

# Проблемы создания гибридного висмут-эрбиевого волоконного лазера

В.М. Парамонов\*, М.И. Беловолов, С.А. Васильев, М.М. Беловолов, Е.М. Дианов

*Научный центр волоконной оптики РАН*

*\*E-mail: [vparam@fo.gpi.ru](mailto:vparam@fo.gpi.ru)*

DOI:10.31868/RFL2018.49-50

Данная работа суммирует на настоящий момент времени экспериментальный опыт и данные по реализации волоконных лазеров в НЦВО РАН на основе световодов, легированных висмутом, генерирующих в области максимумов основных полос люминесценции около 1,4 мкм и 1,7 мкм, а также известные данные по эрбиевым волоконным лазерам около длин волн 1,55 мкм, с целью создания волоконной конструкции или единой волоконной среды с солегированием Vi-Er, которая позволила бы реализовать эффективную лазерную генерацию в широкой полосе непрерывной перестройки от 1,3 мкм до 1,8 мкм в одной конструкции прибора, желательна без пропусков диапазонов длин волн и выровненной амплитудной характеристикой мощности генерации. Создание такого широко перестраиваемого лазера может быть полезным для новых применений в волоконном приборостроении, при опросе многих волоконных датчиков с мультиплексированием по длинам волн, в медицине и др. Предполагается, что при решении проблем широко перестраиваемого волоконного лазера будут созданы одномодовые волоконные световоды с оптимальными концентрациями активных солегирующих примесей, подобраны и оптимизированы все основные элементы волоконных лазерных схем, волоконные мультиплексоры, длины волн накачки, фильтрации и селекции, а также волоконных устройств ввода-вывода сигналов для реализации широкополосного усиления DWDM- сигналов для систем коммуникаций.

К настоящему времени хотя и имеются данные по реализации оптического усиления и лазерной генерации в широком диапазоне длин волн от 1.1 до 1.8 мкм, разработаны и исследованы схемы непрерывно перестраиваемых висмутовых волоконных лазеров в отдельных полосах длин волн генерации 1366 – 1507 нм [1] и 1654 – 1794 нм [2]. Созданы и испытаны первые висмутовые волоконно-оптические усилители для спектральной области 1600 – 1800 нм [3]. Между указанными диапазонами располагается полоса оптической активности ионов Er<sup>3+</sup> около 1,55 мкм, которая рассматривается как полоса для «сшивки» спектров в единую широкую полосу перестройки лазерной генерации. В качестве спектрально селективного устройства для перестройки по длинам волн и вывода мощности генерации используется голографическая дифракционная решетка на поворотном столике с приводом, а для выравнивания выходных сигналов по амплитуде используются длиннопериодные волоконные решетки. Полоса оптической активности висмута в кварцевом стекле оптического волокна в зависимости от добавок примеси алюминия, фосфора или германия допускает ощутимые смещения краев полос, что в сочетании с уровнем накачки позволяет несколько смещать края рабочих диапазонов длин волн генерации и оптического усиления и может быть использовано для сопряжения схем по диапазонам рабочих длин волн генерации.

На данном этапе мы допускаем разную реализацию волоконных схем висмутовых и эрбиевых волоконных широко-перестраиваемых лазеров,

работающих отдельно по диапазонам длин волн, которые могут быть объединены в гибридную конструкцию.

На рисунках 1 и 2 показаны разработанные и исследованные в работах [1] и [2] схемы непрерывно перестраиваемых висмутовых лазеров в диапазонах 1,35 – 1,51 мкм и 1,65–1,80 мкм, соответственно.

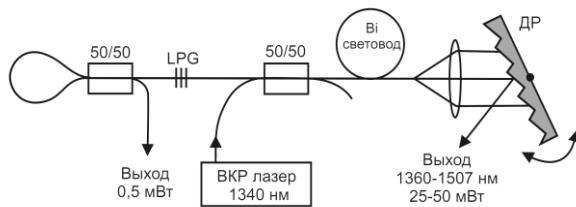


Рис.1. Схема непрерывно перестраиваемого висмутового волоконного лазера для диапазона длин волн 1,36 – 1,51 мкм.

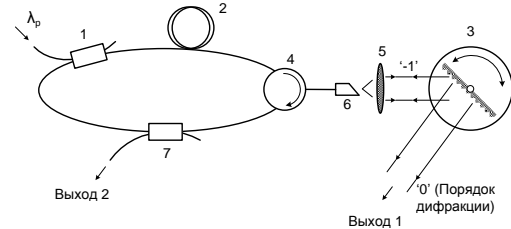


Рис.2. Схема непрерывно перестраиваемого висмутового волоконного лазера кольцевой геометрии для диапазона длин волн 1,65 – 1,8 мкм.

Для работы параллельной схемы разделения и объединения надо будет применять волоконно-оптические спектральные мультиплексоры и демультимплексоры, что увеличит габариты всего устройства. В этой связи возникает задача разработки и исследования одного волоконного световода, солегированного ионами эрбия  $\text{Er}^{3+}$  и активных центров висмута.

На рис.3 приведены возможные схемы комбинированных волоконных систем для оптического усиления и лазерной генерации. На рис.4 показаны спектры люминесценции образца одномодового волоконного световода, солегированного ионами  $\text{Er}^{3+}$  и активными висмутовыми центрами, при разных уровнях накачки при наблюдении люминесценции назад.

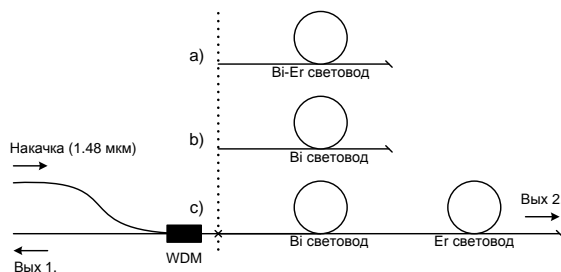


Рис.3. Возможные схемы комбинированных Vi-Er волоконных систем для лазеров.

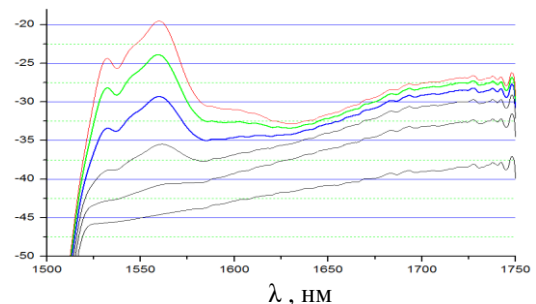


Рис.4. Комбинированный спектр люминесценции солегированного Vi-Er одномодового волокна при разных мощностях накачки от 100 мВт до 250 мВт на 1,48 мкм.

Рисунки 3 и 4 частично поясняют, что главными проблемами при создании комбинированных висмут-эрбиевых лазеров будут являться подбор и оптимизация составов матриц кварцевого стекла одномодовой сердцевины волокна для сопряжения рабочих спектральных диапазонов, уровня легирования активными примесями и топологии волоконной схемы лазера с разделением активных участков и направления ввода излучения накачки.

## Литература

- [1] М.Парамонов, М.И.Беловолов, и др., *Квантовая электроника*, **46**, 1068 – 1093 (2016)
- [2] В.М.Парамонов, С.А.Васильев, и др., *Квантовая электроника*, **47**, 1091 – 1070 (2017)
- [3] С.В.Фирстов, С.А.Алышев и др., *Квантовая электроника*, **45**, 1083-1085 (20015)