

**СЕКЦИЯ «РАДИОТЕХНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ»**

УДК 621.385.64

А.В.Балабанов (асп., каф. РТТК), В.Г.Усыченко, д.т.н., проф.

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ  
ЯВЛЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ ЗАРЯДЕ МАГНЕТРОННОГО ДИОДА**

**ABSTRACT:** The structure of an electron cloud in crossed-fields devices is inherent a complex nature. In the electron cloud can be formed the clots with increased density of spatial charge (SC), which moving long in time on the azimuth direction. Phenomenon depends on many factors: modes of power supply, emissions from the cathode, etc.

В течение десятков лет не затухает интерес к электронным процессам, протекающим в пространственном заряде магнетронного диода (МД- магнетрон с “гладким” анодом). Если в прошлом веке интерес стимулировался практической потребностью снижения флуктуационной нестабильности сверхвысокочастотных приборов магнетронного типа, то в последние годы электронные процессы привлекают специалистов, изучающих самоорганизацию большого числа частиц – одно из фундаментальных свойств материального мира. Самоорганизация электронов облегчена тем, что частицы “чувствуют” друг друга на больших расстояниях, взаимно реагируя на имеющиеся у них поля. МД же как объект исследования удобен потому, что с помощью магнитного поля можно значительно увеличивать время жизни электронов, необходимое для установления между ними долговременных корреляционных связей. Немаловажно также то обстоятельство, что измеряемые спектральные характеристики позволяют в процессе эксперимента легко отличать регулярные процессы от хаотических и определять уровень как пространственной, так и временной организации частиц. Сказанное делает актуальной разработку методики экспериментального изучения коллективных явлений, протекающих в пространственном заряде (ПЗ) МД.

Специально разработанный для исследовательских целей МД был создан на ФГУП “Исток”. Основные геометрические размеры МД: радиус катода – 2,15 мм, длина – 13 мм; радиус анода – 4,15 мм, длина – 10 мм; расстояние между торцами – 24 мм; высота катодных экранов – 1,5 мм. Специфический катод позволяет с помощью источника накального напряжения управлять эмиссией электронов в больших пределах. Контроль температуры катода осуществляется через специальное окошко в корпусе прибора, к которому через световод длиной 30 см подключен фотодиод, калиброванный по пирометру. Значения магнитного поля и стабилизированного анодного напряжения устанавливаются, исходя из задачи эксперимента. Выходные сигналы снимаются с двух пространственно разнесенных широкополосных емкостных СВЧ зондов, проходящих через середину анодного блока и оканчивающихся на радиусе внутренней поверхности анода. Для визуального наблюдения процессов используются СВЧ анализаторы спектра и высокочувствительные приемники различных частотных диапазонов – от единиц килогерц до нескольких гигагерц. Считается, что в ПЗ МД при различных токах эмиссии и соотношениях между электрическим и магнитным полями могут развиваться плазменные, циклотронные, радиальные колебания, а также разнообразные волновые процессы. Последние представляют для нас особый интерес, поскольку волны в ПЗ МД могут возникнуть только в процессе самоорганизации электронов.

Проведена серия экспериментов при анодном напряжении 2300 В и магнитной индукции 0,15 Тл. Высокочувствительные измерения не позволили обнаружить плазменные или циклотронные колебания. При малых токах эмиссии наблюдаются азимутальные колебания, порождаемые вращающимися вокруг катода уединенными волнами ПЗ. При самых же малых токах эмиссии регистрируются регулярные колебания, частота которых примерно на 6-10% меньше циклотронной частоты. Высокая стабильность этих колебаний (ширина спектральной линии такая же, как у резонансных СВЧ генераторов) указывает на то, что возбуждаются они пространственно высокоорганизованными электронными образованиями – волнами. Компьютерное моделирование электронных процессов свидетельствует в пользу того, что эти волны представляют собой цепочку идентичных электронных вихрей, расположенных по азимуту на равных расстояниях друг от друга и перемещающихся вокруг катода с одинаковой скоростью.