

**Контактный метод измерения температуры полимерной оболочки активного волокна**

В. Е. Сьпин<sup>1,2</sup>, К. Ю. Прусаков<sup>1,2</sup>, О. А. Рябушкин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Научно-техническое объединение «ИРЭ-Полус»

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

Выходная мощность современных волоконных лазеров на сегодняшний день может достигать в непрерывном режиме генерации 10 кВт в случае одномодового излучения и 100 кВт в случае многомодового излучения. Увеличение мощности излучения волоконного лазера сопровождается усилением разогрева активной среды. Основной причиной нагрева активного световода является квантовый дефект – разность энергии квантов накачки и генерируемого лазерного излучения, которая преобразуется в тепловую энергию. Нагрев волокна происходит также вследствие пассивных потерь излучения накачки и генерируемого излучения и различных безызлучательных процессов.

Нагрев активного волокна приводит к изменению сечений поглощения и люминесценции активных ионов, что влечет за собой изменение параметров работы лазера: уменьшение выходной мощности излучения, изменение длины волны генерации, увеличение порога генерации. Усиленный разогрев волокна также приводит к изменению волноведущих свойств волокна, что влечет за собой изменение модового состава излучения, а также к деградации защитной полимерной оболочки волокна. Таким образом, температурный контроль является важной задачей для создания источников мощного лазерного излучения.

В работе предложен новый способ измерения температуры полимера активного волокна в условиях генерации или усиления лазерного излучения. Экспериментальная установка представлена на рис 1. Иттербиевый волоконный лазер включался в режиме свободной генерации. В качестве активного световода в данной работе использовалось волокно типа DSCCP (Distributed Side-Coupled Cladding-Pumped) или, другими словами, GTWave волокно [1]. Вокруг полимерной оболочки активного волокна в виде отдельных отрезков намотана тонкая металлическая проволока. На рис. 1а схематично представлен участок активного волокна с проволокой, где 1 - волокно с жилой, легированной ионами иттербия, 2 - волокно для многомодовой накачки, 3 - полимерная оболочка, 4 - медная проволока. На рис. 1б представлена блок-схема экспериментальной установки, где 5 - диоды накачки с суммарной мощностью излучения 150 Вт, 6 - миллиметр Е6-25, 7 - термостат с участком волокна с намотанным на него проволокой (на волокне намотано N отрезков проволоки, 8 - активное DSCCP волокно, 9 – одномодовое сигнальное волокно, 10 – многомодовое волокно накачки.

Во время лазерной генерации происходит разогрев полимерной защитной оболочки активного волокна, вследствие чего происходит изменение сопротивления металлической проволоки, находящейся в тепловом контакте с полимерной оболочкой. При измерении сопротивления с высокой точностью (что легко осуществимо при помощи использования современных миллиомметров или мостовых схем) с высокой точностью определяется температура каждого отрезка проволоки, что используется в качестве граничных условий для модельного расчета распределения температуры внутри волокна и полимера.

Расчет проводится на базе стационарных уравнений теплопроводности с известными граничными условиями с учетом коаксиальной модели разогрева волокна (учет поглощения в полимерной оболочке волокна) [2].

Таким образом в работе предложен простой и достаточно точный метод определения продольного распределения температуры вдоль активного волокна при различных уровнях оптической накачки в условиях лазерной генерации или усиления излучения.

### Список литературы

1. *Grudin A. B. [et al.] Multi-fibre arrangements for high power fibre lasers and amplifiers* : пат. 6826335 США. – 2004.
2. *Ryabushkin O. A., Shaidullin R. I., Zaytsev I. A. Radio-frequency spectroscopy of the active fiber heating under condition of high-power lasing generation.* - *Optics letters.* – 2015. – Т. 40. – №. 9. – С. 1972-1975.

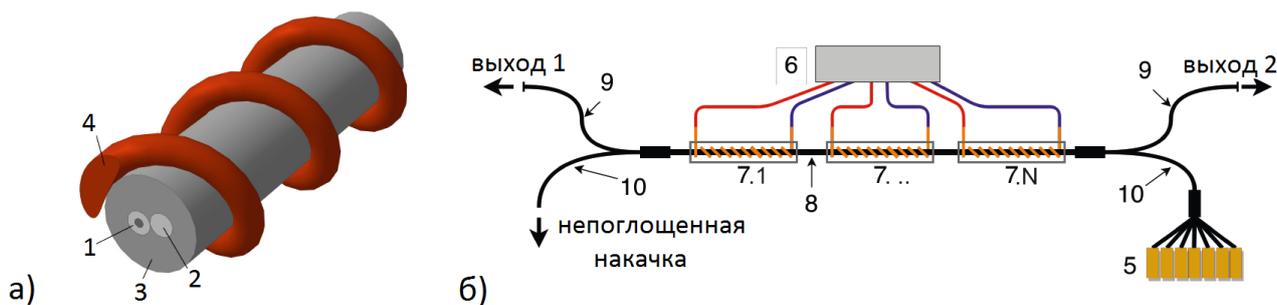


Рис. 1 а) схематический участок активного волокна с металлической проволокой; б) блок-схема экспериментальной установки для измерения продольного распределения температуры вдоль волокна