Высокоскоростной фотоприемный модуль на основе InAlAs/InGaAs/InP *pin*-диода с частично обедненным слоем для оптоволоконных систем передачи данных

К.С. Журавлев¹, И.Б. Чистохин¹, Н.А. Валишева¹, А.М. Гилинский¹, Д.В. Дмитриев¹, В.С. Арыков², И.В. Юнусов²

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова, Новосибирск,
630090, Пр. Академика Лаврентьева, 13

² ООО «Ай Эм Тех», Томск, 634041, Пр. Кирова, 51а, строение 5
тел: +7 (383) 330-4475, эл. почта: zhur@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-138

Задачи передачи аналоговых СВЧ-сигналов по волоконным линиям требуют использования высокоскоростных фотоприемников с эквивалентной чувствительностью 5–10 А/Вт и выше и низким напряжением питания. В работе рассматриваются конструкция и характеристики фотоприемного модуля для оптоволоконных систем передачи данных и СВЧ-сигналов, выполненного на основе скоростного *pin*-фотодиода и трансимпедансного усилителя для диапазонов частот до 2,5–10 ГГц. Скоростной *pin*-фотодиод с частично обедненным поглощающим слоем выполнен на основе InAlAs/InGaAs/InP гетероструктуры и обеспечивает поглощение излучения в диапазоне длин волн 1,0–1,65 мкм. Использование в таких приборах частично обедненного поглощающего слоя позволяет увеличить граничную частоту за счет минимизации влияния пространственного заряда. Конструкция *pin*-фотодиода представляет собой меза-структуру круглого сечения с диаметром фотоприёмной площадки 20–40 мкм в зависимости от требуемого диапазона частот, имеющую прямоугольные Au балочные выводы толщиной 5 мкм. Подача излучения производится со стороны утоненной подложки гетероструктуры. Эпитаксиальная гетероструктура, выращенная методом молекулярно-лучевой эпитаксии на подложке полуизолирующего InP, содержит следующие слои:

- контактный n^+ -InAlAs слой толщиной 300 нм с концентрацией легирующей примеси $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$,
- поглощающий n^+ -InGaAs слой толщиной 50 нм с концентрацией легирующей примеси $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$,
- нелегированный поглощающий i -InGaAs слой толщиной 220–800 нм (концентрация остаточной донорной примеси менее 10^{15} см^{-3}),
- легированный поглощающий p^+ -InGaAs слой толщиной 100–220 нм с концентрацией легирующей примеси $1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$,
- легированный широкозонный p^+ -InAlAs слой толщиной 300 нм с концентрацией легирующей примеси $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$,
- контактный p^+ -InGaAs слой толщиной 30 нм с концентрацией легирующей примеси $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

Усиление выходного сигнала фотодиода обеспечивает малошумящий бескорпусной трансимпедансный усилитель разработки АО НПП «Элвис». Усилитель обеспечивает возможность использования как несимметричной, так и симметричной линии передачи выходного сигнала. Чип усилителя монтируется совместно с чипом фотодиода в корпусе типоразмера ТО-8. Подача излучения на фотодетектор возможна через оптоволокно либо через открытое пространство.