

---

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В  
НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ**

**А.О. Сайдалиев, Ф.С. Хамрабаева, У.Х. Курбанова,  
С. М.Тулаходжаева**

*Ташкентский государственный технический университет*

Информационный портал «All about MEMS» содержит сведения о производителях микроэлектромеханических систем (МЭМС) в широком спектре их применения, от аппаратуры и систем для космической и автомобильной техники до струйных принтеров и медицинской аппаратуры.

В небольшом обзоре, который представляется весьма полезным, делается экскурс в этот портал с целью краткого описания содержащейся там информации с указанием областей деятельности (и производимой продукции) ряда ведущих мировых фирм (рис. 1).



*Рис. 1. Силиконовая долина. Производство полупроводниковых материалов и приборов*

Микроэлектромеханические системы, содержащие разнообразные полупроводниковые гетероструктуры, являются в настоящее время основой нано- и микроэлектроники. Сфера их применения в различных областях науки и техники исключительно велика. Вследствие этого весьма важным представляется обмен информацией о МЭМС-технологиях, используемых в одних сегментах электроники при конструировании и производстве МЭМС-устройств, для приложений в других.

### СЕКЦИЯ 3. Актуальные проблемы информационных технологий и автоматизации

В представляемой работе проводится обзор распространяемых через Интернет некоторых программных комплексов (software) для компьютерного проектирования как различных МЭМС-устройств в целом, так и моделирования отдельных сегментов технологического цикла их промышленного производства. Производство полупроводниковых материалов, включающих в себя МЭМС, опирается на современные КМОП («кремний-металл-оксид-полупроводник») и КНИ («кремний-на-изоляторе») технологий.

Эти технологии используют сложные электрофизические, термохимические и механические процессы. В связи с их большим количеством и разнообразием (например, производство микропроцессоров Intel и AMD имеет около 300 стадий технологического цикла представляются **только** комплексы, содержащие программы компьютерного моделирования травления, оксидирования и отжига кремниевой подложки с имплантированными в нелегирующими примесями донорного (фосфор, сурьма, мышьяк) и акцепторного (бор, галлий) типов для формирования особых гетероструктур – зон повышенной п-



и p-проводимости для организации диодов, транзисторов (рис. 2), конденсаторов, резисторов

*Рис. 2. Принципиальная схема элементарного полупроводникового транзистора, составляющего основу больших интегральных схем (несколько миллионов элементарных транзисторов на кристалле)*

и других элементарных МЭМС-устройств, составляющих большие, сверхбольшие и ультрабольшие интегральные схемы (БИС, СБИС и УБИС) электронных приборов.

### **СЕКЦИЯ 3. Актуальные проблемы информационных технологий и автоматизации**

---

Одним из наиболее сложных для моделирования и важным в КНИ-технологиях является процесс оксидирования. Физико-математические модели роста пленки оксида пока недостаточно проработаны. Эти модели основаны на классической модели «птичьего клюва» и ее последующих модификаций. В настоящее время разрабатываются более современные модели, в частности, метод СТВН («сопряженных точек и виртуальных направлений»). При селекции программных комплексов для данной статьи преимущество отдавалось тем из них, которые содержат в своем инструментарии вычислительные средства расчета оксидирования кремния и роста пленки диоксида кремния.

Однако следует иметь в виду существование, кроме подобных программ, также и «смежных» программных комплексов типа (обзор этих комплексов не вошел в данную статью), которые могут быть использованы в проектировании и исследовании характеристик МЭМС-приборов. Заметим, в совершенно справедливо указывается, что «в настоящее время отсутствуют публикации, в которых отмечались бы особенности использования программных систем для моделирования процессов в микро- и наномеханических элементах». Настоящая работа заполняет этот пробел.

#### **Использованные литературы**

1. Яшин К.Д., Осипович В.С., Божко Т.Г. Разработка МЭМС // Нано- и микросистемная техника. 2008.
2. Алферов Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур // Физика и техника полупроводников. 1998. Т.32, №1. С.3–18.
3. Асеев А.Л. Наноматериалы и нанотехнологии для современной полупроводниковой электроники // Российские нанотехнологии. 2006.

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ**

**С.С. Семченков, Д.В. Капский, И.И. Ганчерёнок, А.Д. Лукьянчук**

*Белорусский национальный технический университет*

Создание благоприятного для жизни и работы городского пространства невозможно без развитой системы маршрутного пассажирского транспорта, представляющей чёткий и слаженный механизм, сочетающий в себе различные виды транспорта и предлагающий достойную и эффективную альтернативу личным