

# Оптимизация волоконного ВКР-лазера на основе массива волоконных брэгговских решеток

М.И. Скворцов<sup>1,2</sup>, С.Р. Абдуллина<sup>1,\*</sup>, А.А. Власов<sup>1</sup>, Е.А. Евменова<sup>1</sup>,  
И.Д. Ватник<sup>1,2</sup>, Е.В. Подivilов<sup>1,2</sup>, С.А. Бабин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет

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

DOI:10.31868/RFL2018.102-103

Известно, что для генерации волоконных ВКР-лазеров может использоваться случайная распределенная обратная связь (СРОС), возникающая в световоде из-за рэлеевского рассеяния на естественных флуктуациях показателя преломления [1] либо его искусственно созданных модуляциях, таких как волоконная брэгговская решетка (ВБР) со случайными фазовыми сдвигами или массив ВБР, записанных через интервалы случайной длины. По сравнению со случайными ВКР-лазерами на рэлеевском рассеянии, применение случайных решёток позволяет значительно уменьшить длину резонатора и получить одночастотный режим генерации ВКР-лазера.

Первая реализация ВКР-лазера со случайной ВБР длиной 1 м [2] продемонстрировала возможность получения узкополосного излучения (470 кГц) вблизи порога генерации, но максимальная мощность (15 мВт) и эффективность (0.8%) такого лазера были очень низкими. В работе [3] нами предложена и реализована схема, основанная на массиве случайных ВБР, записанном в 13-метровом участке пассивного волокна с сохранением поляризации Fujikura SM98-PS-U25D (при общей длине волокна около 17 м). Массив состоял из 57 решеток длиной 4 см с одинаковой брэгговской длиной волны  $\sim 1092.3$  нм, но различными фазами и амплитудами. Расстояние между смежными решетками составляло около 19 см при точности позиционирования  $\sim 1$  мм, вследствие чего между решетками формировался случайный фазовый сдвиг. Экспозиция в процессе записи ВБР определялась скоростью транслятора, которая задавалась генератором случайных чисел так, что коэффициент отражения решеток варьировался в диапазоне 10-15%. В качестве источника накачки использовался непрерывный линейно-поляризованный лазер с длиной волны генерации 1045.2 нм мощностью до 16 Вт, пороговая мощность накачки составила 1.3 Вт. В работе получена более высокая эффективность (34%) и выходная мощность (5.7 Вт) по сравнению с результатами, продемонстрированными в [2], что стало возможным благодаря увеличению эффективной длины случайного лазера. Ширина линии генерации в припороговом режиме характеризовалась с помощью метода само-гетеродинамирования и составила менее 100 кГц при мощности генерации 12.5 мВт, а при максимальной мощности не превышала 80 пм, что гораздо меньше, чем в [2].

В данной работе исследовалась возможность оптимизации параметров СРОС ВКР-лазера описанного типа. Для этого проводилось численное моделирование выходных характеристик лазера с применением модифицированной модели ВКР-лазера со СРОС за счет рэлеевского рассеяния [4]. При этом в балансных уравнениях учитывалась убыль мощности стоксовых компонент за счет отражения, а коэффициент обратной связи рассчитывался в приближении, когда массив ВБР рассматривается как распределенный вдоль всего резонатора случайный отражатель. Расчет проводился для конфигурации, реализованной в работе [3], с вариацией длины лазера (числа решеток в массиве) и конфигураций с различны-

ми соотношениями между коэффициентом отражения единичной ВБР и расстоянием между смежными ВБР. Кроме того, для оценки порога генерации были получены аналитические выражения.

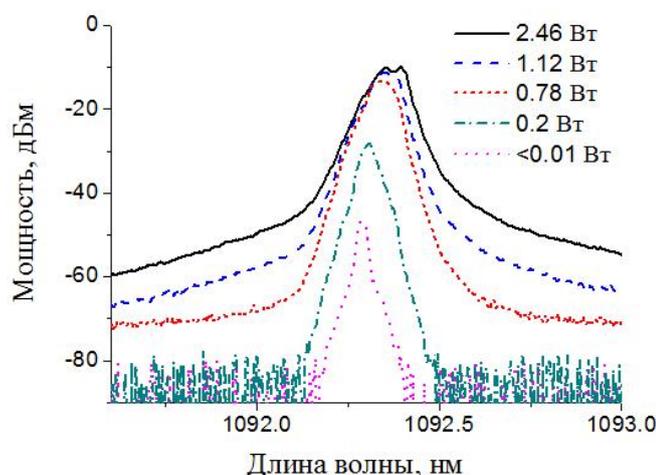


Рис. 1. Спектры генерации стоксовой компоненты при различных уровнях выходной мощности для ВКР-лазера длиной  $\approx 10$  м.

На Рис. 1 приведены спектры генерации стоксовой компоненты, распространяющейся в обратном по отношению к накачке направлении, измеренные с помощью спектроанализатора при различных уровнях мощности в случае, когда длина лазера, описанного в [3], составляет около 10 м. В этой конфигурации пороговая мощность накачки уменьшилась до 0.74 Вт, а выходная мощность составила около 2.5 Вт при мощности накачки 12.6 Вт. В припороговом режиме наблюдается одночастотный режим аналогично [3], ширина линии генерации при максимальной мощности (90 пм) также оказалась близка [3]. В докладе будет представлено исследование влияния параметров резонатора ВКР-лазера данного типа на его выходные характеристики, что дает возможность выбора оптимальной конфигурации. Также будут представлены результаты по генерации смещенной линии ( $\approx 1140$  нм) за счёт процесса четырехволнового смешения накачки и сигнала.

ВКР-лазер на основе массива ВБР благодаря узкой спектральной ширине и достаточно большой мощности может использоваться в сенсорных системах. Также его излучение можно эффективно преобразовать в видимую область спектра за счёт удвоения частоты в нелинейном кристалле или полингованном световоде. СРОС ВКР-лазер такого типа, реализованный в области 1.5 мкм может применяться в телекоммуникациях.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант 14-22-0118). Авторы выражают благодарность за предоставленное оборудование ЦКП «Спектроскопия и оптика» (<http://ckp-rf.ru/ckp/3046/>).

## Литература

- [1] Turitsyn S. K., Babin S.A. et al, *Nat. Photon.* **4**, 231-235 (2010).
- [2] Gagné M., Kashyap R., *Opt. Lett.* **39**, 2755-2758 (2014).
- [3] Скворцов М.И., Абдуллина С.П., Власов А.А. et al, *Квант. электроника* **47**, 696-700 (2017).
- [4] Vatnik I.D., Churkin D.V., Babin S.A. *Opt. Exp.* **20**, 28033-28038 (2012).