

УДК 681.518.5

ТРЕХМЕРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Спода А.Е. Дашковский А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Корпорация Intel разработала качественно новую технологию для будущих семейств микропроцессоров — трехмерные 22-нанометровые транзисторы (IntelTri-Gate). Эти новые транзисторы позволяют продолжить непреклонно следовать *закону Мура* и на многие годы вперед обеспечить соблюдение того же темпа усовершенствования технологий

В 1965г. один из основателей Intel Гордон Мур в процессе подготовки выступления обнаружил закономерность: появление новых моделей микросхем наблюдалось спустя примерно год после предшественников, при этом количество транзисторов в них возрастало каждый раз приблизительно вдвое. Мур пришел к выводу, что при сохранении этой тенденции мощность вычислительных устройств за относительно короткий промежуток времени может вырасти экспоненциально. Это наблюдение получило название — закон Мура.

Ранее транзисторы — основной компонент микропроцессоров — были двухмерными (плоскими) устройствами. Трехмерные транзисторы, а также возможность их массового производства, ознаменовали собой существенное изменение основной структуры компьютерной микросхемы.

Трехмерная 22-нанометровая микроархитектура знаменует новый уровень в фундаментальной структуре компьютерных микросхем. В трехмерном транзисторе используются три затвора, которые размещаются вокруг кремниевого канала в трехмерной структуре, обеспечивая непревзойденное сочетание высокой производительности и сверхнизкого энергопотребления.

Новая технология позволяет создавать еще более мощные микропроцессоры, предоставляющие повышенную производительность и увеличенное время автономной работы при меньших финансовых затратах, а также создавать еще более компактные устройства, такие как Ultrabook.

Благодаря меньшему размеру трехмерных транзисторов можно проектировать более производительные процессоры с невероятной энергоэффективностью. Новая технология позволяет создавать инновационные микроархитектуры, однокристалльные системы и новую продукцию: от серверов и компьютеров до смартфонов и инновационных персональных устройств.

От размера и структуры транзисторов зависит реализация преимуществ закона Мура для пользователей. Чем меньше размер и выше энергоэффективность процессора, тем лучше. Производители уверенно уменьшают размер своей производственной технологии, а также представляют и другие технологии. Например, уже в 45-нанометровой производственной технологии были применены диэлектрики Hf-k и металлические затворы (2007 г.), а до этого применялся диэлектрик SiO_2 и затвор из кремния.

Многие годы производители транзисторов уменьшали слой диоксида кремния между кремниевой подложкой и затвором транзистора. Дело дошло до того, что в чипах не менее 40% энергии терялось из-за утечек тока через диэлектрик затвора. Изолятор теперь не способен эффективно выполнять свои функции. Инженерам пришлось пойти на огромные ухищрения с применением новых технологий и материалов, чтобы минимизировать токи утечки при такой толщине изолятора. Хотя SiO_2 и считается идеальным изолятором, однако пришла пора искать ему замену.

Этой заменой стал таинственный материал, основанный на технологии под кодовым названием "high-k". High-k — технология производства полупроводниковых приборов с подзатворным диэлектриком, выполненным из материала с диэлектрической проницаемостью большей, чем у диоксида кремния.

Фирма Intel заявила о том, что уже в 2007 году готова заменить тонкий слой диоксида кремния более толстым слоем совершенно нового диэлектрика, что позволит существенно (примерно в 100 раз) снизить токи утечки.

Материал на основе технологии "high-k" обладает хорошими изолирующими свойствами, а также создает хорошее емкостное сопротивление между затвором и каналом. Буква "k" указывает на способность материала "впитывать" и сохранять большой электрический заряд.

Замена диоксида кремния на "high-k" ведет к проблемам взаимодействия с поликристаллическим кремнием, из которого обычно изготавливается затвор. Первая проблема - превышение порогового напряжения, вызванное неизбежными дефектами в площади соприкосновения диэлектрика затвора и электрода затвора. Второй нежелательный эффект - фоновое рассеяние. Обе эти проблемы решаются путем изготовления затвора из нового материала, заменяющего поликремний. Это будут металлические сплавы, различные для транзисторов n-типа и p-типа.