

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРЯДОВ ПОНИЖЕННОГО И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИЗЛУЧАЮЩЕГО ТЕЛА ВИБРАТОРНОЙ АНТЕННЫ ^{*)}

¹Усачёнок М.С., ¹Симончик Л.В., ²Богачев Н.Н., ²Андреев С.Е.

¹ИНСТИТУТ ФИЗИКИ НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
m.usachonak@dragon.bas-net.by

²Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва,
Россия, bgniknik@yandex.ru

В настоящее время активно разрабатываются адаптивные («умные») системы беспроводной передачи данных различного назначения, такие как программноопределяемые радиосистемы, системы связи поколения 6G, системы радиолокации, навигации и радиоэлектронной борьбы [1]. Для таких систем необходимы антенны с возможностью программируемого электронного управления их параметрами и характеристиками, например, плазменные антенны. Плазменные антенны можно условно разделить на два класса: первый - плазма является частью излучающего элемента антенны (вibratorные, рамочные антенны) и второй – плазма служит для управления прохождением и экранированием радиоволн (например, антенна барабанного типа) [2]. В работе [3] подробно рассмотрена плазменная антенна vibratorного типа, использующая разряд низкого давления в качестве излучающего тела. Данная же работа посвящена определению параметров разрядов при пониженном и атмосферном давлениях необходимых для их эффективного применения в качестве излучающего тела подобной антенны.

Плазменная антенна представляла собой газоразрядную трубку, частично помещенную в коаксиальный резонатор с экраном. Диаметр экрана 10 см, длина выступающей части разрядной трубки 12,5 см. Расстояние от плоскости экрана до центральной жилы СВЧ разъема, служащего для подачи СВЧ сигнала в резонатор с разрядной трубкой, 3,5 см. В эксперименте использовалась газоразрядная лампа ГШ-5 (неон, 70 Торр). Определены ее максимальный реализуемый коэффициент усиления, азимутальная диаграмма направленности и диаграмма направленности по углу места. Показано, что антенна имеет круговую азимутальную диаграмму направленности с одним главным лепестком в направлении 60° по углу места (отсчет от плоскости экрана). При плотности электронов более 10^{15} см^{-3} максимальный коэффициент усиления (КУ) плазменной антенны составляет более -6 дБ. Полученные характеристики сравнивались с характеристиками подобной антенны, в которой плазменный столб был заменен медным стержнем, и показано, что КУ плазменной антенны близко к КУ подобной металлической антенны с излучающим телом меньшего диаметра. Возникшее различие, вероятно, обусловлено явлением контракции разряда. Полученные экспериментальные данные сопоставлены с результатами моделирования, выполненного в среде программы COMSOL Multiphysics. Созданная численная модель позволила оценить возможность реализации плазменной антенны с газовым разрядом при атмосферном давлении в качестве излучающего тела. Показано, что определяющей характеристикой применение плазмы является ее проводимость. Для разряда при атмосферном давлении максимальный КУ реализуется при плотности электронов более 10^{16} см^{-3} и проводимости более 1000 Сим/м.

Полученные результаты важны для развития быстродействующих адаптивных систем радиоэлектроники.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов БРФФИ № T21PM-120 и РЦНИ № 20-58-04019 Бел_мол_а.

Литература

- [1]. Liu Y. et al. //Sensors. – 2022. – Т. 22. – №. 24. – С. 9930.
- [2]. Borg G. G. et al. //Physics of Plasmas. – 2000. – Т. 7. – №. 5. – С. 2198-2202.
- [3]. Н.Н. Богачев и др.// Физика плазмы. – 2015. –Т.41. –№. 10 . – С. 860-866.

^{*)} DOI – тезисы на английском