

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДА НА ОСНОВЕ КОАКСИАЛЬНОЙ РЕБРИСТОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННОЙ ГИПЕРПЛАЗИИ ПРОСТАТЫ

Елизаров А.А., Нестерова Д.А., Шаймарданов Р.В.

Московский государственный институт электроники и математики (технический университет)
ruslan.shaymardanov@bk.ru

Проведен электродинамический анализ резонатора на основе коаксиальной ребристой линии для лечения доброкачественной гиперплазии простаты (ДГП). Получены аналитические соотношения, позволяющие осуществлять расчет дисперсионных характеристик и волнового сопротивления в зависимости от геометрических размеров электрода, образующих проводников и диэлектрического заполнения, соответствующего структуре простаты. Дано качественное сравнение теоретических зависимостей и результатов физического эксперимента. Показана перспективность применения такой структуры для лечения ДГП.

В современных медицинских устройствах часто используются резонансные отрезки коаксиальных линий, применяемых для создания различных элементов СВЧ устройств – резонаторов, излучателей, шлейфов, согласующих устройств и др. Эти элементы просты по конструкции, а их волновое сопротивление однозначно и легко определяется отношением диаметров проводников линии и может изменяться в широких пределах [1]. Кроме того, геометрическая длина таких отрезков может быть уменьшена, если поверхность одного из проводников коаксиальной линии сделать ребристой [2, 3] (рис.1).

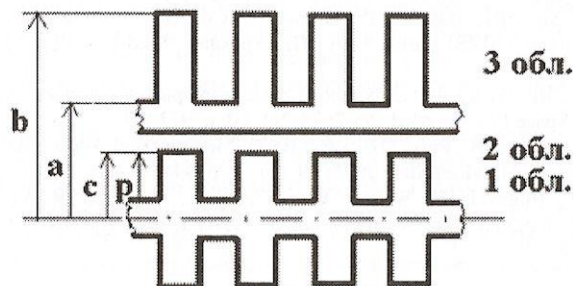


Рис. 1. Общий вид коаксиальной ребристой линии.

Обобщенный вид дисперсионного уравнения коаксиальной линии с ребристыми проводниками впервые получен в работе [4]:

$$\frac{I_1(c\tau) + \frac{\tau}{k_1} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} I_0(c\tau) bct(ck_1, pk_1)}{K_1(c\tau) - \frac{\tau}{k_1} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} K_0(c\tau) bct(ck_1, pk_1)} = \frac{I_1(\alpha\tau) + \frac{\tau}{k_3} \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2} I_0(\alpha\tau) bct(\alpha k_3, pk_3)}{K_1(\alpha\tau) - \frac{\tau}{k_3} \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2} K_0(\alpha\tau) bct(\alpha k_3, bk_3)}, \quad \text{где}$$

$$bct(x, y) = \frac{J_1(x)N_0(y) - N_1(x)J_0(y)}{J_0(x)N_0(y) - N_0(x)J_0(y)}$$

- разностный котангенс; β - фазовая постоянная, связанная с поперечной постоянной τ и волновым числом κ соотношением: $\beta^2 = \tau^2 + \kappa^2$.

Полученные теоретические соотношения качественно подтверждаются результатами физического эксперимента. На рис.2. показаны теоретические и экспериментальные зависимости коэффициента замедления от частоты при различном заполнении внутренней области между ребристыми электродами диэлектрической средой с различной относительной диэлектрической проницаемостью. При этом

экспериментальная кривая для структуры с воздушным заполнением имеет несколько большие значения, чем теоретическая, что объясняется незначительной погрешностью полученных аналитических соотношений.

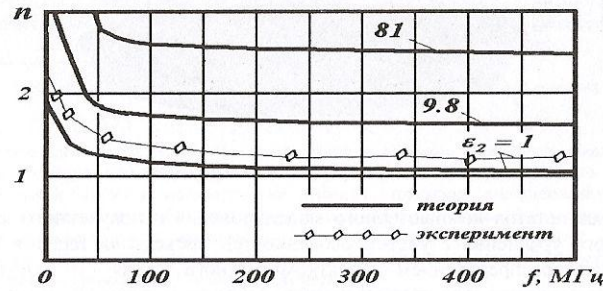


Рис. 2. Сравнение теоретических и экспериментальных дисперсионных характеристик коаксиальной ребристой линии.

Полученные в результате электродинамического анализа теоретические соотношения позволяют рассчитать изменение фазовой скорости замедленной электромагнитной волны в коаксиальной линии с ребристыми проводниками и находятся в хорошем соответствии с результатами физического эксперимента [4, 5]. Применение такой структуры представляет практический интерес, поскольку позволяет уменьшать ее продольные геометрические размеры при сохранении электрической длины, что актуально для вопросов медицины, в частности для терапии урологических заболеваний.

Предлагаемый к разработке электрод был смоделирован в пользовательской программе компании Ansoft HFSS v.12 (рис.3). Для рабочей частоты 2450 МГц, общая длина электрода была выбрана равной 30 мм, диаметр электрода – 12 мм. Количество ребер, укладываемых на данной длине, при равенстве ширины ребра и расстояния между ними, выбрано равным восьми.

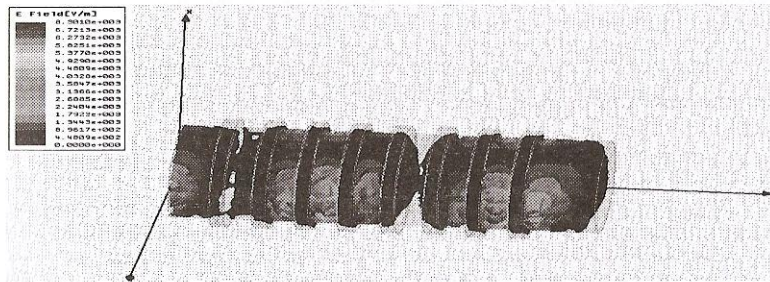


Рис.3. Модель электрода с продольно проводящим экраном в программе Ansoft HFSS v.12.

В ходе разработки данного электрода была проведена работа по созданию модели предстательной железы, включающая в себя все основные биологические параметры данного органа и соответствующая геометрическим параметрам среднестатистического мужчины в возрасте 40 лет (рис.4).

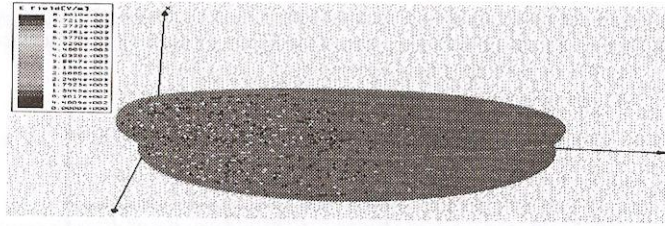


Рис. 4. Модель предстательной железы.

Анализ результатов компьютерного моделирования и полученного аналитически дисперсионного уравнения с учетом особенностей проведения терапии показывают, что управляя распределением электромагнитного поля и диэлектрической проницаемостью среды в пространстве между ребристым стержнем и экраном, можно добиться требуемого коэффициента замедления при заданной рабочей частоте электрода, что, в свою очередь, позволяет использовать предложенную структуру для эффективного терапевтического лечения заболеваний простаты.

1. Изюмова Т.И., Свиридов В.Т. Волноводы, коаксиальные и полосковые линии. М.: Энергия, 1975. 112 с.
2. Елизаров А.А., Пчельников Ю.Н. Радиоволновые элементы технологических приборов и устройств с использованием электродинамических замедляющих систем. М.: Радио и связь, 2002. 200 с.
3. Елизаров А.А. Технологические процессы и устройства на замедленных электромагнитных волнах: современное состояние и тенденции развития // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 1998. т.1. №1. с.41-49.
4. Пчельников Ю.Н. Коаксиальная линия с ребристыми электродами. М.: Изд.-во МИЭМ, 1985. 19 с.
5. Елизаров А.А. Применение эквивалентных граничных условий для анализа электродинамических чувствительных элементов // Измерительная техника. 1999. №1. с.42-45.

RESONATOR ON THE BASIS OF THE COAXIAL RIDGE LINE IN CAUSE BENIGN PROSTATIC HYPERPLASIA RESEARCH

Yelizarov A.A., Nesterova D.A., Shaymardanov R.V.
 Moscow State Institute of Electronic and Mathematic (Technical University)

The electrodynamic analysis of the resonator on the basis of a coaxial ridge line for treatment of the benign prostatic hyperplasia (BPH) is shown. The analytical solution are received, allowing to carry out calculation of its dispersing characteristics and wave impedance depending on the geometrical sizes of forming conductors and dielectric filling the prostate. Qualitative comparison of theoretical dependences and results of physical experiment is given. Perspectives of application for treatment BPH is shown.