

ОТЗЫВ

на автореферат 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

Исследование взаимодействие легких ионов (изотопов водорода и гелия) с поверхностью перспективных для использования в термоядерных установках (ТУ) материалов уже длительное время остается актуальной задачей, так процессы на стенках, связанные с распылением и отражением атомных частиц, во многом, определяют эффективность удержания плазмы в термоядерных установках. К настоящему времени накоплен определенный объем экспериментальных результатов по распылению материалов ТУ ионами изотопов водорода и гелия. Однако полученные данные отличаются разбросанностью и ограниченными значениями таких параметров процессов взаимодействия ионов с поверхностью, как энергия ионов, угол падения и др. Диссертационная работа Михайлов В.С. посвящена моделированию процессов, приводящих к распылению ионами изотопов водорода, гелия поверхности бериллия и вольфрама и их рассеяния. Поэтому **актуальность** представленной диссертационной работы не вызывает сомнений.

Основные результаты диссертационной работы получены путем моделирования. Для этого использовался уникальный код, разработанный автором работы, работающий в приближении парных столкновений на основе метода Монте-Карло. В работе отдельное внимание было уделено используемым потенциалам взаимодействия, а также моделям учета неупругих тормозных потерь на электронах. Также предложена модель по учету шероховатости поверхности через тип используемого поверхностного барьера.

В работе получен целый ряд **новых** результатов, имеющих большую **научную и практическую ценность**. Среди них хотелось бы выделить следующие.

Разработан уникальный код, работающий в приближении парных столкновений на основе метода Монте-Карло. Особое внимание уделено используемым потенциалам взаимодействия, а также моделям учета неупругих тормозных потерь на электронах.

Предложена модель по учету шероховатости поверхности через тип используемого поверхностного барьера. Очень интересным представляется полученный результат, показывающий, что распыление топографических неоднородностей атомарного размера (учитывается сферическим потенциальным барьером) превосходит распыление плоской поверхности.

Определённые коэффициенты отражения и распыления представляют интерес в области исследований по взаимодействию высокотемпературной плазмы с поверхностью, а полученные энергетические и угловые характеристики распыленных частиц необходимы для более точно моделирования динамики примесных частиц в реакторе.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается сравнением с экспериментальными данными, а также с модельными и расчетными данными других научных коллективов.

Результаты, полученные в ходе написания диссертационной работы, представлены на многочисленных международных научных конференциях, а также опубликованы в

восьми статьях в рецензируемых журналах, включенных в список ВАК, Scopus и Web of Science.

Автореферат написан хорошим языком, логически выстроен и содержит достаточно иллюстративного материала. В качестве недостатка можно отметить следующие;

1. В автореферате отсутствует информация о структуре диссертации – объем, количество ссылок на цитируемую литературу.
2. Более корректно говорить о диагностике и модификации *поверхности* твердого тела, а не твердого тела (с. 3)
3. Можно было ограничиться более коротким списком цитируемой литературы в автореферате.

Несмотря на отмеченные замечания, считаю, что работа Михайлова В. С. соответствует уровню кандидатской диссертации, полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 "Физическая электроника" согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор Михайлов Владислав Сергеевич несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника, доцент

Ведущий научный сотрудник лаборатории «Диагностика микро- и наноструктур» Ярославского филиала Физико-технологического института им. К.А. Валиева Российской Академии Наук (ЯФ ФТИАН им. К.А. Валиева РАН)

Бачурин Владимир Иванович

27.05.2024

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

Директор ЯФ ФТИАН им. К.А. Валиева РАН

Трушин О.С.

150007, Ярославль, ул. Университетская 41 (4852) 24-65-52, director@yf-ftian.ru

Ярославский Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технологического института им. К.А. Валиева Российской Академии Наук.