

Особенности нагрева резонаторов высоколегированных эрбиевых волоконных лазеров

А.М. Смирнов^{1,2,3*}, А.П. Базакуца¹, А.В. Дорофеев^{1,3,4,5}, О.В. Бутов^{1,3}

¹ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва

²МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

³Московский физико-технический институт

⁴Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова

⁵Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН

* E-mail: alsmir1988@mail.ru

DOI:10.31868/RFL.2022.27-28

Волоконные световоды с высоким уровнем легирования сердцевины эрбием представляют значительный интерес в связи с возможностью изготовления на их основе лазеров с коротким резонатором, обеспечивающих одночастотный режим генерации. Такие лазеры могут быть изготовлены как по классической схеме Фабри-Перо, так и по схеме распределенной обратной связи (DFB). Высокий уровень легирования обуславливает значительный нагрев сердцевины световода при работе лазерной схемы, что приводит к изменениям в параметрах генерации. Другой важной особенностью работы лазеров на основе высоколегированных волокон является возможность их перехода в режим самомодуляции добротности [1].

В данной работе проведено детальное исследование особенностей генерации волоконных высоколегированных эрбиевых лазеров, структура резонаторов которых была записана непосредственно в активном волоконном световоде. Запись брэгговских решеток резонатора проводилась как по классической схеме с помощью ультрафиолетового излучения эксимерного лазера и фазовой маски, так и по технологии поточечной записи фемтосекундными лазерными импульсами. Резонаторы лазеров создавались по схеме Фабри-Перо, параметры генерации исследовались в зависимости от мощности накачки, температуры и теплоотвода.

Была получена генерация как в непрерывном режиме, так и в режиме самомодуляции добротности лазера, записанного по технологии поточечной записи в световоде с уровнем поглощения 180 дБ/м ($\lambda=976$ нм). В режиме непрерывной генерации при температуре жидкого азота нагрев резонатора не обнаружен во всем исследуемом диапазоне накачки от 18 до 418 мВт ($\lambda=976$ нм). Нагрев резонатора лазера, работающего в импульсном режиме, при размещении в воздухе (297К) составил около 26 К, в воде (297 К), обеспечивающей эффективный теплоотвод, – около 2 К. Кроме этого, было проведено сравнение нагрева резонатора данного лазера при накачке на длине волны 976 нм и 1490 нм (Рисунок 1). Обнаружено, что линейная функция температуры резонатора от мощности накачки на длине волны 1490 нм характеризуется большим значением её производной по сравнению со случаем накачки на длине волны 976 нм. Принимая во внимание отличие эффективностей генерации при различных длинах волн накачки, нагрев, вызванный ап-конверсией на длине волны генерации, может быть доминирующим для волоконных высоколегированных эрбиевых лазеров, работающих в режиме пассивной модуляции добротности [2].

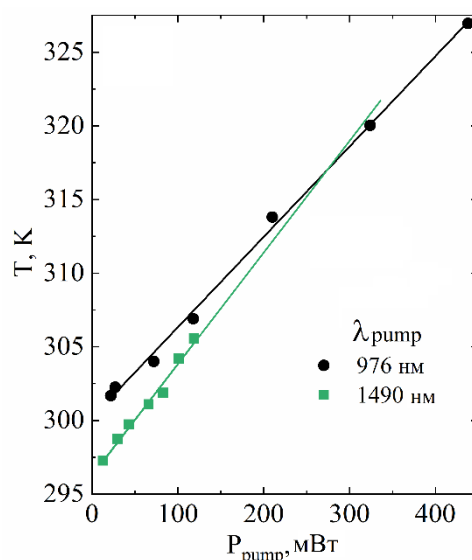


Рис. 1. Зависимость температуры резонатора от мощности накачки на длине волны 976 нм и 1490 нм.

При увеличении степени легирования эрбиевого волокна возрастает темп ап-конверсии, которая с одной стороны способствует увеличению нагрева сердцевины волокна, а с другой стороны является причиной импульсного режима генерации. Для подтверждения влияния ап-конверсии на нагрев резонаторов высоколегированных эрбиевых лазеров дополнительно был измерен рост температуры резонаторов лазеров на основе световодов с различным уровнем поглощения (уровнем легирования) при увеличении мощности накачки на длине волны 976 нм. Температура резонаторов изменялась на 5 К, 10 К и 70 К для световодов с уровнем поглощения на длине волны 976 нм 60 дБ/м, 90 дБ/м и 180 дБ/м, соответственно, при увеличении мощности накачки от 18 до 418 мВт в условиях низкого теплоотвода (пассивное воздушное охлаждение).

Литература

- [1] А.М. Smirnov, А.Р. Bazakutsa et al, *ACS Photonics*, **5**, 5038-5046 (2018).
- [2] А.М. Smirnov, О.В. Butov, *Opt. Lett.* **46**, 86-89 (2021).