Очистка молибденовых зеркал от алюминиевых осаждений в вч-разряде

А.М. Дмитриев1, А.Г. Раздобарин1, Д.С. Самсонов1, С.В. Масюкевич1, Е.Е. Мухин1, С.Ю. Толстяков1, В.В. Семенов1, М.М. Кочергин1, Г.С. Kурскиев1, Ал.П. Чернаков1, Ан.П.Чернаков1, А.Н. Баженов1, А.Н. Коваль1, А.Е. Городецкий2, А.В. Маркин2, Р.Х. Залавутдинов2, В.Л. Буховец2, А.С. Смирнов3, Т.В. Черноизюмская3, А.А. Кобелев3

1Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,  
 г. Санкт-Петербург, Россия  
2Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,  
 г. Москва, Россия  
 3Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого,  
 г. Санкт-Петербург, Россия

Большинство оптических диагностик ИТЭР будут нуждаться в системах защиты и очистки первого зеркала. В процессе работы токамака будет происходить осаждение продуктов эрозии первой стенки - преимущественно бериллия — на ближайших к плазме элементах зеркальной оптики. Чистка в ВЧ-разряде является одной из наиболее перспективных технологий травления металлических осаждений с оптических поверхностей. Для моделирования бериллиевых покрытий, в связи с высокой токсичностью этого металла, исследуемые зеркала были покрыты тонкими пленками алюминия и его оксида. Алюминий и бериллий имеют схожие химические свойства: оба металла легко реагируют с кислородом образуя оксиды. Однако коэффициент распыления Al и Al2O3 существенно выше соответствующего коэффициента для Вe и BeO [1]. Таким образом успешная очистка исследуемых зеркал от алюминиевых пленок гарантирует применимость данной технологии для травления бериллиевых осаждений. В данной работе рассмотрены результаты экспериментов по чистке зеркал из поликристаллического молибдена в плазме ВЧ-разряда на частоте 81 МГц.

В работе продемонстрирована эффективность применения ВЧ-чистки для травления пленок Al/Al2O3 в плазме Ne и D2. Исследуемые зеркала выступали в качестве нагруженного ВЧ-электрода, на который подавалась различная мощность, измеряемая с помощью направленного ответвителя. В ходе экспериментов была обнаружена неравномерность травления, связанная с краевыми эффектами. В процессе работ измерялась энергия ионов, бомбардирующих заземленный электрод и величина постоянного смещения. Поверхность зеркал на разных стадиях эксперимента исследовалась с помощью эллипсометрии и интерференционной микроскопии. Было обнаружено, что продолжительная чистка в плазме ВЧ-разряда приводит к деградации поверхности поликристаллических молибденовых зеркал. В зависимости от рабочего газа разряда деградация поверхности объясняется селективным травлением (Ne) или блистерингом (D2). В качестве решения этой проблемы предложено использование монокристаллических и молибденовых зеркал с нанокристаллическими покрытиями [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной корпорации по атомной энергией «Росатом» (ГК от 31.12.2013 № Н.4к.52.9Б.14.1002) и Министерства образования и науки РФ.

Литература

1. Bodhansky J. et al 1979 Formation of various coatings and their behaviour under particle bombardment J. Nucl. Mater. 85–86 1145
2. Razdobarin A.G., Dmitriev A.M. el Al. 2015 RF discharge for in situ mirror surface recovery in ITER. Nucl. Fusion 55 (2015) 093022