

УДК 537.5

Д.Б.Самсонов (5 курс, каф. ФЭ), О.И.Лукша, к.ф.-м.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ЭНЕРГИЯМ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ГИРОТРОНЕ

ABSTRACT: The experimental investigation of electron energy spectra in the 74.2 GHz, 70 kW gyrotron has been performed in this paper. The influence of low-frequency parasite oscillations on electron energy spread in the beam was determined. This influence was confirmed with the results of the investigation of the effect of special magnetic field distributions on beam characteristics.

Гиротроны являются мощными длинноимпульсными источниками когерентного электромагнитного излучения в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах. Среди возможных применений таких приборов можно выделить нагрев плазмы в установках управляемого термоядерного синтеза.

Одной из причин, препятствующих дальнейшему улучшению выходных характеристик гиротронов, является наличие скоростного и энергетического разброса в винтовом электронном потоке (ВЭП). Разброс электронов по энергиям возникает, главным образом, под действием переменных полей пространственного заряда, существующих в ВЭП из-за развития различного рода неустойчивостей. Одна из таких неустойчивостей связана с отражением части ВЭП от магнитной пробки и сопровождается развитием относительно низкочастотных ($f < 1000$ МГц) колебаний в пространственном заряде, захваченном в ловушку между катодом и магнитной пробкой.

В настоящей работе впервые проведены экспериментальные исследования влияния НЧ колебаний на разброс электронов по энергиям в экспериментальном гиротроне с рабочей частотой 74.2 ГГц и выходной мощностью до 70 кВт.

Для измерения характеристик энергетического распределения электронов был использован специально разработанный энергоанализатор, который имеет сферическую форму и работает на основе метода тормозящего электрического поля. Анализатор располагается в коллекторной области прибора, где магнитное поле приблизительно в 150 раз меньше, чем в области резонатора.

Возбуждение СВЧ полей в резонаторе гиротрона на частотах, близких к циклотронной, даже при малых уровнях выходной мощности приводило к сильному уширению спектров электронов. На фоне такого уширения не удавалось выявить влияние собственных НЧ колебаний пространственного заряда ВЭП на энергетическое распределение электронов. Подавить возбуждение излучения на циклотронной частоте удалось лишь после установки в области полки магнитного поля специального поглотителя, изготовленного из графита. При больших значениях магнитного поля, фиксированных токе и напряжении, в режимах, когда отсутствуют НЧ колебания, относительный энергетический разброс δW составляет 0.35 – 0.4 %, что соответствует минимальному значению разброса, который может быть зарегистрирован в данной конструкции анализатора. При уменьшении магнитного поля одновременно возбуждались НЧ колебания и происходило заметное уширение спектра. Значения разброса δW достигали 30 – 40 % при большой интенсивности колебаний.

Обнаруженное влияние НЧ колебаний на разброс энергий электронов было подтверждено в результате исследования воздействия профиля магнитного поля на характеристики пучка. Изменение вида распределения магнитного поля в области магнитной компрессии при фиксированных рабочих параметрах гиротрона сопровождается смещением

порогового магнитного поля, при котором возбуждаются НЧ колебания. Соответственным образом смещается и граница между областью с низким и высоким энергетическим разбросом.

Измеренные значения энергетического разброса, в присутствии НЧ колебаний, значительно превосходят данные, полученные в результате численного моделирования. Такое расхождение может быть связано с эффектами, которые не учитываются в довольно упрощенной одномерной расчетной модели [1]. В частности, большой разброс по энергиям, наблюдаемый в эксперименте, может быть обусловлен сложным трехмерно-неоднородным характером сгустков, осциллирующих в ловушке. Не следует также исключать возможность возбуждения других типов колебаний, не попадающих в полосу анализа приемной аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Д.В. Борзенков, О.И. Лукша. Численное моделирование динамики пространственного заряда в ловушке гиротрона // ЖТФ. 1997. №9. Т.67. С.98-102.