

**Устинова И.А., Михайловский Г.А., Смирнова И.Г.,
Соловьев Ю.В., Бугров В.Е.**

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики*

Исследование характеристик вертикально-излучающего лазера для оптического трансивера

Исследованы характеристики вертикально-излучающего лазера и рассчитаны его параметры. Результаты исследования показали, что конструкция вертикально-излучающего лазера по сравнению с конструкцией лазера Фабри-Перо приводит к улучшению характеристик.

Ключевые слова: вертикально-излучающий лазер, трансивер.

В последние годы развитие науки и техники идет по пути глобальной информатизации и цифровизации общества. Значительный рост объемов хранимых, передаваемых и обрабатываемых данных, источником которых является мобильный трафик, облачные сервисы, цифровое интернет-телевидение и прочие услуги, приводит к существенному росту нагрузки на сети центров обработки данных (ЦОД). Поддержание стремительного темпа роста объема передаваемых данных требует роста скорости передачи информации и снижения энергопотребления. К 2018 году по прогнозам Cisco Systems, Inc. [1] 7% трафика в ЦОДах будет генерироваться при обеспечении связи между ЦОДами, в основном при репликации данных, обновлении программного обеспечения и при модернизации систем, а 76% трафика не выйдет за пределы ЦОДов, и будет связано с хранением данных и использованием данных в виртуальной производственной среде. Рост объемов данных в ЦОДах ведет к быстрому росту энергопотребления, и одним из источников потерь энергии являются различные виды межсоединений в системах обмена данными. Одним из ключевых элементов любой инфраструктуры ЦОДа являются оптоволоконные сети, производительность которых определяется, в том числе, технологией преобразования электрических сигналов в оптические. Увеличение скорости передачи данных приводит к росту потерь энергии в межсоединениях.

По мере возрастания объема передаваемых данных усиливаются требования к скорости передачи данных и к энергопотреблению. Дата-центры и цифровое интернет-телевидение испытывают потребность в новых высокоскоростных информационно-коммуникационных системах. Одним из ключевых элементов таких систем являются оптические приемо-передающие устройства, или трансиверы. Интерес к ним вызван возможностью решения проблем, связанных с помехоустойчивостью, что являлось критичным условием при использовании медных соединений. Вместе с тем, оптические трансиверы обладают множеством преимуществ, среди которых можно выделить сниженное энергопотребление, меньший вес, меньшую чувствительность к электромагнитным помехам.

Оптические трансиверы обладают слабой зависимостью качества передачи от длины оптической линии связи и позволяют эффективно использовать пропускную способность при передаче дискретных сообщений. В последнее время для передачи данных по

протоколам Ethernet и Infiniband широко применяются оптические трансиверы, относящиеся к промышленному стандарту QSFP/QSFP+ (Quad Small Form-factor Pluggable-четырёхканальное соединение малого форм фактора), позволяющие реализовать скорость от 40 Гбит/с (10 Гбит/с на 1 канал), позволяющие передавать большой объем информации на расстояния, превышающие 100 м. Однако разработка быстродействующих оптических модулей невозможна без наличия соответствующий компонентной базы фотоники, при передаче и приеме оптического сигнала

Одним из ключевых элементов компонентной базы фотоники в составе оптического трансивера является лазер [2]. К настоящему моменту времени разработаны различные конструкции полупроводниковых лазеров, среди которых лазеры Фабри-Перо, лазеры с распределенной обратной связью и вертикально-излучающие лазеры (ВИЛ). Основным недостатком использования оптических передатчиков с внешней модуляцией является их высокая стоимость. К недостаткам традиционной полосковой конструкции лазера относятся достаточно сильная температурная зависимость длины волны лазерного излучения; заметное возрастание порогового тока лазерного диода с ростом температуры; необходимость применения весьма сложных конструкций приборов для обеспечения высокого быстродействия (10 Гбит/с и выше). Попытки преодолеть указанные недостатки стимулировали поиск альтернативных вариантов конструкций лазерных диодов, к числу которых относятся вертикально-излучающие лазеры. Следовательно, исследование характеристик вертикально-излучающего лазера является достаточно актуальной задачей.

Целью данной работы является исследование характеристик вертикально-излучающего лазера и расчет его параметров.

Для проведения эксперимента был собран стенд для исследования характеристик вертикально-излучающего лазера спектрального диапазона 1271 нм в корпусе ТО-46. Полупроводниковый вертикально-излучающий лазер представлял собой инжекционный лазерный диод с вертикальным резонатором, в котором излучение, генерируемое при пропускании тока в прямом направлении (т.е. при прямом смещении диода), выводится перпендикулярно эпитаксиальным слоям гетероструктуры через подложку.

Для исследования вольт-амперной (ВАХ) и ватт-амперной (ВтАХ) характеристик вертикально-излучающий лазер в корпусе ТО-46 был электрически подключен к управляемому стабилизированному источнику напряжения со встроенным амперметром. В качестве источника был использован Keithley 2602b. Для исследования спектров излучения ВИЛ был электрически подключен к управляемому стабилизированному источнику напряжения со встроенным амперметром, а его излучение вводилось в оптоволокно с помощью специальной оптической системы. Оптическая система представляла собой коллимирующую линзу и объектив, который фокусировал излучение в оптоволокно. Оптоволокно подключалось к анализатору оптического спектра BOSA 100, который был использован для регистрации спектра излучения лазера. Для исследования дальнего поля излучения ВИЛ был использован гониометр «Флакс».

Электрический контакт к лазеру осуществляется через проволочные выводы. Последовательно (с некоторым шагом по току) увеличивая ток накачки в прямом направлении производилось измерение падения напряжения на лазере. Выходное оптическое излучение ВИЛ детектировалось калиброванным фотодетектором соответствующего спектрального диапазона с известной спектральной характеристикой чувствительности, а величина фототока регистрировалась стабилизированным источником напряжения со встроенным амперметром.

В результате исследования были получены ВАХ, ВтАХ и спектральные характеристики лазера, которые будут представлены на конференции. При вращении лазера было получено распределение интенсивности излучения при различных значениях углов

наблюдения. На основе проведенных исследований показано, что конструкция вертикально-излучающего лазера по сравнению с конструкцией лазера Фабри-Перо приводит к улучшению характеристик.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», соглашение № 14.578.21.0239 от 26 сентября 2017 г., уникальный идентификатор RFMEFI57817X0239.

Библиографический список

1. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016–2021 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-indexvni/complete-white-paper-c11-481360.html>, своб.
2. K. Mochizuki et al. Assembly Technologies for Integrated Transmitter/Receiver Optical Sub-Assembly Modules //IEICE Transactions on Electronics, 2017. – Vol. 100. N. 2. P. 187-195.