

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Правление - Ректор
НАО «Евразийского национального
университета им. Д.Н. Гумилёва»,
профессор Сыдыков Е.Б.



«*С*»

2022г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Меликхужа Навруза «Особенности возбуждения линейного и нелинейного фотоакустического отклика одно- и двухслойных образцов с поглощающей подложкой», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности: 1.3.8- Физика конденсированного состояния

Актуальность. Анализ актуальности темы диссертационной работы показывает, что несмотря на достаточно хорошую изученность теории фотоакустического (ФА) эффекта с микрофонной (косвенной) регистрацией, многие её аспекты, как с теоретической, так и с экспериментальной точек зрения остаются актуальными. В частности, можно отметить именно затронутые в рамках темы настоящей диссертационной работы, влияние нагрева подложки на процесс формирования ФА сигнала, представляющее большой практический интерес, когда длина тепловой диффузии становится соизмеримой или большей чем толщина исследуемых образцов. На практике, характерно, это могут быть различные тонкие покрытия (нанопокрывтие), тонкие плёнки, тонкие образцы материалов с высоким коэффициентом тепловой диффузии и т.п. При исследовании подобных образцов методом микрофонной регистрации ФА сигнала, согласно теории Розенцвейга-Гершо (РГ), становится необходимым учёт влияния подложки (на которой размещён исследуемый образец). Другим важным аспектом актуальности настоящей темы диссертационной работы является учёт влияния различных нелинейных механизмов на процессы формирования ФА сигнала при исследовании подобных образцов. Часто нелинейный механизм считается вкладом от тепловых нелинейностей (ТН), которые особенно проявляются при высоких плотностях оптического излучения. В целом, оценивая актуальность настоящей темы диссертационной работы, можно предположить, что она является продолжением развития фундаментальной теории ФА эффекта с микрофонной схемой регистрации (теория РГ), где учтены особенности влияния подложки и некоторых нелинейных эффектов при исследовании одно –и многослойных образцов. Поэтому, актуальность темы диссертационной работы безусловна и не вызывает сомнений.

1. Научная новизна и личный вклад автора:

Теоретически полученные результаты влияния поглощающей подложки на параметры линейного и нелинейного ФА-сигнала при его микрофонной регистрации, составляют научную новизну настоящей диссертационной работы. В целом, научная новизна диссертационной работы, обусловлена необходимостью развития теории линейного и нелинейного ФА-отклика одно- и двухслойных образцов на поглощающей подложке.

Личный вклад автора можно оценить: по его непосредственному участию в подготовке обзорной части диссертационной работы, поиске и обоснованию актуальности темы исследования; при формулировке и постановке математических моделей сформулированных задач; методологии получения решения сформулированных задач; проведению численных расчётов; апробации и подготовки научных статей в рамках темы исследований. О личном вкладе автора, также свидетельствует его участие в различных научных проектах: «Линейная и нелинейная лазерная оптоакустическая спектроскопия конденсированных сред» (РКД 01011ТД063, 2011-2015) и «Тепловая нелинейность в радиационной акустике» (РКД. 0116Т700568, 2016-2020), проводимых в Научно-исследовательском институте Таджикского национального университета.

2. Обоснованность и достоверность полученных результатов и сформулированных рекомендаций.

Все полученные результаты, представленные в диссертационной работе, безусловно достоверны и обоснованы. Обоснованность и достоверность полученных результатов диссертационной работы заключается в корректности поставленных задач, в правильности использованных методик решений, и в точности и достоверности найденных аналитических и численных решений. В частности, в получении: аналитических выражений, описывающих особенности формирования линейного ФА-сигнала одно- и двухслойных образцов на поглощающей подложки; выражении, описывающем вклад тепловой нелинейности, как от теплофизических, так и от оптических параметров образца и поглощающей подложки; аналитического выражения для амплитуды и фазы основной и второй гармоник нелинейного ФА-отклика одно- и двухслойных образцов, обусловленного тепловой нелинейностью теплофизических и оптических величин.

3. Научная и практическая значимость результатов и основных научных положений диссертации.

Научно-практическая важность результатов диссертационной работы заключается, в том, что аналитически полученные выражения дают возможность определить температурное поле в одно- и двухслойных системах в фотоакустической камере с поглощающей подложкой. Полученные простые выражения для амплитуды и фазы основной и второй гармоник нелинейного

фотоакустического сигнала способствуют постановке новых экспериментов с целью реального экспериментального определения температурной зависимости теплофизических величин одно- и двухслойных прозрачных образцов на поглощающей подложке, а также температурную зависимость оптических параметров самой подложки.

Общая характеристика работы

4. Оценка диссертации.

По своей структуре, содержанию и объёму диссертационная работа выполнена и подготовлена в рамках стандартных требуемых норм и правил и состоит из: введения, трёх глав, заключения и списка цитируемой литературы. Диссертационная работа изложена на 107 страницах компьютерного текста, включая 11 рисунков и 139 наименований используемых литературных источников.

В первой главе диссертационной работе приведён краткий обзор линейной и нелинейной теории фотоакустического эффекта. Данная глава состоит из четырёх разделов. Линейной теории ФА-эффекта (раздел 1.1) для случая исследуемых образцов (т.е. прозрачных образцов, когда подложка является поглощающей), анализирована на базе фундаментальной теории Розенсвайга-Гершо. В последующих разделах приведён анализ результатов экспериментальных и теоретических работ по нелинейному ФА-отклику в однослойных оптически однородных системах, а также особенности генерации нелинейных ФА- сигналов для оптически неоднородных одно- и двухслойных систем.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию особенностей возбуждения линейного и нелинейного ФА- сигнала для однослойных систем на поглощающей подложке. Поэтапно и логически последовательно приведены решения поставленных задач. В частности, формулируется математическая модель задачи для случая нелинейного ФА-отклика однослойного образца на поглощающей подложке и далее его аналитические решения для основной и второй гармоники нелинейного фотоакустического сигнала.

Третья глава диссертационная работа посвящена исследованию вклада поглощения подложки на формирование линейного и нелинейного фотоакустического отклика двухслойных образцов. Данная глава состоит из пяти разделов, где также поэтапно приводятся результаты создания теории нелинейного фотоакустического отклика для двухслойных твердотельных систем, как на основной, так и на второй гармониках.

В заключении диссертационной работы подытожены основные выводы проводимых исследований. Подчёркиваются основные полученные результаты и положения, выносимые на защиту. В частности, отмечается полученные новые выражения, описывающие линейную и нелинейную

генерации фотоакустического сигнала для рассматриваемых систем, как на основной, так и на второй гармониках. Приведённые выводы в разделе заключение диссертационной работы, которые корректно сформулированы и в целом отражают полученные результаты и положения вносимые на защиту.

5. *Замечание.* В качестве замечаний можно отметить следующие:

- в диссертационной работе проведено относительно мало численных расчётов на основе теоретически полученных аналитических результатов. На наш взгляд, подбор и комбинация между различными слоями исследуемых образцов и подложкой, а также вклад их оптических и теплофизических характеристик на параметры линейного и нелинейного фотоакустического сигнала, усилили бы достоверность полученных теоретических выражений и облегчило бы возможности постановки реализуемых фотоакустических экспериментов;
- В разделе 3.4 диссертации, после формулы (3.4.28) на 77 странице, для двухслойной системы с поглощающей подложкой, предполагается прозрачность обоих слоёв. На столько обоснованным может быть данное предположение? Как правило, ФА эффект (сигнал), особенно при его косвенной регистрации, имеет место только тогда, когда есть поглощение оптического излучения. Какова роль буферного прозрачного газового (третьего) слоя в этом случае?

Однако, высказанные замечания не меняют общего положительного впечатления об этой диссертационной работе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

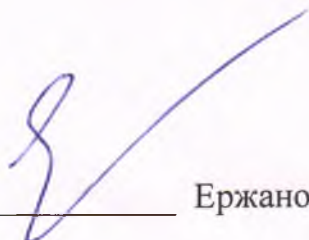
Диссертационная работа «Особенности возбуждения линейного и нелинейного фотоакустического отклика одно- и двухслойных образцов с поглощающей подложкой» представляют собой законченный научно-исследовательский труд, выполненный на высоком научном уровне, содержит новые научно-обоснованные результаты, совокупность которых имеет важное значение для развития лазерной фотоакустической спектроскопии конденсированных сред. Выводы, приведённые в диссертации, обоснованы, соответствуют содержанию диссертационной работы. Автореферат диссертации оформлен корректно и отражает содержание диссертации. Материалы диссертации прошли достаточную апробацию на различных международных и республиканских научных конференциях. Практическая значимость полученных результатов не вызывает сомнений.

Диссертационная работа «Особенности возбуждения линейного и нелинейного фотоакустического отклика одно- и двухслойных образцов с поглощающей подложкой» по объёму, оформлению, содержанию и

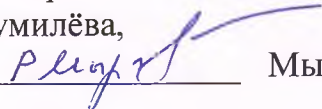
значимости полученных результатов отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а сам автор Меликхужа Навруз заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния.

Отзыв подготовлен на основе анализа диссертации, автореферата и научных публикаций автора в научных изданиях и принят на основании обсуждения на заседании научного семинара кафедры «Общей и теоретической физики», Физико-технического факультета, Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва (протокол №10 от 19.05.2022 года).

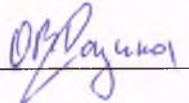
Рецензент
Заведующий кафедрой
«Общей и теоретической физики»
НАО ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва,
к.ф.-м.н., PhD


_____ Ержанов К.К.

Председатель научного семинара,
директор Евразийского международного центра
теоретической физики при ЕНУ им. Л.Н.Гумилёва,
д.ф.-м.н., академик


_____ Мырзакулов Р.К.

Секретарь научного семинара,
PhD, ассоциированный профессор кафедры
общей и теоретической физики


_____ Разина О.В.

Контакты: 010008, Республика Казахстан, г Нур-Султан, ул. Кажымукана 13, корп. №3, каб. 215, тел. +7 7172 70-95-00, (33415), (33413), (33406)
НАО Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва,
Физико-технический факультет,
Кафедра «Общей и теоретической физики».

Подписи К.К. Ержанова, Р.К. Мырзакулова и О.В. Разиной удостоверяю
начальник Отдела управления персоналом,
НАО ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, _____ Джолдыбалинов Т.Б.

