

**УДК 620.3:621.3.04**

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ  
КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ  
PERSPECTIVE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT  
COMPONENT ELECTRONIC BASE**

В.М. ШВЕЦОВ – студент, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, Кафедра БЭСТ, Группа РЭ-118, E-mail: shvetsov.v@list.ru.

Т.Н. ФРОЛОВА – научный руководитель, к.ф.-м.н., доцент, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, Кафедра БЭСТ, E-mail: frolova@vlsu.ru.

V. M. SHVETSOV – student, Institute of Information Technologies and Radioelectronics, BEST Department, RE-118 Group, E-mail: shvetsov.v@list.ru.

T. N. FROLOVA – candidate of physical and mathematical sciences, associate Professor, Vladimir state university, E-mail: frolova@vlsu.ru

**Аннотация:** Показан путь развитие и усовершенствование и миниатюризация микросхем. Научились использовать сополимеры в производственных мощностях для производства печатных плат, преобразовали энергию с помощью нитрид железных трансформаторов, узнали что такое «электронная жидкость», нанометровый и вакуумный транзистор, а также тепловой диод и супертонкий оптоэлектронный диод, «увидели» самый тонкий в мире нанопровод. Самой актуальной темой на всем земном шаре сейчас является защита от загрязнений окружающей среды, поэтому мы узнали, что был разработан первый в мире биоразлагаемый транзистор.

**Abstracts:** The way of development and improvement and miniaturization of microcircuits is shown. We learned how to use copolymers in production capacities for the production of printed circuit boards, converted energy using iron nitride transformers, learned what an “electronic liquid”, nanometer and vacuum transistor, as well as a thermal diode and superthin optoelectronic diode,

“saw” the world's thinnest nanowire. The most urgent topic around the globe now is protection against environmental pollution, so we learned that the world's first biodegradable transistor was developed.

**Ключевые слова:** нанопровод, тепловой диод, вакуумный транзистор, сополимеры, транзистор из углеродных нанотрубок, биоразлагаемые транзисторы, супертонкие оптоэлектронные диоды, электронная жидкость, нитрид – железные трансформаторы, напыляемые антенны.

**Keywords:** nanowire, thermal diode, vacuum transistor, copolymers, carbon nanotube transistor, biodegradable transistors, superthin optoelectronic diodes, electron liquid, nitride - iron transformers, sprayed antennas..

Электроника сейчас правит миром. Диоды и транзисторы многократно уменьшились в размерах с момента их изобретения, конденсаторы стали твердотельными. Современные телевизоры – это всего лишь плоские панели на стене. А «теплый ламповый звук» навсегда остался исключительно в памяти любителей «теплого лампового звука». Rest in peace последний ламповый триод 6Н9С.

### **Самый тонкий в мире нанопровод**

Исследователям Кембриджского университета и университета Варвик (Великобритания) удалось создать самую тонкую в мире одномерную нанопроволоку из теллура толщиной всего в один атом.

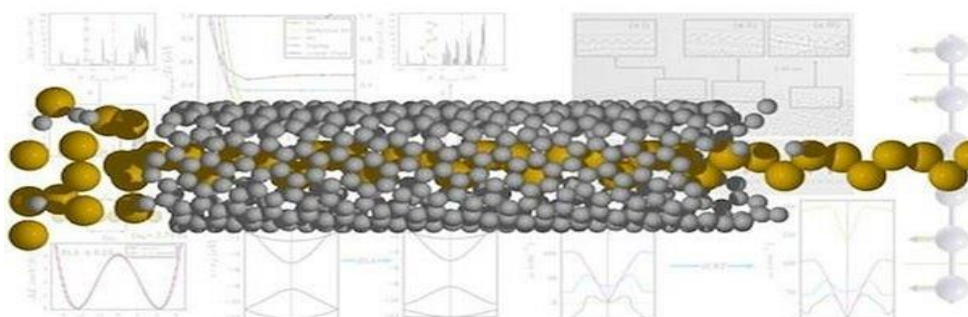


Рисунок 1 - Представлен самый тонкий в мире нанопровод

Нанопроволока, о которой идет речь, является одномерной, поскольку ее размеры ограничиваются лишь одним атомом. Наноразмеры проволоки повлекли за собой проблему - в свободном состоянии атомы без структуры сложно удержать вместе. Ввиду этого изделие получилось бы очень хрупким. Чтобы удержать атомы теллура в единой цепочке, британские ученые ввели их в центр карбоновых нанотрубок без ущерба проводимости.

Исследователи также обнаружили, что, изменяя сечение нанотрубки, они могут влиять на свойства теллура. В обычном состоянии он представляет собой полупроводник, однако при определенных условиях теллур приобретает свойства металла.

### **Тепловой диод, работающий на тепле вместо электричества**

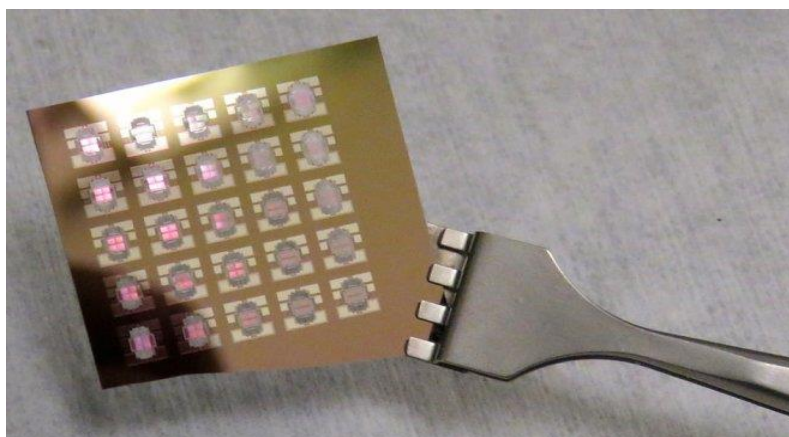


Рисунок 2 – Представлен тепловой диод, работающий на тепле вместо электричества

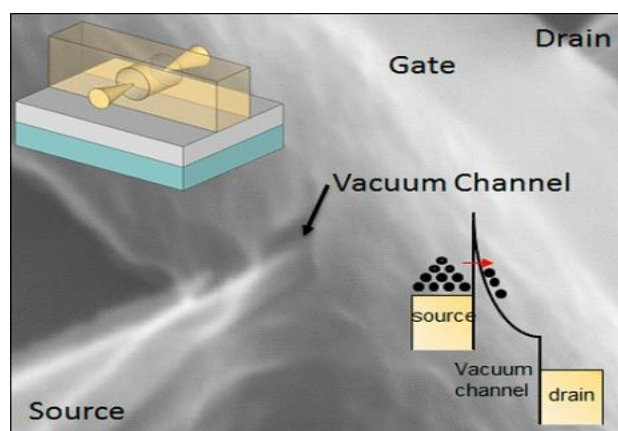
Команда ученых из Университета Небраски-Линкольна попробовала создать термодиод, который не только сам избавляется от лишнего тепла, но и использует его в качестве основного принципа работы.

. Новый элемент состоит из фиксированной пластины охладителя и подвижной нагревателя. Система саморегулируемая – чем больше нагревается одна часть, тем ближе она подходит к другой, чтобы максимизировать

передачу тепла. И наоборот, что позволяет отводить избытки без применения активных внешних устройств. Пока что коэффициент невелик, теплопередача достигает всего 11%, но зато система успешно работает при температуре в 257 °С. «Термодиоды» – технология экспериментальная, пока что ученые создали лишь один из элементов, для которых существенный нагрев не является принципиальной помехой в работе. Предстоит еще масса усилий, прежде чем удастся разработать полноценный компьютер, работающий на другом физическом принципе, используя тепло вместо электричества [2, с.18].

### Вакуумные транзисторы

Вакуумные транзисторы вобрали в себя лучшее от полупроводников и вакуумных ламп. На рубеже 60-70-х годов вакуумные электронные лампы были полностью вытеснены полупроводниковыми транзисторами. Однако их «похороны» оказались преждевременными. Сегодня уже смело можно говорить о создании нановакуумных канальных транзисторов - NVCT, вобравших в себя все лучшее от предшественников [3, с.18].

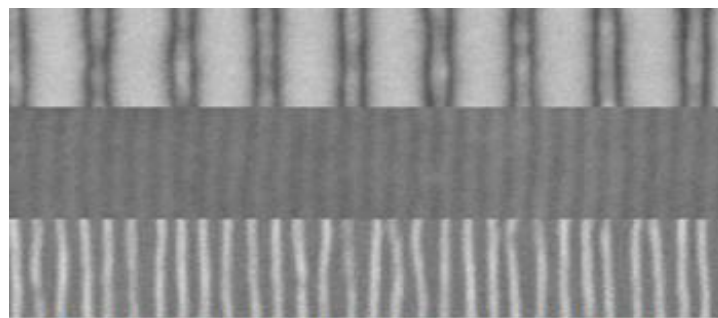


Нановакуумные канальные транзисторы — NVCT

Как известно, вакуумные лампы были достаточно громоздкими и потребляли огромное количество энергии. NVCT-транзисторы в этом смысле «неприхотливы» и могут занимать всего несколько нанометров, поэтому разглядеть их можно лишь с помощью электронного сканирующего микроскопа.. Ученые из Исследовательского центра NASA Джин Ву Хан, Дон Мун и М. Мейаппан разработали NVCT-транзистор на основе кремния с улучшенной конструкцией затвора, что снижает управляющее напряжение от нескольких десятков вольт до пяти.

### Сополимеры

«Сополимер» – составной материал, в котором длинные цепочки молекул образуются из двух разных исходных полимеров. Их получают старым, хорошо изученным способом, осаждая испаренное рабочее вещество на предварительно протравленную электронным лучом холодную подложку. Разница в том, что после полимеризации сополимеры самостоятельно образуют не одну, а четыре линии, которые следуют за изначально заданным узором [4, с.18].



Сверху - обычные дорожки, посередине и снизу - дорожки, полученные с помощью сополимеров

Ограничения закона Мура можно обойти, если прибегнуть к комбинации традиционных принципов разработки микросхем и новейших открытий в области нанотехнологий. «Сополимеры» позволят перешагнуть за 10-нанометровый рубеж в создании микрочипов. В Массачусетском технологическом институте учатся создавать печатные платы при помощи

инновационных материалов, которые за неимением лучшей версии пока называют «сополимерами».

### **Нанометровый транзистор**

Исследовательская группа национальной лаборатории Министерства энергетики США под руководством профессора Али Джави разработала транзистор с затвором в 1 нм. Для сравнения, прядь человеческих волос имеет толщину 50000 нм. Для его создания были использованы углеродные трубки и дисульфид молибдена.

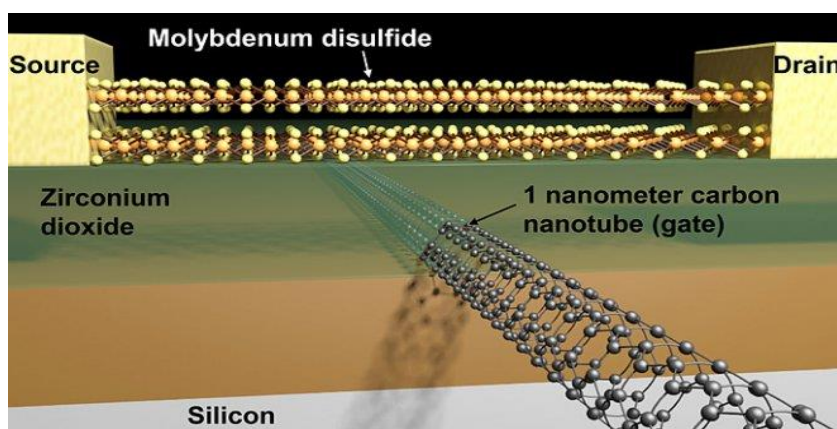


Рисунок 4 – Представлен разработанный транзистор с затвором в 1 нм

Закон Гордона Мура, одного из основателей Intel, гласит, что плотность транзисторов в интегральных схемах будет удваиваться каждые два года, открывая тем самым возможности по увеличению производительности электронных устройств. Разработка ученых поможет этому закону «оставаться на плаву». Несмотря на выдающийся результат, профессор Али Джави убежден, что он и его коллеги только в начале пути.

### **Транзисторы из углеродных нанотрубок**

не первые транзисторы, созданные на основе углеродных нанотрубок, но исследователи Университета Висконсин-Мэдисон утверждают, что их изделия впервые превзошли ныне действующие кремниевые аналоги.

Для новых транзисторов характерны высокая плотность и скорость переключения (в 5 раз выше) при низком энергопотреблении, что может положить начало новому поколению электроники [5, с.18].

Созданные из одноатомных слоев графена, свернутых в "рулоны", углеродные нанотрубки (УНТ) дают возможность создавать трехмерные структуры с одномерным листом углерода. В результате получаются полевые транзисторы микроскопического размера, позволяющие с высокой скоростью переключать движущийся через них ток.

### **Биоразлагаемые транзисторы**

Массовое производство электронных устройств имеет ряд серьезных негативных последствий для нашей цивилизации. Потребляется огромное количество ценных природных ресурсов, часть из которых превращается в отходы. К тому же ежегодно десятки миллионов использованных устройств оказываются на свалках, захламляющих нашу планету. Большой проблемой является то, что основу этих устройств составляет неразлагаемый в природе высокоочищенный кремний.



Рисунок 7 – Представлен процесс биоразложение в природе биоразлагаемого транзистора

### **Супертонкие оптоэлектронные диоды**

Электроника немислима без диодов - полупроводниковых приборов, обеспечивающих протекание тока только в одном направлении. По мере

развития современных технологий и создания новых материалов расширяется сфера применения диодов и их возможности.

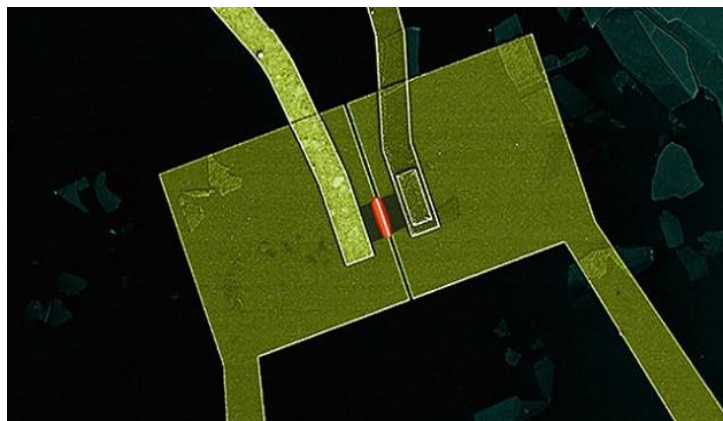


Рисунок 8 – Представлена разработка супертонкого оптоэлектронного диода

Объектом совместных исследований ученых Массачусетского технологического института, Венского технического и Вашингтонского университетов стал вольфрам диселенид - трехслойное вещество с кристаллической структурой, состоящее из двух слоев селена и слоя вольфрама толщиной в 1 атом между ними. Такая структура делает данное вещество очень прочным, а созданные из него сверхтонкие диоды обладают функциями диодов p- и n-типа в зависимости от режима работы.

Группа российских физиков во главе с Григорием Фальковичем установила, что отсутствие препятствий - не главное условие для быстрого движения электронов. Более того, они смогут двигаться еще быстрее, взаимодействуя между собой, при перемещении в наноразмерных кусочках графена. Образовавшаяся в результате так называемая «квантовая жидкость», как поток воды, огибает встречные препятствия. Ученые убеждены, что явление под названием «электронная жидкость» станет основой совершенно нового направления - сверхбыстрой электроники.

### **Нитрид-железные трансформаторы**

Нитрид-железные трансформаторы повысят эффективность накопителей энергии. Команда Национальных лабораторий Sandia под руковод-



ством Тодда Монсона разработала магнитный материал для высокочастотных трансформаторов. Новый материал делает их легче, дешевле и, самое главное, эффективнее ныне действующих.

Для изготовления трансформаторов используется нитрид железа. Он получается в результате обработки металлического порошка жидким азотом и аммиаком. После этого порошок помещается в электромагнитное поле, где он концентрируется и подвергается низкотемпературному спеканию, в результате чего образуется лёгкий твёрдый материал, из которого затем создаются сердечники для трансформаторов.

Созданные по такой технологии детали не требуют дальнейшей обработки, а трансформаторы с нитрид-железными сердечниками получаются в 10 раз меньше тех, которые используются сейчас. К тому же новые трансформаторы обходятся воздушным охлаждением.

### **Напыляемые антенны**

Напыляемые антенны превратят любую поверхность в радиопередатчик. Любое устройство, подключаемое по беспроводной сети, предполагает наличие антенны — как правило, встроенной металлической, возможности которой ограничены размерами гаджета [6, с.18].

Исследователи Университета Дрекселя (штат Пенсильвания, США) предложили свой вариант решения этой проблемы. Они разработали новый тип антенн, которые можно напылять практически на любую поверхность. Они представляют собой нанослой металлического материала «MXene» (или «Maxine»). Это двумерная разновидность карбида титана (TiC) толщиной в несколько десятков нанометров, обладающая высокой проводимостью, что позволяет использовать ее в качестве антенны.

Антенны MXene совместимы практически со всеми приемопередающими устройствами, включая гибкую и носимую электронику.

## **Заключение**

Появление проводников в виде одноатомных нанопроводов открывает широкие перспективы по дальнейшей миниатюризации микросхем, что позволит значительно уменьшить в размерах всю линейку современной электроники.

Мы научились вторгаться в нано-вселенную и даже менять там что-либо на свое усмотрение, но пока это лишь чересчур затратные игры для ученых. А метод с использованием сополимеров отлично подходит для реализации его на существующих производственных мощностях. По сути, нужно лишь немного модернизировать литографическое оборудование и тогда нам откроется путь к полномасштабной работе с нанотехнологиями.

Необходимость в преобразователях энергии - трансформаторах постоянно растёт по мере увеличения доли электроэнергии с возобновляемых источников - ветряных генераторов и солнечных панелей, что особенно актуально для удалённых районов

Результаты исследований лягут в основу создания высокопроизводительных радиочастотных усилителей, антенн, трансформаторов, диодов, транзисторов, которые могут быть использованы, к примеру, оптоэлектронных приборов, портативных устройств и т.д.

## **Список использованные источники**

1. по использованным темам научных открытий [Электронный ресурс], - <https://www.techcult.ru>.
2. по тепловому диоду [Электронный ресурс], - <http://scsiexplorer.com.ua/index.php/novierazrobotki/elektronnye-komponenty/2151-diod-rabotajuschij-pri-pomoschi-tepla-a-ne-elektrichestva.html>.

3. по вакуумному транзистору [Электронный ресурс], - <https://irnet.ru/2017/04/06/vakuumnye-tranzistory-vobrali-v-sebya-luchshee-ot-poluprovodnikov-i-vakuumnyh-lamp.html>. -

4. по сополимерам [Электронный ресурс], - <http://www.nanonewsnet.ru/news/2017/sopolimery-pozvolyat-pereshagnut-za-10-nanometrovyi-rubezh-v-sozdanii-mikrochipov>.

5. по транзистору из углеродных нанотрубок [Электронный ресурс], - <https://nplus1.ru/news/2016/09/03/nanotube-domine>.

6. по напыляемым антеннам [Электронный ресурс], - <https://novate.ru/news/5918/>.