Приборы радиопотоники на основе фосфида индия

К.С. Журавлев¹, Д.В. Дмитриев¹, А.И. Торопов¹, М.С. Аксенов¹, Н.А. Валишева¹,
А.М. Гишинский¹, И.Б. Чистохин¹, А.Л. Чиж², С.А. Малышев², К.Б. Микитчук²

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,
Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь
тел: +7 (383) 330-4475, эл. почта: zhur@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-83

Развитие технологий передачи широкополосных сигналов по волоконно-оптическим линиям открыло новые возможности для создания систем передачи аналоговых СВЧ- и КВЧ-сигналов с характеристиками, недостижимыми при использовании традиционных сред передачи. Основные преимущества аналоговых волоконно-оптических линий по сравнению с существующими СВЧ-кабелями обусловлены малыми погонными потерями волоконно-оптических кабелей (менее 0,2 дБ/км против 1–10 дБ/м в СВЧ-кабеле), сверхширокополосностью оптического канала передачи, его невосприимчивостью к электромагнитным помехам и полной гальванической развязкой цепей, малыми массой и размерами. Благодаря этим преимуществам волоконно-оптические линии передачи аналоговых сигналов перспективны для использования в целом ряде применений – радиолокации, распределенных системах радиосвязи, измерительной СВЧ-технике.

Для построения волоконно-оптических линий передачи аналоговых СВЧ-сигналов с широким динамическим диапазоном необходимо использование мощных (десятки милливатт) лазеров, широкополосных модуляторов излучения и мощных фотодиодов, обеспечивающих выходной ток в десятки миллиампер (выходная СВЧ-мощность до десятков милливатт) в полосе частот до десятков гигагерц.

В настоящей работе рассматриваются современные подходы построения приборов радиопотоники на основе фосфида индия. Описываются разработанные конструкции и технологии изготовления мощных СВЧ-

фотодиодов и электрооптических модуляторов Маха-Цендера для применения в волоконно-оптических линиях передачи СВЧ-сигналов, использующих диапазоны длин волн 1,33 и 1,55 мкм. Фотодиоды выполнены в виде чипов, изготавливаемых на основе двойной гетероструктуры InAlAs/InGaAs, выращиваемой на подложке InP методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Чип фотодиода содержит меза-структуру с барьером Шоттки и массивными металлическими контактами, обеспечивающими высокую электро- и теплопроводность. Контакты фотодиодов выполняются в виде микрополосков, с помощью которых чипы фотодиодов монтируются непосредственно в СВЧ-линию передачи. Подача излучения производится через подложку, прозрачную в указанном диапазоне длин волн.

Изготовленные фотодиоды демонстрируют низкие значения обратного темнового тока 0,05–0,2 нА. Высота барьера Шоттки фотодиодов составляет 0,7 В. Емкость фотодиодов с диаметром меза-структуры 15 мкм при напряжении смещения –2 В равна ≈ 100 фФ. Чувствительность фотодиодов составляет 0,45–0,55 А/Вт на длине волны 1,55 мкм. Предельная рабочая частота фотодиодов с диаметром фоточувствительной области 15 мкм, установленных в копланарную СВЧ-линию с волновым сопротивлением 50 Ом, составляет 28 ГГц. При этом максимальная выходная СВЧ-мощность фотодиода на частоте 20 ГГц равна 58 мВт. Достигнутые значения рабочей частоты и выходной мощности разработанных фотодиодов соответствуют текущему мировому уровню, иллюстрируемому на рисунке в сравнении с коммерчески доступными моделями.