

Yb-волоконные лазеры, излучающие в спектральном диапазоне около 0.98 мкм

С.С. Алешкина*, М.Е. Лихачев

*Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН
Научный центр волоконной оптики им. Е.М. Дианова*

**E-mail: sv_alesh@fo.gpi.ru*

DOI: 10.31868/RFL2020.47-48

Интерес к Yb-волоконным одномодовым лазерам на 0.98 мкм в первую очередь обусловлен перспективами использования таких источников в качестве волоконных аналогов газовым лазерам на аргоне и криптоне (путем удвоения и учетверения длины волны излучения). Кроме того, Yb-лазеры на 0.98 мкм могут быть использованы в качестве источников одномодовой накачки Er- и Yb-лазеров и усилителей.

В то же время высокие пороги генерации (являющиеся следствием работы Yb по трехуровневой лазерной схеме), большая доля непоглощенной накачки (и, как следствие, низкая эффективность), обусловленная необходимостью сокращения длины активного световода для подавления генерации в спектральной области более 1 мкм, делают Yb-лазеры на основе стандартных волоконных световодов непривлекательными с практической точки зрения. Использование конструкций специальных волоконных световодов позволяет преодолеть эти ограничения и реализовать источники не только непрерывного, но и импульсного излучения.

Так, к настоящему моменту существует несколько подходов увеличения эффективности Yb-лазеров на 0.98 мкм. Первый из них связан с увеличением области легирования относительно области распространения излучения накачки. Частным случаем этого метода выступает использование схем с одномодовой накачкой по сердцевине [1-2]. Однако в силу отсутствия мощных коммерчески доступных одномодовых диодов накачки и в силу сложности реализации волоконных схем лазеров на длинах волн накачки этот подход не получил широкого распространения. Наилучшие результаты по генерации излучения на 0.98 мкм получены при использовании схем с многомодовой накачкой и световодов с двойной отражающей оболочкой, соответственно. С целью увеличения скорости поглощения излучения накачки при сохранении одномодового режима распространения в световодах с двойной отражающей оболочкой применяются следующие методики: методика увеличения размера легированной Yb сердцевины и одновременное уменьшение апертуры сердцевины [3-6], методика использования конусных волоконных световодов [7-8], а так же методика уменьшения размера кварцевой оболочки [9]. Еще одним способом реализации мощных источников лазерного излучения на 0.98 мкм является применение в схеме лазера конструкции световода с избыточными потерями на длинах волн более 1 мкм. Так в [10] была предложена и реализована конструкция световода с фотонной запрещенной зоной, сердцевина которого обеспечивала эффективную локализацию моды на длине волны около 0.98 мкм и не обладала волноводными свойствами в спектральной области нежелательного излучения Yb (более 1 мкм).

Задача создания импульсных Yb-лазеров накладывает дополнительные условия и ограничения для генерации излучения на 0.98 мкм. Сильная обратная связь ужесточает требования эффективности подавления излучения в области

длин волн более 1 мкм и требования увеличения скорости поглощения накачки. Кроме того, использование в схемах световодов с увеличенным размером сердцевины приводит к невозможности реализации полностью волоконных схем лазера. В связи с этим недавно была разработана конструкция специального Yb-волоконного световода с легированной оболочкой [11]. Сопоставимость волноводных параметров сердцевины и оболочки световода с параметрами коммерчески доступных волоконных световодов позволило впервые реализовать полностью волоконную РМ-схему Yb-лазера пикосекундной длительности [12], а так же полностью волоконную схему лазера, поставяющего импульсы, которые могут быть сжаты до фемтосекундной [13] длительности.

Литература

- [1] M. Laroche, C. Bartolacci et.al, in *Advances in Optical Materials*, OSA Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2011), ATuB9 (2011)
- [2] L.B. Fu, M. Ibsen et al, in *IEEE Photonics Technology Letters* **16**(11), 2442-2444 (2004)
- [3] S.S. Aleshkina, M.E. Likhachev et.al, *Proc. SPIE* **9728**, 97281C(2016)
- [4] J. Bouillet, Y. Zaouter et.al, *Opt. Exp.* **16**(22), 17891–17902 (2008)
- [5] F. Röser, C. Jauregui et.al, *Opt. Exp.* **16**(22), 17310–17318 (2008)
- [6] N. Valero, C. Feral et.al, *Opt. Lett.* **45**, 1495-1498 (2020)
- [7] M. Leich, M. Jäger et.al, *Laser Phys. Lett.* **11**(4), 045102 (2014)
- [8] S.S. Aleshkina, A.E. Levchenko et al., in *IEEE Photonics Technology Letters* **30**(1), 127-130 (2018)
- [9] L. Kotov, V. Temyanko et.al, *Opt. Lett.*, to be published
- [10] W. Li, T. Matniyaz et.al, *Opt. Express* **27**, 24972 (2019).
- [11] S.S. Aleshkina, D.S. Lipatov et.al, *Quantum Electron.* **49**, 919 (2019)
- [12] S.S. Aleshkina, A. Fedotov et.al, *Opt. Lett.* **45**, 2275-2278 (2020)
- [13] S.S. Aleshkina, D.S. Lipatov et.al, in *IEEE Photonics Technology Letters* **32**(13), 811-814 (2020)