

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР В ЭЛЕКТРОНИКЕ

*Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. П.В. Трофимов
Рук. проф. Ю.И. Подъячий*

Гетероструктурами называют полупроводниковые структуры с несколькими гетеропереходами. Возможность изменять на границах гетероперехода ширину запрещённой зоны и диэлектрическую проницаемость позволяет с помощью гетероструктуры эффективно управлять движением носителей заряда, их рекомбинацией, а также световыми потоками внутри них. Эти свойства гетероструктур и определяют область их применения.

Наиболее важное применение гетероструктуры находят в создании оптоэлектронных приборов – лазеров, светодиодов и пр. В гетероструктуре активная область представляет собой прямозонный полупроводник типа $A^{III}B^V$ с шириной запрещенной зоны ~ 1 эВ. Это позволяет получить внутренний квантовый выход излучательной рекомбинации (отношение числа носителей, рекомбинирующих с излучением фотона, к общему числу инжектированных в узкозонный слой носителей) почти 100% в широком диапазоне степени легирования и температуры (включая 300 К). Таким образом, при рекомбинации неравновесных носителей в активной области гетероструктуры энергия внешнего источника практически полностью может быть преобразована в световую энергию. Коэффициент полезного действия лазеров и светодиодов на гетероструктурах чрезвычайно высок.

Гетероструктуры также применяются для создания приёмников оптического излучения – фотодиодов, лавинных фотодиодов, фототранзисторов и фототиристор, преобразователей ИК-излучения в оптическое. Наибольшее быстродействие и чувствительность имеют гетероструктуры типа $n^+ - n^{\circ} - P$ или $p^+ - p^{\circ} - N$ (+ означает сильное легирование, $^{\circ}$ – слабое), освещаемые через широкозонную область. Такие приборы обладают быстродействием $\sim 10^{-10} - 10^{-11}$ с и квантовой эффективностью близкой к 100%. Изменяя состав гетероструктуры, можно в широких пределах изменять диапазон спектральной чувствительности фотоприёмников.

Плоскостные ИК-диоды используются в оптронах. ИК-диоды для волоконных линий связи обладают высокой энергетической яркостью, которая достигается как за счёт локализации области протекания тока, так и за счет сужения диаграммы направленности излучения вследствие волноводных эффектов, проявляющихся при выводе излучения через боковые грани кристалла, параллельно плоскости гетероперехода (торцовые диоды). Быстродействие для диодов с сильнолегированными активными областями $\sim 10^{-8}$ - 10^{-9} с.

На основе гетероструктур типа *n-p-p* созданы солнечные батареи. Область их спектральной чувствительности $\sim 0,4$ - $0,9$ мкм, что соответствует максимуму спектрального распределения интенсивности солнечного света; к.п.д. $\sim 25\%$, плотность снимаемой мощности ~ 40 Вт/см².

Гетероструктуры с прямозонными широкозонными полупроводниками позволили создать быстродействующие диоды, транзисторы и тиристоры, работающие при комнатных температурах. В выпрямительных полупроводниковых диодах для увеличения пробивных напряжений требуется увеличение толщины слаболегированной области (базы), в которой находится пространственный заряд. Это приводит к возрастанию потерь при протекании тока в прямом направлении из-за роста падения напряжения на базе. В гетеродиодах с плавными гетеропереходами достигается низкое падение напряжения на базе, и, как следствие, увеличение прямого тока.

В биполярных гетеротранзисторах с широкозонным эмиттером за счёт одностороннего характера инжекции эффективность эмиттерного гетероперехода ~ 1 , независимо от легирования базовой и эмиттерной областей. В гетеротранзисторах базовая область может быть легирована сильнее эмиттерной, что, уменьшая сопротивление базы и ёмкость эмиттерного перехода, повышает быстродействие. Для предотвращения инжекции дырок в коллектор, затягивающей время рассасывания, в импульсных гетеротранзисторах наряду с широкозонным эмиттером используется и широкозонный коллектор. В полевых транзисторах на ДГ с узкозонным каналом за счёт электронного ограничения улучшаются шумовые характеристики, а широкозонный затвор улучшает управление каналом.

Рассмотренные области применения гетероструктур не являются исчерпывающими. Их уникальные свойства интенсивно исследуются, и на основе результатов этих работ создаются электронные приборы с

новыми свойствами или с существенно улучшенными параметрами и характеристиками.