

# Динамика спектра динамических решеток в активной среде волоконного лазера с самосканированием частоты

И.А. Лобач<sup>1,2</sup>, Р.В. Дробышев<sup>1,\*</sup>, Е.В. Подивилов<sup>1,2</sup>, С.И. Каблуков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт автоматизации и электрометрии СО РАН

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет

\*E-mail: [r.drobyshev@mail.ru](mailto:r.drobyshev@mail.ru)

DOI:10.31868/RFL2018.59-60

Усиление и обратная связь определяют характеристики генерации в лазерных системах. Необычные лазерные характеристики наблюдаются, когда обратная связь в лазере в виде динамических решеток (ДР) показателя преломления и/или усиления формируется генерируемым излучением. В частности, было показано, что динамическая распределенная связь в волоконных лазерах приводит к регулярной динамике лазерной частоты – самосканированию частоты [1]. В подобных волоконных лазерах частота меняется скачкообразно между импульсами на частоту кратную частоте межмодовых биений резонатора. При этом каждый импульс может состоять из одной продольной моды [1]. Ранее свойства динамических решеток уже изучались. В частности, моделирование [2] и эксперимент [3] показывают, что ее коэффициент отражения может составлять ~20-30% и ~5-7% соответственно. Стоит отметить, что полученные ранее результаты по определению параметров ДР носят только оценочный характер. Данная работа посвящена как уточнению спектральных характеристик, так и получению временных характеристик ДР в волоконном лазере.

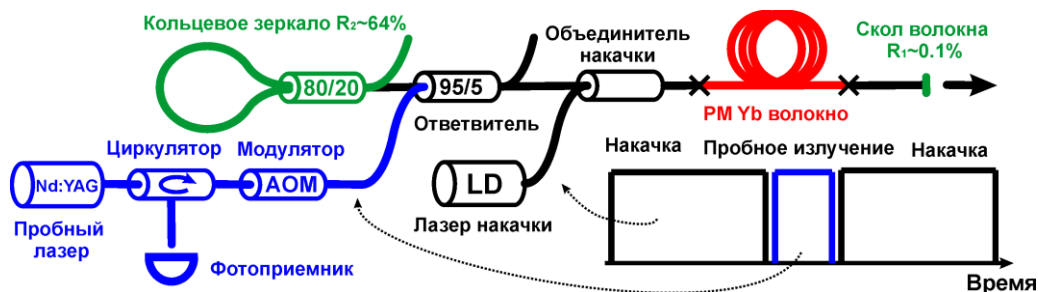


Рис. 1. Схема волоконного иттербиевого лазера и установки для измерения спектра отражения ДР.

Основная идея эксперимента заключается в измерении спектра ДР с помощью пробного перестраиваемого лазера в отсутствие накачивающего излучения. Ранее в работе [4] было показано, что уже сформированная ДР продолжает существовать даже в отсутствие накачивающего излучения до характерных времен ~1 мс в случае иттербиевой активной среды. ДР формировалась в работающем волоконном лазере с самосканированием частоты на основе иттербиевого волокна длиной 3 метра (Рис.1). Резонатор лазера был сформирован плотным кольцевым зеркалом и слабоотражающим торцом сколотого под малым углом волокна. В некоторый момент времени излучение накачки выключалось и включалось перестраиваемое по частоте (в диапазоне ~150 МГц) одночастотное пробное излучение. В эксперименте измерялась временная динамика интенсивности пробного излучения, отраженного от сформированной ДР. За время выключения накачки ~200 мкс перестройка частоты пробного излучения повторялась порядка 20 раз, учитывая оба

направления сканирования, по гармоническому закону с периодом 20 мкс. В случае, когда резонансная длина волны не совпадает с длиной волны пробного лазера наблюдается спадающий во времени уровень сигнала (Рис.2а), который соответствует отражению от резонатора волоконного лазера с усиливающей средой и слабым выходным зеркалом (Рис.1). Спад сигнала связан с уменьшением усиления сигнала в активной среде в отсутствии накачивающего излучения. При изменении длины волны генерации в лазере с самосканированием частоты, происходит также изменение длины волны отражения ДР. По этой причине, в некоторые моменты времени происходит согласование частот пробного лазера и ДР, приводящее к увеличению добротности резонатора волоконного лазера и уровня сигнала, отраженного от резонатора. Наблюдается серия спадающих узких пиков большей амплитуды (Рис.2б). В этом случае резкий спад интенсивности связан как с конечным временем жизни ДР, так и с уменьшением коэффициента усиления. По причине периодического характера перестройки частоты пробного лазера все пики соответствуют спектру отражения одной и той же ДР, но измеренному в разные моменты времени.

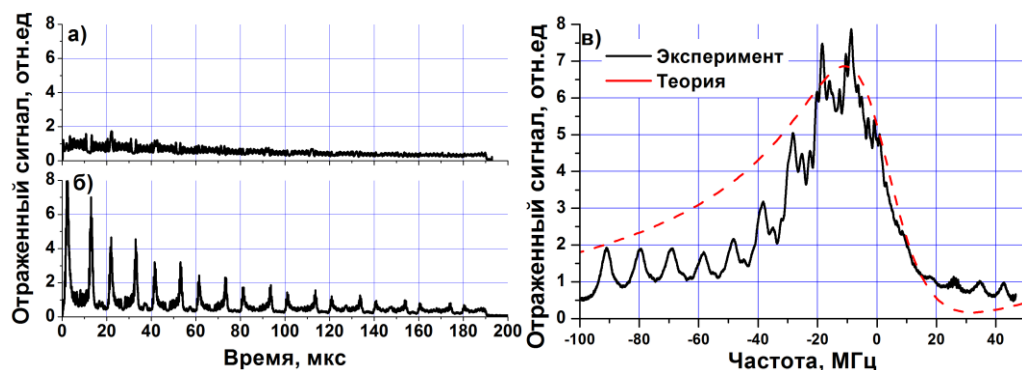


Рис.2. Временная динамика отраженного сигнала (а) вне и (б) в резонансе. Экспериментальный и теоретический спектр отражения динамической решетки сразу после выключения накачки.

Наибольший интерес представляет первый пик по причине наименьшего вклада процесса затухания в его амплитуду. Зная зависимость измерения частоты пробного излучения от времени, можно восстановить спектр отраженного сигнала (Рис.2в). Отраженный сигнал в резонансе нормировался на уровень сигнала вдали от резонанса, соответствующий известному коэффициенту отражения. Можно заметить, что в спектре наблюдается периодическая модуляция с периодом порядка 10 МГц, которая соответствует модовой структуре резонатора исследуемого лазера. Теоретический спектр отраженного сигнала без учёта влияния плотного зеркала волоконного лазера [3] также представлен на Рис.2б. Наилучшее согласие по амплитуде наблюдается при модуляции показателя ДР  $4.5 \cdot 10^{-8}$ , что в приближении однородной ДР соответствует коэффициенту отражения  $\sim 15\%$ . Более детальное описание эксперимента по измерению отражения ДР, а также результатов моделирования будет представлено в докладе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант 18-12-00243).

## Литература

- [1] I.A. Lobach, et al., *Laser Physics Letters*, **11**, 045103 (2014)
- [2] P. Peterka, et al., *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* **24**, 3, 902608 (2018)
- [3] I.A. Lobach, et al., *Optics Letters* **42**, 4207-4210 (2017)
- [4] R.V. Drobyshev, et al., 2016 International Conference Laser Optics, St. Petersburg, 2018, pp. R1-50, (2018)