

## НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ В НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ

*Абушкевич А.А., Чапля М.Д., Агель А.А., ст. группы 221702*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Родин С.В. – доцент, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики*

**Аннотация.** В данной работе представлены материалы, которые применяются в нанoeлектронике, их краткое описание, область применения и перспективы внедрения и развития.

**Ключевые слова.** Материалы, нанoeлектроника, материалы в нанoeлектронике.

Во второй половине прошлого века электроника прочно вошла в нашу повседневную жизнь (мобильные телефоны, персональные компьютеры, калькуляторы, системы управления двигателем автомобиля), и теперь сложно себе представить день, прожитый без электронных устройств. И даже день отдыха на природе вдали от цивилизации многие проводят с электронным спутниковым навигатором в кармане.

Стремительное развитие микроэлектроники и ее концептуальная трансформация в нанoeлектронику в 1999 году, когда в промышленном производстве был преодолен рубеж минимальных размеров элементов интегральных схем в 100 нм, означает не просто уменьшение размеров интегральных полупроводниковых структур, но также возникновение новых физических эффектов в них. Это потребовало огромных усилий в области интеграции новых материалов в наноструктуры ИС, которые нарастали по мере продвижения в область нано- размеров.

Говоря об используемых материалах, стоит упомянуть, что доминирование кремния в микроэлектронике обуславливалось не только его уникальными свойствами как полупроводника, но и замечательными диэлектрическими свойствами его оксида  $\text{SiO}_2$ , а также нитрида. Поэтому чип интегральной схемы, с точки зрения применяемых материалов, ранее можно было охарактеризовать всего несколькими словами: Si,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  плюс легирующие примеси, как правило, бор/фосфор, а также Al в качестве проводников схемы.

Нанoeлектроника - это область электроники, которая занимается разработкой и использованием наноматериалов и наноструктур (тонких слоев, кластеров, кубитов и т.д.) для создания электронных компонентов и устройств с нанометровыми размерами и новыми электронными свойствами. Это включает в себя разработку нанотехнологий для создания более производительных, меньших и энергоэффективных устройств, таких как микропроцессоры, флэш-накопители, высокочастотные компоненты, датчики, биомедицинские устройства и прочее.

Фактически, нанoeлектроника является логическим развитием микроэлектроники. Таким образом, с одной стороны, нанoeлектроника является неким продолжением развития традиционных идей микроэлектроники, связанным со схемотехническими методами обработки информации. С другой стороны, совершенно новые идеи в квантовых явлениях и эффектах открывают совершенно новые возможности создания приборов нового поколения.

Развитию нанотехнологий способствует постоянное стремление уменьшить составляющие элементы полупроводниковых приборов и интегральных схем. Основным направлением являются новые уникальные свойства материалов и структур, создаваемых по нанотехнологиям. При этом нанотехнологические приемы постоянно совершенствуются, появляются новые методы.

В нанoeлектронике используются различные материалы, которые могут иметь нанометровые размеры и обладать особыми электронными свойствами. Некоторые из них:

1. Графен: это плоский слой углерода толщиной в один атом, обладающий высокой электропроводностью и светопропусканием. Графен является одним из самых обещающих материалов для создания электронных компонентов, таких как транзисторы и сенсоры. Кроме того, он может использоваться в качестве покрытия для повышения прочности и стойкости к износу.

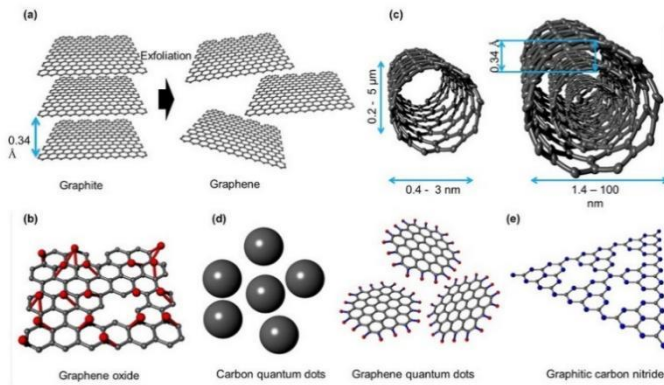


Рисунок 1- графен

2. Углеродные нанотрубки: цилиндрические структуры, образованные из углеродных атомов, с высокой прочностью и электропроводностью. Нанотрубки могут использоваться в качестве электродных материалов для литий-ионных батарей, а также для создания ультрафильтров и мембран для различных промышленных приложений.

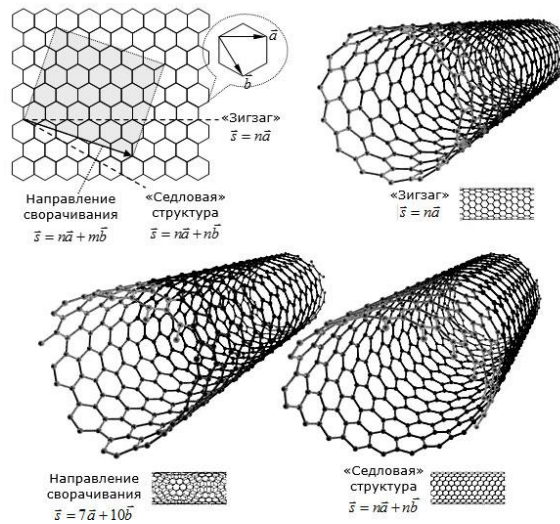


Рисунок 2- углеродные трубки

3. Нанокристаллы: кристаллы, размер которых составляет несколько нанометров, обладают уникальными электронными свойствами и могут использоваться в качестве чувствительных элементов для различных типов датчиков. На рисунке 3 представлены нанокристаллы некоторых веществ.

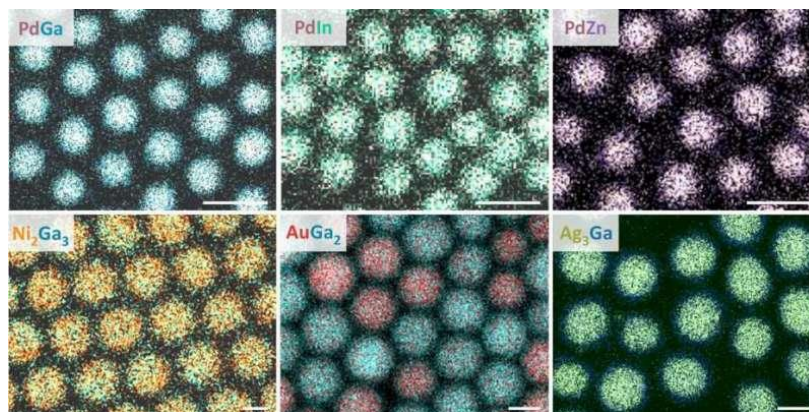


Рисунок 3- нанокристаллы из некоторых веществ

4. Квантовые точки: наногабаритные полупроводниковые частицы с размерами от нескольких до нескольких десятков нанометров, имеют спектральные свойства и применяются в оптике. Квантовые точки могут использоваться для создания светодиодов и солнечных батарей с высокой эффективностью.

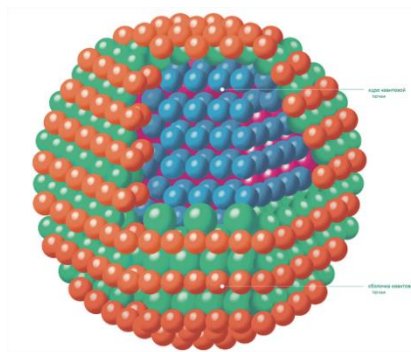


Рисунок 4- квантовая точка

5. Нанопроволоки: прямоугольные или цилиндрические структуры, состоящие из металлов, полупроводников или диэлектриков, с размерами несколько нанометров. Нанопроволоки могут использоваться для создания эффективных сенсорных систем, биомедицинских приборов и нанокomпьютеров.

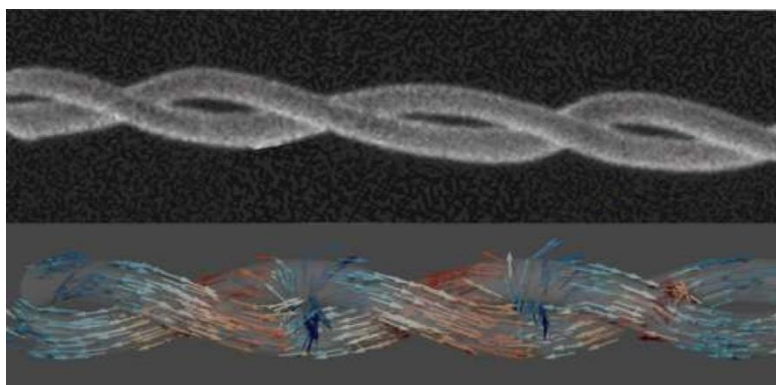


Рисунок 5- нанопроволока

6. Металлические наночастицы: частицы металлов, размер которых составляет до нескольких десятков нанометров, имеют особые оптические и магнитные свойства. Металлические наночастицы могут использоваться для создания плазмонных устройств, улучшающих эффективность процессов передачи данных, и наноантенн для облегчения работы беспроводных сетей. На рисунке 6 представлены наночастицы некоторых металлов, таких как золото, серебро, медь, кобальт, никель и др.

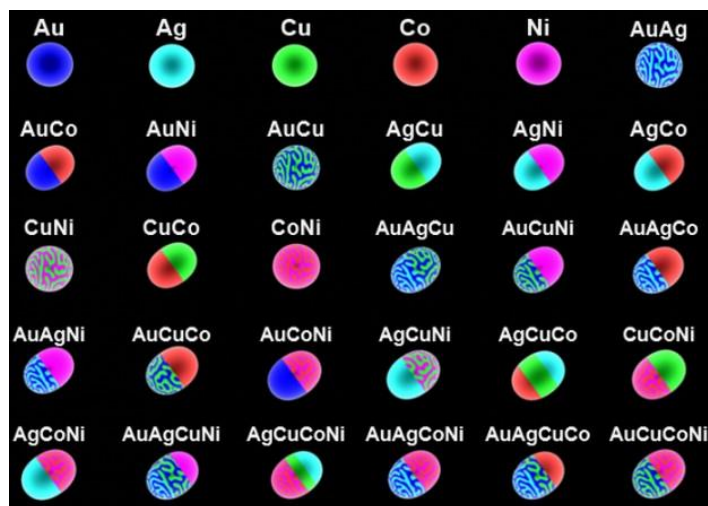


Рисунок 6- металлические наночастицы

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о перспективности использования графена, углерода, полупроводников и диэлектриков в наноэлектронике, наноплазмонике и других применениях.

**В заключении, переход к наноэлектронике в определенной степени базируется на достижениях микроэлектроники – использование уменьшающихся до атомарных размеров транзисторов и диодов и собранных из них схем. В то же время будущее сулит новые достижения на основе новых принципов работы на уровне отдельных атомов – использование квантовых эффектов, волновых свойств электрона и других явлений наномира.**

В настоящее время уже создаются заделы будущих устройств и технологий. Перспективными в этом отношении являются различные объекты: углеродные (а возможно и другие ) нанотрубки, супрамолекулярные соединения. Вероятней всего, что приборы следующих поколений будут гибридами, построенными из фрагментов применяемых в нынешней полупроводниковой электронике и новых элементов. Очевидно, что преобладающим подходом будет создание устройств путем синтеза из атомов и молекул (down up way).

**Список использованных источников:**

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАТОНКИХ ПЛЁНОК MoS<sub>2</sub> ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ [Электронный ресурс]. –: <https://studvesna.ru/>
2. НАНОТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ [Электронный ресурс]. <https://core.ac.uk/download/pdf/328379709.pdf#page=413>
- 3 СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В МДПСТРУКТУРАХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ КМОПТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ [Электронный ресурс]. – А. В. Зенкевич, Ю. Ю. Лебединский, Ю. А. Матвеев, Н. С. Баранцев, Ю. А. Воронов, А. В. Сокоян, В. Н. Неволин, В. И. Чичков<sup>1</sup>, С. Спига<sup>2</sup>, М. Фанчулли, 2010г.

UDC 538.945

## NEW MATERIALS IN NANOELECTRONICS

*Abushkevich A.A., Chaplya M.D., Agel A.A., ст. группы 221702*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Rodin S.V – assistant professor, PhD in Physics and Mathematics, associate professor of the department of physics*

**Annotation.** This paper presents materials that are used in nanoelectronics, their brief description, scope of application and prospects for implementation and development

**Keywords..** Materials, Nanoelectronics, Materials in Nanoelectronic.