

**Кинетика формы пучка излучения активного иттербиевого волокна при модовой нестабильности**

Д.А. Алексеев<sup>1,2</sup>, В.А. Тыртышный<sup>1</sup>, О.И. Вершинин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> НТО «ИРЭ-Полюс»

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

При увеличении выходной мощности одномодового излучения в волоконных усилителях проявляется эффект модовой нестабильности (МН). Он представляет собой возбуждение и усиление высших мод в активном волокне при достижении некоторого порогового уровня выходной мощности. При этом происходит резкое ухудшение качества выходного пучка излучения из активного волокна, что не позволяет использовать это излучение в конкретных практических целях.

Поиск способов борьбы с МН является актуальной задачей. Всестороннее экспериментальное исследование эффекта могло бы в этом помочь. Одним из направлений является изучение пучка выходного излучения при МН. Экспериментальные работы в данной области говорят о колебаниях формы пучка выходного излучения усилителя с частотой порядка 1 кГц. В [1] обнаружено, что при МН преимущественно возбуждается высшая мода LP<sub>11</sub>. Измеренная кинетика модового состава выходного излучения показала, что за время порядка 1 мс происходит существенное перераспределение мощности между основной модой LP<sub>01</sub> и высшей модой LP<sub>11</sub>. В [2] обнаружено, что при меньших выходных мощностях усилителя колебания выходного пучка излучения обладают периодичностью, а при больших мощностях становятся хаотичными. Проводимые исследования в основном ограничиваются так называемыми активными LMA волокнами, имеющими большой размер основной моды.

В данной работе исследовалась кинетика выходного пучка усилителя на активном иттербиевом волокне с малым диаметром сердцевины (10 мкм) при МН.

Визуализация выходного излучения из активного волокна показала возбуждение высшей моды LP<sub>11</sub> при МН (рис. 1а). Для исследования кинетики выходного излучения часть пучка диафрагмировалась сканирующим волокном, другой конец которого направлялся на фотоприемник. Сигнал на фотоприемнике наблюдался посредством осциллографа. Определялся частотный спектр сигнала. При небольшом превышении выходной мощности относительно порога МН в спектре наблюдалась одна ярко выделенная частота, соответствовавшая частоте колебаний пучка излучения (рис. 1б). При изменении положения сканирующего волокна частота колебаний не изменялась. Обнаружен рост частоты колебаний с увеличением выходной мощности усилителя (рис. 2а). При дальнейшем увеличении выходной мощности в спектре сигнала сначала появлялся набор дополнительных гармоник (рис. 2б), а затем периодичность сигнала исчезала полностью.

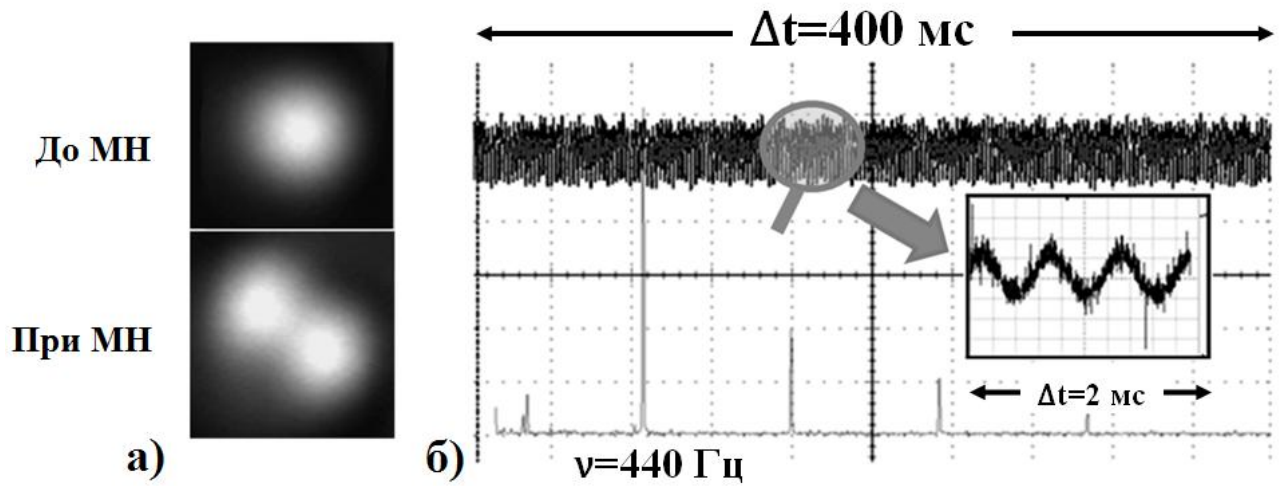


Рис. 1. а) Фотографии пучка выходного излучения активного волокна б) колебания пучка выходного излучения при МН и их частотный спектр

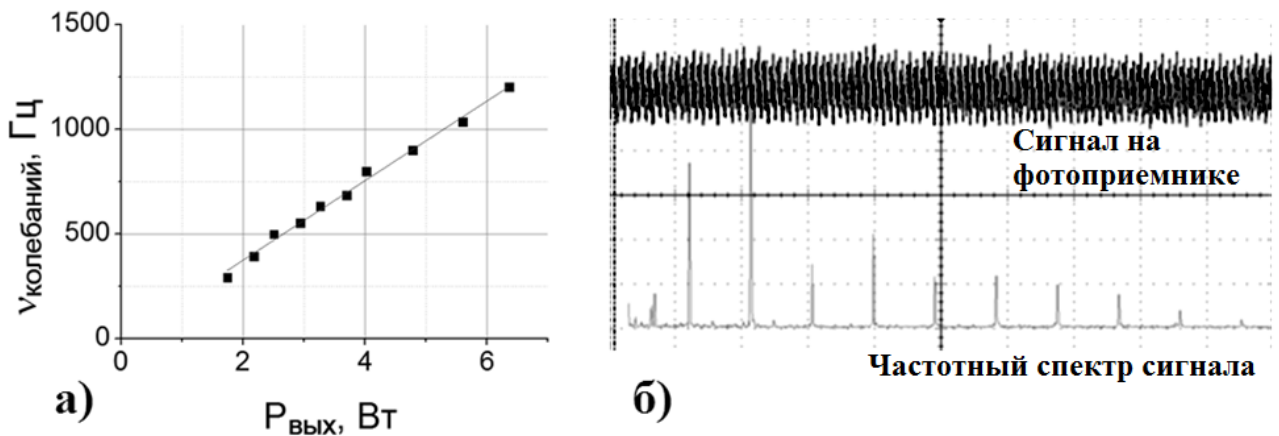


Рис. 2. а) Частота колебаний пучка излучения от выходной мощности усилителя б) ухудшение периодичности колебаний при дальнейшем увеличении выходной мощности

#### Литература

1. *Stutzki F. [et al.]* High-speed modal decomposition of mode instabilities in high-power fiber lasers. - Optics letters. – 2011. - Vol. 36. – № 23. - P. 4572-4574.
2. *Otto H. [et al.]* Temporal dynamics of mode instabilities in high-power fiber lasers and amplifiers. - Optics express. – 2012. - Vol. 20. – № 14. – P. 15710-15722.