

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор

Федерального государственного

бюджетного учреждения науки

Федерального исследовательского центра

«Институт общей физики им. А.М. Прохорова

Российской академии наук»,

член-корреспондент РАН



С.В. Гарнов

25 марта 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Корсаковой Светланы Владимировны
«ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОД СВЕТОВОДА С ВНЕШНЕЙ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ
СРЕДОЙ В СЕНСОРНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДЛЯ ВОЛОКОННОЙ
ЭВАНЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ СРЕДНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.04.05 – Оптика

Диссертационная работа С.В. Корсаковой посвящена изучению взаимодействия оптического излучения среднего ИК диапазона спектра, распространяющегося в однослойном многомодовом халькогенидном световоде, с сильно поглощающей жидкой средой, которая имеет меньшее значение реальной части показателя преломления по сравнению с показателем преломления халькогенидного световода (≈ 2.8), и может рассматриваться в качестве его оболочки. Для этого были разработаны численные методики расчета оптических характеристик таких волноводных систем, основанные на решении характеристического уравнения для мод халькогенидного световода на комплексной плоскости, при этом расчет комплексных постоянных распространения мод производился как для прямых, так и для изогнутых халькогенидных однослойных

световодов в жидкой поглощающей среде. На основе полученных расчетных данных была продемонстрирована возможность создания компактных высокочувствительных сенсорных элементов, действие которых основано на спектральном анализе излучения, прошедшего через халькогенидный световод и частично поглощенного в окружающей жидкой среде. Для этого были проведены экспериментальные исследования по измерению концентрации водного раствора ацетона и двухкомпонентной смеси нефтепродуктов. В процессе эксперимента было продемонстрировано хорошее совпадение результатов расчета оптических характеристик однослойного световода, погруженного в такие жидкости, и результатов измерения пропускания излучения, прошедшего через такой сенсорный элемент. Кроме этого, автором, на основе расчета дисперсионных характеристик мод различных порядков халькогенидного световода со ступенчатым профилем показателя преломления, была показана возможность совмещения в одной волноводной системе как сенсорного элемента, так и генератора суперконтинуума в среднем ИК диапазоне спектра.

Комплексный подход автора, который совмещает в себе как теоретические расчеты, так и экспериментальные исследования, придает выполненной им работе несомненную научную и практическую ценность.

Диссертационная работа хорошо структурирована, должным образом оформлена и проиллюстрирована. Наиболее важные результаты могут быть сформулированы следующим образом:

1. Разработан численный метод расчета постоянных распространения мод халькогенидного световода, позволяющий выявить особенности взаимодействия излучения среднего ИК диапазона спектра, распространяющегося по однослойному световоду с сильно поглощающей жидкой оболочкой (водные растворы ацетона с действительной частью показателя преломления ≈ 1.35).
2. Моды халькогенидного безоболочечного световода, погруженного в поглощающую жидкую среду, удовлетворяют условию излучения на бесконечности в поперечном сечении световода. Продольные коэффициенты затухания мощности мод такого световода растут при увеличении радиальных и азимутальных порядков моды. Мода с наименьшим значением реальной части

постоянной распространения имеет наибольший продольный коэффициент затухания мощности.

3. Угловые и линейные коэффициенты затухания мощности мод изогнутого световода имеют большие значения у мод высоких порядков, при этом у моды заданного порядка, вектор электрического поля которой колеблется в плоскости изгиба, эти коэффициенты больше, чем у мод, вектор электрического поля которых колеблется перпендикулярно плоскости изгиба. У мод низких порядков низких порядков с сильной степенью локализации излучения в сердцевине световода угловой коэффициент затухания мощности имеет малую величину и слабо зависит от величины радиуса изгиба. У мод же высоких порядков зависимость углового коэффициента затухания мощности от величины радиуса изгиба близка к линейной.
4. Поглощательная способность, рассчитанная для отдельной моды, в сенсорном элементе на основе однослойного халькогенидного световода, погруженного в жидкую поглощающую среду, пропорциональна коэффициенту затухания мощности моды и длине сенсорного элемента. При распространении нескольких мод халькогенидного световода зависимость поглощательной способности от длины сенсорного элемента является нелинейной. Высокая чувствительность сенсорного элемента на основе халькогенидного световода, погруженного в поглощающую жидкую среду, может быть получена при следующем условии: отношение длины сенсорного элемента и продольной длины затухания мощности моды составляет от 0.5 до 2 для всех концентраций исследуемого вещества. Чем выше порядок моды, тем меньше предел обнаружения вещества в растворе.

Полученные автором результаты являются достоверными и согласуются с полученными экспериментальными данными, они докладывались на международных конференциях и семинарах, также они опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах.

Научная значимость результатов и практическая ценность диссертации определяется значительным экспериментальным материалом, полученным при проведении исследований. Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в ИОФ РАН, НЦВО РАН, ИРЭ РАН и в других организациях, занимающихся разработкой и применением волоконных сенсоров.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. При нахождении постоянных распространения мод халькогенидного световода, погруженного в поглощающую жидкость, накладываются граничные условия для тангенциальных компонент полей моды и отсюда получается трансцендентное уравнение, решения которого на комплексной плоскости и являются постоянными распространения мод. Это стандартная методика поиска постоянных распространения мод световода. Автор пишет о разработке новых моделей расчета на основе волновой теории, но из чтения диссертации и автореферата иногда не совсем ясно можно представить, в чем заключается новизна предложенных подходов: в методах решения трансцендентного характеристического уравнения или же в новой постановке задач для теоретических моделей, описывающих сенсорные элементы.
2. Не совсем понятно из текста автореферата как автор получает решения на комплексной плоскости для постоянных распространения мод халькогенидного световода с тонкой кольцевой оболочкой. В тексте сказано, что используется метод конечных разностей, при этом известно, что характеристическое уравнение для такого световода может быть получено в аналитическом виде.
3. В поисках комплексных постоянных распространения не совсем понятна разница между “структурным” световодом и обычным световодом со ступенчатым профилем показателя преломления. Ведь в обоих случаях оболочка световода считается бесконечной.
4. Из текста автореферата и диссертации не совсем понятно откуда взята модель численного расчета для изогнутого световода: из пакета COMSOL Multiphysics или же предложена автором.
5. Хотелось бы получить больше разъяснений в тексте диссертации по поводу концепции полезности совмещения сенсорного элемента и генератора суперконтинуума в одной волноводной системе. Может ли это привести к улучшению и расширению функциональности сенсорного элемента?

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации, которая по научному уровню и ценности полученных результатов, числу и качеству публикаций соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к

кандидатским диссертациям, а ее автор С. В. Корсакова заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Диссертация и автореферат С. В. Корсаковой «Взаимодействие мод световода с внешней поглощающей средой в сенсорных элементах для волоконной эванесцентной спектроскопии среднего ИК-диапазона» представлены автором и обсуждены на семинаре Научного центра волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН (НЦВО РАН) – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» 17 февраля 2021 г..

Отзыв на диссертацию рассмотрен и утвержден на заседании Ученого совета НЦВО РАН, протокол № 51 от 22 марта 2021 г.

Отзыв составил:

Старший научный сотрудник
лаборатории спектроскопии НЦВО РАН,
к.ф.-м.н.

А.Д. Прямиков

Руководитель НЦВО РАН,
д.ф.-м.н.

С.Л. Семенов

Ученый секретарь НЦВО РАН,
к.ф.-м.н.

В.М. Машинский