

ПОРОГОВЫЕ ПРИЕМНИКИ КОРОТКОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ $A^{III}B^V$ ДИОДОВ ШОТТКИ

А. И. Малик, В. А. Гречко, В. Е. Аникин

Фотоприемники с чувствительностью в ближней фиолетовой области спектра нашли широкое применение во многих отраслях науки и техники. При этом одной из важных задач является селективное детектирование излучения в этой части спектра. Ранее [1] была описана конструкция поверхностно-барьерного фотоприемника на основе гетероперехода In_2O_3-GaSc , имевшего 90 %-ную внешнюю квантовую эффективность на длине волны излучения 0.35 мкм. В данной работе приводятся результаты исследования фотоприемников, созданных на хорошо изученном полупроводниковом соединении GaP и на новом соединении системы AlGaInAs.

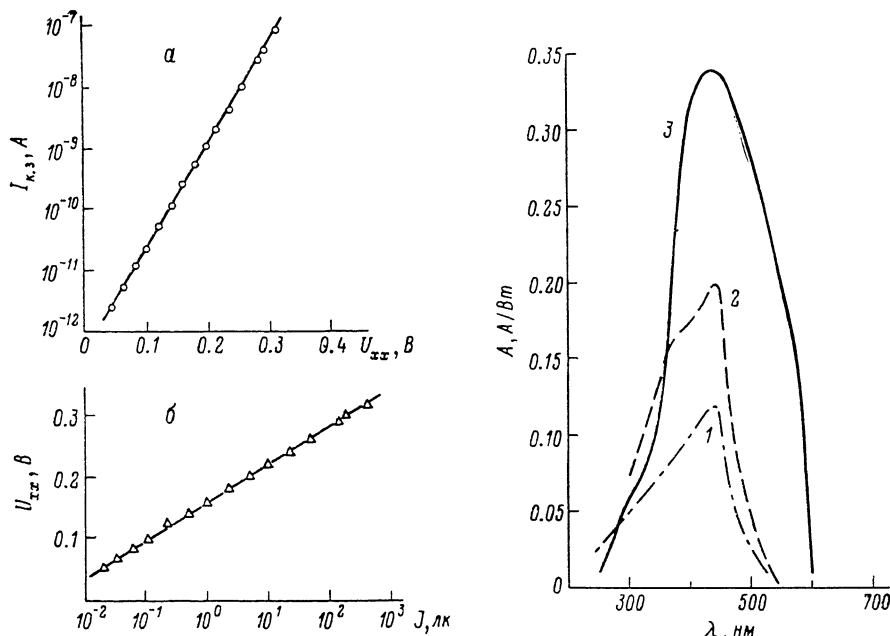


Рис. 1. Зависимости величин тока короткого замыкания от напряжения холостого хода для структур In_2O_3-GaP (а) и напряжения холостого хода от освещенности для структур In_2O_3-GaP (б).

Рис. 2. Зависимость спектральной чувствительности фотодиодов со структурами Au-GaP (1), In_2O_3-GaP (2), $In_2O_3-AlGaInAs$ (3).

Фотоприемники изготавливались по методике, приведенной в [1], путем нанесения на поверхность полупроводниковой пластины тонкого ($\approx 800 \text{ \AA}$) слоя прозрачного проводящего широкозонного вырожденного полупроводникового соединения In_2O_3 , легированного оловом одним из двух методов: методом химического распыления с последующим пиролизом при температуре $\sim 400^\circ \text{C}$ или методом вакуумного магнетронного распыления. Фотоактивная площадь структур имела диаметр 2 мм.

Фотодиоды In_2O_3-GaP . Попытка получения фотогальванического эффекта в структуре проводящий окисел металла-фосфид галлия известна [2]. Однако ВАХ структур, описанных в этой работе, оказались омическими. В настоящей работе фотоприемники данного типа изготавливались на эпитаксиальных структурах $n-n^+-GaP$ с концентрацией основных носителей в эпитаксиальном слое порядка 10^{16} см^{-3} и подвижностью электронов $70-120 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$. Исследование ВАХ и CV -характеристик структур позволило определить высоту барьера $\phi_b = 1.2 \text{ эВ}$, концентрацию ионизированных доноров $N_d = 1.6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и сделать выводы относительно механизма токопереноса. Характер обратной ветви ВАХ до напряжений $U \leq 2 \text{ В}$ в точности соответствовал теоретической зависимости для обратного тока идеального диода Шоттки

с учетом зависимости величины барьера от напряженности электрического поля. Линейная зависимость логарифма тока от $U^{1/2}$ свидетельствовала о понижении высоты барьера вследствие сил изображения. Из этой же зависимости была определена величина темнового тока насыщения, равная $8 \cdot 10^{-13}$ А. Анализ механизма токопрохождения при прямом смещении проводился путем исследования зависимости тока короткого замыкания от напряжения холостого тока $I_{к.з} = f(U_{х.з})$. При этом изменяющимся параметром служила величина освещенности. На рис. 1, а приведена данная зависимость, из которой были определены величины коэффициента идеальности и темнового тока насыщения, равные 1.01 и $5 \cdot 10^{-13}$ А соответственно. Таким образом, можно сделать вывод о том, что гетероструктура In_2O_3 —GaP представляет собой идеальный барьер Шоттки, роль металлического электрода в котором играет тонкая пленка вырожденного полупроводника In_2O_3 . На рис. 1, б приведена зависимость величины напряжения холостого хода от освещенности. Коэффициент идеальности, определенный из этой зависимости равнялся 1.03. Абсолютная монохроматическая чувствительность структур приведена на рис. 2 (кривая 2). Для сравнения представлена характеристика серийно выпускаемого фирмой «Hamamatsu» [3] фотодиода на основе Au—GaP (кривая 1). Разработанные и исследованные фотоприемники обладают высокой монохроматической чувствительностью и очень низким уровнем темновых токов. В фотогальваническом режиме включения их пороговая чувствительность в максимуме фототовета составляла величину $2 \cdot 10^{-15}$ Вт/Гц $^{-1/2}$, а величина удельной обнаружительной способности $9 \cdot 10^{13}$ см 2 ·Гц $^{1/2}$ /Вт, что более чем в 4 раза выше, чем у фотодиодов фирмы «Hamamatsu».

Фотодиоды In_2O_3 —AlGaInAs. Фотоприемники данного типа изготавливались на новом полупроводниковом материале AlGaInAs, полученном в виде тонкого эпитаксиального слоя (4 мкм) на низкоомной подложке из арсенида галлия. Состав слоя, определенный с помощью микроанализа, соответствовал 44.8 ат.% Ga, 7.2 ат.% Al, 1.6 ат.% In, 46.4 ат.% As. Соединение обладает прямой структурой энергетических зон и большой шириной запрещенной зоны ~ 2.2 эВ. Этим данное соединение выгодно отличается от соединений системы AlGaAs, в которых при большом содержании алюминия структура энергетических зон непрямая. Концентрация ионизированных доноров, определенная из анализа CV -характеристик составляла величину $2.7 \cdot 10^{16}$ см $^{-3}$. Значение емкости при нулевом смещении, так же как для структур на основе фосфида галлия, составляло величину 10^{-9} Ф. Значение темнового тока и порога чувствительности были того же порядка, что для структур на основе GaP. Спектральная чувствительность гетероструктур In_2O_3 —AlGaInAs представлена на рис. 2 (кривая 3). Внешняя квантовая эффективность в максимуме фототовета составляет величину более 90 %. Данному обстоятельству способствует хорошее оптическое согласование слоя окисла металла с показателем преломления ~ 2.0 с материалом слоя, а также высокое совершенство границы раздела.

Таким образом, исследованные фотоприемники по своим параметрам превосходят известные зарубежные и отечественные аналоги и могут применяться для регистрации сверхслабых световых потоков в коротковолновой области спектра.

Авторы признательны В. Г. Макаренко за предоставление эпитаксиальных структур фосфида галлия, а также Л. В. Долгинову и Ю. С. Мезину за помощь в проведении микроанализа соединения AlGaInAs.

Список литературы

- [1] Малик А. И., Ковалюк З. Д. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. Вып. 9. С. 533—535.
- [2] Wang E. Y., Legge R. N. // IEEE Trans. Electron Devices. 1978. Vol. 25. N 7. P. 800—803.
- [3] Prospect of Hamamatsu Photonics K. K. Sol. St. Div. 1986. С. 30—31.

Поступило в Редакцию
26 февраля 1988 г.