

М.С. ВОРОБЕЙ, Т.И. КОЗЛОВА, К.Л. ГУБСКИЙ

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

## РАЗРАБОТКА ОДНОЧАСТОТНОГО ВОЛОКОННОГО ЭРБИЕВОГО ЛАЗЕРА

Создана в среде программирования python модель эволюции мощности излучения волоконного эрбиевого лазера с кольцевым резонатором. Собран лазер, измерены ватт-ваттные и спектральные зависимости, проведено сравнение расчетных и экспериментальных значений.

M.S. VOROBAY, T.I. KOZLOVA, K.L. GUBSKIY

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

## DEVELOPMENT OF A SINGLE-FREQUENCY FIBER ERBIUM LASER

A model of the evolution of the radiation power of an erbium fiber laser with a ring resonator has been created in the python programming environment. The laser was assembled, the watt-watt and spectral dependences were measured, and the calculated and experimental values were compared.

Одночастотные лазеры широко используются в оптической метрологии как мера длины [1], среди них наиболее распространенным является частотно-стабилизированный гелий-неоновый лазер. Однако его применение в многоканальных системах измерения ограничено выходной мощностью. Волоконный эрбиевый лазер, стабилизированный по частоте насыщенного поглощения в ячейке с ацетиленом, может снять это ограничение.

При разработке волоконного лазера требуется определение оптимальных характеристик составных частей, в частности длины активной среды, уровня накачки, длины насыщающегося поглотителя, коэффициента деления выводного ответвителя. Для этого в среде программирования python было проведено численное моделирование эволюции мощности излучения. На рисунке 1 приведена схема собранного лазера, в котором в качестве активной среды используется легированное ионами эрбия волокно. Система уравнений, описывающая работу лазера по трехуровневой схеме, может быть решена методом Рунге–Кутты 4-го порядка и методом стрельбы [2], который позволяет преобразовать краевую задачу в задачу Коши с начальными условиями.

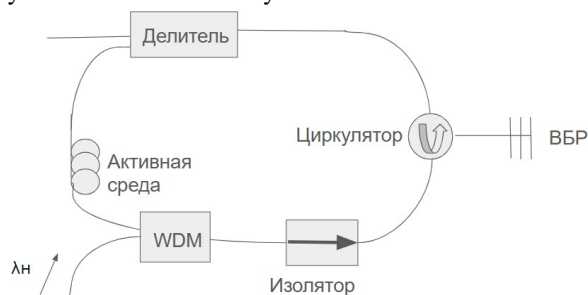


Рис. 1. Волоконный лазер с кольцевым резонатором: WDM – спектрально-селективный ответвитель, Активная среда – легированное эрбием волокно, Изолятор – поляризационно-нечувствительный оптический изолятор, Циркулятор – поляризационно-нечувствительный оптический циркулятор, ВБР – волоконная брэгговская решетка, Делитель – спектрально-нечувствительный ответвитель.

Согласно численной модели, оптимальная длина активной зоны составляет 3 м. При накачке излучением на длине волны 976 нм мощностью 500 мВт с выводным ответвителем 10:90 выходная мощность генерации на длине волны 1550 нм составила 85 мВт, непоглощенная накачка не превышала единицы мкВт. Для увеличения мощности генерации необходимо повышение эффективности ввода накачки в активную среду, для этого будет изготовлен и установлен в схему адаптер модового поля. При длине резонатора около 6 м частотный интервал составляет  $\Delta\nu \approx 17$  МГц. В спектр отражения однородной волоконной брэгговской решетки  $R = 99,9\%$  шириной 0,1 нм (12,5 ГГц) попадает более 700 продольных мод. Для их селекции в кольцевой резонатор перед ВБР был установлен ненакачиваемый эрбиевый насыщающийся поглотитель длиной 1 м с коэффициентом поглощения на длине волны генерации 80 дБ/м, что позволило снизить количество мод до 7. В дальнейшем будет изменена длина насыщающегося поглотителя для достижения одночастотного режима, а также реализована частотная стабилизация.

### Список литературы

1. Shixin Xue, Mingxiao Li, Pockels Laser Directly Driving Ultrafast Optical Metrology 9 Oct 2024.
2. Johan Meyer, Justice Sompou, and Suné von Solms, FIBER LASERS Fundamentals with MATLAB® Modelling, First edition published 2022.