

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ФОТОТОКА В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ С НЕРАВНОВЕСНЫМ ПОВЕРХНОСТНЫМ ЗАРЯДОМ

Богатов Н.М., Григорьян Л.Р.

Кубанский государственный университет

Краснодар, Россия

bogatov@phys.kubsu.ru

Современные электроника и оптоэлектроника как средства обработки информации развиваются в двух главных направлениях: интегральной электроники и функциональной электроники. Основные тенденции развития первого направления обусловлены идеологией больших и сверхбольших интегральных схем и реализуются за счет освоения субнаносекундных интервалов времени, субмикронных и нанометровых размеров компонентов, сверхвысоких уровней интеграции. Для этого используются принципы транзисторной схемотехники, технологическая интеграция активных компонентов, содержащих статические неоднородности полупроводниковых областей: электрические потенциальные барьеры металл-полупроводник, металл-диэлектрик-полупроводник, p-n- и гетеропереходы.

Второе направление основано на полном отказе от понятия классических схемных элементов и непосредственном использовании физических явлений в твердом теле, связанных с кинетическими, квантовыми, механическими, тепловыми, излучательными и магнитными эффектами, для выполнения функций сложных электронных систем. Интеграция в функциональной электронике параметрическая, интегрируются функции преобразования. Физические процессы и явления, происходящие в твердом теле, используются для моделирования функций передачи и преобразования, определяемых алгоритмами функционирования устройств. Таким образом, функциональная электроника основана не на схемной технологической интеграции статических неоднородностей структуры кристалла, а на физических принципах интеграции динамических неоднородностей, возникающих в процессе эксплуатации электронной системы, например, электрических и магнитных доменов, магнитных вихрей, волн деформации, зарядовых пакетов и др.

Для обоих направлений характерна возрастающая роль электронных явлений на поверхности и границах раздела полупроводникового кристалла. В приборах интегральной электроники она обусловлена уменьшением размеров активных компонентов, а в приборах функциональной электроники – динамическими процессами обмена носителями заряда между поверхностными и объемными электронными состояниями.

Влияние равновесного поверхностного заряда на распределение внутреннего электрического поля и вольтамперные характеристики поверхностно барьерных структур изучено достаточно подробно. Неравновесные эффекты, проявляющиеся в условиях возбуждения электронной подсистемы кристалла, обусловленные захватом электронов (дырок) на поверхностные состояния, существенно влияют на электрофизические характеристики полупроводниковых приборов с неоднородными слоями в поверхностной области. Роль этих эффектов раскрыта неполностью и часто оказывается отрицательной или неконтролируемой.

Цель работы – исследование влияния неравновесного поверхностного заряда на динамику фототока полупроводниковых структур с неоднородными слоями в поверхностной области.

Проведены измерения электрофизических и фотоэлектрических характеристик многослойных структур на основе кремния, содержащих МТОП-контакт или субмикронный p-p- переход в поверхностной области, отличающихся расположением и геометрией легированных слоев. Электронные свойства поверхности изменялись с

помощью нанесения диэлектрической пленки и создания примесных уровней в запрещенной зоне.

Поверхностные энергетические уровни можно условно разделить на два класса, отличающиеся временем обмена зарядами с разрешенными зонами: быстрые поверхностные электронные состояния (БПЭС) с характерным временем релаксации $\tau < 10^{-1}$ с и медленные поверхностные электронные состояния (МПЭС) с $\tau \geq 10^{-1}$ с. МПЭС свойственны межфазным границам диэлектрик-полупроводник, их положение в запрещенной зоне зависит от молекулярного состава границы. В соответствии с этим делением временные изменения электрического тока исследовались в различных временных масштабах.

Наблюдались два типа динамических зависимостей: негармонические колебания тока при стационарных условиях освещения и монотонные изменения тока короткого замыкания при резком изменении светового потока. Частота генерации колебаний находилась в пределах $10^{-2} \div 10^6$ Гц. Существенной закономерностью, определяющей возникновение колебаний тока, является зависимость напряженности электрического поля ОПЗ активного перехода в поверхностной области от концентрации неосновных носителей заряда в базе, связанная с геометрией структуры. При этом период колебаний определяется временем заполнения поверхностных состояний, а длительность импульса – временем рекомбинации неравновесных носителей заряда в базе. Захват носителей заряда на МПЭС обуславливает нестационарность тока короткого замыкания с временем релаксации $\tau \sim 10$ с. Величина $1/\tau > 10^{-2}$ Гц коррелирует с нижней границей диапазона частот колебаний. Верхняя граница определяется БПЭС, на ее значение влияет примесный состав поверхностной области. Таким образом, в образовании неустойчивости тока могут принимать участие как БПЭС, так и МПЭС.