

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ИМПУЛЬСНОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ВОЛОКОННОМ ЛАЗЕРЕ С ГАРМОНИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ МОД*

✉ Д. П. Качалкин, П. А. Итрин, Д. А. Коробко

Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

✉ dkachalkin@list.ru

Лазеры, генерирующие высокочастотные последовательности ультракоротких импульсов, находят широкое применение в различных приложениях, таких как сверхбыстрая визуализация, оптическая связь, спектроскопия, биомедицина и обработка материалов.

Для накачки и управления режимами генерации таких лазеров используются лазерные диоды, которые необходимо контролировать по мощности излучения, току и температуре. Питание лазерного диода осуществляется постоянным током от электрического драйвера, величина которого определяется шириной запрещенной зоны используемого полупроводникового материала. Однако даже правильный выбор драйвера не гарантирует отсутствие других факторов, влияющих на работу лазерного диода, которые могут изменять потребительские характеристики самого волоконного лазера.

В данной работе представлена система мониторинга и управления основными параметрами лазерного диода — температурой и током. Основой является драйвер OEM исполнения Wavelength Electronics LDTC 2/2 O. Данный драйвер с контроллером температуры сочетает в себе несколько важных функций для работы с лазерным диодом, таких как контроль температуры лазерного диода, управление токами накачки, напряжением на элементе Пельтье для охлаждения и нагрева диода [1]. Недостатком этого драйвера является отсутствие элементов для отображения установленных и актуальных значений тока и температуры диода.

Для отслеживания нескольких значений токов и температур лазерного драйвера LDTC2/2O к его выводам необходимо подключить несколько мониторов и пересчитывать измеренные значения в другие величины, что занимает длительное время.

Использование микроконтроллера Atmega 328 позволило решить данную проблему.

Необходимые для оценки напряжения подавались с выводов драйвера на аналоговые входы микроконтроллера и с помощью программы переводились в другие величины (рис. 1).

Для анализа и преобразования напряжений в нужные величины был использован язык программирования C++. Напряжение на термоэлектрическом охладителе переводилось в темпера-

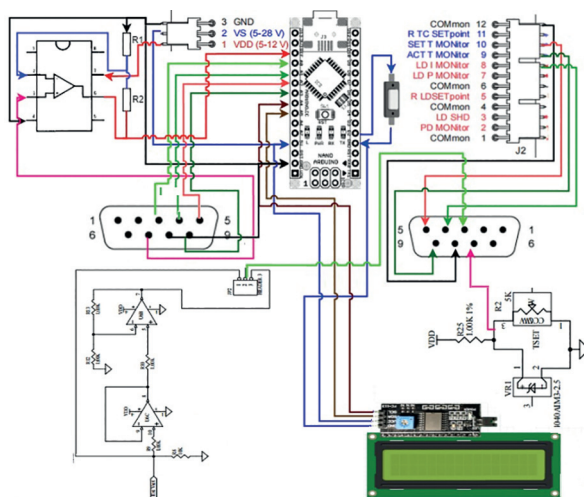


Рис. 1. Электрическая схема

* Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-79-30017).

© Д. П. Качалкин, П. А. Итрин, Д. А. Коробко, 2024

туру с помощью уравнения Стейнхарта — Харта [2]: $\beta = \ln(RR_0^{-1}) / (T^{-1} - T_0^{-1})$, где коэффициент β и сопротивление термистора R_0 на термоэлектрическом охладителе определены в спецификации лазерного диода. Актуальный ток вычислялся по закону Ома и коэффициентам из документации лазерного драйвера. Коэффициент перевода напряжения в заданный ток был определен с помощью линейной аппроксимации тока на нагрузке, имитирующей термоэлектрический охладитель, от напряжения на лазерном драйвере. Корпус прибора был напечатан на 3D-принтере [3].

Схема стандартного кольцевого волоконного лазера с синхронизацией мод, осуществляемой за счет нелинейного вращения поляризации, представлена на рис. 2 [4, 5]. Блок накачки состоит из крепления Idmount-5a с лазерным диодом 1999chb, работающим на 980 нм, и драйверов Wavelength ldtc 2/2o. Изменение характеристик системы происходило при стабильной работе лазерной конфигурации в режиме гармонической синхронизации мод на частоте 679 МГц, что соответствует ~ 50-й гармонике фундаментальной частоты резонатора. Ширина линии генерации солитонного лазера составила 4,3 нм (рис. 3).

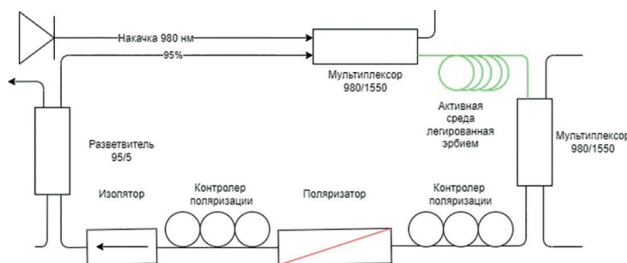


Рис. 2. Солитонный волоконный лазер на нелинейном вращении поляризации

Ширина линии генерации солитонного лазера составила 4,3 нм (рис. 3).

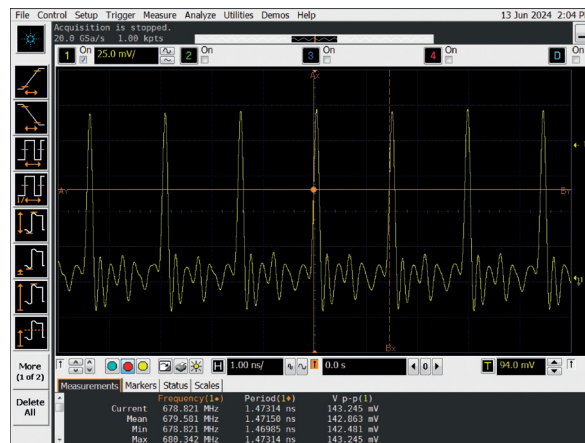


Рис. 3. Оптический спектр (слева) и осциллограмма следования импульсов (справа) на частоте 679 МГц

Показано, что для стабильной работы лазера необходимо поддержание высокой степени стабилизации температуры лазерного диода. В эксперименте отклонение от заданной температуры диода составляло не более 0,05 °С, от заданной величины тока — не более 0,005А.

Литература

1. Marhic M. E., Andrekson P. A., Petropoulos P. et al. Fiber optical parametric amplifiers in optical communication systems // Laser & Photonics Reviews. 2014. Vol. 9 (1). P. 50–74.
2. Rana K. P. S., Kumar V., Dagar A. K. et al. FPGA Implementation of Steinhart–Hart Equation for Accurate Thermistor Linearization // IEEE Sensors J. 2018. Vol. 18 (6). P. 2260–2267.
3. Tan H. W., Choong Y. C., Kuo C. N., Low H. Y., Chua C. K. 3D printed electronics: Processes, materials and future trends // Progress in Materials Science. 2022. Vol. 127. P. 100945.
4. Ribenek V. A., Stoliarov D. A., Korobko D. A., Fotiadi A. A. Pulse repetition rate tuning of a harmonically mode-locked ring fiber laser using resonant optical injection // Optics Letters. 2021. Vol. 46. P. 5687–5690.
5. Ribenek V. A., Itrin P. A., Korobko D. A., Fotiadi A. A. Double harmonic mode-locking in soliton fiber ring laser acquired through the resonant optoacoustic coupling // APL Photonics. 2024. Vol. 9.