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](mailto: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.