

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям,
д-р техн. наук, профессор



Филонов Михаил Рудольфович

«11» октября 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»
на диссертационную работу Мартынова Григория Николаевича
«Пространственно-спектральные функции пропускания акустооптических
фильтров в задачах гиперспектральной съемки»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Гиперспектральный анализ изображений – один из наиболее широко применяемых подходов к количественному анализу данных при дистанционном зондировании земли, контроле технологических процессов, биомедицинских исследованиях. Среди различных физических принципов, лежащих в основе гиперспектральных систем, значительное место занимает акустооптическое взаимодействие. Благодаря высокому быстродействию, на порядки превышающему быстродействие традиционных систем, возможности управления спектральным окном (окнами) прозрачности, компактности и надежности, акустооптические гиперспектральные системы обработки изображений находят широкое применение в астрофизических и космических исследованиях, в частности, в качестве научной аппаратуры орбитальных космических аппаратов и посадочных модулей автоматических межпланетных станций.

Проблема получения гиперспектральных изображений высокого качества является одной из основных при разработке оптических систем на основе

акустооптических фильтров. Основными задачами в данной области являются: снижение геометрических и хроматических aberrаций, расширение рабочего диапазона длин волн и, в первую очередь, повышение светосилы гиперспектральной системы. Несмотря на многолетние исследования в данной области, на сегодняшний день задача решена лишь фрагментарно. В частности, в литературе практически отсутствуют, основанные на подробной физической модели акустооптического фильтра, эффективные методы постобработки гиперспектральных изображений.

Таким образом, актуальность и практическая значимость диссертационной работы Мартынова Г.Н., посвященной разработке нового метода увеличения светосилы и снижения спектральных искажений в акустооптической гиперспектральной системе, не вызывает сомнений.

Диссертация изложена на 102 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, раскрыта научная новизна и практическая ценность, изложены основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена литературному обзору в области акустооптического приборостроения для задач гиперспектрального анализа изображений: перестраиваемые фильтры являются одним из основных типов акустооптических приборов и широко применяются в качестве управляемых широкоапертурных монохроматоров. Проведено критическое сравнение различных оптических схем гиперспектральных систем на основе акустооптических фильтров.

Во второй главе диссертации проанализированы условия фазового синхронизма при акустооптическом взаимодействии в одноосном кристалле и доказано, что коллимирующая оптическая схема гиперспектральной акустооптической системы позволяет измерять двумерные передаточные функции акустооптических фильтров. Теоретически и экспериментально получены двумерные частотно-угловые характеристики неколлинеарного акустооптического фильтра на кристалле парателлуриата при неколлинеарном излучении.

В третьей главе диссертации выполнено количественное сопоставление экспериментальных данных и результатов теоретических расчетов двумерных частотно-угловых характеристик неколлинеарного акустооптического фильтра применительно к сопоставлению особенностей пространственно-спектрального отклика двух основных оптических схем гиперспектрального анализа

изображений: конфокальной и коллимирующей. Сделаны выводы о характере пространственно-спектральных искажений изображений в этих оптических системах и возможности их исправления.

В четвертой главе автором предложен, разработан и практически реализован новый метод цифровой коррекции гиперспектральных изображений, позволяющий устранить спектральные искажения при большом поле зрения, обусловленные физикой работы акустооптических перестраиваемых фильтров. Проведена калибровка гиперспектральной системы и апробация метода на тестовых изображениях.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы.

Основные результаты, полученные в диссертации, заключаются в следующем:

1. Построена аналитическая модель вычисления двумерных передаточных функций анизотропного акустооптического взаимодействия одноосных двулучепреломляющих кристаллах для некогерентного излучения с конечной шириной полосы спектра.
2. Выполнено сопоставление экспериментальных и расчетных угловых зависимостей частоты фазового синхронизма и полосы дифракции в неколлинеарном акустооптическом фильтре на парателлурите.
3. Предложен и реализован метод попиксельной коррекции спектральных искажений в акустооптическом спектрометре изображений, построенном по коллимирующей оптической схеме, основанный на калибровочных измерениях двумерной передаточной функции акустооптического фильтра и интерполяции гиперкуба данных.
4. Продемонстрировано трехкратное увеличение поля зрения акустооптического гиперспектрометра, построенного по коллимирующей оптической схеме.

Значимость результатов заключается в возможности существенного увеличения светосилы гиперспектральных оптических систем за счет коррекции спектральных искажений в зарегистрированном массиве данных (гиперкубе). Это может быть использовано для увеличения поля зрения гиперспектральных акустооптических систем и повышения качества изображений.

Представленные результаты являются оригинальными, выводы обоснованными. Основные научные результаты диссертационной работы доложены на 4 международных научно-технических конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах, в том числе, в 4 статьях в изданиях,

включенных в международные базы цитирования Web of Science и Scopus.

Результаты работы могут быть внедрены в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», в ФГБУН «Институт космических исследований РАН», в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга МГУ.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Основным замечанием по работе является недостаточно подробное формальное математическое описание разработанных методов и алгоритмов обработки гиперспектральных изображений. В частности, в главах 3 и 4, где исследуются пространственно-спектральные искажения изображений в АО-гиперспектрометрах и методы их коррекции для повышения рабочей угловой апертуры, автор ограничивается лишь качественными оценками и вербальным или графическим описанием. При этом, наибольший практический интерес представляет собой именно алгоритмическое описание решаемой проблемы.

2. В работе не поясняется, из каких соображений были выбраны основные параметры экспериментальной процедуры калибровки системы, например, шаг 25 нм между длинами волн, на которых проведена калибровка, шаг между частотами ультразвука при регистрации гиперкуба данных, и не приводится данных о влиянии этих параметров на точность восстановления спектрально скорректированных изображений тестовых объектов.

3. Количественные оценки полученных результатов и их сопоставление с мировым уровнем отсутствуют в таких частях работы как обоснование новизны и практической значимости и в положениях, выносимых на защиту.

4. В тексте диссертации и в списке литературы присутствуют многочисленные опечатки и орфографические ошибки.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности выполненной работы и могут быть учтены в рабочем порядке в процессе дальнейших исследований.

Представленная диссертация является самостоятельной научно-квалификационной работой, научная новизна, практическая значимость и оригинальность которой не вызывают сомнений. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и включает все представленные в диссертации задачи, выводы и результаты.

Таким образом, диссертационная работа «Пространственно-спектральные функции пропускания акустооптических фильтров в задачах гиперспектральной съемки» удовлетворяет требованиям пунктов 9, 10, 11

«Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Мартынов Григорий Николаевич, достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Директор Научно-технологического
и учебного центра акустооптики
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский технологический
университет «МИСиС»
канд. физ.-мат.наук.


Молчанов Владимир Яковлевич

«11» октября 2022 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Почтовый адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1

Телефон: +7 495 955-00-32

Адрес электронной почты: kancela@misis.ru

Веб-сайт: <https://misis.ru/>