

Одномодовая накачка мощного усилителя одномодового непрерывного узкополосного излучения на маломодовом активном иттербиевом волокне как метод повышения порога модовой нестабильности

А.А. Сурин^{1,*}, И.В. Шебаршина², А.А. Мольков^{1,2}, К.Ю. Прусаков^{1,2}

¹НТО "ИРЭ-Полус", Фрязино

²Московский Физико-Технический Институт (ГУ), Москва

*E-mail: aSurin@ntoire-polus.ru

DOI: 10.31868/RFL2020.55-56

Источники непрерывного лазерного излучения (ИК и видимого диапазона) с узкой спектральной линией ($\ll 1$ ГГц) широко востребованы в различных прикладных задачах и фундаментальных исследованиях, таких как, например, голография, медицина или спектроскопия. Также источники мощного (> 10 Вт) линейно-поляризованного узкополосного излучения ИК диапазона представляют особый интерес как источники накачки для получения излучения видимого диапазона в процессе нелинейно-оптического преобразовании излучения в кристаллах с периодической доменной структурой.

Для получения мощного узкополосного линейно-поляризованного излучения на практике используется МОР-схема (Master Oscillator Power Amplifier: задающий лазер + усилитель) [1]. В этом случае маломощное (~ 100 мВт) излучение задающего узкополосного лазера (например, полупроводникового лазера) усиливается в активном волокне. Одной из наиболее распространённых сред для получения излучения в области 1 мкм является активное волокно, легированное ионами иттербия. Когда речь идёт об усилении узкополосного сигнала в волоконном усилителе, то усиление происходит, как правило, в нескольких усилительных каскадах, разделённых оптическими изоляторами [2], с целью не допустить усиления спонтанного излучения в обратном направлении, а также повысить порог возникновения вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ), который зависит от суммарной длины оптического тракта и интенсивности излучения. Чтобы сократить длину волокна и увеличить площадь моды, сохранив при этом величину усиления, необходимы изменения геометрии активного волокна, и это приведёт к тому, что активное волокно перестанет быть одномодовым, а станет маломодовым. Усиление узкополосного сигнала в маломодовых активных волокнах ограничено, в свою очередь, возникновением такого явления, как модовая нестабильность (МН) [3].

В данной работе развивается подход для повышения порога МН, предложенный в [4], для получения узкополосного (< 100 МГц) излучения на 1064 нм путём усиления слабого узкополосного сигнала в усилителе на маломодовом активном волокне, легированном ионами иттербия. На рисунке 1 представлена оптическая схема эксперимента. В качестве активной среды использовалось маломодовое активное волокно, легированное ионами Yb^{3+} , с концентрацией активных ионов 5400 ppm и диаметром моды 10,5 мкм, разваренное согласованным по моде пассивным волокном. На свободном конце выходного сигнального волокна был сделан косой скол для снижения обратных отражений (понижения порога ВРМБ и предотвращения паразитной генерации). Весь оптический тракт собран на волокнах, поддерживающих поляризацию.

В качестве задающего источника линейно-поляризованного излучения 1064 нм был использован полупроводниковый лазерный диод, мощность которого составляла ~ 200 мВт. В качестве источника накачки использовался непрерывный мощный линейно поляризованный одномодовый лазер, излучающий на 1030 нм, разработки НТО «ИРЭ-Полус». Излучение задающего лазера и лазера накачки объединяется с помощью волоконного объединителя WDM (Wave Division Multiplexor).

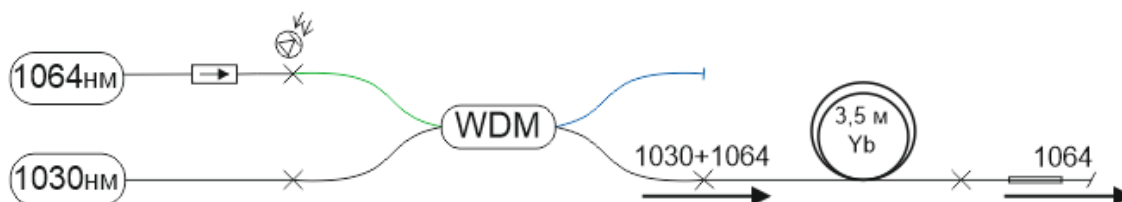


Рис. 1. Оптическая схема усилителя узкополосного излучения на длине волны 1064 нм.

В данной схеме было получено до 50 Вт линейно-поляризованного, одномодового излучения на длине волны 1064 нм с дифференциальной эффективностью 80%. При этом МН не возникала, что говорит об увеличении порога данного эффекта более, чем на порядок, по сравнению с использованием многомодовой диодной накачки усилителя на длине волны 975 нм, где порог МН достигался уже при выходной мощности менее 1 Вт. Дальнейшее повышение выходной мощности в представленной оптической схеме ограничивается возрастанием обратного сигнала, которое обусловлено возникновением в схеме ВРМБ.

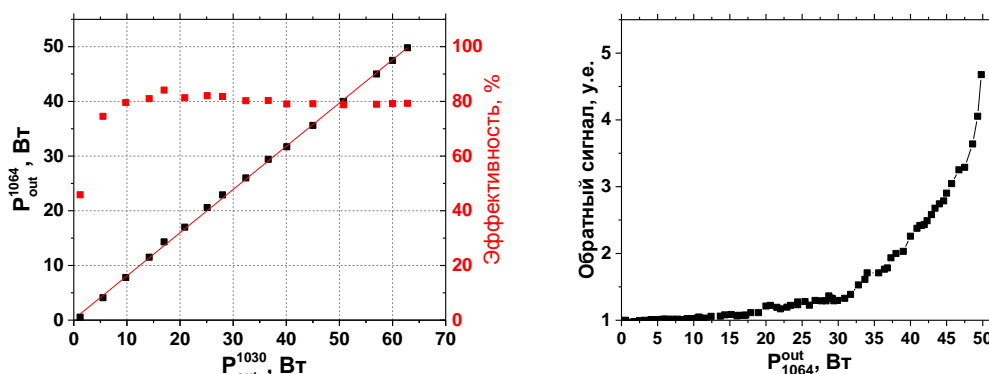


Рис. 2. Зависимость полученной выходной мощности излучения на длине волны 1064 нм и эффективность преобразования в зависимости от мощности одномодовой накачки на 1030 нм (слева); возрастание обратного сигнала в зависимости от выходной мощности (справа).

Авторы выражают благодарность руководству НТО «ИРЭ-Полус» за поддержку данных исследований.

Литература

- [1] J. Li, S. H. Yang et al, *Laser Phys.* **20**, 1806–1809 (2010)
- [2] L. Zhang, S. Cui et al, *Opt. Express* **21**, 5456 (2013)
- [3] M. Kuznetsov, O. Vershinin et al, *Opt. Express* **22**, 29714 (2014)
- [4] A. A. Surin, A. A. Molkov et al, *Quantum Electron.* **48**, 1095–1098 (2018)