

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Егоренкова Владимира Александровича
на тему: «Многоэтапный итерационный процесс
для реализации консервативных разностных схем
при моделировании 2D и 3D полупроводниковой плазмы,
индуцированной оптическим импульсом»
по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»**

Диссертация В.А. Егоренкова посвящена практически важной проблеме: компьютерному моделированию процесса взаимодействия полупроводника с внешним электромагнитным полем, генерируемым лазерным импульсом. Эта проблема особенно актуальна для российской науки, потому что здесь используется наша сильная сторона: развитые математические методы и программное моделирование. Взаимодействие лазерного импульса с твердотельной структурой имеет большое число применений, например, при конструкции твердотельных квантовых гейтов необходимо знать свойства классического взаимодействия таких структур со светом. Такой процесс используется и при создании классических оптических переключателей, и иных полупроводниковых устройств.

Диссертант поставил конкретную задачу разработки итерационного процесса для реализации консервативных разностных схем для моделирования двухмерного и трехмерного процесса генерации полупроводниковой плазмы, который был бы существенно экономичнее существующих численных методов, при этом обладал бы консервативностью и асимптотической устойчивостью, а также демонстрации адекватности этого метода.

До работ Егоренкова общепринятым методом решения подобных систем был метод расщепления, когда на итерационном шаге вводился промежуточный слой по времени. Такая схема не обладает консервативностью, но самое главное — метод расщепления требует

уменьшения шага по пространству и времени при росте физического времени моделируемого процесса. Это делает время моделирования быстро растущим с ростом физического времени. Кроме того, отсутствие консервативности уменьшает достоверность моделирования.

Егоренков построил консервативную разностную схему для двумерной и трехмерной задач распространения оптического импульса в полупроводнике. Ее главным достоинством, помимо консервативности и асимптотической устойчивости, является то, что шаг по времени практически не растет с ростом реального времени моделируемого процесса. Для этого диссертант использовал известную и очень эффективную эвристику «возврата во времени» на шаге итерации, которую ему удалось с успехом приспособить к данной задаче. В методе Егоренкова время моделирования растет линейно с ростом физического времени процесса, что делает данный метод практически значимым. Кроме того, данный метод применим не только к исследованной диссертантом системе уравнения, но и к более широкому классу подобных задач. Этот результат является главным в работе. Он представляет собой существенный вклад в науку.

Диссертант сопроводил подробное описание своего метода полными доказательствами его консервативности и асимптотической устойчивости, обосновав тем самым его упомянутые достоинства. Кроме того, с помощью своего метода он воспроизвел на компьютере известный эффект абсорбционной оптической бистабильности, продемонстрировав характерную для него гистерезисную петлю, а также и другие эффекты, как влияния волны, отраженной от лазера - индуцированного домена высокого поглощения. Эффекты интерференции, возникающие в процессе, были подробно рассмотрены для разных режимов облучения полупроводника лазером и визуализированы.

Помимо данного результата, диссертант провел сравнение различных численных методов решения трехмерного уравнения Пуассона с граничными условиями Неймана — в качестве части системы дифференциальных

уравнений, включающих процесс реакции, конвекции и диффузии. Им было доказано, что прямые методы для подобных задач не пригодны, так как приводят к нарушению условия разрешимости задачи Неймана. Он точно очертил сферу применимости быстрого дискретного преобразования Фурье, которое ранее применялось к слишком широкому кругу задач, что приводило к некорректным результатам такого моделирования.

Далее, диссертант предложил новую модель рассматриваемого взаимодействия, включающую продольную дифракцию оптического пучка. С ее помощью он воспроизвел упомянутый эффект частичного отражения падающей волны от структуры в полупроводнике, индуцированной этой же волной.

В условиях оптической бистабильности им был обнаружен эффект появления спиральных волн концентрации свободных электронов полупроводника.

Диссертант создал специализированный программный комплекс на языке C++, не использующий внешних библиотек, с помощью которого он осуществлял численные эксперименты, подтверждающие свои выводы. Тем самым он избежал появления артефактов моделирования, часто возникающих при использовании сторонних программных продуктов, и сделал результат своей работы достоверными и полностью открытыми для проверки.

Диссертант не упомянул в своей работе эффекта выделения тепла при облучении полупроводника лазером; такой эффект всегда имеет место в процессах, описываемых классической физикой. Однако этот эффект фактически содержится уже в той основной системе уравнений, которую он исследовал, ввиду чего данное замечание можно считать редакционным; оно не умаляет значимости диссертационного исследования.

Работа Егоренкова сделана основательно и скрупулезно; она представляет собой законченный научный труд и представляет собой существенный вклад в науку.

Результаты диссертации полностью опубликованы в рецензируемых научных журналах. Автореферат точно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация Егоренкова Владимира Александровича отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Егоренков Владимир Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры суперкомпьютеров и квантовой информатики,
факультета вычислительной математики и кибернетики
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Ожигов Юрий Игоревич

подпись

19.10.2023 Дата подписания

Контактные данные:

тел.: +7 (495) 939-34-04, e-mail: ozhigov@cs.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 1.3.3. Теоретическая физика



Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 52,
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
факультет вычислительной математики и кибернетики
Тел.: +7 (495) 939-30-10; e-mail: cmc@cs.msu.ru

Подпись сотрудника МГУ имени М.В. Ломоносова

Ю.И. Ожигова удостоверяю:

Начальник отдела кадров

П.В. Денисов

дата



Удостоверяю
лист по кадрам

Т.Г. Коваленко