

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Павельчук Анны Владимировны «Математическое моделирование процессов зарядки полярных диэлектриков в условиях электронного облучения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Структура и объем работы. В диссертации Павельчук А.В. представлены результаты разработки, исследования и построения вычислительных алгоритмов реализации математических моделей процессов зарядки полярных диэлектриков в условиях электронного облучения. Диссертационная работа, изложенная на 181 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 201 наименований и приложений. Первая глава представляет обзор литературы по предметной области, главы со второй по четвертую включают результаты собственных исследований автора, все главы взаимосвязаны. Во второй и третьей главах представлены: математическая модель процесса электронно-стимулированной зарядки диэлектриков, модификация математической модели с учетом эффекта запаздывания, вычислительная схема и алгоритм для реализации математической модели (алгоритм стохастического моделирования транспорта электронов в облученной мишени и конечно-разностная схема решения задачи математической физики). В четвертой главе приведены результаты разработки системы компьютерного моделирования, проверка адекватности результатов моделирования, интерпретация и анализ данных вычислительных экспериментов.

Актуальность темы диссертационного исследования. Актуальность темы исследования не вызывает сомнений, так как решение поставленных

задач позволяет выполнить анализ важных эффектов взаимодействия электронного облучения с диэлектриками, получая информацию о поведении физических систем с использованием вычислительного эксперимента. Решение подобных прикладных задач требует развития инструментальных средств, прикладного научного программного обеспечения, методов математического и компьютерного моделирования эффектов инжекции электронов и зарядки полярных диэлектриков.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

– разработана математическая модель процесса зарядки диэлектриков в присутствии эффекта запаздывания и вычислительный алгоритм для реализации модели;

– предложена гибридная вычислительная схема для реализации системы стохастического моделирования процессов инжекции электронов и численного моделирования характеристик зарядки диэлектриков;

– разработан программный комплекс, позволяющий проводить компьютерное моделирование процесса зарядки диэлектриков в установившемся и динамическом режимах;

– на основе вычислительного эксперимента проведены комплексные исследования характеристик зарядки для ряда сегнетоэлектриков при параметрах, соответствующих режимам управляемого переключения под действием электронного зонда.

Фундаментальная значимость и прикладное значение. Основным достижением автора являются разработанные и представленные в диссертации математическая модель динамической зарядки диэлектриков в присутствии эффекта запаздывания и программный комплекс, интегрирующий модули расчета электронных траекторий и характеристик процесса зарядки. Разработанные в диссертационной работе алгоритмы, вычислительные средства и система компьютерного моделирования

позволяют проводить комплексный анализ динамики инжекционных эффектов в полярных диэлектриках и служат основой для прогнозирования закономерностей поведения исследуемых систем по данным вычислительного эксперимента.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность обеспечиваются: использованием фундаментальных законов при построении математических моделей; корректным применением метода статистических испытаний (или метода Монте-Карло) для расчета электронных траекторий и сеточного метода расщепления для решения уравнения математической физики в присутствии эффекта наследственности; аналитическим исследованием конструируемых схем; верификацией результатов моделирования; согласованием частных результатов с результатами других авторов и с данными, полученными в среде визуального моделирования COMSOL Multiphysics.

Общая оценка работы. Оценивая диссертационную работу в целом, можно отметить, что материал логически построен, все расчеты, приведенные с применением разработанных соискателем комплексов программ, а также аппарата математического моделирования и численных методов, выполнены на высоком научном уровне. В диссертации получены оригинальные результаты одновременно в трех областях: математическом моделировании, численных методах и комплексах программ. Автором предложена математическая диффузионно-дрейфовая модель процесса зарядки диэлектриков при электронном облучении с учетом явления запаздывания. Разработана методика реализации математической модели и сконструирована вычислительная схема на основе метода Монте-Карло и конечно-разностного алгоритма решения функционально-дифференциального уравнения математической физики. Проведено проектирование и программная реализация системы компьютерного моделирования.

В тоже время работа не лишена **недостатков**.

1. Используемая модель не учитывает кулоновское взаимодействие между свободными электронами в пучке и, особенно, в заряженных доменах полярного диэлектрика. Оценка влияния этого взаимодействия на физические величины, такие как «объемная плотность зарядов», или «генерационное слагаемое» не проводилась. Выбор доверительных интервалов для неупругого и упругого взаимодействий заряженных частиц автором не обоснован.

2. Бары статистических ошибок для вычислительных экспериментов, проведенных методом Монте-Карло, не приводятся на графиках. Какой критерий для оценки качества результатов использовался? Например, см. рисунок 4.16 – автором не установлена точность оценки распределения потерь энергии электронами по глубине.

3. На рисунке 4.7 приводится сравнение результатов расчета транспорта электронов для тестового объекта (Ag) при $E_0=20$ кэВ, полученных в авторской программе, с результатами симуляции в программе CASINO и результатами симуляции в программе PENELOPE. Какими причинами можно объяснить визуальное различие в результатах расчета?

4. В диссертации встречаются неточности в обозначении переменных, констант, индексов и ошибки в нумерации рисунков. В некоторых формулах используются затрудняющие понимание обозначения (см. стр. 76 – нулевая степень). В некоторых местах вводятся одни и те же обозначения для разных физических величин, причем в одних и тех же параграфах, например, «Т» – температура (см. стр. 85) и «Т» – время действия источника (см. стр. 86). Имеются рисунки с одинаковыми номерами: дважды использован номер рисунка 4.17 – на стр. 156 и номер 4.18 на стр. 157. Некоторые формулы содержат нераспознанные символы (см. стр. 110). Обозначения векторных величин используются или не используются произвольно. В диссертации также содержатся отдельные орфографические и пунктуационные ошибки.

Данные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение. Диссертация Павельчук А.В. «Математическое моделирование процессов зарядки полярных диэлектриков в условиях электронного облучения» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития средств и методов математического и компьютерного моделирования неравновесных физических систем.

Следует отметить ее высокий научный уровень, теоретическое и прикладное значение. По материалам диссертации были опубликованы 24 работы, в числе которых публикации в изданиях, цитируемых российскими и международными наукометрическими базами. Получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты диссертационной работы достаточно полно изложены в опубликованных работах и автореферате, полностью отражают ее содержание и выводы.

Основные положения и результаты, полученные в диссертации А.В. Павельчук, соответствуют паспорту научной специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам паспорта специальности:

1) реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента;

2) комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента;

3) разработка систем компьютерного и имитационного моделирования.

Диссертационная работа «Математическое моделирование процессов зарядки полярных диэлектриков в условиях электронного облучения» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ «О порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013, № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Павельчук Анна

Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

Нефедев Константин Валентинович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры компьютерных систем.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»

690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8,

тел. +79089620000,

e-mail: nefedev.kv@dvfu.ru

 Нефедев Константин Валентинович

«07» мая 2018 г.

Подпись Нефедева К.В. заверяю:



