

Новый механизм самосканирования частоты волоконного лазера на основе колебаний положения динамических решеток

Е.К. Каширина*, И.А. Лобач, С.И. Каблуков

Институт автоматики и электрометрии СО РАН

*E-mail: kashirinae.konst@gmail.com

DOI:10.31868/RFL.2024.32-33

Регулярная последовательность перескоков генерируемой моды получила название эффекта самоиндуцированного сканирования длины волны / оптической частоты (для краткости эффекта самосканирования). Такой процесс смены генерируемых мод можно представить в виде последовательной генерации модовых импульсов. Считается, что основным механизмом этого эффекта является формирование динамических решеток в легированных волокнах [1]. Несмотря на регулярную дискретность последовательных импульсов в частотном пространстве, они обладают не очень высокой регулярностью (периодичностью) во времени. Можно предположить, что этот результат является следствием влияния случайных неконтролируемых процессов (например, тепловых флуктуаций или звуковых колебаний) на лазерную генерацию. Как результат, этот недостаток усложняет применение подобных лазеров в ряде приложений.

В настоящей работе предлагается новый механизм самосканирования частоты в волоконных лазерах на основе механических осцилляций длины резонатора, которые позволяют улучшить стабильность периода следования импульсов. Мы предполагаем, что инициация момента каждого нового частотного скачка будет вызываться периодическим воздействием на положение динамических решеток (а значит и на их спектральные свойства). Для демонстрации механизма был выбран эрбиевый кольцевой волоконный лазер (Рис.1), конструкция которого была предложена нами в [2]. Изначально, без внешних воздействий лазер, работает в режиме непрерывной одночастотной генерации.

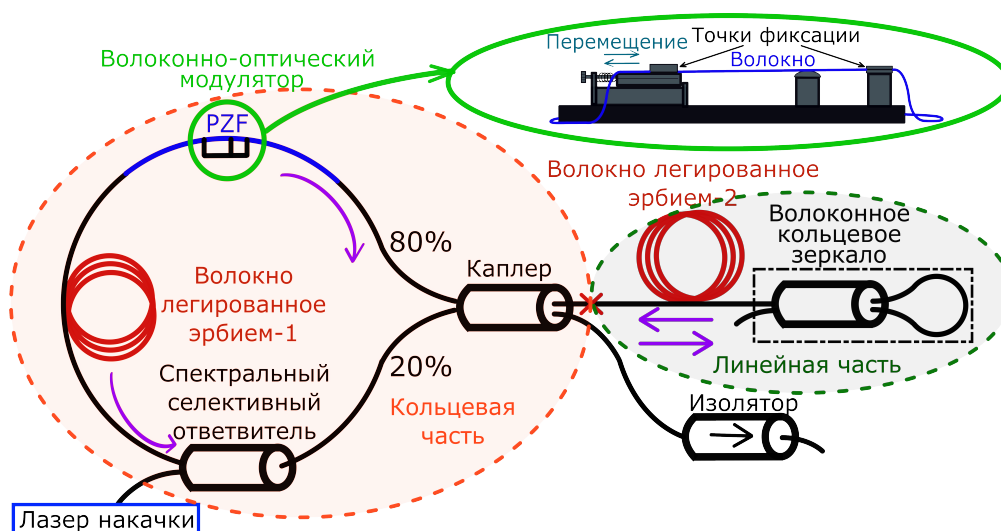


Рис. 1. Схема кольцевого эрбиевого самосканирующего лазера.

Для получения режима самосканирования требовалось оказать некоторое воздействие на отрезок поляризующего волокна PZF (HB1550Z, Fibercore).

Следует однако отметить, что в этот раз мы уделили большее внимание созданию контролируемого натяжения в отрезке этого волокна длиной 24 см с помощью микроподвижки (см. волоконно-оптический модулятор на Рис. 1). Здесь стоит отметить, что управление натяжением с помощью микроподвижки ещё не создает колебаний в резонаторе, а только изменяет резонансную частоту. Ключевым моментом в данном случае является не столько растяжение отрезка волокна, сколько создание механического резонатора. В ходе экспериментов механические колебания (вибрации) создавались некоторым устройством, расположенном на том же столе. В ходе экспериментов частота вибраций (~ 78 Гц) оставалась постоянной.

Оказалось, что при некотором натяжении, создаваемом с помощью микроподвижки лазер начинал работать в режиме самосканирования частоты. При длине волны накачки 1548 нм наибольший диапазон стабильной перестройки наблюдался при выходной мощности 4.5 мВт. Диапазон перестройки достигал 2.2 нм при скорости сканирования ~ 7 пм/с. Зависимость интенсивности генерации от времени представлена на Рис. 2а. Там видны характерные всплески интенсивности, соответствующие моментам смены моды генерации. Процесс смены генерируемой частоты регистрировался с помощью метода гетеродинамирования. Результат обработки сигнала гетеродинамирования представлен на Рис. 2б. Сравнение Рис. 2а и 2б подтверждает, что смена генерируемой моды происходит в момент появления всплеска интенсивности на Рис. 2а. При этом, величина скачка оптической частоты соответствует одной области свободной дисперсии резонатора (9.6 МГц). Видно, скачки происходят в одном направлении, что подтверждает получение режима самосканирования.

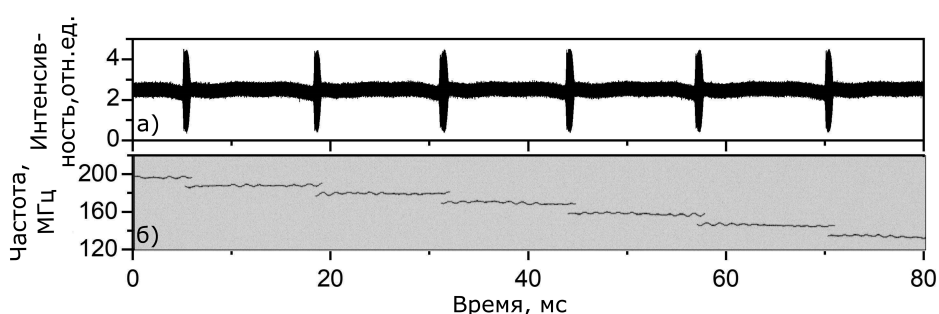


Рис. 2. Динамика интенсивности эрбиевого самосканирующего лазера (а); спектрограмма гетеродинного сигнала самосканирующего лазера (б).

Мы впервые экспериментально показываем, что использование механических вибраций отрезка пассивного волокна приводит к получению регулярной модовой динамики как в частотном, так и во временном пространствах. Данный подход позволил улучшить стабильность продолжительности одночастотной генерации в несколько раз по сравнению с аналогичной схемой, но без механических колебаний [2]. Подробное описание механизма смены мод и результатов экспериментов будет представлено в докладе.

Работа выполнена в рамках государственного задания, № рег. 1021062912374-2-1.3.6.

Литература

- [1] N.R. Poddubrovskii et al, *Photonics* **9**, 613 (2022)
- [2] E.K. Kashirina et al, *Photonics* **10**, 843 (2023)