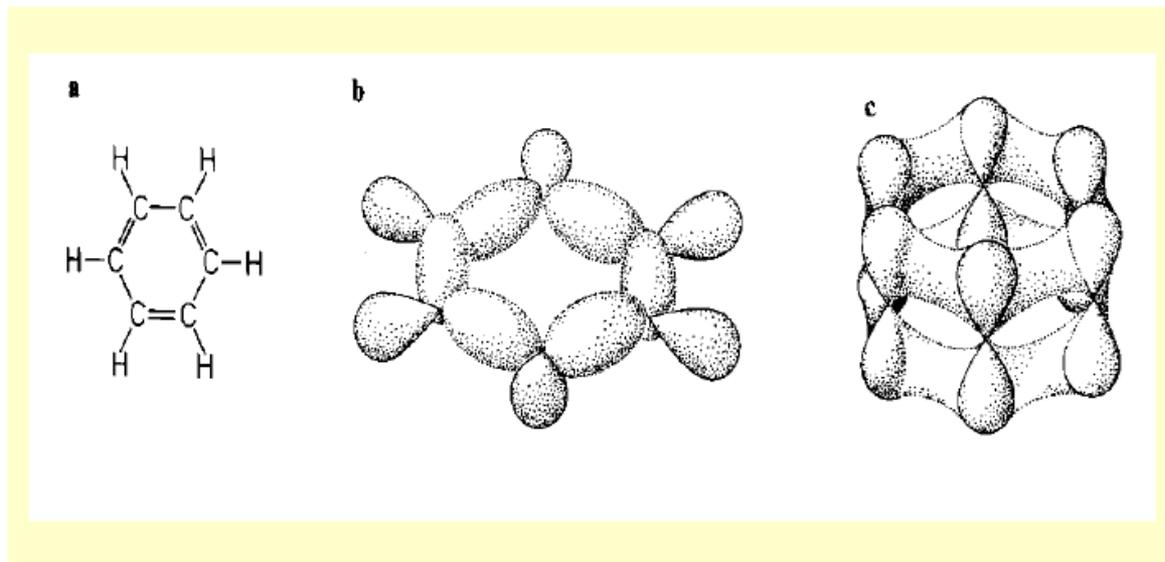
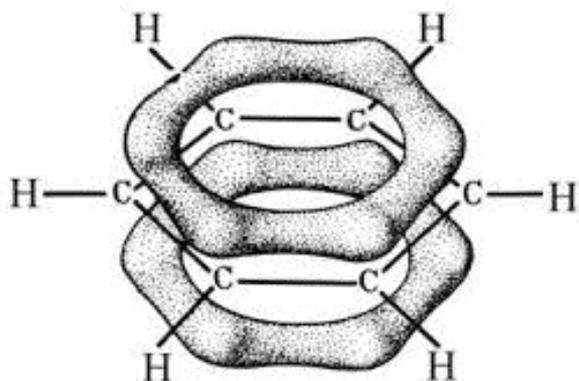
Органическими **проводниками** (синтетическими металлами) называют соединения углерода с элементами из набора H, N, S, Se, O, P, обладающие проводимостью более 1 См/см и характерной для металлов температурной зависимостью (увеличение проводимости при охлаждении).

Молекула, как образец очередного шага к миниатюризации электронных компонентов, представляет собой идеальную систему, состоящую из устойчивого набора атомов, движение электронов в которой задаётся квантово-химическими законами.

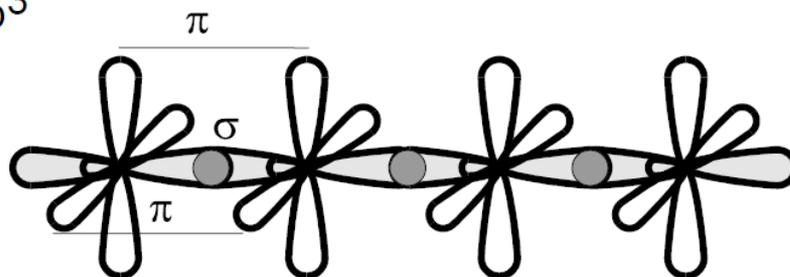
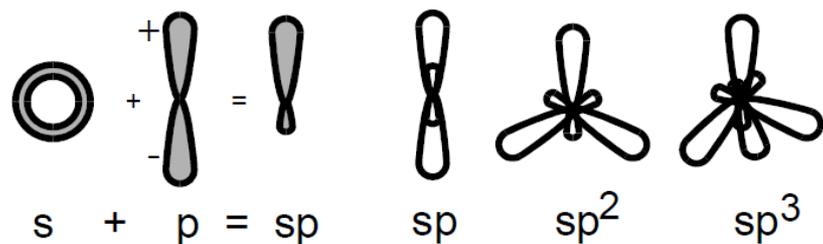
Примеры органических проводящих структур

1. Органические красители и пигменты (*хлорофилл, β-каротин*)
2. Ароматические соединения (*нафталин, антрацен, пирен, пентацен, индол*). Обычно это материалы высокой чистоты с совершенной решёткой молекулярного кристалла.
3. Полимеры с сопряжёнными связями (*полиэтилен*). Характерно сильное ковалентное перекрытие между мономерами и соседними молекулами. Содержат большое количество химических примесей, которые играют основную роль в процессах переноса зарядов.
4. Молекулярные комплексы (кристаллы) с переносом заряда (*тетратиофульвален*). Молекулы играют роль доноров или акцепторов (комплексы ароматических соединений с галогенами). Как вариант: ион-радикальные соли. Молекулярные кристаллы образованы молекулами, связанными ван-дер-ваальсовыми силами. Внутри молекул атомы соединены существенно более прочными ковалентными связями. Укладка молекул в МК осуществляется по принципу плотной упаковки.

Гибридизация атомных орбиталей – общие сведения



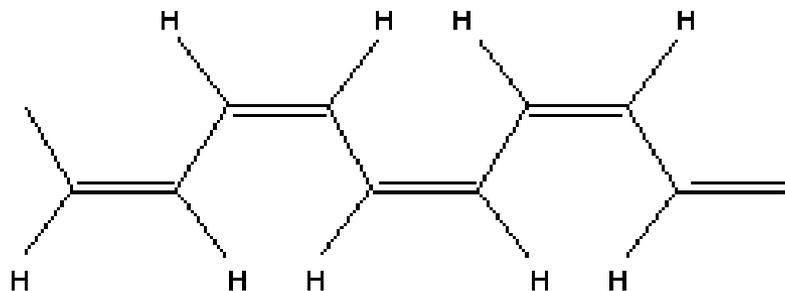
sp^2 - hybrid orbitals form σ -bonds
 p_z -orbitals form π -orbitals



Типичные свойства органических проводящих структур

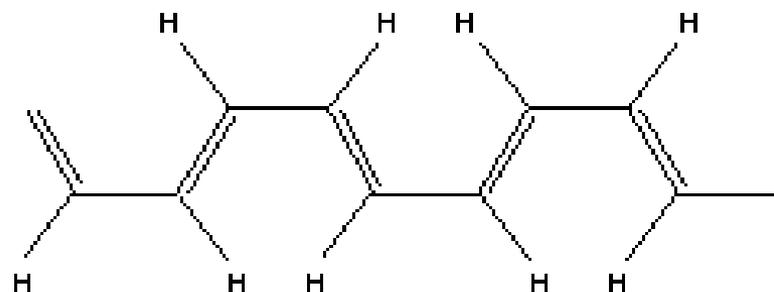
- 1) Зоны проводимости узки ($\sim 0,1$ эВ), подвижность носителей тока, как правило, мала (~ 1 см²/В·с).
- 2) Образование носителей тока под действием света связано с распадом экситонов на поверхности молекулярного кристалла, на дефектах его структуры, примесях, при взаимодействии экситонов друг с другом, а также с автоионизацией высоковозбуждённых молекул. На проводимость в молекулярных кристаллах, помимо наличия ловушек, оказывает влияние локальный структурный беспорядок.
- 3) Наряду с **зонным механизмом** электропроводности осуществляется **прыжковый механизм**. При умеренно низких температурах, когда доминируют прыжки между соседними состояниями, наблюдается зависимость $\ln \rho \sim T^{-1}$. С понижением температуры длина прыжка увеличивается и $\ln \rho \sim T^n, n < 1$. При перескоках электронов не происходит обмена энергией.

Полиацетилен – проводник с сопряжёнными связями



cis-transoid

150 °C

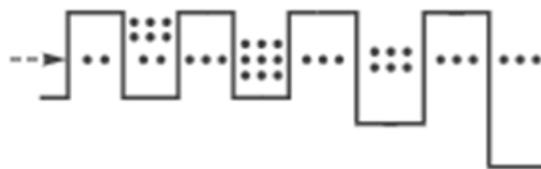


trans-cisoid

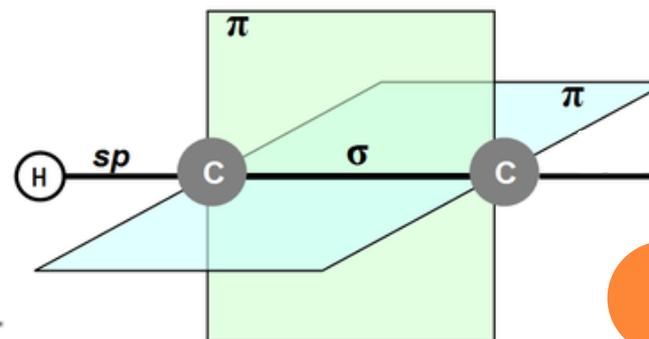
Полиацетилен $(\text{CH})_x$ – простейший органический полимер с сопряжёнными связями. Полимер можно получать в виде порошка, геля или плёнки. Легирование повышает проводимость материала на несколько порядков; при изменении концентрации легирующих примесей (p- и n-типа) общая проводимость полимерных плёнок непрерывно изменялась от значений, типичных для диэлектрика, до металла (может изменяться на 12 порядков). Плёнки полиацетилена имеют хорошо выраженную кристаллическую структуру (до 90% кристаллической фазы).



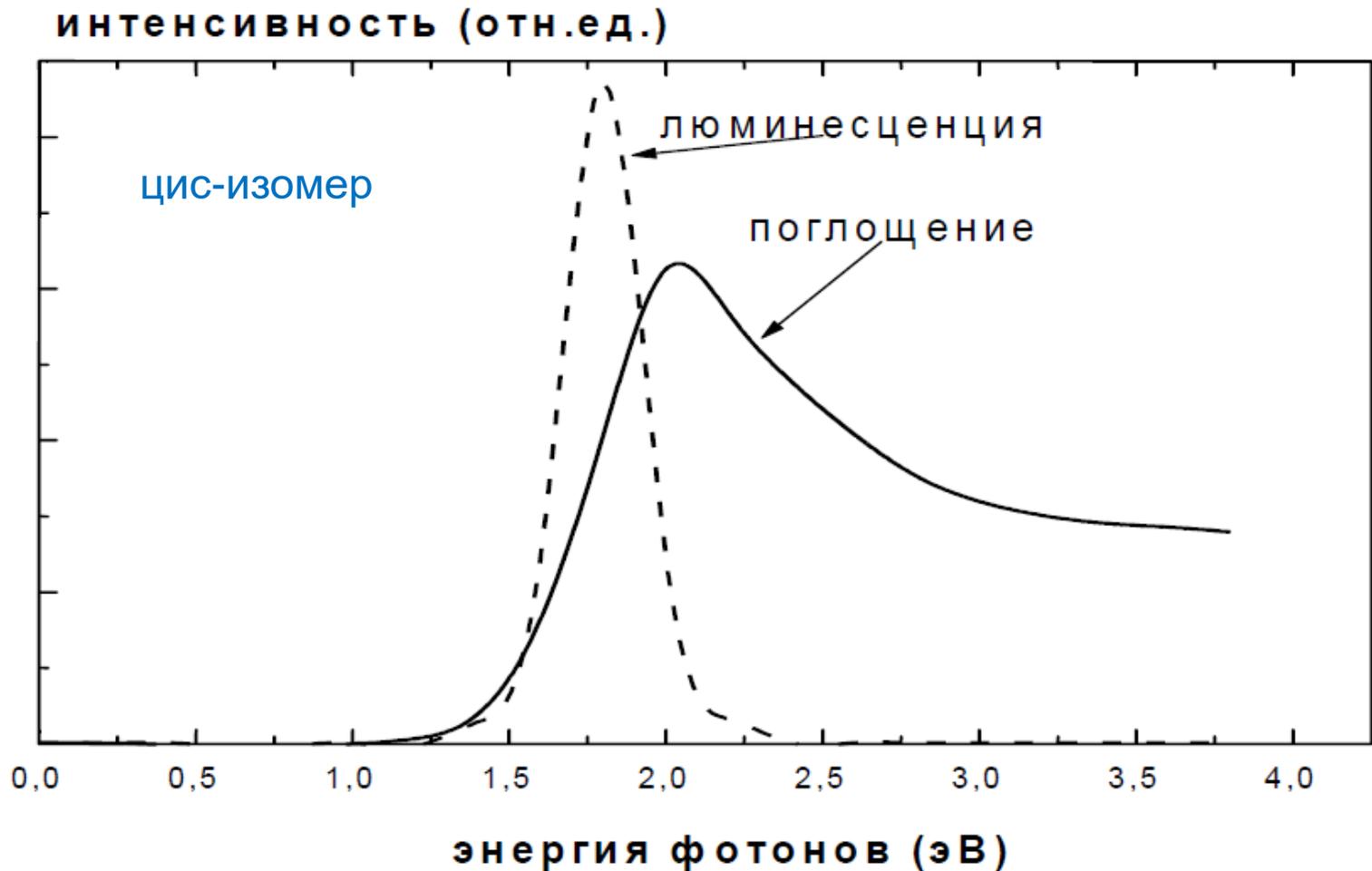
цис



транс



Полиацетилен – электрические и оптические свойства



Расчётная ширина запрещённой зоны ~ 1.4 эВ, что хорошо согласуется с величиной порога оптического поглощения. Пик поглощения имеет край $1,4$ эВ и максимум на $1,95$ эВ, что объясняют прямым межзонным переходом.

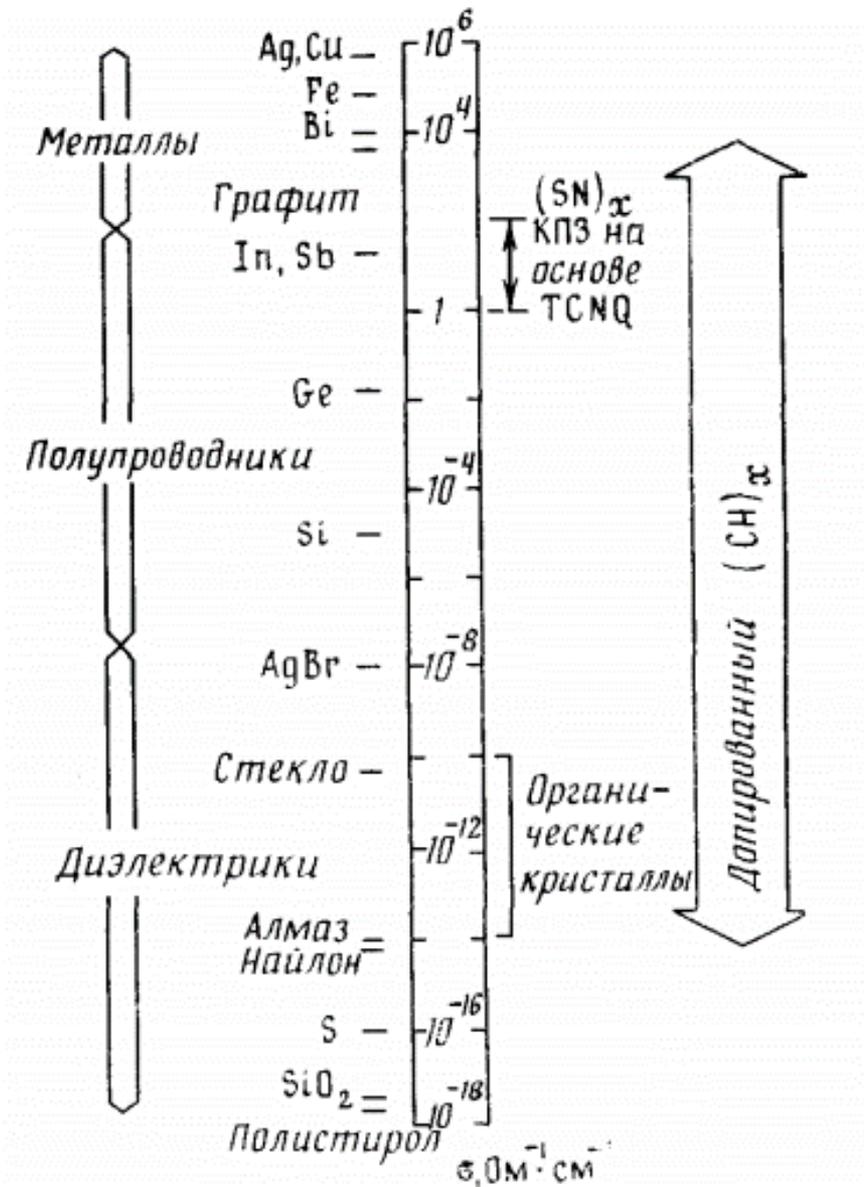
Полиацетилен – электрические и оптические свойства

После пребывания на воздухе в течение нескольких дней пленки становятся хрупкими и теряют свой характерный серебристый блеск. При этом понижаются степень кристалличности материала и его проводимость.

Практически невозможно получить полиацетилен с собственной проводимостью. Легирование вызывает очень сильные изменения кристаллической структуры и приводит к резким изменениям в оптических спектрах поглощения полиацетилена.

<i>Цис-изомер</i>	<i>Транс-изомер</i>
сильная люминесценция (максимум при 1.9 эВ)	Люминесценция отсутствует
Фотопроводимость и электропроводность крайне малы (собств. полупроводник)	Фотопроводимость при энергиях фотонов ≥ 1 эВ.
	Высокая электропроводность (металл)

Удельная проводимость полиацетилена



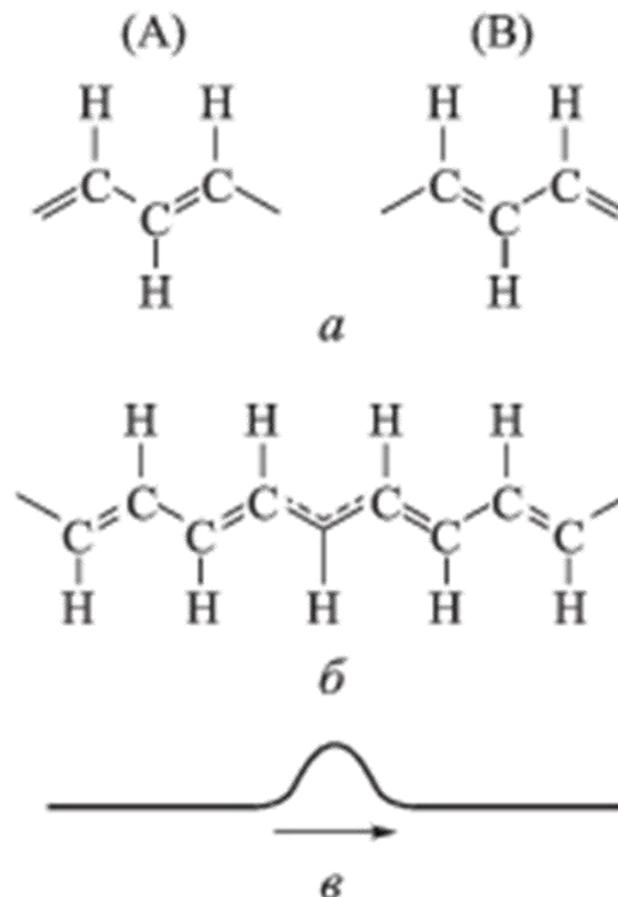
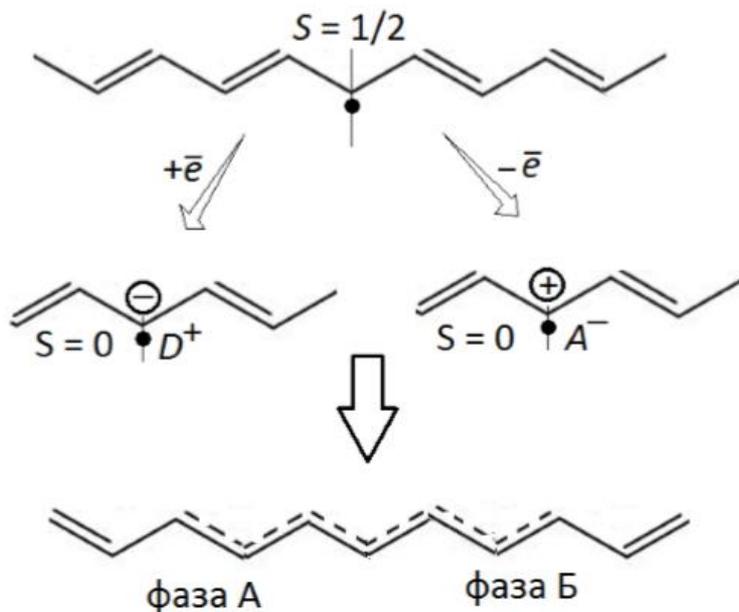
Удельная электропроводность сильно зависит от типа и концентрации легирующей примеси.

Образующиеся в результате допирования электрон или дырка через некоторое характерное время переходят в локализованное состояние с образованием солитона.

Допанты: иод, мышьяк, хлор, бром, калий, натрий и др.

Полиацетилен – солитонный механизм проводимости

Солитон — структурно устойчивая уединённая волна, распространяющаяся в нелинейной среде.



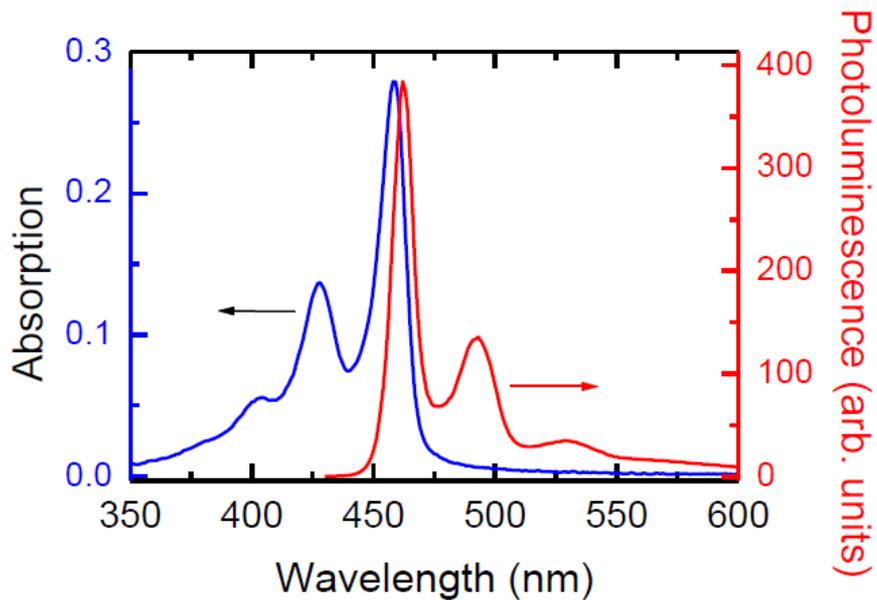
Солитон в полимерной цепочке можно рассматривать как топологический дефект, делокализованный в пределах нескольких связей таким образом, что фаза А постепенно переходит в фаза Б. *Заряженные* солитоны образуются в результате захвата электронов либо дырок от *примесных* атомов нейтральным солитоном.

Полиацетилен – применение

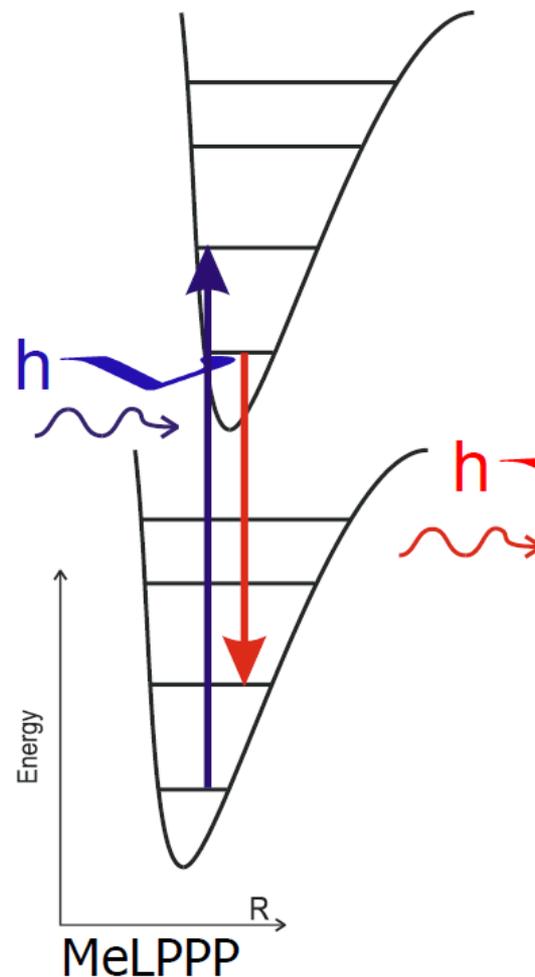
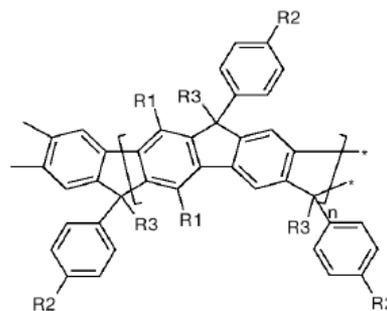
- 1) В качестве полупроводникового элемента органических преобразователей солнечной энергии. Абсолютный квантовый выход, т. е. отношение тока короткого замыкания к потоку фотонов, достигал 10% для энергии фотонов $\sim 1,95$ эВ.
- 2) Создание устройств хранения информации с записью с помощью солитонов («трёхмерная память»).
- 3) Антистатик.

Общие проблемы: Проводящие полимеры имеют низкую растворимость в органических растворителях, что снижает их технологичность. Кроме того, заряженная органическая полимерная цепочка часто бывает неустойчива к атмосферной влаге. По сравнению с металлами органические проводники являются дорогими, требующими многоступенчатого синтеза.

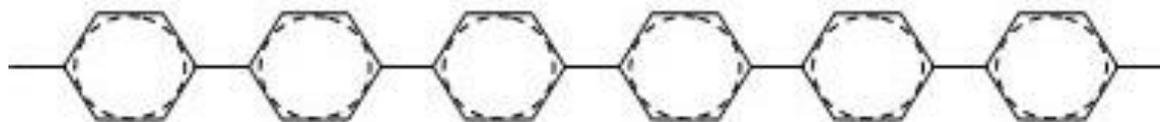
...и не только полиацетилен



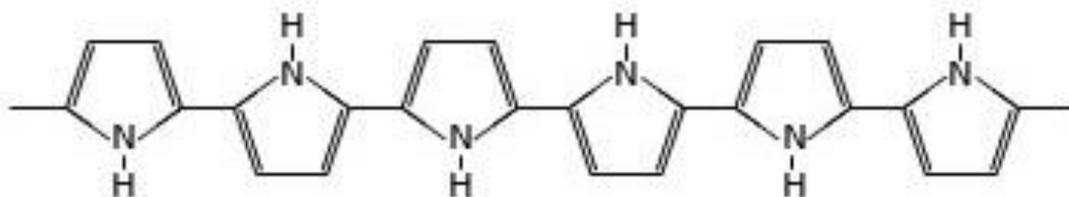
- spectrally broad emission bands
- similar to dyes



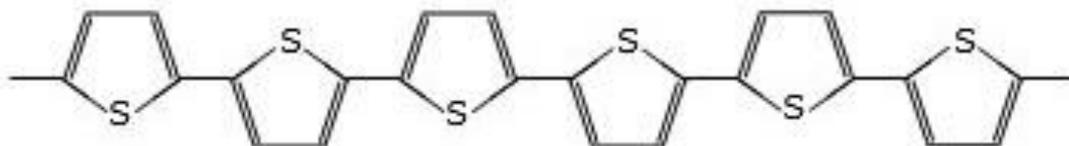
Другие проводящие органические полимеры



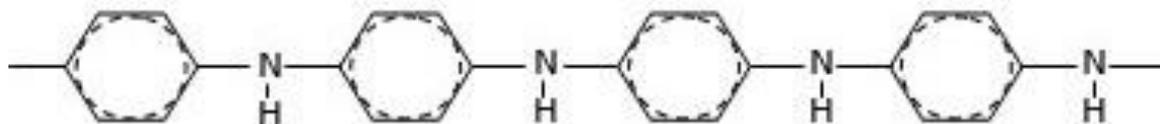
полифенилен



полипирол



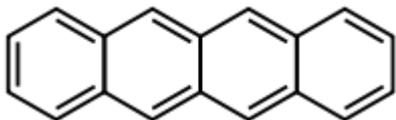
политиофен



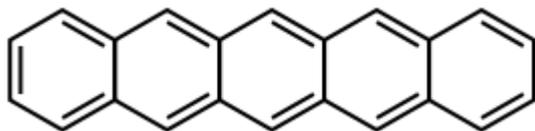
полианилин

Полупроводящие органические структуры

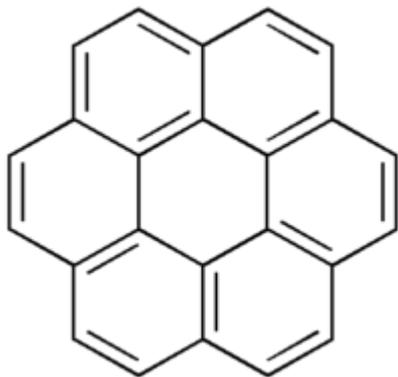
Тетрацен $C_{18}H_{12}$ – полупроводник оранжевого цвета с $E_g = 2,8$ эВ.



Пентацен $C_{22}H_{14}$ полупроводник фиолетового цвета, $E_g = 2,2$ эВ.



Коронен $C_{24}H_{12}$



Ширина запрещенной зоны полиароматических соединений снижается при увеличении количества ароматических колец, в ряде случаев эта зависимость описывается уравнением:

$$E_g \approx 2\gamma M^{-1/2} = 2\gamma(a/L_a)$$

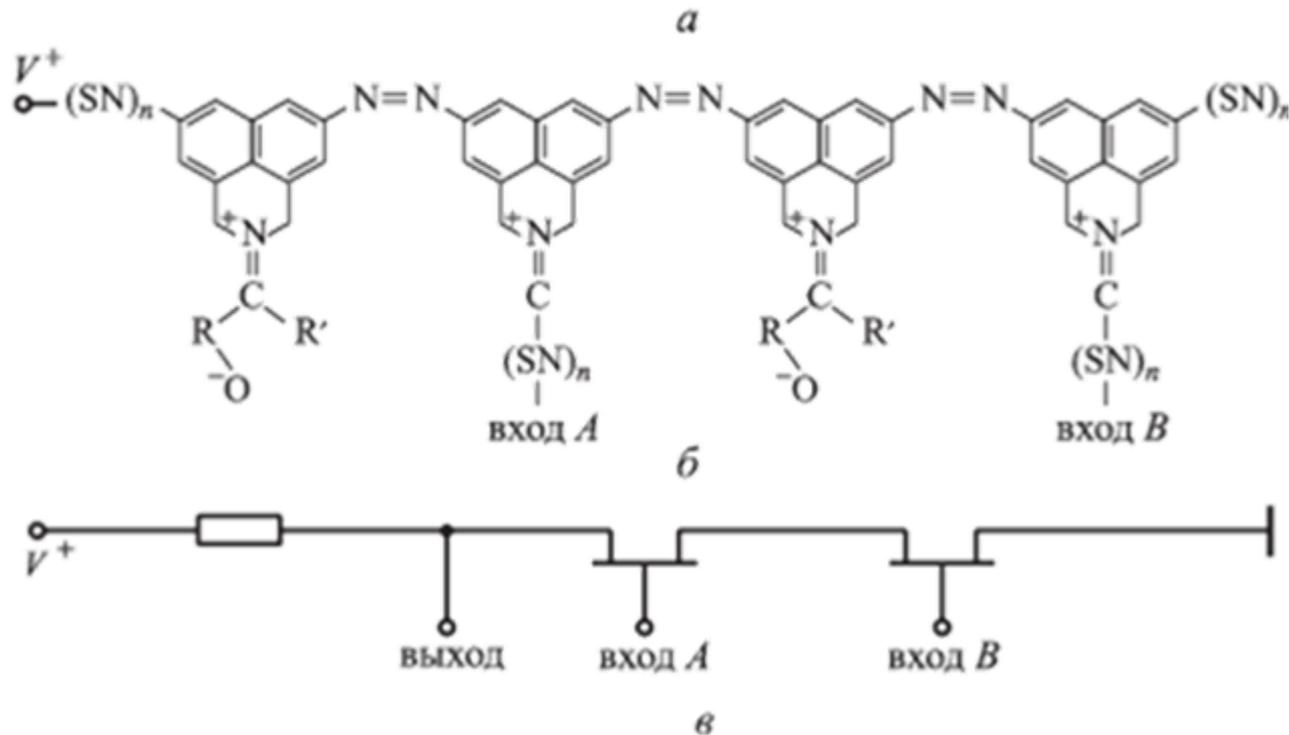
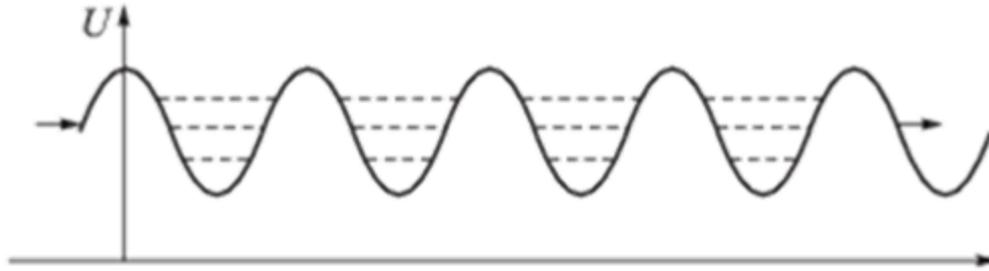
Прыжковый механизм переноса заряда

Изучение температурной зависимости проводимости большинства органических полупроводников показало, что её можно описать феноменологическим уравнением

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$$

Использование зонной модели или модели локализованных состояний зависит от степени перекрытия орбиталей соседних молекул. При малом перекрытии удобно использовать модель локализованных состояний, а при большом перекрывании применима зонная теория. В моделях локализованных состояний каждый перескок электрона не зависит от предыдущих перескоков. Таким образом, процесс последовательных прыжков можно считать полностью случайным. В зонной теории, наоборот, рассматривается коллективное движение (когерентный перенос заряда).

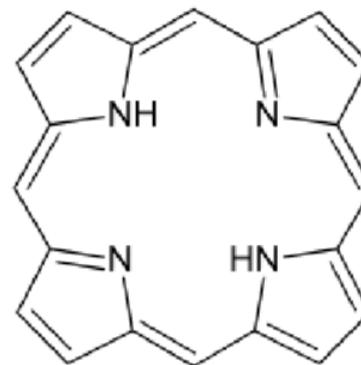
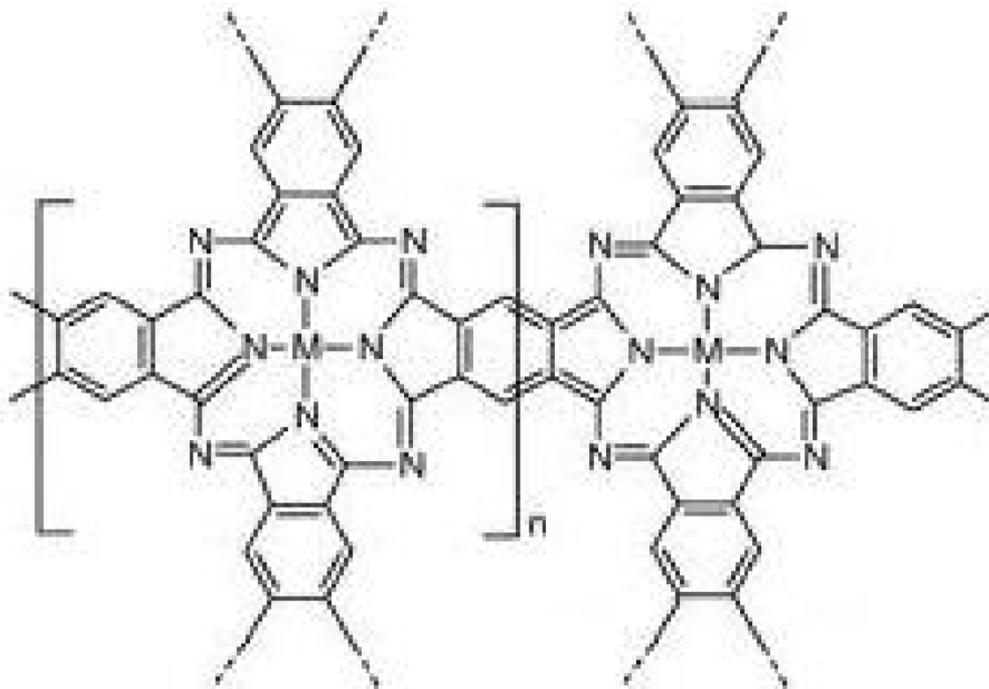
Молекулярные структуры электронной логики



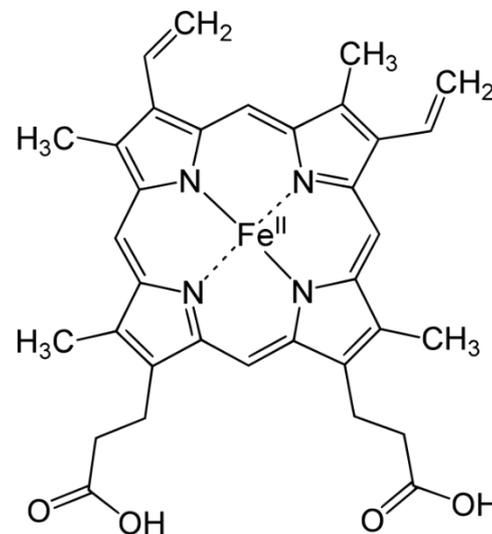
Структура молекулярного элемента логики И-НЕ, основанная на принципе резонансного туннелирования
а) система потенциальных ям; б) молекулярная структура;
в) электрическая схема элемента

Полупроводниковые металлоорганические комплексы

Металлоорганические комплексы — низкомолекулярные вещества, молекула которых содержит в центре атом металла, например, *фталоцианин меди*. Эти материалы часто обладают способностью к полимеризации.

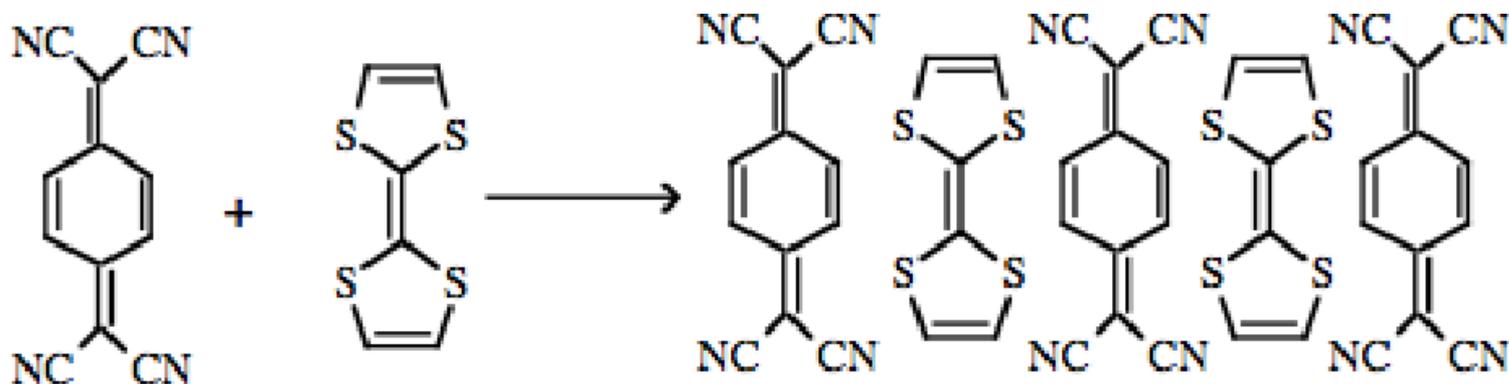


Молекулярные структуры на основе фталоцианинов и их аналогов находят применение при создании тонкопленочных транзисторов, полупроводниковых сенсоров, фотопреобразователей и др. полупроводниковых устройств.



Молекулярные комплексы с переносом заряда

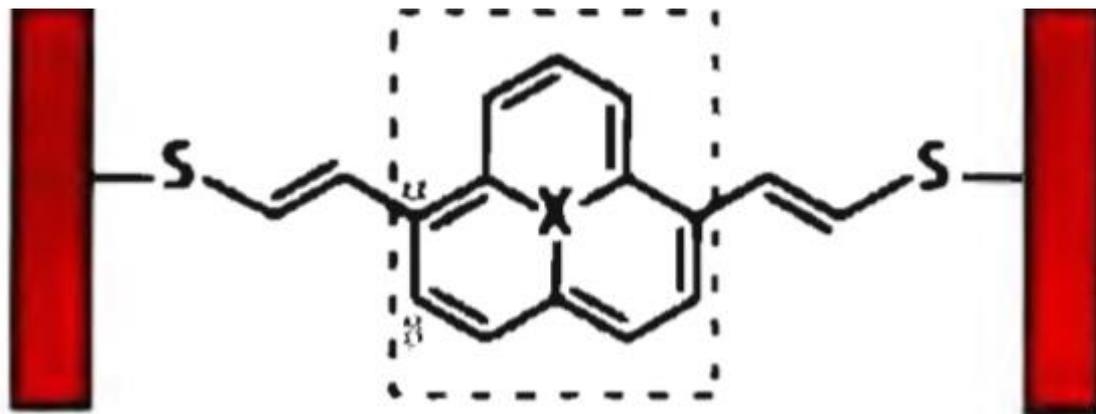
Образование полупроводникового комплекса с переносом заряда происходит в результате формирования упорядоченной структуры с чередованием донорных и акцепторных молекул:



Показаны молекулы акцептора **тетрацианохинодиметана** (TCNQ) и донора **тетратиафульвалена** (TTF).

В настоящее время известны сотни такого рода комплексов с разнообразными полупроводниковыми свойствами, представляющими большой интерес для создания полупроводниковых материалов (в том числе для полевых транзисторов).

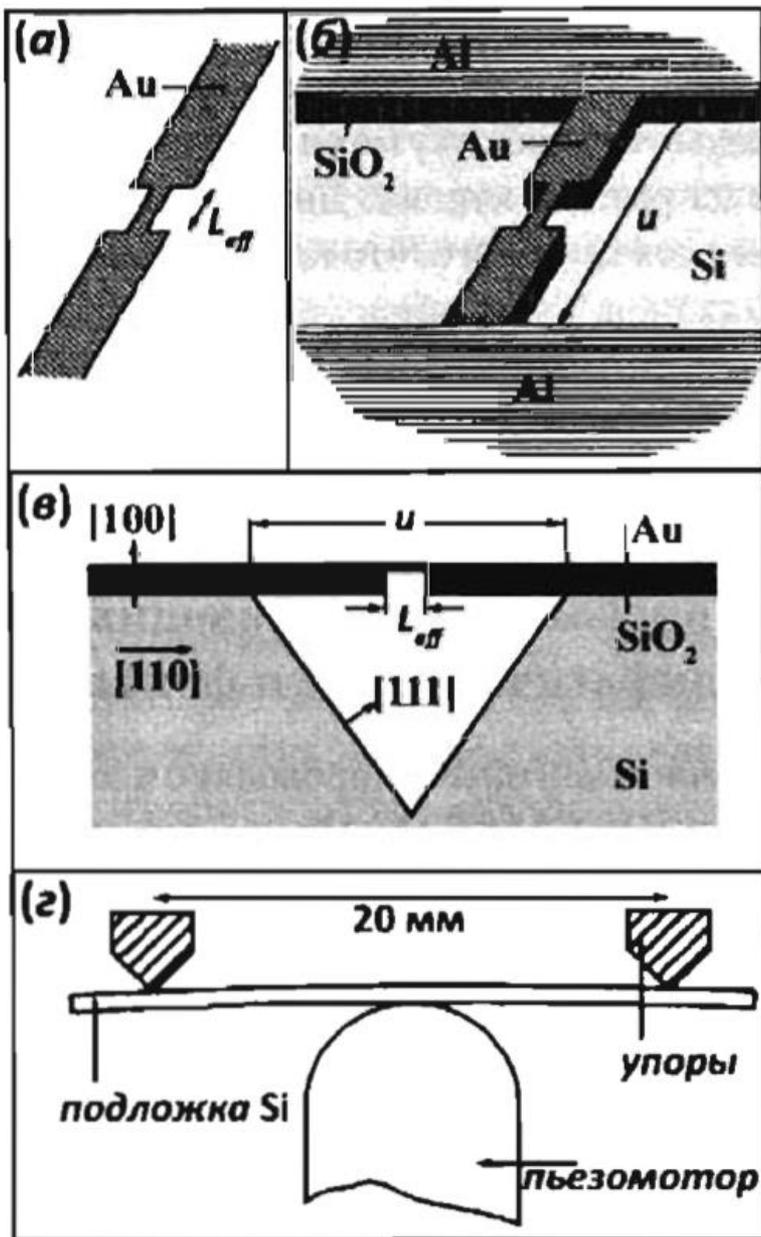
Измерение проводимости отдельной молекулы



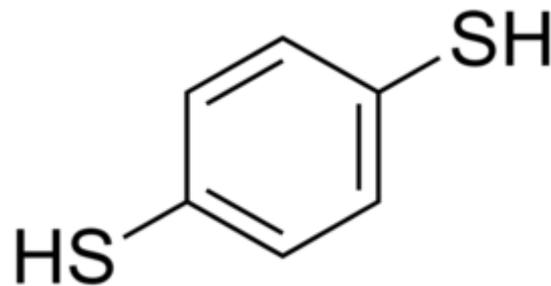
В зависимости от природы центрального атома (бор, углерод, азот и др.) и места закрепления золотых контактов к молекуле феналенила (phenalen) последняя может проявлять различные электрические свойства (от полупроводниковых до металлических).

При молекулярном проектировании необходимо учитывать не только свойства и электронное строение отдельной молекулы, но и принимать во внимание влияние контактов, которые зачастую играют решающую роль.

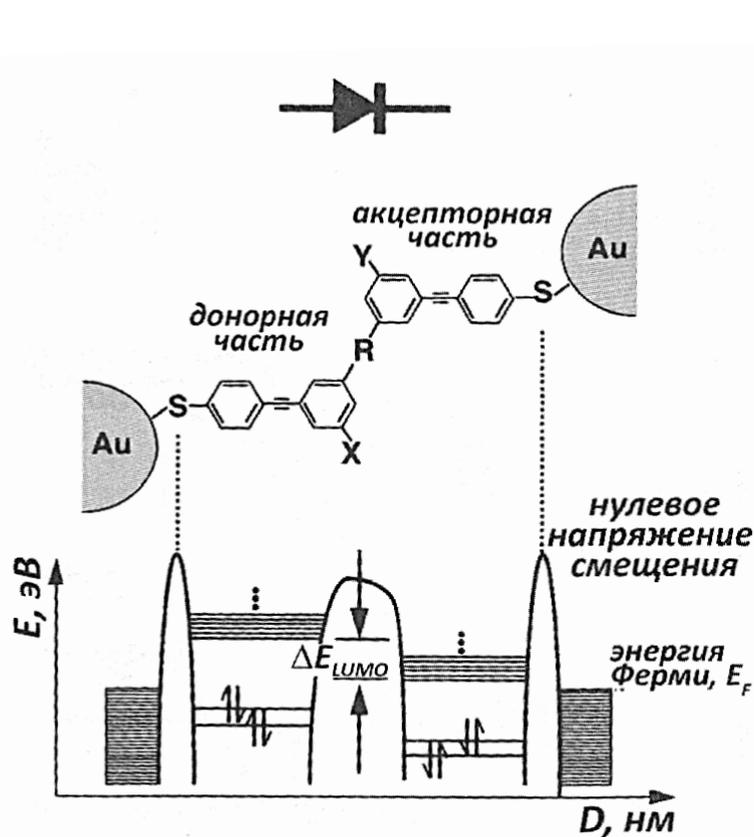
Измерение проводимости отдельной молекулы



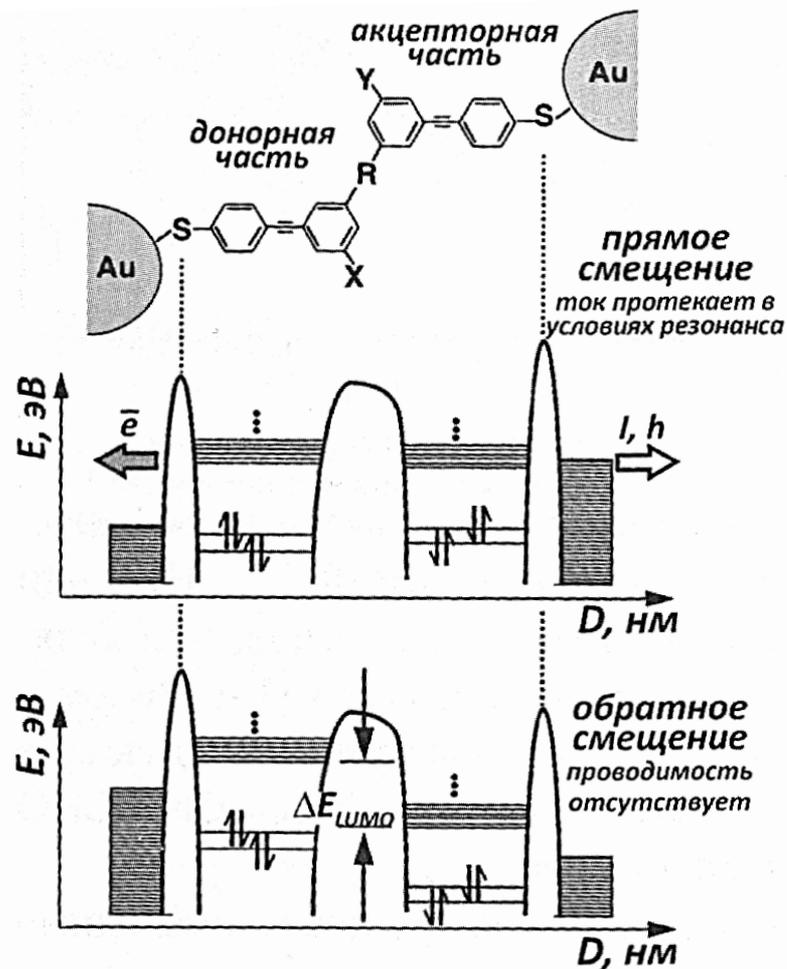
Толщина слоя золота – 80 нм. Измерения проводимости молекул осуществлялось в разрыве тонкого золотого контакта с регулируемым зазором между контактами. Измерения проводились в ультравысоком вакууме. С помощью данного инструмента впервые измерена проводимость единичной молекулы 1,4-дителиолбензола.



Диод на полифениленовой молекулярной цепочке



$$\Delta E_{LUMO} = 1.98 \text{ эВ}$$



Для протекания тока через молекулу необходимо приложить потенциал таким образом, чтобы энергия Ферми правого золотого контакта превосходила энергию низшей свободной орбитали акцепторной половины молекулы, и при этом низшие свободные орбитали обеих половин имели бы сравнимую энергию.

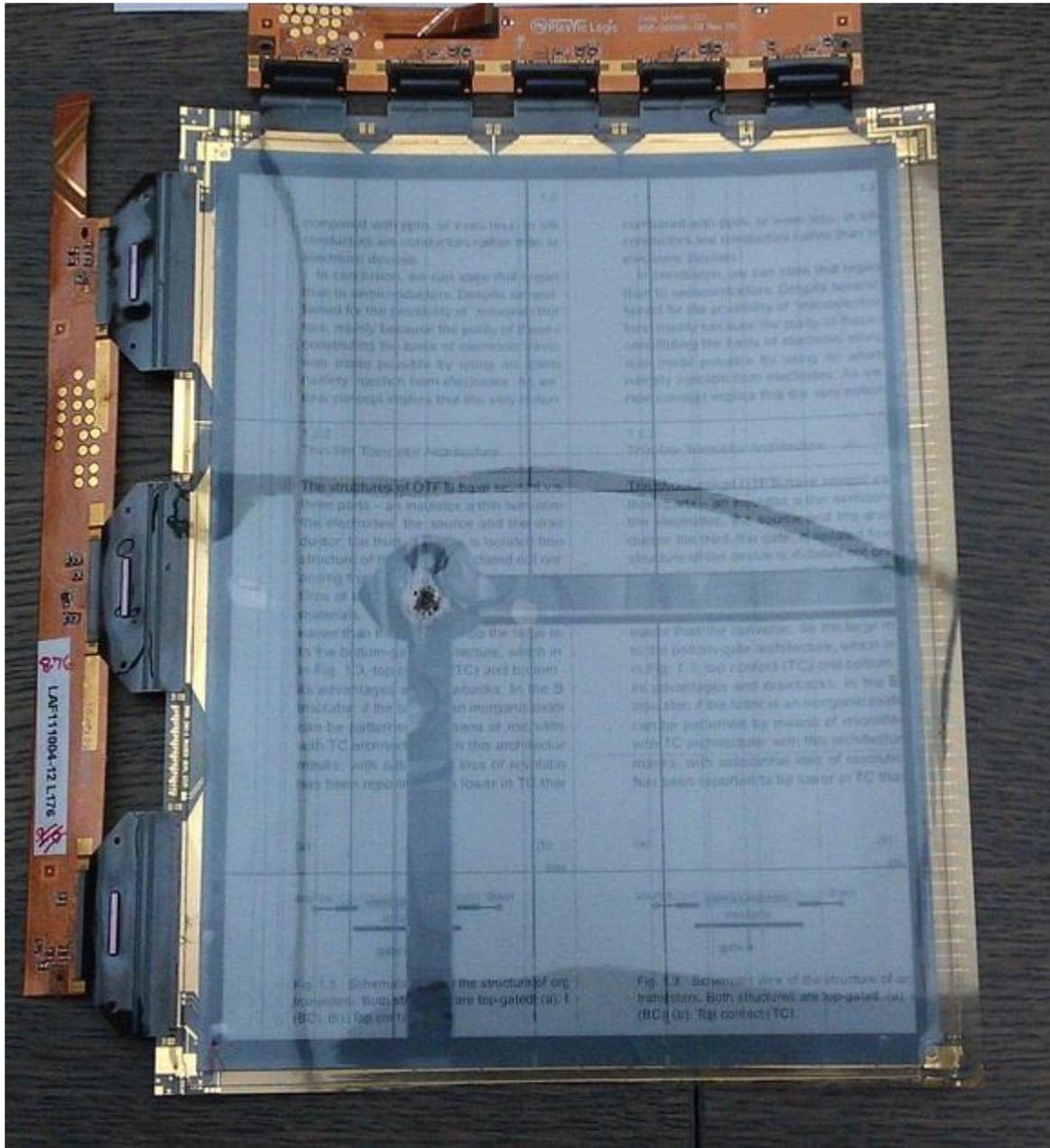
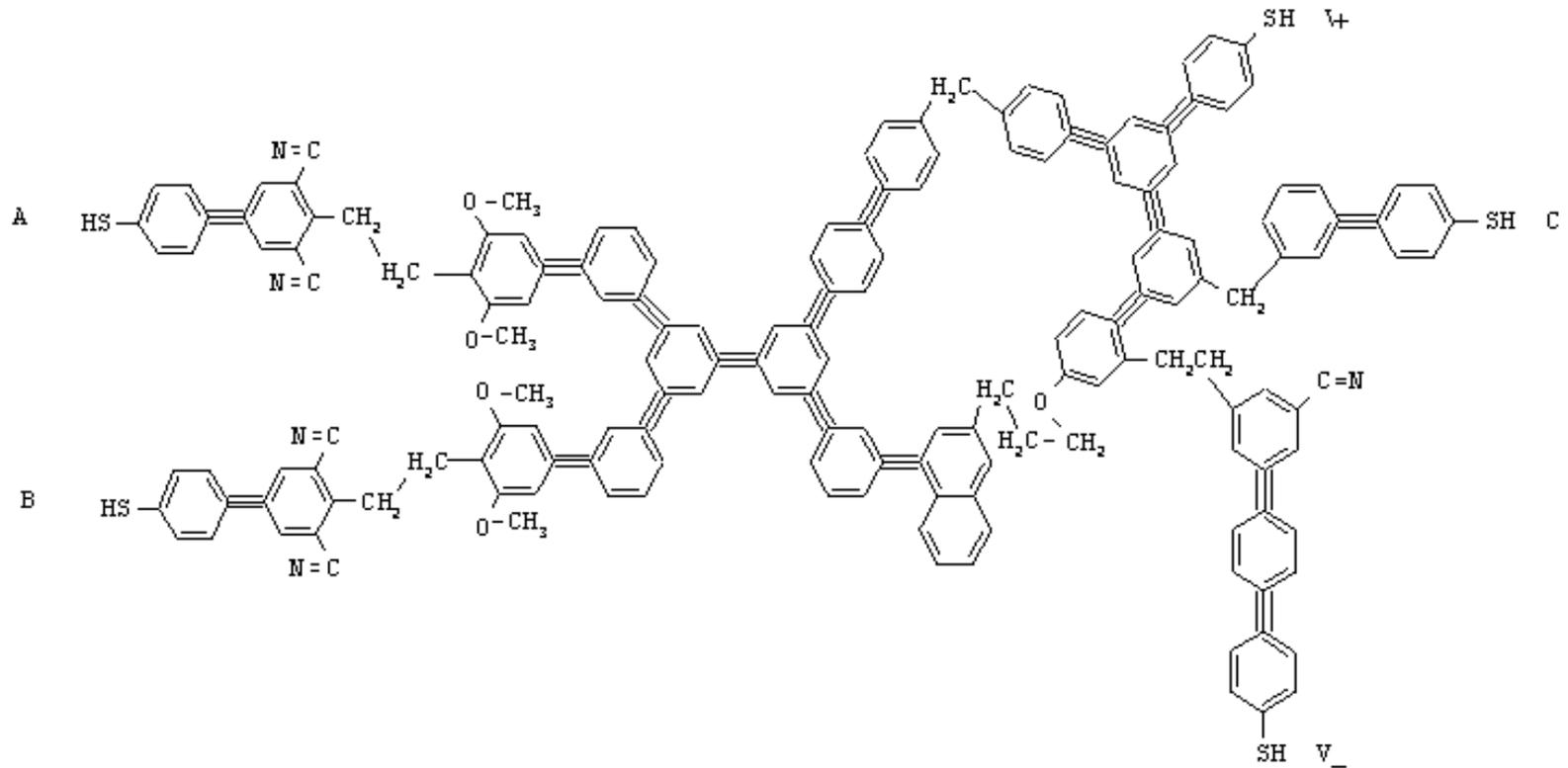


Fig. 1.3. Schematic view of the structure of organic transistors. Both structures are top-gated. (a) Top-gate (TG) structure; (b) Top-gate contact (TC) structure.

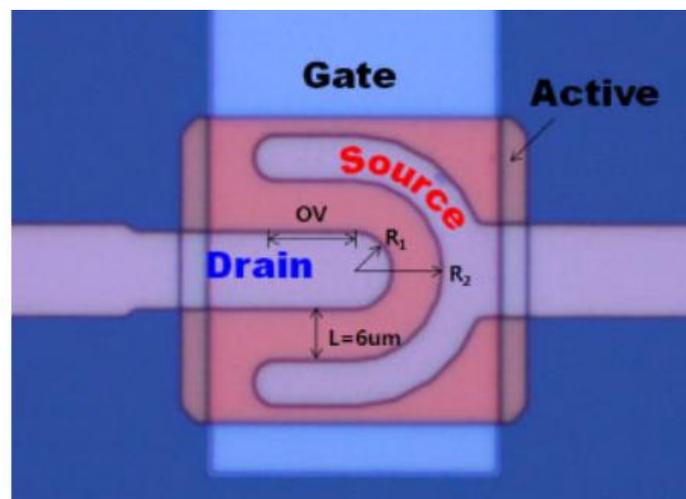
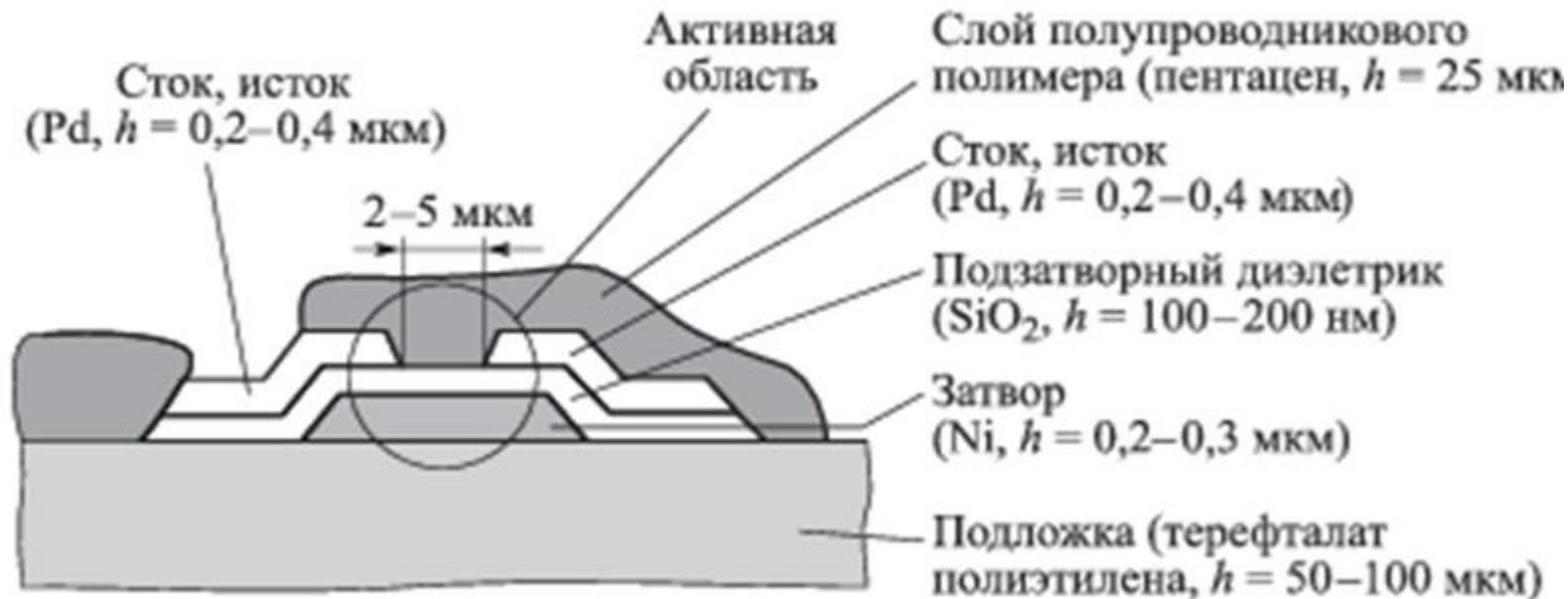
Fig. 1.3. Schematic view of the structure of organic transistors. Both structures are top-gated. (a) Top-gate (TG) structure; (b) Top-gate contact (TC) structure.



Логические элементы на полифениленовых комплексах

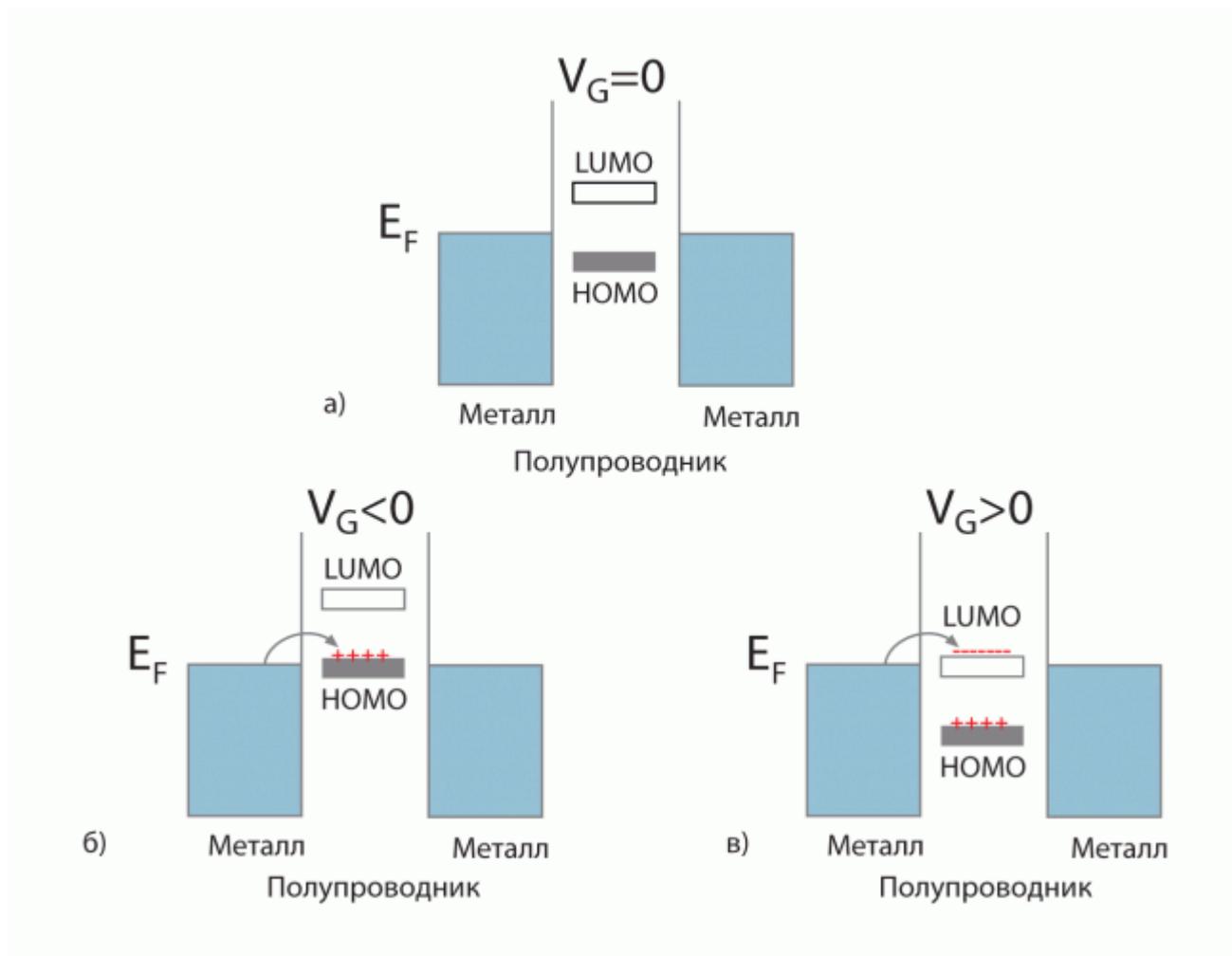


Органические полевые транзисторы



Почему...

большинство органических полупроводников имеет р-тип проводимости



OLEDs



„Semiconductors from the flask“

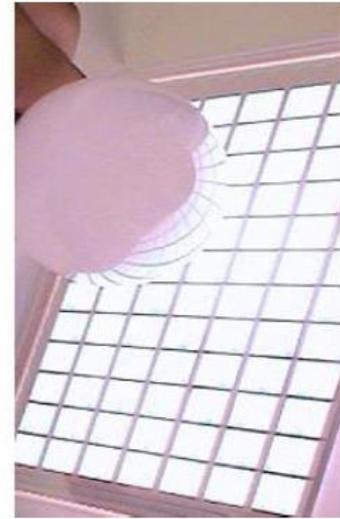


„Plastic lasers“

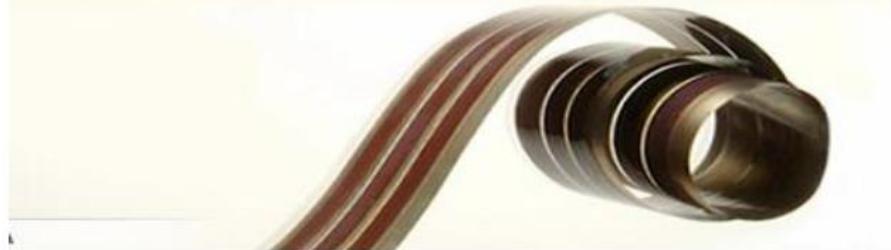


OLEDs: „The soon dominating mobile display technology“

The future dominating lighting technology?



Konarka Builds Power Plastic™ That Converts Light To Energy – Anywhere.



„Solar cells from the printing machine“

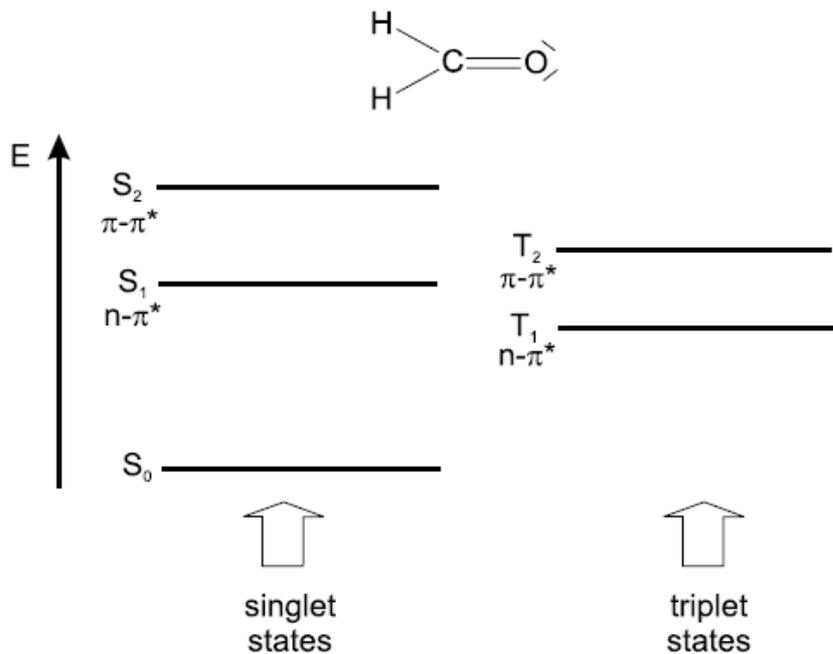
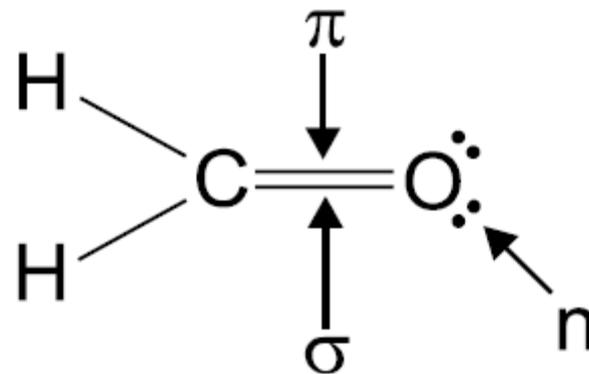
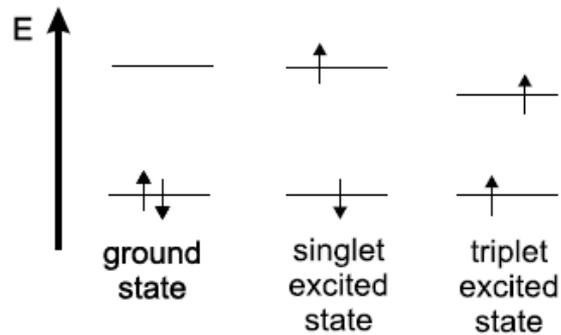
Фотоэлектрические процессы в органических молекулах

В органических полупроводниках, где имеются локализованные энергетические состояния, обычно происходит перенос энергии без переноса массы или заряда. В этих материалах существуют два основных типа переноса энергии:

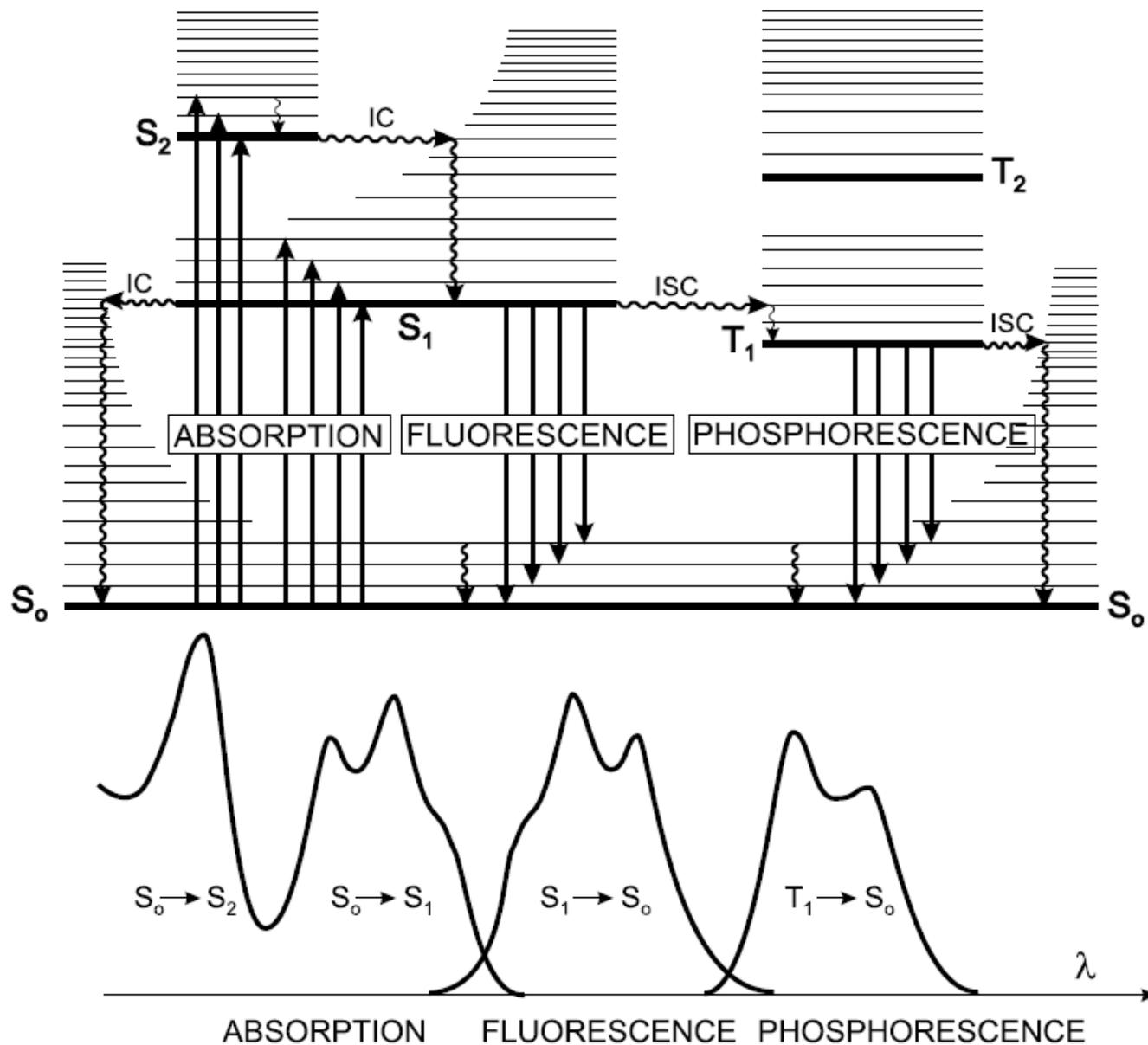
- 1) излучение и повторное поглощение. Возбуждённая молекула переходит в основное состояние и излучает фотон, который затем поглощается другой молекулой.
- 2) безызлучательный перенос энергии. В процессе могут участвовать собственные колебания молекул (но не колебания решётки).

При переносе энергии перемещающаяся частица нейтральна. Поэтому механизмы рассеяния отличаются от механизмов рассеяния заряда, движущегося в кристаллической решётке. Структурное разупорядочение в органических полупроводниках существенно меньше влияет на перенос энергии, чем на перенос заряда. Это объясняется тем, что нейтральный экситон не так сильно взаимодействует со своим окружением, как носители заряда.

Синглетные и триплетные состояния



Флуоресценция и фосфоресценция

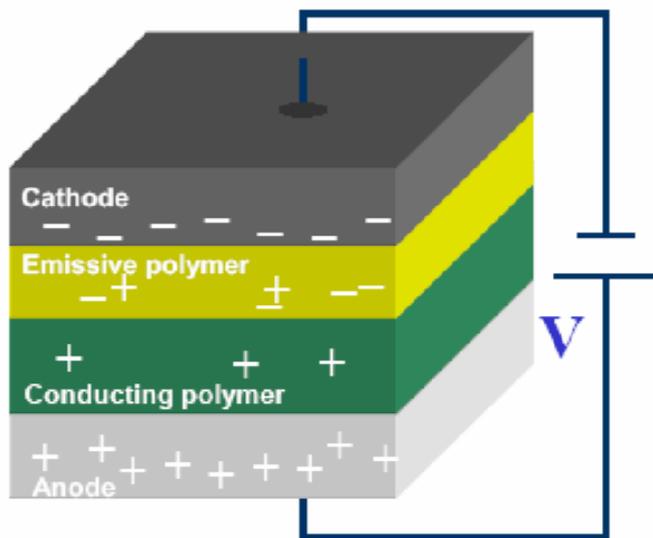


Органические светоизлучающие диоды

OLED

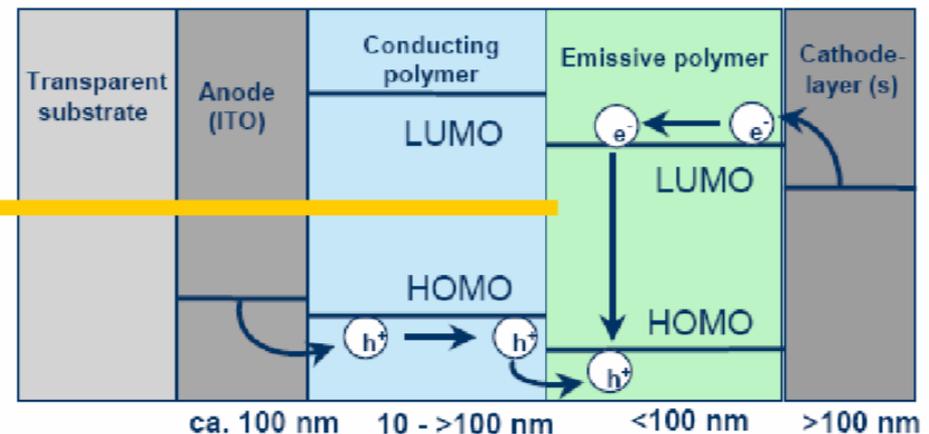
Основные элементы:

- подложка (пластик, стекло, фольга)
- прозрачный анод для инжекции дырок
- слой органического материала p-типа (Hole transport layer, HTL)
- подслой, образующий p-n переход (Emissive layer, EML)
- слой органического материала n-типа (Electron transport layer, ETL)
- металлический катод для инжекции электронов



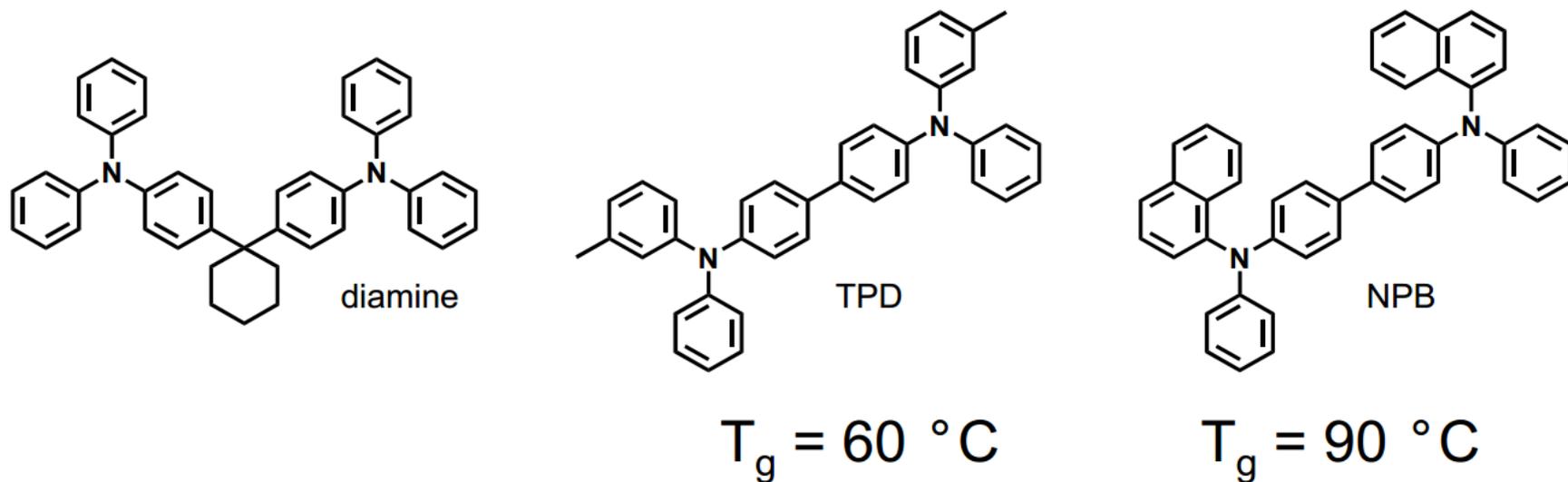
light

Light



Элементы органических светодиодов:

1. Прозрачный анод: ITO - Indium tin oxide
2. HTL – некоторые варианты:



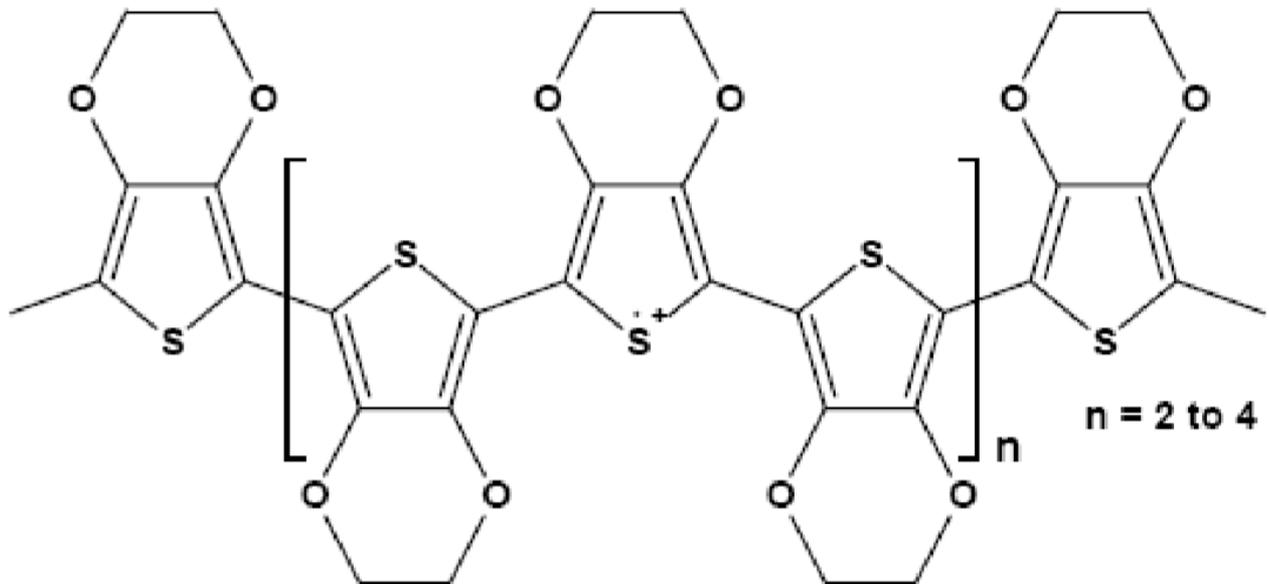
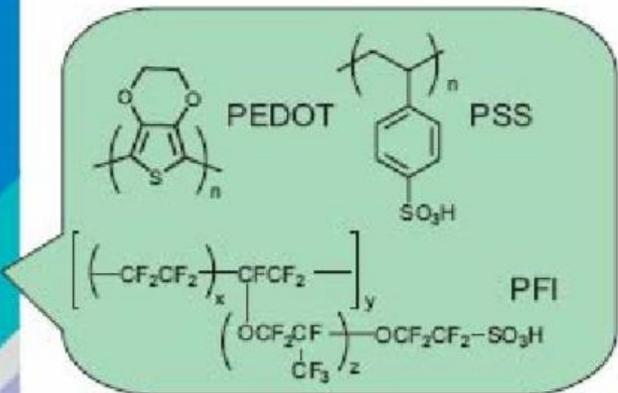
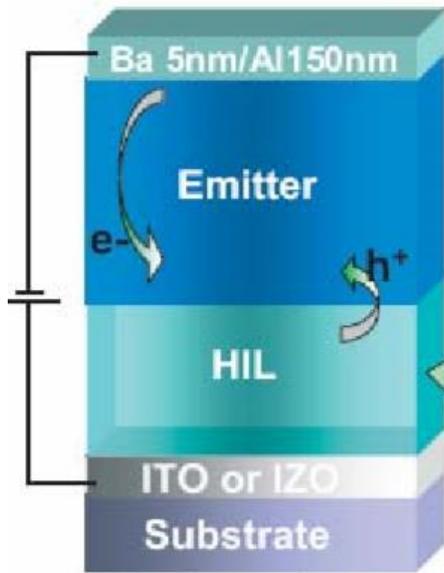
TPD = *N,N*-diphenyl-*N,N*-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine

NPB = 1,4-bis(1-naphthylphenylamino)biphenyl

Ещё варианты HTL

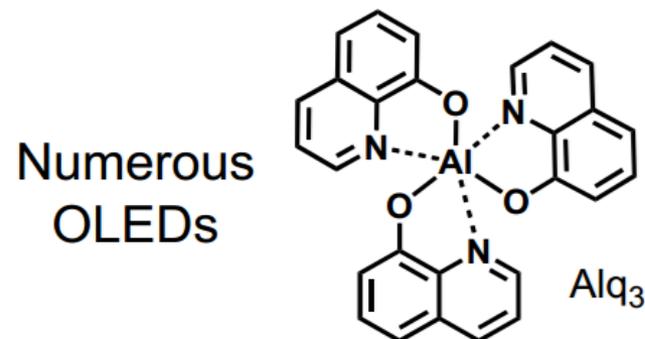
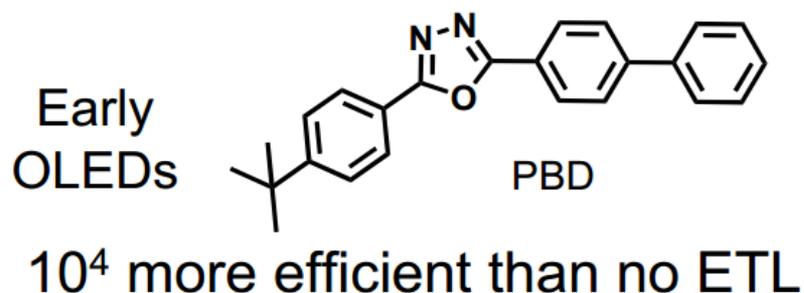
PEDOT:PSS

poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate)



Элементы органических светодиодов:

3. ETL – некоторые варианты:



	T_g (°C)	Efficiency (lm/W)	EM (cm ² V ⁻¹ s ⁻¹)
PBD	60	0.2	1.9×10^{-6}
Alq₃	172	1.5	1×10^{-5}

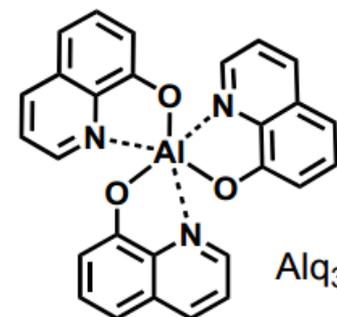
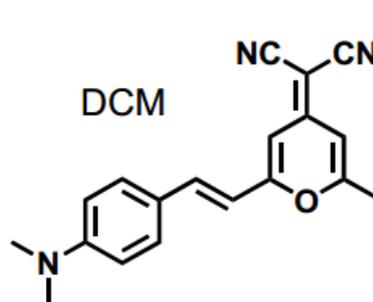
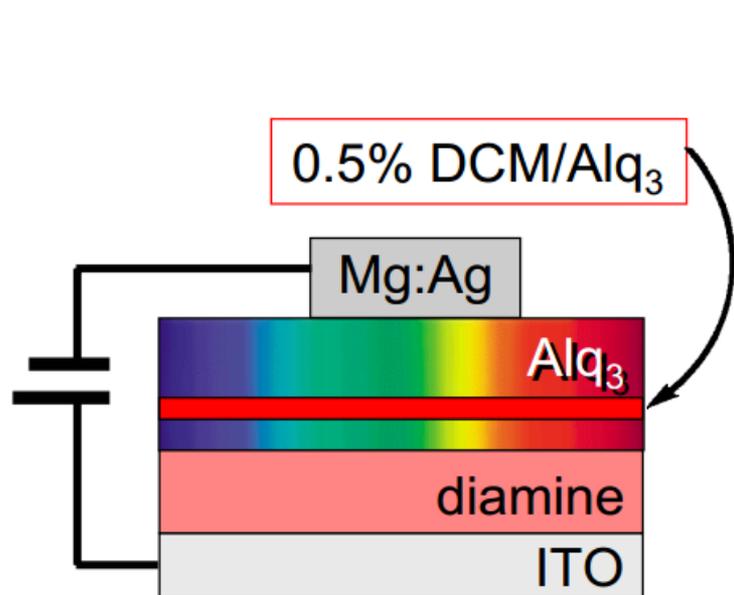
PBD = 2-(4-biphenyl)-5-(4-*t*-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole

EM = Electron Mobility

Alq₃ = tris(8-hydroxyquinoline) aluminum

Элементы органических светодиодов:

3. в некоторых случаях можно выделить EML:



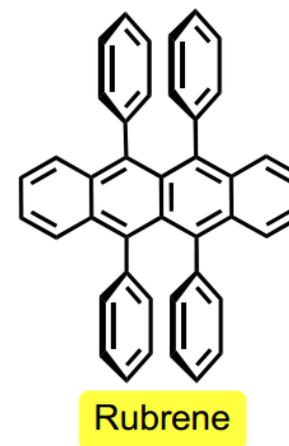
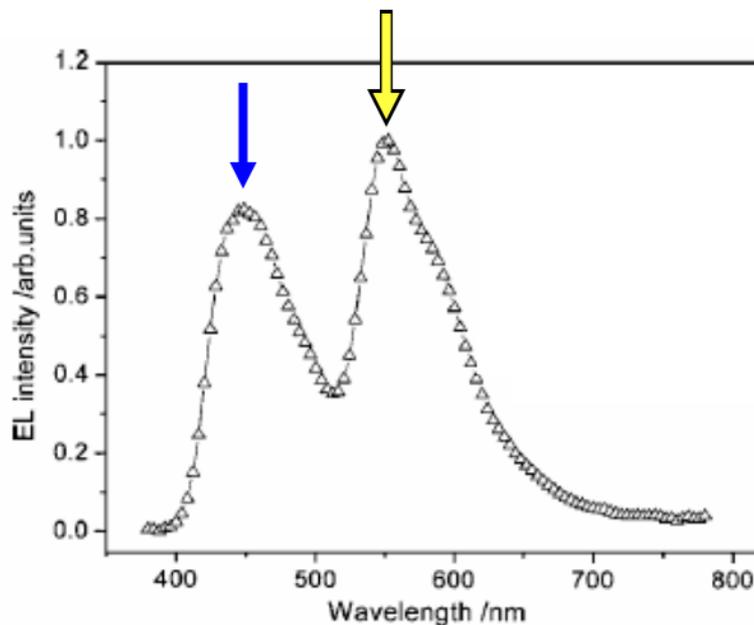
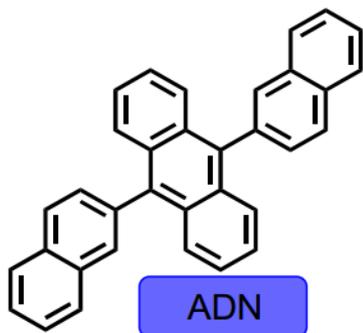
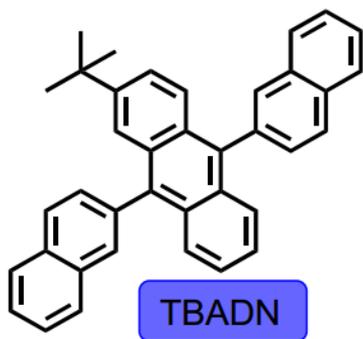
	λ_{\max} (nm)	Color	QE
Alq₃	550	Green	1%
DCM/Alq₃	590	Yellow	2.5%

QE = max. Quantum Efficiency

DCM = 4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(dimethylaminostyryl)-4H-pyran

Белый свет: структура EML

0.025% Rubrene/ 2.5% TBADN/ ADN



TBADN = 9,10-di-(2-naphthyl)-2-*t*-butyl-anthracene

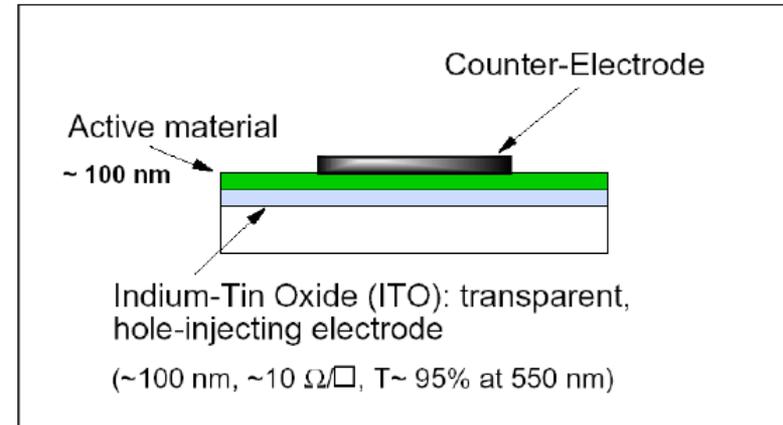
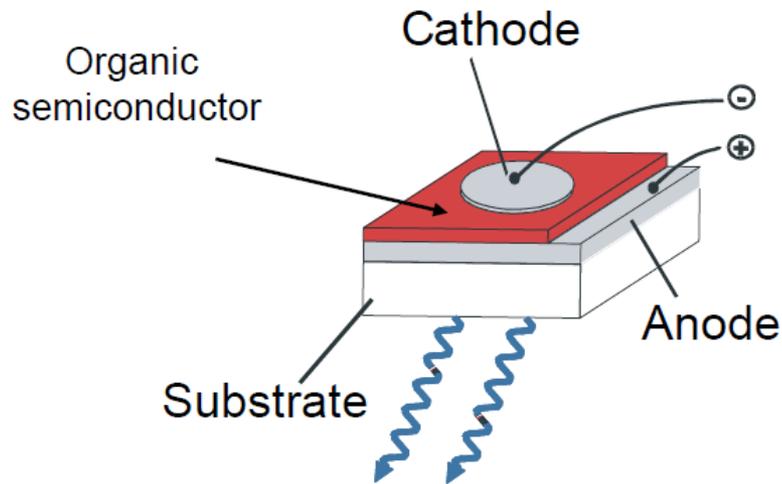
ADN = 9,10-di-(2-naphthyl)-anthracene

Rubrene = 5,6,11,12-tetraphenylnaphthacene

Классификационные признаки OLED:

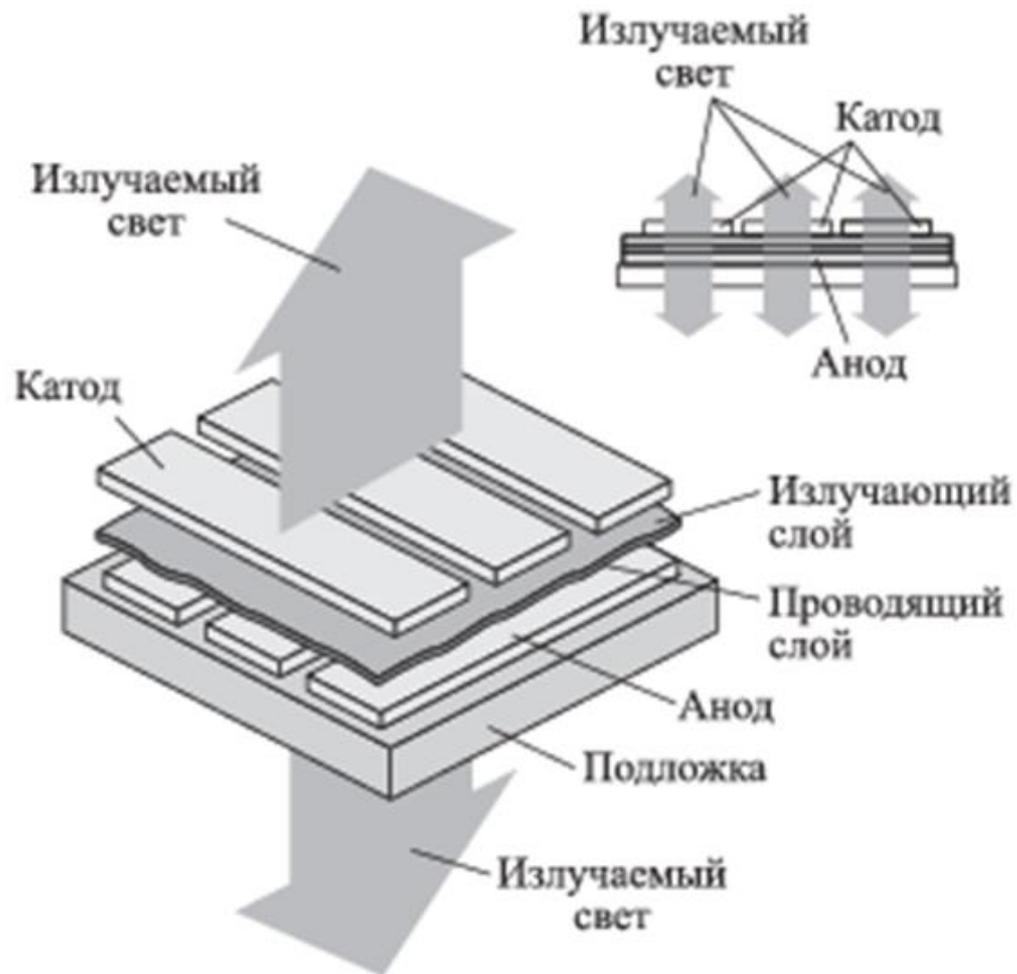
- TOLED – Transparent. Прозрачные светоизлучающие устройства. Обычно на 70% прозрачны при выключении.
- FOLED – Flexible. В качестве подложки используется гибкая (металлическая или пластиковая) пластина.
- SOLED – Staked. Используется вертикальное расположение RGB-светодиодов в каждом пикселе. Экраны отличаются высокой плотностью пикселей.
- PMOLED – Passive-Matrix. Пиксели формируются в точках пересечения анодных и катодных полос, яркость пропорциональна силе проходящего тока, просты в изготовлении.
- AMOLED – Active-Matrix. Управление пикселями осуществляют тонкоплёночные полевые транзисторы, располагаемые под анодной плёнкой. Небольшая потребляемая мощность, высокая частота обновления.

Просто лампа



Layer sequence in a single layer OLED

Конструкции органических светодиодов:

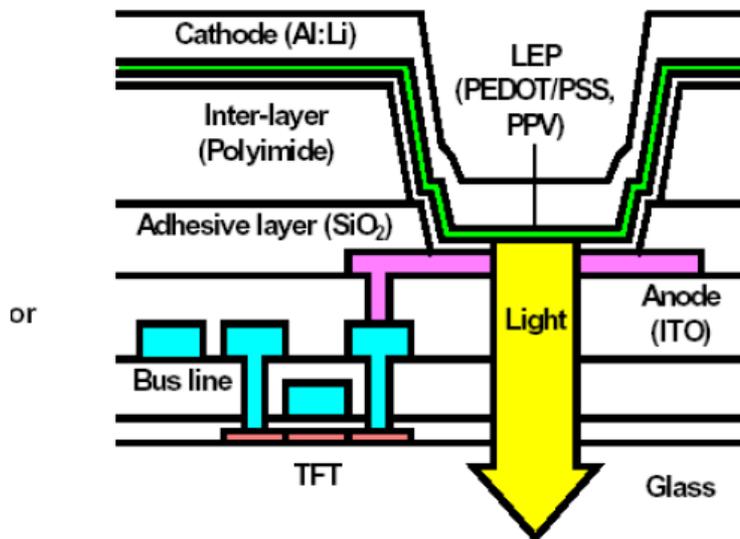


1. Пассивно-матричные (PMOLED)

Конструкции органических светодиодов:

2. Активно-матричные (AMOLED)

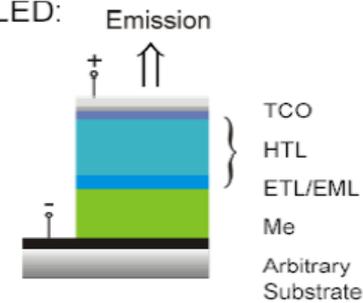
TFT - LED layout



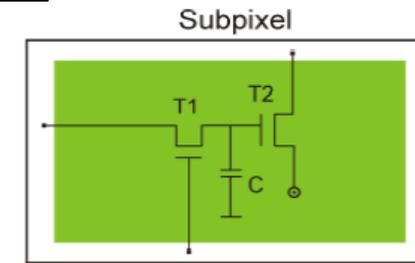
Source: R. Friend/W. Kowalsky

inverted structure

top emitting OLED:

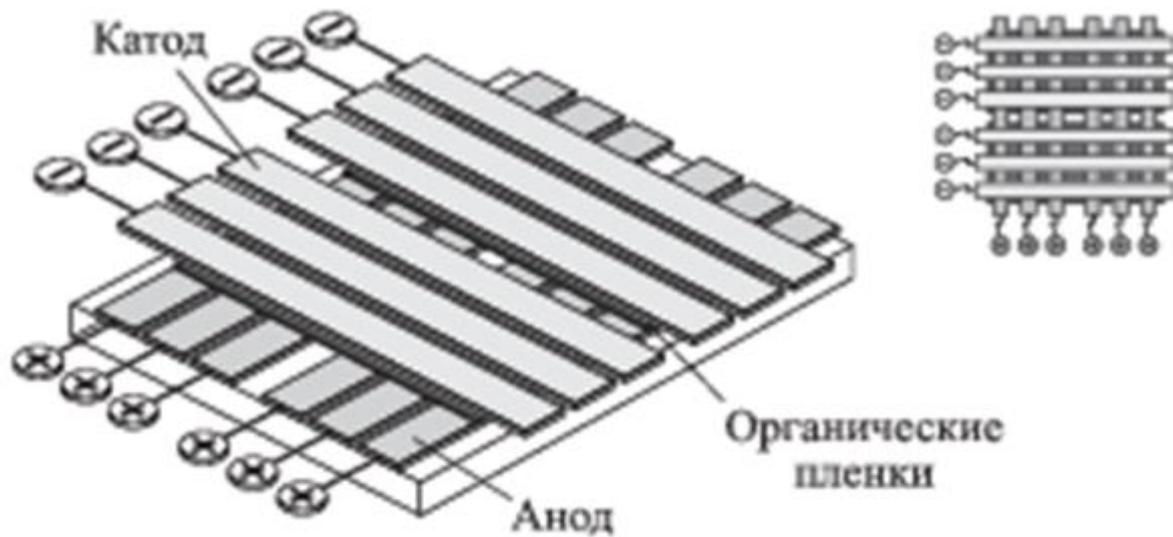


AM-Application:

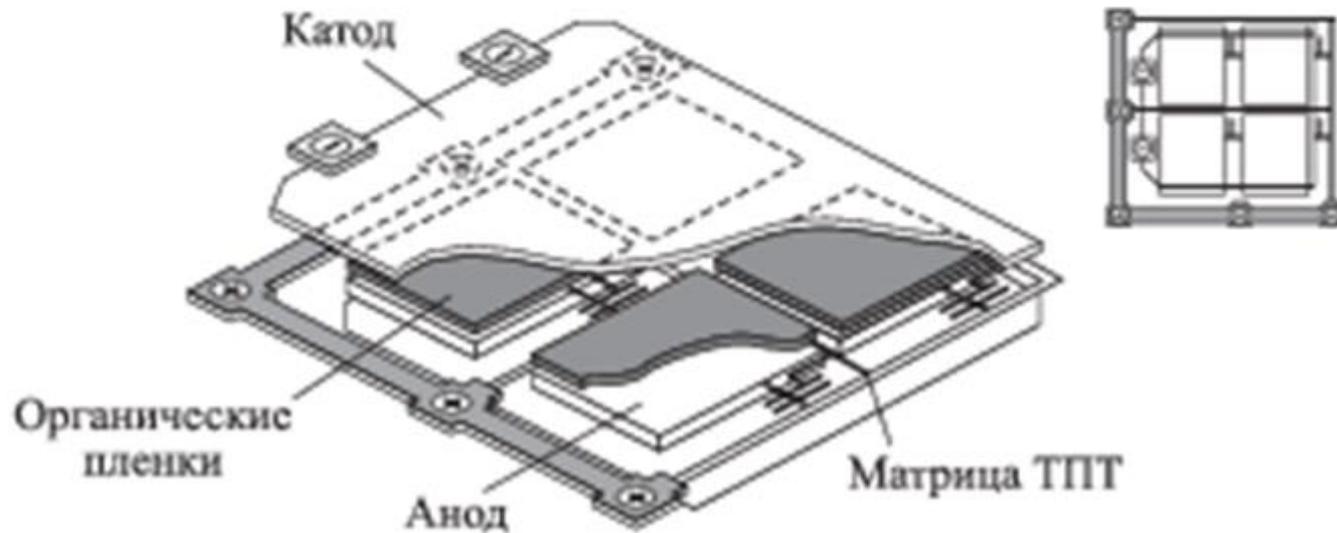


⇒ filling factor ≥ 80%

Конструкции органических светодиодов:

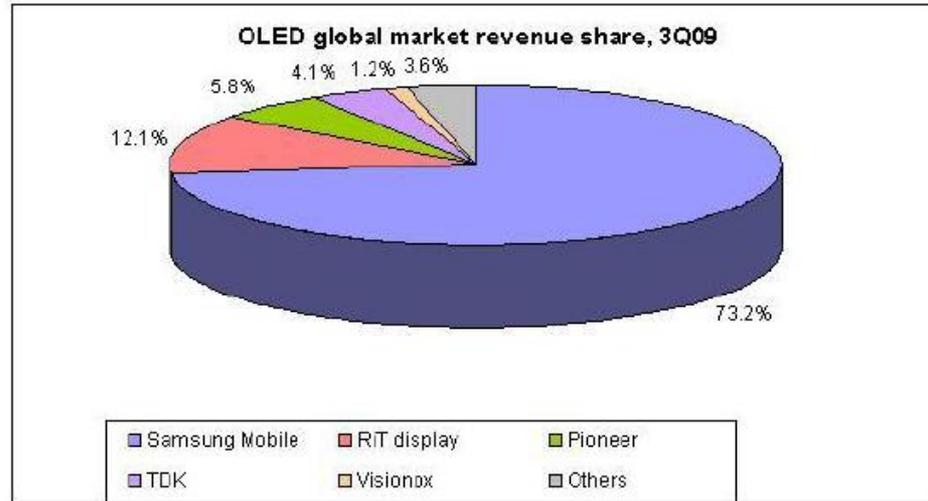


a

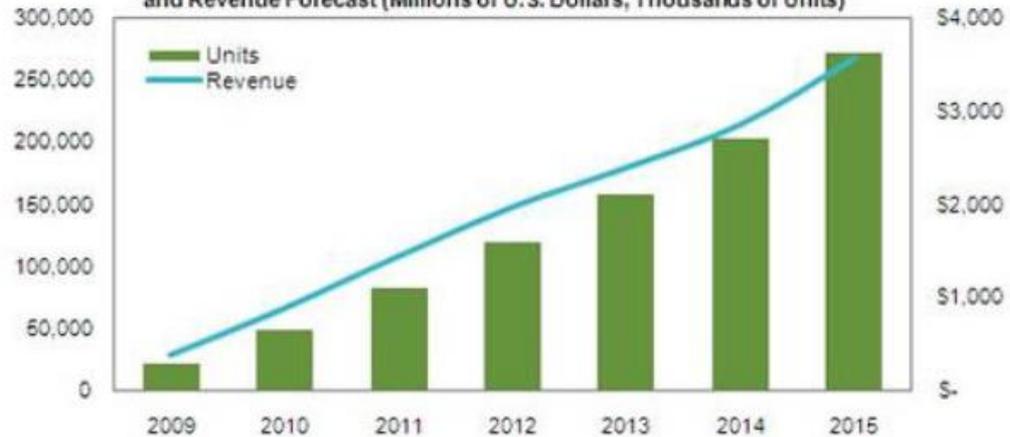


б

AMOLED-display are taking off

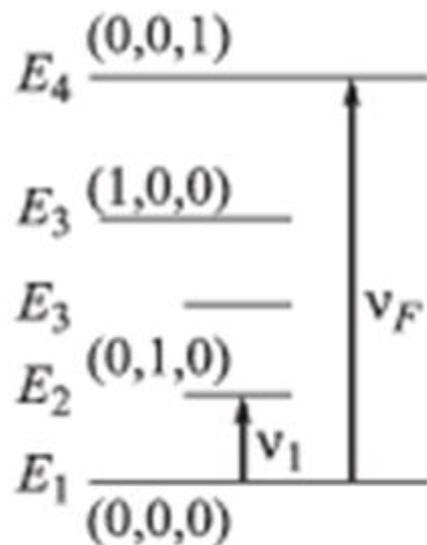


Global Active Matrix Organic Light Emitting Diode (AMOLED) Unit Shipment and Revenue Forecast (Millions of U.S. Dollars, Thousands of Units)



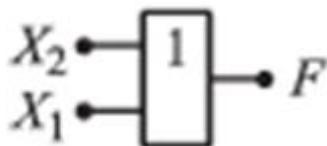
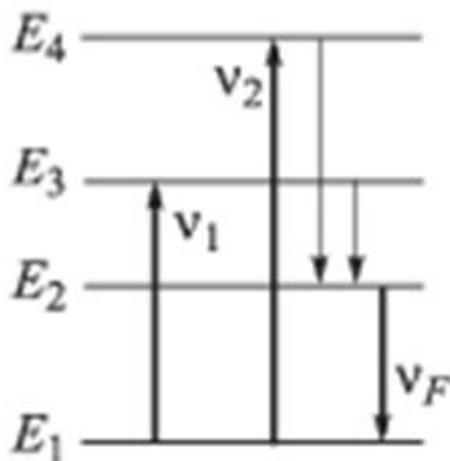
Source: IHS iSuppli May 2011

Логика на энергетических переходах



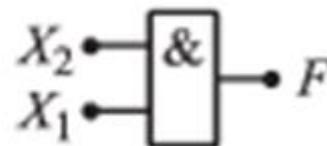
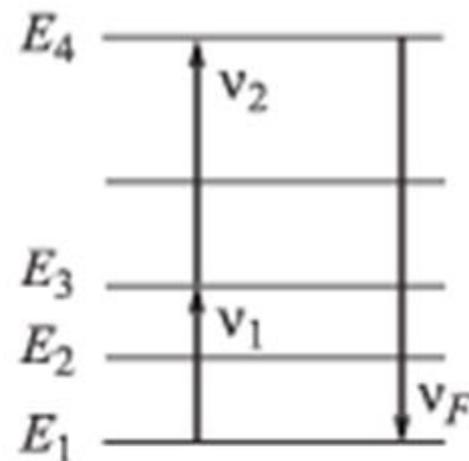
X	0	1
F	1	0

a



X_2	0	0	1	1
X_1	0	1	0	1
F	0	1	1	1

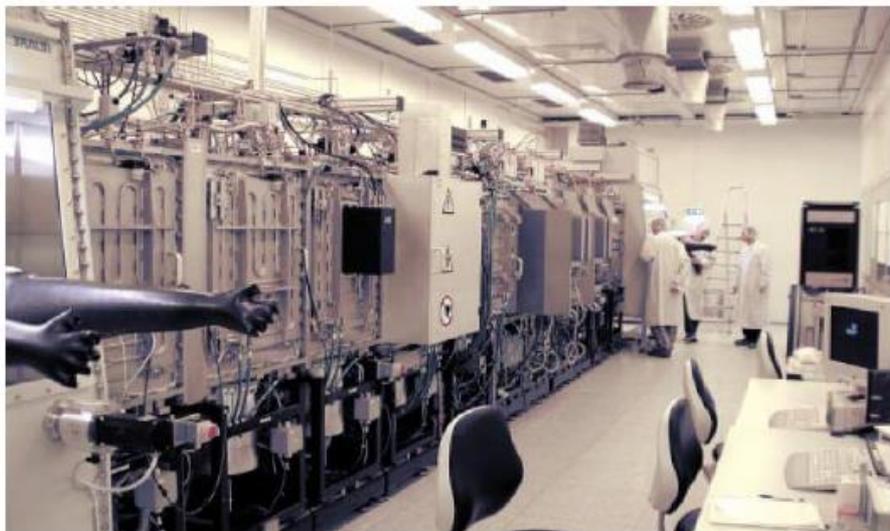
б



X_2	0	0	1	1
X_1	0	1	0	1
F	0	0	0	1

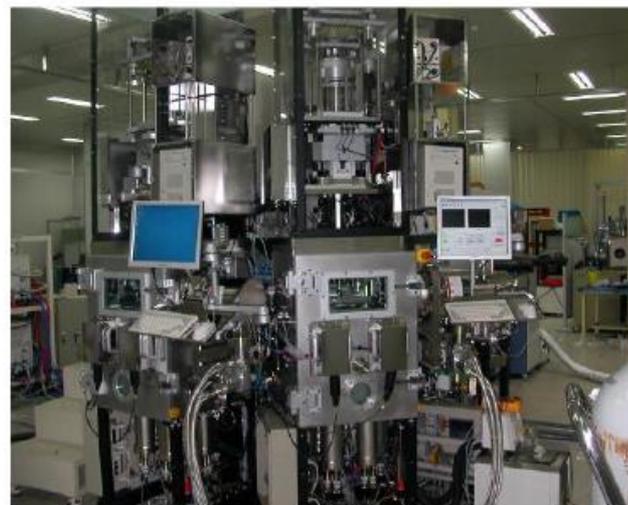
в

OLED fabrication tools at IPMS



- VES400/13 in-line evaporation system
Substrates up to 370 x 470 mm²
12 linear evaporation sources for organic materials

Supplier: AMAT

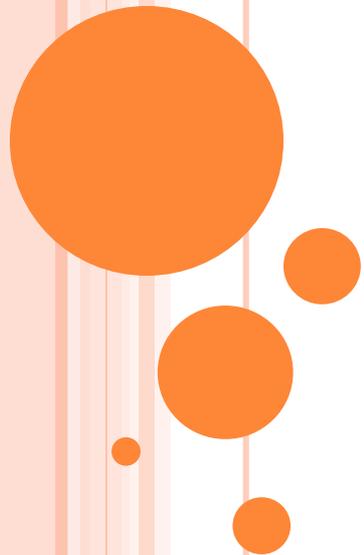


- SUNICEL plus200 cluster deposition system
Substrates 200 x 200 mm², 150 or 200 mm wafer
12 + 1 evaporation sources for organic materials

Supplier: Sunic System

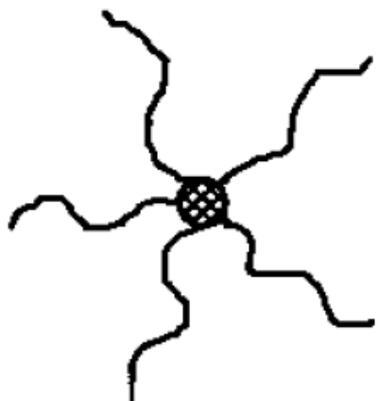


**Принципы
построения устройств
молекулярной электроники**

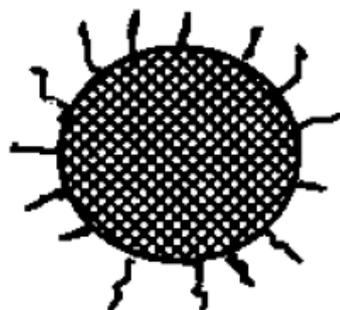


Супрамолекулы

Сополимер - это макромолекула, содержащая два или более типов мономеров.



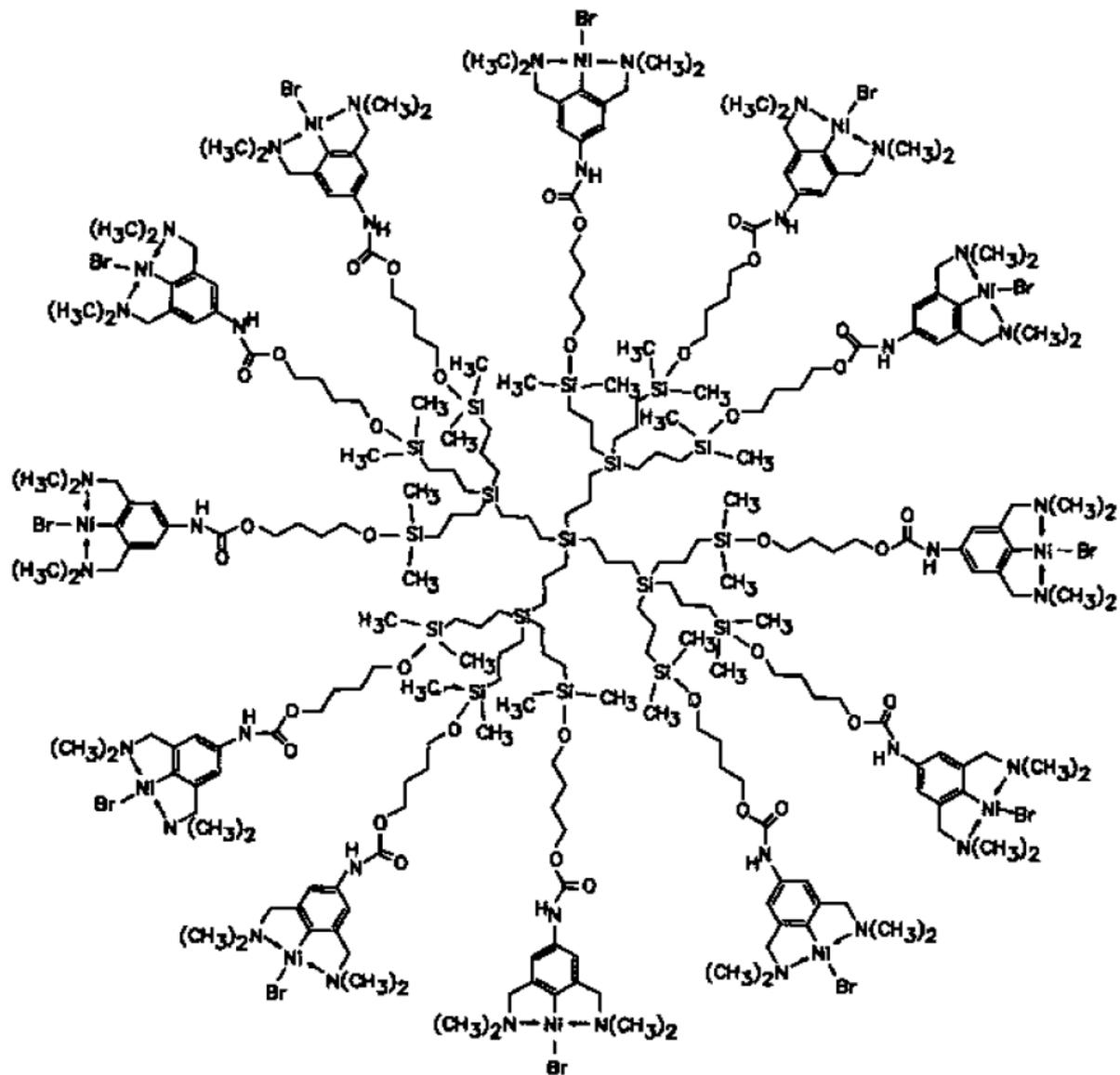
Звездообразный полимер



«Волосатая наносфера»

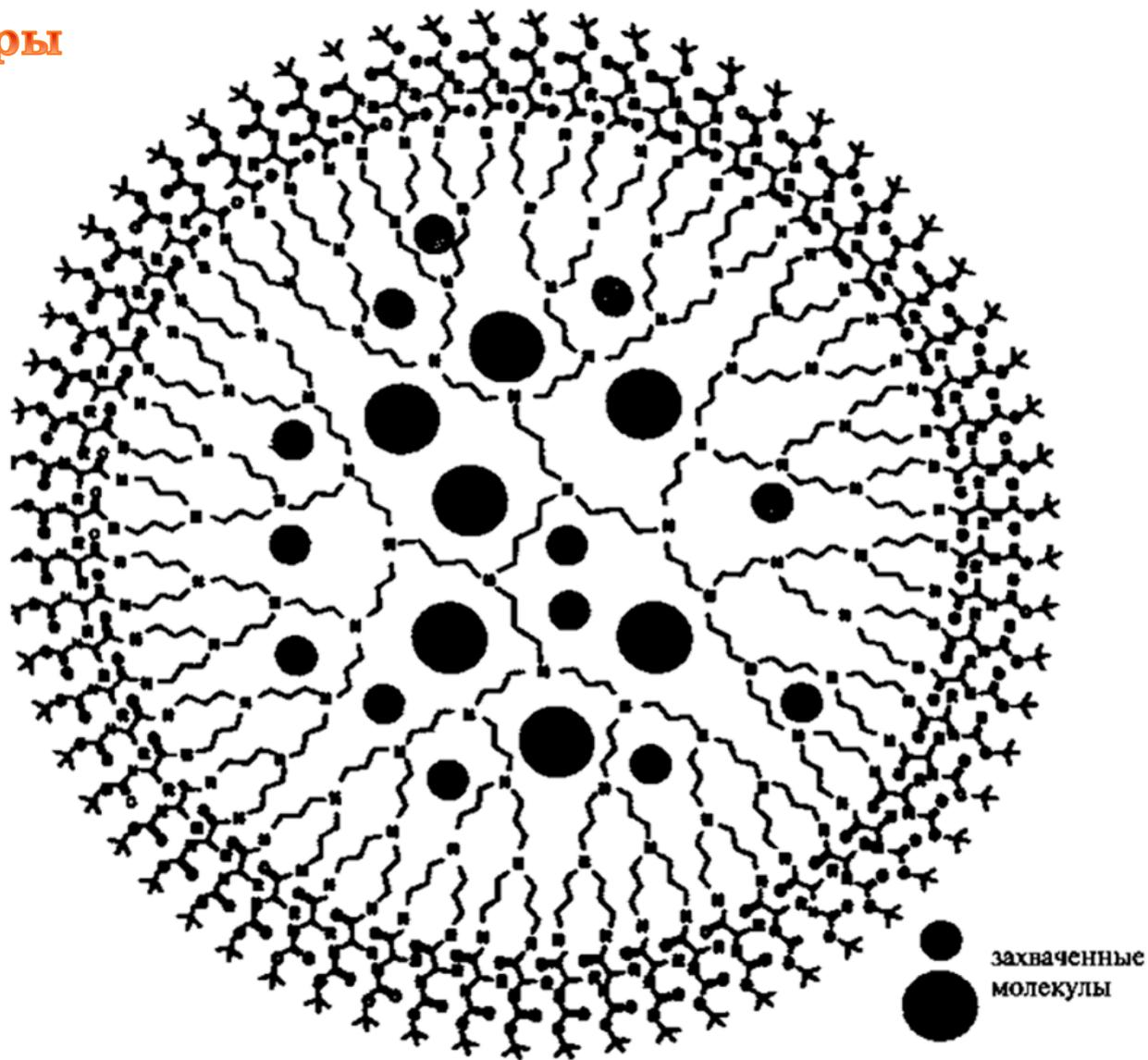


Дендриты



Дендритный катализатор с ядром из кремния и каталитически активными арил-никелевыми функциональными комплексами в качестве концевых групп.

Дендримеры

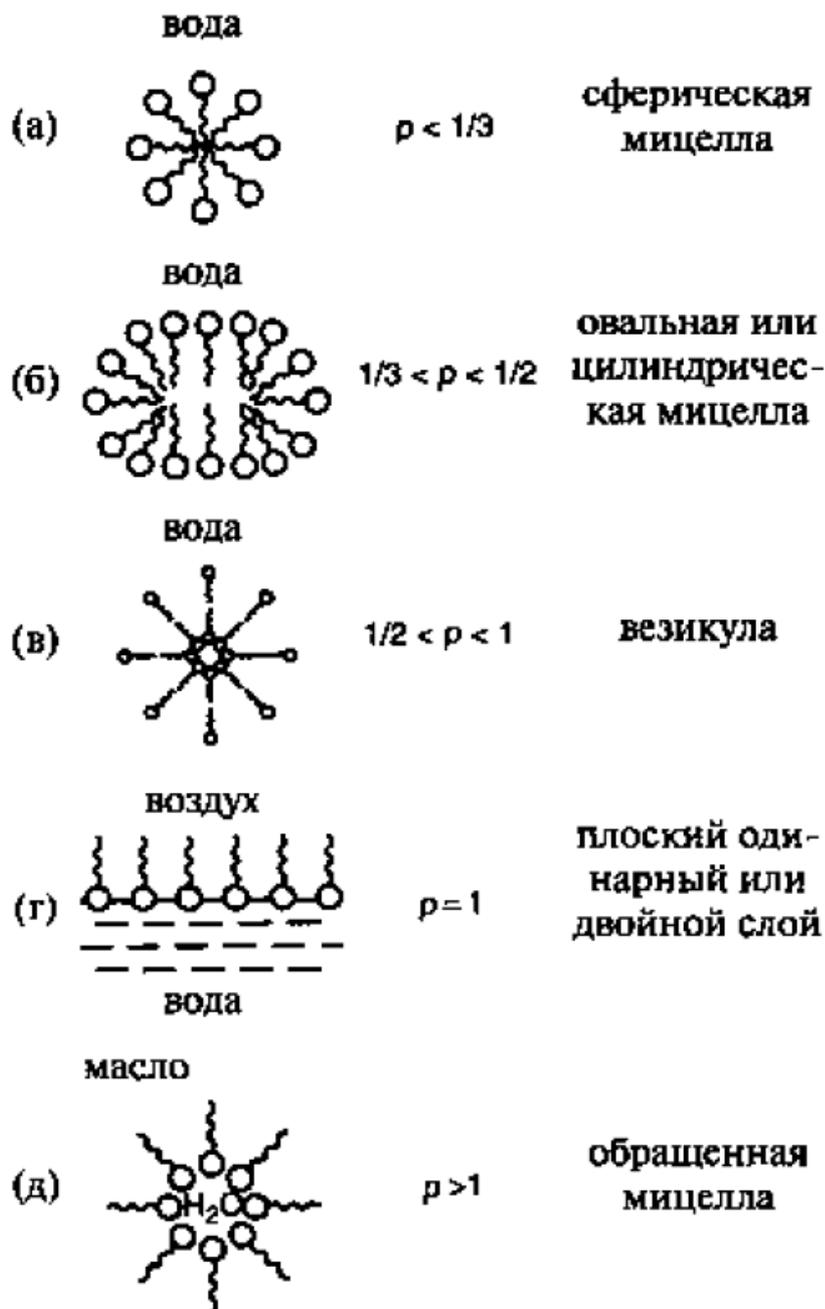


Многие дендриты могут захватывать молекулы, радикалы, заряженные части молекул, красители.

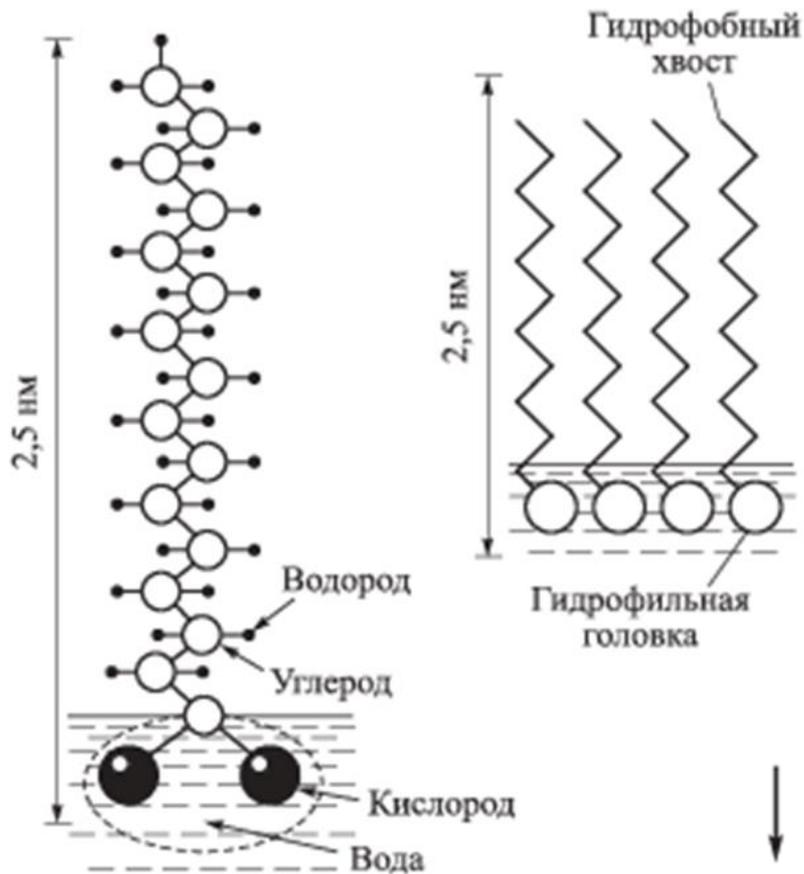
Мицеллы и везикулы



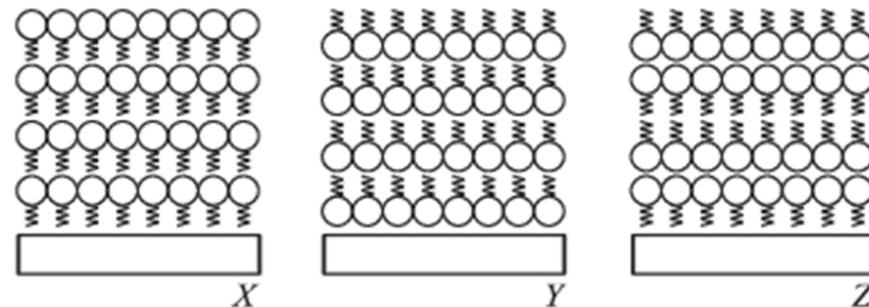
$$p = \frac{V_T}{A_H L_T}$$



Плёнки Ленгмюра-Блоджетт



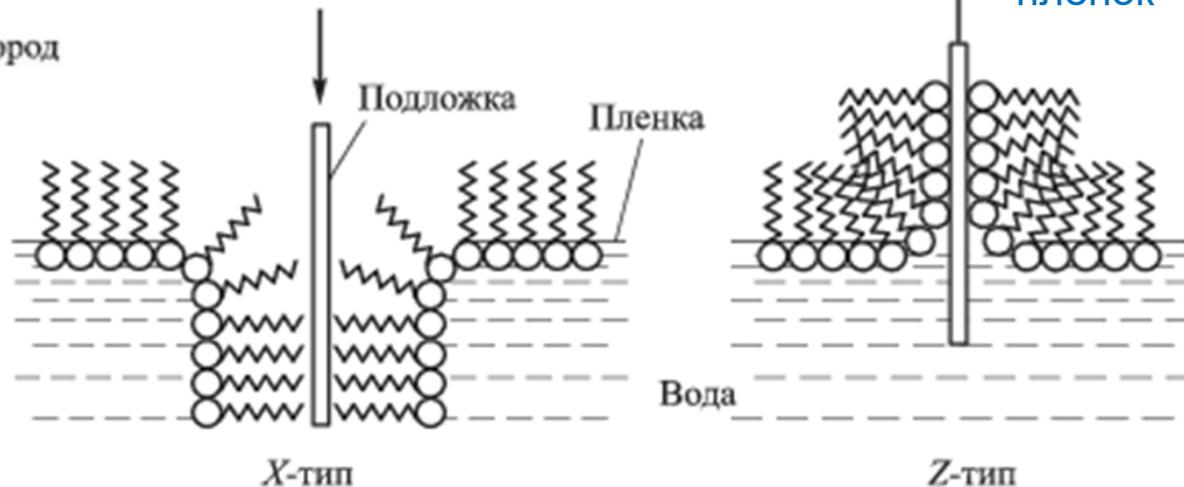
молекулы
стеариновой
кислоты



многослойные плёнки

- сдвиг полосы оптического поглощения при приложении напряжения;
- перераспределение заряда при освещении
- протекание туннельного тока через монослой
- эффект двумерных магнитов

схема
получения
плёнок



Плёнки Ленгмюра-Блоджетт

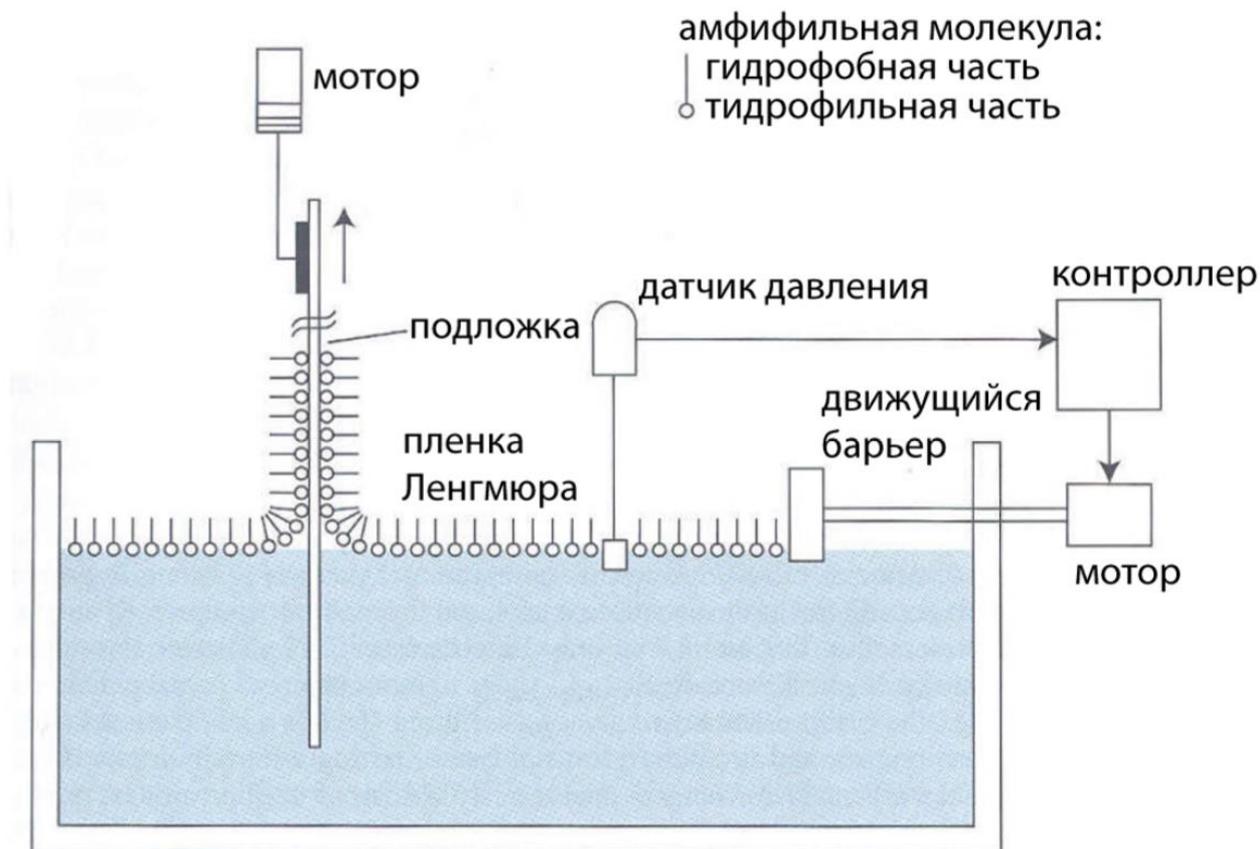
Амфифильные молекулы (ПАВ):

- гидрофильная часть (аминная, спиртовая группа)
- гидрофобная часть (углеводородная цепочка)



Гидрофильные подложки: стекло, кварц, алюминий, хром

Гидрофобная подложка: кремний (очищенный от оксида)



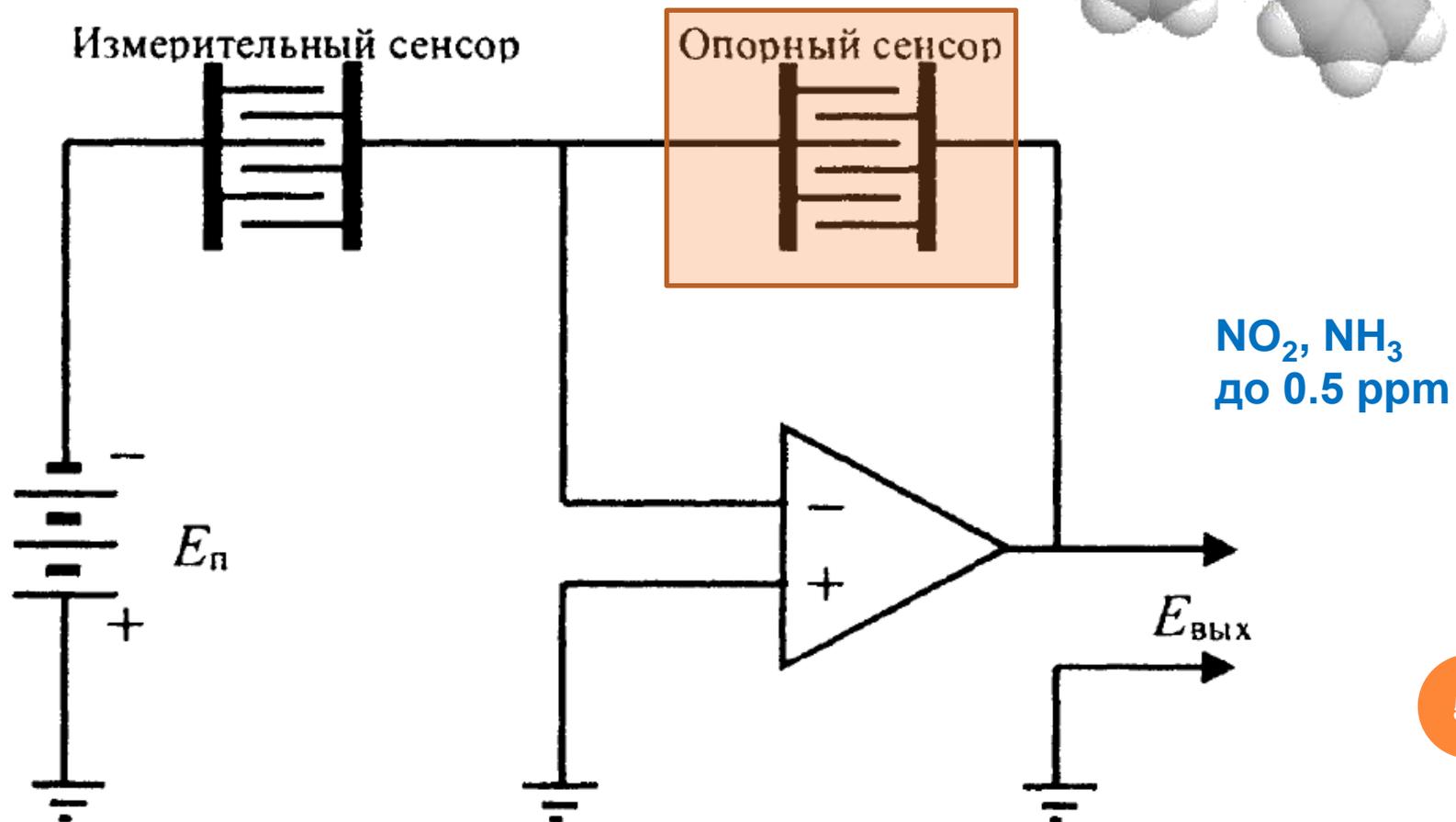
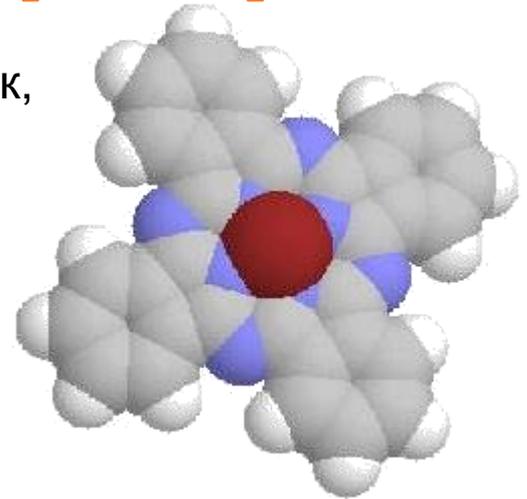
Органические упорядоченные плёнки

- плёнки Ленгмюра-Блоджетт на основе жирных кислот

1. Пассивирующие диэлектрические покрытия (уд. сопр. 10^{16} Ом/см) – как диэлектрики в конденсаторах, МДП-структурах, различных светоизлучающих диодах.
2. Применение в качестве резиста в литографии высокого разрешения (поскольку плёнки имеют строго контролируемую толщину, хорошую термостойкость и высокую устойчивость к плазменному травлению).
3. Использование в качестве покрытия для просветления оптики.
4. Молекулярно-упорядоченная смазка (антифрикционное покрытие магнитных дисков).
5. Полимеризуемые плёнки Л-Б из производных диацетилена и некоторых других молекул представляют большой интерес при построении мембран для разделения газов (чувствительные к метану).
6. Упорядоченность структуры плёнок Л-Б позволяет успешно применять их в качестве пассивных ориентирующих прослоек, наносимых на подложку перед покрытием ее тонким слоем жидких кристаллов.
7. Плёнки Л-Б применяют в качестве световодов, создавая из слоёв молекул жирных кислот оптически изотропные материалы с высокой прозрачностью.

Органические молекулярные сенсоры: хемирезисторы

Создаются из полупроводниковых органических плёнок, нанесённых на диэлектрическую подложку. В качестве органических покрытий обычно используются фталоцианины различных металлов (медь).



Сенсоры на принципе оптического интерферометра

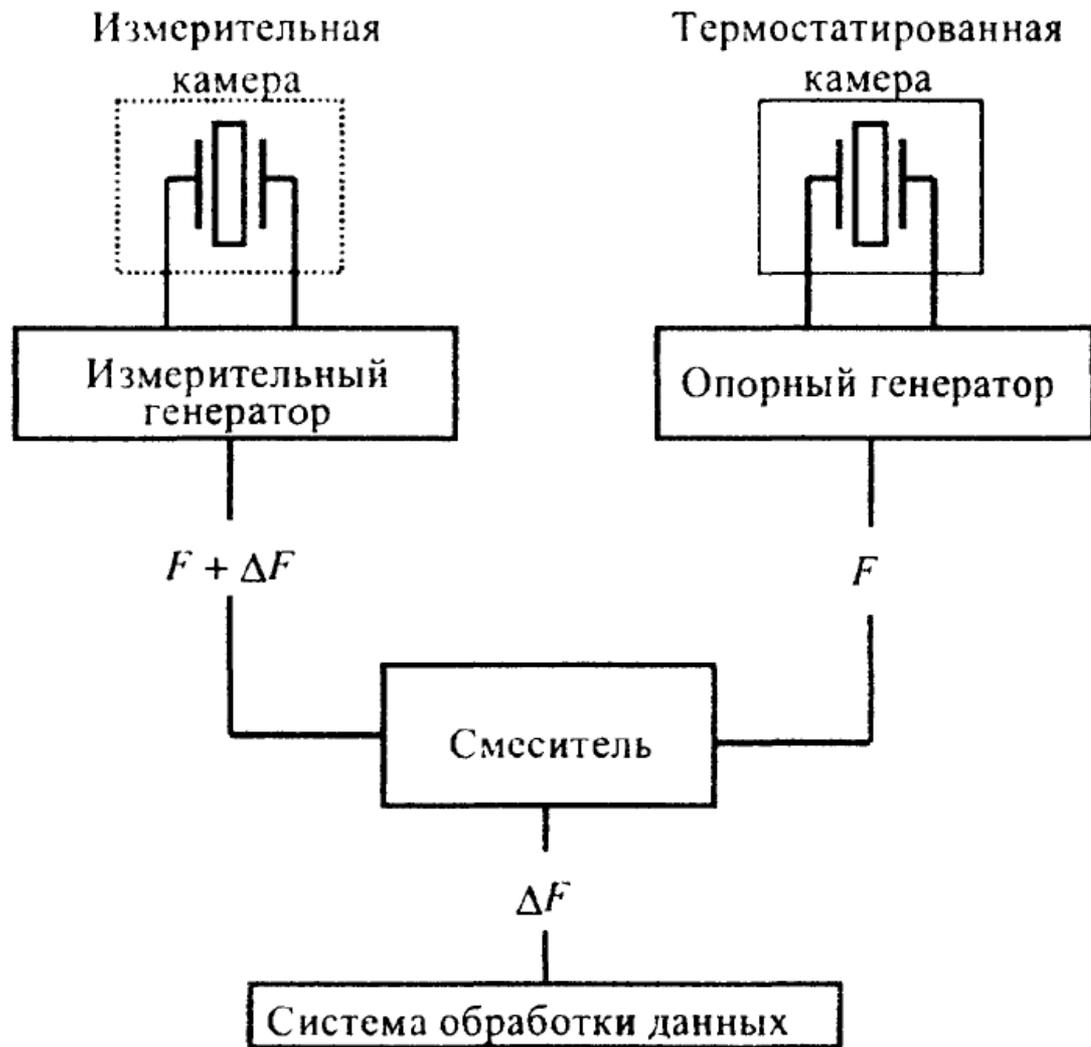
Действие сенсора основано на слабом изменении толщины и коэффициента преломления или поглощения плёнки, нанесённой на активное плечо интерферометра, при адсорбции на неё молекул газа или жидкости.

Основной недостаток - чувствительность к "световому шуму" и изменениям окружающей освещённости.



Чувствительность – 10^{-3} ppm

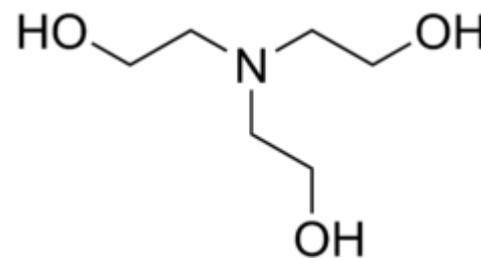
Сенсоры на основе пьезорезонансных кварцевых весов



Чувствительность – 10^{-4} ppm

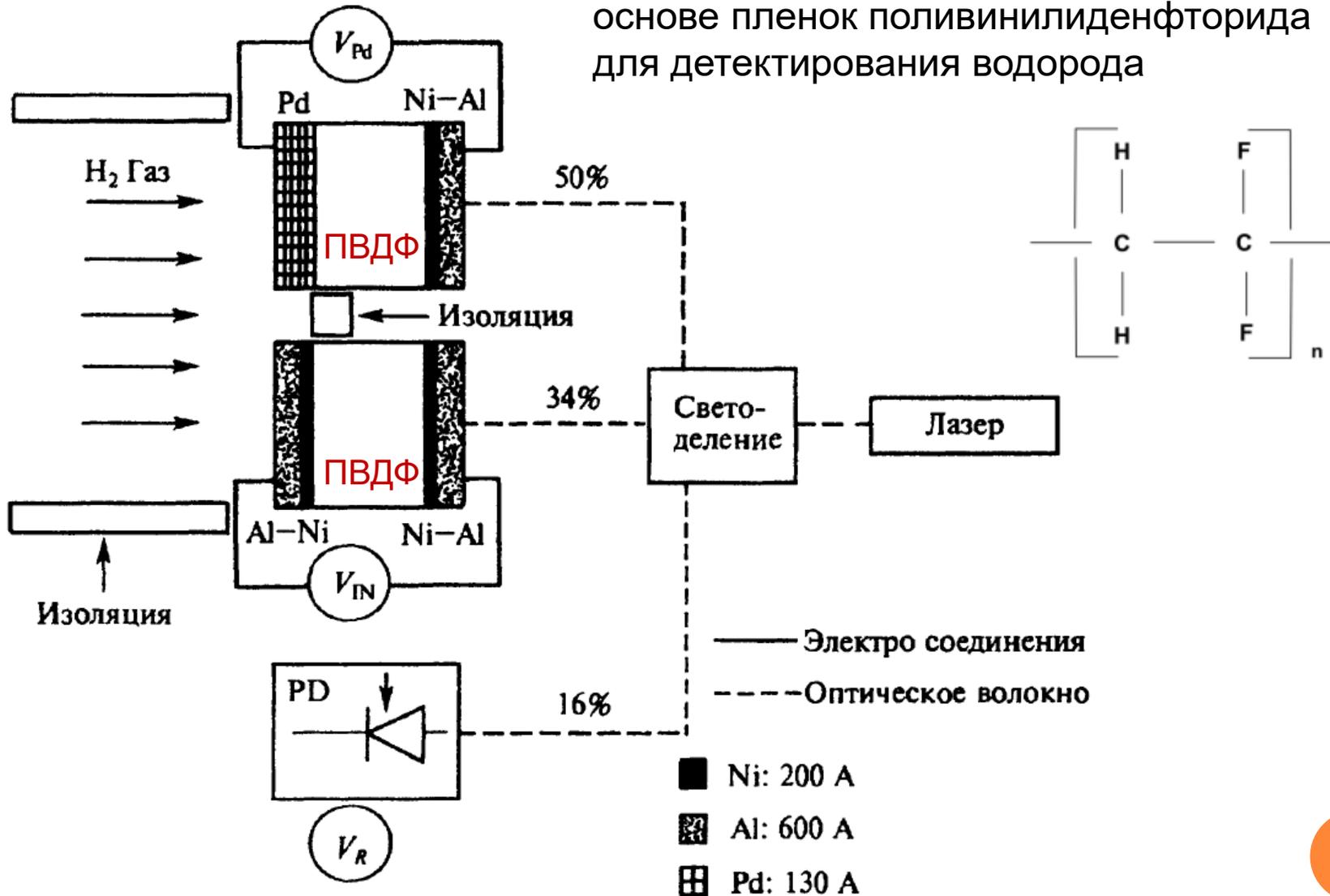
Измерительный резонатор имеет активное покрытие и способен адсорбировать молекулы анализируемого вещества. Сигналы от двух генераторов смешиваются, и выделяется разностная частота, которая может быть измерена с высокой точностью.

В качестве активных покрытий используются различные парафины, глютаминовая и жирные кислоты, лицетины и амины, в том числе и в виде плёнок Л-Б.



Пироэлектрические сенсоры

Фото-пиро-электрический сенсор на основе пленок поливинилиденфторида для детектирования водорода



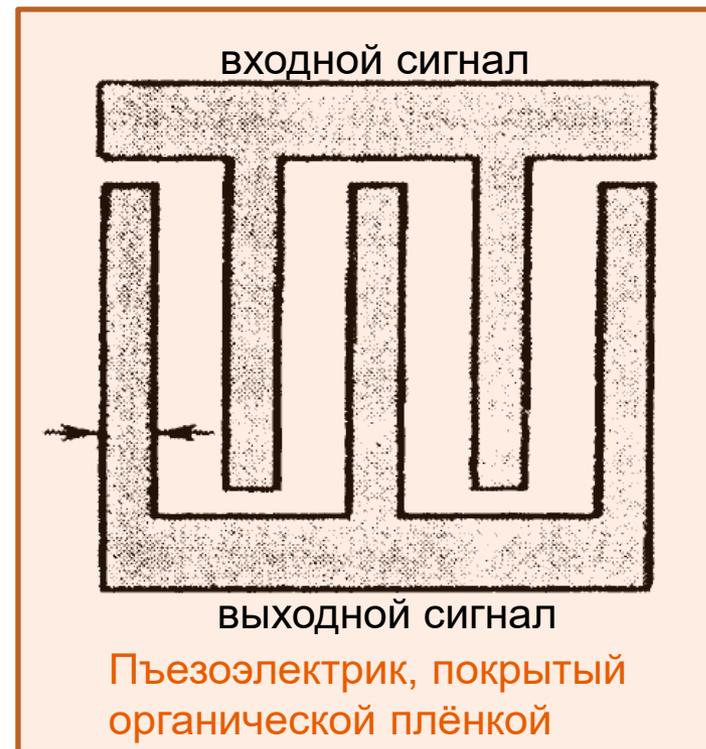
Чувствительность – 1 ppm

Сенсоры на поверхностных акустических волнах

Поверхность пьезоэлектрического материала покрывается органической пленкой, обладающей свойством селективной адсорбции. Когда молекулы газа адсорбируются на поверхность, они нарушают условия распространения вдоль нее поверхностных акустических волн. Взаимодействие приводит к изменению амплитуды, фазы и скорости распространения волны.

Детектированный газ	Примененный пьезоэлектрик	Активное покрытие
SO ₂	LiNbO ₃	Триэтаноламин
SO ₂	SiO ₂	Фталоцианин
NO ₂	LiNbO ₃ Или SiO ₂	Фталоцианин
Производные нитробензола	?	Аминопропил-триэтоксилан
Толуэн	ZnO/Al/Si _x N _y	Полидиметил-силоксан
H ₂ O	LiNbO ₃	Полиимид
H ₂ O	SiO ₂	Фталоцианин
Пары различных органических соединений	ZnO-Si Или SiO ₂	Различные полимерные пленки
CO ₂	?	Полиэтиленимин
CO	SiO ₂	Фталоцианин
CH ₄	SiO ₂	Фталоцианин

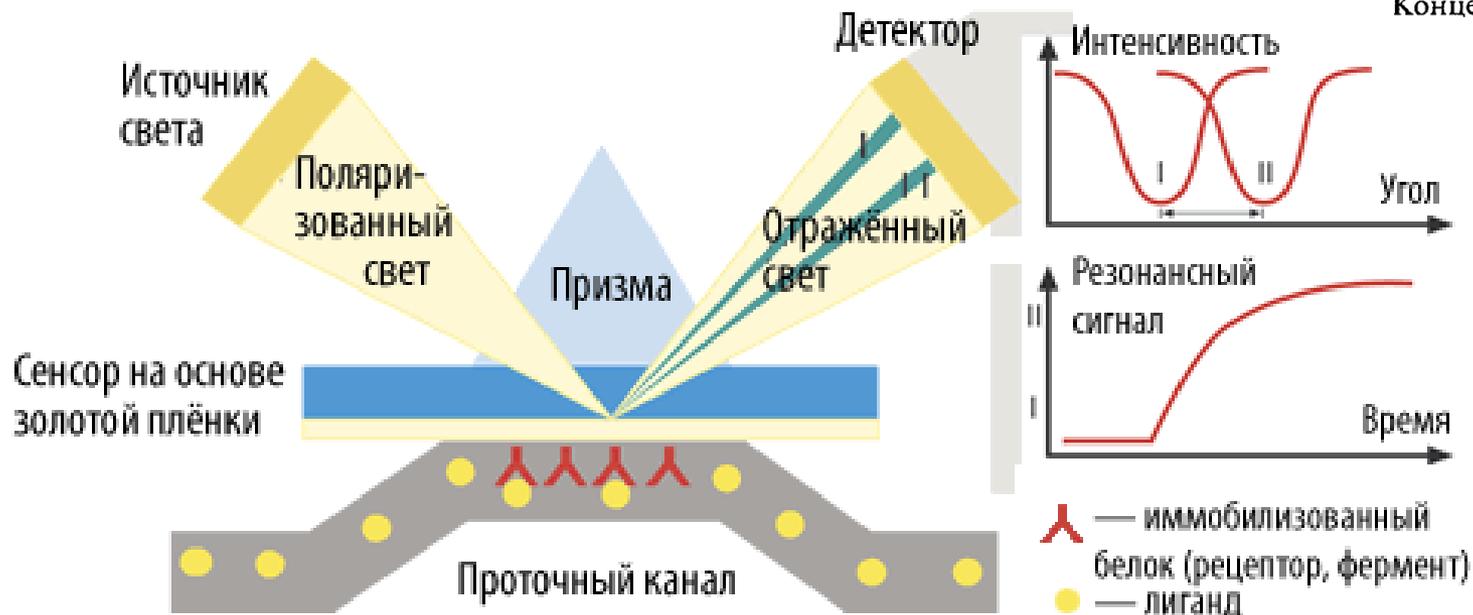
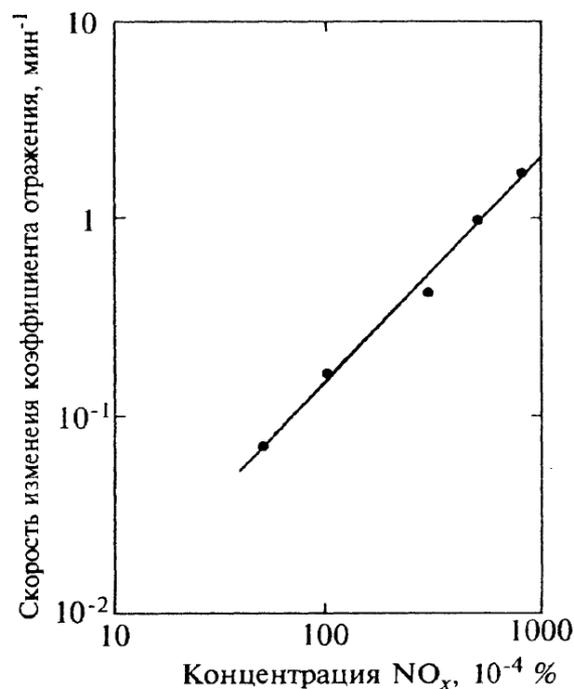
Гребенчатый преобразователь



Чувствительность – 10⁻⁴ ppm

Сенсоры на поверхностном плазмонном резонансе

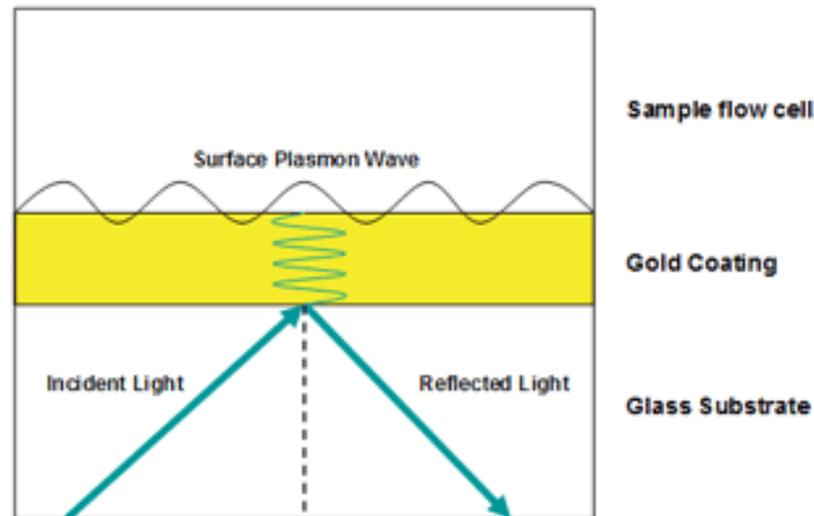
Изменения оптических свойств активной плёнки под действием окружающей среды регистрируются по изменению взаимодействия фотонов с поверхностными плазмонами на границе металл - активный слой.



Чувствительность – 10 ppt

Эффект поверхностного плазмонного резонанса

- **Плазмон** — квазичастица, отвечающая квантованию плазменных колебаний, которые представляют собой коллективные колебания свободного электронного газа.
- Объемные плазмоны описывают колебания электронов проводимости внутри ионной решетки кристалла. В свою очередь *поверхностные плазмоны* — это кванты колебаний плотности свободных электронов металла, распространяющиеся только вдоль его границы с диэлектриком.



Взаимодействие поверхностных плазмонов со светом

$$\omega_{pe} = \sqrt{\frac{4\pi n e^2}{\epsilon m_e}}$$

— плазменная частота объёмных продольных колебаний электронного газа

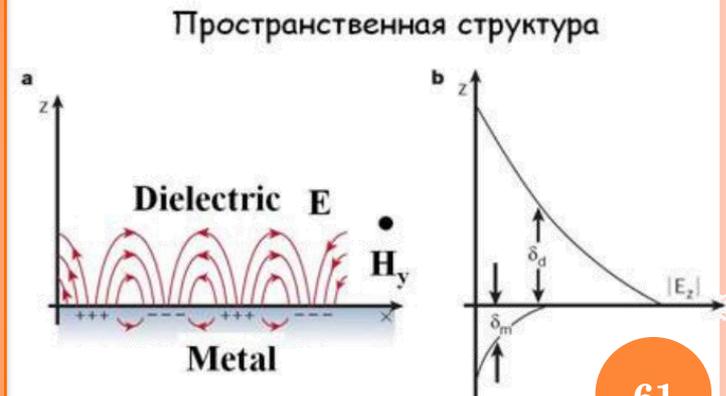
$$E = \hbar\omega$$

Свет с частотой ниже плазменной отражается от поверхности металла, более высокочастотные волны проходят через металл.

$$\omega_s = \sqrt{\frac{4\pi n e^2}{(\epsilon + 1)m_e}}$$

— плазменная частота поверхностного плазмона

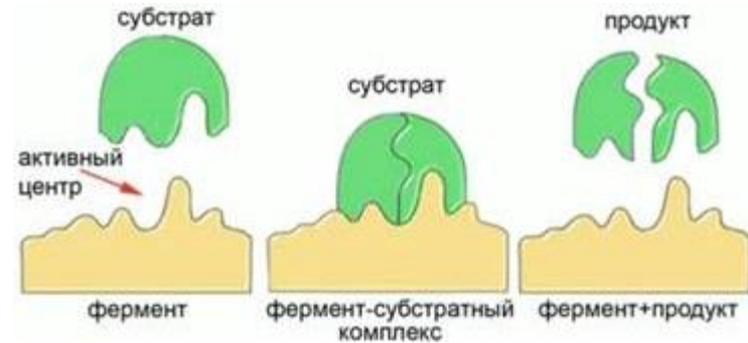
Поверхностные плазмоны могут взаимодействовать с фотоном, образуя квазичастицы — **поляритоны**. Поверхностный поляритон (поверхностная оптическая волна) — электромагнитная волна, распространяющаяся вдоль границы раздела сред и существующая одновременно в них обеих. Интенсивность такой волны быстро убывает при удалении от границы раздела сред.



Биосенсоры

Биосенсор можно определить как систему, объединяющую биологический чувствительный элемент, обычно иммобилизованный на поверхности твердого тела, с электронным либо оптическим преобразователем сигнала.

- Распознавание по биосродству:
 - антитело-антиген
 - рецептор-лиганд
- Био-метаболическое распознавание



<i>Расознаваемые в-ва</i>	<i>Примеры</i>
Вещества, участвующие в метаболизме	Кислород, метан, этанол и др.
Субстраты для энзимов	Глюкоза, пенициллин, мочевиана
Лиганды	Гормоны, феромоны, токсины
Антигены и антитела	Иммуноглобулины
Нуклеиновые кислоты	ДНК, РНК

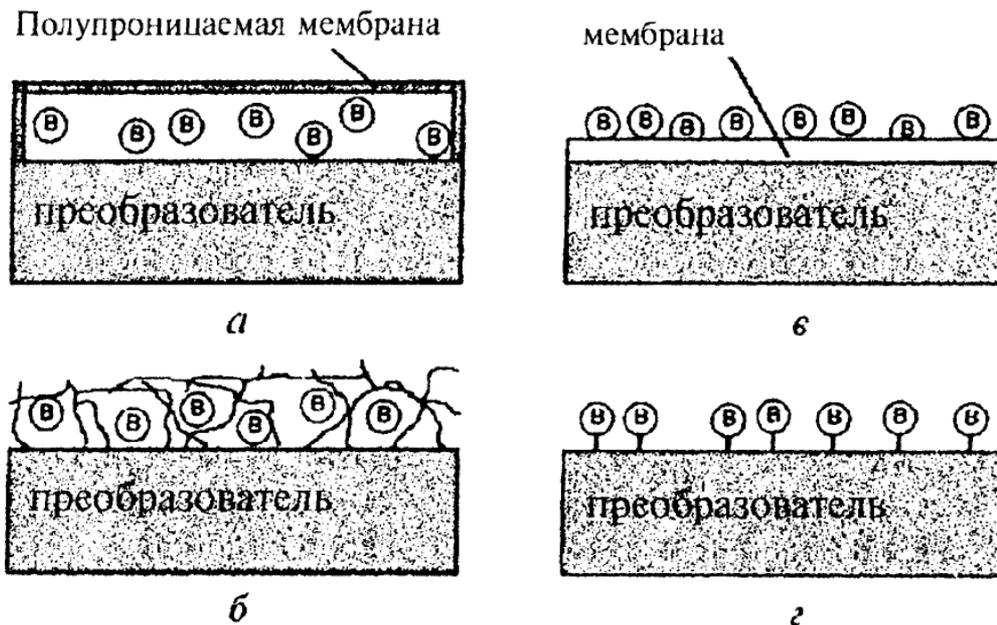
Основное отличие биосенсоров от других типов химических сенсоров состоит в их гораздо более высокой чувствительности и избирательности.

Биосенсоры

Ключевым моментом при создании биосенсора является иммобилизация биологически активного элемента на поверхности преобразователя.

Иммобилизация должна:

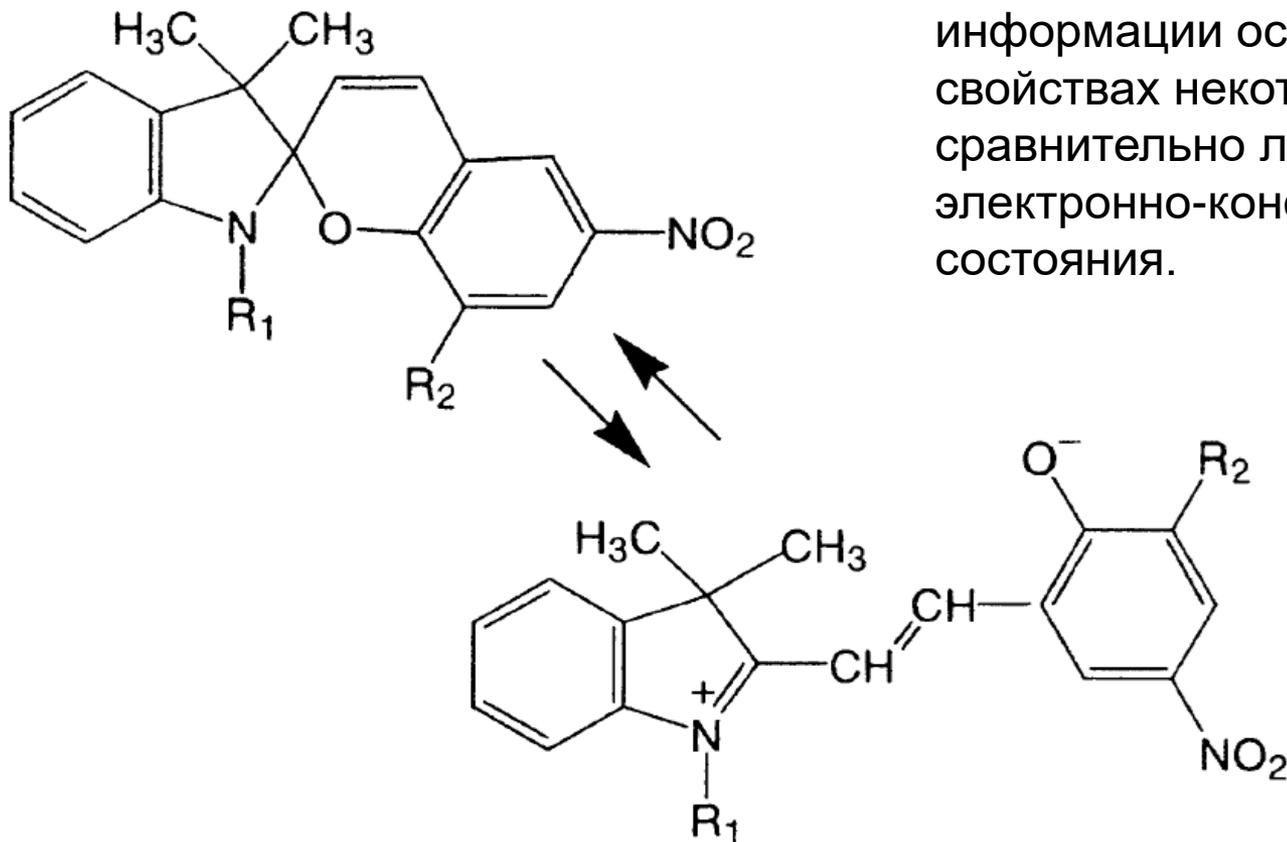
- 1) удерживать активный материал на поверхности твердого тела, не давая ему оторваться в течении всего времени жизни сенсора;
- 2) давать возможность вводить сенсор в соприкосновение с исследуемым веществом;
- 3) давать возможность удаления из иммобилизованного слоя продуктов реакции;
- 4) не изменять естественные свойства биологически активного материала.



Компоненты биосенсоров

Био-элементы	Преобразователи	Примеры преобразователей
Микроорганизмы	Электрохимические:	
Ткани	а. Потенциометрия	Ион-селективные электроды и полевые транзисторы
Клетки		
Органеллы	б. Амперометрия	Микроэлектроды
Мембраны	в. Импедансометрия	Микроэлектроды
Энзимы	Оптические	Волоконная оптика и люминесценция
Рецепторы	Калориметрические	Термисторы и термопары
Антитела	Акустические	Линии задержки на поверхностных волнах и пьезорезонансные весы
Нуклеиновые кислоты		

Устройства хранения информации

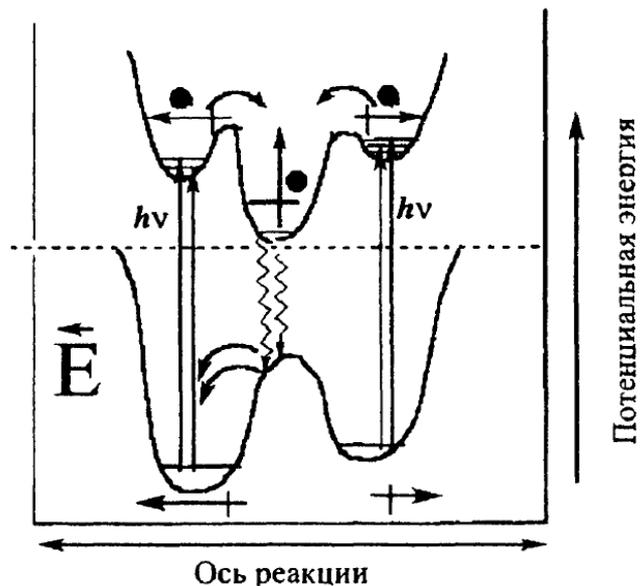


Принципы записи двоичной информации основаны на свойствах некоторых изомеров сравнительно легко изменять свои электронно-конформационные состояния.

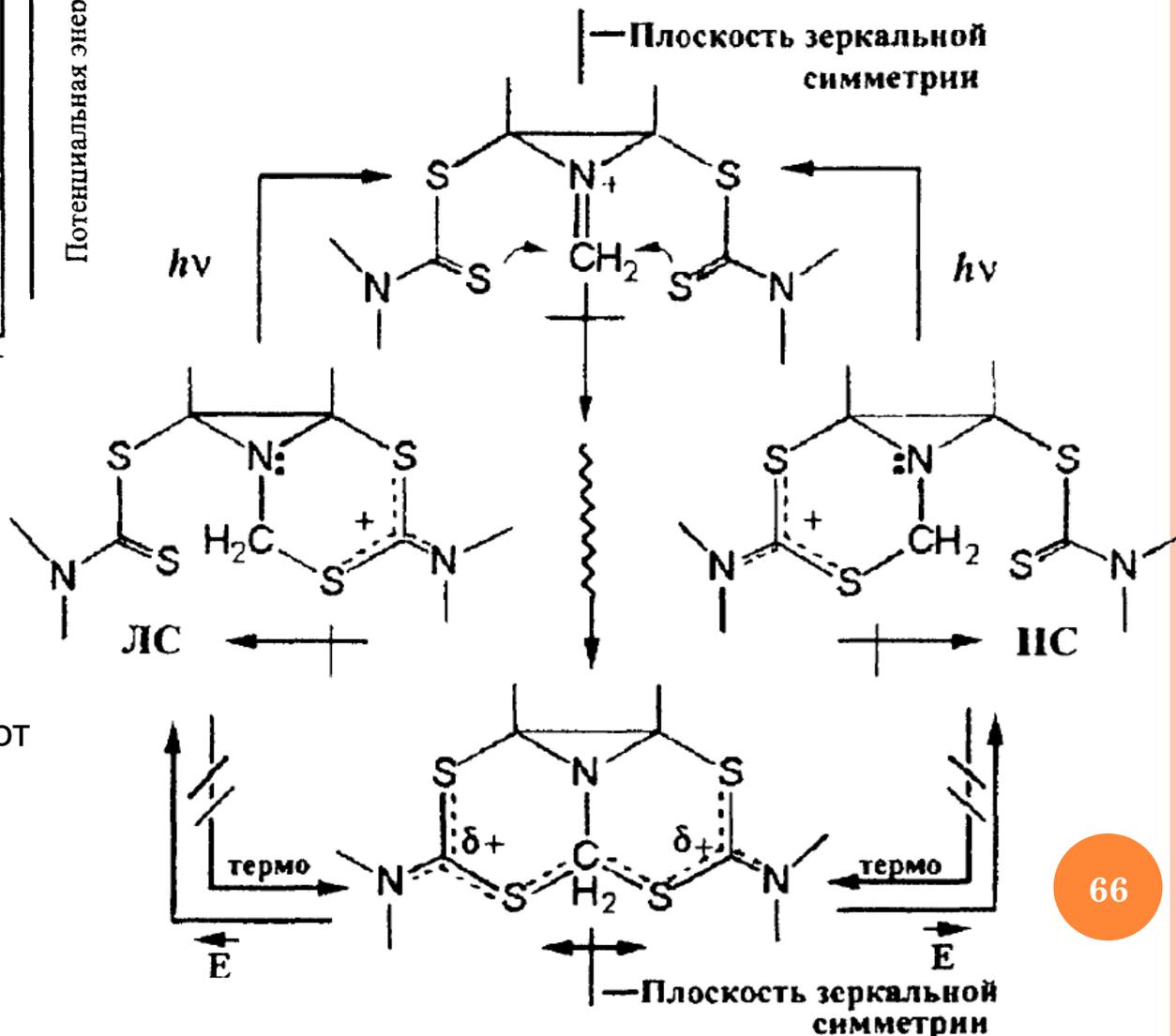
Сополимер метакрилата и производного спиробензопирана осажден на подложку в виде упорядоченной пленки Л-Б. В прямом направлении реакция проходит под действием УФ-излучения ($\lambda = 370$ нм), в обратном - под действием света в видимом диапазоне ($\lambda > 390$ нм) и сопровождается резким изменением цвета и коэффициента поверхностного натяжения в этой плёнке.

Устройства хранения информации

Переключающие элементы на зеркально симметричных изомерах с электрооптическим переключением

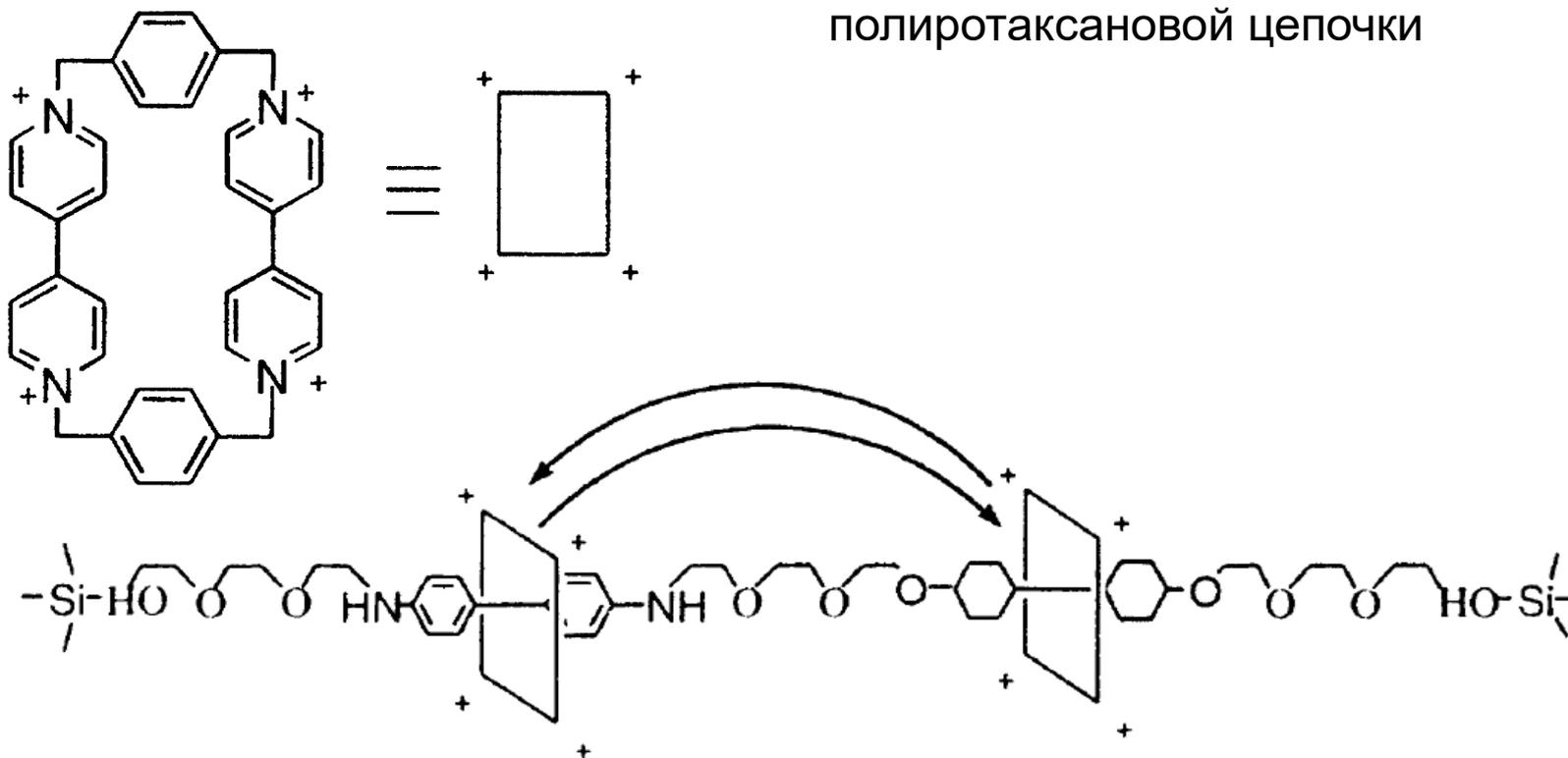


Состояния молекулы с различным типом симметрии отделены друг от друга достаточно высоким потенциальным барьером, поэтому переходы между ними за счет тепловых флуктуаций невозможны.



Устройства хранения информации

Переключаемый элемент на основе полиротаксановой цепочки

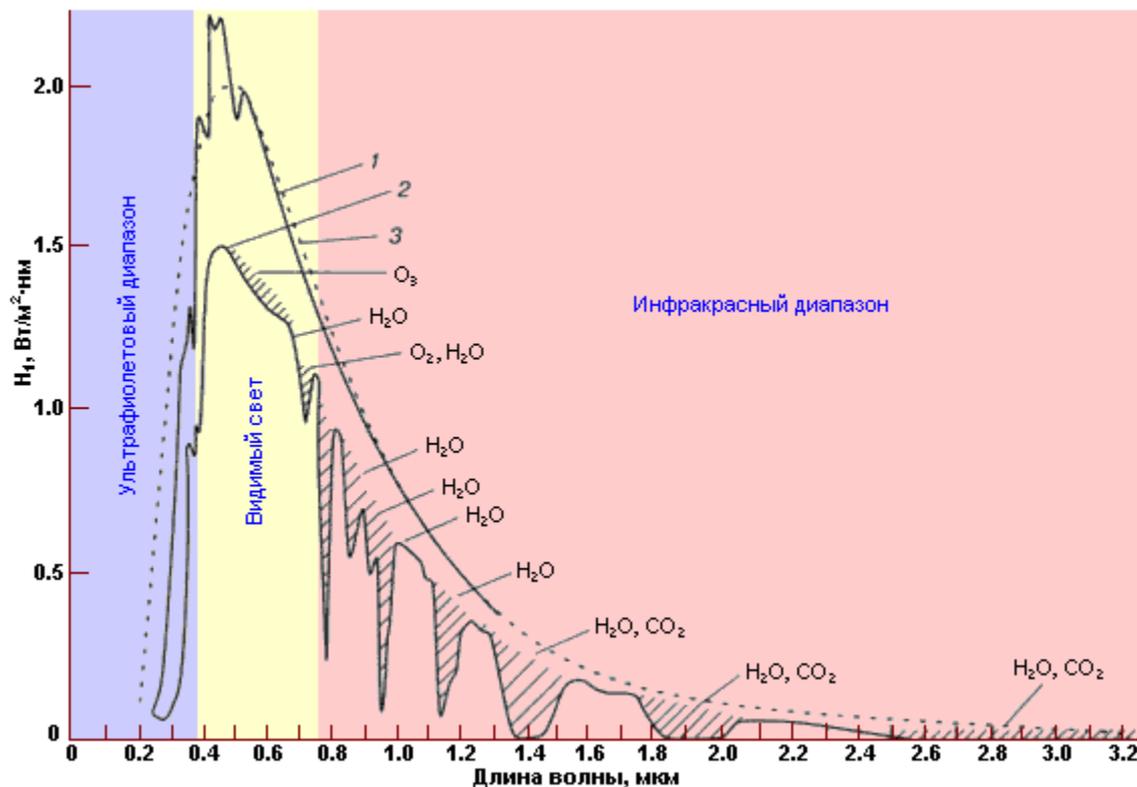


Перемещение производной фенилена в сторону бифенольной группы происходит в результате протекания химических реакций (окисления, протонизации), при этом существенно изменяется окраска вещества (максимум в спектре поглощения смещается с 690 на 480 нм).

Солнце – источник энергии

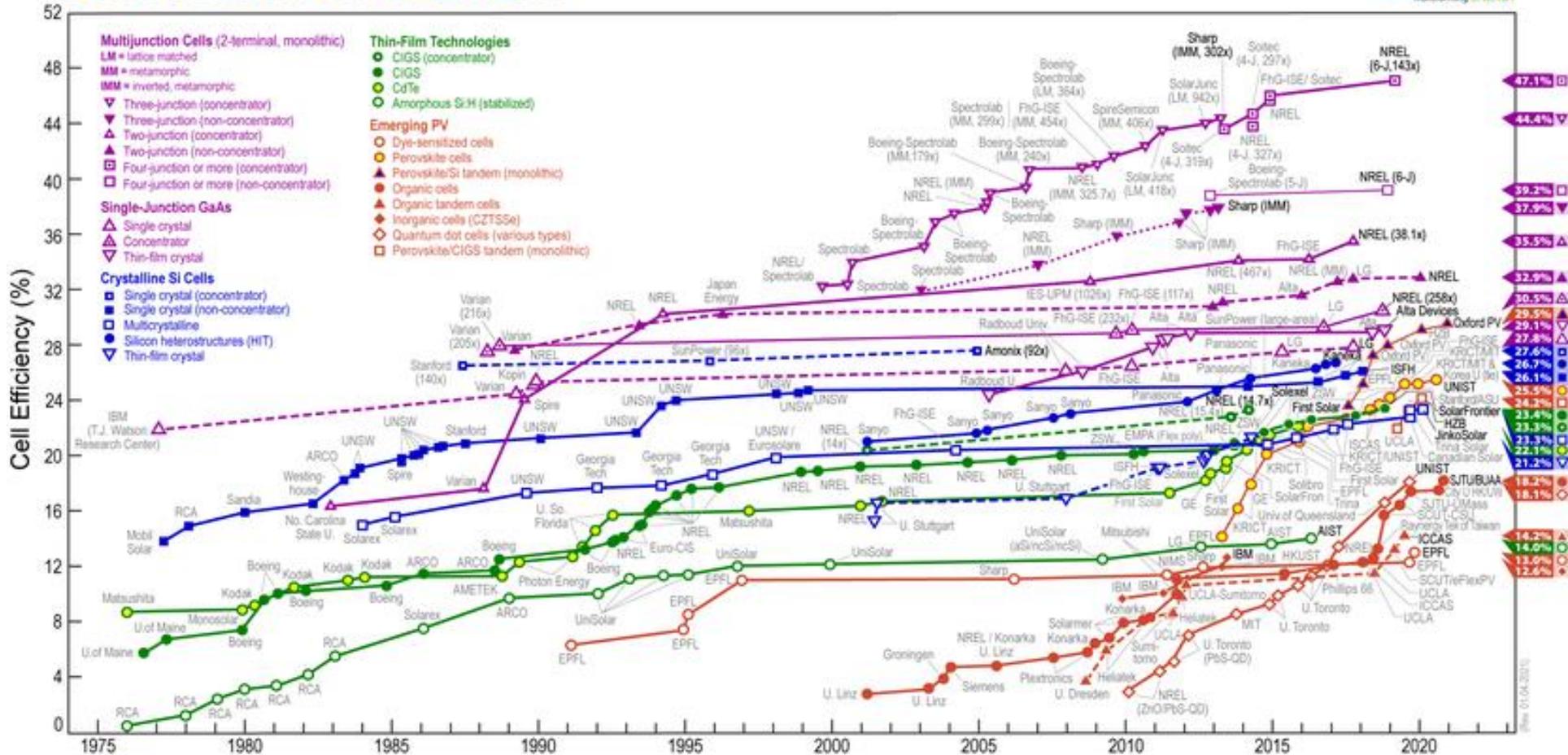
Солнечный элемент (solar cell) – устройство, непосредственно преобразующее энергию солнечного излучения в электрическую. Действие солнечных элементов обычно основано на явлении внутреннего фотоэффекта в полупроводниковых структурах.

«Энергетика будущего» связывается с крупномасштабным использованием солнечной энергии, причём в самых разных её проявлениях.

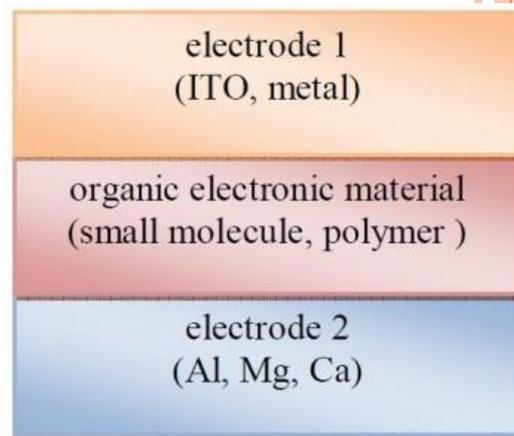
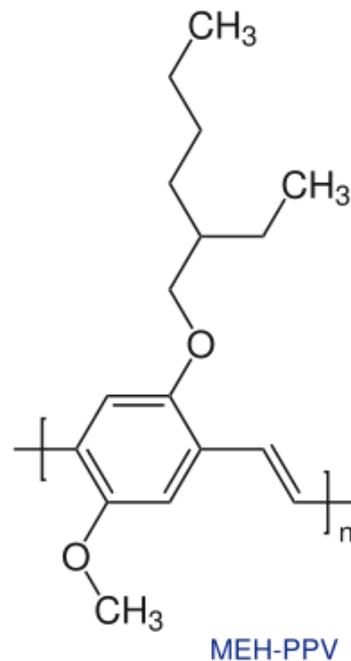
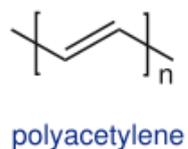
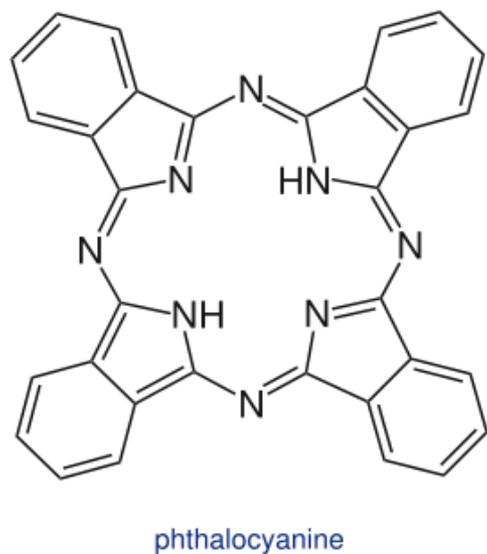
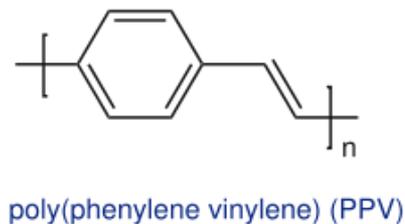
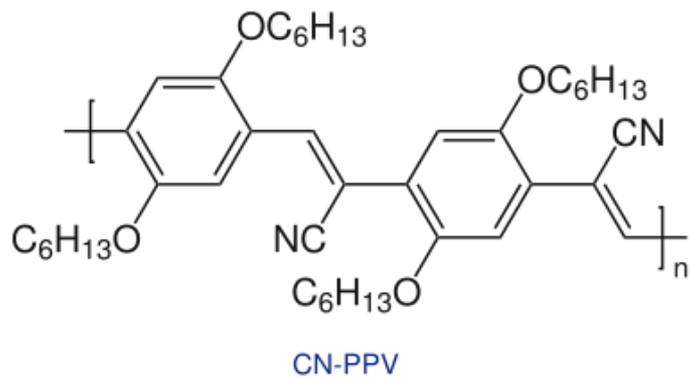


Эффективность солнечных элементов

Best Research-Cell Efficiencies



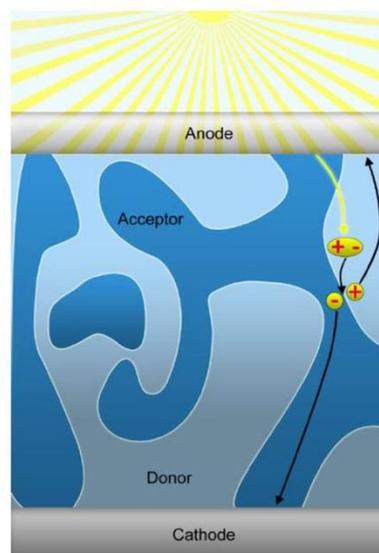
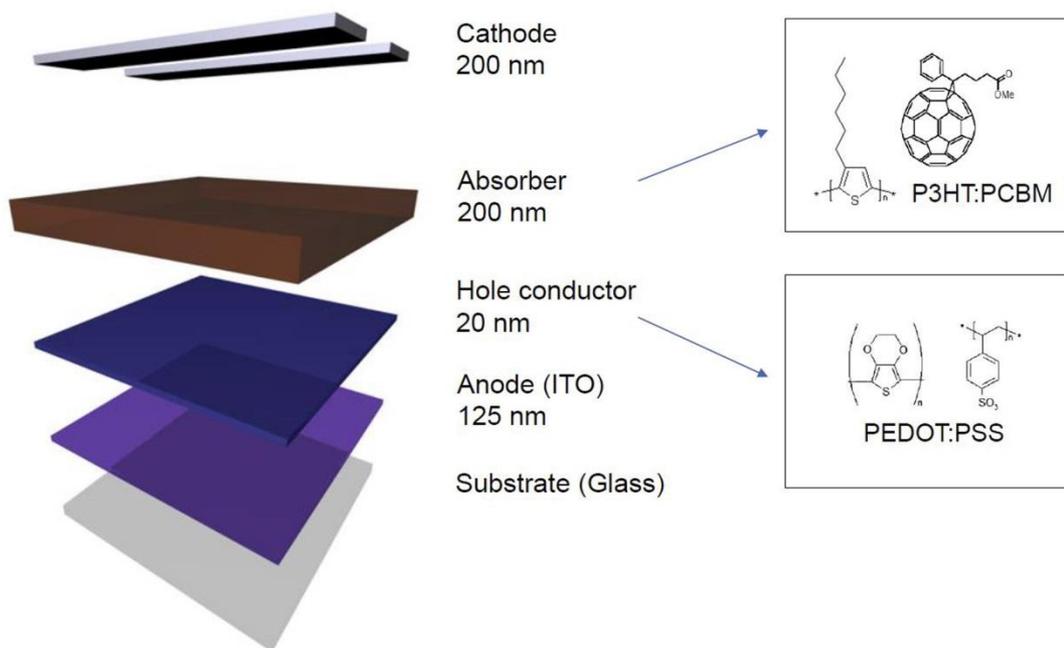
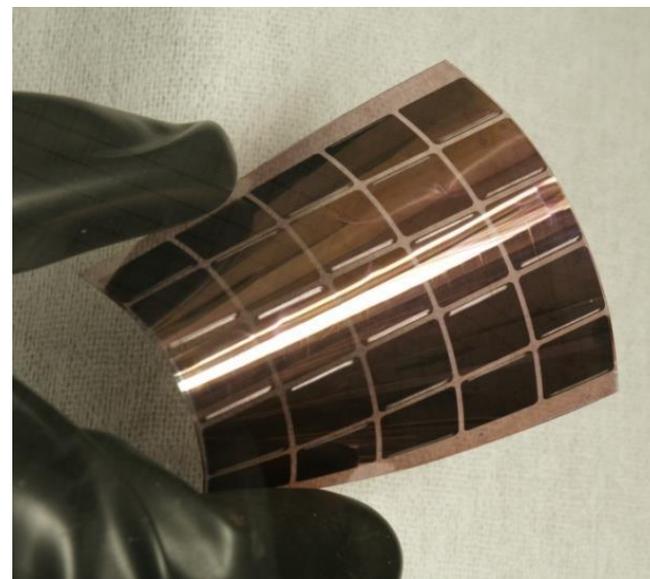
Органические фотовольтаические материалы



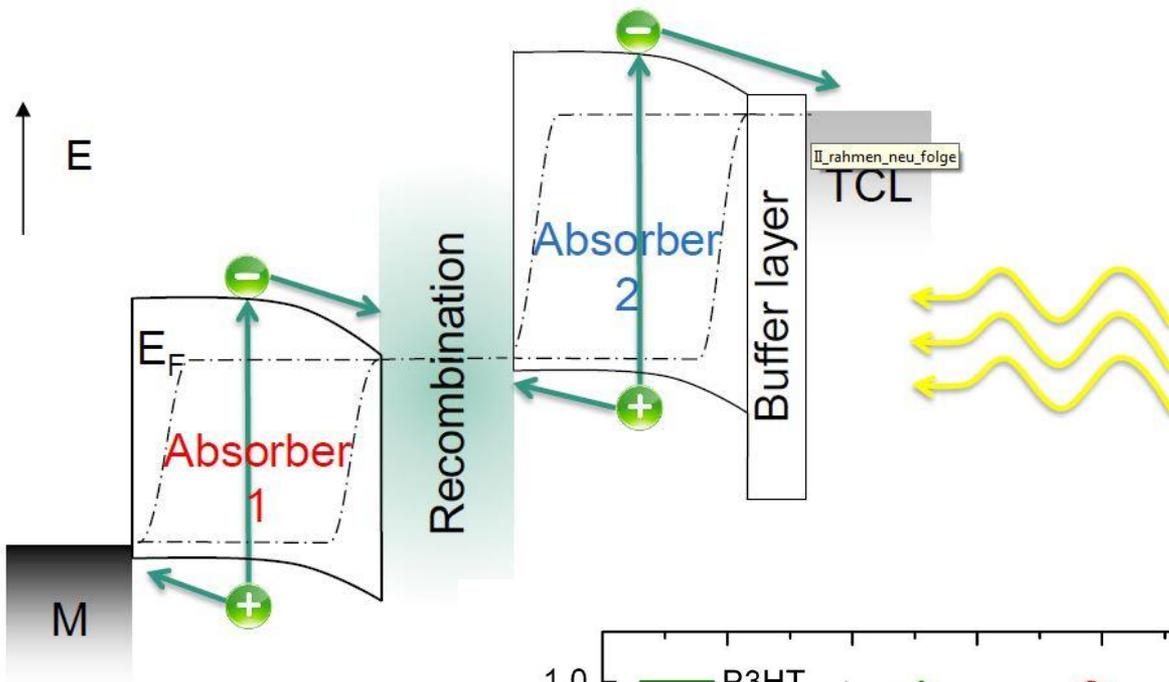
CN-PPV - cyano-polyphenylene vinylene.

Органические фотовольтаические материалы

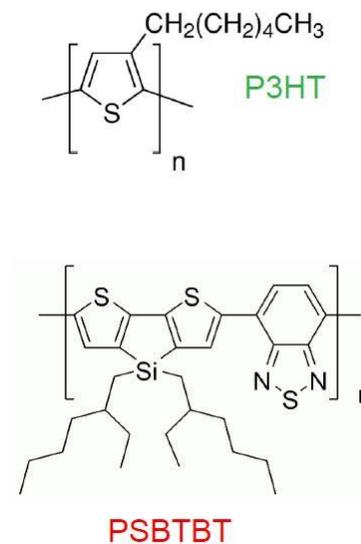
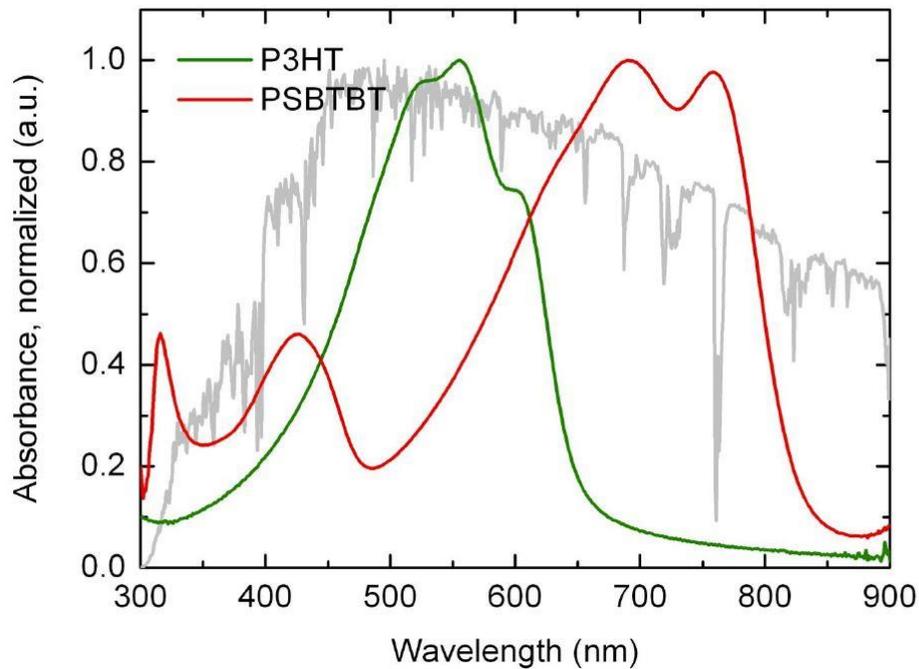
Обычно требуется, чтобы акцептор электронов (absorber) и молекулы донора (hole conductor) взаимно проникали друг в друга, формируя объёмный гетеропереход



Каскадная органика



КПД 18%



Faith, trust and pixie dust

