

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Новоковской Алины Львовны «Трансформация электромагнитных волн на фронтах плазмообразования в широких атмосферных ливнях и при оптической ионизации сред», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.4. Радиофизика

Изучение трансформации электромагнитных волн на движущихся фронтах ионизации среды – тематика, которая периодически становится актуальной в связи с возникающими практическими задачами. В последние годы к таким задачам относится, прежде всего, разработка методов частотного преобразования микроволнового и терагерцевого излучений при ионизации полупроводниковых кристаллов фемтосекундными лазерными импульсами. Также большой интерес для практики вызывает недавно обнаруженный механизм генерации униполярных электромагнитных полей при ускорении фотоиндуцированных носителей выпрямленным полем фемтосекундного лазерного импульса на фронте многофотонной ионизации в электрооптическом кристалле. Большие усилия уже в течение длительного времени направлены на реализацию идеи радиолокационного обнаружения широких атмосферных ливней (ШАЛ) – релятивистски движущихся областей плазмообразования, порождаемых в атмосфере Земли космическими частицами высоких энергий. С поиском решений указанных актуальных задач и связана диссертационная работа Новоковской А.Л.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы и списка публикаций автора по теме диссертации.

Во введении приведен обзор литературы, обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цель и задачи, указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, указан личный вклад автора в получение результатов.

Первая глава посвящена исследованию отражения радиоволн от ультрарелятивистских фронтов ионизации, создающих сильностолкновительную

быстро распадающуюся плазму, что характерно для ШАЛ. С помощью аналитических и численных расчетов изучено влияние релятивистского фактора фронта, плотности и времени жизни плазмы, а также частоты столкновений электронов на частоту и амплитуду отраженной волны. Рассмотрен интересный режим «сверхсветового» движения фронта ионизации, который также может наблюдаться на практике. На основе сделанных оценок показана принципиальная возможность радиолокационного обнаружения ШАЛ и предложена схема ее практической реализации.

Вторая глава посвящена исследованию трансформации электромагнитной волны на фронте ионизации в нестационарном режиме, реализующемся в случае внезапной остановки фронта при достижении им границы ионизируемой среды. Нестационарность задачи существенно затрудняет теоретическое исследование, приводя к необходимости использовать преобразование Лапласа и методы контурного интегрирования. Наиболее интересным результатом как с теоретической, так и с практической точки зрения здесь является эффект генерации сильно сдвинутого вверх по частоте излучения в результате высвечивания в вакуум из плазмы скинующейся прошедшей волны.

Третья глава посвящена исследованию эволюции пространственно-временной структуры униполярных квазистатических электромагнитных предвестников, генерируемых фемтосекундными лазерными импульсами на фронте многофотонной ионизации в электрооптических кристаллах. Для решения этой задачи разработана квазианалитическая модель генерации предвестников, позволяющая рассчитывать их поля на произвольном расстоянии от области генерации. На основе расчетов описана динамика разрушения униполярности предвестника, указаны другие закономерности трансформации его волнового пакета.

Четвертая глава диссертации посвящена разработке метода генерации униполярных импульсов, основанного на отсечке первого полупериода от обычного (одно- или многопериодного) терагерцевого импульса с помощью нестационарного плазменного зеркала. Зеркало предложено создавать путем ионизации приповерхностного слоя полупроводникового кристалла фемтосекундным лазерным импульсом. Эффективность отсечки подтверждена численным моделированием, а затем продемонстрирована экспериментально.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Таким образом, в диссертационной работе с применением единого подхода рассмотрены электромагнитные явления на фронтах ионизации, создаваемых космическими частицами в земной атмосфере и лазерными импульсами в кристаллах. Полученные результаты имеют практическое значение для развития методов радиолокационного обнаружения космических частиц сверхвысоких энергий и частотного преобразования электромагнитных импульсов, а также для создания источников униполярных полей высокой напряженности. Диссертационная работа Новоковской А.Л. является завершенным исследованием и имеет несомненную научную новизну.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением апробированных теоретических, численных и экспериментальных методов. Результаты диссертации согласуются с имеющимися в литературе теоретическими и экспериментальными данными, прошли рецензирование в высокорейтинговых журналах и были представлены на научных конференциях.

По содержанию работы имеются следующие замечания.

1. В разделе 1.5 не хватает физического объяснения направлений прошедших волн, особенно смены направления распространения волны T2. Указано только математическое неравенство, достаточно сложное, но отсутствует обсуждение, каким именно факторам или процессам соответствует пороговое значение плотности плазмы. Также затрудняет восприятие отсутствие номеров волн на рис. 1.11. Данное замечание также частично относится к главе 2, где имеет место аналогичная смена направления прошедшей волны (рис. 2.1.).

2. Результаты главы 1 сформулированы не лучшим образом. А именно, при обсуждении практической значимости диссертации упоминается объяснение отрицательных результатов многолетних экспериментальных попыток радарного детектирования ШАЛ и влияние на прекращение работ по проектам TARA и MARIACHI. При этом проект MARIACHI не упоминается в основном тексте главы 1, а в выводах главы 1 нет четкой и краткой формулировки указанного объяснения. В общем Заключении диссертации в результатах главы 1 не указаны ни ошибки

предыдущих подходов к радарному детектированию ШАЛ, ни полученные в диссертации конкретные рекомендации.

3. В главе 3, в разделе 3.2 при обсуждении полученных результатов в сравнении с результатами FDTD расчетов, из текста непонятно, является ли согласование результатов количественным или только качественным. Также сравнение проведено только для формирования предвестника в кристалле. Поскольку в начале главы упомянуто, что FDTD расчеты могут проводиться и для малой дистанции за пределами кристалла, недостает комментария, почему для этого случая сравнение отсутствует.

4. В диссертации имеется некоторое количество опечаток. В частности, последний рисунок в главе 3 пронумерован как рис. 21, вместо рис. 3.4.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не ставят под сомнение достоверность полученных результатов и защищаемых положений. Тематика и содержание диссертации соответствует специальности 1.3.4. Радиофизика. Основные результаты диссертации опубликованы в 19 научных работах, в том числе 6 статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертации. Полученные в диссертации результаты являются новыми, обоснованными и представляют интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация Новоковской А.Л. «Трансформация электромагнитных волн на фронтах плазмообразования в широких атмосферных ливнях и при оптической ионизации сред» является завершённой научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Новоковская Алина Львовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

Официальный оппонент:
Старший научный сотрудник
Института прикладной физики РАН,
кандидат физико-математических наук
(01.04.08 Физика плазмы)
23 апреля 2026 г.



Грач Вероника Савельевна

Я, Грач Вероника Савельевна, даю согласие на обработку моих персональных данных (приказ Минобрнауки России от 01.07.2015 №662) и на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук Новоковской Алины Львовны.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А. В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»

Почтовый адрес: 603951, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Тел.: 8 (831) 4164648

Адрес электронной почты: vsgrach@ipfran.ru

Подпись В.С. Грач заверяю

Ученый секретарь ИПФ РАН



И.В. Корюкин