

УДК 621.38

ПРИОРИТЕТЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ В РОССИИ

А.С. Степанова

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Рецензент С.И. Дворецкий

Ключевые слова и фразы: нанометровая область измерения; нанотехнологии; цифровая форма информации.

Аннотация: Рассмотрены преимущества нанотехнологий в развитии электроники, что способствует инновационному пути развития страны.

Стратегическими национальными приоритетами Российской Федерации, изложенными в утвержденных 30 марта 2002 г. Президентом Российской Федерации «Основах политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу» [1], являются: повышение качества жизни населения, переход от нынешней «экономической трубы» к инновационному пути развития.

Одним из реальных направлений достижения этих целей может стать ускоренное развитие нанотехнологий на основе накопленного научно-технического задела в этой области и внедрение их в технологический комплекс России [2 – 4]. За пять лет уже вложено более 30 млрд рублей. Новейшие нанотехнологии наряду с компьютерно-информационными технологиями и биотехнологиями являются фундаментом научно-технической революции XXI века, сравнимыми и даже превосходящими по своим масштабам с преобразованиями в технике и обществе, вызванными крупнейшими научными открытиями XX века [5]. В развитых странах осознание ключевой роли, привело к разработке широкомасштабных программ по их развитию на основе государственной поддержки.

Степанова А.С. – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ТГТУ.

Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ТГТУ Ю.Л. Муромцева.

Так, в 2000 г. в США принята приоритетная долгосрочная комплексная программа, названная Национальной нанотехнологической инициативой и рассматриваемая, как эффективный инструмент, способный обеспечить лидерство США в первой половине текущего столетия. Аналогичные программы приняты Европейским союзом, Японией, Китаем, Бразилией и рядом других стран.

В настоящее время термином наноэлектроника принято обозначать область электроники, занимающуюся разработкой физических и технологических основ создания интегральных электронных схем с характерными топологическими размерами элементов менее 100 нм. Хотя величина 100 нм достаточно условна, но, тем не менее, для появления специального термина наноэлектроника, кроме чисто формального повода переименовать микроэлектронику при переходе от микрометровых топологических размеров к нанометровым в наноэлектронику, есть целый ряд принципиальных причин, возникших в результате развития физики твердого тела и технологии микроэлектроники в 1980-е годы.

Таким образом, под наноэлектроникой рассматривается область электроники, основными задачами которой является:

- разработка физических основ работы активных приборов с нанометровыми размерами, в первую очередь квантовых;
- разработка физических основ технологических процессов;
- разработка самих приборов и технологий их изготовления;
- разработка интегральных схем с нанометровыми технологическими размерами и изделий электроники на основе наноэлектронной элементной базы;
- разработка систем управления в условиях неопределенности.

Стоит заметить, что нельзя рассматривать нанотехнологию только в качестве раздела наноэлектроники. Нанотехнология применяется не только в наноэлектронике. Можно ввести понятие «нано-все-что-угодно», которое включает любые процессы на атомарном и наноуровне. Это наноматериаловедение, нанобиохимия, наномеханика и т.д.

Первой компанией, изготовившей в 2001 году транзистор на нанотрубках, стала IBM. С тех пор было разработано множество альтернативных схем транзисторов с нанотрубками. К примеру, в компании Samsung была создана схема транзистора с вертикальным расположением нанотрубок.

Понятие «информационные системы» включает все устройства, обеспечивающие получение, обработку и передачу информации. Это различные датчики, преобразующие внешние воздействия (звук, изображение в виде светового поля различной локальной интенсивности, давление, температура, химический состав среды и др.) в электрические сигналы, это электронные системы преобразования и обработки этих сигналов на основе компьютерной техники и, наконец, это средства радиосвязи и телекоммуникаций. Информация в этих системах дается либо в виде непрерывного электрического сигнала – аналоговая форма кодирования информации, либо в виде последовательности электрических импульсов – цифровая

форма кодирования. При аналоговом кодировании необходимая информация представляется соответствующей амплитудой или частотой колебаний непрерывного электрического сигнала. В цифровой форме информация выражается в виде двоичного кода, задаваемого электрическим импульсом, для которого логическому состоянию «0» соответствует отсутствие электрического напряжения (или тока), а состоянию «1» – его наличие. Цифровые коды благодаря хорошей защищенности от ошибок и помех, высоким скоростям обработки в вычислительных системах и высокой плотности передачи по каналам связи получили преимущественное распространение в современных информационных системах.

По мере приближения размеров твердотельных структур к нанометровой области ($1 \text{ нм} = 0,001 \text{ мкм} = 10^{-9} \text{ м}$), а это образования из единиц и десятков атомов, все больше проявляются квантовые свойства электрона. В его поведении преобладающими становятся волновые закономерности, характерные для квантовых частиц. С одной стороны, это приводит к нарушению работоспособности классических транзисторов, использующих закономерности поведения электрона, как классической частицы, а с другой – открывает перспективы создания новых уникальных переключающих, запоминающих и усиливающих элементов для информационных систем. Одними из первых появились элементы на резонансном туннелировании. Явление резонансного туннелирования было впервые описано в 1958 году японским исследователем Л. Исаки и детально исследовалось им до 1974 года. Однако всестороннее теоретическое обоснование и экспериментальные транзисторы на резонансном туннелировании появились лишь в начале 1990-х годов. Эти транзисторы имеют частоты переключения порядка 10^{12} Гц, что в 100–1000 раз выше, чем у самых лучших кремниевых транзисторов из современных интегральных микросхем.

В 1993 году японскими учеными (Ю. Вада и др.) было разработано новое семейство цифровых переключающих приборов на атомных и молекулярных шнурах. Базовая ячейка состоит из атомного шнура, переключающего атома и переключающего электрода. Общий размер такой структуры составляет менее 10 нм, а рабочие частоты оцениваются величинами порядка 10^{12} Гц. Предполагается, что они позволят создать суперкомпьютер с оперативной памятью 10^9 байт на площади 200 мкм^2 . Для создания атомных реле требуется уникальный сканирующий туннельный микроскоп, обеспечивающий прецизионную манипуляцию атомами. Работы в этом направлении идут успешно [6, 7].

Во многих отношениях начало XXI века является римейком начала XX века, только с развитием нанотехнологий наряду с компьютерно-информационными и биотехнологиями. Однако из-за широкого охвата знаний, ресурсов и финансирования на все не хватит. Работа кафедры КРЭМС ТГТУ по управлению в условиях неопределенности, с учетом мнений экспертов, для выбора приоритетных направлений в проектах в какой-то мере поможет справиться с возникшей проблемой. Особенно это важно на стадии стратегического планирования, НИОКР, для исключения функций потерь и робастного проектирования.

Список литературы

1. Основы политики Российской Федерации в области науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу // Поиск. – 2002, 19 апреля. – №16.
 2. Алферов, Ж.И. Наноматериалы и нанотехнологии / Ж.И. Алферов [и др.]. – М. : Микросистемная техника, 2003. – №8. – С. 3–13.
 3. Роко, М.К. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления развития : пер. с англ. / М.К. Роко, Р.С. Уильямс, П. Аливисатос. – М. : Мир, 2002. – 292 с.
 4. Глинк, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение : пер. с англ. / Б. Глинк, Дж Пастернак. – М. : Мир, 2002. – 589 с.
 5. Электронный ресурс. – Режим доступа : <http://www.microsystems.ru/files/publ/753.htm>. – Загл. с экр.
 6. Likharev, K.K. Single Electronics / K.K. Likharev, T. Claeson // Sci. Amer. – 1992. – №6. – Pp. 50–55.
 7. Thornton, T.J. Mesoscopic Devices / T.J. Thornton // Rept. Progr. Phys. – 1994. – Vol. 57. – Pp. 311–364.
-

Nano-Electronics Priorities in Russia

A.S. Stepanova

Tambov State Technical University

Key words and phrases: nano-metric area of measuring; nano-technologies; digital format of information.

Abstract: The advantages of nano-technologies in the development of electronics are studied; it contributes to innovative development of the country.

© А.С. Степанова, 2007