

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

Фемтосекундная лазерная обработка является перспективным способом модификации структуры различных твердых тел. Это касается и халькогенидного квазибинарного полупроводника $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST225), активно используемого в качестве базового материала в устройствах перезаписываемой и энергонезависимой памяти, перестраиваемой нанофотоники, а также нейроморфных систем благодаря возможности реализации в нем быстрых и обратимых фазовых переходов. В связи со сказанным, ставящаяся в диссертационной работе А.В. Колчина цель установления основных взаимосвязей между структурными, оптическими и электрофизическими свойствами полупроводниковых пленок GST225, облученных фемтосекундными лазерными импульсами с различными плотностями энергии различное время, с учетом обратимых фазовых переходов и формирования периодического рельефа поверхности, обеспечивает несомненную актуальность диссертации.

Объектом исследования были тонкие пленки GST225, изначально находящиеся в аморфной фазе. Облучение фемтосекундными лазерными импульсами позволило наблюдать в данных пленках как процессы кристаллизации, так и формирование лазерно-индуцированных поверхностных периодических структур (ЛИППС). Структурные, электрофизические и оптические свойства исходных и облученных фазопеременных пленок были изучены путем сопоставления результатов экспериментальной диагностики и теоретических расчетов, что обеспечило полноту и комплексность проведенного исследования.

К наиболее интересным и обладающим значительной степенью новизны результатам, на мой взгляд, можно отнести следующие:

1. Экспериментально и теоретически показано, что облучение тонких пленок GST225 при варьировании числа и энергии фемтосекундных лазерных импульсов, типа подложки приводит к формированию ЛИППС с различными периодами в результате фотоиндуцированной генерации поверхностных плазмон-поляритонов или самоорганизации в упорядоченные кластеры и островковые пленки при переносе вещества в расплаве.
2. На основании экспериментального анализа структуры и морфологии облученных пленок GST225, расчетов в рамках двухтемпературной модели доказана связь процессов формирования ЛИППС различных типов с лазерно-индуцированными фазовыми переходами.
3. Показано, что возникновение ЛИППС обуславливает анизотропию отражения пленок GST225 с контрастом до 4% в ближнем инфракрасном диапазоне спектра.
4. Показано, что растровое перемещение лазерного луча приводит к возникновению закристаллизованных каналов в тонких пленках GST225, вдоль которых проводимость на 1–5 порядков больше, чем в ортогональном направлении.

Достоверность полученных результатов и сделанных выводов не вызывает сомнений. Результаты диссертационной работы опубликованы в 6 периодических изданиях, 5 из которых индексируются базами данных Scopus, Web of Science и РИНЦ, а также апробированы на

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

К тексту и оформлению автореферата имеются замечания, не снижающее научной ценности проведенной работы:

- 1) Анализ динамики фазовых переходов в GST225, индуцированных в результате фемтосекундного лазерного облучения, основан только на теоретических расчетах в рамках двухтемпературной модели. Хотя есть возможность также получить о ней экспериментальные данные *in vivo* с помощью время-разрешенной спектроскопии методом "зонд-накачка".
- 2) Предположение о том, что в облученных образцах тонких пленок GST225, транспорт носителей заряда осуществляется по кристаллическим каналам, основан на полученных спектрах КРС и значениям энергий активации. Окончательно подтвердить такой вывод можно было бы с помощью метода просвечивающей электронной микроскопии.

В итоге, представленный автореферат 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 высокого уровня, полностью соответствует критериям, которым должны отвечать 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.

Доцент

кафедры лазерной физики

Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,

кандидат физико-математических наук по специальности

01.04.01 Экспериментальная физика

Петровский Виктор Николаевич