

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Воробей Р.И., Гусев О.К., Свистун А.И., Тявловский К.Л., Шадурская Л.И.,
Костина Г.А., Буйневич М.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) некоторых измерительной системы должны быть чувствительны как к мощности оптического излучения, так и к его спектральному диапазону (длины волны максимума спектральной плотности). При этом, например, для диагностики импульсных плазменных разрядов должно обеспечиваться быстрое действие фотоприемника на наносекундном уровне. Применение традиционных фотоприемников обеспечивает пригодность, основанного на нем оптического метода диагностики, в ограниченной области параметров контролируемого объекта. В любом случае сущность оптических методов сводится к регистрации абсолютной и относительной интенсивностей спектральных линий, полуширины, формы контуров спектральных линий и т.п. Результаты моделирования ФЭП с многозарядными примесями показывают, что на зависимости времени жизни основных и неосновных носителей заряда от плотности мощности оптического излучения существуют две области линейной рекомбинации, разделенной областью нелинейной рекомбинации.

Зависимости, связывающие конструктивные и выходные параметры ФЭП (рисунок 1) характеризуют возможность управления границами поддиапазонов линейности ФЭП с глубокими примесями, т.е. динамическим диапазоном за счет целенаправленного изменения концентрации глубокой акцепторной примеси. Автоматическая перезарядка уровней примеси в разных зарядовых состояниях глубокой многозарядной примеси при увеличении плотности мощности оптического сигнала приводит к формированию двух поддиапазонов энергетической характеристики фотоприемника. Первый поддиапазон соответствует линейной рекомбинации при низких плотностях мощности оптического излучения, меньших некоторого порогового значения P_L , а второй поддиапазон линейности энергетической характеристики наблюдается при высоких плотностях мощности оптического излучения больших P_H .

При изменении мощности оптического излучения происходит изменение концентрации зарядовых состояний примеси с разными энергиями ионизации и автоматическое переключение между уровнями по мере их заполнения соответственно мощности оптического излучения.

Результатом является расширение динамического диапазона чувствительности фотоприемника.



Рисунок 1 – Зависимость границ поддиапазонов энергетической характеристики ФЭП от концентрации примеси акцепторной природы

Параметрами ФЭП в линейных областях энергетической характеристики можно управлять как на стадии изготовления фотоприёмной структуры, так и в уже готовой структуре используя, например, дополнительные воздействия. Так положение границ областей P_L и P_H можно синхронно изменить на несколько десятичных порядков при изменении концентрации примеси (Ge(Cu)) от 10^{12} до 10^{15} см^{-3} (рисунок 1). Положение конкретной энергетической характеристики ФЭП внутри пространства обобщенных характеристик определяется типом материала полупроводника и примеси.

Структура многофункционального датчика в общем случае может включать совокупность одного или нескольких конструктивно объединенных чувствительных элементов, размещенных в зоне действия нескольких физических величин, а также формирующих соответствующие сигналы посредством преобразовательных (передаточных) функций. Целесообразно воспользоваться физической интеграцией процессов внутри объема чувствительного элемента, приняв за основу полупроводниковую поверх-

носно-барьерную структуру (ПБС) МФД, например, металл-полупроводник-металл (с прослойкой окисла, глубокими и мелкими примесными центрами).

Как среда, в которой возможны хранение и обработка информации ПБС содержит три физически различных и электрически связанных области (поверхность – область пространственного заряда (ОПЗ) – объем), границы которых, представляющие собой статические неоднородности, могут служить средством выявления диффузионно-дрейфовых потоков носителей заряда, создаваемых внешними воздействиями.

Основой применения объемно перезаряжаемых светом и электрическим смещением структур является изменение времени жизни и подвижности неравновесных носителей заряда в результате их перераспределения по уровням рекомбинации и прилипания многозарядной примеси. Например, одноэлементная МФД структура МФД с расширенным и переключаемым диапазоном энергетической характеристики работает следующим образом: при изменении мощности оптического излучения происходит изменение концентрации зарядовых состояний примеси с разными энергиями ионизации и автоматическое переключение между уровнями по мере их заполненности, соответственно мощности оптического излучения. Результатом является расширение динамического диапазона чувствительности фотоприемника и реализация автоматического переключения передаточной характеристикой фоточувствительности. Одновременно с переходом от одной линейной области к другой происходит и изменение быстродействия фотоприёмника на основе полупроводника с многозарядной примесью акцепторного типа.

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 длине волны λ_1 или λ_2 (рисунок 2), переключаемые под воздействием управляющего излучения с длиной волны λ_0 . Управление уровнем интенсивности P управляющей подсветки позволяет регулировать вид спектральной характеристики. Изменение интенсивности управляющей подсветки на длине волны λ_0 позволяет изменять относительную чувствительность фотоприемного устройства к излучению в диапазоне длин волн $\lambda_1 \dots \lambda_n$ из области примесного поглощения. При мощности управляющего излучения λ_0 $P < P_H$ (рисунок 1)

работает уровень E_2 и фотоприемное устройство чувствительно к излучению с длиной волны λ_1 . При интенсивности управляющего излучения λ_0 $P > P_B$ работает уровень E_1 и фотоприемное устройство чувствительно к излучению с длиной волны λ_2 . 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 $P > P_B$ существенно расширяется динамический диапазон чувствительности фотоприемного устройства.

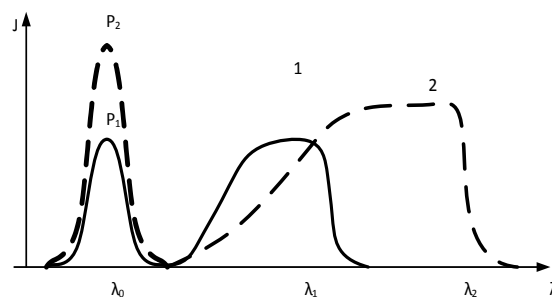


Рисунок 2 – Переключение спектральной зависимости одноэлементного ФЭП

Для реализации оперативного управления видом спектральной характеристики при использовании традиционных фотоприемников понадобилось бы использование в одном устройстве нескольких фотоприемников, каждый с оптическим фильтрующим элементом, настроенным на различные области спектра, светоделительное устройство и схему объединения электрических сигналов. Такие многофункциональные ФЭП могут использоваться в мультиволновых каналах связи, что позволит при тех же характеристиках канала связи сократить число фотоприемников. При этом чувствительность системы (энергетический запас) даже несколько повысится за счет исключения светоделительных элементов из оптического тракта канала связи.

Многофункциональные датчики можно применить и в различных оптических схемах обработки сигнала, например, схеме синхронного оптического детектора, реализующего передачу и информационного и опорного сигнала синхронизации одним оптическим сигналом, причем информационный сигнал передается, например, параметром "мощность оптического сигнала", а сигнал синхронизации – параметром "длина волны оптического сигнала". При этом в обоих каналах используются МФД с переключаемыми характеристиками энергетической и спектральной чувствительности.