

Одночастотный тулиевый лазер с широкополосным самосканированием частоты

А.Е. Бударных^{1,2}, А.Д. Владимирская^{1,3}, И.А. Лобач^{1,2,*}, С.И. Каблуков^{1,2}

¹Институт автоматики и электрометрии СО РАН

²Новосибирский государственный университет

³Новосибирский государственный технический университет

*E-mail: lobach@iae.nsk.su

DOI:10.31868/RFL2018.57-58

Лазеры с самоиндуцированным сканированием (или для простоты – с самосканированием) частоты генерации являются наиболее простым вариантом перестраиваемых лазерных источников [1], которым не требуется специальных элементов для перестройки и электрических драйверов. В основе работы самосканирующих лазеров является формирование динамических решеток показателя преломления и усиления в активной среде лазера [2]. Динамика спектра напрямую связана с динамикой интенсивности лазера – длина волны генерации меняется скачкообразно от импульса к импульсу на величину кратную частоте межмодовых биений резонатора. В то же время существуют схемы резонатора лазера [2], в которых реализуется режим одночастотного сканирования, когда каждый импульс состоит из одной продольной моды с шириной ~ 1 МГц. На данный момент самоиндуцированное сканирование уже продемонстрировано в разных спектральных диапазонах от 1 [1] до 2.1 мкм [3-4]. В случае реализации перестраиваемой генерации в области 2 мкм перспективно использование лазеров для диагностики поглощения парами воды и углекислого газа при анализе состояния атмосферы. Простота конструкции самосканирующих лазеров позволяет составить конкуренцию классическим перестраиваемым лазерам в ряде приложений (например, см. [5]), и можно ожидать аналогичной замены для лазеров с перестройкой в области 2 мкм. Однако, характеристики продемонстрированных ранее гольмиевых [3] и тулий-гольмиевых [4] лазеров с самосканированием частоты пока далеки от требуемых для практических приложений по причине неустойчивости режима сканирования [3] или нелинейного характера перестройки [4]. В данной работе был продемонстрирован самосканирующий тулиевый лазер с линейной поляризацией излучения и с рекордным диапазоном сканирования превышающим 22 нм в области 1.92 мкм. Главная особенность лазера заключается в генерации регулярных импульсов, каждый из которых состоит из одной продольной моды. Постоянный скачок частоты между импульсами ~ 8 МГц совместно с регулярной динамикой интенсивности обеспечивают высокую линейность перестройки частоты.

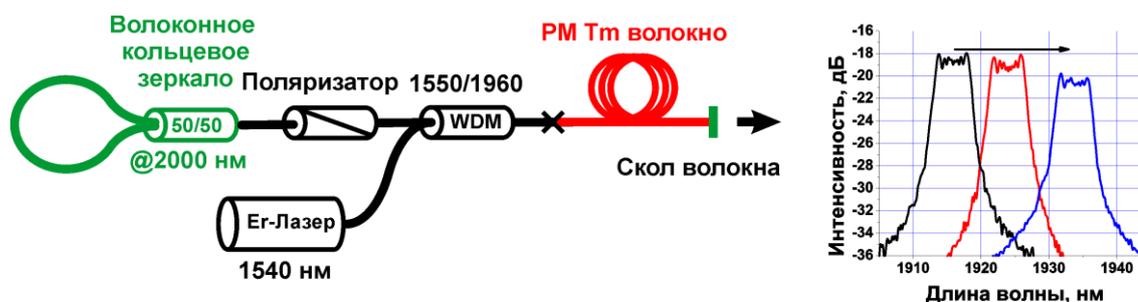


Рис. 1. Схема тулиевого лазера с самосканированием частоты и выходной спектр генерации, измеренный в различные моменты времени.

Схема тулиевого лазера с линейной поляризацией излучения и с самосканированием частоты представлена на Рис.1. Активное волокно с сохранением поляризации, легированное тулием (5 метров PM-TSF-9/125 Nufern) накачивалась через спектрально-селективный разветвитель 1550/1960 WDM эрбиевым волоконным лазером с длиной волны генерации 1540 нм и максимальной выходной мощностью ~ 1.5 Вт. Резонатор тулиевого лазера был сформирован плотным кольцевым зеркалом и торцом сколотого под прямым углом волокна с отражением Френеля $\sim 3\%$. Для получения одного поляризационного состояния излучения все компоненты лазера были выполнены из волокна с сохранением поляризации, а в схему добавлен волоконный поляризатор. Лазерная генерация начиналась при мощности накачки выше 300 мВт с дифференциальной эффективностью 44%. Режим самосканирования частоты в области 1.92 мкм (Рис. 1 и 2а) можно было наблюдать на оптическом анализаторе спектра (OSA203C, Thorlabs) вплоть до мощности накачки 1.3 Вт. Характерная динамика центра линии генерации представлена на Рис.2а. Можно заметить, что диапазон сканирования превышает 21 нм, а скорость сканирования достигает 10 нм/сек. Более детальное измерение диапазона сканирования было произведено с помощью волоконного интерферометра Маха-Цендера. Было установлено, что область сканирования увеличивается с ростом выходной мощности и может достигать 24 нм (Рис.2б). Динамика интенсивности состоит из регулярных микросекундных импульсов, а в радиочастотном спектре сигнала наблюдаются биения только на одной межмодовой частоте, возникающие в процессе генерации нового импульса самосканирующего лазера. Последние два результата свидетельствуют об одночастотности режима самосканирования частоты [2].

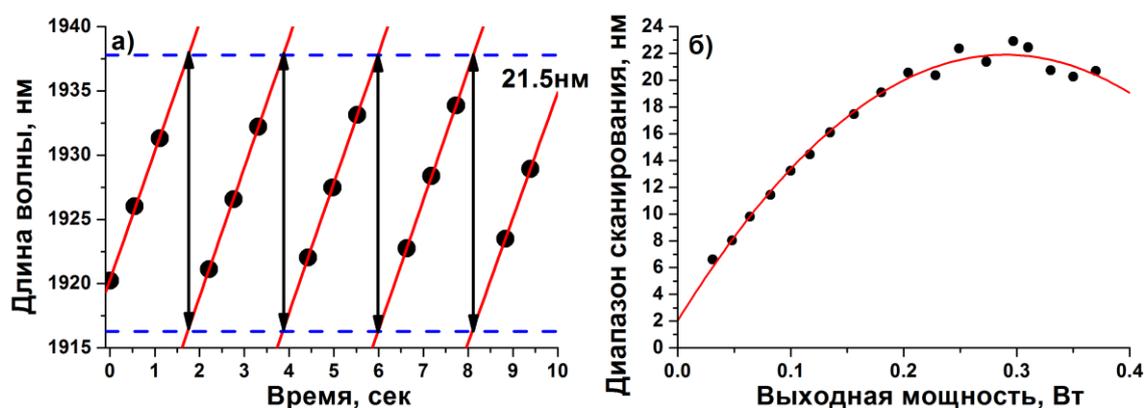


Рис. 2. (а) Характерная динамика длины волны. (б) Зависимость диапазона сканирования от выходной мощности и генерации.

Более детальное описание экспериментов по характеристике излучения реализованного источника, а также по демонстрации практического применения при регистрации спектра поглощения воды в атмосфере будет представлено в докладе.

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

Литература

- [1] I.A. Lobach et al, *Opt. Express*, **19**, 17632 (2011)
- [2] I.A. Lobach et al, *Laser Phys. Lett.*, **11**, 045103 (2014)
- [3] P. Navratil et al, *Opto-Electronics Review*, **26**, 29 (2018).
- [4] X. Wang et al, *Opt. Express* **21**, 16290 (2013).
- [5] A.Yu. Tkachenko et al, *Opt. Express* **25**, 17600 (2017)