

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДЕПАРТАМЕНТ СЕМЕЙНОЙ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

МОСКОВСКАЯ ГОРОДСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОФСОЮЗА РАБОТНИКОВ НАРОДНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНВАЛИДОВ ЧЕРНОБЫЛЯ
«ЭРА МИЛОСЕРДИЯ»

КРЫМСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ КИЕВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. ВАДИМА ГЕТЬМАНА

КОМПАНИЯ «Доктор Веб»

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

XX

МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР



2012г.

ББК 32.81
Н 76
УДК 658.012; 681.3.06

Н 76 **«Новые информационные технологии».** Тезисы докладов XX Международной студенческой конференции-школы-семинара - М.: МИЭМ, 2012, 416 с.

ISBN 978-5-94506- 316-7

В сборнике представлены тезисы докладов участников XX Международной студенческой конференции-школы-семинара «Новые информационные технологии», состоявшейся в мае 2012 года.

Сборник состоит из двух разделов. Первый раздел сборника включает пленарные доклады ведущих специалистов. Второй раздел содержит тезисы докладов студентов и аспирантов, учащихся техникумов и колледжей, участвовавших в работе конференции-школы-семинара.

Тезисы докладов сгруппированы по секциям:

- Прикладные информационные технологии;
- Мехатроника и робототехника;
- Информационно - телекоммуникационные системы. Интернет-технологии в науке, бизнесе и образовании;
- Информационные технологии в экономике, бизнесе, научно-техническом предпринимательстве и инновационной деятельности;
- Компьютер в учебном процессе;
- Защита информации в информационных системах;
- Информационные технологии в социальном, административно-территориальном управлении, городском хозяйстве, жилищно-коммунальном и строительном комплексах;
- Информационные технологии в помощь лицам с ограниченными физическими возможностями;
- Суперкомпьютеры и параллельные вычисления.

Сборник представляет интерес для широкого круга преподавателей и студентов вузов, связанных с решением проблем компьютеризации образования; для специалистов в области современных информационных технологий и средств коммуникаций.

Редакционная коллегия: В.Н.Азаров, С.А.Митрофанов, Ю.Л.Леохин, Н.С.Титкова

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

ББК 32.81

ISBN 978-5-94506- 316-7

© Московский государственный институт
электроники и математики
(технический университет) 2012 год

СОДЕРЖАНИЕ

Леохин Ю.Л. Титкова Н.С. Митрофанов С.А. Нам 20 лет, но мы по-прежнему «Новые информационные технологии»	3-18
<u>ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ</u>	19-112
Куприков М.Ю. Компетентностная модель объектно-ориентированного аэрокосмического образования	19-29
Чернышов Л.Н. Тенденции развития информационных технологий	30-38
Митрофанов С.А. Совцов Л.А. Бизнес-проектное обучение – новая образовательная технология формирования инновационного специалиста	39-40
Леохин Ю.Л. Корпоративные компьютерные сети – транспортная основа для создания и развития ИТ -инфраструктуры современного предприятия	40-43
Трубочкина Н.К. Обзор и анализ перспектив использования нанопроводов для создания элементной базы персональных суперкомпьютеров	44-51
Нестеров С.Б. Военный нанотехнологии	51-61
Митрофанов А.С. Малые инновационные предприятия в системе инновационной инфраструктуры вуза (в рамках реализации постановления Правительства РФ №219)	61-66
Царегородцев А.В. SWOT- анализ информационной безопасности корпоративных систем на основе облачных вычислений	66-78
Лукин В.Н. Чем заняться программисту, или экспедиция к заказчику	79-89
Восков Л.С. Интернет вещей	89-94
Лычкина Н.Н. Инновационные парадигмы имитационного моделирования и их применение в сфере управленческого консалтинга и стратегического менеджмента	94-105
Нестеров С.Б. Есенинская селенология	106-108
Куприянов Ю.В. Проактивные инструменты для работы с образом будущего	108-110
Заботнев М.С. Кузнецов Ю.М. Линецкий Б.Л. Методы и средства создания электронных образовательных ресурсов на основе учебных курсов различных форматов	110-112
<u>Секция "ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"</u>	113-192
Туляков Д.С. Фролова Т.А. Раскрытие неопределенности в математической модели процесса обжига	113-114
Евтеева А.Ю. Создание компилятора параллельного языка для суперкомпьютера с управлением потоком данных	115-116

ОБЗОР И АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОПРОВОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

Н.К. Трубочкина

*д.т.н., профессор Московского государственного института электроники и математики
(технического университета), НОЦ N3D (Nano-3D)*

Введение

Уже много лет не наблюдается смена поколений компьютеров. Как остановились в развитии на пятом поколении, так с ним и живем.

Кризис в развитии компьютерной индустрии связан с элементной базой и технологическими возможностями человечества, отстающего в технологическом развитии от своих желаний создать компьютер нового поколения — персональный суперкомпьютер.

Персональный суперкомпьютер (ПСК) — условная характеристика высокопроизводительной электронно-вычислительной машины, ориентированной на решение задач интенсивной числовой обработки, выполненной в компактном корпусе, обычно в виде настольного компьютера, которая может быть установлена непосредственно на рабочем месте, а не в специально отведенных помещениях, как это необходимо для кластерных суперкомпьютеров. Такие машины используются для работы с приложениями, требующими наиболее интенсивных вычислений (например, в молекулярной динамике, генетике, моделировании различных специализированных систем), что, в том числе, и отличает их от серверов и мэйнфреймов — компьютеров с высокой общей производительностью, призванных решать типовые задачи (обслуживание больших баз данных или одновременная работа с множеством пользователей).

Наиболее широкое распространение на сегодняшний день получили персональные суперкомпьютеры, построенные на принципе использования вычислительных мощностей графических процессоров (GPU) и параллелизма (многопоточность).

Подобные суперкомпьютеры строятся на основе специальных графических адаптеров используемых как вычислители. Возможна установка в один персональный суперкомпьютер сразу нескольких вычислителей, что обеспечит общую производительность до 4х терафлоп. Вычислители подобного рода выпускаются в основном двумя производителями: NVIDIA — NVIDIA Tesla и AMD — AMD FireStream. Планируется также выход подобного устройства от Intel под названием Larrabee.

Для персональных суперкомпьютеров на GPU NVIDIA существует особая среда разработки — CUDA, позволяющая программистам и разработчикам писать программное обеспечение для решения большинства вычислительных задач благодаря многоядерной вычислительной мощности графических процессоров на языке Си. CUDA даёт разработчику возможность по своему усмотрению организовывать доступ к набору инструкций графического ускорителя и управлять его памятью, организовывать на нём сложные параллельные вычисления. Графический ускоритель с поддержкой CUDA становится мощной программируемой открытой архитектурой подобно сегодняшним центральным процессорам.

Другой проект специализированного суперкомпьютера, предназначенного для криптоанализа (Corasoba) использует множество микропроцессоров.

Помимо использования параллелизма, как в архитектуре, так и в организации вычислений, работающих на стандартной элементной базе, но не дающих нового качества компьютеров, важнейшим является поиск и разработка принципиально новой элементной базы.

Решение проблемы создания персонального суперкомпьютера лежит на пересечении решений в следующих областях:

- представление данных и массивов данных;
- алгоритмы обработки массивов данных;
- многомерная параллельная архитектура;
- наноразмерная элементная база, обладающая способностью агрегироваться в массивы и системы.

Из-за важности фундаментальных исследований в области нанотехнологий и возможного использования их новых объектов для обновления технических баз различных научных направлений, большой интерес ученых в последнее время проявляется к нанопроводам из различных материалов.

Развитие полупроводниковых нанопроводов в последнее время в центре обширного исследования, еще и потому, что в силу своих особенностей, эти структуры могут играть важнейшую роль в создании следующих поколений различных устройств нанометрового диапазона, таких как аналоговые, сенсорные, логические, и устройства памяти.

Эти наноустройства необходимо исследовать на предмет возможности создания элементной базы для компьютера нового поколения, есть большая вероятность, что они могут быть полезны из-за своих размеров и быстрого действия для разработки персонального суперкомпьютера и не только обычного, но и квантового.

Историю развития интереса к нанопроводам можно проследить по предметно-временной цепочке фундаментальных исследований, в которых нанопровода исследовались как:

- материалы;
- технологии;
- хранилища данных большой размерности;
- компоненты;
- устройства;
- матрицы-процессоры.

Материалы-нанопровода

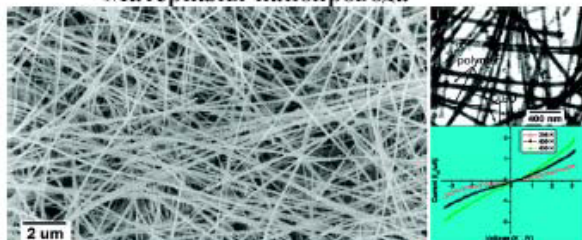


Рис. 1. Хаотичная система монокристаллических нанопроводов SiO_2 как гигроскопичный материал [1]

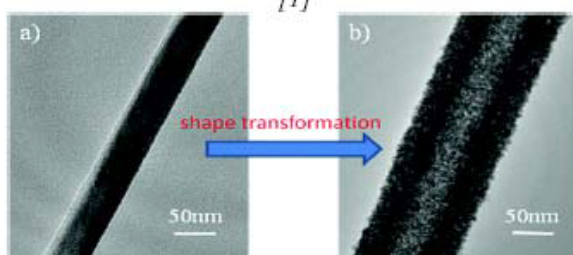


Рис. 2. От однокомпонентного нанопровода до композитной нанотрубки

Технологии получения нанопроводов



Рис. 3. Синтез трехосных нанопроводов с новыми электрохимическими свойствами для литиевых батарей

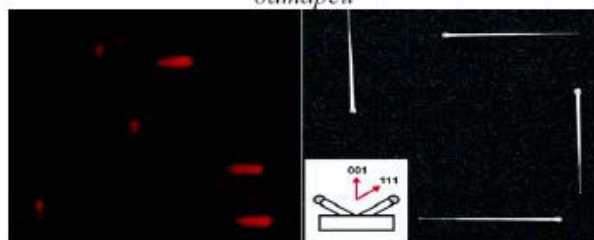


Рис. 4. Эпитаксиальные III-V нанопровода на кремнии

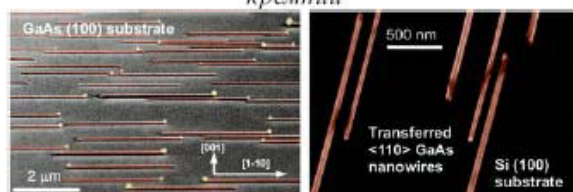


Рис. 5. Плоские GaAs нанопровода на GaAs (100) поверхности

В начале нанотехнологической эры нанопровода из различных химических элементов исследовались, как материалы, обладающие особыми механическими, химическими или физическими свойствами.

Например, это хаотичное нанопроводное «волокно» (Рис. 1), можно использовать в качестве фильтров или в качестве материала, например, с отражающими свойствами.

В [2] описан механизм преобразования однокомпонентного $\text{SnO}_2/\text{Co}(\text{OH})_{x-2}\text{e}(\text{CO}_3)_{y-e}$ нанопровода в $\text{SnO}_2/\text{Co}_3\text{O}_4$ нанотрубку (Рис. 2).

Он может быть полезен ученым для исследования и использования новых функциональных материалов с новыми свойствами в различных прикладных областях от нанoeлектроники и медицины до народного хозяйства.

Разработан метод синтеза AgVO_3 трехосных нанопроводов [3] (Рис. 3) для повышения электрохимической стабильности нанопроводов-электродов для применения в литий-ионных батареях. Т.е. создан новый материал с новыми электрохимическими свойствами.

В [4] приведены результаты идеального эпитаксиального зарождения и роста III-V полупроводниковых нанопроводов на кремниевых подложках (Рис. 4). Это решает давние проблемы интеграции высокопроизводительных III-V полупроводников с основной технологией Si. Ожидается, что структуры сверхрешеток, устройства и гетероструктуры фотонных устройств на чипе связи, теперь могут стать доступными в качестве дополнительной технологии для повышения степени интеграции устройств на кремнии.

В [5] сообщается о контролируемом росте плоских GaAs полупроводниковых нанопроводов на (100) GaAs подложках (Рис. 5) при атмосферном давлении методом металлоорганического химического осаждения из паровой фазы с

Au в качестве катализатора. Эти нанопровода с равномерным диаметром выровнены в направлении $\langle 110 \rangle$ в плоскости (100). Планарная технология и крайне высокая степень интеграции кристалла потенциально может привести к созданию кремниевых устройств наноэлектроники и нанофотоники на твердых и гибких подложках.

Хранилища большой размерности

В [6] показана технология выращивания упорядоченных массивов вертикальных кремниевых нанопроводов (Рис. 6) с помощью молекулярно-лучевой эпитаксии и использования массивов золотых капель на кремниевых (111) подложках.

Из-за важности проблемы формирования хранилищ информации большого объема фундаментальным исследованиям в области нанотехнологий и наноэлектроники, связанным с полупроводниковыми нанопроводами, уделяется большое внимание.

В работе [7] приводятся результаты измерения значения высоты барьера Шоттки у вертикальных кремниевых нанопроводов, расположенных в двуокиси кремния и покрытые слоем золота (Рис. 7). Измерения показывают наличие энергетического барьера, что можно использовать для создания матриц, хранящих заряды. Подобные структуры могут быть хранилищами информации большой размерности.

Для увеличения объемов хранилищ данных, одним из подходов является добавление новых размерностей. В [8] представлен проект куба нанопроводов (Рис. 8), который позволит реализовать различные комплексы спинтроники и топологических устройств. Этот проект частный случай реализации трехмерных схем.

Кубонды (3D схемы) должны прийти на смену матрицам (2D схемы).

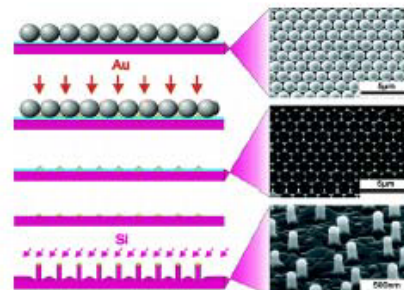


Рис. 6. Упорядоченные массивы кремниевых нанопроводов

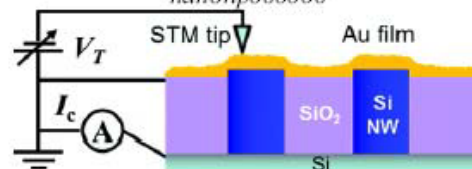


Рис. 7. Прямые измерения латеральных вариаций высоты барьера Шоттки

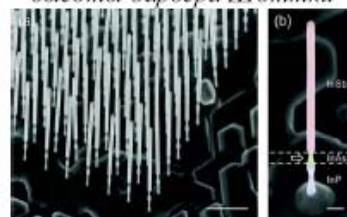


Рис. 8. Нанокубы из InSb нанопроводов

Помимо хранилищ информации повышенного объема для реализации персонального суперкомпьютера необходимы хранилища энергии для обеспечения длительной автономной работы суперкомпьютера. Обычные тонкие пленочные батареи изготавливаются на основе плоских коллекторов, где высокое сопротивление контакта препятствует эффективности работы батареи. Таким образом, токоприемники на основе 3D-архитектуры (Рис. 9) и наноразмерных неровностей были предложены [9], чтобы значительно увеличить ток электрода коллектора в области контактной поверхности и, следовательно, значительно снизить поверхностное сопротивление.

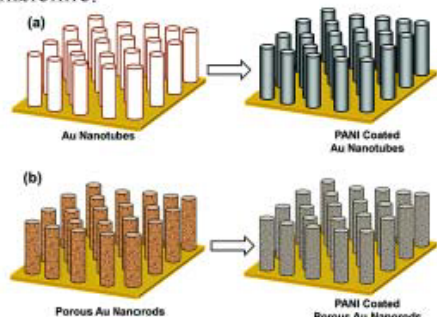


Рис. 9. Токоприемники из 3D нанопроводов для тонких пленочных микробатарей

Компоненты

Дальнейшее развитие нанопроводов лежит в области создания на их основе принципиально новых компонентов интегральных схем. Для этого необходимы физические и компьютерные исследования на определение условий возникновения энергетического барьера, на основе которого можно строить приборы, например, двоичной логики.

Наностержни являются одним из нескольких 3D-проектов, которые показали высокий потенциал для развития высоких энергий и высокоэффективных микробатарей. Токоприемники реализуются на основе пористых наностержней, ток коллектора в который обеспечивается повышенной площадью поверхности пористых электродов. Новые наноструктурированные 3D токоприемники изготовлены из полианилина (ПАНИ), и обеспечивают лучшие характеристики в сравнении с плоской конфигурацией.

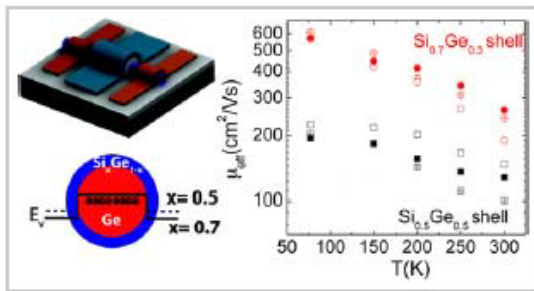


Рис. 10. Исследование транспорта носителей в $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ двухсубстантных нанопроводах

при комнатной температуре, и ее трехкратном увеличении при температуре 77K в полевых транзисторах с более высоким содержанием Si ($x = 0,7$) в оболочке в сравнении с более низким содержанием Si ($x = 0,5$) в оболочке нанопровода. Кроме того, подвижность носителей тока показывает более сильную температурную зависимость в $\text{Ge-Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ нанопроводах с более высоким содержанием кремния в ядре.

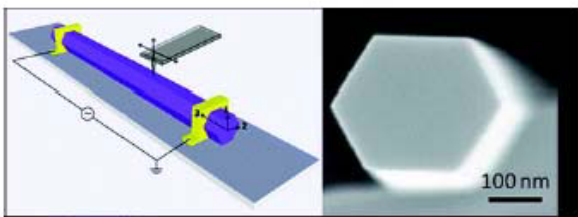


Рис. 11. Одиночные GaN нанопровода проявляют сильные пьезоэлектрические свойства

Квантовые эффекты в Bi нанопроводах, делают их эффективными термоэлектрическими материалами.

В [12] утверждается, что квантовые эффекты в Bi нанопрове формируются путем создания в их структуре баллистических квантовых точечных контактов (QPCs), приводящих к исключительно высоким значениям термо-ЭДС ($S > 2 \text{ мВ} / \text{K}$).

Это может быть использовано в элементах, в которых информация будет кодироваться температурой.

GaN нанопровода обладают сенсорными свойствами (Рис. 13): в них сила тока меняется в зависимости от изменения длины волны воздействующего на нанопровод излучения [13].

Результаты интерпретируются с учетом влияния поверхностных состояний. Данный эффект может быть использован при создании световых нанодатчиков.

p-n диод из осевого GaAs нанопровода (Рис. 14), возможно, один из основных элементов будущего нанопроводных солнечных батарей и источников света [14].

Кроме того, p-n переход из-за наличия энергетического барьера может быть также компонентом бинарных схем логики и памяти.

В [15] описаны исследования нанопроводов из полупроводников и других материалов, как полевых транзисторов в качестве биохимических датчиков.

Микроскопия показала, что наиболее чувствительная область этих нанопроводов локализована около перегибов области в p-n-перехода. Изломанный p-n переход нанопровода, как трехмерный датчик, продемонстрировал

На рис. 10 представлено исследование влияния на транспорт носителей наличия $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ оболочки в $\text{Ge-Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ нанопрове [10]. Это исследование проводилось в целях последующего создания полевых транзисторов и изучения их характеристик в зависимости от содержания оболочки. Полученные результаты свидетельствуют о двукратном повышении подвижности

В работе [11] описан полупроводниковый GaN нанопровод, как один из возможных перспективных компонентов в следующих поколениях нано- и оптико-электронных систем. В дополнение к наличию прямой запрещенной зоны, они проявляют пьезоэлектрические свойства (Рис. 11), что делает их особенно привлекательными для создания автономных устройств питания.

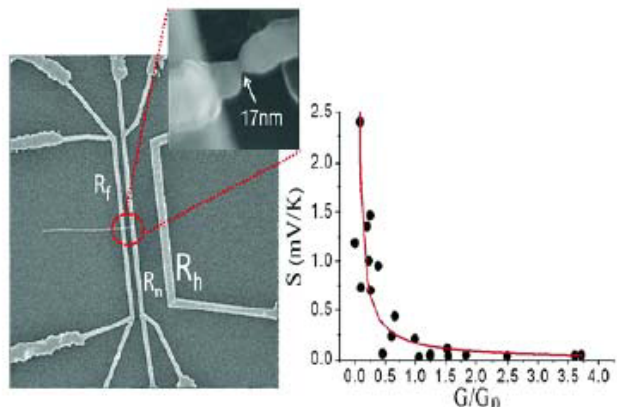


Рис. 12. Очень высокая термо-ЭДС Bi нанопроводов с встроенной между контактами квантовой точкой

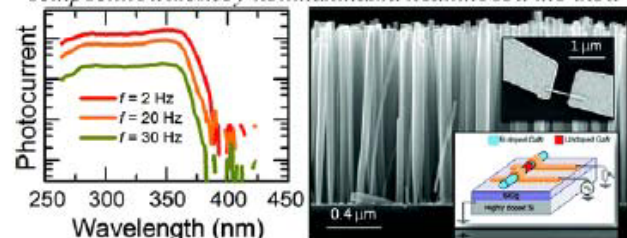


Рис. 13. Влияние длины волны света на фототок GaN нанопровода

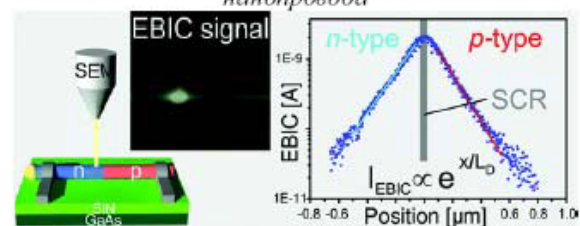


Рис. 14. Осевого p-n переход из GaAs нанопровода

возможности внутриклеточной регистрации действия потенциалов от электрогенных клеток. Эти устройства (Рис. 15) в виде согнутых p-n-переходов нанопроводов, представляют собой новые наноразмерные зонды с сильно локализованной чувствительностью. Они обеспечивают новые возможности в различных областях: от биохимического зондирования до наноразмерной регистрации фотонов в трехмерной записи в живых клетках и тканях.

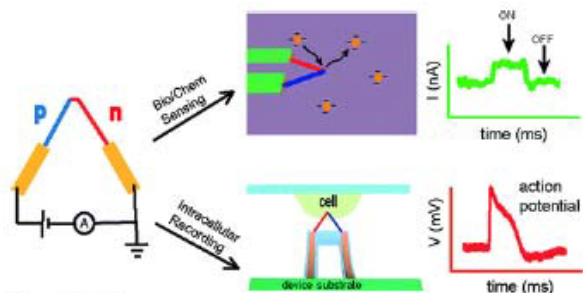


Рис. 15. Ломаные p-n переходы из нанопровода как датчики внутриклеточной регистрации

В [16] сообщается о производстве и характеристиках кремниевых туннельных диодов из нанопровода (Рис. 16). Кремниевые нанопровода, выращены на p-Si подложках с использованием Au-катализируемого паржидкость-твердое тело роста.

Электрические измерения показывают следующие характеристики диода Есаки: максимальная плотность тока $3,6 \text{ kA/cm}^2$, пик-долина текущих соотношений до 4,3, а обратный ток плотностью до 300 kA/cm^2 при обратном смещении напряжения 0,5В.

Этот диод позволит создавать устройства с превосходными свойствами.

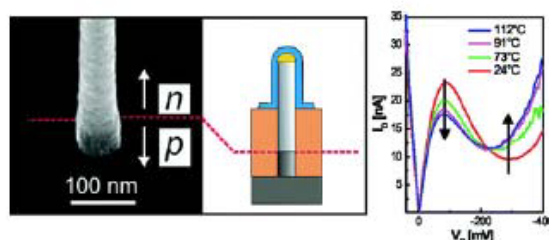


Рис. 16. Диод Есаки из кремниевого нанопровода

Важным моментом в миниатюризации транзисторов является максимизация связи между затвором и полупроводниковым каналом.



Рис. 17. Полевой транзистор из нанопровода

В [17] описан способ получения закрытого полевого транзистора из нанопровода (Рис. 17), который обеспечивает контроль над затвором длиной в один топологический шаг, устраняя необходимость в дополнительных литографии. Эти устройства работают при температурах от 300 до 4 К, а также открывают новые возможности в приложениях, начиная от исследований одномерного квантового транспорта до химического и биологического зондирования.

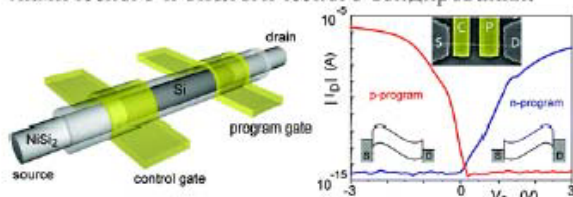


Рис. 18. Реконфигурируемый кремниевый полевой транзистор из нанопровода

В [18] представлена концепция и модель универсального транзистора (Рис. 18), который может быть сконфигурирован как p-FET, так и N-FET просто путем применения электрического сигнала. Эта концепция построена на использовании осевой гетероструктуры нанопровода (металл / внутренний кремний / металл) с независимыми затворами из переходов Шоттки. Эта новая нанотранзисторная технология позволяет создать простую и компактную аппаратную платформу, которая легко изменяется во время работы для выполнения различных логических вычислений.

Из нанопроводов пытаются создавать компоненты для батарей [19,20]. В [21] описан сенсор - быстрый и чувствительный газоанализатор водорода из нанопровода. Спектр компонентов из нанопроводов достаточно широкий. Следующим этапом их развития является организация в системы (в технике это устройства).

Нанопровод с коаксиальным металлическим затвором обеспечивает оптимальную связь канала с затвором, но реализован только для вертикально ориентированных транзисторов из нанопровода.

За последние 30 лет доминирующими схемами были комплементарные метал-окисел-полупроводниковые схемы (CMOS). Пары p- и n-полевых транзисторов использовались, чтобы уменьшить статическое энергопотребление. Тем не менее, недостатком CMOS пар является то, что их электрические характеристики после изготовления не могут быть изменены.

Устройства на нанопроводах

Простейшие цифровые устройства для суперкомпьютера это вентили (элементы выполняющие простейшие логические функции) и ячейки памяти (хранящие бит информации). Из этих простейших устройств строятся процессоры и матрицы (кубоиды) памяти. Высокопроизводительный инвертор (Рис. 19) был построен путем объединения

двух идентичных n -канальных полевых транзисторов (MOSFETs) на одном CdS нанопроводе [22]. Данный инвертор имеет коэффициент усиления по напряжению 83, что является самым высоким на сегодняшний день для МОП-инверторов. В данной схеме низкий уровень порогового напряжения (-0,4 В).

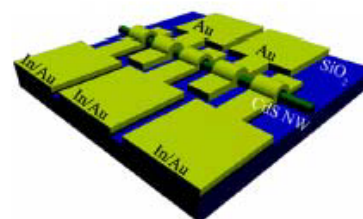


Рис. 19. Высокопроизводительные логические схемы, построенные на CdS нанопроводе

При сборке из трех идентичных MOSFETs транзисторов, были построены NOR (ИЛИ-НЕ) и NAND (И-НЕ) МОП-вентили. Аналогичная схема для $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ нанопровода описана в [23], для MoS_2 нанопроводе в [24]. Также успешное моделирование физических и электрических процессов в схемах, построенных на односубстантных и двухсубстантных кремниевых нанопроводах толщиной 10 нм, было проведено в лаборатории N3D МИЭМ [25].

В [26] описаны логические вентили и фотоэлектрические приборы на нанопроводах (Рис. 20).

Метод основан на эпитаксиальном выращивании нанопроводов из боковых стенок электродов. В частности, этот метод был использован для выращивания кремниевых нанопроводов для И и ИЛИ вентилях а также параллельных и последовательных фотоэлектрических элементов, с регулируемой мощностью.

Бистабильные наноразмерные переключатели (Рис. 21) были собраны с использованием нанопроводов и окислительно-восстановительных активных молекул в качестве строительных блоков.

Наноустройство [27] состоит из нанопроводов - полевых транзисторов (NW-FET) с функциональными активными молекулами, где окислительно-восстановительные виды могут хранить заряды и тем самым поддерживать NW-полевые транзисторы либо в логике, либо в выключенном состоянии с высокой или

низкой проводимостью канала, соответственно. Характеристики молекул закрытого NW-FET устройства позволяют предположить, что они могли бы служить в качестве ключевых элементов в широком диапазоне областей применения нанoeлектроники, в том числе энергонезависимой памяти и программируемых логических матрицах.

Выращивание полупроводниковых нанопроводов (NWS) открыло новые пути к интеграции кремниевых устройств, таких как светодиоды, высокой эффективности солнечных батарей, или высокой чувствительности фотоприемников.

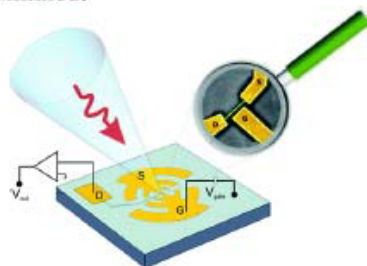


Рис. 22. Терагерцовый детектор на основе полупроводниковых нанопроводов - полевых транзисторов

Direct Growth of Nanowire Devices (DGND)

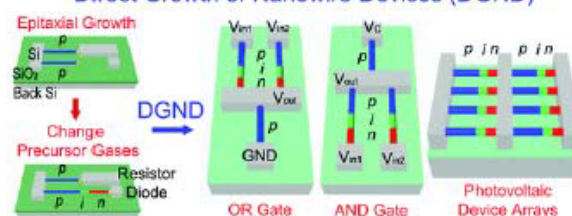


Рис. 20. Логические вентили и фотоэлектрические приборы на нанопроводах

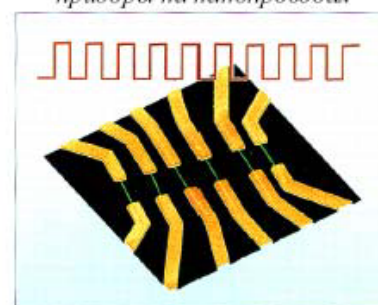


Рис. 21. От молекулы к энергонезависимой памяти и программируемой логике

Также предлагается множество новых подходов к развитию устройств нанoeлектроники будущих поколений.

В [28] показано, что полупроводниковые нанопровода могут также использоваться в качестве строительных блоков для реализации на основе 1D нанопровода - полевого транзистора терагерцового детектора высокой чувствительности (Рис. 22) (нанопотоника).

Матрицы

И апофеоз эволюции – организованные системы из нанопроводов. В [29] описан принцип построения системы логических (булевых) функций на матрице, основой которой являются КМОП (CMOS) функционально полные вентили ИЛИ-НЕ (Рис. 23).

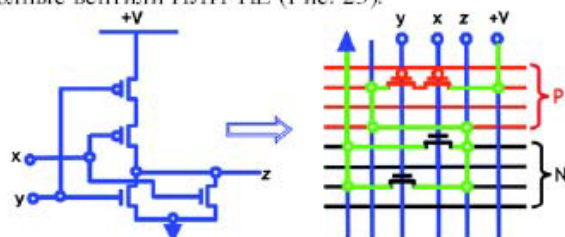


Рис. 23. Принцип построения матриц из нанопроводов-полевых транзисторов

Группы p-канальных и n-канальных МОП транзисторов размещаются в различных частях матрицы.

Принципиальным отличием от классических матриц является то, что в качестве полевого транзистора используется полевой транзистор-нанопровод. А последовательное соединение однотипных транзисторов – все тот же нанопровод, только большей длины.

Данные матрицы можно использовать, как для реализации логических схем, так и для схем памяти очень больших объемов.

Заключение

В нанотехнологической эволюции, и, в частности, эволюции нанопроводов, хорошо просматривается фрактальный алгоритм: от хаоса к организованным системам, от просто материалов к сложнейшим схемам логики и памяти огромной размерности. Фундаментальными исследованиями подготовлена почва для практической реализации элементной базы компьютера будущего – персонального суперкомпьютера. Осталось дело за малым. Сделать его.

Список литературы:

1. Yiwei Tan, Xinyu Xue, Qing Peng, Heng Zhao, Taihong Wang, and Yadong Li. Controllable Fabrication and Electrical Performance of Single Crystalline Cu₂O Nanowires with High Aspect Ratios. *Nano Lett.*, 2007, 7 (12), pp 3723–3728.
2. Yina Zhu, Wei Chen, Caiyun Nan, Qing Peng, Ruji Wang, and Yadong Li. From Single-Component Nanowires to Composite Nanotubes. *Cryst. Growth Des.*, 2011, 11 (10), pp 4406–4412.
3. Liqiang Mai, Xu Xu†, Chunhua Han, Yanzhu Luo†, Lin Xu, Yimin A. Wu, and Yunlong Zhao. Rational Synthesis of Silver Vanadium Oxides/Polyaniline Triaxial Nanowires with Enhanced Electrochemical Property. *Nano Lett.*, 2011, 11 (11), pp 4992–4996.
4. Thomas Mårtensson, C. Patrik T. Svensson, Brent A. Wacaser, Magnus W. Larsson, Werner Seifert, Knut Deppert, Anders Gustafsson, L. Reine Wallenberg, and Lars Samuelson. Epitaxial III–V Nanowires on Silicon. *Nano Letters*, 2004, 4 (10), pp 1987–1990.
5. Seth A. Fortuna, Jianguo Wen, Ik Su Chun and Xiuling Li. Planar GaAs Nanowires on GaAs (100) Substrates: Self-Aligned, Nearly Twin-Defect Free, and Transfer-Printable. *Nano Lett.*, 2008, 8 (12), pp 4421–4427.
6. Bodo Fuhrmann, Hartmut S. Leipner, and Hans-Reiner Höche. Ordered Arrays of Silicon Nanowires Produced by Nanosphere Lithography and Molecular Beam Epitaxy. *Nano Lett.*, 2005, 5 (12), pp 2524–2527.
7. Wei Cai†, Yulu Che, Jonathan P. Pelz, Eric R. Hemesath, and Lincoln J. Lauhon. Direct Measurements of Lateral Variations of Schottky Barrier Height Across “End-On” Metal Contacts to Vertical Si Nanowires by Ballistic Electron Emission Microscopy. *Nano Lett.*, 2012, 12 (2), pp 694–698.
8. Sébastien R. Plissard, Dorris R. Slapak, Marcel A. Verheijen, Moïra Heccevar, George W. G. Immink, Ilse van Weperen, Stevan Nadj-Perge, Sergey M. Frolov, Leo P. Kouwenhoven, and Erik P. A. M. Bakkers†. From InSb Nanowires to Nanocubes: Looking for the Sweet Spot. *Nano Lett.*, Article ASAP February 24, 2012.
9. Sanketh R. Gowda, Arava Leela Mohana Reddy, Xiaobo Zhan, Huma R. Jafry, and Pulickel M. Ajayan. 3D Nanoporous Nanowire Current Collectors for Thin Film Microbatteries. *Nano Lett.*, 2012, 12 (3), pp 1198–1202.
10. Junghyo Nah, David C. Dillen, Kamran M. Varshramyan, Sanjay K. Banerjee, and Emanuel Tutuc. Role of Confinement on Carrier Transport in Ge–SixGe1–x Core–Shell Nanowires. *Nano Lett.*, 2012, 12 (1), pp 108–112.
11. Majid Minary-Jolandan, Rodrigo A. Bernal, Irma Kuljanishvili, Victor Parpoil, and Horacio D. Espinosa. Individual GaN Nanowires Exhibit Strong Piezoelectricity in 3D. *Nano Lett.*, 2012, 12 (2), pp 970–976.
12. Eyal Shapira, Amir Holtzman, Debora Marchak, and Yoram Selzer. Very High Thermopower of Bi Nanowires with Embedded Quantum Point Contacts. *Nano Lett.*, 2012, 12 (2), pp 808–812.
13. F. González-Posada, R. Songmuang, M. Den Hertog, and E. Monroy. Room-Temperature Photodetection Dynamics of Single GaN Nanowires. *Nano Lett.*, 2012, 12 (1), pp 172–176.
14. Christoph Gutsche, Raphael Niepelt, Martin Gnauck, Andrey Lysov, Werner Prost, Carsten Ronning, and Franz-Josef Tegude. Direct Determination of Minority Carrier Diffusion Lengths at Axial GaAs Nanowire p–n Junctions. *Nano Lett.*, 2012, 12 (3), pp 1453–1458.
15. Zhe Jiang, Quan Qing, Ping Xie, Ruixuan Gao, and Charles M. Lieber. Kinked p–n Junction Nanowire Probes for High Spatial Resolution Sensing and Intracellular Recording. *Nano Lett.*, 2012, 12 (3), pp 1711–1716.

16. Heinz Schmid, Cedric Bessire, Mikael T. Björk, Andreas Schenk, and Heike Riel. Silicon Nanowire Esaki Diodes. *Nano Lett.*, 2012, 12 (2), pp 699–703.
17. Kristian Storm, Gustav Nylund, Lars Samuelson, and Adam P. Micolich. Realizing Lateral Wrap-Gated Nanowire FETs: Controlling Gate Length with Chemistry Rather than Lithography. *Nano Lett.*, 2012, 12 (1), pp 1–6.
18. André Heinzig, Stefan Slesazeck, Franz Kreupl, Thomas Mikolajick, and Walter M. Weber. Reconfigurable Silicon Nanowire Transistors. *Nano Lett.*, 2012, 12 (1), pp 119–124.
19. Dmitry Ruzmetov, Vladimir P. Oleshko, Paul M. Haney, Henri J. Lezec, Khim Karki, Kamal H. Baloch, Amit K. Agrawal, Albert V. Davydov, Sergiy Krylyuk, Yang Liu, JianY. Huang, Mihaela Tanase, John Cumings, and A. Alec Talin. Electrolyte Stability Determines Scaling Limits for Solid-State 3D Li Ion Batteries. *Nano Lett.*, 2012, 12 (1), pp 505–511.
20. Liqiang Mai, Lin Xu†, Chunhua Han, Xu Xu, Yanzhu Luo, Shiyong Zhao, and Yunlong Zhao. Electrospun Ultralong Hierarchical Vanadium Oxide Nanowires with High Performance for Lithium Ion Batteries. *Nano Lett.*, 2010, 10 (11), pp 4750–4755.
21. Fan Yang, David K. Taggart and Reginald M. Penner. Fast, Sensitive Hydrogen Gas Detection Using Single Palladium Nanowires That Resist Fracture. *Nano Lett.*, 2009, 9 (5), pp 2177–2182.
22. Ren-Min Ma, Lun Dai, Hai-Bin Huo, Wan-Jin Xu, and G. G. Qin. High-Performance Logic Circuits Constructed on Single CdS Nanowires. *Nano Lett.*, 2007, 7 (11), pp 3300–3304.
23. Machteld I. van der Meulen, Nikolay Petkov, Michael A. Morris, Olga Kazakova, Xinhai Han, Kang L. Wang, Ajey P. Jacob and Justin D. Holmes. Single Crystalline $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ Nanowires as Building Blocks for Nanoelectronics. *Nano Lett.*, 2009, 9 (1), pp 50–56.
24. Branimir Radisavljevic, Michael Brian Whitwick, and Andras Kis. Integrated Circuits and Logic Operations Based on Single-Layer MoS_2 . *ACS Nano*, 2011, 5 (12), pp 9934–9938.
25. Моделирование 3D-наносхемотехники. Отчет №5259 за 2011 год.
26. Dong Rip Kim, Chi Hwan Lee and Xiaolin Zheng. Direct Growth of Nanowire Logic Gates and Photovoltaic Devices. *Nano Lett.*, 2010, 10 (3), pp 1050–1054.
27. Xiangfeng Duan, Yu Huang, and Charles M. Lieber. Nonvolatile Memory and Programmable Logic from Molecule-Gated Nanowires. *Nano Letters*, 2002, 2 (5), pp 487–490.
28. Miriam S. Vitiello, Dominique Coquillat, Leonardo Viti, Daniele Ercolani, Frederic Teppe, Alessandro Pitanti, Fabio Beltram, Lucia Sorba, Wojciech Knap, and Alessandro Tredicucci. Room-Temperature Terahertz Detectors Based on Semiconductor Nanowire Field-Effect Transistors. *Nano Lett.*, 2012, 12 (1), pp 96–101.
29. Bonnie A. Sheriff, Dunwei Wang, James R. Heath and Juanita N. Kurtin. Complementary Symmetry Nanowire Logic Circuits: Experimental Demonstrations and in Silico Optimizations. *ACS Nano*, 2008, 2 (9), pp 1789–1798.

ВОЕННЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ

С.Б. Нестеров

*д.т.н., профессор, заместитель директора ФГУП «НИИ вакуумной техники им.С.А.Векшинского»,
чл.-корр. РАН, Почетный радист РФ*

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы большое развитие получила нанотехнология. Наблюдается лавинообразный процесс появления специальной литературы, касающейся этой перспективной междисциплинарной области знаний, одним из направлений которой являются так называемые военные нанотехнологии.

Опыт преподавания с 2001 г. курса «Основы нанотехнологии» в НИУ МЭИ привел к пониманию того, что необходимо опубликовать учебное пособие «Военные нанотехнологии» [1], отличительной особенностью которого является популярное изложение относительно сложных понятий из различных областей знаний. Пособие представляет собой своего рода дайджест современных публикаций по этой тематике. Основной публикацией на эту тему является книга Ю.Альтмана [2].

Подобное пособие может служить в качестве ознакомительного при изучении курса «Основы нанотехнологии».

В настоящее время интенсивно ведутся разработки в области нанотехнологий по многим направлениям науки и техники. На одной из первых ежегодных Форсайтовских конференций, проводимых с 1989 года, по инициативе К. Э. Дрекслера было принято обращение к ученым и правительствам всего мира не производить наноразработки в военных целях. Однако необходимость получения средств на научные исследования привела к развитию нанопрограмм для средств вооружения, а также изделий двойного назначения. Сейчас военные исследования в области нанотехнологии ведутся по шести основным направлениям: энергетические ресурсы и боеприпасы, обеспечение и противодействие невидимости объектов, защитные и самовосстанавливающиеся системы, позволяющие автоматически ремонтировать поврежденную поверхность танка или самолета или