

ОТЗЫВ

научного руководителя, доцента А.Б.Федотова

на работу Савицкого Ильи Владимировича «Формирование однопериодных фазостабильных импульсов ближнего инфракрасного диапазона для сверхбыстрой нелинейной спектроскопии», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика

Диссертационная работа И.В.Савицкого посвящена развитию техники формирования предельно коротких фазостабильных инфракрасных лазерных импульсов с длительностью порядка одного и менее цикла поля, а также демонстрации их применения в задачах сверхбыстрой фазочувствительной нелинейной спектроскопии и интерферометрии.

Исследования выполнялась в группе фотоники и нелинейной спектроскопии физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, в которой активно развивается подход к генерации суперконтинуума и сверхкоротких лазерных импульсов на основе нелинейно-оптического преобразования импульсов в полых антирезонансных фотонно-кристаллических волокнах. Илья Владимирович Савицкий принял активное участие в этих исследованиях во время обучения в магистратуре и аспирантуре физического факультета МГУ.

Задачи научной работы И.В.Савицкого связаны с реализацией методики пассивной стабилизации фазы поля относительно огибающей фемтосекундных импульсов, и, что не менее важно, полной характеристики их спектральных и временных характеристик. Кроме того, в задачи работы входит исследование динамики солитонной самокомпрессии фазостабильных импульсов в полном заполненном аргоном антирезонансном волноводе, которая приводит к формированию импульсов порядка одного цикла поля и менее, а также демонстрация применения подобных импульсов в задачах нелинейной спектроскопии, в частности, исследования фазочувствительной фотоионизации широкозонного полупроводника методикой накачка-зондирование.

Считаю, что с поставленными задачами И.В.Савицкий блестяще справился, и хочу отметить ряд основных научных достижений работы.

- Была продемонстрирована генерация многооктавного суперконтинуума в заполненном аргоном под давлением полем антирезонансном револьверном волноводе, при накачке фазостабильными импульсами холостой волны оптического параметрического усилителя. Показана возможность формирования фазостабильных однопериодных лазерных импульсов в режиме солитонной самокомпрессии в полых антирезонансных световодах. Восстановленная с помощью техники X-SEA-F-SPIDER спектральная фаза инфракрасной части импульса (> 1.0 мкм), демонстрирует компрессию импульса до длительности 6.6 фс. Показано, что фаза поля относительно огибающей однопериодного импульса стабильна ($RMS = 146$ мрад) и управляется с помощью обратной связи в системе подстройки задержки между импульсами в оптическом параметрическом усилителе.

- В видимой части спектра, формируемого в полом волноводе суперконтинуума продемонстрирована и исследована чувствительная к фазе входного импульса широкополосная спектральная f - $3f$ интерференция синего крыла суперконтинуума и третьей гармоники инфракрасной части излучения. Это дало возможность развить смешанную методику измерения (X-SEA-F-SPIDER и спектральная f - $3f$ интерференция), подтвердить формирование субпериодного импульса в полом антирезонансном световоде и оценить длительность импульса значением 2.5 фс (0.4 периода поля на длине волны 1.8 мкм), что при энергии 10 мкДж в основном пике соответствует мощности 2.1 ГВт.

- Реализован метод нестационарной спектроскопии взаимодействия однопериодных импульсов и широкозонного полупроводника (селенида цинка) в схеме накачка-зондирование. Показано, что фотоионизация тонкой пленки селенида цинка толщиной 1 мкм приводит к чувствительной к фазе импульса накачки генерации новых спектральных компонент. Численный анализ показал, что новые фазочувствительные спектральные компоненты генерируются за счёт плазменной нелинейной добавки к показателю преломления и нелинейного плазменного поглощения. Это демонстрирует возможность управления электронной динамикой в твердом теле с помощью предельно коротких импульсов с контролируемой фазой. Кроме того, анализ данного эффекта позволяет получить информацию об абсолютном значении фазы поля относительно огибающей импульса.

Необходимо обратить внимание, что часть представленного материала, связанного с генерацией предельно коротких импульсов, частично вошла в мою диссертационную работу «Спектрально-временные преобразования лазерных импульсов в микроструктурированных световодах для нелинейно-оптической спектроскопии», защита которой прошла 25 декабря 2024 года. В работе описан подход на основе использования полых антирезонансных световодов револьверного типа для обеспечения уникальных режимов нелинейно-оптического преобразования фемтосекундных импульсов накачки ближнего и среднего инфракрасного диапазона с субмилиджоулевыми уровнями энергий в режиме солитонной самокомпрессии. Это приводит к генерации мультиоктавного суперконтинуума и формированию высокоэнергетичных предельно коротких импульсов длительностью менее одного цикла поля и гигаватными уровнями пиковых мощностей. Вклад И.В.Савицкого в представленный материал отмечен в тексте моей диссертационной работы. Однако, ключевое отличие, особенность и значимость исследований И.В.Савицкого связаны с комплексным развитием техники генерации и использование именно фазостабильных импульсов.

Также хотелось бы также отметить роль и поблагодарить старшего научного сотрудника, к.ф.м.н. А.А.Ланина, который являлся научным руководителем И.В.Савицкого во время его обучения в магистратуре, продолжал оказывать ему поддержку на всех этапах его работы и безусловно оказал огромное влияние на формирование И.В.Савицкого как высококвалифицированного специалиста.

Все исследования выполнены на высоком научном уровне. Считаю, что работа соответствует всем требованиям и критериям, предъявляемым в МГУ имени М.В.Ломоносова к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика и рекомендую ее к защите и положительной оценке.

Доцент кафедры общей физики и волновых процессов
физического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова, к.ф.м.н.
(a.b.fedotov@physics.msu.ru.+74959393959)

Андрей Борисович Федотов
28 апреля 2025 года

«Подпись доцента А.Б.Федотова заверяю».

Ученый секретарь Ученого Совета
физического факультета МГУ,
профессор

С.Ю.Стремоухов