

ОТЗЫВ
научного руководителя

на диссертационную работу Завозина Владимира Александровича «Микроджоульное лазерное дистанционное зондирование многослойных сред», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика

Завозин Владимир Александрович в 2019 окончил магистратуру в Федеральном Государственном Бюджетном Образовательном Учреждении Высшего Образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по специальности «Электроника и Нанoeлектроника». В 2023 г. окончил аспирантуру Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук по направлению «Лазерная физика». В период подготовки диссертации Завозин Владимир Александрович являлся исполняющим обязанности младшего научного сотрудника в Центре биофотоники ИОФ РАН.

Диссертационная работа Завозина В.А. посвящена изучению взаимодействия лазерного излучения с веществом при лазерном зондировании среды обитания (атмосфера, подстилающая и подводные объекты) микроджоульными, безопасными для глаз, импульсами лидара. Предельно малая энергия импульсов лазера потребовала применения высокочувствительных приёмников на основе стробируемых однофотонных лавинных фотодиодов (single photon avalanche diode, SPAD), а также нового принципа дистанционного зондирования. Завозин В.А. провел обширный анализ литературных данных по теме диссертации, что необходимо для разработки лидара с однофотонным фотодетектором, но и для формулировки и экспериментального обоснования нового подхода «адапционного режиме» лазерного дистанционного зондирования.

В период выполнения диссертационной работы Завозин В.А. проявил себя как творческий физик-исследователь, способный самостоятельно решать все проблемы, возникавшие в процессе разработки и испытаний лидара, а также его эксплуатации в полевых условиях в экспериментах по мониторингу тектонических аэрозолей в подземных тоннелях Баксанской нейтринной обсерватории. При непосредственном участии автора диссертации разработаны аэрозольный лидар на импульсном микроджоульном диодном (905 нм) инжекционном лазере, а также лидар для подводного зондирования на второй гармонике (532 нм) неодимового лазера с использованием однофотонных лавинных фотодиодов в качестве приёмников.

За время подготовки диссертационной работы Завозин В.А. освоил ряд экспериментальных методов юстировки лидаров на этапе сборки и отладки, а также трассы зондирования в условиях полевых экспедиций. Завозин В.А. самостоятельно разрабатывал и отлаживал программы управления режимом работы лидара в Баксанской нейтринной обсерватории, сбор и обработку данных и представления результатов для публикации. Завозин В.А. применил и расширил инженерные навыки конструирования, полученные в университете для разработки лидаров, оптических и микроджелектронных схем, программирования 3D принтеров для изготовления деталей лидаров. В ходе мониторинга аэрозолей лидарами Завозин В.А. освоил приёмы обработки цифровых сигналов гистограмм и их приведения к физическим величинам зондирования.

Завозин В.А. экспериментально обосновал новый режим повышения разрешающей способности лидара при использовании пикосекундной ступеньки на фронте

наносекундного оптического импульса на диодном лазере. Этот режим открывает перспективы разработки новых цифровых лидаров с повышенной точностью дальнометрии и возможностью измерения скорости в том числе и на коротких расстояниях. Несомненно, это такой режим лидара-дальномера и спидометра имеет ключевое значение при автономном маневрировании и стыковке беспилотных платформ. Отметим, что точность дальнометрии в лидаре в статистическом режиме работы определяется длительностью ступеньки на фронте лазерного импульса, временем развития лавины в приёмном фотодиоде и разрешающей способностью временно-цифрового преобразователя. Предложенный подход, учитывающий особенность генерации пикосекундной ступеньки в диодном лазере, позволяет управлять точностью определения расстояния и минимальным периодом измерений в зависимости от количества срабатываний стробируемого лавинного фотодиода. Адаптационное управление работой лидара являются критическими важным при стыковке платформ в космическом пространстве. Здесь поиск причала на большом удалении проводят в режиме «слабого сигнала» с длинным (100-500 м) стробом и, напротив, сближение и стыковку проводят в режиме «сильного сигнала» с сантиметровым разрешением расстояния и скорости сближения около 1 см/с. Особым преимуществом здесь является цифровой принцип обработки рассеянных фотонов, который позволяет вести зондирование без «мёртвой зоны» вплоть до касания. Отметим, что однофотонный лавинный фотодиод устойчив к повреждению приёмной аппаратуры мощным обратным сигналом или бликом от поверхности объекта зондирования. Последний фактор допускает использование светоотражающих покрытий поверхности причала, которые кратно повышают значение отношения сигнал/шум и, соответственно, дальность обнаружения и зондирования. Несомненно, что предложенный адаптационный подход работы лидара является важной альтернативой использования дорогостоящих пикосекундных лазеров в лидарах, а, значит, делает лидары более доступными для различных научных и технических приложений.

Продемонстрированный подход лазерного зондирования многослойных рассеивающих сред (туманы, дымовые завесы, кроны деревьев, маскирующие сетки, зеркальные поверхности), позволяет оперативно обнаруживать скрытые преграды, что делает возможным автоматизированное маневрирование беспилотников в сложных условиях (в дымах, плотном тумане или при снегопаде). Использование лидара не ограничивается атмосферными измерениями, но также позволяет определять слоипреграды и препятствия под водой. Статистический режим работы лидара позволяет получать трёхмерные карты распределения физических параметров многослойных сред таких как облака или плотные туманы и шлейфы дыма, что имеет большое значение для построения надёжных климатических моделей и оценки степени загрязнения атмосферы продуктами горения.

В работе проведён длительный эксперимент по мониторингу динамики вариации аэрозолей в закрытых объёмах в сейсмически активных регионах с целью поисков новых индикаторов тектонической активности. Обнаруженная модуляция лидарного эхо-сигнала тектоническими газами, эмиссия которых вызвана приливными волнами, открывает новый канал информации о процессах деформации коры Земли. В частности, продемонстрировано, что тектонические события сопровождаются повышением генерации аэрозолей отрицательными ионами, индуцируемыми эмиссией радона из скальной породы.

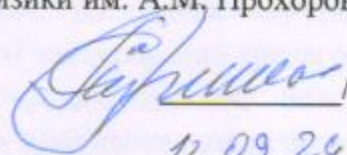
Работа, проведённая Завозин В.А., несомненно, обладает научной новизной и имеет практическую значимость. За время выполнения диссертационной работы Завозин В.А.

участвовал в исполнении грантов РФФИ 19-19-00712 и 19-19-00712-П. Завозин В.А. принял активное участие в подготовке и проведении проекта «Академический класс», в результате чего подшефные школьники провели ряд экспериментов в классе, а работа вошла в число призовых. Ключевые результаты, изложенные Завозиным В.А. в диссертационной работе, были опубликованы в 14 публикациях в периодических рецензируемых изданиях, входящих в базы WoS и Scopus. Работа соответствует специальности 1.3.19. – Лазерная физика на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Завозиным В.А. сданы все экзамены кандидатского минимума на «отлично». На основании вышеизложенного, считаю, что Завозин Владимир Александрович достоин присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. – Лазерная физика.

Научный руководитель

д.ф.-м.н., г.н.с. Научный центр волновых исследований

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»



С.М. Першин

12.09.24

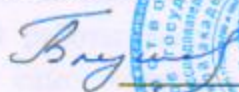
Подпись С.М. Першина заверяю

д.ф.-м.н., доцент, заместитель директора

по научно-организационной работе,

ВРИО ученого секретаря

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»



В.В. Глушков

12.09.24

