

Er:YAG лазер на длине волны 1645 нм, работающий в непрерывном режиме*И. А. Ларионов^{1,2}, О. И. Вершинин², С.В Ларин²*¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²«НТО «ИРЭ-Полус»

Мощные непрерывные и импульсные источники лазерного излучения с длинами волн 1400-1700 нм представляют большой практический интерес для решения задач лазерной локации и построения атмосферных оптических линий связи. Излучение в этом спектральном диапазоне имеет очень низкие потери при распространении в воздухе, а также относительно безопасно для незащищенного человеческого глаза. Одним из перспективных источников этого типа является лазер на кристалле YAG, легированном ионом Er³⁺. Характерные длины волн излучения такого лазера составляют 1645 нм и 1617 нм, что находится около минимума окна спектра поглощения атмосферного воздуха. В то же самое время в районе 1600 нм располагаются линии поглощения метана и углекислого газа, что позволяет также применять такой лазер для контроля концентрации этих веществ.

Кристалл Er:YAG имеет линии поглощения около 1532 нм и 1475 нм, это делает удобным использование полупроводниковых лазерных диодов [1] в качестве накачки. Для получения больших мощностей Er:YAG лазера и высоких энергий в импульсе успешно используется гибридная оптическая схема, при которой твердотельный лазер на кристалле накачивается излучением волоконного лазера [2]. В качестве такого источника накачки обычно используется Er волоконный лазер с длиной волны вблизи 1530 нм, но может применяться и иттербиевый волоконный лазер с рамановским преобразователем [3]. Выходное излучение волоконного лазера характеризуется хорошим качеством пучка, что позволяет использовать его для создания инверсной населенности только в области распространения нижней моды резонатора твердотельного лазера. Этим достигается хорошая эффективность поглощения накачки и высокое качество пучка излучения накачиваемого источника.

В работе исследовался непрерывный режим работы Er:YAG лазера. В конструкции экспериментального источника использовались кристаллы 0.5%Er:YAG длиной 43 мм с диаметром 5 мм. Резонатор образован плоскими зеркалами с коэффициентами пропускания 99% для глухого и 70% для выходного зеркал. В качестве источника излучения накачки применялся Er волоконный лазер (1532 нм) с максимальной выходной мощностью в районе 14.5 Вт и спектральной шириной линии около 0.1 нм.

Устойчивость плоскопараллельного резонатора в твердотельном лазере обуславливается возникновением тепловой линзы в кристалле, которая в свою очередь влияет на диаметр модового пятна в резонаторе. Параметры возникающей тепловой линзы существенно зависят от величины поглощающейся в кристалле мощности и диаметра пучка накачки. Согласование диаметра моды в резонаторе с размером пучка накачки производилось экспериментальным путем. Диаметр моды в резонаторе изменялся уменьшением его длины, а поперечный размер пучка накачки подстраивался фокусирующей системой. На рис. 1а представлена зависимость полученной дифференциальной эффективности лазера при различных параметрах оптической системы лазера. Оптимизация параметров плоскопараллельного резонатора позволила достичь значения дифференциальной эффективности лазера около 62% с пороговой мощностью накачки в районе 3 Вт (рис 1б).

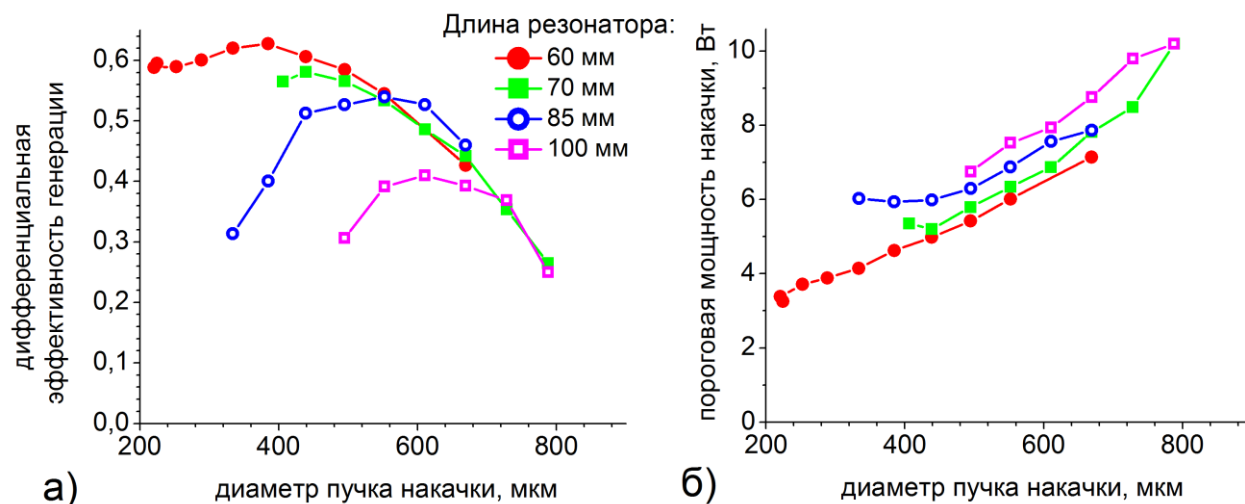


Рис 1 а) зависимость величины дифференциальной эффективности Er:YAG лазера от диаметра пучка накачки б) пороговая мощность накачки лазера при различных диаметрах пучка накачки в кристалле

Литература:

1. Aubourg A. [et al.]. Diode-pumped and passively Q-switched Er: YAG laser emitting at 1617 nm //SPIE LASE. – International Society for Optics and Photonics, 2014. P. 895909-895909-8.
2. Moskalev I.S. [et al.]. Highly efficient, narrow-linewidth, and singlefrequency actively and passively Q-switched fiber-bulk hybrid Er: YAG lasers operating at 1645 nm // Optics express. 2008. V. 16. № 24. P. 19427-19433.
3. Vershinin O. [et al.]. Acousto-optically Q-switched fiber-bulk hybrid Er: YAG and Ho: YAG lasers //Laser Optics International Conference. 2016. № S1-2-S1-2.