

# Одномодовый волоконный лазер мощностью 2 кВт

**Д.В. Кулаков\***, А.В. Галеев, А.А. Колегов, А.В. Исаев, А.В. Загидулин

Российский Федеральный Ядерный Центр Всероссийский Научно-Исследовательский Институт  
Технической Физики имени академика Е.И. Забабахина  
«РФЯЦ-ВНИИТФ»

\*E-mail: [dimcool7@gmail.com](mailto:dimcool7@gmail.com)

DOI:10.31868/RFL2018.45-46

Представлены результаты сборки и экспериментального исследования одномодового волоконного иттербиевого лазера мощностью 2 кВт.

**Введение.** В современном мире большим спросом пользуются волоконные лазеры, которые имеют ряд преимуществ перед твердотельными и газовыми: компактность; высокий КПД; устойчивость к механическим воздействиям; надежность. Мощные одномодовые волоконные лазеры используются в научно-исследовательских целях, промышленности, медицине и в других отраслях.

В настоящее время в России отсутствует производство мощных волоконных лазеров. Следует отметить, что компания НТО «Ирэ-Полус» г. Фрязино, в которой налажено производство волоконных лазеров и систем является частью международной компании IPG Photonics, расположенной в США. В мире есть опыт по разработке волоконных лазеров с подобными характеристиками, в частности в Китае был собран макет волоконного лазера с оптической мощностью порядка 2 кВт и качеством излучения  $M^2$  не хуже 1.37. [1]. Поэтому важной задачей является разработка отечественного волоконного одномодового высокоомощного лазера с предельно высоким качеством излучения на собственной элементной базе.

В настоящей работе представлены параметры и схема одномодового волоконного иттербиевого лазера мощностью 2 кВт. Представлены результаты экспериментального исследования лазера.

**Общая схема лазера.** Лазер собран по схеме задающий генератор-усилитель. Общая блок-схема лазера представлена на рисунке 1.

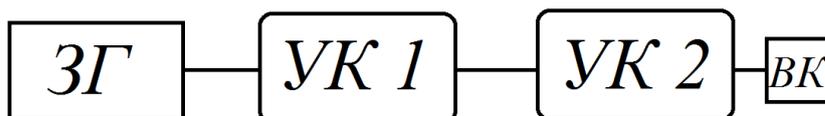


Рис. 1. Общая блок-схема лазера. ЗГ – задающий генератор; УК 1-2 – усилительный каскад первый и второй соответственно; ВК – волоконный кабель.

Схема лазера состоит из задающего генератора мощностью 118 Вт и двух каскадов усиления. Вывод излучения осуществляется с помощью волоконного кабеля с разъемом стандарта QВН.

**Задающий генератор.** Задающий генератор (ЗГ) представляет собой одномодовый волоконный лазер мощностью ~118 Вт. Роль зеркал резонатора выполняет пара брэгговских волоконных решеток (ВБР). В качестве активной среды используется оптическое волокно производства РФЯЦ-ВНИИТФ, легированное иттербием (Yb), с двойной оболочкой, при этом вторая оболочка имеет геометрию восьмигранника. Диаметр сердцевины волокна составляет 10 мкм, а числовая апертура – 0.08. Предотвращение распространения излучения в оболочке волокна на выходе ЗГ осуществляется с помощью волоконного фильтра оболочки.

Накачка активного волокна осуществляется модулями накачки с длиной волны 976 нм производства РФЯЦ-ВНИИТФ. Выходная мощность ЗГ составила 118 Вт, при этом эффективность «свет» в «свет» 67,5%. Длина волны излучения 1080 нм, ширина спектра на полувысоте (FWHM) 0,5 нм.

**Усилительные каскады и результаты сборки.** В усилительных каскадах используется активное волокно с двойной оболочкой, диаметром сердцевины 20 мкм и числовой апертурой 0.06. Ввод излучения накачки в усилительный каскад осуществляется с помощью объединителей накачки (каплеров) двух типов:

1. каплер 7x1;
2. каплер (6+1)x1.

Излучение задающего генератора в усилитель вводится с помощью адаптера поля моды. На выходе каждого усилителя установлен фильтр оболочки.

Одной из серьезных технологических проблем сборки мощного волоконного лазера являются теплонагруженные участки волокна, которые требуют дополнительного охлаждения и защиты. Одним из самых опасных участков является сварка между волокном объединителя накачки типа (6+1)x1 и активным волокном усилителя. Эта сварка обеспечивает ввод излучения накачки порядка 1.5 кВт, а сварка каплера со вторым каскадом усиления кроме того должна обеспечить распространения излучения сигнала порядка 1 кВт.

В результате сборки выходная оптическая мощность лазера составила 1970 Вт, при этом эффективность «свет в свет» ~67,5%.

Спектр лазерной генерации на максимальной мощности составил 1080 нм, полушириной ~3 нм. Помимо основной длины волны в спектре излучения присутствует компонента вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) с центральной длиной волны 1133,1 нм, полушириной ~ 6 нм. Доля ВКР в спектре излучения не более 20%. Уменьшение длины оптического тракта позволит увеличить порог возникновения ВКР в лазере [2].

**Заключение.** В ходе данной работы собран макет одномодового иттербиевого волоконного лазера с параметрами:

- мощность ~2 кВт;
- центральная длина волны излучения 1080нм;
- ширина линии излучения на полувысоте ~3 нм;
- одномодовый режим генерации;
- КПД «от розетки» ~23%.

По результатам экспериментальной отработки макета выявлены основные недостатки:

- возникновение ВКР вследствие большой длины оптического тракта;
- использование модулей накачки без стабилизации и сужения спектра излучения, что приводит к необходимости использовать большую длину активного волокна;
- использование двух каскадов усиления приводит к потерям излучения на каплерах и, соответственно, к снижению КПД.

Устранение данных недостатков позволит увеличить КПД лазера.

## Литература

- [1] W. Wenliang, H. Liangjin, L. Jinyong *Intek. Journal for Light and Electron Optics* **9**, (2015)
- [2] Smith R.G. *Appl. Opt.* **11**, 2489-2494, (1972).