

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ СТРУКТУР

Боровик А. М.

*Научный руководитель - канд. техн. наук Стемпницкий В. Р.*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск,  
Беларусь

Непрерывное развитие технологии микро- и наноэлектроники, уменьшение геометрических размеров элементов ИМС, применение новых конструктивных решений и материалов при их производстве и связанное с этим появление новых физических эффектов стимулирует дальнейшее развитие и адаптацию существующих, а также разработку новых физико-топологических моделей.

В настоящее время при производстве ИМС широко используются диэлектрики с высокой диэлектрической проницаемостью, напряженный кремний, многослойные МДП-транзисторы (например, FinFET). В долгосрочной перспективе для достижения адекватной величины тока МДП-транзисторов при уменьшении проектных норм требуется квазибаллистическое функционирование приборов. В конечном итоге необходимы материалы для канала с высокой проводимостью, например, соединения элементов III-V групп, тонкий слой германия на кремнии, углеродные нанотрубки, графен, дихалькогениды переходных металлов и другие материалы и структуры, которые обещают более высокую подвижность носителей заряда, чем кремний. С целью использования преимуществ хорошо освоенной кремниевой технологии, предполагается, что новые, с высокой подвижностью, материалы будут сформированы на кремниевой подложке. Неклассические МДП-приборы должны быть физически и функционально интегрированы на базе существующей КМОП-технологии. Требуемые характеристики материалов и приборов должны сохраняться после воздействия высоких температур и агрессивной химической обработки. Также должны быть поставлены и учтены на ранних стадиях развития новых технологий проблемы надежности. Помимо внедрения этих материалов, будут разрабатываться совершенно новые транзисторы, работающие на новых принципах, использующие, например, туннелирование (туннельный полевой транзистор, TFET и др.) или спин. Такие приборы предполагают возможность функционирования с очень низким энергопотреблением. Важной задачей является получение диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью, низкой плотностью поверхностных и объемных ловушек, низким током утечки, а также контактов с низким омическим сопротивлением. Структуры материалов должны быть совместно оптимизированы для достижения наилучших характеристик прибора (потребляемая мощность, быстродействие и др.) и приемлемой стоимости.

Тем не менее, масштабирование приборных структур, в конечном счете, достигнет фундаментальных ограничений. ITRS сообщает о двух дополнительных путях решения этой проблемы. Первый состоит в расширении функциональных возможностей КМОП-платформы с помощью разнотипной интеграции новых технологий, а второй предполагает стимулирование процесса изобретения устройств, которые поддерживают новые парадигмы обработки информации. Сочетание трехмерной архитектуры устройств и маломощных приборов будет характерно для будущего развития микро- и наноэлектроники. Увеличение количества транзисторов на единицу площади при этом будет достигнуто путем наложения нескольких слоев транзисторов [1].

Решение этих проблем должно осуществляться одновременно с развитием схемотехнического проектирования и улучшением архитектуры системы. Наличие точных, надежных и эффективных компактных моделей имеет решающее значение для успешного использования любого инструмента схемотехнического моделирования. В

связи с проявлением новых физических эффектов, распространением широкого спектра узкоспециализированных приборных технологий, применением новых структур и материалов, необходимость быстрого развития и распространения передовых моделей полупроводниковых приборов становится все более острой и актуальной.

#### *Литература*

1. International Technology Roadmap for Semiconductors: 2013 (ITRS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itrs2.net>.