ФОТОННАЯ ЛОВУШКА: ОТ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
К НЕЙТРАЛИЗАТОРУ МОЩНОГО ПУЧКА ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ ДЛЯ ИТЭР

М.М. Атлуханов, А.В. Бурдаков, А.А. Иванов, И.А. Котельников, А.В. Колмогоров, С.С. Попов, М.Ю. Ушкова

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
 inp@inp.nsk.su
Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия,
 poly@admin.nsu.ru
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия,
 rector@nstu.ru

В работе рассматривается возможность использования нерезонансного накопителя фотонов (фотонная ловушка) для нейтрализации пучков отрицательных ионов, предназначенных для нагрева и диагностики плазмы в термоядерных установках, в частности, в ИТЭР. В настоящее время в инжекторах нейтральных атомов высокой энергии для нейтрализации пучка используются газовые мишени, эффективность которых составляет около 60%. В фотонной мишени, в которой используется реакция фотоотрыва, эффективность нейтрализации может достигать 100%. Несмотря на очевидные преимущества использования фотонейтрализатора в инжекторах большой мощности они до сих пор не реализованы. Это связано с исключительной сложностью и низким КПД предлагаемых систем, которые основаны на резонансных схемах, типа эталона Фабри-Перо.

Предлагаемый нами нерезонансный накопитель фотонов представляет собой систему зеркал специальной формы, которая обеспечивает многократное отражением лучей и их удержание в заданной области. В отличие от резонансных фотонных накопителей, излучение вводится в фотонную ловушку через отверстие в одном из зеркал и далее адиабатически «удерживается» между зеркалами так, чтобы не выйти через окна, прежде чем оно поглотится в зеркалах. Тем самым существенно ослабляются требования к качеству источника излучения и, фактически, отпадает необходимость пространственной и температурной стабилизации зеркал. В работе приводятся результаты расчетов и численного моделирования фотонной ловушки.

Экспериментальное исследование фотонной ловушки проводилось на стенде, в котором фононная ловушка длиной 20 см создавалась с помощью промышленного волоконного лазера с КПД 30% и мощностью до 2 кВт. Для измерения параметров мишени использовался пучок отрицательных ионов водорода или дейтерия с энергией 5 – 15 кэВ, который проходил вдоль ловушки в приосевой области. Степень нейтрализации пучка определялось с помощью масс-спектрометра, который измерял ослабление пучка отрицательных ионов при включении фотонной ловушки. Измеренный коэффициент нейтрализации пучка отрицательных ионов составляет ~95% для дейтериевого пучка с энергией 10 кэВ и, соответственно, ~65% для водородного пучка с энергией 14 кэВ.

На основе экстраполяции полученных данных рассмотрены возможные конструкции фотонного нейтрализатора для установки ИТЭР.