

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Озеровой Ксении Евгеньевны: «Особенности зарядки сегнетоэлектриков LiTaO_3 и LiNbO_3 при электронном и ионном облучении» по специальности 1.3.5. – физическая электроника

1. Структура и объём диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 113 страницах машинописного текста, содержит 52 рисунка и список литературы из 118 наименований. Следует отметить, что объём и структура работы вполне соответствуют требованиям «Положения» по оформлению диссертации. Материал диссертационной работы представлен в последовательности четко сориентированной на достижение поставленной общей цели и решение сформулированных во введении задач.

2. Актуальность диссертационной работы.

Облучение материалов ионными и электронными пучками в последнее время находит достаточно широкое применение для формирования различных структур в микро- и нанoeлектронике. В частности, можно упомянуть возможности электроннолучевой литографии, создания ионной бомбардировкой на поверхности металлов и полупроводников периодических квантовых точек, нанопроволок и др. Параметры таких структур легко управляются параметрами облучения (энергия пучка, угол падения, доза облучения). Для получения хорошо воспроизводимых результатов необходимо детальное изучение механизмов взаимодействия бомбардирующих частиц с поверхностью образцов. В представленной диссертационной работе представлены результаты взаимодействия электронных и ионных пучков с поверхностью сегнетоэлектриков ниобата и танталата лития, которые находят применение в оптоэлектронике. Облучение таких кристаллов, имеющих спонтанную поляризацию, сфокусированными

электронными и ионными пучками позволяет изменять направление вектора поляризации в области взаимодействия частиц с поверхностью, формировать регулярные доменные структуры. Известно, что бомбардировка диэлектриков заряженными частицами приводит к зарядке поверхности, как правило, положительным зарядом. Этот процесс достаточно хорошо изучен экспериментально и теоретически для простых диэлектриков. И имеется лишь незначительное число работ, посвященных исследованию механизмов зарядки сегнетоэлектриков. Поэтому актуальность темы диссертационной работы, посвященной изучению особенностей зарядки LiTaO_3 и LiNbO_3 при электронном и ионном облучении не вызывает сомнений.

3. Новизна полученных результатов.

В диссертационной работе впервые получен целый ряд новых результатов, среди которых хотелось бы выделить следующие:

- получены кинетические характеристики зарядки X , $+Z$, $-Z$ срезов кристаллов LiTaO_3 и LiNbO_3 , получены значения равновесного потенциала поверхности при электронном и ионном облучении кристаллов;
- обнаружены аномалии кинетических характеристик для X срезов при облучении электронами с низкой энергией, которые заключаются в том, что вначале поверхность имеет отрицательный потенциал, но с увеличением дозы облучения изменяет знак на положительный;
- аналогичное поведение имеет зарядка $+Z$ среза LiTaO_3 при облучении электронами низких энергий;
- установлены различия процессов зарядки кристаллов LiTaO_3 и LiNbO_3 ;
- предложены четырехслойная модель зарядки кристаллов при электронном облучении и трехслойная при ионном облучении, основанные на формировании электрических полей, созданных имплантированными заряженными частицами.

Следует отметить, что все наблюдаемые экспериментальные особенности автором диссертации достаточно аргументированно объяснены.

4. Степень обоснованности и достоверности полученных положений, основных результатов и выводов подтверждается использованием оригинальных экспериментальных методов измерения параметров зарядки поверхности, основанных на смещении энергетического пика вторичных электронов, хорошей воспроизводимостью результатов, хорошим согласием с имеющимися в литературе экспериментальными и теоретическими данными.

5. Практическая значимость результатов.

Полученные Озеровой К.Е. экспериментальные результаты представляют практический интерес при изготовлении точечных и линейных структур облучением фотонных кристаллов электронными и ионными пучками. Предложенные модели зарядки сегнетоэлектриков при облучении пучками заряженных частиц позволят корректно интерпретировать экспериментальные результаты.

6. Апробация работы.

Все результаты, представленные в диссертации, докладывались на 6 международных научных конференциях, опубликованы в 5 статьях.

7. Содержимое автореферата раскрывает основные результаты и выводы диссертации, соответствует перечню опубликованных работ. Материал автореферата позволяет раскрыть главные достоинства работы.

8. Замечания по работе.

1. В диссертации утверждается, что одним из достоинств проведения экспериментов является одновременность измерений следующих зарядовых характеристик образца: потенциала поверхности $V_s(t)$, токов эмиссии $I_\sigma(t)$ и токов смещения и утечки $I_{L+D}(t)$. Но в тексте приводится экспериментальная схема, где измерения потенциалов поверхности и токовых характеристик проводятся отдельно.

2. Учитывают ли как-то приведенные в тексте диссертации и автореферата формулы для распределений плотности зарядов и электрических полей влияние наличия слоя экранирующих зарядов?

3. В части работы, где приводятся экспериментальные результаты по облучению сегнетоэлектриков электронами, уделяется внимание отличительным особенностям зарядовых характеристик сегнетоэлектриков от зарядки классических диэлектриков. Но при этом не приводится ни одного сравнительного графика зарядовых характеристик классического диэлектрика при облучении электронами для наглядного объяснения различий в зарядке сегнетоэлектриков и диэлектриков.

4. Насколько автор учитывал конкретные значения коэффициентов распыления и упругого отражения ионов для определенных диэлектриков, так как эти параметры необходимо брать в расчет при взаимодействии ионов с диэлектрическими мишенями?

5. На мой взгляд, наличие списка обозначений многочисленных физических величин и параметров, используемых в работе, в значительной мере облегчило бы ознакомление с диссертацией и авторефератом.

Однако, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. В целом, по объёму представленного материала, научной новизне, фундаментальности и достоверности результатов, обоснованности защищаемых положений, практической значимости представленная диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.5. – «Физическая электроника», а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Работа оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Считаю, что Озерова Ксения Евгеньевна - заслуживает присуждения
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.5 – физическая электроника

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник лаборатории

«Диагностика микро- и наноструктур »

Ярославского филиала Физико-технологического института

им. К.А. Валиева РАН (ЯФ ФТИАН РАН)

БАЧУРИН Владимир Иванович

02 декабря 2022

Контактные данные:

тел. +7(9109704697), e-mail: vibachurin@mail.ru

Научная специальность: 01.04.04 – физическая электроника

Ярославский Филиал Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Физико-технологического института им. К.А. Валиева
Российской академии наук. 150007, г. Ярославль, ул. Университетская, д. 21,
(4852) 24-65-52

email: director@yf-ftian.ru

Подпись ведущего научного сотрудника ЯФ ФТИАН РАН доктора физико-
математических наук, доцента БАЧУРИНА В.И. удостоверяю

Заместитель директора

ЯФ ФТИАН им. К.А. ВалиеваРАН

Воронина Т.В.

02 декабря 2022года