



ОТКРЫТАЯ НАУКА  
издательство

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАЗМЕННЫХ АНТЕНН В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ

**Серый М. С.**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия (690091, Владивосток, Приморский край, ул. Мордовцева, 12, строение 2), e-mail maks.seryi@gmail.com*

**В данной работе рассматриваются основные элементарные конструкции плазменных антенн, наиболее изученные на сегодняшний день, производится анализ основных технических характеристик и сравнение с характеристиками их металлических аналогов, на основе чего делается вывод о целесообразности их применения в повседневной жизни.**

Ключевые слова: плазменные антенны, металлические антенны, антенные решётки, газовый разряд, ионизация газа.

## ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF PLASMA ANTENNAS IN THE TELECOMMUNICATIONS ENVIRONMENT

**Seryy M. S.**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Far Eastern Federal University", Vladivostok, Russia (690091, Vladivostok, Primorsky Territory, st. Mordovtseva, 12, building 2), e-mail: maks.seryi@gmail.com*

**This paper examines the basic elementary structures of plasma antennas, the most studied to date, analyzes the main technical characteristics and compares them with the characteristics of their metal counterparts, on the basis of which a conclusion is made about the feasibility of their use in everyday life.**

Keywords: plasma antennas, metal antennas, antenna arrays, gas discharge, gas ionization.

В настоящее время применение плазмы как четвертого агрегатного состояния вещества во многих областях науки и техники привлекает к себе внимание многих учёных и инженеров. Предложение по применению газоразрядных трубок в качестве замены металлических элементов антенн было высказано еще в начале XX века и с тех пор в различных странах продолжают исследования и разработка плазменных антенных конструкций.

Интерес к плазменным антеннам обуславливается такими важными их свойствами по сравнению с металлическими антеннами как способность исчезать из поля зрения радиолокационных и других средств, способность безынерционно изменять свои технические параметры, широкополосность и уменьшенная массы.[1]

Вибраторные плазменные антенны являются подобием вибраторных металлических антенн, которые успешно используются уже на протяжении более ста лет. Главная их

особенность заключается в замене металлического проводника газоразрядной трубкой с ионизированным газом внутри, обычно используется гелий, аргон, неон или ксенон. Конструктивно данное устройство выполнено в виде несимметричного вибратора (Рисунок 1).

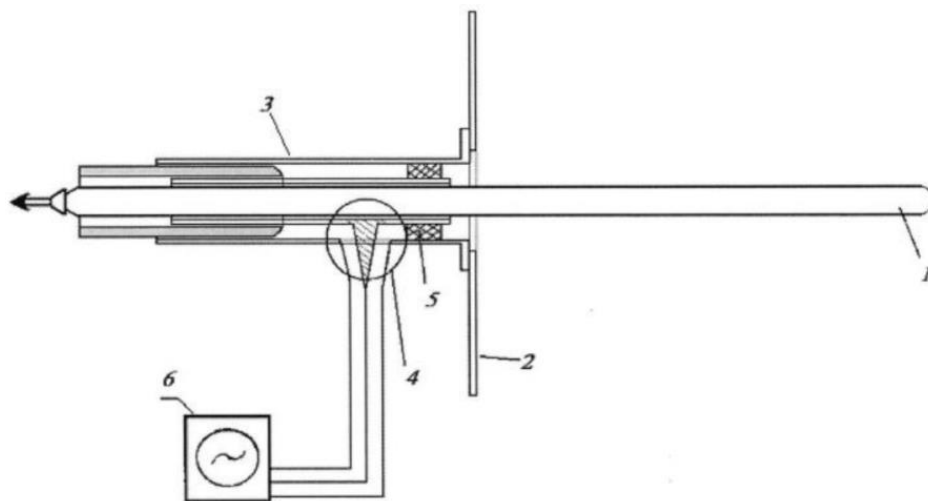


Рисунок 1 – Схема несимметричного плазменного вибратора

1- безэлектродная газоразрядная трубка; 2 - металлический экран; 3 - фидерный тракт с подвижным поршнем; 4 - коаксиальный тройник; 5 - диэлектрический изолятор; 6 – высокочастотный передатчик.

Принцип работы такой конструкции заключается в следующем: генератор формирует высокочастотный сигнал и через тройник передаёт его в коаксиальный фидерный тракт. Торцы данного фидерного тракта присоединены к газоразрядной трубке, в которой происходит ионизация газа посредством высокочастотного разряда. В плазменной среде формируется высокочастотный ток и, согласно закону Ампера, вокруг него возникает переменное во времени магнитное поле. Это магнитное поле порождает переменное во времени электрическое поле, которое затем порождает магнитное и так далее. В итоге возникает переменное электромагнитное поле, формирующее и излучающее электромагнитную волну в окружающее пространство. [2] Наличие поршня позволяет изменять длину плазменного столба, тем самым регулируя плотность ионизированного газа и меняя электродинамические параметры несимметричного вибратора.

На рисунке 2 представлены дисперсионные кривые, которые наглядно демонстрируют спектры частот поверхностных волн плазменной и металлической антенн, затухание в этом случае пренебрежимо мало.

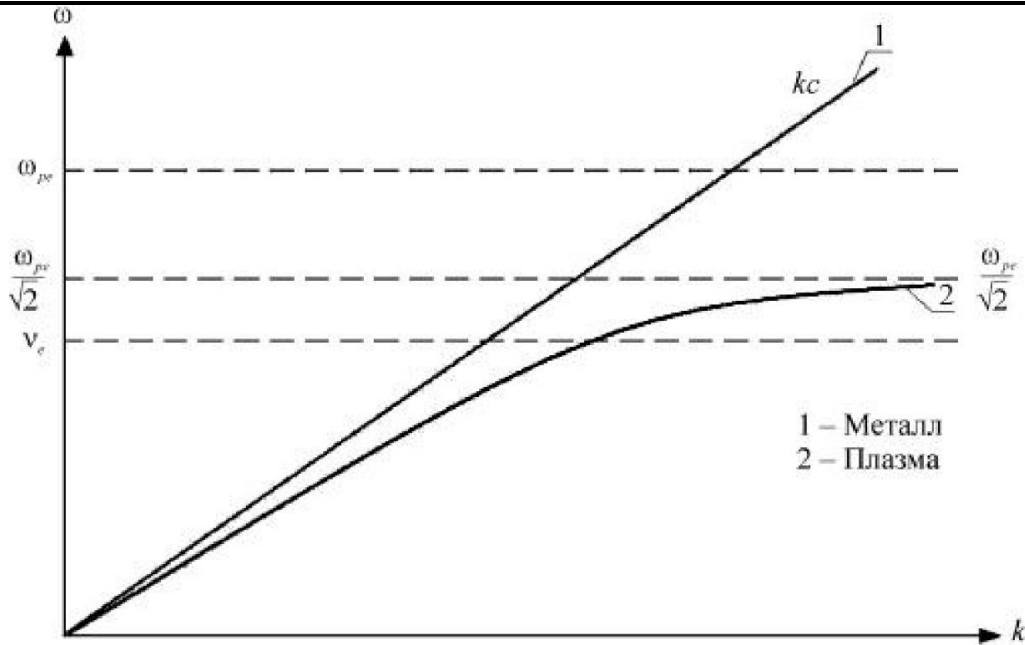


Рисунок 2 – Дисперсионные кривые

Из представленного рисунка следует, что фазовая и групповая скорости поверхностной волны в металле совпадают со скоростью света. В ионизированном газе с увеличением частоты фазовая скорость уменьшается, то есть четверть длины поверхностной волны оказывается меньше вакуумной, при условии, что частота эффективных соударений электронов в плазме будет превышать частоту электромагнитной волны. В случае же с металлическими вибраторами оптимальная длина элемента (четверть длины поверхностной волны) совпадает с четвертью длины вакуумной волны во всей области частот. Это обстоятельство позволяет использовать плазменные антенны меньших размеров, чем металлические.

Волноводно-щелевые антенны представляют собой отрезок металлического прямоугольного волновода, порядка длины волны, с прорезанными в стенке отверстиями. Варьировать диаграмму направленности такой антенны можно путём изменения фазовой скорости электромагнитной волны в волноводе. Это реализуется двумя способами: изменением геометрических параметров волновода и размещением внутри волновода диэлектрика с регулируемой диэлектрической проницаемостью. В качестве диэлектрика используется слабо поглощающая плазма, возбуждаемая в газоразрядной лампе дневного света, которая размещается внутри волновода. Диэлектрическую проницаемость помещённой плазменной среды можно изменять, меняя её плотность, путём уменьшения или увеличения подаваемого тока. Также необходимо учитывать и диэлектрическую проницаемость газоразрядной трубки. [3]

Для исследования эффективности плазменного управления проводилось три измерения: в отсутствии газоразрядной трубки, с трубкой, и с возбужденной в трубке плазменной средой. На основе полученных данных были построены диаграммы направленности (рисунок 3).

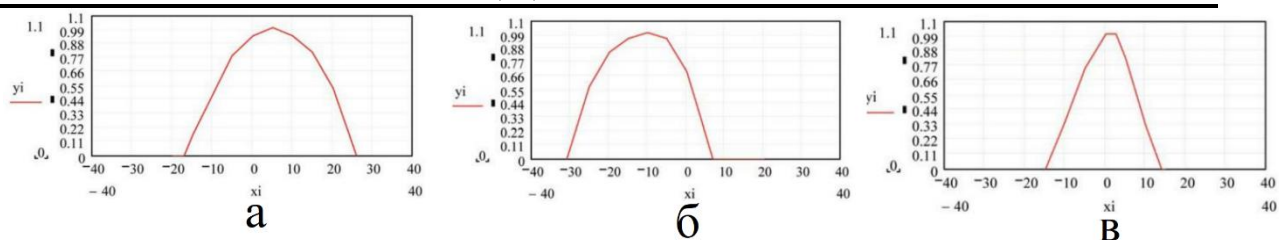


Рисунок 3 – Диаграммы направленности волноводно-щелевой антенны: а) без газоразрядной трубки; б) с «пустой» газоразрядной трубкой; в) с газоразрядной трубкой и плазменной средой внутри нее.

График на рисунке 3б сдвинут, значит, дополнительная диэлектрическая проницаемость, вносимая газоразрядной трубкой, оказывает влияние на поворот диаграммы направленности антенны. Смещение происходит влево (в сторону отрицательных углов) из-за суммирования исходной диэлектрической проницаемости со значением диэлектрической проницаемости материала газоразрядной трубки, которое превосходит единичное значение. Как только в трубке образуется плазменная среда, картина меняется (Рисунок 3в). Так как плазма обладает диэлектрической проницаемостью меньше единицы, диаграмма направленности сдвигается вправо (в сторону положительных углов). Также смещение и расширение графиков будет расти пропорционально увеличению амплитуды подаваемого тока, то есть плотности свободных электронов в газоразрядной трубке.

Возможность применения плазмы для создания антенных решёток.

Особенность таких конструкций заключается в использовании распадающейся плазмы, то есть такой, к которой концентрация свободных носителей заряда постоянно изменяется. Данное электродинамическое свойство позволяет антенне, как полностью отражать излучение, так и быть прозрачной для него.[4]

В качестве плазменного рефлектора использовалась установка из восемнадцати люминесцентных ламп. Чтобы данная система могла являться отражателем, необходимо задать её параметры таким образом, чтобы длина волны превышала расстояние между трубками, и каждый промежуток между ними представлял собой запердельный «волновод» с шириной меньше критического размера. Данная установка труднореализуема в лабораторных условиях, поэтому была численно смоделирована.

В ходе исследования были рассмотрены Е-поляризация и Н-поляризация. Вычислительной системой были созданы модели, наглядно иллюстрирующие распределение потока векторов электрической и магнитной напряженностей в каждый момент времени (Рисунок 4).

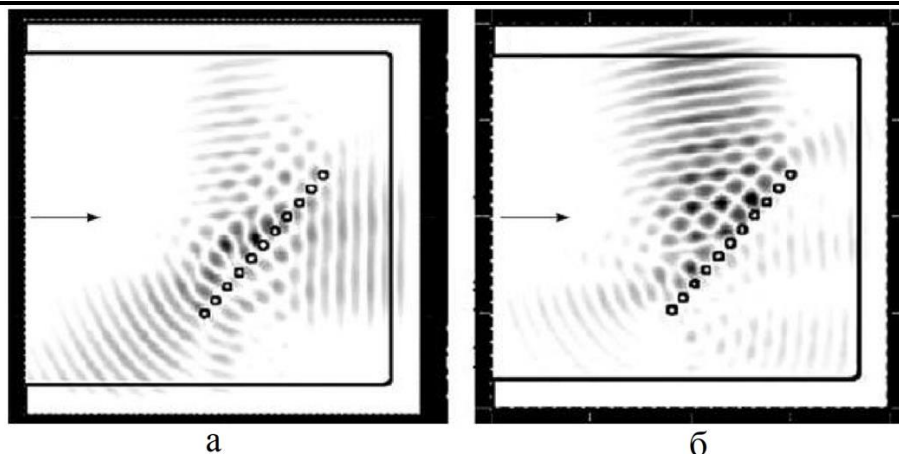


Рисунок 4 – Распределение  $y$ - составляющей электромагнитной волны при Н-поляризации (а) и Е-поляризации (б).

Волна с Н-поляризацией взаимодействует с решёткой в трёх вариациях: отражается, проходит через неё и проходит вдоль её плоскости. Отраженная Н-волна распространяется по касательной в направлении к поверхности решётки, что может являться следствием переизлучения поверхностной волны. Также плазменная антенная решётка является замедляющей структурой для поверхностной волны, что объясняет распространение части излучения вдоль неё.[5]

В случае с Е-поляризацией только часть волны просачивается сквозь решётку и подвергается рассеиванию, остальная же её часть отражается под углом подобным углу падения.

Полученные в ходе данного исследования результаты показывают перспективу эффективного применения плазменных элементов для создания рефлекторов и малошумящих антенн СВЧ-диапазона.

Исходя из всего вышеперечисленного можно выделить преимущества плазменных антенн перед металлическими:

1. Исчезновение из поля зрения радара за доли миллисекунд, за счет отключения плазмогенерирующей конструкции;
2. Безынерционное изменение радиотехнических характеристик в широких пределах при неизменных размерах и конфигурации;
3. Возможность создания сложных многофункциональных реконфигурируемых конструкций;
4. Малые габариты.

К недостаткам данной технологии можно отнести сложность конструкции и дополнительные расходы энергии на создание в антенне газового разряда и ионизации её среды.

### Список литературы

1. Марков Г.Т., Васильев Е.Н. Математические методы прикладной электродинамики. Сов. Радио, – М.: 1970, 386 с.
2. Гинзбург В. Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург – М., 1960. – 552 с.
3. Ovsyanikov V.V. The plasma antennas mounted on fragments of mobile objects /

4. Anderson T. Plasma Antennas. Boston–London: Artech House, 2011. 203 p
5. Вычислительные методы в электродинамике. Под. ред. Р. Миттры. Пер. с англ. под ред. Э. Л. Бурштейна. Москва: Мир, 1977. 485 с

#### **References**

1. Markov G.T., Vasiliev E.N. Mathematical methods of applied electrodynamics. Ows. Radio, - М .: 1970, 386 p.
  2. Ginzburg V. L. Propagation of electromagnetic waves in plasma / V. L. Ginzburg - М., 1960. - 552 p.
  3. Ovsyanikov V.V. The plasma antennas mounted on fragments of mobile objects /
  4. Anderson T. Plasma Antennas. Boston–London: Artech House, 2011. 203 p.
  5. Computational methods in electrodynamics. Under. ed. R. Mittry. Per. from English. ed. E. L. Burshtein. Moscow: Mir, 1977. 485 p.
-