Нерезонансный фотонный нейтрализатор мощных пучков отрицательных ионов для ИТЭР

Попов С.С., Атлуханов М.Г., Бурдаков А.В., Иванов А.А., Котельников И.А., Листопад А.А.

Институт ядерной физики им. Будкера СО РА, Новосибирск, Россия, S.S.Popov@inp.nsk.su

Одним из ключевых параметров будущих термоядерных реакторов является энергетическая эффективность нейтральной инжекции, поскольку это один из главных источников нагрева. В свою очередь полный КПД такого нагрева сильно зависит от эффективности нейтрализации мощных пучков отрицательных ионов. Как правило, в силу простоты и технологической проработанности в проектах мощных инжекторов закладывается газовая нейтрализация. Однако она имеет существенное ограничение по эффективности, например, при требуемой энергии 1 МЭВ она составит не более 60% [1].

Альтернативным подходом может быть фотонная мишень, допускающая выход атомов близкий к единице. С момента первых рассмотрений этой идеи в литературе [2] было предложено множество вариантов создания фотонного нейтрализатора. Как правило, все они базируются на накоплении фотонов в резонаторах типа Фабри-Перо. Это требует высокотражающих зеркал, мощных источников с узкой линией генерации и точного позиционирования оптических элементов[3].

В сообщении [4] была представлена концепция нерезонансного адиабатического фотонного нейтрализатора для ИТЕР с эффективностью более 95% на основе системы зеркал с многократным отражением. Данный подход включает инжекцию излучения промышленными высокоэффективными волоконными лазерами и свободен от перечисленных выше проблем.

В настоящей работе осуществлена экспериментальная проверка предложенных ранее принципов и построен оптический накопитель для малоразмерного пучка отрицательных ионов. Накопитель соответственно [4] образован двумя непрерывными гладкими поверхностями, составленными из нескольких отдельных сферических и цилиндрических зеркал с радиусом кривизны 250 мм и характерным размером 50 мм. Полученный коэффициент усиления потока лучистой энергии в зоне нейтрализации по отношению к инжекции составил величину 300÷400. Основные потери связаны со стыками отдельных зеркальных элементов. Увеличивая размеры элементов по отношению к толщине стыков накопление можно существенно улучшить.

Полученные результаты подтверждают перспективность метода нерезонансного фотонной мишени для нейтральной инжекции мощных термоядерных установок.

Литература

1. R. Hemsworth, H. Decamps, J. Graceffa, at al. //Nucl. Fusion, 2009, Vol.49, P1.
2. J.H. Fink, A.M. Frank, Photodetachment of electrons from negative ions in a 200 keV deuterium beam source, Lawrence Livermore Natl. Lab. (1975), UCRL-16844.
3. M. Kovari, B. Crowley // Fusion Engineering and Design, 2010, Vol.85, P.745–751.
4. С.С. Попов, А.В. Бурдаков, А.А. Иванов, И.А. Котельников. Нерезонансный фотонный накопитель для нейтрализации мощных пучков отрицательных ионов. // Тезисы докладов XXXIX Международной (Звенигородской) конференции по физике плазмы и УТС, Звенигород, 2012, стр.232.