

УДК 621.3

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Соленик И. А., Хомич А. А.

Научный руководитель Зеленко В.В., старший преподаватель

Нано электроника — область электроники, занимающаяся разработкой интегральных электронных схем с характерными размерами элементов менее 100 нанометров. Вся история электроники — стремление к уменьшению размеров, увеличению быстродействия и массовость производства.

Гордон Мур — один из основателей компании Intel — установил, что плотность логических элементов микросхем удваивается каждые полтора года. На основании этой закономерности в 1965 году, когда плотность составляла 50 компонентов на кристалле, он предсказал, что в 1975 году она составит 65 тыс. компонентов на кристалле, что и произошло. Эта тенденция действует до сих пор, и стала она называться Законом Мура.

В наше время процессор Itanium компании Intel содержит миллиарды логических элементов. Сегодня разрешение в 130 нм является рядовым достижением, но уже существуют производства с размерами элементов 65 нм и 43 нм. В такие размеры укладывается цепочка из 300 и 200 атомов. Сейчас ученые и инженеры компании Intel планируют перейти рубеж в 20 нм.

Эффекты нано технологий

Новые эффекты нано технологий связаны не только с уменьшением размеров компонентов систем. Благодаря более малым размерам ученые надеются выйти на новый качественный уровень полупроводниковой электроники и создать совершенно новые поколения процессоров.

Нано технологии и квантовая механика

Однако в нано мире все еще много загадочного. Например, нано материалы не подчиняются законам механики Ньютона. В нано масштабе доминируют законы квантовой механики. Квантовая механика лежит в основе современной и будущей электроники.

Ограничения литографии

В настоящее время для создания микропроцессоров используется фотолитография. Эта технология основана на принципе фотопечати, то есть с помощью света топология электрической схемы проецируется на кремниевую подложку.

В настоящее время ведутся интенсивные исследования возможностей использования литографии на основе экстремального ультрафиолетового света с длиной волны около 10-15 нм. С его помощью можно настолько увеличить плотность транзисторов в микропроцессорах, что они станут мощнее почти в 100 раз. Некоторые специалисты считают, что эта задача будет решена уже к 2014 г.

Прогнозы пределов миниатюризации

Специалисты прогнозируют, что полупроводниковая индустрия с современными стандартными технологиями достигнет физического предела миниатюризации электронных компонентов к 2015–2020 гг. После этого инженерам не удастся далее сокращать размеры элементов кремниевых микропроцессоров. С приближением этого времени компании — производители микропроцессоров хотели бы сохранить свое лидирующее положение на рынке. Будущий успех они связывают с нано технологиями.

Нано миниатюризация на уровне ДНК

Одна из проблем в создании нано структур — сборка компонентов в систему. Представление об использовании инструмента здесь не приемлемо. Действительно, как можно взять, переместить и точно поставить нано размерный компонент на нано размерную подложку? Германские ученые представляют себе процесс сборки в некоей

жидкости, в которой плавают нано компоненты. Определенным образом ориентируясь, они подплывают к нано подложке и встают в нужные ее места, реализуя, таким образом, нано сборку.

Другой принцип формирования сборок – использование биоэлектроники на основе молекул ДНК, способных стать основой компьютеров будущего. ДНК-чипы, которые также называют биочипами, уже сейчас являются частью биологических технологий в генетических исследованиях. ДНК-чипы состоят из молекул ДНК, которые располагаются на жесткой подложке (например, из кремния, стекла, пластика и т. п.). Созданием ДНК-чипов занимаются некоторые крупные компании, включая Affymetrix, PE Applied Systems, HySeq, Nanogen, Incycle, Molecular Dynamics и Geometrix.

Первые успехи ДНК-сборки

В будущем микроэлектронные массивы и ДНК - компоненты могут позволить ученым и инженерам регулировать само сборку двумерных и трехмерных электронных цепей и устройств внутри более крупных полупроводниковых структур. В этом случае электрически управляемая само сборка ДНК может охватить широкий круг потенциальных применений.

Новейшие достижения

Нано материалы – это материалы, разработанные на основе нано частиц с уникальными характеристиками, вытекающими из микроскопических размеров их составляющих.

1. Нано технологии в электронике получили мощный импульс за счет использования углеродных нано трубок. Углеродные нано трубки могут сделать электронику гибкой и прозрачной. Это протяжённые цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и обычно заканчивающиеся полусферической головкой. Нано трубки более подвижны и не задерживают свет в тонком слое, так что опытные матрицы с интегральными схемами можно изгибать без потери электронных свойств. Оптимисты предсказывают, что не за горами день, когда ноутбук можно будет носить в заднем кармане джинсов, потом, сев на скамейку, развернуть до размера газеты, причем вся его поверхность станет экраном высокого разрешения, а после этого снова свернуть и, скажем, превратить в браслет на запястье.

2. Фуллерены – молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода (другие — алмаз, карбин и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трех координированных атомов углерода. Применение их весьма широко и разнообразно. Так, очень эффективным является использование фуллерена в качестве автомобильной присадки. Он способствует созданию идеальной масляной пленки на деталях двигателя, в несколько раз более прочной, чем обычная масляная, продлевая, таким образом, срок его службы. Уже многие мировые производители добавляют фуллерен в качестве присадки в масло.

Водный раствор фуллерена обладает удивительными биологическими свойствами. Он является невероятно сильным антиоксидантом, самым мощным из известных на сегодняшний день. Он не вступает в организм, ни в какие реакции, а, следовательно, нетоксичен, немутагенен и гипоаллергенен. Также фуллерен, возможно, использовать в качестве сорбента. Помимо прочего, фуллерен ускоряет процесс заживления ран.

3. Графен – монослой атомов углерода, полученный в октябре 2004 года в Манчестерском университете (The University Of Manchester). Графен можно

использовать как детектор молекул (NO_2), позволяющий детектировать приход и уход единичных молекул.

4. Нано кристалл – отдельный однородный кристалл, имеющий непрерывную кристаллическую решётку и характеризующийся анизотропией свойств. Внешняя форма нано кристалла обусловлена его атомно-кристаллической структурой и условиями кристаллизации. Изделия и элементы, изготовленные из нано кристаллов, применяются в качестве различных преобразователей в радиоэлектронике, квантовой электронике, акустике, вычислительной технике.

5. Аэрогель – уникальный материал, полученный искусственным путем, как побочный продукт кристаллизации аминокислот в перенасыщенных жидкостях. Еще его называют “замороженный дым”. Это совершенно необычный гель, в котором жидкая фаза замещена газообразной, в результате чего материал обладает низкой плотностью, а еще прозрачностью и твёрдостью. Что удивительно, аэрогель на 99,8% состоит из воздуха. Аэрогели могут использоваться в качестве газовых и жидкостных фильтров.

6. Аэрографит – представляет собой синтетическую пену, состоящую из трубчатых волокон углерода. Плотность материала составляет $0,18 \text{ мг/см}^3$, что позволяет назвать данный материал самым легким на сегодняшний день. Аэрографит был разработан объединенной командой Гамбургского технологического университета. Первое сообщение о новом материале было опубликовано в июне 2012 г.

7. Нано аккумуляторы. В начале 2005 года компания Altair Nanotechnologies (США) объявила о создании инновационного нано технологического материала для электродов литий-ионных аккумуляторов. Эти аккумуляторы имеют время зарядки 10-15 минут. В феврале 2006 года компания начала производство аккумуляторов на своём заводе в Индиане. В марте 2006 Altairnano и компания Boshart Engineering заключили соглашение о совместном создании электромобиля. В мае 2006 успешно завершились испытания автомобильных нано аккумуляторов. В июле 2006 Altair Nanotechnologies получила первый заказ на поставку литий-ионных аккумуляторов для электромобилей.

8. Самоочищающиеся поверхности на основе эффекта лотоса.

Эффект лотоса — эффект крайне низкой смачиваемости поверхности, который можно наблюдать на листьях и лепестках растений рода Лотос и других растений, как например настурция и тростник обыкновенный. Только с изобретением электронного микроскопа секрет лотоса стал известен. Его раскрыл немецкий биолог Вильгельм Бартлотт в 1975 году. Все дело в микроскопических бугорках, которыми покрыты листья. А бугорки, в свою очередь, покрыты еще более мелкими «нано волосиками». Капля воды, попадая на такую бугристую поверхность, не может равномерно расположиться на ней, т.к. этому мешают силы поверхностного натяжения. Поэтому капли скатываются с поверхности листа, не оставляя следа и смывая грязь, пыль и бактерии. Ученые стремятся создать супер гидрофобный материал с использованием нано технологий.

Говоря о нано электронике, хочется также затронуть плазмонику. Плазмоны представляют собой коллективные колебания свободных электронов в металле. В начале 2000-го года, благодаря быстрому прогрессу в технологии изготовления частиц нано размеров, был дан толчок к развитию новой области нано технологии – нано плазмонике. Выяснилось, что электромагнитное излучение можно передавать вдоль цепочки металлических нано частиц с помощью возбуждения плазмонных колебаний. Эта технология может стать заменой традиционных технологий, используемых в современных компьютерах. Логические цепи, построенные на основе плазмоники, работают гораздо быстрее, имеют значительно большую информационную емкость, чем традиционные электронные цепи и, что гораздо более важно, имеют гораздо меньшие габариты, чем существующие оптические системы.

Управление нано процессами

Необходимость создания сложной электроники и электрических компонентов на молекулярном уровне способствовала быстрому появлению и развитию новых нано масштабных методов управления нано процессами. На этом уровне огромное значение имеют точные измерения для определения состояния процесса. Кинетические и квантовые эффекты существенно меняют электрические и тепловые свойства материалов и устройств. И их нужно вовремя регистрировать, чтобы управлять процессом.

Проводящие нано структуры могут применяться для нано масштабных измерений. Некоторые лаборатории уже активно используют движение отдельных электронов в качестве стандартных измерительных инструментов электрического тока и емкости. Кроме того, ученые успешно измеряют свойства атомарных проводов и других, электромагнитных нано структур.

Будущие нано структуры, вероятно, будут использоваться в чрезвычайно широком спектре – от квантовых вычислений до сенсоров отдельных частиц и атомарных взаимодействий. Квантовые эффекты очень слабы с точки зрения макро масштаба, а потому для их измерения и управления требуются более точные инструменты.

Заключение

Мировой рынок электроники выглядит следующим образом: производство самой современной электроники с высокой добавочной стоимостью полностью находится в США, а «массовой» высокотехнологичной продукции – на Тайване, что обеспечивается в значительной степени благодаря американским и японским инвестициям.

В течение нынешнего столетия произойдет переход от ныне существующих планарных структур к объемным нано микросхемам, размеры активных элементов уменьшатся до размеров молекул. Рабочие частоты компьютеров, достигнут терагерцовых величин. Получат распространение схемные решения на нейро чипах. Появится быстродействующая долговременная память на белковых молекулах, емкость которой будет измеряться сотнями терабайт. Станет возможным «переселение» человеческого интеллекта в компьютер. Прогнозируемый срок реализации: вторая четверть XXI века.

Уже сегодня техника вплотную приблизилась к теоретической возможности запоминать и передавать 1 бит информации с помощью одного электрона, локализация которого в пространстве может быть задана одним атомом. Это позволяет уменьшить размеры одного транзистора приблизительно до 10 нм, а рабочие частоты увеличить до порядка 10¹² Гц.

Литература

1. А. И. Гусев, А. А. Ремпель. Нано кристаллические материалы. 2001 год., 224 стр.
2. В. Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е. А. Уткина. Нано электроника. Уч. пособие. В 3-х частях. 2004 год.
3. Н. И. Кобаяси. Введение в нано технологию. Издательство: Бином. Лаборатория знаний, 2008 г., 134 стр.
4. И. Балабанов. Нано технологии. Наука будущего. — М.: Эксмо, 2008 г., 256 с.