

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по научной работе

Федерального государственного учреждения
«Федеральный научно-исследовательский
центр «Кристаллография и фотоника»
Российской академии наук»



В.И. Соколов

« 2 » ноября 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Кононенко Тараса Викторовича
«Лазерно-индуцированные графитизированные микроструктуры в объеме
алмаза», представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика».

Диссертационная работа Т.В. Кононенко представляет собой фундаментально-прикладное исследование в области графитизации алмаза ультракороткими лазерными импульсами. Целью работы является разработка и совершенствование лазерных методов графитизации в объеме алмаза, что очень важно для современных технологий, особенно при разработке инновационных устройств на базе алмаза, в области высокоскоростной оптоэлектроники, детектирования рентгеновского излучения и высокоэнергетичных пучков ионов. Таким образом, **актуальность** данного исследования не вызывает сомнений.

Основное внимание в работе уделено глубокому анализу и исследованию применения ультракоротких лазерных импульсов. В случае алмаза структурная перестройка сопровождается несравнимо более масштабным изменением свойств материала, что делает лазерное микроструктурирование алмаза уникальным процессом, требующим как фундаментальных, так и прикладных исследований.

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты исследования, полученные лично соискателем.

Впервые исследован процесс формирования протяженных графитизированных микроструктур в объеме алмаза под действием ультракоротких и коротких лазерных импульсов. Кардинальное изменение оптических и механических характеристик материала при фазовой трансформации является причиной возникновения целого ряда специфических эффектов, которые отсутствуют при лазерном микроструктурировании других прозрачных материалов;

Выявлены уникальные особенности локальной лазерно-индуцированной графитизации, проходящей на значительном удалении от поверхности алмазного кристалла, что определяет возникновение проводящего наноструктурированного гетерофазного композита, который также никогда ранее не наблюдался.

Данные результаты имеют приоритетный характер и важны для развития теории неравновесных аллотропных переходов углерода.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что указанные специфические свойства важны для создания прототипов устройств на базе графитизированного алмаза: детекторов ионизирующего излучения и элементарных частиц с повышенными характеристиками эффективности и стабильности, высокоэффективных фотопроводящих алмазных антенн импульсного терагерцового излучения и фотонных структур модуляции пропускания в ИК и ТГц области спектра.

Достоверность результатов и выводов диссертации подтверждается использованием различных методов анализа внутренней структуры лазерно-модифицированного материала. Так же проведена апробация результатов работы на всероссийских и международных конференциях. Опубликовано достаточное количество работ, в том числе в ведущих научных журналах, входящих в международные базы научного цитирования.

Структура работы выстроена последовательно и логично. Диссертация содержит все необходимые разделы и характеризуется четкостью формулировок цели, задач и результатов. Диссертация состоит из введения, четырех глав и

заклучения. Полный объём диссертации составляет 196 страниц, включая 78 рисунков и 5 таблиц. Список литературы содержит 234 наименования.

Во **Введении** обоснована актуальность проведенных исследований, сформулированы цели и задачи данной работы, перечислены защищаемые положения, охарактеризована научная новизна и практическая значимость исследований.

Глава 1 содержит краткий обзор литературы современного состояния проблемы фазового перехода между двумя аллотропными формами углерода – алмаза и графита. Описаны существующие методы графитизации алмаза.

В **Главе 2** представлено экспериментальное исследование условий и кинетики роста лазерно-модифицированной области внутри алмаза в различных режимах облучения. Приведены детали экспериментов по лазерному микроструктурированию объема алмаза, включая описание использовавшихся алмазных образцов и задействованных лазерных систем, а также установки для создания и визуализации графитизированных микроструктур.

Глава 3 посвящена исследованиям внутренней структуры лазерно-модифицированного материала различными методами. Рассматриваются наведенные механические напряжения и возникновение микротрещин в алмазной матрице.

В **Главе 4** предложена модель распространения термостимулированной трещино-зависимой волны графитизации, позволяющая объяснить большинство выявленных фактов и закономерностей лазерного микроструктурирования алмаза.

В **Заключении** приводятся основные результаты и выводы, которые подтверждают сформулированные автором защищаемые положения.

Отмечая достоинства диссертационной работы, ее практическую значимость и научную новизну, следует указать на некоторые спорные положения и высказать замечания.

Замечания.

1. При анализе формирования графитовых структур в объеме алмаза для полного описания можно было бы привести анализ распределения температуры для различных профилей излучения и длительности лазерного импульса, поскольку в данной работе графитизация рассматривается исключительно как термостимулированный процесс – для неравновесных фазовых переходов даже небольшие флуктуации могут оказывать влияние на сформированную структуру.
2. При анализе фазового состава полученных структур следовало бы учесть образование различных фаз графена. Однако это представляется сложной задачей для описанной экспериментальной базы.
3. Результаты работы требуют уточнения термина «оптический пробой». Явление управляемого взрывного процесса и генерации электронной плазмы при ультракоротких импульсах воздействующего излучения и нетепловые фазовые переходы могут иметь место при формировании структур и так же объяснять особенности морфологии.

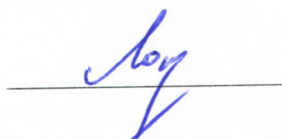
Заключение. Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Замечания не затрагивают положений и выводов диссертации. Объем и качество представленных результатов свидетельствуют о глубоком понимании сложных физических процессов и подтверждают высокую научную квалификацию диссертанта.

Диссертация Кононенко Тараса Викторовича «Лазерно-индуцированные графитизированные микроструктуры в объеме алмаза по своей актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 01.10.2018, с изм. От 26.05.2020) "О порядке присуждения ученых степеней", предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Кононенко Тарас Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика».

Научный доклад по материалам диссертации Т.В. Кононенко был заслушан на научном семинаре ИПЛИТ РАН – филиала ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН 13.10.2022 г. Отзыв на диссертацию и автореферат заслушан на научном семинаре ИПЛИТ РАН – филиала ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН 20.10.2022 г.

Отзыв подготовил

Лотин Андрей Анатольевич



А.А. Лотин

Заместитель руководителя ИПЛИТ РАН – филиала ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, к.ф.-м.н. по специальности 05.27.03 «Квантовая электроника»

Федеральное государственное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук»

Адрес: 119333 г. Москва Ленинский проспект д.59

Телефон: +7 (499) 135-63-11

E-mail: office@crys.ras.ru

Подпись А.А. Лотина заверяю

Ведущий специалист по кадрам ИПЛИТ РАН – филиала ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН



М.Н. Никонорова