

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КОРПУСЕ VCSEL ЛАЗЕРА

Шучалина С.Д. (ИТМО)

Научный руководитель – Завитаев А.С. (ЦНИИ «Электроприбор», ИТМО)

Научный консультант – Чалков В.В. (ЦНИИ «Электроприбор», ИТМО)

Введение. В настоящее время в научных исследованиях широко применяются поверхностно-излучающие лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL) [1, 4]. Это компактный и энергоэффективный лазер, для стабильной работы которого требуется термостабилизация, поскольку изменение температуры кристалла VCSEL приводит к дрейфу частоты лазера [2, 3]. Для защиты от внешних воздействий и эффективности термостабилизации VCSEL требуется разработка корпуса, который позволит контролировать температуру. Разрабатываемая конструкция предназначена для проведения экспериментов в лабораторных условиях, поэтому важными критериями являются также адаптивность конструкции, быстрый доступ к её элементам и лёгкость в производстве. Для решения задачи стабилизации температуры используется нагреватель и датчики температуры. В работе проводится анализ тепловых процессов в экспериментальном корпусе VCSEL с целью оценки эффективности принятых конструктивных решений.

Основная часть. При выборе компонентов требованиями к конструкции являются компактность и устойчивость к внешним воздействиям [4]. В качестве нагревательного элемента выбраны SMD-резисторы 1206 (с допуском сопротивления 5%) благодаря их малым габаритам, удобству монтажа и невысокой стоимости. Для измерения температуры использован платиновый резистор Pt1000 Class B, который также обладает небольшими размерами (диаметром 0,2 мм и длиной 10 мм), имеет высокую точность измерений (допуск 0,3%, класс B) и диапазон рабочих температур от -70°C до +550°C. Для изготовления корпуса применялась технология фотополимерной 3D-печати с допустимым разрешением вплоть до 0,1 мм. Такая технология позволяет быстро и с достаточной точностью производить детали.

Кольцо из нагревателей расположено у основания лазера, чтобы обеспечивать равномерный нагрев его корпуса. На задней стороне лазера находится терморезистор, который позволяет отслеживать изменение температуры. Эта точка выбрана потому, что находится ближе всего к VCSEL, температуру которого необходимо контролировать [3]. Корпус выступает в качестве проводника и передаёт тепло кристаллу лазера, поскольку с самим кристаллом нельзя взаимодействовать напрямую.

В ходе эксперимента использовалось единичное тепловое воздействие мощностью 45 мВт. Параллельно этому проводилось дополнительное тепловое воздействие, имитирующее наличие других тепловыделяющих элементов конструкции. Также проводилось измерение температуры помещения, в котором располагается экспериментальная установка, для учёта влияния температуры окружающей среды при корректировке полученных по результатам эксперимента значений. Чтобы визуализировать скорость работы нагревателя, был произведен расчёт времени переходного процесса. Время переходного процесса составило (690 ± 168) сек. Это значение превышает требуемое время переходного процесса для использования VCSEL в навигационных приборах, но является приемлемым для использования конструкции в лабораторных исследованиях.

Выводы. Требуемое время переходного процесса для использования VCSEL в навигационных приборах составляет 20 сек. По результатам эксперимента время переходного процесса составило (690 ± 168) сек. Значение достаточно велико, однако, в условиях лаборатории, простота, удобство в эксплуатации и возможность модификации конструкции компенсируют этот недостаток. Использование технологии 3D-печати делает производство корпуса доступным и обеспечивает вариативность при выборе конфигураций.

Список использованных источников:

1. **Guanzhong Pan, Meng Xun, Xiaoli Zhou, Yun Sun, Yibo Dong, Dexin Wu.** Высокопроизводительные вертикально излучающие лазеры с поверхностной эмиссией на основе перовскита, работающие при комнатной температуре в непрерывном режиме // *Light: Science & Applications*. 2024. Т. 13. №1. С. 1–9. URL: <https://www.nature.com/articles/s41377-024-01561-8>.
2. **Peng Zhou, Wei Quan, Kai Wei, Zihua Liang, Jinsheng Hu, Lu Liu, Gen Hu, Ankang Wang, Mao Ye.** Применение VCSEL в био-сенсорных атомных магнитометрах // *Biosensors*. 2022. Т. 12. № 12. Ст. 1098. URL: <https://www.mdpi.com/2079-6374/12/12/1098>.
3. **Qingyang Zhao, Ruochen Zhang, Hua Liu.** Measuring Transverse Relaxation with a Single-Beam 894 nm VCSEL for Cs-Xe NMR Gyroscope Miniaturization // *Sensors*. 2024. Т. 24. № 17. Ст. 5692. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/17/5692>.
4. **Блохин С.А., Шуленков А.С., Трошков С.И., Гладышев А.Г., Надточий А.М., Павлов М.М., Бобров М.А., Назарчев Д.Е., Устинов В.М.** Пространственно-однородные полупроводниковые вертикально-излучающие лазеры с нелокальным верхним распределением брэгговских отражателей // *ФТТ*. 2013. Т. 47. С. 985–989.