

Отзыв официального оппонента Гиппиуса Н.А.  
на диссертационную работу Могунова Ярослава Александровича

«Пикосекундные импульсы деформации в наноструктурах диоксида ванадия  
со сверхбыстрым фазовым переходом»

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Могунова Я.А. посвящена взаимодействию когерентных гагагерцовых акустических фононов в форме импульсов деформации и пикосекундной динамики кристаллической решётки диоксида ванадия при лазерно-индуцированном структурном фазовом переходе первого рода в нём. Работа экспериментальная и носит фундаментальный характер.

Актуальность темы работы определяется расширением возможностей пикосекундной акустики. Эта область физики конденсированного состояния теперь изучает более широкий круг объектов, включая двумерные структуры и биологические объекты. Также пикосекундные импульсы деформации всё чаще служат для воздействия на сверхбыстрые процессы в различных материалах. Представленные в работе Могунова Я.А. результаты позволяют пикосекундной акустике сделать еще один шаг вперед за счёт вовлечения материалов со сверхбыстрыми структурными фазовыми переходами первого рода.

В работе Могунова Я.А. получены следующие новые научные результаты: показано, что пикосекундные импульсы деформации могут оказывать воздействие на долю материала, трансформируемого в новую фазу при сверхбыстром фазовом переходе. Также продемонстрирована генерация пикосекундных импульсов деформации высокой амплитуды за счёт сверхбыстрой трансформации кристаллической решётки при лазерно-индуцированном фазовом переходе, благодаря чему удалось снизить лазерный нагрев материала.

Практическая значимость результатов диссертационной работы Могунова Я.А. состоит в следующем: возможность управлять параметрами материалов со сверхбыстрым фазовым переходом, которое определяется внутренними свойствами самого фазового перехода, позволяет использовать импульсы деформации меньших амплитуд для воздействия на такие материалы. А возможность генерировать пикосекундные импульсы деформации с уменьшенным нагревом при сверхбыстрых структурных фазовых переходах позволит применять пикосекундную акустику для чувствительных к теплу объектов.

Результаты диссертационной работы Могунова Я.А. легли в основу четырёх публикаций, рецензируемых в базе данных Web of Science, три из которых – в ведущих мировых журналах по физике конденсированного состояния. Апробация работы проведена на 10-ти конференциях, в том числе 2-х устных докладов на тематических международных конференциях.

Достоверность полученных результатов определяется высоким уровнем публикаций в рецензируемых журналах, их непротиворечивость литературным данным, применением современных и проверенных экспериментальных методов и подробным обсуждением интерпретации полученных данных, а также согласию с построенными в работе феноменологическими моделями и численными расчётами.

Диссертационная работа Могунова Я.А. состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Общий объём диссертации составляет 198 страниц, включая 50 рисунков и 2 таблицы. Во Введении обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цель и задачи, а также выносимые на защиту Положения. В первой главе приводится обзор литературы по пикосекундной акустике, показано современное состояние этой области и стоящие перед ней вызовы. Во второй главе приводится обзор литературы по фазовому переходу в диоксиде ванадия, дана его характеристика, приведены релевантные параметры. В третьей главе описаны используемые в диссертационной работе образцы и методики исследования, приведены параметры конкретных образцов и схемы экспериментальных установок. Четвёртая глава посвящена исследованию фотоупругих параметров двух наноразмерных плёнок диоксида ванадия с разными параметрами и их изменения при фазовом переходе, проведённых при помощи пикосекундной акустики. Описана оригинальная методика определения фотоупругих параметров, продемонстрировано их изменение при фазовом переходе и зависимость результатов методики от морфологии изучаемого объекта. Пятая глава посвящена генерации пикосекундных импульсов деформации в наноразмерной плёнке диоксида ванадия, вызванная лазерно-индуцированным структурным фазовым переходом первого рода в VO<sub>2</sub>. Продемонстрирована генерация импульсов деформации высокой амплитуды и показано, что сверхбыстрый фазовый переход отвечает за генерацию деформации +0.45 %, происходящую нетермически. Приведены расчёты, демонстрирующие многократное уменьшение нагрева плёнки VO<sub>2</sub>. Шестая глава посвящена воздействию пикосекундного импульса деформации на nanoостровки диоксида ванадия, претерпевающие сверхбыстрый фазовый переход. Показано, что импульс деформации легко достижимой амплитуды может заметно, на 1 %, изменять свойства образца на пикосекундной временной шкале, при этом знаком и величиной изменения можно управлять. Приводится феноменологическая модель,

объясняющая эффект. В Заключение приводятся основные результаты работы и список публикаций Могунова Я.А.

Все результаты, перечисленные в диссертации, являются новыми. Диссертационная работа выполнена на хорошем научном уровне. Результаты опубликованы в таких известных журналах, как Nature Communications, Phys. Rev. Applied, Phys. Rev. Materials., сделаны доклады на известных международных и российских конференциях, что подтверждает достоверность полученных результатов.

В качестве замечаний по диссертационной работе Я.А. Могунова можно отметить следующее:

1. Для рассмотрения влияния импульса деформации на коэффициент отражения в диссертации используется формула 1.9 и её дальнейшие модификации 4.2-4.5, содержащие сумму двух вкладов, линейных по деформации. По-видимому, представленные выражения представляют собой приближённый результат, пренебрегающий следующими поправками по степеням деформации. Во избежание недоразумений, было бы желательно указать это в тексте явно.
2. На Рис 3.1 в), г) и д) представлены очень интересные результаты морфологического анализа формы nano островков в виде распределений по высотам и диаметрам. Однако из этих графиков не ясно, есть ли корреляции между высотой и диаметром nano островков, т.е. имеют ли они некоторую характерную форму, или высоты и диаметры статистически независимы. Например, на стр. 161 написано: «Такая ситуация действительно реализуется в изученных nano островках VO<sub>2</sub>, для которых аспектное соотношение составляет  $\sim 1/3$  (см. Рис. 3.1(г))», что косвенно указывает на наличие корреляций.
3. Учет статистического характера фазового перехода был произведён в плёнках (формулы 5.4-5.8) и не учитывается при рассмотрении фазовых переходов в nano островках. Хотелось бы увидеть в тексте чуть более подробное обсуждение выбора этих приближений.

Указанные замечания не отражаются на общем положительном впечатлении о диссертации.

Диссертационная работа оформлена аккуратно, материал представлен логично и последовательно. Автореферат и опубликованные статьи правильно и достаточно полно отражают содержание диссертации, которая является законченным исследованием, имеющим важное научное и прикладное значение для физики наноструктур.

Считаю, что диссертационная работа Могунова Ярослава Александровича "Пикосекундные импульсы деформации в наноструктурах диоксида ванадия со сверхбыстрым фазовым переходом" отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание

ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 "Физика конденсированного состояния" согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор Могунов Ярослав Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

доктор физ.-мат. наук,

профессор Центра фотоники и квантовых материалов

Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования

«Сколковский институт науки и технологий»

Гиппиус Николай Алексеевич

143026, Территория Инновационного Центра "Сколково",

Большой бульвар д.30, стр.1, Москва 121205, Россия

Телефон: +79104053378, e-mail: n.gippius@skoltech.ru

«Подпись Н.А. Гиппиуса заверяю»: