

Пьезоэлектрический резонатор для измерения мощности излучения волоконного лазера

И.А. Ларионов^{1,2}, С.В. Долголенок², О.А. Рябушкин^{1,2}¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²НТО «ИРЭ – Полюс»

Мощные волоконные лазеры широко используются в промышленности для прецизионной обработки различных материалов. Для некоторых применений требуется с высокой точностью контролировать уровень мощности выходного излучения без прерывания технологического процесса. Этого можно добиться встроив в оптическую схему лазера измеритель мощности, не влияющий на его режим работы, мощность и качество пучка выходного излучения.

Измерение интенсивности рассеянного в волокне излучения позволяет вычислять всю мощность распространяющегося излучения. При этом можно измерять уровень рэлеевского рассеяния в самом волокне [1], либо потери на неоднородностях, таких как сварки волокон [2]. Стоит отметить, что при этом не требуется вносить в волоконный тракт никаких дополнительных элементов. Но для некоторых применений, точности измерения данных методов могут быть недостаточными.

В данной работе предлагается новый метод для измерения оптической мощности излучения волоконного лазера. Предлагается регистрировать рассеянное в оптическом волокне излучение по разогреву кристалла специальной формы. Блок схема экспериментальной установки изображена на Рис 1а. Небольшой участок волокна намотан на металлический сердечник диаметром 5 мм. Рассеянное излучение разогревает кристалл кварца в форме цилиндрического кольца. При этом эквивалентная температура кристалла определяется методом пьезорезонансной радиочастотной спектроскопии [3]. Для этого снаружи помещается дополнительный металлический электрод, который вместе с сердечником образует цилиндрический конденсатор. Благодаря тому, что кристалл кварца обладает пьезоэлектрическими свойствами, внешним электрическим полем в нем удастся возбуждать акустические колебания [4]. При совпадении частоты электрического поля в конденсаторе с частотой одной из собственных акустических мод кристалла можно зарегистрировать пьезоэлектрический резонанс. При этом частота пьезоэлектрических резонансов зависят от температуры кристалла [4].

В нашем эксперименте использовался волоконный лазер с длиной волны 1152 нм и мощностью 2,5 Вт. Зависимость сдвига частоты пьезоэлектрического резонанса от мощности излучения лазера представлена на Рис 1б. Коэффициент сдвига частоты выбранного резонанса составил 32 Гц/Вт, что дает погрешность измерения порядка 0,2 Вт.

Предполагается, что при использовании данного метода можно добиться высокой точности измерения на различных мощностях и длинах волн излучения, подбирая диаметр сердечника и используя специальные поглощающие покрытия кристалла. Также разрешающая способность данного метода зависит от температурных коэффициентов смещения собственных частот пьезоакустических резонансов, которые в свою очередь зависят от состава кристалла, его формы и однородности разогрева.

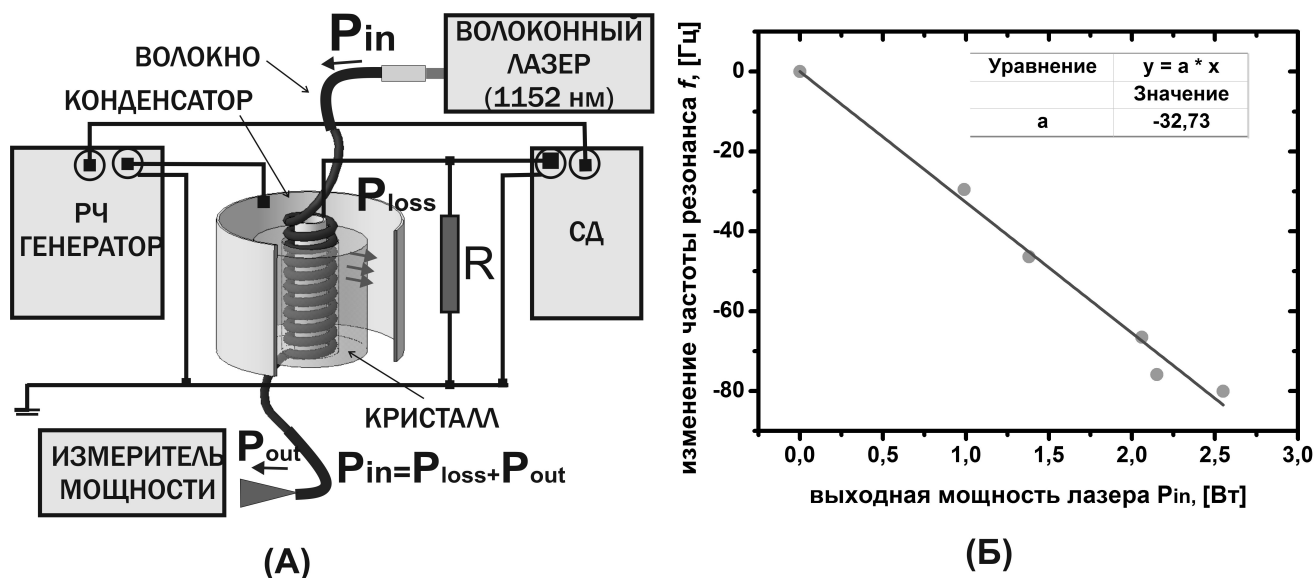


Рисунок 1: (а) блок схема экспериментальной установки, R - нагрузочное сопротивление, СД - синхронный детектор, P_{in} - выходное излучение лазера, P_{loss} - рассеянное излучение; (б) смещение частоты пьезоакустического резонанса в зависимости от мощности излучения в волокне.

Литература:

1. Liao K. H. Power monitor for optical fiber using background scattering : пат. 8988669 США. – 2015
2. Prucnal P. R., Elby S. D. S., Harstead E. E. Fiber optic tap : пат. 4887879 США. – 1989.
3. Рябушкин О.А., Мясников Д.В. Экспериментальное определение и теоретическая модель эквивалентной температуры нелинейно-оптических кристаллов, взаимодействующих с мощным лазерным излучением //Квантовая электроника. – 2012. – Т. 42. – №. 6. – С. 539-544.
4. Коняшкин А. В., Доронкин А. В., Тыртышный В. А., Рябушкин О. А. Радиочастотный импедансный спектроскоп для исследования взаимодействия мощного лазерного излучения с кристаллами. – Приборы и техника эксперимента. – 2009. №6. – С. 60-68.