

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шайдуллина Рената Ильгизовича «Радиочастотная импедансная спектроскопия активных оптических волокон при усилении лазерного излучения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика»

Представляется достаточно очевидной актуальность и значение выполненных исследований. Действительно, разогрев пластиковой оболочки излучением накачки и разрушение оболочки с потерей участка волоконного лазера ограничивает возможности наращивания мощности волоконных лазеров весьма и весьма востребованных на самых разных направлениях современной науки и техники.

Понятно, что бороться с этим можно только детально изучив явление, его причины, процессы протекания. Именно в этом ключе построена работа диссертанта.

Как и многие технические проблемы, рассматриваемые вопросы оказываются сложными и взаимосвязанными. Например, диссертантом выяснено, что не только выделение части энергии накачки в виде тепла (из-за разницы между частотами накачки и генерации) в сердцевине волокна является источником разогрева полимерной оболочки (так считали ранее). Тогда теплопроводный поток тепла идет от сердцевины через полимерную оболочку. Важным оказывается найденный диссертантом фактор, связанный с объемным поглощением излучения накачки самим полимером оболочки. Анализ тепловых процессов в полимере важен, поскольку полимерная оболочка по отношению к тепловым нагрузкам является самым слабым элементом системы с низкими порогами температурного разрушения.

В диссертации разработан оригинальный вариант метода радиочастотной спектроскопии. Создается радиочастотный колебательный контур, в котором конденсатором является пара прижатых друг к другу медных проволок с оптическим волокном между ними в качестве диэлектрического разделителя обкладок конденсатора. Разогрев меняет диэлектрическую проницаемость полимера, и т.о. меняет емкость конденсатора и, следовательно, варьирует резонансную частоту колебательного контура.

Калибровка колебательного контура производится измерением зависимости резонансной частоты от внешней температуры. Поле внешних температур создается в печи-термостате. Потом найденный коэффициент (в килогерцах на градус) сопоставляется со сдвигом резонансной частоты при оптическом разогреве (в килогерцах на Ватт).

Эксперимент с переплетенными медными проволоками используется для нахождения неизвестных параметров, требуемых для создания



теоретической модели: доли оптической мощности, переходящей в тепло, и коэффициента конвективных теплопотерь.

Все это позволяет с высокой точностью контролировать разогрев реального волокна. Такая методика калибровки предложена и доведена до работающего варианта автором диссертационной работы.

В автореферате содержится описание не только работы поискового экспериментального характера. Разработана также детальная математическая модель процессов разогрева. Она включает в себя теплофизику (выделение тепла, тепловые потоки, процессы охлаждения) вместе с электродинамическим моделированием полей, токов и джоулевых потерь.

Еще одно важное, на мой взгляд, место работы связано с определением спектра поглощения различных рабочих полимеров. Этот спектр сопоставлен со спектром излучения накачки и фотолюминесценции иттербиевых лазеров. В этом проявляется современный подход к вопросу. Такой подход позволяет выяснить механизмы разогрева и количественно описать их.

По материалам диссертационной работы написаны статьи, опубликованные в научных журналах с хорошим рейтингом. Важно, что получен патент на новаторскую разработку системы описания и измерения тепловых процессов в оптических волокнах.

### **Замечания**

В автореферате выписано уравнение и граничные условия (11). Но не все обозначения раскрыты. Не указан смысл обозначения  $Q$ . Видимо, это как раз объемный источник тепла. Собственно его учет является одним из основных достижений диссертанта. Видимо, это источник, связанный с поглощением излучения накачки. Но тогда он должен иметь достаточно содержательную структуру. Надо ввести потоки излучения (с коэффициентами отражения и пропускания на границе?). Надо сказать о спектральном составе и о расчете поглощения с учетом спектра поглощения, обсуждаемого в работе.

В системе (11) не видно члена, связанного с потоком тепла от сердцевины, нагреваемой частью излучения накачки.

Неясно, зачем выписаны два граничных условия, одно для теплоизолированной поверхности, а другое для поверхности, охлаждаемой воздушной конвекцией.

### **Пожелание**

Хорошо бы рассмотреть не только установившиеся температуры, но и переходные процессы, когда теплоотвод не справляется с тепловыделением, система постепенно перегревается и т.о. движется к разрушению.

## Заклучение

Отмеченные недостатки не умаляют достижений диссертанта и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы по ее автореферату. Результаты диссертации опубликованы в 15 печатных работах и доложены на профессиональных конференциях высокого уровня. Оригинальность разработанной методики доказывает патент на изобретение. Поэтому я считаю, что работа Шайдуллина Р.И. представляет собой законченное научное исследование, удовлетворяющее всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам Шайдуллин Р.И. заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - «Радиофизика»

Ведущий научный сотрудник  
Института теоретической физики  
им. Л.Д. Ландау РАН,  
доктор физико-математических наук,  
Иногамов Наиль Алимович

«24» марта 2016 года

Адрес: 142432, М.О., г. Черноголовка, просп. Академика Семенова, д. 1-А

Тел.: (+7 495) 702-93-17

Факс: (+7 495) 702-93-17

Институтский электронный адрес: [office@itp.ac.ru](mailto:office@itp.ac.ru)

Электронная почта Иногамова Н.А.: [nailinogamov@gmail.com](mailto:nailinogamov@gmail.com)

Подпись Иногамова Н.А. удостоверяю

*ученый секретарь ИТФ им. Л.Д. Ландау*  
*Крашаков С.А.*