

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор Московского государственного

университета имени М.В. Ломоносова,

профессор



А.А. Федягин

22 » ОКТЯБРЯ 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Макарова Сергея Владимировича «Нано- и микроструктурирование поверхности металлов и полупроводников в воздухе при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «лазерная физика».

Диссертация С.В. Макарова посвящена исследованию процессов формирования нано- и микроструктур на поверхности твердых тел под действием фемтосекундных лазерных импульсов, а также разработке методик практических применений полученных результатов. Актуальность работы обусловлена прежде всего тем, что поверхностные структуры, получаемые при помощи этого относительно простого, универсального, высокопроизводительного и нетоксичного метода, обладают уникальными и ценными для практики свойствами. Кроме этого, в данной области осталось еще немало неразрешенных фундаментальных научных проблем, что обусловлено сложностью и разнообразием процессов, протекающих при воздействии мощных фемтосекундных лазерных импульсов на металлы и полупроводники. Это подтверждается тем, что в настоящее время метод фемтосекундной лазерной записи поверхностных нано- и микроструктур интенсивно обсуждается в ведущих научных изданиях. Таким образом, актуальность темы диссертационной работы С.В. Макарова не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, и списка литературы, включающего 192 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы ее цели и задачи, излагаются положения, выносимые на защиту, обосновываются научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе представлен достаточно полный обзор литературы, проанализированы публикации, посвященные изучению формирования поверхностных нано- и микроструктур при помощи импульсного лазерного воздействия. Обзор выполнен на высоком уровне, видно, что автор хорошо ориентируется в научных публикациях, касающихся темы диссертации.

Во второй главе описываются основные характеристики используемых в диссертационной работе фемтосекундных лазерных систем. Также описаны методики проводимых экспериментов.

В третьей главе приводятся результаты проведенных автором экспериментальных исследований по формированию поверхностных периодических структур под действием фемтосекундных лазерных импульсов. Приведены результаты измерений зависимости параметров структур от плотности энергии, длины волны, угла падения, поляризации, числа фемтосекундных лазерных импульсов. Обнаружен новый тип лазерно-индуцированных периодических структур, образующихся в различных материалах: наномасштабные решетки с периодом менее 200 нм, покрывающие гребни основной решетки рельефа и ориентированные перпендикулярно им.

В четвертой главе исследован эффект формирования конических микроструктур на поверхности титана. На основе экспериментально измеренных зависимостей усредненного объема микроконуса от плотности энергии и числа фемтосекундных лазерных импульсов показано, что образование данного типа структур происходит благодаря развитию неустойчивости рельефа поверхности. Продемонстрирован также оригинальный метод управления свойствами поверхностных структур при сканировании пучком поверхности, заключающийся в изменении пространственного профиля лазерного пучка.

В пятой главе представлен новый метод формирования металлических наноструктур, формируемых под действием фемтосекундных лазерных импульсов. Предлагаемый автором метод двухимпульсного воздействия отличается своей простотой, так как становится возможным использование образцов произвольной толщины, и, кроме этого, исчезает требование на острую фокусировку лазерного излучения. Ранее, подобные структуры получали только на тонких металлических пленках с использованием острой фокусировки.

В шестой главе автор демонстрирует и обсуждает ряд разработанных им практических применений лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы работы.

Разработанные в диссертационной работе приложения периодических поверхностных структур являются перспективными для практических задач современной оптики видимого и ИК диапазонов. Кроме этого, экспериментальные результаты, полученные в данной работе, представляют несомненный интерес для сопоставления с результатами моделирования процессов, происходящих на поверхности при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов в условиях сильно неоднородного пространственного распределения поглощенной энергии.

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается применением современных методов и средств проведения экспериментов, а также хорошим согласием полученных автором экспериментальных результатов с результатами расчетов и литературными данными.

Результаты диссертации прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях и школах, опубликованы в 13 статьях в ведущих российских и зарубежных рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК РФ.

Полученные в работе оригинальные результаты представляют большой научный и практический интерес для лазерной физики, оптики и физики конденсированного состояния вещества. Они могут быть использованы на предприятиях и в организациях Российской Академии Наук и Министерства образования и науки, в частности, в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, в МГУ им. М.В. Ломоносова, и других научных учреждениях.

В качестве замечаний отметим следующее:

1. Недостаточно обоснована гипотеза о неконгруэнтном испарении вещества из GaAs, выдвинутая для объяснения эффекта периодической химической модификации в главе 6. Обнаруженный эффект может быть связан с диффузией лазерно-индуцированных дефектов в приповерхностной области полупроводника.
2. Недостатком оформления работы является то, что первые несколько важных ссылок оказались в конце списка литературы.

Эти недостатки не снижают общую положительную оценку работы. В целом, диссертационная работа С.В. Макарова выполнена на высоком научном уровне. Оформление рукописи соответствует принятым нормам. Автореферат адекватно и полно отражает содержание диссертации и, по форме, соответствует требованиям ВАК РФ.

Считаем, что данная работа в целом соответствует требованиям, предъявляемым Положением ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, С.В. Макаров, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Лазерная физика» (01.04.21).

Доклад С.В. Макарова по данной диссертации заслушан 23 мая 2014 на семинаре кафедры Общей физики и волновых процессов и Международного учебно-научного лазерного центра МГУ им. М.В. Ломоносова и получил высокую оценку сотрудников кафедры и лазерного центра.

Заведующий кафедрой Общей Физики и Волновых Процессов
Физического факультета МГУ, профессор



Б.А. Макаров