

УДК 621.31

**НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ  
NANOTECHNOLOGY IN ELECTRONICS**

П.А. Супрон

Научный руководитель – Е.И. Германович, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

elena\_\_9@mail.ru

P. Supron

Supervisor – E. Germanovich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** *статья описывает достижения нанотехнологий в электронике. Особое внимание уделяется наноконпонентам, как основе нанозлектонных устройств и материалов, их основное применение в различных электрических устройствах. В конце статьи указаны преимущества и проблемы современной нанозлектроники.*

**Abstract:** *the article describes the achievements of nanotechnologies in electronics. Particular attention is paid to nanocomponents as the basis of nanoelectronic devices and materials, their main application in various electrical devices. At the end of the article, the advantages and problems of modern nanoelectronics are indicated.*

**Ключевые слова:** *нанотехнологии, нанозлектроника, наноматериалы, графен, углеродные нанотрубки и квантовые точки.*

**Keywords:** *nanotechnology, nanoelectronics, nanomaterials, graphene, carbon nanotubes and quantum dots.*

**Введение**

Достижения в области нанотехнологий привели к появлению новых инструментов в области электроники. Новые материалы обладают новыми уникальными свойствами, позволяющими разрабатывать и экономически эффективно производить самые современные компоненты, которые работают быстрее, обладают более высокой чувствительностью, потребляют меньше энергии. Многочисленные продукты, основанные на нанотехнологиях, уже много лет появляются на рынке. На наноуровне зависимость сопротивления материала от внешнего магнитного поля значительно усиливается. Нанотехнологии в электронике также позволили разработать датчики, пригодные для измерений на молекулярном уровне, с уникальной чувствительностью и временем отклика, в основном благодаря высокому соотношению поверхности к объему.

**Основная часть**

Нанозлектроника возникла в результате объединения нанотехнологий и электроники. Она занимается обработкой, определением характеристик, разработкой и производством электронных устройств на наноуровне. Нанометр — это миллиардная доля метра, или  $10^{-9}$ .

Продвижение к наномасштабу — миниатюризации — требует введения и рассмотрения многих дополнительных деталей. В наномасштабе в большинстве

явлений и процессов преобладает квантовая физика. Инновационные наноразмерные свойства и функции достигнуты за счет управления веществом на уровне его строительных блоков: атом за атомом, молекула за молекулой и наноструктура за наноструктурой.

Материалы в наноэлектронике включают:

- Нульмерные (0D) — это материалы, все пропорции которых попадают в наноскопический масштаб. Другими словами, ни одна из их сторон не превышает 100 нм (квантовые точки);
- Одномерные (1D) — это те материалы, одно из измерений которых находится за пределами наномасштаба ( $> 100$  нм), к ним относятся, например, нанотрубки и нанопроволоки.

Некоторые из наиболее часто используемых наноматериалов в электронике — это графен, углеродные нанотрубки и квантовые точки (рисунок 1) [1].

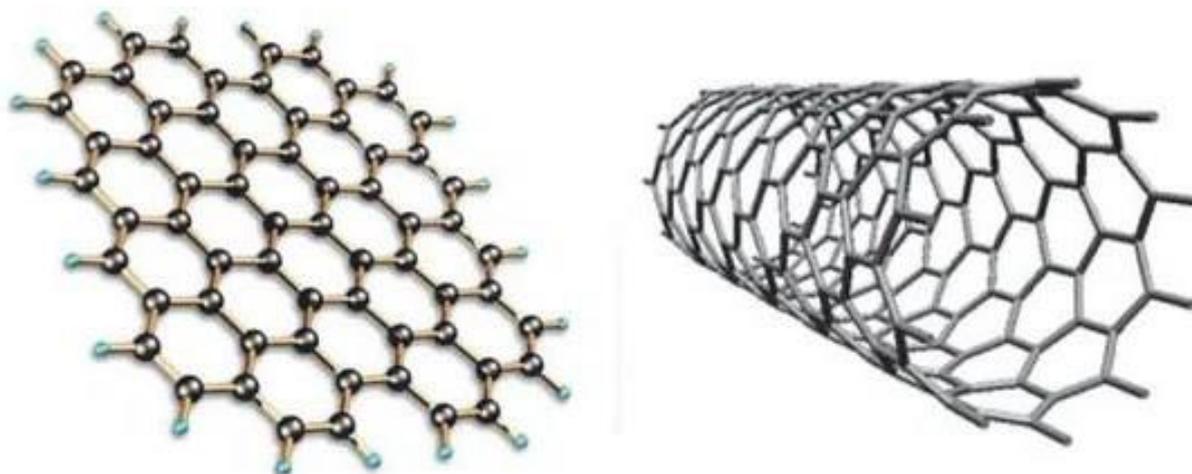


Рисунок 1 – строение графена (слева) и углеродных нанотруб (справа)

Графен представляет собой монослой атомов углерода, связанных вместе в двумерную решетчатую структуру. Благодаря ей графен является отличным проводником тепла и электричества. Это позволяет создавать электрические устройства с большей эффективностью и меньшими эксплуатационными затратами, поскольку для их работы требуется меньше энергии. Такие нанотехнологии широко применимы в электронике. Одним из примеров такого устройства наноэлектроники является батарея на основе графена. Это устройство, в котором используются наноматериал. По сравнению с литий-ионными батареями, графеновые генерируют меньше тепла и обладают плотностью энергии в 5–6 раз выше. Также графеновые аккумуляторы меньше по размеру, чем их литий-ионные аналоги. Перспективно направление производства гибридных литий-ионных батарей с добавлением графена. Исследования этого материала для использования в качестве аккумуляторных технологий продолжаются. Высокая стоимость работ и производства является основной проблемой материала.

Углеродные нанотрубки (УНТ) — это листы графена, свернутые в цилиндры. Благодаря своей повышенной электропроводности графен и УНТ применяются в разработке нанотранзисторов, гибких и улучшенных солнечных эле-

ментов, более эффективных батарей, гибкой электроники, электронных текстильных материалов и др. Благодаря нанoeлектронным текстильным материалам одежда теперь может трансформироваться в разные цвета по команде, проворачиваться и подключаться к Wi-Fi. Основная задача в этой области — встроить гибкую поверхность, состоящую из наноматериалов — в текстильную подложку, соединить их с электроникой, способной выдерживать изгиб, скручивание и растяжение, и обеспечить питанием всю конструкцию. Квантовые точки — это полупроводниковые нанокристаллы, способные светиться при контакте со светом. В зависимости от размера и формы они излучают точный и характерный цвет. Квантовые точки применяются в телевизионных экранах, где они используются для повышения качества изображения за счет улучшения цветов, излучаемых экраном.

Нанoeлектроника часто относится к устройствам или компонентам, которые настолько малы, что необходимо тщательно изучать межатомные взаимодействия и квантово-механические свойства. Например, однородная и симметричная структура нанотрубок не только мала и позволяет упаковать больше транзисторов в один чип, но и обеспечивает более высокую подвижность электронов, более высокую диэлектрическую проницаемость (более высокую частоту) и симметричную электронно-дырочную характеристику.

Преимущества использования нанотехнологий в электронике:

- Увеличение плотности микросхем памяти;
- Уменьшение веса и толщины экранов;
- Уменьшение размеров транзисторов, используемых в интегральных схемах;
- Улучшение экранов дисплеев электронных устройств;
- Снижение энергопотребления.

### **Заключение**

С учетом процессов, протекающих в мельчайших наноприборах, нанонаука и нанотехнология занимаются визуализацией и измерениями, компьютерным моделированием процессов, контролем и управлением отдельными атомами или молекулами, а также применением в производстве наноразмерных компонентов и систем. В результате последние модели сотовых телефонов, космических навигационных систем становятся меньше и легче, автомобили и самолеты — соответственно надежнее, благодаря использованию сенсоров и нанопроцессоров.

При уменьшении размеров материалов изменяются их электронные свойства, важное значение приобретают межатомные взаимодействия и квантовые эффекты. Необходимость сокращения размеров устройств и приборов, увеличения плотности различных компонентов привела нас в эру нанoeлектроники.

Несмотря на все преимущества нанoeлектроники, существуют проблемы, которые связаны с контролем всех процессов, происходящих на наномасштабном уровне, обеспечением полной надежности наноприборов и вопросами, связанными с новыми технологиями. Многие ученые и компании постоянно работают над расширением границ уже полученных знаний в этой области. Нанотехнологии внесли большой вклад в значительный прогресс в различные обла-

сти электроники, что привело к созданию более быстрых, меньших по размеру и более портативных систем. Также наноэлектроника открывает большие перспективы для улучшения возможностей электронных устройств, которые могут управлять и хранить все большие и большие объемы информации.

#### Литература

1. Нанотехнологии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://aniruddha-kulkarni1911.medium.com/nanotechnology-in-electronics-b86cd302f971>. - Дата доступа: 25.04.2024.
2. Наноэлектроника [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://powercoup.by/radioelektronika/nanoelektronika>. - Дата доступа: 25.04.2024.