

Заключение диссертационного совета МГУ.013.4  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 7 декабря 2023 г. № 22

О присуждении Синько Антону Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Генерация и взаимодействие терагерцового излучения с молекулярными кристаллами» по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки) принята к защите диссертационным советом «14» сентября 2023 г., протокол № 14.

Соискатель Синько Антон Сергеевич, 1995 года рождения, в 2018 году окончил магистратуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика» по программе «Нелинейная оптика и лазерная физика». В 2022 году окончил очную аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Лазерная физика».

Соискатель работает научным сотрудником в лаборатории терагерцовой фотоники и информационных технологий, Курчатовский комплекс Кристаллография и фотоника, отделение ИПЛИТ – Шатура.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, член-корреспондент Российской академии наук Шкуринов Александр Павлович, профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН Хохлов Дмитрий Ремович, МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра общей физики и физики конденсированного состояния, заведующий кафедрой
- доктор физико-математических наук Бункин Алексей Федорович, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», Научный центр волновых исследований ИОФ РАН, заведующий лабораторией лазерной спектроскопии
- кандидат физико-математических наук Герасимов Василий Валерьевич, ФГБУН Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, лаборатория 8-1, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 10 опубликованных научных работ, в том числе 10 научных публикаций по теме диссертации, из них 3 – научные статьи (10,7 п.л.) в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки). Все

представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. **Sinko A.**, Solyankin P., Kargovsky A., Manomenova V., Rudneva E., Kozlova N., Sorokina N., Minakov F., Kuznetsov S., Nikolaev N., Surovtsev N., Ozheredov I., Voloshin A., Shkurinov A. A monoclinic semiorganic molecular crystal GUNP for terahertz photonics and optoelectronics //Scientific reports. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 1–13. (WoS JIF = 4,9; 2,2 п.л.) // (А.С. Синько является ответственным автором за публикацию. Автором был проведен ряд экспериментов по ТГц спектроскопии и исследованию свойств генерации молекулярного кристалла GUNP. Под руководством А.С. Синько был проведен анализ экспериментальных данных экспериментов рентгеноструктурного анализа решетки кристалла, что помогло в интерпретации результатов остальных экспериментов.)
2. **Sinko A.**, Ozheredov I., Rudneva E., Manomenova V., Kozlova N., Lobova N., Voloshin A., Coutaz J.-L., Shkurinov A. Perspective on Terahertz Applications of Molecular Crystals //Electronics. – 2022. – Т. 11. – №. 17. – С. 2731. (WoS JIF=2,9; 6,2 п.л.) // (А.С. Синько является ответственным автором за публикацию. Автор провел комплексное исследование литературных данных по теме «Генерация терагерцового излучения в молекулярных кристаллах». Автор имел решающее участие в разработке концепции, анализе литературных данных, курировании группы соавторов.)
3. **Sinko A.S.**, Surovtsev N.V., Kargovsky A.V., Nikolaev N.A., Manomenova V.L., Kozlova N.N., Rudneva E.B., Voloshin A.E., Shkurinov A.P. Polarization sensitive Raman scattering and Stimulated terahertz emission from GUNP molecular crystal //IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology. – 2023. – Т. 13. – №. 5. – С. 526–538. (WoS JIF=3,5; 2,3 п.л.) // (А.С. Синько является ответственным автором за публикацию. Автором был проведен ряд экспериментов по ТГц спектроскопии и исследованию свойств генерации молекулярного кристалла GUNP. Под руководством А.С. Синько был проведен эксперимент по исследованию комбинационного рассеяния в кристалле GUNP. Анализ полученных данных проводился автором и позволил разработать модель генерации ТГц излучения в молекулярных кристаллах, обладающих низкочастотными колебательными резонансами.)

На диссертацию и автореферат поступило 5 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что они являются специалистами в области лазерной физики, а также взаимодействия излучения с веществом и имеют публикации по схожей тематике. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи, имеющей значение для развития лазерной физики и нелинейной оптики. В диссертационной работе представлены результаты экспериментальных исследований генерации узкополосного терагерцового излучения в молекулярных кристаллах при их взаимодействии с фемтосекундным импульсным лазерным излучением. Впервые получена генерация узкополосного терагерцового излучения в молекулярных кристаллах гидрофосфита гуанилмочевины, в кристаллах бифталатов натрия, калия и рубидия и в кристалле сахарозы. Рекордные для данной работы спектральные параметры генерации терагерцового излучения были получены для

молекулярного кристалла бифталата рубидия для выделенного направления X при температуре образца 6,3К: линия на 1,549 ТГц была измерена с шириной, не превышающей 2,2 ГГц, что соответствует длительности импульса более 455 пс. Предложен механизм генерации узкополосного терагерцового излучения на основе нелинейно-оптической восприимчивости второго порядка при выполнении условий фазового согласования, КР- и ИК- активности фоннных колебаний молекулярно-кристаллической решетки.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Проведенные исследования расширяют возможности использования молекулярных кристаллов с высокодобротными фоннными резонансами для создания источников излучения с управляемыми свойствами.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Параметры генерации узкополосного терагерцового излучения, такие как, например, частота, спектральная ширина и интенсивность, в молекулярных кристаллах при их взаимодействии со спектрально-ограниченным фемтосекундным лазерным излучением определяются электронной и фоннной резонансной колебательной нелинейно-оптическими восприимчивостями второго и третьего порядка, зависящими от оптических и структурных свойств молекул, из которых состоит кристалл, и симметричных свойств самого кристалла. При температуре 6,3К для молекулярного кристалла NaAP частоты генерации составляют 1,65, 1,98 и 2,31 ТГц, для кристалла KAP – 1,7, 1,95, 2,076 и 2,803 ТГц, для кристалла RbAP – 1,549, 1,576 и 1,973 ТГц при длине волны возбуждения 797 нм. При температуре 293К для молекулярного кристалла сахарозы частота генерации составляет 1,46 ТГц при длине волны возбуждения 797 нм.
2. Центральная частота и ширина спектральной полосы генерации узкополосного терагерцового излучения в молекулярных кристаллах могут не зависеть от длины волны возбуждающего спектрально-ограниченного фемтосекундного излучения, если влияние увеличения нелинейно-оптической восприимчивости второго порядка и выполнения условий фазового согласования, определяемые одновременно ИК- и КР- активными колебаниями решетки, превышает влияние поглощения в спектральной области фоннного резонанса. В случае, если эти условия не выполняются, например в кристалле CsAP, узкополосная генерация терагерцового излучения при возбуждении фемтосекундными импульсами не наблюдается.
3. В молекулярных кристаллах при разных взаимных ориентациях поляризации фемтосекундного лазерного излучения, кристаллической решетки и поляризации терагерцового излучения возможна генерация узкополосного терагерцового излучения с центральной частотой и шириной линии, определяемыми тензором диэлектрической восприимчивости в терагерцовой области частот. При температуре 10К для молекулярного кристалла GUPP частоты генерации составляют 1,106 ТГц для выделенного направления Z и 1,669 ТГц для выделенного направления X при длине волны возбуждения 797 нм или 1,1-1,5 мкм.

На заседании 7 декабря 2023 диссертационный совет принял решение присудить Синько Антону Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **18** человек, из них **7** докторов наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – **18**, «против» – **0**, недействительных голосов – **0**.

Председатель  
диссертационного совета МГУ.013.4  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Андреев Анатолий Васильевич

Учёный секретарь  
диссертационного совета МГУ.013.4  
кандидат физико-математических наук

Коновко Андрей Андреевич

Дата оформления заключения: 7 декабря 2023 г.