

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**д.ф.-м.н., профессора Масалова Анатолия Викторовича
на диссертационную работу Юшкова Константина Борисовича
«Дисперсионное акустооптическое управление фемтосекундными
лазерными импульсами», представленную на соискание
учёной степени доктора физико-математических наук
по специальностям 1.3.4. Радиофизика, 1.3.6. Оптика.**

Диссертационная работа К.Б. Юшкова посвящена управлению параметрами оптического излучения с оптоакустическими методами. Основной акцент сделан на управлении параметрами лазерных импульсов фемтосекундного диапазона длительностей. Сегодня фемтосекундные лазерные импульсы обеспечивают работу уникальных современных установок: лазеры с петаваттной мощностью излучения, генераторы оптических гармоник высокого порядка, генераторы аттосекундных световых импульсов, формирователи электронных сгустков и др. Во всех случаях требования к исходным световым импульсам различны, и здесь методы акустооптического управления параметрами импульсов крайне востребованы. Поэтому проведенная в диссертационном исследовании К.Б. Юшкова разработка принципов и методов акустооптического управления фемтосекундными лазерными импульсами актуальна и востребована на самом передовом крае лазерной физики.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Введение содержит описание области исследования; обоснована актуальность темы работы, перечисляются цели и задачи, поставленные в диссертационном исследовании, отмечена новизна и практическая значимость работы, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации представлен обзор состояния исследований в области акустооптического управления короткими световыми импульсами, перечислены основные типы используемых акустооптических приборов. Кроме того, в данной главе представлен ряд оригинальных результатов:

- экспериментально продемонстрирован эффект интерференции двух коротких световых импульсов при неколлинеарном акустооптическом взаимодействии, достигнута эффективность 60% сложения двух пучков излучения;

- проанализированы закономерности квазиколлинеарной дифракции в кристаллах различных групп симметрии и показано существование двух различных геометрий широкоапертурной квазиколлинеарной акустооптической дифракции в плоскости симметрии моноклинных кристаллов.

Во второй главе диссертации проанализированы уравнения связанных мод для нестационарных световых полей в однородном ультразвуковом поле и

получены следующие результаты:

- в уравнения связанных мод введены эффективные коэффициенты связи и расстройки, зависящие от оптической частоты и включающие в себя известные стационарные коэффициенты связи и расстройки, а также коэффициенты групповой расстройки и дисперсию групповой скорости;
- оценено снижение эффективности акустооптического взаимодействия и увеличение длительности светового импульса при нестационарной дифракции;
- обнаружены условия исчезновения перекачки энергии между 0-ым и 1-ым порядками дифракции и расщепления импульсов на две идентичные реплики, задержка между которыми пропорциональна амплитуде ультразвуковой волны.

В третьей главе описан и применен разработанный диссертантом универсальный алгоритм управления акустооптической дисперсионной линией задержки, предназначенный для формирования произвольных комплекснозначных функций пропускания. Кроме того, представлено программное обеспечение, реализующее разработанный алгоритм. Получены следующие результаты:

- экспериментально продемонстрировано прецизионное формирование ряда функций пропускания акустооптической дисперсионной линией задержки с помощью вычисляемых высокочастотных сигналов управления;
- найдено оптимальное значение параметра квадратичной дисперсии высокочастотного сигнала, обеспечивающее максимальный контраст и разрешение акустооптической дисперсионной линии задержки;
- осуществлена процедура калибровки акустооптической дисперсионной линией задержки по длинам волн;
- оценено спектральное разрешение акустооптической дисперсионной линией задержки.

Четвертая глава диссертации посвящена практическим применениям акустооптического управления короткими световыми импульсами в различных лазерных схемах:

- в регенеративном оптическом усилителе на Nd-стекле при помощи акустооптической дисперсионной линии задержки осуществлена коррекция спектра лазерного излучения, позволившая скомпенсировать сужение спектра и получить квазипрямоугольные чирпированные импульсы;
- в Sr-форстеритовой тераваттной лазерной системе, предназначенной для генерации перестраиваемого терагерцового излучения, экспериментально продемонстрирована программируемая генерация реплик коротких световых импульсов с задержкой в пикосекундном диапазоне;
- реализована бинарная модуляция интенсивности коротких световых импульсов с длительностью фронтов 5 пс и продемонстрирована генерация псевдослучайных последовательностей с полосой модуляции 70 ГГц.

В пятой главе представлены результаты применения акустооптического взаимодействия к задачам спектральной обработки некогерентного оптического излучения:

- реализована адаптивная спектральная коррекция некогерентного излучения квазиколлинеарным акустооптическим программируемым фильтром, позволившая получить прямоугольный спектр в диапазоне длин волн 550-700 нм;

- с применением дисперсионного Фурье-синтеза разработан протокол гиперспектрального анализа изображений с коррекцией спектра источника и экспериментально продемонстрирована коррекция спектра Хе-дуговой лампы в диапазоне длин волн 465 820 нм;

- осуществлена пространственная фильтрация лазерного излучения с гауссовым поперечным профилем пространственного профиля в однородный и кольцевой профили с управляемым пространственным распределением.

Результаты исследований, представленные в диссертации, содержат новые практические схемы управления характеристиками оптического излучения, среди которых можно выделить:

- найдены условия существования квазиколлинеарной геометрии АО-взаимодействия в двухосных кристаллах;

- продемонстрирован эффект управляемой интерференции двух фемтосекундных лазерных пучков в 0-ом и 1-ом порядках дифракции;

- разработана и применена методика вычисления формы ультразвуковых волновых пакетов, позволяющая прецизионно управлять спектром дифрагировавшего излучения;

- экспериментально продемонстрирована программируемая модуляция чирпированных лазерных импульсов, предназначенных для усиления в регенеративном оптическом усилителе;

- экспериментально продемонстрирована спектральная коррекция широкополосного некогерентного оптического излучения квазиколлинеарным акустооптическим фильтром в широкой полосе длин волн;

- экспериментально реализовано формирование кольцевых лазерных полей и аксиально симметричных распределений интенсивности на основе неколлинеарного акустооптического перестраиваемого фильтра.

Практическая значимость полученных диссертантом результатов в области управления фемтосекундными лазерными импульсами обеспечена экспериментальной реализацией новых схем акустооптического воздействия на излучение. Реализованные схемы подвергнуты полному теоретическому описанию. В расчетах использованы аналитически выведенные нестационарные уравнения связанных волн, описывающие акустооптическое взаимодействие электромагнитных импульсов в прозрачной среде с дисперсией. Получены численные решения уравнений, описывающие эффективность дифракции, искажения огибающей коротких световых импульсов и изменения групповой скорости взаимодействующих волн.

Автореферат соответствует тексту и содержанию диссертационной работы.

К недостаткам работы можно отнести следующее:

Чтение текста диссертации затруднено обилием аббревиатур типа

АОДЛЗ, АОКС, LFEX, ОРСРА и др. в количестве 58.

Считаю, что представленная диссертация «Дисперсионное акустооптическое управление фемтосекундными лазерными импульсами» соответствует специальностям 1.3.4. Радиофизика (по физико-математическим наукам) и 1.3.6. Оптика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определённым пп. 2.1–2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к докторским диссертациям, и оформлена согласно приложениям № 8 и 9 к «Положению о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», а её автор — Юшков Константин Борисович — заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальностям 1.3.4. Радиофизика и 1.3.6. Оптика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор,
высококвалифицированный главный научный сотрудник лаборатории
комбинационного рассеяния света оптического отдела имени Г.С. Ландсберга
Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук

Масалов Анатолий Викторович

29.05.2025

Контактные данные:

Телефон: +7 (499) 132-66-40; e-mail: masalovav@lebedev.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена докторская диссертация:

01.04.05 — «Оптика»

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинский проспект, д. 53

Телефон: +7 (499) 132-65-54; e-mail: office@lebedev.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

«Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук» (ФИАН)

Подпись Масалова Анатолия Викторовича УДОСТОВЕРЯЮ:

Помощник директора

Савинов С.Ю.