

составляла $\approx 80\%$ от эффективности исходной структуры, а в интервале $h\nu < 3.0$ эВ фоточувствительность практически отсутствовала (см. рисунок).

Отметим, что все эти светофильтры имеют широкое спектральное окно пропускания инфракрасной области ($h\nu = 1.0-1.5$ эВ), но из-за отсутствия фоточувствительности GaP поверхностно-барьерных структур в этой области данный недостаток светофильтров является несущественным.

Для фотоприемников с площадью приемной поверхности 0.4 см^2 характерно следующее: плотность темнового тока $< 10^{-9} \text{ А/см}^2$ ($T = 300 \text{ К}$, напряжение = -1 В); линейная зависимость фототока короткого замыкания от плотности потока излучения в интервале $10^{-6}-10^{-1} \text{ Вт/см}^2$; температурный рост квантовой эффективности с температурным коэффициентом $0.2\%/К$ при $h\nu = 3$ эВ и $0.1\%/К$ при $h\nu = 5$ эВ в интервале температур $-70-+50^\circ\text{С}$.

Эта работа была частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 95-02-04121).

Список литературы

- [1] Царенков Б.В., Гольдберг Ю.А., Гусев Г.В., Огурцов В.И. // ФТП. 1974. Т. 8. Вып. 2. С. 410-414.
- [2] Гольдберг Ю.А., Царенков Б.В. А.С. СССР. № 392845. БИ. 1981. № 11. 266 с.
- [3] Гольдберг Ю.А., Львова Т.В., Царенков Б.В. // ПТЭ. 1976. № 4. С. 212-214.
- [4] Гольдберг Ю.А., Львова Т.В., Мезрин О.А. и др. // ФТП. 1990. Т. 24. Вып. 10. С. 1835-1840.

06;07

Журнал технической физики, т. 66, в. 8, 1996

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФОТОПРИЕМНИКИ НА ОСНОВЕ GaInP/GaP ГЕТЕРОСТРУКТУР

© М.А.Абдукадыров, Ю.Ю.Абдурашманов,
Н.А.Азмедова, А.А.Паттазов

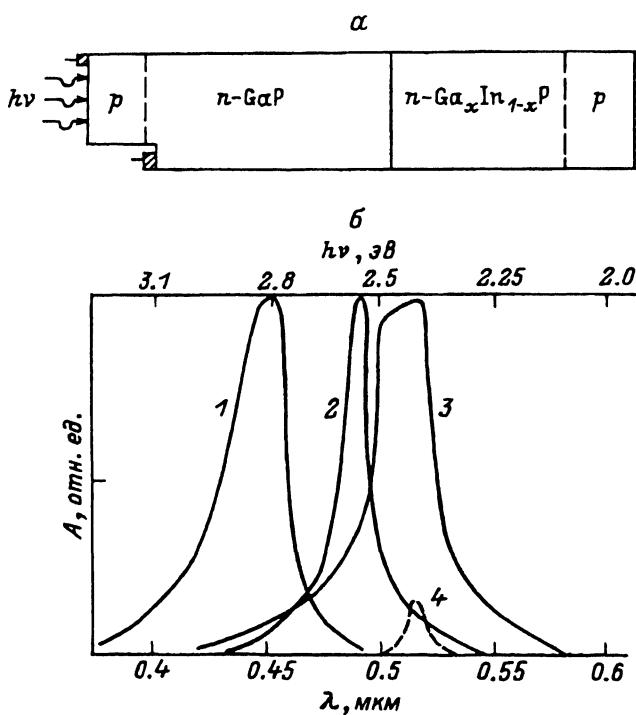
Научно-исследовательский центр
Министерства связи Республики Узбекистан,
700631 Ташкент, Узбекистан
(Поступило в Редакцию 22 сентября 1995 г.)

В последние годы для контроля загрязнения воздушного бассейна Земли широко применяется абсорбционный спектральный анализ неорганических газов, который базируется на дифференциальном поглощении световой энергии [1].

Для систем подобного рода весьма перспективно использование фотоприемников, позволяющих регистрировать световое излучение на нескольких $p-n$ -переходах с разделенной спектральной чувствительностью [2].

В данной работе приводятся характеристики дифференциально-интегрально-фоточувствительной структуры $p\text{-GaP}/n\text{-GaP}/n\text{-Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}/p\text{-Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$. Твердые растворы соединений GaP и InP обладают однокристаллической структурой с разницей постоянных решеток $\Delta a = 0.4176 \text{ \AA}$ и образуют непрерывные ряды твердых растворов $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$, ширина запрещенной зоны которых изменяется от 1.351 (InP) до 2.261 эВ (GaP), а энергия прямых оптических переходов — от 2.23 (InP) до 2.78 эВ (GaP). Согласно данным [3], GaP является непрямозонным материалом с шириной запрещенной зоны (E_g) 2.261 эВ и энергией прямых оптических переходов (E_g) 2.78, а зонная структура $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ зависит от величины x и имеет точку перехода. Для составов с $x \leq 0.73$ характерна прямая зонная структура, а при $x > 0.73$ структура $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ становится непрямозонной. E_g и E_0 для $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ при $x < 1$ всегда меньше, чем для GaP, т.е. энергия межзонных оптических переходов в GaP больше, чем в $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$.

Для получения дифференциально-интегрально-фоточувствительной GaInP/GaP p - n -структуры на подложке $n\text{-GaP}$ толщиной ~ 150 мкм последовательно осажжены гетероэпитаксиальные слои $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($x = 0.9, 0.8$) n -типа проводимости. Затем на поверхности изотипной гетероструктуры осуществляли двухстороннюю диффузию цинка из газовой фазы, что позволило формировать одновременно в $n\text{-GaP}$ и $n\text{-Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ слои p -типа проводимости толщиной 1-2 мкм. Концентра-



$\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}/\text{GaP}$ p - n -структура (а) и спектры фоточувствительности дифференциально-интегрально-фоточувствительных $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}/\text{GaP}$ p - n -структур (б).
 $X = 1$ (1), 0.9 (2), 0.8 (3); 1-3 — при толщине $h = 100$ мкм, 4 — при толщине $h = 400$ мкм.

ция дырок в слоях p -типа проводимости была на уровне $1-5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Омические контакты наносились на слой p -GaP и p -Ga_xIn_{1-x}P, а также на n -GaP (см. рисунок, а), что позволило исследовать характеристики p - n -переходов независимо друг от друга. Площадь исследованных p - n -структур составляла $\sim 2 \text{ мм}^2$.

На рисунке, б приведено спектральное распределение фоточувствительности (A) дифференциально-интегрально-фоточувствительных GaInP/GaP p - n -структур. При освещении поверхностного p -GaP слоя фотоны с энергией 2.5–3.5 эВ поглощаются в слое GaP и носители разделяются широкозонным p - n -переходом. В области энергий фотонов 2.5–2.8 эВ фоточувствительность резко увеличивается, что обусловлено прямыми оптическими переходами в GaP (рисунок, б). Абсолютная величина фоточувствительности в максимуме близка к 0.2–0.3 А/Вт. С ростом энергии фотонов от 2.8 до 3.5 эВ на поверхности GaP p - n -структуры возрастает скорость поверхностной рекомбинации и фоточувствительность падает. Крутизна спадов фоточувствительности коротковолновой части спектра связана с состоянием освещаемой поверхности и уровнем легирования p -слоя.

Фотоны с энергией $h\nu < 2.78$ эВ проникают внутрь GaP структуры, поглощаются в Ga_xIn_{1-x}P (рисунок, а) и разделяются узкозонным p - n -переходом. Спектры фоточувствительности Ga_{0.9}In_{0.1}P и Ga_{0.8}In_{0.2}P p - n -структур в области энергий фотонов от 2.65 до 2.45 и от 2.55 до 2.35 эВ характеризуются резким подъемом фоточувствительности, причем его максимальные значения $h\nu_m = 2.54$ и 2.45 эВ соответствуют энергиям прямых оптических переходов в узкозонном p - n -переходе Ga_xIn_{1-x}P. Абсолютная величина фоточувствительности в максимуме спектра достигает 0.2–0.4 А/Вт. С ростом содержания GaP в твердом растворе Ga_xIn_{1-x}P максимум спектра фоточувствительности Ga_xIn_{1-x}P p - n -структур сдвигается в более коротковолновую область. Резкий спад фоточувствительности до 80% относительно максимума (рисунок, б, кривая 4) при $h\nu > 0.3$ эВ обусловлен объемной рекомбинацией фотонов в GaP, что подтверждается ростом фоточувствительности при уменьшении толщины GaP.

Таким образом, дифференциально-интегрально-фоточувствительные Ga_xIn_{1-x}P/GaP p - n -структуры позволяют детектировать расщепленные световые излучения с длиной волны $\lambda \leq 0.6$ мкм.

Список литературы

- [1] Немец В.М., Петров А.А. Спектральный анализ неорганических газов. Л.: Химия, 1988. 240 с.
- [2] Абдукадыров М.А., Алаев А.А., Бустанов Х.Х., Ганиев А.С. // Гелиотехника. 1992. № 2. С. 30–32.
- [3] Физико-химические свойства полупроводниковых веществ / Под ред. А.В.Новоселовой, Б.В.Лазарева. М.: Наука, 1979. 339 с.