Ионно-оптическая система нагревного инжектора для токамака TCV

1Белов В.П., 1,2Давыденко В.И., 1,2Иванов А.А., 1Капитонов В.А., 1Мишагин В.В., 1Сорокин А.В.

1Институт Ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия,
 al.v.sorokin@inp.nsk.ru
2Новосибирский Государственный Университет, Новосибирск, Россия

На токамаке TCV (Лозанна, Швейцария) планируется проведение серии экспериментов с инжекцией в плазму мощного пучка нейтральных атомов [1]. Пучок атомов дейтерия с энергией 30 кэВ, мощностью 1 МВт и длительностью 2 секунды должен быть инжектирован в плазму через порт в камере токамака размером 170х220 мм. Ранее в ИЯФ СО РАН была изготовлена серия нагревных инжекторов [2,3] для установок С-2 (TAE, Ирвайн, США) и COMPASS-D (Прага, Чехия). Параметры созданных инжекторов (40 кэВ, 1 МВт, 1 секунда) обуславливают возможность применения большинства узлов в новом инжекторе.

Во время работы инжектора на ускоряющих электродах выделяется тепловая мощность, характерная величина которой составляет около 1 % от мощности ионного пучка на каждый электрод [4]. Ионно-оптическая система инжектора [2], работающая на собственной теплоемкости, не применима в инжекторе с увеличенной длительностью рабочего импульса. При помощи кода PBGUNS проведена численная оптимизация под требуемые параметры, и выполнены тесты элементарной ускоряющей ячейки ионно-оптической системы. Предложены два варианта ионно-оптических систем, использующих оптимизированную ячейку. Первый вариант основан на электродах с пассивным охлаждением между импульсами, второй вариант предусматривает активное охлаждение электродов протекающей водой и может быть использован для стационарного режима работы. Каналы для активного охлаждения предполагается делать методом электроосаждения материала в гальванической ванне, для чего проведены технологические пробы, а полученные образцы подвергнуты испытаниям.

Литература

1. A.N. Karpushov, B.P. Duval, R. Chavan, E. Fable, J.-M. Mayor, O. Sauter, H. Weisen; A scoping study of the application of neutral beam heating on the TCV tokamak; Fusion Engineering and Design, 86 868–871 (2011) DOI:10.1016/j.fusengdes.2011.02.077
2. A. Sorokin, V. Belov, V. Davydenko, P. Deichuli, A. Ivanov, A. Podyminogin, I. Shikhovtsev, G. Shulzhenko, N. Stupishin, M. Tiunov,Characterization of 1 MW, 40 keV, 1 s neutral beam for plasma heating, Review of the Scientific Instruments, v.81, N2, Part II, 2010
3. P. Deichuli, V. Davydenko, V. Belov, A. Gorbovsky, A. Dranichnikov, A. Ivanov, A. Sorokin, V. Mishagin, A. Abdrashitov, V. Kolmogorov, A. Kondakov,Commissioning of heating neutral beams for COMPASS-D tokamak, Review of Scientific Instruments 83, 02B114 (2012)
4. M.M. Menon, C.C. Tsai, J.H. Whealton, and D.E. Schechter, J. Appl. Phys., 58, 3356 (1985)