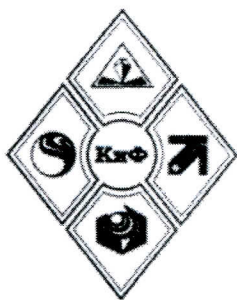


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА»  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
(ФНИЦ «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА» РАН)

ИНСТИТУТ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАН –  
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
(ИСОИ РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН)

Юридический адрес: 117342, г. Москва, ул. Бутлерова, 17А  
Телефон/факс: +7 (499) 135-63-11 E-mail: office@crys.ras.ru

Почтовый адрес: 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 151  
Телефон: +7 (846) 332-57-83 Факс: +7 (846) 332-56-20 E-mail: ipsi@smr.ru

ОКПО 02244730 ОГРН 1037739548747 ИНН/КПП 7736099104/631543001

18.02.2020 № 11205-59/22  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

**Кононенко Виталия Викторовича**

на тему «Лазерно-стимулированные процессы на поверхности алмаза»,  
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических  
наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика

Работа В.В. Кононенко посвящена проблемам импульсного лазерного воздействия на поверхность алмаза. Хотя первые экспериментальные исследования в этой области были проведены более 50-ти лет назад, в диссертации описаны совершенно новые для алмаза преабляционные режимы лазерного воздействия, в частности, наноабляционное травление поверхности монокристалла алмаза и аккумуляционная графитизация. Возможность наблюдать и исследовать указанные явления связана как с появлением лазерных систем, генерирующих короткие (нано-, пико- и фемтосекундные) импульсы УФ диапазона спектра, так и с кардинальным улучшением качества искусственных алмазов, получаемых методами осаждения в плазме. Исследуемые в работе процессы травления и трансформации алмаза вызывают особый интерес, поскольку задачи микро- и нанообработки поверхности алмаза, а также изменения ее свойств являются чрезвычайно актуальными на сегодняшний день. Значительная часть описанных исследований посвящена обнаруженному автором процессу лазерно-стимулированной генерации в алмазе структурных дефектов, а именно азотно-вакансионных комплексов (NV-центров).

Нет необходимости подчеркивать, что исследования указанных дефектов, в особенности, новые результаты по их созданию и позиционированию, вызывают в последние годы очень высокий интерес, связанный с их перспективами в квантовой оптике и сенсорике. Экспериментальное изучение



возможностей перестройки структуры алмаза в процессе лазерного воздействия оказывается важнейшим аспектом построения полностью углеродных систем для электроники, оптики, медицины и пр. Таким образом тематика представляемых автором исследований является безусловно актуальной и востребованной, полученные результаты новыми. Несомненным достоинством работы являются предложенные подходы к использованию лазерного излучения для создания элементов углеродной фотоники. Описан целый ряд прототипов таких устройств и приведены данные по их функционированию.

Среди результатов нужно отметить следующие:

1. Предложен простой и эффективный подход к улучшению кристаллографического качества графитизированного излучением поверхностного слоя.

2. Обнаружен и исследован новый режим многоимпульсного воздействия лазерного излучения на алмаз, в котором инициируется реакция поверхностного окисления алмаза - наноабляция. Получены экспериментальные данные, демонстрирующие связь скорости наноабляции и стимулированного излучением возбуждения плазмы в алмазе.

3. Показано, что между классической абляцией и наноабляцией имеет место особый режим лазерного воздействия на алмаз - аккумуляционная графитизация, протекающая с промежуточными же скоростями ( $10^{-4}$  - 1 нм/импульс).

4. Найден подход к лазерно-стимулированной генерации точечных дефектов в алмазе, что само по себе является важным феноменом, который ранее наблюдался исключительно в аморфных телах при наличии соответствующих прекурсоров.

Замечания по автореферату в основном касаются предлагаемых механизмов и их верификации:

1. Выдвинутая идея о влиянии акваслоя на скорость наноабляции выглядела бы более убедительно при сравнении полученных данных и данных, которые можно бы было получить при воздействии в сухой окислительной атмосфере.

2. Автором предложен механизм генерации NV-центров, в рамках которого лазерное воздействие сводится к поверхностной генерации вакансий. Азот при этом предполагается уже существующим в алмазе. В работе не обсуждается механизм, при котором азот доставляется непосредственно из атмосферы, а NV-центры формируются в поверхностных атомарных слоях.

3. Наблюдаемая, по утверждению автора, после рекомбинации носителей область с увеличенным показателем преломления может быть интерпретирована как формирование долгоживущих электронных состояний. Автору стоило бы рассмотреть эту возможность.

4. На экспериментальных графиках зачастую не указана ошибка измерения.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают значимости основных выводов диссертации. Работа В.В. Кононенко является хорошо логически построенным исследованием, которое, с одной стороны, в

части изучения особенностей абляции продолжает работы предшественников, а с другой, открывает несколько новых и достаточно неожиданных направлений в области лазерного воздействия на алмаз.

Представляемые результаты отражены в 23 статьях, опубликованных в высокорейтинговых журналах. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор, В.В. Кононенко заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Г.н.с. ИСОИ РАН – филиала  
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН,  
д.ф.-м.н., профессор

  
С.Н. Хонина

«17» февраля 2020 г.

Полное название организации и адрес:  
Институт систем обработки изображений РАН – филиала Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук (ИСОИ РАН)  
Адрес организации: 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 151  
Сайт: <http://www.ipsi.smr.ru>  
Телефон: +7 (846) 332-57-83; +7 (846) 333-61-23 (доб. 15)

E-mail: [khonina@ipsiras.ru](mailto:khonina@ipsiras.ru)

Подпись Хониной С.Н. заверяю.  
Учёный секретарь ИСОИ РАН  
д.ф.-м.н., профессор



  
Котляр Виктор Викторович