

# Анизотропный световод типа «Панда» с фосфорогерманосиликатной сердцевиной, легированной висмутом

В.В. Вельмискин<sup>1,\*</sup>, А.Н. Денисов<sup>1</sup>, К.Е. Рюмкин<sup>1</sup>, С.В. Фирстов<sup>1</sup>, А.М. Хегай<sup>1</sup>,  
М.А. Мелькумов<sup>1</sup>, Ф.В. Афанасьев<sup>2</sup>, Е.М. Дианов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научный центр волоконной оптики РАН

<sup>2</sup>Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Десятых РАН

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

DOI:10.31868/RFL2018.104-105

В данной работе разработан и изготовлен активный анизотропный световод типа «Панда» с фосфорогерманосиликатной сердцевиной, легированной висмутом, представлены основные волноводные и усилительные характеристики и определены области применения.

Легирование фосфоросиликатной матрицы стекла висмутом приводит к формированию активных центров, ответственных за люминесценцию и усиление в области 1,3 мкм [1]. На световодах с такой сердцевиной было реализовано большое количество лазерных устройств включая непосредственно импульсные и непрерывные лазеры, оптические усилители и суперлюминесцентные волоконные источники излучения [2]. Для расширения сферы применения такой активной среды и проведения дополнительных исследований перспективно изготовление анизотропных активных световодов.

Наиболее оптимальным способом изготовления активного анизотропного световода, легированного висмутом, в нашем случае является технология «Панда» [3]. Материнская заготовка световода была изготовлена методом MCVD, разница показателей преломления сердцевины и оболочки  $\Delta n = 5,5 \times 10^{-3}$ , концентрация висмута в сердцевине менее 0,1 мас.%. Заготовка была перетянута до 11,5 мм для изготовления сборки, в ней были просверлены отверстия на расстоянии 2,6 мм от центра с диаметром 3,7 мм. В данные отверстия были вставлены стержни из боросиликатного стекла, затем была сплавлена общая заготовка и вытянут волоконный световод.

Фотография торца вытянутого световода представлена на Рис. 1(а). Были измерены анизотропные характеристики световода, разность показателей преломления для перпендикулярных мод составила  $\approx 10^{-4}$ , что сопоставимо с параметрами коммерческих активных анизотропных световодов.

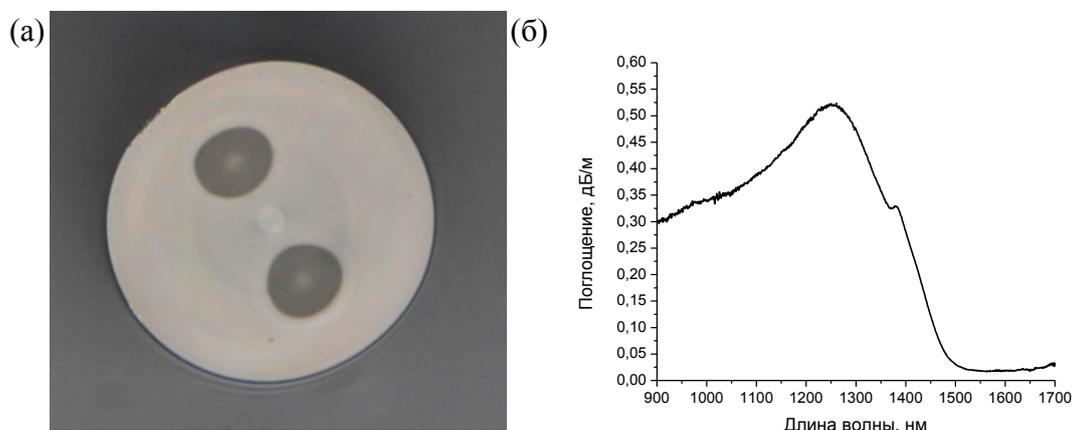


Рис.1. Фотография торца (а) и спектр поглощения (б) световода.

Спектр поглощения световода представлен на Рис.1(б). Поглощение на длине 1240 нм составляет 0,52 дБ/м и является типичным для эффективных активных фосфоросиликатных световодов, легированных висмутом.

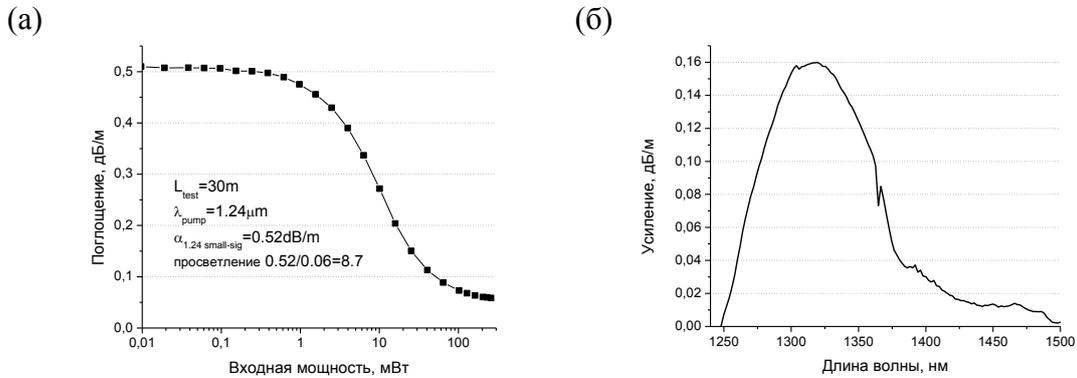


Рис.2. Просветление (а) и спектр усиления (б) световода.

В световоде было измерено просветление сигнала на длине волны накачки 1240 нм (Рис. 2(а)). Поглощение большого сигнала составляет 0,06 дБ/м при малом 0,52 дБ/м. Таким образом световод просветляется в 8,7 раз, что является приемлемым для световодов такого типа. Спектр усиления световода (Рис. 2(б)) также сопоставим с типичными спектрами усиления изотропных висмутовых световодов. Таким образом введение стержней и наведение анизотропии не ухудшило оптические и усилительные свойства световода.

Такой активный световод незаменим в волоконно-оптических лазерах с синхронизацией мод и в любых специализированных применениях, требующих активную среду с поддержкой распространения определенной поляризации, он будет использован для изготовления лазерных устройств в последующих работах. Также на данном световоде планируется проведение исследований влияния поляризации накачки и сигнала на усиление, данные исследования будут полезны как с фундаментальной точки зрения, поскольку позволят получить новые знания о висмутовых центрах, так и с практической, поскольку важны при проектировании лазерных устройств.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00927.

## Литература

- [1] S.V. Firstov, I.A. Bufetov et al., *Laser Physics Letters*, **6**, 665–670 (2009)
- [2] I. A. Bufetov, M. A. Melkumov et al., *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, **20**, 111 (2014)
- [3] J. Noda, K. Okamoto et al., *J. Lightwave Technol.*, **4**, 1071 (1986)