

## Влияние конструктивных параметров на ширину полосы модуляции вертикально-излучающих лазеров

М.А. Бобров<sup>1,2</sup>, М.М. Павлов<sup>1,2</sup>, С.А. Блохин<sup>2</sup>, А.Г. Кузьменков<sup>2</sup>, Н.А. Малеев<sup>2</sup>,  
В.М. Устинов<sup>2</sup>, Р. Wolf<sup>3</sup>, Р. Moser<sup>3</sup>, D. Bimberg<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,  
Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 297-31-78, эл. почта: largaseal@gmail.com

<sup>2</sup> ФТИ им.А.Ф.Иоффе, С-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Institut für Festkörperphysik und Zentrum für Nanophotonik, Technische Universität Berlin,  
Берлин, Германия

В последние годы вертикально-излучающие лазеры (ВИЛ) находят все более широкое применение в быстродействующих оптоволоконных системах связи, высокопроизводительных компьютерных системах, а также датчиках и сенсорах различного типа [1]. Растущие с каждым годом требования к сетевой полосе пропускания и скорости передачи данных в Интернете, а также к пропускной способности и скорости передачи устройств ввода-вывода стимулирует активный поиск путей развития технологии ВИЛ, обеспечивающей скорость передачи данных более 25 Гбит/с в режиме прямой токовой модуляции. Уже предложены различные подходы по повышению частоты релаксационных колебаний ВИЛ до 20 ГГц [2], что приводит к необходимости соответствующего повышения частоты отсечки паразитного электрического фильтра низких частот (ФНЧ), образованного элементами конструкции прибора.

Цель данной работы состояла в исследовании влияния приборной конструкции на быстродействие типичного ВИЛ с легированными брэгговскими зеркалами. Базовая конструкция ВИЛ представляет собой двойную меза-структуру на нелегированной подложке, планаризованная материалом с малой диэлектрической проницаемостью (ВСВ) и копланарными контактными площадками (земля-сигнал-земля). Основными источниками паразитной емкости в ВИЛ являются емкость контактных площадок  $C_{\text{рад}}$ , дифференциальная емкость р-п перехода  $C_i$  и емкость, образующаяся на оксидных слоях, формирующих токовое и/или оптическое ограничение  $C_{\text{ок}}$ . Отметим, что емкость прямо смещенного р-п перехода  $C_i$  крайне сложно контролировать в ВИЛ (увеличение нелегированной области микрорезонатора, малый фоновый уровень легирования). Была изготовлена серия приборов с разными размерами первой мезы, токовой апертуры, второй мезы, формой нижнего контакта. Исследования емкости приборов проводилось по мостовому методу с помощью измерителя иммитанса (RLC-измеритель) при нулевом смещении и частоте 1 МГц. Зависимость емкости прибора от площади под оксидными слоями демонстрирует два линейных участка, соответствующие приборам с за-

крытой (область I) и открытой апертурами (область II). Благодаря применению метода эффективного увеличения толщины оксидных слоев в ВИЛ, вклад емкости  $C_{ox}$  в суммарную паразитную емкость прибора невелик ( $\sim 0,3$  фФ/мкм<sup>2</sup>). В тоже время открытие токовой апертуры ведет к скачкообразному увеличению емкости прибора вследствие появления вклада от барьерной емкости p-n перехода. Экстраполяция данных в области I к нулю дает емкость контактных площадок  $C_{rad} \sim 40$  фФ. Изменение формы контактных площадок к нижнему контакту, а также существенное увеличение размера второй мезы (до двух раз относительно первой мезы) не оказывает влияние на емкость  $C_{rad}$ . Результаты моделирования в широком диапазоне частот электрического отражения ВИЛ с закрытой апертурой дают идентичную суммарную емкость приборов (анализ ВИЛ с открытой апертурой затруднен в силу существенной нелинейности эквивалентной схемы ВИЛ при прямом смещении). Малосигнальный анализ амплитудно-частотных характеристики лазеров показал, что ширина полосы модуляции ВИЛ нелимитирована паразитной частотой отсечки ( $\sim 25$  ГГц) и достигает 20 ГГц. Таким образом, предложенная конструкция ВИЛ позволяет крайне эффективно бороться с паразитной емкостью прибора.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, программы Президиума РАН, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» и грантом С-Петербурга для молодых кандидатов наук.

### Литература

1. R.Szweda, III-Vs Review, 19 (1), (2006).
2. A. Mutig et al., Appl. Phys. Lett. 95,131101, (2009).