

ОТЗЫВ

научного руководителя д.ф.-м.н., доцента Косаревой Ольги Григорьевны
на диссертацию Николаевой Ирины Алексеевны
«Частотно-угловое распределение терагерцового излучения
при филаментации фемтосекундного лазерного импульса в газах»,
представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.19. Лазерная физика

Диссертационная работа Николаевой И.А. посвящена актуальной проблеме оптики сверхкоротких лазерных импульсов — исследованию частотно-углового спектра терагерцового (ТГц) излучения, источником которого является плазменный канал (филамент), созданный фемтосекундным лазерным импульсом субтераваттной пиковой мощности при фокусировке в газовые среды. Фемтосекундный филамент обеспечивает наиболее широкий (до 50–100 ТГц) когерентный спектр терагерцового излучения, который используется в высокочастотной ТГц спектроскопии. Широкополосность источника обеспечивается тем, что физическим механизмом генерации является нелинейный процесс высокого порядка — рост плотности свободных электронов под действием фемтосекундного лазерного импульса высокой интенсивности. С прикладной точки зрения недостатком генерации ТГц в плазме оптического пробоя воздуха является чрезвычайно сложный частотно-угловой спектр, зависящий не только от характеристик лазерного излучения, но и от всей геометрии системы регистрации. Таким образом, для оптимального использования ТГц излучения фемтосекундного филамента необходима детальная характеристика его частотно-углового распределения. Настоящая работа посвящена теоретическому исследованию и численному моделированию диаграмм направленности излучения терагерцового диапазона из плазмы филамента в условиях, соответствующих эксперименту, и является актуальной.

Диссертационная работа выполнялась Николаевой И.А. на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ. Перед Николаевой И.А. стояла трудная задача развития теоретического подхода для определения физического механизма, обуславливающего нарушение осевой симметрии двумерных угловых распределений терагерцового излучения одноцветного филамента в воздухе. Николаева И.А. прекрасно справилась с поставленной задачей. Ею была развита векторная модель локального источника терагерцового поля в одноцветном филаменте, представленного в виде суперпозиции радиально поляризованного вклада продольного диполя и параллельного поляризации оптической накачки квадрупольного вклада. Численное моделирование на основе развитой модели было доведено до сравнения с имеющимися в литературе экспериментальными данными и объяснило наблюдаемую в дальней зоне азимутальную модуляцию кольцевого распределения электромагнитного излучения на частоте 0.3–10 ТГц. В течение всего периода работы над диссертацией Николаева И.А. проявила ответственное отношение к работе, высокую работоспособность, самостоятельность и целеустремленность. Во время выполнения научной работы Николаева И.А. зарекомендовала себя способным и талантливым физиком-теоретиком, сочетающим высокую теоретическую грамотность и большой творческий потенциал, проявила способность самостоятельно решать трудные задачи и находить новые и оригинальные решения.

В процессе научных исследований Николаева И.А. самостоятельно разработала методы теоретического анализа и трехмерного в пространстве с учетом быстроосциллирующей несущей оптического поля и спектрального разрешения порядка сотых долей терагерца численного моделирования филаментации и генерации терагерцового излучения

одноцветного филамента во внешнем электростатическом поле. Николаева И.А. приобрела навыки работы с уравнениями гидродинамики плазмы и создала численный алгоритм для расчетов частотно-углового распределения терагерцового излучения на основе векторной интерференционной модели Стрэттона-Чу. Отдельно следует отметить творческий подход, тщательность и аккуратность работы Николаевой И.А. при сопоставлении частотно-угловых распределений терагерцового излучения, полученных методом численного моделирования, с данными лабораторного эксперимента.

Следует подчеркнуть, что за время научной работы Николаева И.А. получила целый ряд важных и приоритетных результатов. В том числе, Николаева И.А. методом численного моделирования в условиях эксперимента, проведенного в Физическом институте имени П.Н. Лебедева РАН по генерации терагерцового излучения в одноцветном филаменте, помещенном во внешнее электростатическое поле, показала трансформацию углового распределения от унимодального с плоской вершиной на частоте ~ 0.3 ТГц к кольцевому на частотах более 8 ТГц. Также, Николаевой И.А. было показано, что энергия распространяющегося в кольцо электромагнитного излучения с частотой 0.3–1 ТГц протяженного двуцветного филамента не зависит от начальной фазы между гармониками оптической двухцветной накачки. Помимо новизны, полученные результаты имеют большую практическую значимость для удаленного зондирования объектов терагерцовым излучением.

В процессе своей научной работы Николаева И.А. активно сотрудничала с ведущими экспериментальными группами по генерации терагерцового излучения при фемтосекундной филаментации в России, Франции, Германии, Китае и осуществляла теоретическую поддержку планируемых и проводимых экспериментов. Она являлась исполнителем нескольких международных научно-исследовательских проектов физического факультета МГУ совместно с ГФЕН Китая, НЦНИ Франции (совместные международные проекты РФФИ – НЦНИ, РФФИ – ГФЕН).

Одновременно с научной работой Николаева И.А. зарекомендовала себя очень способным и талантливым студентом и аспирантом. О признании заслуг Николаевой И.А. свидетельствует тот факт, что она является призёром конкурса научных студенческих работ имени Р.В. Хохлова в 2021 году, лауреатом стипендии Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова для молодых сотрудников, аспирантов и студентов, добившихся значительных результатов в педагогической и научно-исследовательской деятельности в 2021 и 2022 годах, лауреатом стипендии имени А.Д. Сахарова в 2021 году, лауреатом премии им. Н.Г. Басова Физического института им. П.Н. Лебедева РАН в 2022 и 2024 годах, а также именованным стипендиатом физического факультета.

Работа Николаевой И.А. выполнена на самом высоком научно-теоретическом уровне, представляет собой целостное научное исследование, имеющее высокую теоретическую и практическую значимость и содержащее новые решения актуальных задач. Николаевой И.А. получен целый ряд новых и приоритетных результатов, опубликованных в 8 статьях в высокорейтинговых рецензируемых научных журналах, удовлетворяющих Положению о присуждении учёных степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова. Полученные результаты достоверны и доложены Николаевой И.А. на множестве международных научных конференций. Результаты, несомненно, являются ценным вкладом в физику фемтосекундной филаментации и генерации широкополосного излучения филамента, а также разработку методов трехмерного самосогласованного численного моделирования терагерцового излучения из плазменного канала фемтосекундного филамента. Все представленные в диссертационной работе результаты получены лично Николаевой И.А. или при ее определяющем участии. Диссертация оформлена надлежащим образом, автореферат полностью отражает её содержание.

Считаю, что диссертационная работа Николаевой И.А. «Частотно-угловое распределение терагерцового излучения при филаментации фемтосекундного лазерного импульса в газах» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное научное исследование, полностью соответствует специальности 1.3.19. Лазерная физика и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Рекомендую диссертационную работу «Частотно-угловое распределение терагерцового излучения при филаментации фемтосекундного лазерного импульса в газах» Николаевой Ирины Алексеевны к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Научный руководитель:
профессор кафедры общей физики
физического факультета
Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова
доктор физико-математических наук, доцент

О.Г. Косарева

Дата составления отзыва: 14.11.2024

119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
Телефон: +7 (495) 939-30-91
E-mail: kosareva@physics.msu.ru

Подпись Косаревой Ольги Григорьевны УДОСТОВЕРЯЮ:

Учёный секретарь учёного совета
физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук, доцент

С.Ю. Стремоухов