

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Румянцева Бориса Вадимовича на тему «Когерентное управление спектром генерации гармоник высокого порядка при воздействии парой широкополосных импульсов ближнего ИК, среднего ИК и терагерцового диапазонов на газовую среду», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Диссертационная работа Румянцева Бориса Вадимовича посвящена исследованию процесса генерации гармоник высокого порядка при воздействии на газовую среду интенсивного ($\sim 100 \text{ ТВт/см}^2$) фемтосекундного лазерного излучения, представляющего собой комбинацию излучения ближнего ИК, среднего ИК и терагерцового диапазонов длин волн, что, несомненно, является важной и актуальной проблемой современной физики сильного светового поля. В работе экспериментально реализована генерация гармоник высокого ($\sim 20\text{-}200 \text{ эВ}$) и низкого ($\sim 1\text{-}5 \text{ эВ}$) порядков с использованием данного излучения, а также проведён анализ наблюдаемых эффектов на основе аналитических расчётов и численного моделирования.

Процесс генерации гармоник высокого порядка является активно исследуемым эффектом в области физики сильного светового поля, что обусловлено как его фундаментальной значимостью относительно возможности регистрации аттосекундной электронной динамики в веществе, так и перспективой создания источников когерентного излучения мягкого рентгеновского диапазона на его основе. В настоящее время основной исследовательский интерес представляют задачи управления спектром генерируемого излучения гармоник и генерация всё более коротковолнового излучения. В связи с этим в диссертации проведено исследование возможностей управления и расширения спектра гармоник высокого порядка в двухцветной схеме генерации с использованием интенсивного (до $\sim 100 \text{ ТВт/см}^2$) фемтосекундного излучения ближнего (1.24 мкм) и среднего (4.5 мкм) ИК диапазонов, а также сильного (1-10 МВ/см) терагерцового (1-5 ТГц) поля. Возможность добавления длинноволнового поля среднего ИК- и ТГц -диапазонов к основному генерирующему излучению ближнего ИК диапазона в рамках экспериментов по генерации гармоник высокого порядка позволила автору получить ряд уникальных результатов с высокой научной значимостью. Во-первых, установлено, что добавление сильного (1-10 ТГц) терагерцового (1-5 ТГц) поля при генерации гармоник высокого порядка интенсивным ($\sim 100 \text{ ТВт/см}^2$) фемтосекундным лазерным излучением ближнего ИК диапазона (1.24 мкм) в аргоне приводит к появлению чётных компонент в спектре

гармоник высокого порядка за счёт нарушения внутрицикловой симметрии траекторий электрона. Во-вторых, продемонстрировано, что управление структурой спектра гармоник высокого порядка от отдельно стоящих комбинационных частот до квазинепрерывного спектра возможно при генерации двухцветной парой линейно поляризованных интенсивных фемтосекундных лазерных импульсов ближнего (1.24 мкм, ~ 100 ТВт/см²) и среднего (4.5 мкм, ~ 1 ТВт/см²) ИК диапазонов в газовой струе аргона. В-третьих, показано, что управляемое расширение спектра гармоник высокого порядка в условиях сохранения высокой эффективности преобразования возможно при двухцветном воздействии линейно поляризованных интенсивных фемтосекундных лазерных импульсов ближнего (1.24 мкм, ~ 100 ТВт/см²) и среднего (4.5 мкм, ~ 1 ТВт/см²) ИК диапазонов на струю инертного газа (криптон, аргон, неон, гелий), что обеспечивает генерацию излучения с квазинепрерывным спектром с энергиями фотонов до ~ 200 эВ при воздействии на гелий лазерных импульсов с длительностью ~ 100 фс.

Характеризуя представленную работу в целом, можно сказать, что она представляет собой оригинальное, целостное, законченное исследование, выполненное на высоком мировом уровне. Материалы диссертации опубликованы в 9 научных работах в авторитетных рецензируемых отечественных и зарубежных журналах и неоднократно докладывались на конференциях. Представленное исследование вносит значительный вклад в область генерации гармоник высокого порядка и создания источников когерентного излучения мягкого рентгеновского диапазона на основе данного эффекта с использованием отечественной элементной базы. Стоит отметить, что созданный в рамках исследования источник открывает возможности для проведения когерентной рентгеновской визуализации и время-разрешённой спектроскопии в мягком рентгеновском диапазоне с фемто- и аттосекундным временным разрешением, что представляет интерес для прикладных и фундаментальных направлений. Доклад Румянцева Б.В. по материалам его диссертации был заслушан с большим интересом на семинаре Отделения квантовой радиофизики им. Н.Г. Басова ФИАН.

В качестве замечаний, не снижающих общего положительного впечатления о работе, можно отметить следующее:

- 1) Для большей наглядности утверждения «увеличение длины среды до длины перетяжки генерирующего излучения позволило на порядок повысить эффективность генерации» спектры на Рис.2 следовало бы разместить на одном графике.

2) На Рис.7Б приведено сравнение измеренных зависимостей энергий чётных гармоник от задержки между ИК и терагерцовыми импульсами с модулем временной формы терагерцового поля, измеренным методом электрооптического детектирования. Чем обусловлена разница в положении экстремумов данных зависимостей?

3) В тексте автореферата не указано, чем обусловлены резкие границы спектров для аргона, неона и гелия в области низких энергий фотонов на Рис.11Е-Ж.

Тем не менее, автореферат диссертации Румянцева Б.В. отвечает всем требованиям, установленным МГУ имени М.В. Ломоносова, в частности, требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а соискатель Румянцев Бориса Вадимович, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Руководитель Отделения квантовой радиофизики им. Н.Г. Басова
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,
доктор физико-математических наук,
профессор

Ионин Андрей Алексеевич

20.11 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук
119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53
тел. +7(499)783-36-90, e-mail: ioninaa@lebedev.ru

Подпись руководителя Отделения квантовой радиофизики им. Н.Г. Басова
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН
Ионина Андрея Алексеевича удостоверяю:

Учёный секретарь Физического института им. П.Н. Лебедева РАН
кандидат физико-математических наук

Колобов Андрей Владимирович

20.11 2025 г.