

ОТЗЫВ

Научного консультанта, профессора А.М.Желтикова,
на работу Федотова Андрея Борисовича «Спектрально-временные преобразования
лазерных импульсов в микроструктурированных световодах для нелинейно-оптической
спектроскопии»
предоставляемую на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
специальности 1.3.19. Лазерная физика

Диссертационная работа А.Б. Федотова посвящена исследованию нелинейно-оптического преобразования лазерных импульсов в различных типах микроструктурированных (фотонно-кристаллических) световодов. Исследования выполнялись в группе фотоники и нелинейной спектроскопии МГУ имени М.В.Ломоносова в период с 2000 по 2024 год. С момента начала работы над этой тематикой Андрей Борисович практически возглавил направление, связанное с развитием экспериментальных методик исследования нелинейно-оптических преобразований лазерных импульсов в микроструктурированных световодах и характеристики спектрально-временных параметров получаемых импульсов. Большое внимание в работе уделено развитию практического применения микроструктурированных световодов, что прежде всего отражается в реализации удобной платформы для нелинейно-оптической визуализации с использованием перестраиваемых сверхкоротких импульсов, в том числе для биомедицинских приложений. Им лично получен ряд пионерских результатов, которые составили основу для успешной работы в этом направлении. Развитые А.Б.Федотовым подходы далее успешно применялись и применяются студентами, аспирантами и сотрудниками, которые в том числе работали под его непосредственным научным руководством.

А.Б.Федотов является соавтором большого количества статей, которые отражают его значительный вклад в проведение исследований. Хотелось бы кратко выделить несколько развитых в диссертации результатов и подходов, которые имеют большое научное и практическое значение, и которые вряд ли могли быть получены без участия А.Б.Федотова.

Во-первых, это реализация технологичной платформы на основе фемтосекундного Cr:forsterite генератора с мегагерцовой частотой повторения импульсов и микроструктурированных волокон для получения перестраиваемых импульсов в широком спектральном диапазоне от 0.4 до 1.8 мкм. Такой спектральный диапазон покрывается за счет нескольких нелинейно-оптических явлений, которые были подробно исследованы и интерпретированы в диссертационной работе. Среди этих эффектов необходимо выделить солитонный самосдвиг частоты, излучение дисперсионных волн, генерацию третьей гармоники, а также дополнительная возможность преобразования частоты в нелинейных кристаллах. Энергия в получаемых импульсах варьируются от сотен пико- до нескольких наноджоулей при длительностях импульсов порядка 50-70 фс,

это обеспечивает пиковую мощность в десятки и сотни киловатт, что является необходимым уровнем для реализации задач нелинейной спектроскопии и микроскопии.

Во-вторых, применение этих импульсов было продемонстрировано в реализованных схемах нелинейно-оптической визуализации, в том числе на основе когерентного антистоксова рассеяния света (КАРС) как в ближней инфракрасной, так и видимой области спектра. Эффективность платформы была продемонстрирована в экспериментах по КАРС микроспектроскопии объектов различной природы (кремниевые элементы, искусственные алмазные пленки и ткани головного мозга).

В-третьих, в работе представлены возможности использования специфических волноводных свойств полых фотонно-кристаллических (микроструктурированных) волокон для транспортировки высокоэнергетичных импульсов с различными длительностями и пиковыми мощностями, а также в качестве сенсорных элементов для повышения эффективности газового анализа. Однако наиболее важным является использование полых антирезонансных световодов револьверного типа для обеспечения уникальных режимов нелинейно-оптического преобразования фемтосекундных импульсов накачки ближнего и среднего инфракрасного диапазона с субмиллиджоулевыми 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. Такие импульсы являются важным инструментом в области аттосекундной оптики или петагерцовой оптоэлектроники.

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

Профессор

А.М.Желтиков (26 сентября 2024 года)

«Подпись профессора А.М.Желтикова заверяю»
Генеральный директор ООО «МЦКТ»

Острась М.И.