

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Колчина Александра Валерьевича «Структурные, оптические и электрофизические свойства фазопеременных пленок  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , облученных фемтосекундными лазерными импульсами», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 Физика полупроводников

Фемтосекундное лазерное облучение (ФЛО) поверхностей халькогенидного соединения  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (GST225) активно исследуется в контексте создания устройств энергонезависимой и перезаписываемой памяти, а также перестраиваемых элементов нанофотоники и нейроморфных систем. В значительной мере, такой спектр применений данного полупроводникового материала обусловлен обратимостью фазовых переходов, а также значительным контрастом оптических и электрофизических свойств для его аморфного и кристаллического фазовых состояний. Вместе с тем, ряд фундаментальных и прикладных вопросов, связанных с описанием процессов взаимодействия импульсного лазерного излучения с данным материалов, остается изученным на фрагментарном уровне. Перспективным, но слабо изученным остается возможность формирования т.н. лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур (ЛИППС) как перспективных для указанных приложений фотонных элементов. В этой связи, считаю весьма актуальной заявленную цель диссертационного исследования А.В. Колчина, направленного на установление взаимосвязи между структурными, электрофизическими и оптическими свойствами фазопеременных тонких пленок GST225, облученных фемтосекундными лазерными импульсами.

В качестве объекта исследования в диссертации были выбраны нанесенные на различные подложки тонкие аморфные пленки GST225, подвергнутые воздействию фемтосекундных лазерных импульсов с варьирующейся частотой и энергией. Следует отметить полноту проведенного экспериментального исследования в плане комплексной характеристики модифицированных импульсами пленок с применением современных методов электронной микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, рентгенофазового анализа, ИК спектроскопии, а также измерениями электропроводности. Полученные экспериментальные результаты хорошо согласуются с результатами численного моделирования.

В качестве ключевых результатов, обладающих существенной новизной, можно выделить:

1. Демонстрацию зависимости периода и морфологии GST225 ЛИППС от параметров воздействия фемтосекундными лазерными импульсами и типа подложек. В частности, лазерно-индуцированные решетки с периодом, близким к длине волны структурирующего излучения, формируются в результате генерации поверхностных плазмон-поляритонов; островковые пленки и нанокластеры с субволновым периодом – в результате самоорганизации расплавленного материала.
2. Описание кристаллизации аморфных тонких пленок GST225 вследствие ФЛО, сопровождающейся образованием ЛИППС.
3. Экспериментально подтвержденное наличие существенной анизотропии отражения и проводимости в GST225 ЛИППС.

Достоверность полученных результатов и сделанных выводов не вызывает сомнений. Результаты диссертационной работы были опубликованы в 6 рецензируемых журналах и

докладывались на 15 международных и всероссийских профильных конференциях. Опубликованные работы и автореферат в полной мере отражают содержание диссертации.

К тексту автореферата можно предъявить следующие замечания:

1. Из текста автореферата неясно, насколько сделанные относительно особенностей формирования ЛИППС выводы будут применимы при использовании пленок GST225 с толщиной, отличающихся от выбранного в работе диапазона, а также чем обусловлен выбранный диапазон толщин пленок 130-200 нм.
2. С учетом использования определенных длин волн лазерного излучения как для записи ЛИППС, так и для из характеристики (например, спектроскопия комбинационного рассеяния), в тексте автореферата сильно не хватает спектров пропускания/отражения всех использованных пленок.
3. В тексте автореферата достаточно сложно найти информацию о размере лазерного пучка при записи GST225 ЛИППС, а также проводились ли исследования влияния размера/формы пучка на их формирование.

Вместе с тем, указанные замечания не снижают научной ценности проделанного диссертационного исследования. Анализ представленной в автореферате информации позволяет заключить, что выполненная работа на тему «Структурные, оптические и электрофизические свойства фазопеременных пленок  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , облученных фемтосекундными лазерными импульсами» является законченным исследованием, полностью соответствующим критериям, предъявляемым к диссертации согласно Положению о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а ее автор, Колчин Александр Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 Физика полупроводников.

Даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Ведущий научный сотрудник  
ФГБУН Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН,  
кандидат физико-математических наук  
по специальности 01.04.21 Лазерная физика

Кучмижак Александр Андреевич

Адрес: 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5,  
ИАПУ ДВО РАН  
Тел.: +79140701626  
E-mail: alex.iacp.dvo@mail.ru

Подпись заверяю  
Начальник отдела кадров  
Бутова И.В.  
"11" "03" 2024 г.

