

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гайнуллина Ивана Камилевича "Трехмерный неадиабатический подход к расчетно-теоретическому описанию электронного обмена ионных пучков с металлическими поверхностями", представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям 1.3.5 – физическая электроника и 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Основной целью работы является создание методов трехмерного моделирования электронного обмена ионов с поверхностью и совершенствование существующих расчетно-теоретических моделей и подходов для учета неадиабатических эффектов, реальной электронной и атомной структуры поверхности. Для достижения данной цели автором решены следующие задачи:

1. Физическая модель формирования конечного зарядового состояния усовершенствована с учетом неоднородного рельефа поверхности и скорости движения атомной частицы.
2. Построена физическая методика трехмерного моделирования электронного обмена с учетом неадиабатических эффектов, неоднородной электронной и атомной структуры поверхности.
3. Разработаны численная схема и комплекс программ для трехмерного моделирования электронного обмена в больших пространственных областях.
4. Методика трехмерного моделирования и усовершенствованная физическая модель применены к решению новых классов задач, включающих влияние: атомной структуры поверхности и ее неоднородности, неадиабатических эффектов, дискретной электронной структуры наносистем.

В диссертации представлены усовершенствованная физическая модель и трехмерная расчетная методика. Результаты сравнения расчетов с экспериментом подтверждают корректность физической модели и работоспособность расчетной методики, что в совокупности повышает точность спектроскопии рассеяния медленных ионов. Из интересных фундаментальных результатов нужно выделить объяснение усиление нейтрализации положительных ионов на нанокластерах и анизотропию электронного перехода в плоскости поверхности, посредством чего было объяснено влияние ориентации ионного пучка на вероятность отрицательной ионизации водорода.

Диссертационная работа представляет интерес для специалистов в области физики поверхности и ионных пучков. Физическая модель и результаты моделирования отрицательной ионизации водорода могут быть использованы при создании источников отрицательных ионов.

На основании автореферата можно судить о том, что работа выполнена на высоком уровне, обладает научной новизной и завершенностью. Автореферат дает полное представление о работе. В целом диссертация написана грамотным научным языком, но в некоторых местах не хватает строгости в терминологии. Это замечание не умаляет достоинства работы.

Исходя из материалов, представленных в автореферате, можно заключить, что диссертационная работа "Трехмерный неадиабатический подход к расчетно-теоретическому описанию электронного обмена ионных пучков с металлическими поверхностями" соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в Положении о присуждении ученых степеней в МГУ им. М.В. Ломоносова, а ее автор – Гайнуллин И.К. – достоин присуждения степени доктора физико-математических наук по специальностям 1.3.5 – физическая электроника и 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Борисов Анатолий Михайлович, д.ф.-м.н., профессор кафедры "Технологии производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)"

Адрес: г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, 125993  
тел.: +7 (495) 915-54-41, e-mail: anatoly\_borisov@mail.ru

Доктор физ.-мат. наук,  
Профессор

А.М. Борисов