

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Михайлова Владислава Сергеевича «Моделирование распыления и рассеяния при ионном облучении бериллия и вольфрама – перспективных материалов первой стенки токамака-реактора», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 – физическая электроника.

Основной целью работы является разработка численного метода для определения надежных коэффициентов отражения частиц и распыления вольфрама и бериллия при бомбардировке различными ионами, а также для определения энергетических и угловых спектров распыленных/отраженных частиц для широкого диапазона характеристик бомбардирующих ионов, а также для различного состояния облучаемого материала. Для достижения данной цели автором решены следующие задачи:

1. Разработка численного кода для расчета коэффициентов отражения и распыления при облучении твердого тела потоком атомов или ионов. Сравнение расчетов с имеющимися экспериментальными данными. Выбор оптимальных параметров модели: тормозные способности на электронах, межатомный потенциал, энергия сублимации и др.
2. Расчет коэффициентов распыления бериллия и вольфрама при облучении изотопами водорода (H, D, T) для широкого диапазона энергий (от пороговой области до 100 кэВ) и угла падения пучка (от нормального, до скользящего угла).
3. Расчет коэффициентов отражения от бериллия и вольфрама при облучении изотопами водорода (H, D, T) для широкого спектра энергий (от пороговой области до 100 кэВ).
4. Расчет энергетических и угловых спектров распыленных частиц бериллия и вольфрама.
5. Расчет энергетических и угловых спектров отраженных частиц изотопов водорода от бериллия и вольфрама.
6. Расчет коэффициентов распыления вольфрама и бериллия атомами возможных примесей в токамаке.
7. Исследование влияния шероховатости поверхности (путем выбора поверхностного потенциала) на коэффициенты отражения, а также на характеристики распыленных частиц.
8. Оценка влияния распыления первой стенки токамака реактора из бериллия и вольфрама потоками быстрых атомов дейтерия и трития, покидающих горячую зону плазму.

В диссертации представлены результаты расчета ряда параметров, характеризующих распыление мишеней. Из интересных результатов нужно выделить изучение влияния шероховатости поверхности на коэффициенты отражения и характеристики распыленных частиц.

Диссертационная работа представляет интерес для специалистов в области УТС и физики поверхности. 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. Также следует отметить, что в защищаемых положениях и выводах не приводятся количественные оценки. Однако, эти замечания не умаляют достоинства работы.

Исходя из материалов, представленных в автореферате, можно заключить, что диссертационная работа «Моделирование распыления и рассеяния при ионном облучении бериллия и вольфрама – перспективных материалов первой стенки токамака-реактора» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Михайлов В.С. – достоин присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 – физическая электроника.

Гайнуллин Иван Камилевич, д.ф.-м.н., доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Физический факультет, Кафедра физической электроники.

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Физический факультет.

тел.: +7 (495) 939-17-87, e-mail: [Ivan.Gainullin@physics.msu.ru](mailto:Ivan.Gainullin@physics.msu.ru)

Доктор физ.-мат. наук,

Доцент

И.К. Гайнуллин

07.06.2024 г.

Подпись доктора физико-математических наук И.К. Гайнуллина заверяю

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г. \_\_\_\_\_ /С.Ю. Стремоухов /

Учёный секретарь Учёного Совета физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,  
доктор физико-математических наук, профессор С.Ю. Стремоухов.