

УДК 621.383

Многоэлементный pin-фотодиод на основе гетероструктур InGaAsP/InP, чувствительный в спектральном диапазоне 1,0–1,7 мкм

*Ю. М. Деготь, О. Н. Забенькин, А. В. Кулыманов, Т. Н. Мищенко,
О. В. Огнева, И. В. Чинарева*
ФГУП «НПО "Орион"», Москва, Россия

Представлены результаты разработки многоэлементного фотоприемника (ФП), состоящего из линейки планарных pin-фотодиодов (ФД) на основе гетероструктур InGaAsP/InP, чувствительных в спектральном диапазоне 1,0–1,7 мкм, для современных приборов ночного видения (ПНВ).

Анализ состояния разработок современных ПНВ за рубежом показывает, что они на основе линейки планарных InGaAsP/InP pin-ФД, чувствительных в спектральном диапазоне 1,0–1,7 мкм, являются альтернативой электронно-оптическим преобразователям (ЭОП) с фотокатодами из GaAs, чувствительным в области спектра 0,5–0,9 мкм [1, 2]. Квантовая эффективность преобразования

регистрируемого излучения в фототок в фотодиодах на основе гетероструктур InGaAsP/InP примерно в 20 раз выше, чем в ЭОП (рис. 1) [1]. Кроме того, облученность ночью в спектральном диапазоне 1,0–1,7 мкм более чем на порядок превышает облученность в диапазоне 0,5–0,9 мкм (рис. 2). Это приводит к качественному повышению чувствительности, а также дальности

сти ПНВ, выполненных на базе линеек ФД из InGaAsP/InP, при обеспечении работоспособности этих приборов в более сложных метеослужбах по сравнению с ПНВ на базе ЭОП.

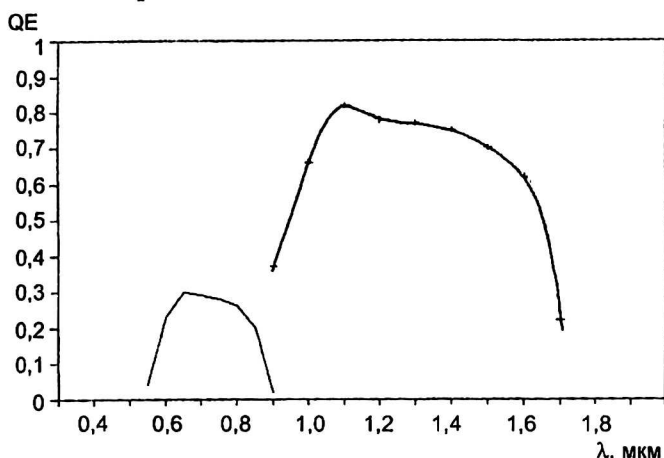


Рис. 1. Квантовая эффективность фотопреобразования ЭОП с фотокатодом из GaAs и линейного ФП на основе InGaAsP/InP:
 — GaAs; -x- InGaAs P/InP

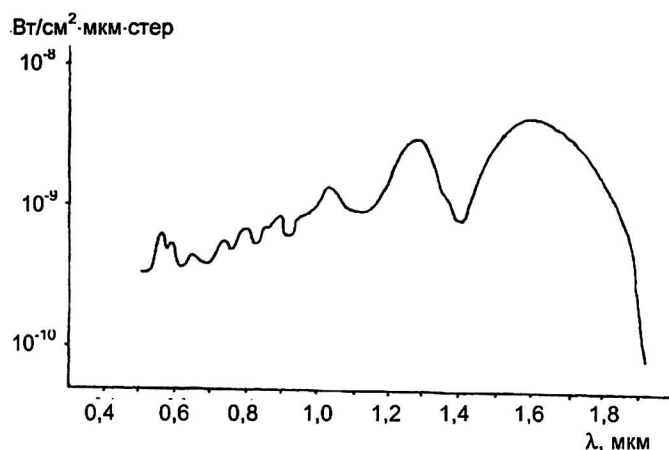


Рис. 2. Спектральная характеристика ночного неба

Линейку rip-ФД изготавливали по планарной технологии на основе двухслойной гетероструктуры, выращенной методом жидкофазной эпитаксии на подложке InP. В качестве поглощающего слоя использовалось соединение In_{0,53}Ga_{0,47}As с шириной запрещенной зоны E_g = 0,73 эВ. Слой "окна" выполнялся на основе соединения In_{0,8}Ga_{0,2}As_{0,4}P_{0,6} с шириной запрещенной зоны E_g = 1,1 эВ. Концентрация фоновых примесей в слоях гетероструктур 10¹⁴—10¹⁵ см⁻³, толщина слоев 3—5 мкм.

В качестве маскирующего и защитного покрытия использовалась пленка Si₃N₄, получаемая низкотемпературным (T ≤ 200 °C) плазмохимическим осаждением. Локальные p-n переходы размером 60x60 мкм с расстоянием между элементами 20 мкм формировались диффузией кадмия. В качестве антиотражающего покрытия также использовалась пленка Si₃N₄. Омические контакты создавались напылением в вакууме двухслойной системы Ti-Au. Далее проводилось скрайбирование гетероструктур на кри-

сталлы размером 1x4,7 мм. Для повышения процента выхода годных приборов на каждом кристалле располагались две линейки rip-ФД по 64 элемента в каждой.

Кристалл монтировался на ситалловой подложке (рис. 3). Для повышения надежности монтажа кристалла и использования термокомпрессионного метода присоединения внешних токоотводов (как правило, не ухудшающего основных параметров прибора) при сборке применялась подложка с набором локальных металлических площадок. Металлизация подложки осуществлялась путем напыления двухслойной системы Ti-Au. На длинную дорожку с помощью электропроводящего высокотемпературного клея-контактола приклеивался кристалл. Далее осуществлялось сварочное соединение контактных площадок кристалла и подложки.

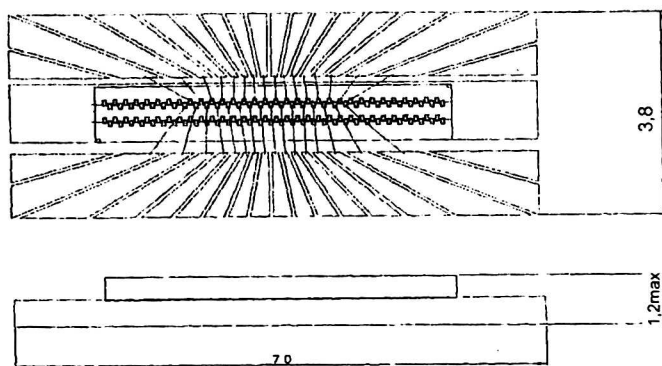


Рис. 3. Кристалл линейного ФП на подложке

Типичная спектральная характеристика единичного элемента представлена на рис. 4. Максимум чувствительности при комнатной температуре находится на длине волны 1,55 мкм, граница поглощения — 1,7 мкм. Абсолютное значение токовой чувствительности элемента линейки на рабочей длине волны составляет 0,85—0,9 А/Вт. Коэффициент отражения просветляющего слоя Si₃N₄ в спектральном диапазоне 1,2—1,7 мкм R = 3—5 %. Таким образом, указанным значениям чувствительности соответствует внутренняя эффективность преобразования 70—80 %.

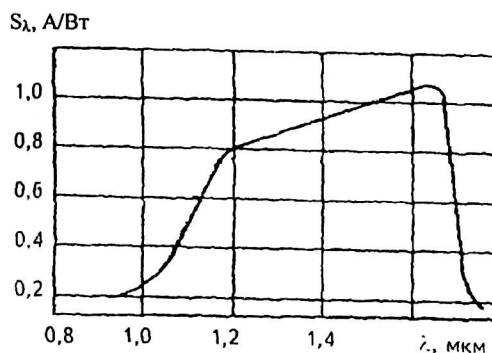


Рис. 4. Спектральная характеристика единичного элемента линейного ФП на основе InGaAsP/InP

В интервале температур $-60 \pm +60$ °С чувствительность ФД уменьшается с ростом температуры, причем общее снижение чувствительности не превышает 5–7 %.

Типичные значения емкости отдельных элементов линейки составляют 0,2–0,3 пФ. Типичное значение инерционности единичного элемента линейки — 100 пс.

На рис. 5 приведены распределения темновых токов элементов внутри одной линейки при рабочем напряжении $U_w = 10$ В. На лучших образцах можно наблюдать 32 элемента подряд с токами на уровне 0,5–1 нА.

Таким образом, разработаны и исследованы образцы линейных pin-ФД (число элементов в линейке 32) на основе гетероструктур InGaAsP/InP, чувствительных в спектральном диапазоне 1,0–1,7 мкм. При напряжении обратного смещения 10 В на длине волны 1,55 мкм указанные образцы характеризуются токовой чувствительностью 0,85–0,9 А/Вт, уровнем темнового тока единичных элементов 0,5–1 нА, емкостью единичных элементов 0,2–0,3 пФ, инерционностью единичного элемента 100 пс.

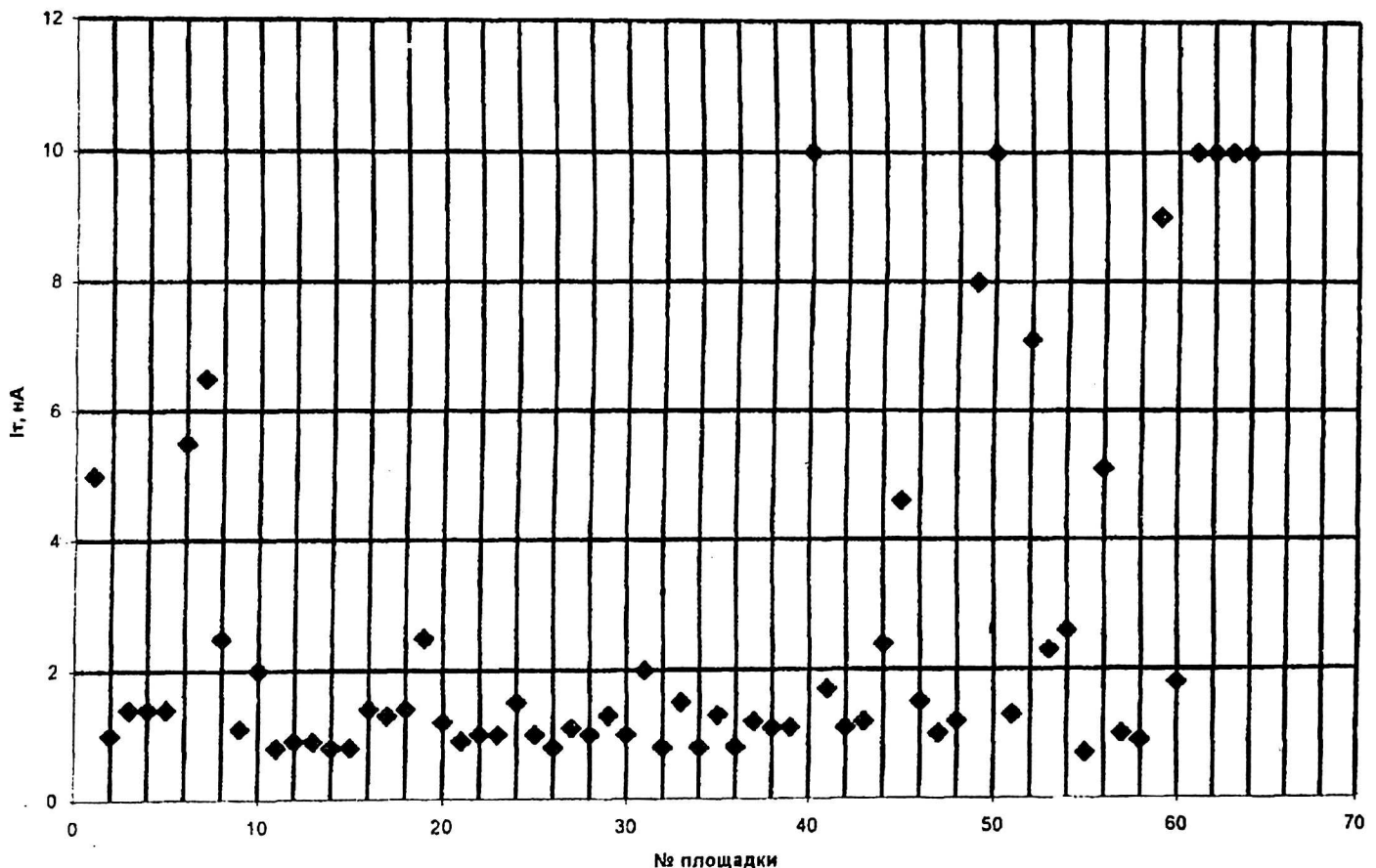


Рис. 5. Распределение темновых токов элементов внутри одной линейки

Для разработки и создания линейных pin-ФД с числом элементов более 64, а также матричных ФД необходимо значительно повысить однородность существующих гетероструктур InGaAsP/InP либо использовать для создания исходного материала метод газотранспортной эпитаксии.

Авторы выражают благодарность за помощь в разработке прибора М. А. Захаровой, З. В. Чижовой, Т. В. Киселевой, А. Е. Трошковой, В. С. Варгановой.

Литература

1. Cohen M. J., Olsen G. H. // Proceedings of the SPIE. 1993. V. 1946. P. 436.
2. Cohen M. J., Olsen G. H. // Laser Focus World. 1993. V. 29. N. 6. P. 109.

Arrays of InGaAsP/InP pin-photodiodes for applications in the 1.0–1.7 μm spectral range

*Yu. M. Degot, O. N. Zabenkin, A. V. Kulymanov, T. N. Mishchenkova,
O. V. Ogneva, I. V. Tchinareva*
ORION Research-and-Production Association, Moscow, Russia

We describe the fabrication and performance of 1x32 arrays of InGaAsP/InP pin-photodiodes for 1.0–1.7 μm . The InGaAsP/InP arrays it a good choice for use in a night-vision camera.