

Forschungszentrum Jülich GmbH · IEK-4 · 52425 Jülich

В Учёный совет
Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе
Российской академии наук
Учёному секретарю
Патрову М.И.

**Institut für Energie- und
Klimaforschung**
IEK-4: Plasmaphysik
Direktor des Instituts:
Prof. Dr. Christian Linsmeier

Ihr Zeichen:
Ihre Nachricht vom:
Unser Zeichen: 2020 AL11R
Unsere Nachricht vom:

Ansprechpartner:
Prof. Dr. Andrey M. Litnovsky
Organisationseinheit: IEK-4

Tel.: 02461 61-5142
Fax: 02461 61-5519
a.litnovsky@fz-juelich.de

27. Oktober 2020.

Отзыв на автореферат

диссертации Дмитриева Артёма Михайловича «Высокочастотный емкостной разряд и его взаимодействие с поверхностью диагностических зеркал в условиях ИТЭР»
на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

Решение проблемы так называемого «первого зеркала» является одной из критически важных инженерно-физических задач, которую необходимо решить при сооружении международного термоядерного реактора ИТЭР. Всего в реакторе насчитывается 35 оптических диагностических систем, в которых используется порядка 80 зеркал, обращённых к плазме и передающих излучение из плазмы на детекторы и спектрометры – первые зеркала. В процессе эксплуатации, диагностические первые зеркала будут подвергаться воздействию потоков частиц и излучения из плазмы, изменяющих и ухудшающих характеристики зеркал и как следствие, влияющие на общую работоспособность соответствующих диагностических систем. Оптические диагностические системы в ИТЭРе будут использоваться помимо прочих, для измерения таких жизненно важных параметров, как температура приёмных пластин дивертора, плотность и температура электронов и ионов. Отказ критически важных оптических диагностик, использующих зеркала может привести к невозможности эксплуатации ИТЭР. Для обеспечения необходимого ресурса эксплуатации и повышения надёжности оптических диагностик ИТЭРа, было решено снабдить большинство таких диагностик системами плазменной очистки первых зеркал от загрязнения материалом реактора, распыляемым плазменными частицами и осаждаемым на поверхности зеркал. Разработка узла плазменной очистки первого зеркала и изучение основных физических процессов в системе очистки зеркал и являются предметом диссертационной работы А.М. Дмитриева.

Автореферат диссертации позволяет сделать заключение о хорошо структурированной и продуманной диссертационной работе. Анализ содержания автореферата, в частности, вопросов об обосновании использования емкостного высокочастотного (ВЧ) разряда, оптимизация данного разряда, исследование границ применимости и эффективности разряда, завершённое созданием макета системы плазменной очистки, позволяют сделать вывод об оптимальной комбинации хорошо спланированного экспериментального физического исследования, глубокого анализа физических процессов и закономерностей в широком диапазоне внешних условий и важных инженерных решений по практическому применению полученных физических результатов.

В частности, выносимые на защиту результаты, включающие:

- Исследование параметров разряда: анализ функции распределения ионов по энергиям, влияние частоты высокочастотного поля на энергию ионов, исследование однородности распределения потока ионов вдоль поверхности при различных конфигурациях емкостного ВЧ-разряда;
 - Определение оптимальной конфигурации системы плазменной очистки, с опорным и с заземлёнными электродами в условиях симметричного и несимметричного разряда, как при наличии, так в отсутствии магнитного поля
 - Исследование распыления различных материалов первого зеркала ионами гелия, неона, аргона, криптона и ксенона при различной ВЧ-мощности подводимой в разряд;
- вносят исключительно важный научный вклад в проектирование блока плазменной очистки первых зеркал.

С другой стороны, создание макета системы очистки первого зеркала для системы активной спектроскопии атомов перезарядки в пристеночной плазме ИТЭРа создаёт обширный практический физический и инженерный задел в области построения системы очистки зеркал.

При изучении автореферата были выявлены некоторые небольшие недочёты и неточности:

- Заслонка диагностического канала, называемая в автореферате шаттером, в условиях реальных диагностических систем не всегда заземлена, как показано на рисунке 1, или заземлена вдалеке, на расстоянии нескольких метров от зеркала;
- Морфология со-осаждаемых слоёв на первом зеркале зависит от многих внешних факторов, таких как источник примесных атомов, характер и особенности со-осаждения, температура зеркала, геометрия диагностического канала, удаление от источника примесей и многих других. Металлические со-осаждаемые слои не всегда пористые, как утверждается в автореферате;
- На рисунке 3 непонятна энергия ионов, производящих распыление;

- Неверное обозначение оси абсцисс на правой части рисунка 3: верное обозначение W/Mo ;
- Также, уважаемый автор несколько склонен к употреблению английских терминов при наличии аналогов в русском языке.

Следует отметить, что отмеченные небольшие неточности никоим образом не уменьшают исключительной значимости диссертации А.М. Дмитриева для создания диагностических систем будущих термоядерных реакторов.

Будучи председателем экспертной группы по исследованию первого зеркала в рамках Международной программы по исследованию физики токамаков (International Tokamak Physics Activity, ИТРА), экспертного подразделения проекта ИТЭР, я часто контактировал с А.М. Дмитриевым и достаточно хорошо знаю его работы. Артём Михайлович Дмитриев является талантливым, глубоко мотивированным и одарённым молодым учёным, способным планировать и проводить самостоятельные научные исследования на самом высоком уровне, представлять и успешно отстаивать свои физические заключения как на интернациональных конференциях, так и на совещаниях международных экспертов.

Я считаю, что представленная работа достойна оценки «отлично», а её автор несомненно достоин присуждения научной степени кандидата физико-математических наук.

С уважением,

А.М. Литновский
Ведущий научный сотрудник
Гельмгольцевского научного центра в г. Юлих, Германия

Профессор кафедры физики плазмы
Института лазерных и плазменных технологий
Национального Исследовательского Ядерного Университета МИФИ
г. Москва, Российская Федерация.

27 октября 2020 года.