ПЕРЕОСАЖДЕНИЕ УГЛЕРОДА В РАБОЧИХ И ТРЕНИРОВОЧНЫХ РАЗРЯДАХ ТОКАМАКА Т-10

С.А. Грашин, И.И. Архипов\*, В.П. Будаев, К.Ю. Вуколов, О.В. Ишевский

НИЦ «Курчатовский институт", Москва, Россия, [Grashin\_SA@nrcki.ru](mailto:Grashin_SA@nrcki.ru)  
\*Институт Физической Химии и Электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

В современных токамаках эрозия и последующее переосаждение материалов конструкционных элементов, взаимодействующих с плазмой, приводит к образованию пленок и пыли. Накопление изотопов водорода в таких пленках является серьезной проблемой при работе термоядерного реактора. Переосаждение распыляемых материалов приводит к деградации оптических элементов диагностик, расположенных в камере термоядерных установок (оптических зеркал, оптических окон). Для решения этих проблем необходимы эксперименты по измерению скоростей эрозии и переосаждения в различных режимах работы токамака и в различных участках камеры, исследованию состава и структуры осаждаемых пленок. Получаемая в таких экспериментах информация позволяет идентифицировать механизмы осаждения и крайне важна для разработки методов очистки как самой камеры токамака так и оптических элементов диагностик.

Для изучения переосаждения углерода, распыляемого с графитовых диафрагм Т-10, в различных точках пристеночной области экспонировались тестовые образцы и зеркала из кремния, нержавеющей стали и молибдена [1]. Переосаждение углерода исследовалось как в рабочих разрядах токамака Т-10, так и во время тренировочного разряда (индуктивный разряд Тейлоровского типа). Образцы экспонировались при различных температурах в диапазоне 20 – 220 Со.

В рабочих режимах Т-10 образуются твердые аморфные а-С:Н пленки [2]. При комнатной температуре скорость напыления на уровне стенки камеры вблизи диафрагм составляет 0.4- 0.5 нм/имп. В разрядах со срывами скорость осаждения в 2 – 2.5 раза выше чем в стабильных разрядах.В тренировочном индукционном разряде скорость напыления а-С:Н пленок на порядок ниже чем в рабочем режиме. Но вследствие большой длительности процедур очистки в Т-10 они дают значительный вклад в общее переосаждение распыляемого углерода и в загрязнение стенок камеры и элементов диагностик. Скорость осаждения в рабочем режиме резко падает при удалении от источника распыляемого углерода (графитовых лимитеров Т-10). По-видимому, тороидальный перенос распыляемого с лимитеров углерода достаточно слаб в пристеночной области Т-10. В то же время, в тренировочном режиме скорость осаждения не зависит от расстояния до лимитеров, что может говорить о принципиально ином механизме распыления и переноса углерода.

Для изучения температурной зависимости скоростей переосаждения углерода образцы экспонировались при фиксированных температурах 20, 120, 170 и 220 °C. Cкорость осаждения пленок резко уменьшалась уже при 170 °C. При температуре 220 °C пленки практически не образовывались. В рабочем и тренировочном режимах были получены масс-спектры газовой атмосферы вакуумной камеры. Эти измерения были синхронизированы с регистрацией температуры стенки и лимитеров Т-10. Анализ полученных данных дает возможность определить источник углерода и углеводородные соединения, которые могут принимать участие в образовании пленок на стенках токамака.

1. S.A. Grashin, I.I. Arkhipov et al. 38st EPS Conf. on Plasma Phys. and Nucl. Fusion, Strasbourg 2011, P2.062
2. I.I. Arkhipov , S.A. Grashin, et al Journal of Nuclear Materials 438 (2013) S1160–S1163