

УДК 621.382
ОДНОЭЛЕМЕНТНЫЕ ФОТОПРИЕМНИКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Р. И. ВОРОБЕЙ, О. К. ГУСЕВ, К. Л. ТЯВЛОВСКИЙ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Минск, Беларусь

В ряде случаев, измерительные преобразователи систем оптического контроля должны быть чувствительны как к мощности оптического излучения, так и к его спектральному диапазону (длины волны максимума спектральной плотности). При этом, например, для диагностики плазменных разрядов должно обеспечиваться быстрое действие фотоприемника на наносекундном уровне. Одноэлементные чувствительные элементы, физические процессы в которых связаны с явлениями перезарядки глубоких многозарядных примесей как в объеме, так и в ОПЗ полупроводника, характеризуются большим разнообразием передаточных характеристик чувствительности к одному или нескольким физическим факторам. Это позволяет реализовать многопараметрические измерительные преобразователи на базе одноэлементного многофункционального датчика (МФД) с одним измерительным каналом. Большим разнообразием передаточных характеристик отличаются явления перезарядки глубоких центров на границах раздела и в приповерхностной ОПЗ полупроводника, где происходит дополнительное расщепление энергетических уровней. Процессам перезарядки поверхностных электронных состояний на границах раздела и глубоких примесей в ОПЗ свойственны модуляция параметров приповерхностного потенциального барьера (в первую очередь, ширина и высота). Изменение ширины потенциального барьера существенно влияет на протекание тока в тех структурах, где превалирует туннельный механизм переноса, а изменение высоты барьера влияет на величину тока надбарьерной эмиссии. Создание МФД на основе поверхностно-барьерных структур с модуляцией высоты барьера предполагает введение в ОПЗ полупроводника глубоких центров с асимметричными сечениями захвата для электронов и дырок. Захват фотовозбужденных дырок на глубокие уровни в ОПЗ вызывает уменьшение высоты потенциального барьера. Поэтому такие структуры, в отличие от обычных диодов и диодов Шоттки, приобретают фоточувствительность на прямой ветви ВАХ [1]. На основе базовой структуры разработаны модифицированные диоды Шоттки с компенсацией ОПЗ примесью меди, формирующей глубокую примесь акцепторного типа с несколькими зарядовыми состояниями. Наряду с высокой чувствительностью, управляемой напряжением смещения и приемлемым быстродействием такие чувствительные элементы обладают расширенной областью спек-

тральной чувствительности, поскольку работают в режиме примесного фотоэффекта.

Поверхностно-барьерные структуры с двумя потенциальными барьерами с глубокими многозарядными примесями в ОПЗ, сформированные с противоположных сторон приборной структуры, и образующие два встречно включенных диода Шоттки, разделенных длинной базой, демонстрируют немонотонную зависимость выходного сигнала от длины волны λ , интенсивности света I , величины приложенного напряжения V и геометрического смещения Δz , спроецированного изображения от фронтальной к тыльной плоскости структуры. Такая структура представляет собой по существу функциональный преобразователь, в котором взаимосвязь четырех параметров I , λ , V , Δz дает возможность функционального выражения одной физической величины (или совокупности нескольких величин) через другую.

Изменяя интенсивность излучения из области собственного поглощения можно управлять концентрацией примеси в различных зарядовых состояниях с разными уровнями энергии ионизации. В зависимости от плотности мощности оптического сигнала (дополнительного из области собственного поглощения, или основного) реализуются различные зарядовые состояния многозарядной примеси и, соответственно, спектральные характеристики с максимумами на разных длинах волн λ_1 или λ_2 из области собственного поглощения, переключаемые под воздействием управляющего излучения с длиной волны λ_0 . Таким образом, за счет изменения интенсивности управляющей подсветки из области собственного поглощения включается спектральная чувствительность одной и той же фоточувствительной области фотоприемного устройства либо к спектральной области λ_1 , либо – λ_2 , причем при работе с интенсивностью управляющего излучения $P > P_B$ также существенно расширяется и динамический диапазон чувствительности фотоприемного устройства. Зависимости, связывающие конструктивные и выходные параметры фотоприемника, характеризуют возможность управления границами поддиапазонов линейности и порогов переключения между различными участками спектральной и энергетической характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фотоприемники с расширенным динамическим диапазоном на основе полупроводников с многозарядными примесями / Р. И. Воробей [и др.] // Материалы и структуры современной электроники: сб. науч. тр. VII Междунар. науч. конф., Минск, 12–13 окт. 2016 г. / редкол. : В. Б. Оджаев (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ. – 2016. – С. 40–43.