

Исследование температурной зависимости спектральных характеристик полимеров активных кварцевых световодов

Р.И. Исмаилова^{1,2}, Р.И. Шайдуллин^{1,2}, О.А. Рябушкин^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²ООО НТО «ИРЭ-Полус»

Мощность одномодового излучения современных волоконных лазеров достигает десяти киловатт.[1] При этом часть мощности оптической накачки лазера неизбежно переходит в тепло. Разогрев волокна приводит к ухудшению характеристик излучения лазера, а также к разрушению волокна. Одним из главных лимитирующих факторов роста выходной мощности волоконных лазеров является термическая деградация защитного полимерного покрытия. Доказано, что полимерная оболочка способна поглощать часть излучения накачки и лазерной генерации, становясь вторичным источником тепла в волокне [2]. Поэтому изучение оптических свойств полимеров, используемых в волоконной оптике, является актуальной задачей. Во многих работах, например в [3], были изучены оптические свойства полидиметилсилоксанов (PDMS) – полимеров широко применяемых в волоконной оптике. Однако, представленные в них данные об оптических спектрах и коэффициентах поглощения не всегда совпадают между собой, а также с теоретически рассчитанными данными.

В данной работе измерялся коэффициент поглощения PDMS полимера Sylgard, используемого для покрытия активных световодов волоконного лазера, легированного ионами Yb^{3+} . Экспериментальная схема измерения потерь излучения в полимере представлена на рис. 1.

Полимер был помещен в кварцевую кювету размером $2,5 \times 2,2 \times 2,2$ см³, через которую пропускалось мощное лазерное излучение. Для исследований был собран волоконный лазер с максимальной выходной мощностью 30 Вт. Измерения проводились для длин волн излучения накачки (957 нм) и генерации (1062 нм) лазера. Температура полимера в зависимости от подаваемой оптической мощности измерялась термопарой термоконтроллера. Для того, чтобы из полученных значений температуры определить коэффициент поглощения в полимере, была создана математическая модель разогрева полимера в кювете на основе решения стационарного уравнения теплопроводности. Конвективный коэффициент теплообмена кюветы с окружающей средой был измерен экспериментально по кинетике охлаждения полимера. По результатам расчетов были определены коэффициенты поглощения излучения накачки и генерации в полимере Sylgard при разной температуре разогрева (рис. 2а). При этом с ростом температуры поглощение на длине волны 1062 нм нелинейно увеличивалось. Характерные значения при $\Delta T=40$ К составили 0,06 Дб/см для $\lambda=1062$ нм и 0,026 Дб/см для 957 нм.

Также были проведены измерения оптического спектра пропускания полимера Sylgard и его температурной зависимости. Полимер в кювете разогревался печью, измерение спектров проводилось с помощью спектроанализатора Newport. Диапазон измерений составлял от 800 нм до 1100 нм. Основные пики поглощения находились в диапазоне 890-930 нм и 980-1040 нм (рис. 2б). Было обнаружено, что эти пики не сдвигаются с ростом температуры полимерных образцов, их ширина также не изменяется. Однако, общий уровень проходящего излучения рос, что связано с уменьшением рассеяния излучения при разогреве полимера. По результатам расчётов экспериментальных данных оказалось, что доля поглощённой мощности в образце полимера составила 1,5%, а рассеяния – около 10%.

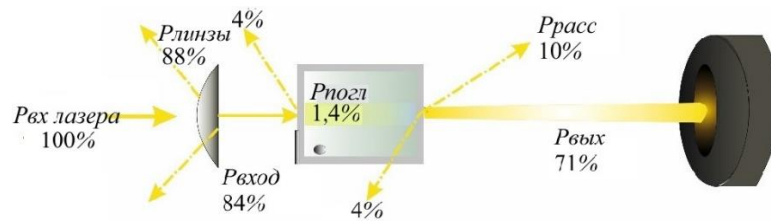


Рис.1 Схема прохождения выходного излучения через полимер с учётом потерь мощности на отдельных элементах.

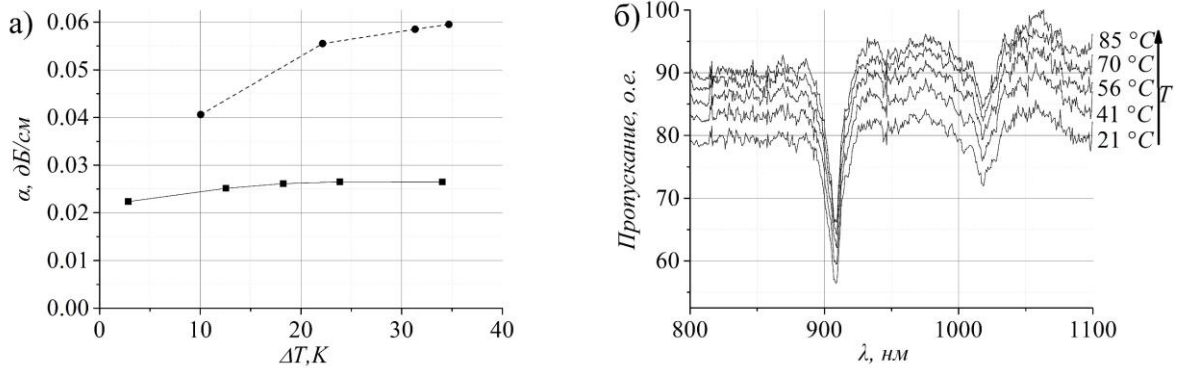


Рис.2. а) Температурная зависимость коэффициента поглощения полимера на $\lambda=957$ нм (внизу), на $\lambda=1062$ нм (вверху) б) Спектр Sylgard 184 при температуре 21°C

Литература

1. Сайт компании IPG Photonics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ipgphotonics.com/Collateral/Documents/English-US/HP_Brochure.pdf
2. Гайнов В.В. [и др.] Измерение температуры в сердцевине активных волоконных световодов в условиях лазерной генерации // Приборы и техника эксперимента, 2010. Т. 6. С. 86-93.
3. Cai D.K. [et al]. Optical absorption in transparent PDMS materials applied for multimode waveguides fabrication // Elsevier, 2008. P.1157-1161