

*Научный прогресс движется
преувеличенными ожиданиями
Жюль Верн*

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КОМПЬЮТЕР

Юровских Д. А.
Группа М 43051

Содержание

Начало пути

Основные технологии

Компьютерная эволюция

Закон Мура

- В 1965г. Гордон Мур предсказал, что количество транзисторов на микросхеме будет ежегодно удваивается. Закон Мура действует и сейчас, правда, с небольшими поправками (удвоение происходит каждые 18 месяцев). Но для кремниевой технологии предсказание Мура не может выполняться вечно.
- Первое ограничение связано с ростом стоимости производства. За последние 30 лет оборудование для выпуска микросхем подорожало примерно в 1000 раз.
- Второе – невозможности уменьшения размеров элементов. Когда размеры транзисторов и расстояния между ними достигнут нескольких десятков нанометров, вступят в силу «размерные эффекты» т.е. физические явления, полностью нарушающие работу традиционных кремниевых устройств.
- Многие специалисты связывают будущее кремниевой техники с переходом к трехмерной архитектуре микросхем, позволяющих при тех же размерах элементов разместить гораздо большее их число в одном кристалле кремния. Но переход на трехмерную технологию не решит проблему размерных эффектов. Возможно применения вместо кремния других полупроводников, например арсенида галлия. Однако, технологии на основе арсенида галлия намного сложнее кремниевых.
- Сейчас один из наиболее перспективных путей решения проблемы предлагает молекулярная электроника.

“Прошлое” молекулярной схемотехники

- Впервые теория использования органической молекулы в качестве элементной базы микроэлектроники возникла в 1974 году, когда ведущие инженеры фирмы IBM А.Авирам и М.Ратнер предложили модель выпрямителя (диода), состоящего из одной органической молекулы. Две половинки этой молекулы обладают противоположными свойствами по отношению к электрону: одна может только отдавать электрон (донор), а другая – только принимать (акцептор). Если поместить такую ассиметричную молекулу между двумя металлическими электродами, то вся система будет проводить ток только в одном направлении.
- Выдвигались идеи создания молекулярных систем на основе аналога полупроводникового транзистора за счет внедрения между донорной и акцепторной частями молекулы дополнительной управляющей молекулярной группировки (затвора), свойства которого могут быть изменены каким-либо воздействием (подачей напряжения, освещением и т.п.). Если соединить два таких транзистора, получится аналог полупроводникового триггера (или вентиля) – устройства, которое может переключаться между двумя устойчивыми состояниями, выполняющими роль логического 0 и 1. А это, по сути, базовый элемент любого компьютера, работающего по принципу бинарной (двоичной) логики.
- Следующим важным шагом в развитии молекулярной схемотехники стал отказ от простого копирования полупроводниковых схем с заменой в них обычных транзисторов на молекулярные. Дело в том, что существует множество как природных, так и синтезированных человеком молекул, которые сами по себе могут служить логическими элементами. Их разделяют на два типа. К первому относятся молекулы, обладающие двумя устойчивыми состояниями, которым можно приписать значения 0 и 1. Научившись переключать их из одного состояния в другое с помощью внешних воздействий, мы фактически получим уже готовый вентиль. Молекулы второго типа содержат фрагменты, способные выполнять роль упомянутых выше управляющих группировок. Одна такая молекула может работать как логически активный элемент НЕ-И, НЕ-ИЛИ и т.д. На основе уникальных свойств органических молекул уже сегодня разработано множество вариантов схем для гипотетического молекулярного компьютера.

Достоинства Молекулярная электроника

- Молекулярная электроника определяется как кодирование (запись), обработка и распознавание (считывание) информации на молекулярном и макромолекулярном уровне. Основное преимущество молекулярного приближения заключается в возможности молекулярного дизайна и производства приборов "снизу вверх", т.е. атом за атомом или фрагмент за фрагментом, - параметры приборов определяются органическим синтезом и методами генной инженерии. Двумя общепризнанными достоинствами молекулярной электроники являются значительное уменьшение размеров устройств и времени срабатывания (gate propagation delays) логических элементов.

Преимущества молекулярного компьютера перед кремниевым

- Ещё в 1959 году Ричард Фейнман указал на то, что молекулы, обладающие определёнными свойствами, смогут работать как переключатели и заменить собой транзисторы, а технический прогресс сделает возможным и манипуляции с отдельными атомами и молекулами. Это предсказание начинает сбываться.
- Размеры будущего молекулярного транзистора будут на два порядка меньше самых миниатюрных кремниевых. Поскольку, производительность компьютера пропорциональна количеству транзисторов, размещаемых на единице площади, то выигрыш в производительности будет огромным. Так, если уменьшить размер транзистора до молекулярных размеров (примерно до одного нанометра), то на единице площади интегральной схемы поместится в миллион раз больше транзисторов. Если ещё вдобавок к этому время отклика уменьшится до фемтосекунд (на шесть порядков) — а именно таково характеристическое время протекания элементарной стадии химической реакции, — то эффективность молекулярного компьютера может оказаться в 100 миллиардов раз выше, чем современного кремниевого.

Современные компьютеры	Молекулярные компьютеры
Размер транзистора — до 100 nm	Молекулярный транзистор — 1–10
Транзисторов на 1 см ² — до 10 ⁷	~ 10 ¹³ на 1 см ²
Время отклика — < 10 ⁻⁹ с	До 10 ⁻¹⁵ с
Эффективность — 1	Эффективность — 10 ¹¹

Суперкомпьютер сверхмалых размеров



- Что такое молекулярный компьютер? Это устройство, в котором вместо кремниевых чипов, применяемых в современных компьютерах, работают молекулы и молекулярные ансамбли.
- В основе новой технологической эры лежат так называемые „интеллектуальные молекулы“. Такие молекулы (или молекулярные ансамбли) могут существовать в двух термодинамически устойчивых состояниях, каждое из которых имеет свои физические и химические свойства.
- Переводить молекулу из одного состояния в другое (переключать) можно с помощью света, тепла, химических агентов, электрического и магнитного поля и т.д. Фактически такие переключаемые бистабильные молекулы — это наноразмерная двухбитовая система, воспроизводящая на молекулярном уровне функцию классического транзистора.

Вопрос № 1

- Два основных достоинства молекулярного компьютера

Уменьшение статистических погрешностей и увеличение стабильности хранения информации

Уменьшение размеров устройств и увеличение стабильности хранения информации

Увеличение стабильности хранения информации и уменьшение времени срабатывания

Уменьшение размеров устройств и времени срабатывания

Уменьшение времени срабатывания и увеличение стабильности хранения информации

Вопрос № 2

- Один из возможных путей развития полупроводниковой техники

Применение арсенида бария

уменьшение энергопотребления

Применение германия

уменьшение размеров элементов до нескольких молекул

Переход к трехмерной архитектуре микросхем

Вопрос № 3

- А.Авирам и М.Ратнер предложили модель диода, состоящего из

Одной неорганической молекулы

Двух органических молекул

Двух неорганических молекул

Одной органической молекулы

Вопрос № 4

- Во сколько раз эффективность молекулярного компьютера может оказаться выше современного кремниевого?

10^{11} раз

10^8 раз

10^{10} раз

10^6 раз

Содержание

Начало пути

Основные технологии

Компьютерная эволюция

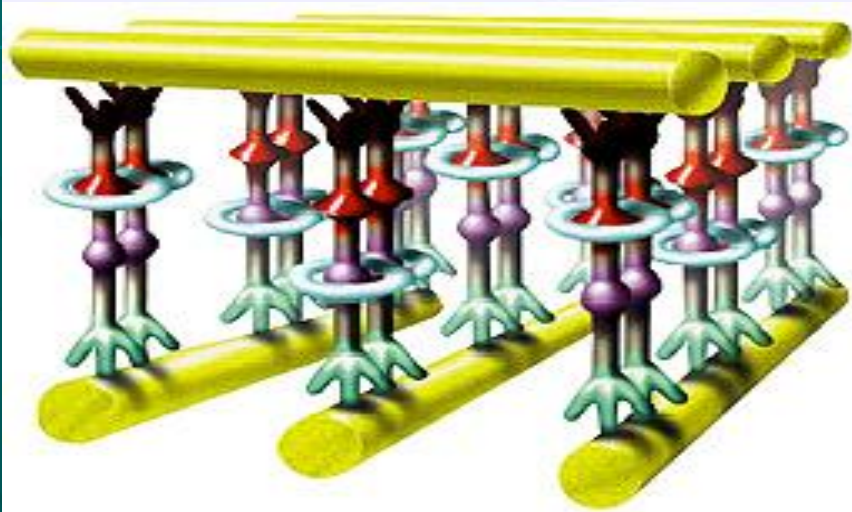
Основные компоненты

- Основные компоненты молекулярного компьютера должны быть теми же, что и у обычного компьютера :
 - Система ввода информации
 - Вычислительный блок (процессор)
 - Система хранения информации (память)
 - Система вывода информации.
 - Провода и блок питания.
- Важной особенностью является то, что на одном и том же принципе может быть получены разные компоненты (память, процессор, провода).
- Переключатели будут управляться световыми и электрическими импульсами или электрохимическими реакциями. Память может работать на принципе „запоминания“ оптических или магнитных эффектов, а проводниками могут стать нанотрубки или сопряжённые полимеры. Сейчас уже созданы многочисленные варианты всех основных составляющих компьютера будущего.

Молекулярный переключатель

Основные технологии

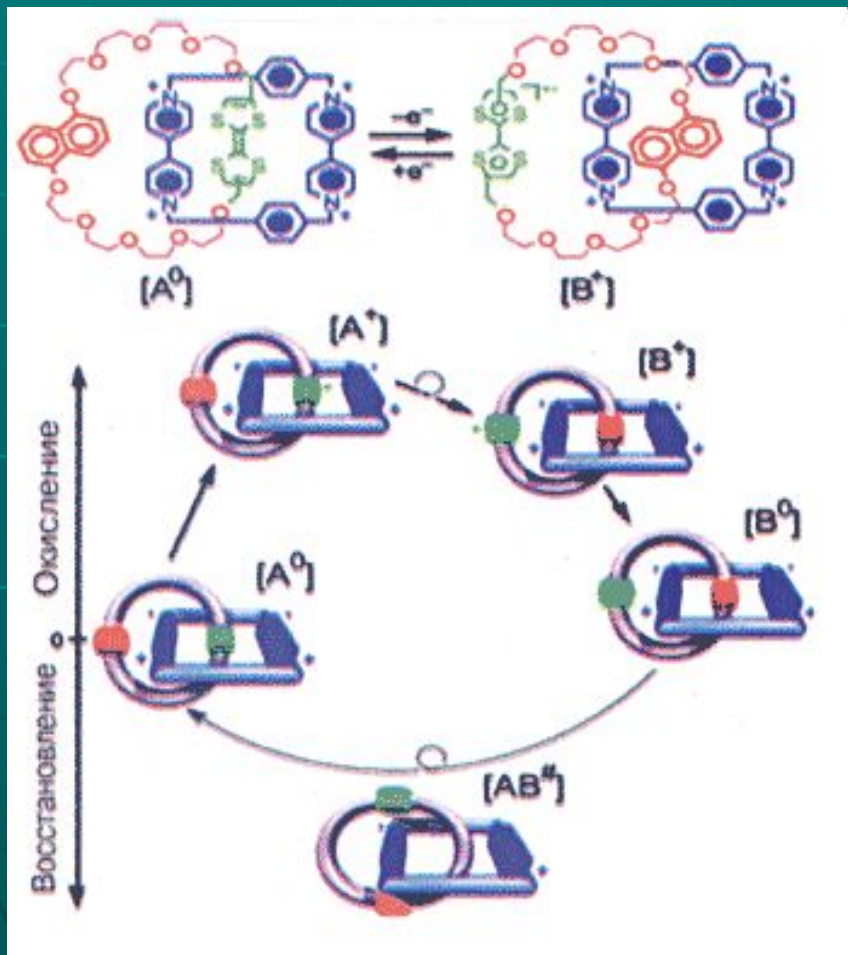
Молекулярный "переключатель":
"ось" без "кольца" начинает светиться



- Большого успеха достигли учёные компании Hewlett-Packard в работе с молекулами псевдоротоксана. Им удалось насадить такую молекулу, имеющую форму кольца, на ось – линейную молекулу.
- Для того чтобы кольцо не соскакивало с оси, к ее концам присоединяются крупные молекулярные фрагменты, играющие роль "гаек" (в этом качестве использовались разнообразные донорные группы). При реакции с кислотой (H^+) или основанием (B) кольцо может скользить от одного конца оси к другому, "переключая" химическое состояние.
- В принципе на молекулярном уровне воссоздается механическое устройство, весьма похожее на соединение стержней и колесиков в первых, самых примитивных, вычислительных устройствах XVII века.
- Эта изящная химическая молекула переключатель была изучена еще в начале 90-х годов, однако для практической реализации идеи требовалось еще придумать методы объединения и управления массивами этих минимикродиодиков. Создав моно слой одинаково ориентированных молекул такого типа на поверхности металла (эту очень сложную задачу удалось решить, используя новейшие нанотехнологические методы самосборки), ученые осадил на него тончайший слой золота и уже создали на этой основе примитивные прототипы логических вентиляей.

Молекулярный переключатель

Основные технологии

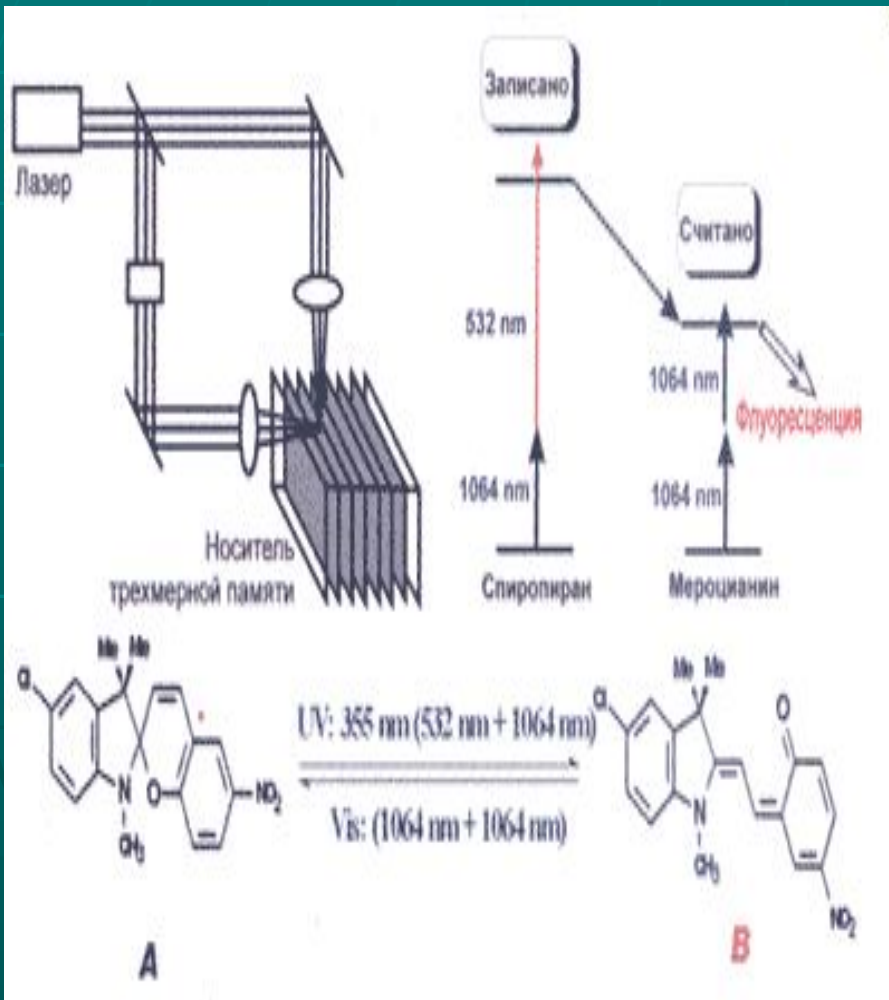


- Наиболее эффективные молекулярные переключатели основаны на фотохромных соединениях, которые изомеризуются при переходе в высшие возбуждённые электронные состояния. После переключения кардинально перестраивается электронная конфигурация системы, а её геометрия остаётся практически прежней.

- Монослой молекул катенана помещают между металлическим и кремниевым электродами. После электрохимического окисления супрамолекулы на одной из её частей появляется дополнительный положительный заряд. Поскольку в исходной форме эта часть соседствует с одноимённым зарядом, то после окисления плюсы отталкиваются и молекула перегруппировывается. Образуется вторая стабильная форма, и меняется электрическое сопротивление. Переключение происходит при воздействии электрического поля (+2 В; -2 В), а считывание — измерением сопротивления (0,1 В). Главное достоинство такого переключателя — его исключительно высокая устойчивость. Цикл окисления-восстановления катенана можно совершать 10–20 тысяч раз без заметного разрушения супрамолекулярной системы.

Молекулярная память

Основные технологии



Чтобы записать информацию в объёме образца или, по крайней мере, на нескольких его слоях, нужна новая система записи. Для этого используют метод двухфотонного поглощения.

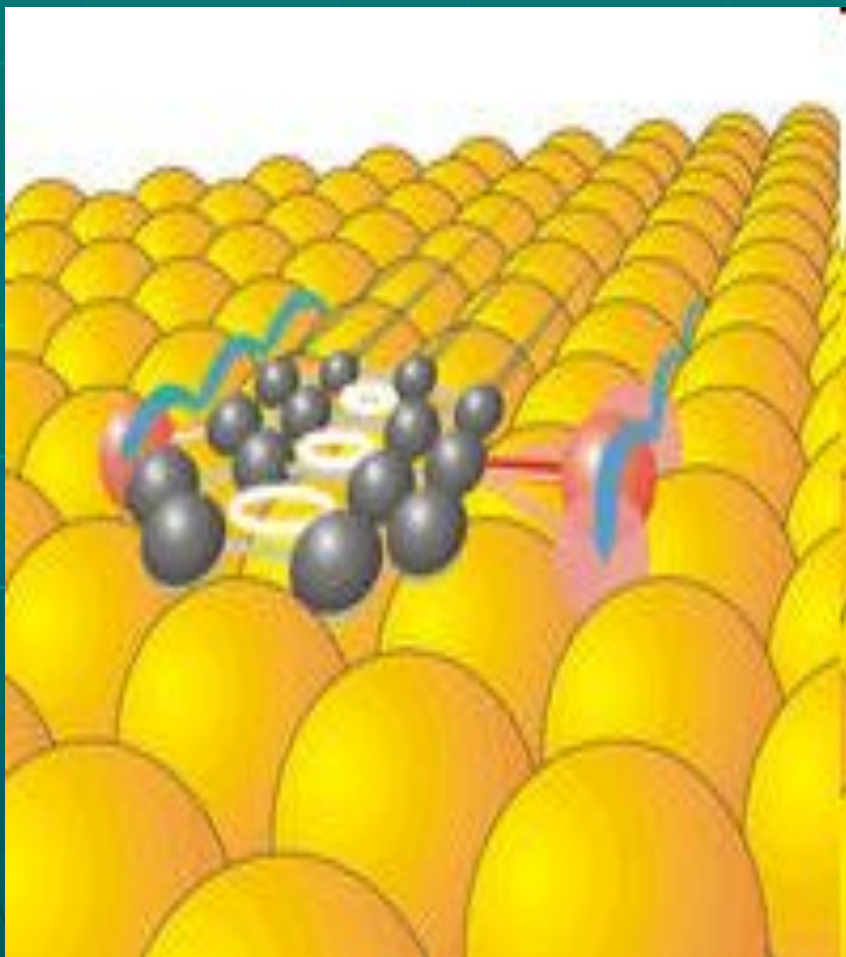
Суть метода в том, что необходимая для записи энергия ($h\nu$) доставляется двумя фокусируемыми в нужной точке лазерными пучками с частотами ν_1 и ν_2 , подобранными так, чтобы $h\nu = h\nu_1 + h\nu_2$.

Впервые принципиальную возможность такой схемы показал П. Рентцпис (Калифорнийский университет) в конце 80-х годов XX века. Он использовал для этого, в частности, фотохромную спиропирановую систему. Поглотив два фотона, молекула А перегруппируется в окрашенную мероцианиновую форму В. Считывание записанной таким образом информации происходит при регистрации флуоресценции молекулы В, также возбуждаемой двухквантовым переходом.

Флуоресценция — не единственный, но в силу особенно высокой чувствительности наиболее привлекательный метод считывания записанной информации.

Молекулярная память

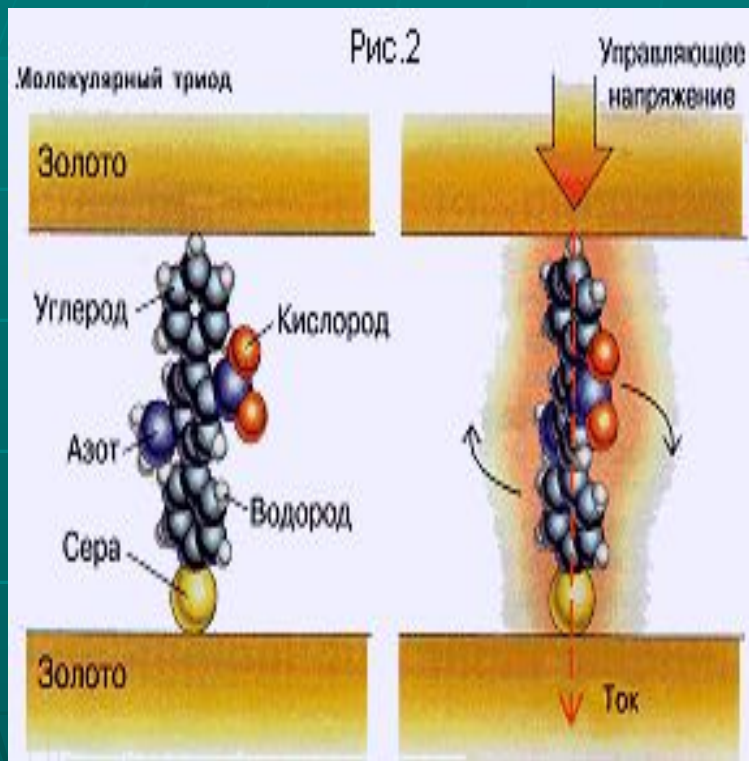
Основные технологии



- ▣ Исследователи из Калифорнийского университета в Риверсайде создали молекулу, способную передвигаться по ровной поверхности строго по прямой линии. Почти как человек.
- ▣ Разработанная группой профессора Людвиг Бартелса молекула "9,10-dithioanthracene" (DTA) копирует манеру передвижения человека, поочередно выбрасывая вперед правую и левую «ножки». Благодаря наличию такого «привода», молекула может передвигаться по любой ровной поверхности. В частности, по медному листу. По мнению авторов разработки, такие «ходячие молекулы» могут быть использованы для создания новых — молекулярных — средств хранения данных чрезвычайно большой емкости.
- ▣ Молекула, разумеется, ходит не сама по себе: чтобы она сделала шаг, ее нужно нагреть. В этом случае одна из ее «ножек» поднимается, перемещается вперед и опускается. Вторая «ножка» остается неподвижной, фиксируя молекулу на воображаемой прямой. Благодаря такому подходу, молекула способна самостоятельно передвигаться по прямой, без использования каких-либо направляющих. В ходе лабораторных тестов, сообщает Бартелс, молекула сделала свыше 10 000 шагов, ни разу не выйдя из равновесия.
- ▣ В соответствии с этой концепцией кодирование информации предполагалось осуществлять, изменяя положение выстроенных в ряд молекул, перемещая их по матрице, словно костяшки счет.
- ▣ Теоретически, созданная с использованием DTA молекулярная память может хранить на квадратном дюйме в 1000 раз больше информации, чем позволяют современные технологии изготовления запоминающих устройств.

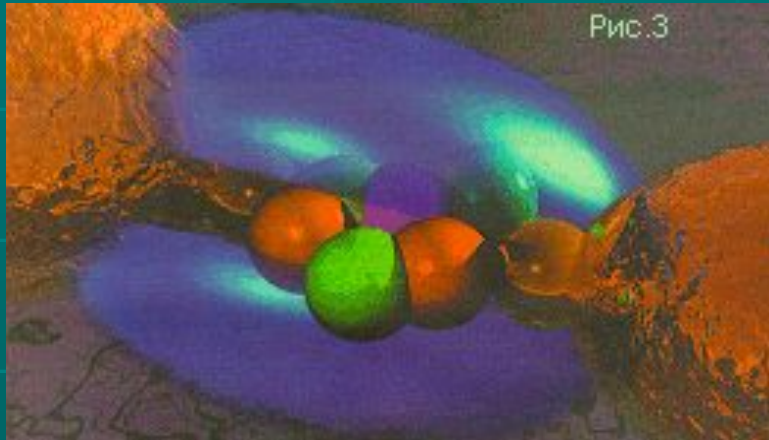
Молекулярная память

Основные технологии

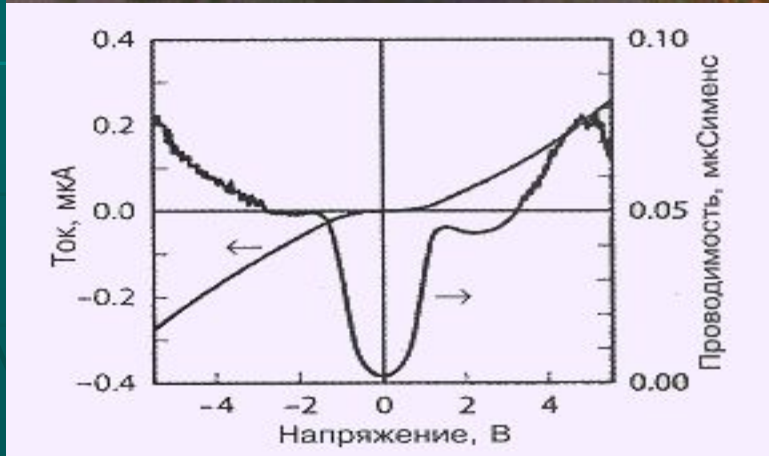


- Объединенная группа Марка Рида и Джеймса Тура (из университетов Иеля и Райса) продемонстрировала общественности еще один класс молекул-переключателей. Как написал один из авторов: "Мы создали молекулу с переменной электропроводностью, которая может накапливать электроны по нашей команде, то есть работать как запоминающее устройство".
- Джеймс Тур по специальной методике синтезировал молекулярную цепочку из звеньев бензол-1,4-дитиолата длиной 14 нанометров. В нее были введены группы, которые захватывают электроны, если молекула находится "под напряжением".
- Сложнейшая проблема заключалась в том, что переключение должно быть обратимым химическим процессом. Для работы молекулы в качестве запоминающего элемента ее необходимо научить не просто захватывать электроны, а удерживать их только в течение заданного времени. Именно в этом и состоит главное достижение Рида и Тура с коллегами.
- Электрохимический переключатель представляет собой цепочку из трех бензольных колец, к центральному из которых с противоположных сторон присоединены группы NO_2 , и NH_2 , (на рисунке выделены цветом). Такая асимметричная молекулярная конфигурация создает электронное облако сложной формы, в результате чего возникает физический эффект – при наложении поля молекула закручивается, ее сопротивление меняется, и она начинает пропускать ток (правая часть рисунка). При снятии поля молекула раскручивается в обратную сторону и возвращается в исходное состояние. Переключатель, созданный по этому принципу, представляет собой линейную цепочку из примерно 1000 молекул нитроаминобензолтиола, расположенную между двумя металлическими контактами

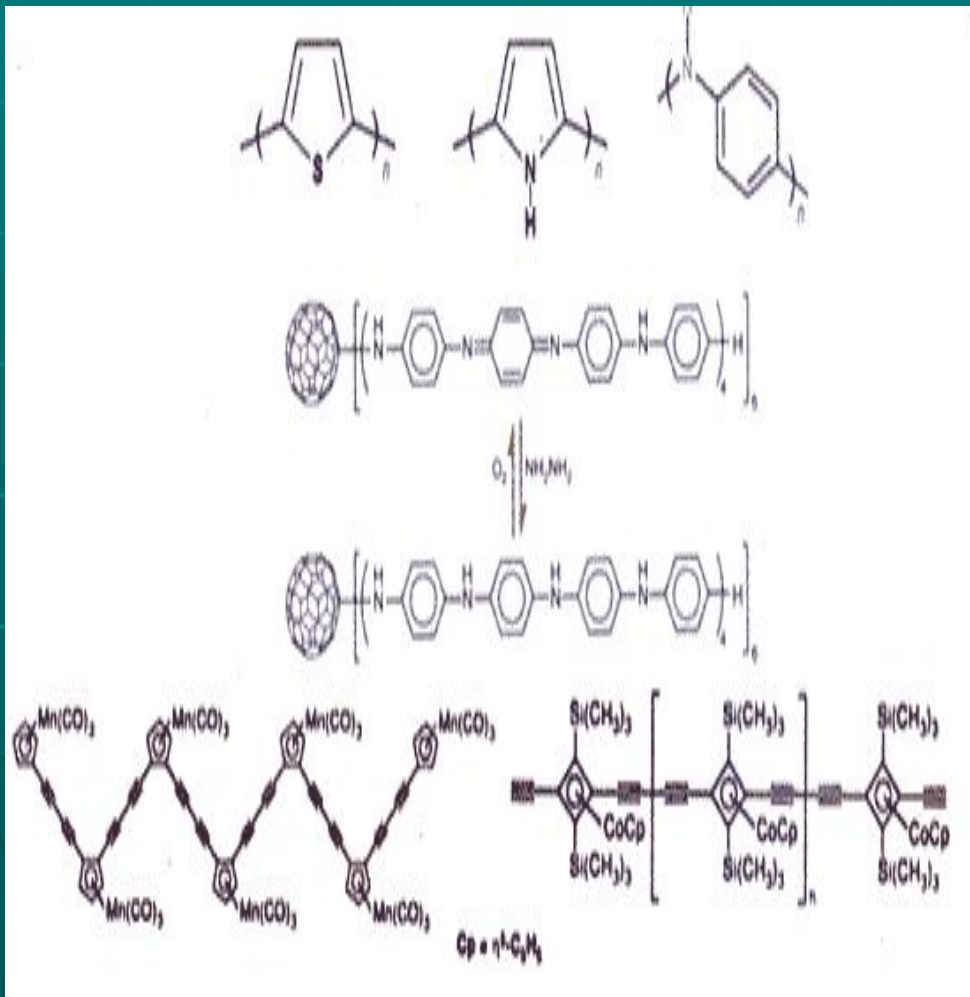
Молекулярная вольт-амперная характеристика



- Замеры с использованием туннельного микроскопирования (фрагмент молекулярной цепочки был впаян между сверхтонкими иглообразными золотыми электродами) позволили получить рабочие параметры переключателя, которые с полным правом можно назвать молекулярной вольт-амперной характеристикой и молекулярной проводимостью.
- Кривая проводимости имеет четко выраженный "провал". Это позволяет переводить участки молекулы из проводящего состояния в непроводящее, и наоборот, простым изменением приложенного напряжения.
- Формально и фактически получен молекулярный триод. Действительно, это можно считать первым этапом создания молекулярной электроники.



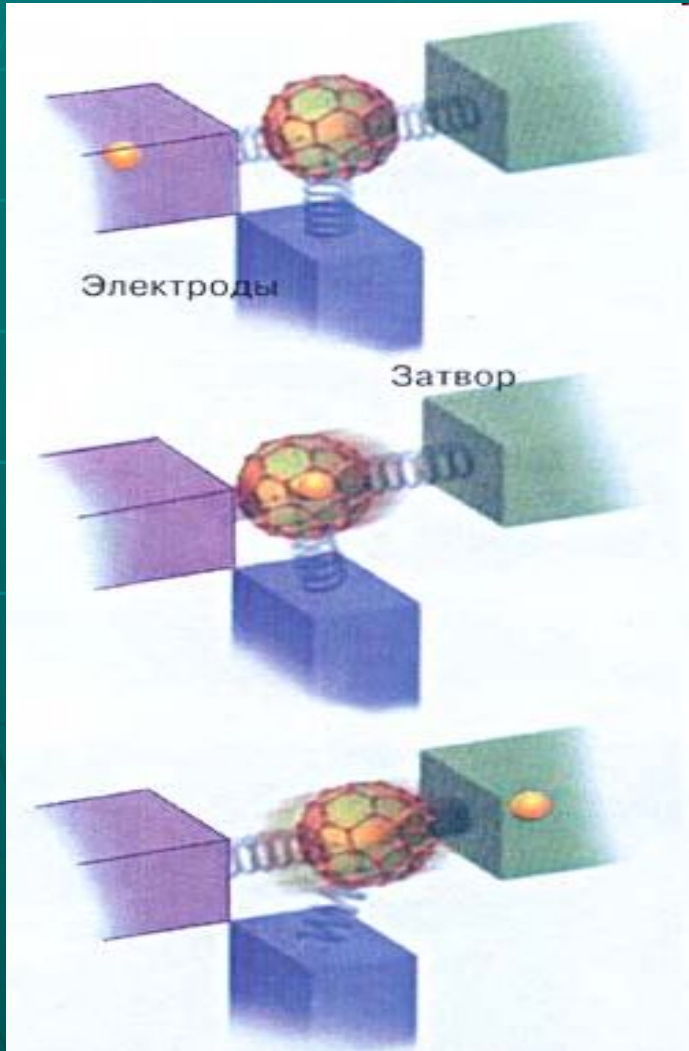
Молекулярные провода



- Один из видов проводников— различные органические проводники, которые обладают достаточно высокой проводимостью, до 10^2 - 10^3 с/м. Все они представляют собой длинные сопряжённые молекулы, в которых электрон переносится по цепи п-связей.
- Если к концам такой сопряжённой цепи присоединить металлсодержащие группы, то окисление или восстановление одной из них обеспечит достаточную проводимость по всей цепи. Комбинируя допированные (проводящие) и недопированные (со свойствами изоляторов или полупроводников) участки полимеров, можно получать электрические контуры с нужными свойствами.

Молекулярные провода

Основные технологии



- Нанотрубки
- Это великолепный материал для молекулярной электроники. Нанотрубки с однослойными или многослойными стенками получают при прохождении электрического разряда между двумя графитовыми электродами. Длина одностенных нанотрубок может достигать микрометров (диаметр около 1 нм), причём на отрезках по 150 нм сохраняются металлические свойства. Углеродные или боразотные нанотрубки можно заполнять металлами и получать таким образом одномерные проводники, состоящие из цепочек атомов металлов. С одностенными нанотрубками удастся сделать ещё более интересные вещи.
- Транзистор на одной молекуле. Бакибол (60 ат. углерода) удерживается между электродами электрическими силами. Как только электрон запрыгивает внутрь бакибола, происходит смещение электрических сил и молекула смещается к одному из электродов и сопротивление меняется. Электрон выпрыгивает — бакибол смещается в исходное положение
- При помощи атомно-силового микроскопа, скручивая однослойную нанотрубку, удалось получить участки, на которых сопротивление достигает 50 кОм, в результате чего образуется барьер для движения электрона. При определённом напряжении можно переключать состояния одностенной нанотрубки: „проводимое” — „непроводимое”, перемещая один-единственный электрон. Фактически это прототип транзистора на одном электроде. Существует также прототип транзистора на одной молекуле, который изучают в Корнельском и Гарвардском университетах .

Устройства ввода

Основные технологии

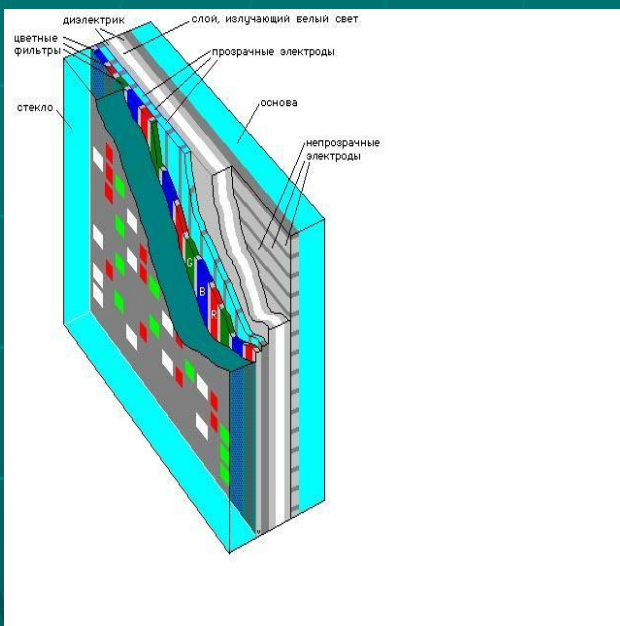


- Устройства ввода информации пользователем в молекулярный компьютер в принципе могут остаться теми же, что и в настоящее время (клавиатура, мышь, входные порты и т.д.) Однако, поскольку процессы хранения и переработки информации в молекулярной электронике носят специфический характер (отдельные части одного и того же компьютера могут работать с информацией, представленной в разных формах - электрической, оптической, химической и др.), встает проблема сопряжения вычислительных блоков между собой, а также с внешними электронными устройствами. То есть необходимо иметь преобразователи сигнала из одной формы в другую.
- Для построения химических (газовых) сенсоров уже давно используются преобразователи сигнала из химической формы в электрическую и обратно.
- Что касается преобразования электрических сигналов в оптические, то для этого подходят молекулярные аналоги светодиодов и лазеров, в которых используются светоизлучающие молекулы (хромафоры).
- Недавно появилось сообщение японских ученых о создании светоизлучающего устройства, состоящего из одной органической молекулы дендромера.

Устройства вывода

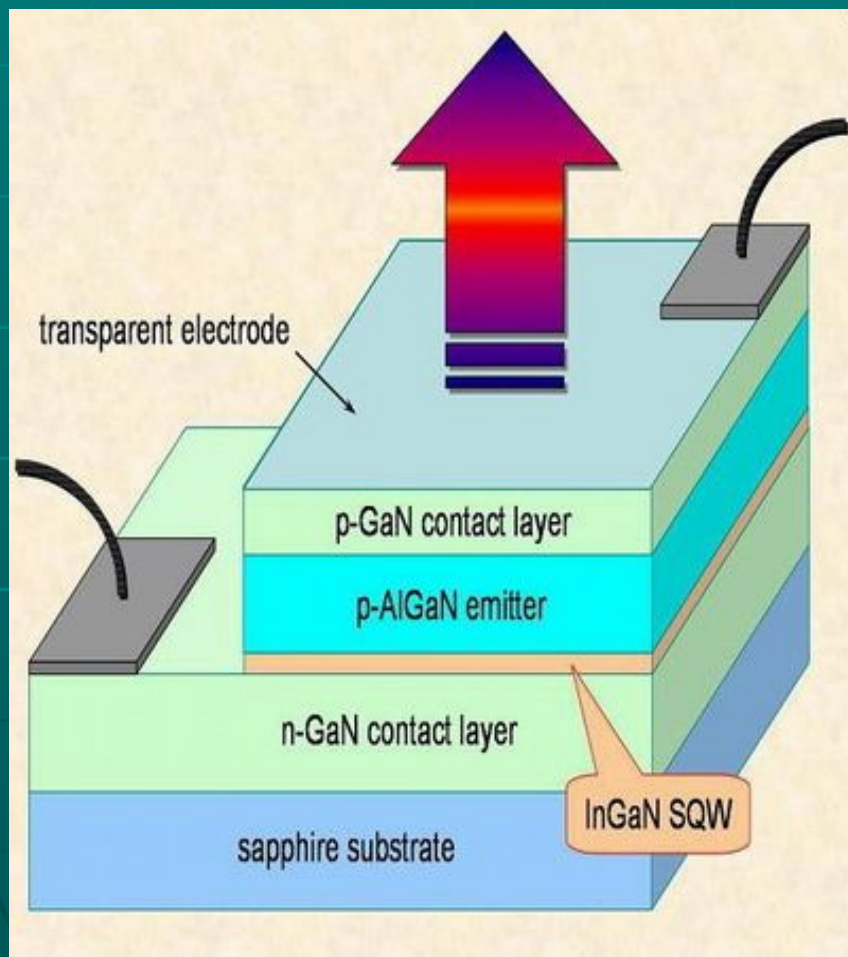
Основные технологии

- Для вывода информации можно использовать существующие устройства и преобразователи сигналов.
- Вместе с тем, молекулярная электроника предлагает свои пути решения этой проблемы. Например, разрабатываются молекулярные устройства, на основе которых могут быть созданы сверхтонкие жидкокристаллические мониторы. Для этого под массой жидких кристаллов наносится тонкая органическая пленка, обладающая ориентирующим эффектом. На каждую молекулу пленки поступает сигнал из компьютера, меняющий ее конформацию и соответственно ориентацию нанесенного сверху слоя жидких кристаллов, а также его отражательные свойства. Таким образом, полученная структура может служить для вывода информации на экран.
- По сходному принципу работают так называемые "электронные таблетки" – экраны небольшого размера, покрытые слоем хиральных жидких кристаллов, молекулы которых могут менять тип симметрии в зависимости от ориентации подложки, изменяя при этом и окраску. Такие таблетки из полиимидных подложек с внедренными молекулами азокрасителей позволяют записывать с помощью поляризованного света лазера и отображать очень большой объем информации, в результате чего они получили название "газеты будущего". Такие структуры могут создаваться и на гибкой полимерной подложке, что делает их еще более удобными для использования.



Устройства вывода

Основные технологии



- Второй возможный тип устройств отображения информации – это органические светодиоды, то есть активные излучающие устройства на основе p-n переходов, созданных из органических материалов. Такой светодиод состоит из одного или нескольких слоев органических молекул, помещенных между двумя электродами. Излучение света диодом происходит за счет взаимного уничтожения (аннигиляции) положительных и отрицательных зарядов в слое органического материала. Эти заряды могут поступать на светодиод непосредственно из молекулярного компьютера. Стоит отметить, что используемые в диоде электроды могут быть изготовлены не только из металла, но и из органических материалов, например на основе полианилина или полиацетилена. На сегодняшний день уже достигнут значительный прогресс в получении высоких значений эффективности светодиодов, в понижении их рабочих напряжений, а также в выборе цвета излучения. Разработаны устройства с эффективностью несколько люмен на ватт и со сроком службы несколько тысяч часов.

Вопрос № 1

- Рида и Тура с коллегами создали молекулу с переменной электропроводностью работающей на эффекте

При облучении светом молекула закручивается

При наложении поля молекула «шагает»

При наложении поля молекула закручивается

При облучении светом молекула «шагает»

Вопрос № 2

- Сколько «шагающая молекула» сделала шагов, ни разу не выйдя из равновесия?

100 шагов

1 000 шагов

10 000 шагов

100 000 шагов

Вопрос № 3

□ «электронные таблетки» - это

Устройства, внедряемые внутрь человека и следящие за его состоянием

Подложка для молекул, выполняющих роль запоминающего устройства

Экраны, покрытые слоем жидких кристаллов

Подложка для молекул, выполняющих роль вычислительного устройства

Вопрос № 4

□ Диаметр нанотрубки примерно достигает

1 нм

100 нм

1 мкм

10 нм

Вопрос № 5

- Благодаря чему можно переводить участки молекулы из проводящего состояния в непроводящее, и наоборот, простым изменением приложенного напряжения?

При увеличении напряжения уменьшается проводимость

При увеличении напряжения увеличивается проводимость

Кривая проводимости имеет четко выраженный «провал»

Под напряжением молекула нагревается и переходит в проводящее состояние

Содержание

Начало пути

Основные технологии

Компьютерная эволюция

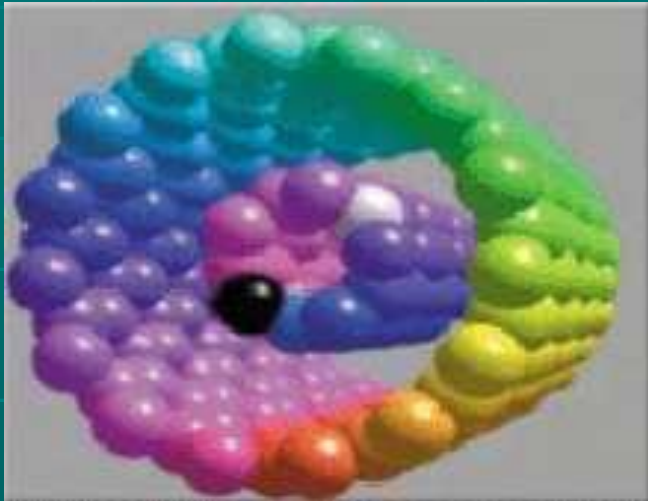
Возникшие проблемы

- Внешне очевидная возможность использования отдельных молекул в качестве логических элементов электронных устройств оказывается весьма проблематичной из-за специфических свойств молекулярных систем и требований, предъявляемых к логическим элементам.
- В первую очередь логический элемент должен обладать высокой надежностью срабатывания при подаче управляющего воздействия. Если рассматривать оптическую связь между элементами, то в системе одна молекула - один фотон надежность переключения будет невелика из-за относительно малой вероятности перехода молекулы в возбужденное состояние.
- Можно пытаться преодолеть эту трудность, используя одновременно большое число квантов. Но это противоречит другому важному требованию: КПД преобразования сигнала отдельным элементом должен быть близок к 1, то есть средняя мощность реакции должна быть соизмерима со средней мощностью воздействия. В противном случае при объединении элементов в цепь вероятность их срабатывания будет уменьшаться по мере удаления от начала цепи.
- Кроме того, элемент должен однозначно переключаться в требуемое состояние и находиться в нем достаточно долго – до следующего воздействия. Для сравнительно простых молекул это требование, как правило, не выполняется : если переходом в возбужденное состояние можно управлять, то обратный переход может происходить спонтанно.

Возможные пути преодоления проблем

- Использование больших органических молекул или их комплексов позволяет, в принципе, обойти перечисленные трудности. Например, в некоторых белках КПД электронно – оптического преобразования близок к 1. К тому же, для большинства биологических молекул время жизни возбужденного состояния достигает нескольких секунд.
- Но даже в том случае, если отдельный молекулярный вычислительный элемент и не будет обладать надежностью своих кремниевых предшественников, эффективной работы будущего компьютера можно достичь, комбинируя принципы молекулярной электроники и комбинированных вычислений, применяемых в суперкомпьютерах. Для этого надо заставить несколько молекулярных логических элементов работать параллельно. Тогда неправильное срабатывание одного из них не приведет к заметному сбою в вычислениях.
- Современный суперкомпьютер, работающий по принципу массивного параллелизма и имеющий многие сотни процессоров, может сохранить высокую производительность даже в том случае, если 75% из них выйдет из строя.
- Практически все живые системы используют принцип параллелизма. Поэтому несовершенство организмов на уровне отдельных клеток или генов не мешает им эффективно функционировать.

Достижения нашего времени



Молекулярный двигатель

- Инженеры компании Hewlett-Packard получили патент на технологию, позволяющую конструировать компьютерные микропроцессоры не на основе кремниевых кристаллов, а на основе молекулярных цепочек.
- Ученым удалось найти способ заставить молекулы соединяться в нужном порядке и работать в качестве логических переключателей. Такие конструкции могут быть соединены специальными "проводами", шириной 6-10 атомов, сообщает Associated Press.
- В случае, если на основе этой технологии компания сможет создавать рабочие компьютерные системы, то они будут значительно дешевле и в тысячи раз меньше по объему при производительности, сравнимой с производительностью существующих кремниевых процессоров.
- Молекулярный компьютер, который использует ферменты для производства подсчетов, создали израильские ученые. Итамар Виллнер, сконструировавший молекулярный калькулятор со своими коллегами в Еврейском университете Иерусалима, считает, что компьютеры, работающие на ферментах, когда-нибудь можно будет вживлять в человеческий организм и использовать, например, для регулирования выброса лекарств в систему метаболизма для транспортировки определенных молекул в нужные места организма (например, молекул микстуры в клетки определенных органов) был создан молекулярный двигатель. Показательно, что подобными изобретениями очень сильно интересуется американское оборонное исследовательское агентство DARPA.

Будущее молекулярного компьютера

- Если новая технология получит развитие, то не за горами создание молекулярного компьютера, который будет в миллионы раз меньше по размерам, чем современные рабочие станции, и в тысячи раз дешевле. Такие "молекулярные ЭВМ" можно будет в огромных количествах вводить в кровеносную систему человека или встраивать в композитные материалы в качестве "умных" элементов, отвечающих за "правильное" состояние ближайшего молекулярного кластера.
- Благодаря высокой чувствительности электронных молекулярных устройств к свету их можно использовать для создания эффективных преобразователей солнечной энергии, моделирования процессов фотосинтеза, разработки нового класса приемников изображения, принцип действия которых будет напоминать работу человеческого глаза.
- Молекулярные устройства можно использовать также в качестве селективных сенсоров, реагирующих только на определенный тип молекул. Такие сенсоры необходимы в экологии, промышленности, медицине. Сенсор из органических молекул значительно легче вживляется в организм человека с целью контроля за его состоянием.

Когда наступит завтра?

- В наш прогрессивный век многие технологии по созданию отдельных элементов молекулярных компьютеров - транзисторов или модулей памяти - можно считать вполне успешными: каждый из них выполняет поставленные задачи, то есть производит логические операции или хранит записанную информацию. Ясно, что те методики, которые доступны широкой общественности, еще не идеальны, их ждут долгие годы доработок, развития и взросления. Тем не менее, уже можно "потрогать руками" реальные результаты, которые достигнуты по отдельным элементам.
- Мало чему можно порадоваться, если оценивать не транзисторы, элементы памяти и соединительные провода сами по себе, а единую систему, в которую эти модули должны быть объединены так, чтобы получить право называться молекулярным компьютером. Здесь явно нет никакого прогресса по сравнению с концом 90-х годов прошлого века, в которые оптимисты обещали создать новое поколение вычислительных устройств и просили на это только нескольких лет. Сегодня подобные заявления также озвучиваются экспертами разных уровней, только немного осторожнее. Оценки времени, которое уйдет на создание первых работающих прототипов, сильно отличаются - от четырех-пяти лет до нескольких десятилетий.
- Научный мир не стоит на месте, и, несомненно, рано или поздно будут разработаны технологии, которые позволят уменьшить размеры отдельных элементов вычислительной техники до молекулярного уровня. В последние годы бурных научных поисков в области молекулярных компьютеров выяснилось, что проблемы решаются медленным, зато стабильным эволюционным развитием, которое может затянуться не на одно десятилетие.

Вопрос № 1

- Что не является основной проблемой по созданию молекулярного компьютера?

КПД преобразования сигнала отдельным элементом много меньше 1

Малое время нахождения элемента в требуемом состоянии

Малая вероятность перехода молекулы в требуемое состояние

Подбор молекул, обладающих необходимыми свойствами

Вопрос № 2

- По цене молекулярные компьютеры относительно кремниевых будут

Дороже

Значительно дороже

Дешевле

Одинаковы

Вопрос № 3

- Почему считается, что молекулярный компьютер еще не создан?

Не создан молекулярный процессор

Не создана молекулярная память

Не созданы «молекулярные провода»

Все основные компоненты не объединены между собой

Вопрос № 4

- Самое главное достоинство молекулярного компьютера, по мнению ученых, в сравнении с кремниевым?

Очень малые размеры всего компьютера

Больше плотность информации

Выше производительность

Выше надежность

**ПРОЧИТАЙТЕ
СНАЧАЛА
ПРЕДЫДУЩИЙ
РАЗДЕЛ!!!**

[ВЕРНУТЬСЯ К СОДЕРЖАНИЮ](#)

**ПРОЧИТАЙТЕ
СНАЧАЛА
ПРЕДЫДУЩИЙ
РАЗДЕЛ!!!**

[ВЕРНУТЬСЯ К СОДЕРЖАНИЮ](#)

ПОЗДРАВЛЯЮ!!!
ВЫ УСПЕШНО
ОСВОИЛИ
ДАННУЮ ТЕМУ

Вопрос № 2

- Один из возможных путей развития полупроводниковой техники

Применение арсенида бария

уменьшение энергопотребления

Применение германия

уменьшение размеров элементов до нескольких молекул

Переход к трехмерной архитектуре микросхем

Вопрос № 3

- А.Авирам и М.Ратнер предложили модель диода, состоящего из

Одной неорганической молекулы

Двух органических молекул

Двух неорганических молекул

Одной органической молекулы

Вопрос № 4

- Во сколько раз эффективность молекулярного компьютера может оказаться выше современного кремниевого?

10^{11} раз

10^8 раз

10^{10} раз

10^6 раз

**Вы не смогли
правильно ответить
на все вопросы в
тесте**

Прочитать еще раз теорию

Вопрос № 2

- Сколько «шагающая молекула» сделала шагов, ни разу не выйдя из равновесия?

100 шагов

1 000 шагов

10 000 шагов

100 000 шагов

Вопрос № 3

□ «электронные таблетки» - это

Устройства, внедряемые внутрь человека и следящие за его состоянием

Подложка для молекул, выполняющих роль запоминающего устройства

Экраны, покрытые слоем жидких кристаллов

Подложка для молекул, выполняющих роль вычислительного устройства

Вопрос № 4

□ Диаметр нанотрубки примерно достигает

1 нм

100 нм

1 мкм

10 нм

Вопрос № 5

- Благодаря чему можно переводить участки молекулы из проводящего состояния в непроводящее, и наоборот, простым изменением приложенного напряжения?

При увеличении напряжения уменьшается проводимость

При увеличении напряжения увеличивается проводимость

Кривая проводимости имеет четко выраженный «провал»

Под напряжением молекула нагревается и переходит в проводящее состояние

**Вы не смогли
правильно ответить
на все вопросы в
тесте**

Прочитать еще раз теорию

Вопрос № 2

- По цене молекулярные компьютеры относительно кремниевых будут

Дороже

Значительно дороже

Дешевле

Одинаковы

Вопрос № 3

- Почему считается, что молекулярный компьютер еще не создан?

Не создан молекулярный процессор

Не создана молекулярная память

Не созданы «молекулярные провода»

Все основные компоненты не объединены между собой

Вопрос № 4

- Самое главное достоинство молекулярного компьютера, по мнению ученых, в сравнении с кремниевым?

Очень малые размеры всего компьютера

Больше плотность информации

Выше производительность

Выше надежность

**Вы не смогли
правильно ответить
на все вопросы в
тесте**

Прочитать еще раз теорию