Поиск эффективных методов генерации пучков отрицательных ионов водорода с использованием плазмы ЭЦР разряда [[1]](#footnote-1)\*)

1Лапин Р.Л., 1,2Скалыга В.А., 1Изотов И.В., 1Голубев С.В., 1Разин С.В., 1Боханов А.Ф., 1Казаков М.Ю., 1Шапошников Р.А., 3,4Тарвайнен О.

1Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия  
2Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
 Нижний Новгород, Россия  
3Лаборатория Резерфорда — Эплтона, Харуэлл, Великобритания  
4Университет Йювяскюля, Йювяскюля, Финляндия

Источники отрицательных ионов водорода широко применяются в современной физике, например, для инжекции в ускорители или в нейтральных инжекторах для нагрева плазмы в установках по исследованию управляемого термоядерного синтеза [1]. В предыдущих работах было показано, что использование плазмы ЭЦР разряда, поддерживаемого излучением гиротрона, может быть перспективно для получения отрицательных ионов водорода и позволяет получать импульсные пучки с плотностью тока до 80 мА/см2 [2]. Некоторые процессы в низкотемпературной водородной плазме, играющие важную роль в генерации и диссоциации отрицательных ионов, сопровождаются излучением вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) диапазона [3]. Исследование ВУФ излучения плазмы позволяет оценить характеристики плазмы и константы реакций плазмохимических процессов, что в дальнейшем может быть использовано для оптимизации источника ионов H-.

В работе представлены результаты исследований двухстадийной объемной генерации отрицательных ионов с использованием ЭЦР разряда с квазигазодинамическим режимом удержания плазмы. Система состояла из двух ступеней, в первой из которых происходило возбуждение высоких колебательных уровней молекул водорода в результате взаимодействия c т.н. “горячими” электронами (50 — 100 эВ), во второй — диссоциативное электронное прилипание “холодных” электронов (≤ нескольких эВ) к возбужденным молекулам. Эксперименты проводились с плазмой, поддерживаемой излучением гиротрона (37 ГГц/100 кВт) и удерживаемой в системе из двух последовательно состыкованных простых магнитных ловушек. Для реализации двухстадийной схемы плазма генерировалась в первой ловушке и перетекала во вторую через металлическую сетку. Сетка предотвращала прохождение СВЧ излучения во вторую ступень системы, что позволяло накапливать в ней фракцию “холодных” электронов, рождающихся в результате ионизации нейтрального газа.

Было проведено исследование ВУФ излучение плазмы ЭЦР разряда в трёх диапазонах, соответствующих атомарной линии Lyα (122±10 нм) и молекулярному излучению в полосах Лаймана (160±10 нм) и молекулярного континуума (180±20 нм), в обеих камерах. Были измерены зависимости мощности ВУФ излучения вблизи оптимума по току ионов H- от параметров системы. Было показано, что излучение диапазона молекулярного континуума превалирует в первой камере, в то время как во второй наибольшее значение имеет мощность излучения линии Lyα. Была предложена модернизация экспериментальной схемы для дальнейшей оптимизации генерации пучков отрицательных ионов водорода.

Литература

1. M. Bacal and M. Wada. Negative hydrogen ion production mechanisms. Appl Phys Rev, 2:021305–1–31, 2015.
2. R.L. Lapin, I.V. Izotov, V.A. Skalyga, S.V. Razin, R.A. Shaposhnikov and O. Tarvainen. Gasdynamic ECR ion source for negative ion production. J Instrum, 13:C12007–1–8, 2018.
3. J. Komppula, O. Tarvainen, S. Lätti, T. Kalvas, H. Koivisto, V. Toivanen, and P. Myllyperkiö. VUV-diagnostics of a filament-driven arc discharge H- ion source. AIP Conf Proc., 1515:66–73, 2013.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Lt/en/FJ-Lapin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)