

Перехват отраженных электронов в системах формирования ВЭП с нарушенной аксиальной симметрией

И.Е. Уткина¹, К.А. Лещева^{2,3}, В.Н. Мануилов^{2,3},

¹Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики

²Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

³Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН

Аннотация: в данной работе выполнено численное моделирование процесса формирования электронного пучка со специальным азимутальным распределением тока эмиссии в МИП при использовании несимметричного электрода, установленного в переходной области системы формирования. Исследован процесс перехвата захваченных в адиабатическую ловушку электронов.

Ключевые слова: гиротрон, винтовой электронный пучок, адиабатическая ловушка, несимметрия эмиссии

Адиабатические аксиально-симметричные магнетронно-инжекторные пушки (МИП) используются в гиротронах для формирования винтовых электронных пучков (ВЭП) [1]. Спецификой МИП является наличие магнитного зеркала перед входом частиц в резонатор гиротрона и электростатического зеркала в области катода. В то же время МИП, в силу целого ряда причин, формирует ВЭП с существенным (порядка 20-30%) разбросом вращательных скоростей частиц, что при попытке реализовать высокие значения питч-фактора (обычно при $g > 1.2-1.5$) уже приводит к отражению частиц от магнитного зеркала и последующему их накоплению между электростатическим и магнитным зеркалами. Если накопленный таким образом заряд становится сопоставим с зарядом первичного (идущего к резонатору без отражения) пучка электронов, в ВЭП развиваются низкочастотные неустойчивости.

Одним из простейших способов снизить долю захваченных в адиабатическую ловушку электронов является их перехват анодом МИП [2], либо расположенным в переходной области специальным электродом, имеющим форму лопасти – см. рис.1. Однако первый способ эффективен только для МИП, работающих в слабо закритическом режиме, а второй приводит к большим потерям тока пучка и перегреву указанного электрода, что делает сложным его использование в непрерывном режиме. В то же время, если помимо нарушения симметрии электродов (электрод на рис.1) использовать также и нарушение аксиальной симметрии тока эмиссии МИП (рис.2), то можно обеспечить условия, при которых первичный пучок проходит через указанный электрод без перехвата, а отраженные электроны, за счет азимутального дрейфа в области электростатического зеркала перехватываются соответствующими участками электрода за малое число колебаний в ловушке. Ток таких электронов относительно невелик, что упрощает проблему охлаждения и позволяет надеяться на реализацию этого принципа в длинноимпульсном и непрерывном режимах.

В докладе выполнено численное моделирование процесса формирования электронного пучка со специальным азимутальным распределением тока эмиссии в МИП при использовании специального несимметричного электрода, установленного в переходной области системы формирования. Исследован процесс перехвата захваченных в адиабатическую ловушку электронов. Найдены оптимальная геометрия

перехватывающего электрода и соответствующий закон эмиссии электронов на катоде МИП

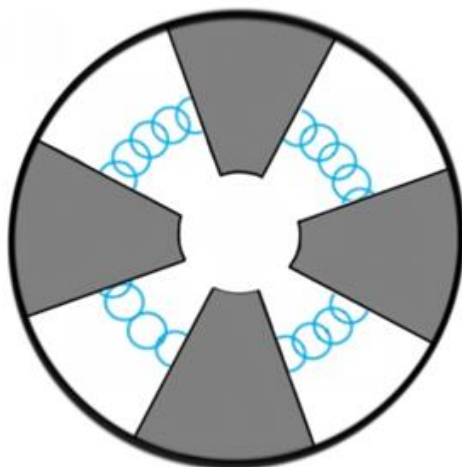


Рисунок 1. Схема лопастей, расположенных в МИП

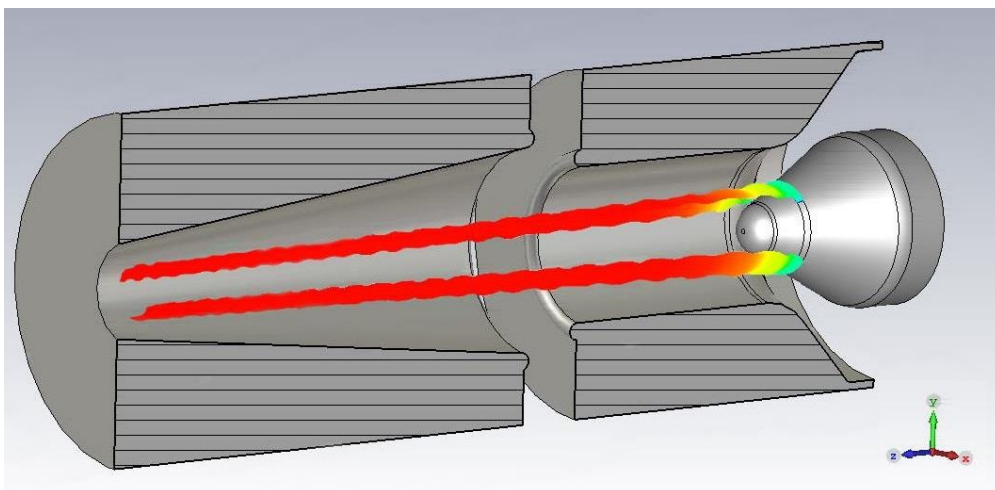


Рисунок 2. МИП с нарушенной аксиальной симметрией эмиссии

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00142

Список литературы

1. Gol'denberg A. L. The formation of helical electron beams in an adiabatic gun/ A. L. Gol'denberg[et.al]// Radiophys. Quantum Electron—1973—Vol.16 —No. 1 —P.106.
2. Иляков Е. В. Experiments on the formation of an intense helical electron beam under conditions of picking-up of the electrons reflected from the magnetic mirror/ E. V. Ilyakov[et.al] // Radiophys. Quantum Electron—2007—Vol. 50— No.9—P.713–719