

4. Федоров, П. И. Галлия арсенид // Химическая энциклопедия: в 5 т. / И. Л. Кнунянц (гл. ред.). — М.: Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1: А—Дарзана. — С. 481. — 623 с.

УДК 620.3

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

*В.А. Ксензова, учащаяся гр. 42В2б*

*С.М. Брынова, преподаватель*

*Филиал БНТУ “Минский государственный политехнический колледж”*

**Введение.** С каждым годом развитие современной электроники целенаправленно пытается добиться уменьшения размеров устройств и при этом увеличению функциональности приборов. При воспроизведении этой цели на практике учёные столкнулись с весомой проблемой, а именно: даже с минимальным уменьшением устройства, экономические затраты на его производство возрастают экспоненциально. Но даже с таким весомым минусом нанотехнологии – следующий очень важный шаг для развития микроэлектроники и её производства.

Цель данной работы: исследование применения нанотехнологий в создании микроэлектронных изделий, а именно процессов, связанных с наноструктурами при производстве микроэлектронных устройств.

Нанотехнология (от греч. «*nannos*» – карлик; «*techné*» – мастерство, «*logos*» – наука) – область прикладной и фундаментальной науки, которая основывается на теоретическом обосновании, анализе, различных методах производства и применении продуктов с заданной атомарной структурой, путём влияния и тем самым управления атомами и молекулами. К нанотехнологии относятся процессы и объекты, которые происходят в диапазоне от 1 до 100 нм. Чтобы более наглядно представить себе на сколько малы данные размеры, стоит указать, что 1 нанометр равен  $10^{-9}$  м, когда размер волоса человека – примерно  $10^{-3}$  м.

В микроэлектронике нанотехнологии применяются на нескольких этапах производства:

- эпитаксия;
- формирования плёнок;
- литография.

**Основная часть.** Прежде чем перейти к самому описанию этих процессов, необходимо уделить внимание тому, с помощью каких приборов реализуются основы нанотехнологии, а именно исследование материалов производства.

Одна из составляющих всех приборов по измерению параметров материала – сканирующий зонд. Эта деталь представляет собой микроскопическое устройство, скользящее по поверхности материала. В зависимости от типа прибора, где находится зонд, он может измерять различные параметры и свойства материала. Так в атомном-силовом микроскопе (АСМ) (рис. 1) зонд измеряет силу, с которой он давит на материал, при движении кончика вдоль поверхности.

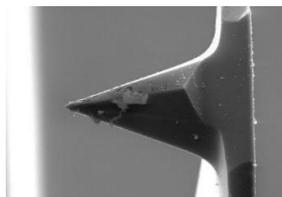


Рисунок 1 – Остриё сканирующего зонда в АСМ

Принцип действия такого микроскопа основывается на химических, а именно атомных связях, действующих между атомами вещества. На небольших расстояниях между атомами действуют силы отталкивания, а на больших – силы притяжения. Точно такие же силы действуют и при взаимодействии между двумя любыми сближающимися телами.

Туннельный микроскоп (рис. 2) с зондом, в зависимости от способа проведения измерений, определяет несколько параметров.



Рисунок 2 – Сканирующий зонд при измерении проводимости

Первая измеряемая величина – электрический ток, проходящий между сканирующим зондом и поверхностью.

Вторая – равномерность поверхности материала, а именно насколько выступает вперёд поверхность на определённом участке или же наоборот на сколько она вдавлена.

Кроме того, существует большое количество различных приборов на основе сканирующего зонда, но измеряющие другие параметры. Как правило, вышеперечисленные устройства используют для контроля качества проведённых операций или изначальных характеристик материалов.

Рассматривая основные процессы производства микроэлектронных устройств необходимо уточнить, что от параметров и их точности измерения зависит очень многое. Например, контроль качества поверхности перед началом производства позволит более точно изготовить деталь и избежать брака в ходе изготовления электронных устройств. Поэтому главное назначение микроскопов, описанных выше является точное измерения параметров и характеристик материалов.

Первый описанный нано-технологический процесс – молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). МЛЭ представляет собой процесс получения эпитаксиальных плёнок методом осаждения молекулярных пучков (потоки молекул или атомов, движущихся в вакууме почти без столкновения друг с другом и другими веществами) на подложке в вакуумной среде.

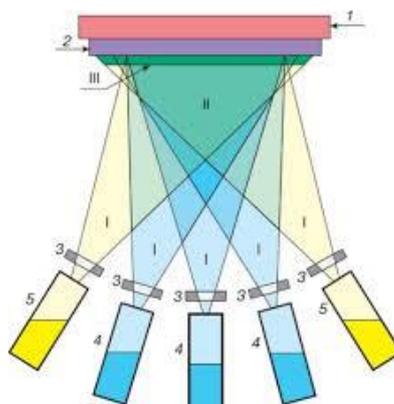


Рисунок 3 – Схема МЛЭ

На примере рисунка 3 рассмотрим, как происходит процесс (1 – подложка, 2 – пленка, 3 – заслонки, 4 – ячейки с основными компонентами, 5 – ячейки легирующих примесей; I – зона генерации молекулярных пучков, II – зона смешивания пучков, III – зона роста). Молекулярные пучки формируются за счёт испарения материалов, которые находятся в ячейках. Этот процесс происходит в результате воздействия на полупроводник точно направленного электронного пучка или в результате прямого разогрева электрическим током пластины. Если мы нагреваем проводник, то он не плавится, а происходит процесс превращения твёрдого вещества в газообразное и перенос веществ на подложку. Ячейки разделяются на те, которых находится основной материал выращиваемого слоя, и те, где находятся примеси для одновременного легирования. Далее потоки в пучке смешиваются и осаждаются на пластину, образуя плёнку из веществ требуемого состава.

Ещё один процесс с активным применением нано-технологии – формирование тонких органических плёнок. Самый продуктивно и высококачественный метод создания тонких плёнок – метод Лэнгмюра–Блоджетт. Эта методика формирования новых слоёв включает множество элементарных операций. Для получения плёнок используются сложные полностью автоматизированные установки (рис. 4).

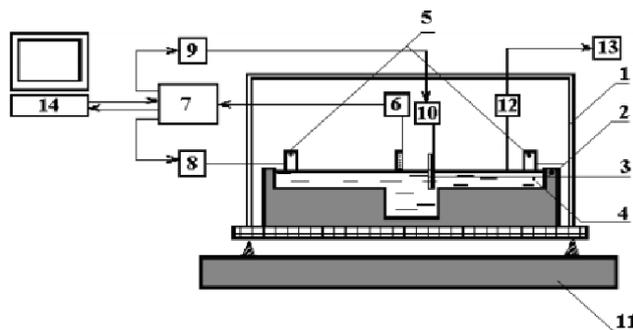


Рисунок 4 – Установка для формирования тонких органических плёнок

На рисунке 4 под защитным колпаком (1) размещена симметричная ванна с тремя секциями (2), находящаяся на антивибрационном столе (11), по бокам которой передвигаются барьеры. Давление на разделе границ определяется с помощью электронного датчика (6). Блок управления (7) связан с двигателем барьеров (8) и обеспечивает стабильные значения давления при нанесении монослоя на подложку (3). Подложка зажимается под определенным углом и перемещается специальным устройством (10) с помощью привода (9). Перед нанесением пленки поверхность очищается с помощью насоса (13).

Наноскопическая литография не может быть произведена как обычная, то есть с применением какого-либо вида излучения, так как длина видимого излучения составляет 400 нм, а наноструктуры имеют меньший размер и очень трудно поддаются данному методу проявления рисунка. Но несмотря на это препятствие есть множество других способов для фотолитографии на наноструктурах:

- импринт-литография является одним из методов мелкомасштабной литографии, при котором на резиноподобном кремниво-кислородном полимере вырезается узор, а затем эту поверхность покрывают специальными молекулярными чернилами, которые можно отпечатать на любой поверхности (металл, полимер, керамика или другие);

- перьевая-нанолитография это способ воспроизведения необходимых структур, как запись ручкой, роль которой выполняет зонд АСМ. Литография происходит следующим образом: на кончике сканирующего зонда находится резервуар с атомами и молекулами, которые при движении остаются на поверхности пластины в виде линий либо узоров;

- электронно-лучевая литография, процесс данной литографии происходит за счёт воздействия острогофокусированного электронного пучка на чувствительный к электронному облучению резист. Вся конструкция находится в магнитной системе, с помощью которой и управляется направление излучения;

- литография наносферами, метод производства, при котором шарики наноскопических размеров выстраиваются определённым образом и выстраивают узор на поверхности. Этот узор в дальнейшем и будет маской.

**Заключение.** Таким образом можно сделать вывод, что нанотехнологии широко используются, а также, что является главным – позволяют получать изделия с более высокими параметрами, в микроэлектронике. Самое главное – такая технология позволяет не только улучшить характеристики и параметры приборов, но и сделать их более эргономичными для использования, хоть и имеет некоторые недостатки. Однако, в наше время такие вещи как повышение стоимости за долговечный и качественный прибор не такая уж и большая цена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основы нанотехнологий и наноматериалов / П.А. Витязь, Н.А. Свидуневич // Минск: Высшая школа, 2010. – 41 – 57 с.
2. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетроструктуры / Эсаки Лео, Б.А. Джойс // Букинистическое издание Сохранность: Мир, 1989. – 293 – 325 с.
3. Физические свойства и применение лангмюровских моно- и мультимолекулярных структур / Л.М. Блинов // Успехи химии, 1983. – 371 – 376 с.
4. Физические основы нанотехнологий и наноматериалов / В.И. Смирнов // Учебное пособие, 2017. – 115 – 142 с.

УДК 621.3

#### ВЫБОР ИМПУЛЬСНОГО БЛОКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ПЭВМ

*Д. А. Шилов, учащийся гр. 39В2б*

*С. В. Юхновец, преподаватель*

*Филиал БНТУ “Минский государственный политехнический колледж”*