

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОСТОЙ АНТЕННЫ НА СФЕРИЧЕСКОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РЕЗОНАТОРЕ В МИЛЛИМЕТРОВИИ СУБМИЛЛИМЕТРОВИИ ДИАПАЗОНАХ ДЛИИ ВОЛН

Трубин А.А.

В настоящее время формирование диаграмм направленности (ДН) антенн достигается, в основном, путем использования отражающих поверхностей различных форм, либо использования эффектов преломления волн – линзовые антенны [1]. Практически не применяются резонансные свойства тел, чаще всего ввиду частотной узкополосности их электрических свойств. Между тем, в коротковолновых диапазонах длин волн, удобно использовать специальные свойства диэлектрических тел с высшими типами собственных колебаний, поскольку в этом случае ограничения на размеры устройств уже не являются критическими.

В представленном сообщении показана возможность построения узконаправленной антенны, выполненной на основе сферического диэлектрического резонатора (ДР) с высшими типами колебаний высшего типа. Установлено, что формирование ДН такой антенны будет осуществляться за счет накопления поля в области диэлектрика с пространственным распределением, формирующим два узконаправленных потока излучения. Отмечены условия увеличения КПД устройства. Показана возможность увеличения коэффициента усиления.

Расчет параметров антенны

Известно, что распределения полей волновой зоны ДР с низшими типами колебаний имеют вид, подобный полю магнитного, или электрического диполя [2]. Поля излучения ДР с колебаниями высших типов не исследовались. Предполагая возможность использования резонаторов в качестве элементов антенн в коротко волновых диапазонах, зададим вопрос: существуют ли собственные колебания высших типов, обладающие узконаправленным пространственным распределением поля в волновой зоне? Ответ на него является положительным, по крайней мере для ДР сферической формы. Действительно, учитывая угловое распределение поля в сферической системе координат, обращают на себя внимание два класса собственных колебаний:

1) Собственные колебания магнитных H_{nml} и электрических E_{nml} типов с $n = m$. В этом случае плотность потока мощности излучения ДР в волновой зоне будет пропорциональной величине

$$|\vec{e}(\vartheta, \varphi) / \vec{e}_{max}|^2 \sim [(\sin m\varphi)^2 + (\cos m\varphi \cos \vartheta)^2] \cdot (\sin \vartheta)^{2(n-1)}; \quad (1)$$

2) Собственные колебания магнитных и электрических типов с $m = 1$;

$n \geq 1$. Плотность потока мощности излучения ДР в волновой зоне в этом случае будет изменяться по закону

$$|\vec{e}(\vartheta, \varphi) / \vec{e}_{max}|^2 \sim [(\sin \varphi)^2 \cdot (P_n^1(\cos \vartheta) / \sin \vartheta)^2 + (\cos \varphi)^2 \cdot (d/d\vartheta P_n^1(\cos \vartheta))^2] \quad (2)$$

Здесь ϑ - меридиональный, а φ - азимутальный угол сферической системы координат, связанной с центром шара.

Анализ параметров излучения

Поле излучения ДР, для случая 1) при $n = m$, в волновой зоне будет “сжато” в плоскости $\varphi = const$ с максимумами излучения, лежащими в направлениях $\vartheta = \pi/2$ (1). ДН резонатора будет многолучевой.

В случае 2) поле ДР оказывается “сосредоточенным” в направлениях $\vartheta = 0, \pi$. Ширина главных максимумов излучения уменьшается с увеличением меридионального индекса n . Так для $n = 10$ коэффициент усиления антенны, с учетом излучения одного лепестка, будет равным 21,8; для $n = 20$ коэффициент усиления антенны становится равным 30,7, а для $n = 30$ коэффициент усиления будет равным 33,4. При этом, как следует из данных вычислений [2], мощность излучения сферического ДР для $n \gg 1$ становится незначительной. Мощность излучения может быть увеличена двумя способами: либо путем уменьшения диэлектрической проницаемости материала резонатора, либо использованием колебаний с большими значениями радиальных индексов $l \geq 1$.

На рис. 1а приведены теоретические зависимости добротности излучения магнитных колебаний $H_{20,1l}$ для диэлектриков, обычно применяемых в субмиллиметровом и инфракрасном диапазонах длин волн.

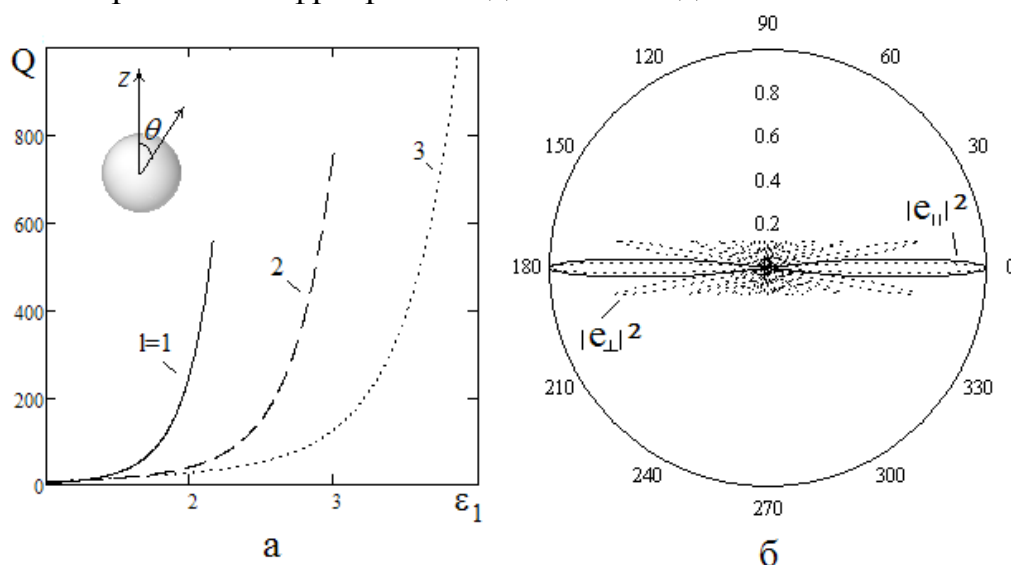


Рис. 1. Зависимость собственной добротности шара для колебаний магнитного типа H_{nml} ($n = 20$) от величины диэлектрической проницаемости материала (а). Угловая зависимость плотности потока мощности собственных колебаний H, E_{n1l} (б).

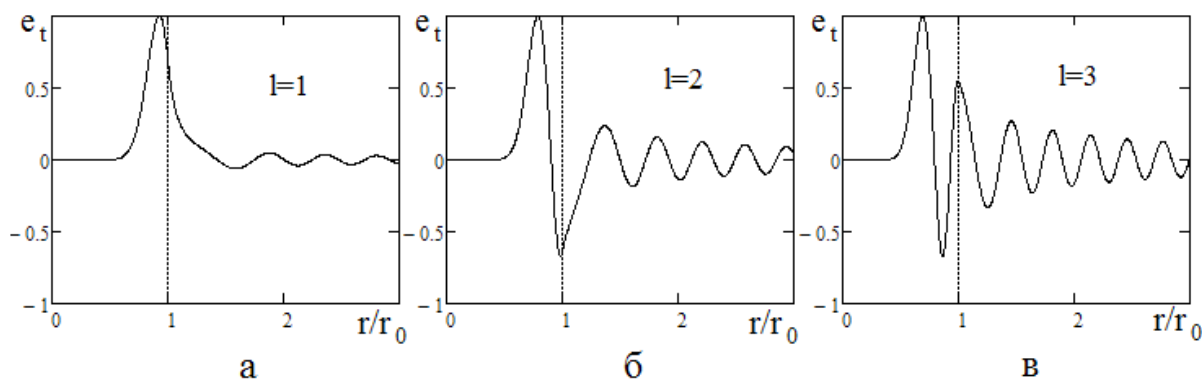


Рис. 2. Распределение амплитуды электрической компоненты поля ($n = 10$) магнитных колебаний кварцевого шара для разных значений радиального номера корня l . (Пунктирными линиями отмечена граница раздела диэлектрик-воздух)

Как следует из приведенных данных, добротности резонаторов можно уменьшить как для основных значений радиальных индексов $l = 1$, так и для индексов $l = 2, 3$ и т.д. Уменьшение добротности при увеличении радиального индекса, как следует из данных, приведенных на рис.2, обусловлено увеличением амплитуд поля ДР в открытом пространстве. В случае больших $n \gg 1$ при $m = 1$ ДР сферического ДР может быть одно лепестковой в полусфере $\vartheta < \pi/2$ в одной фиксированной плоскости, а в ортогональной плоскости много лепестковой, с главным лепестком, направленным вдоль $\vartheta = 0, \pi$ (см. рис.1б).

Заключение

Проведенные вычисления показывают возможность реализации в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн одно элементной диэлектрической антенны с узкой ДН, выполненной на основе сферического ДР с магнитным, или электрическим типом собственных колебаний $H, E_{n-1,l}$, изготовленного из диэлектрика, не высокой относительной проницаемости.

Литература

1. Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г., Терешин О.Н. Антенны УКВ, Часть 1, Москва, Связь. - 1977, 381 с.
2. Ильченко М.Е., Трубин А.А. Электродинамика диэлектрических резонаторов, Киев, Наукова думка, 2004, 265 с.
3. Трубин А.А. Исследование характеристик излучения дискового диэлектрического резонатора // Вестник Киевского политехнического института. Серия – Радиотехника. Вып. 21,1984, с. 29-33.

Трубин О.О. Реалізація простої антени на сферичному діелектричному резонаторі в міліметровому та субміліметровому діапазонах довжин хвиль. Показана можливість реалізації вузько спрямованої одно лепесткової антени на одному сферичному діелектричному резонаторі з коливаннями $H, E_{n-1,l}$ ($n \gg 1$). Встановлено умови підвищення ккд та коефіцієнту підсилення запропонованого типу резонансної антени в міліметровому та субмиллиметровому діапазонах довжин хвиль.

Ключові слова: антена, діелектричний резонатор, мікрохвильова техніка

Трубин А.А. *Реализация простой антенны на сферическом диэлектрическом резонаторе в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн.* Показана возможность реализации узконаправленной одно лепестковой антенны на одном диэлектрическом резонаторе сферической формы с колебаниями H, E_{n11} ($n \gg 1$). Установлены условия повышения кпд и коэффициента усиления предложенного типа резонансной антенны в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн.

Ключевые слова: антенна, диэлектрический резонатор, микроволновая техника

Trubin O.O. *Implementing a simple antenna on a spherical dielectric resonator in the millimeter and submillimeter wavelengths.* It's demonstrated a possibility of realization of narrow one directed antenna on Spherical DR with magnetic or electric H, E_{n11} mode resonances ($n \gg 1, m = 1$). Increasing of efficiency and gain factor of presented kinds of antenna in millimeter and terahertz wave-length is established.

Key words: antenna, dielectric resonator, microwave theory

УДК 621.396.67

УЛЬТРАШИРОКОСМУГОВИЙ ЛОГОПЕРІОДИЧНИЙ ОПРОМІНЮВАЧ РЕФЛЕКТОРНОЇ АНТЕНИ ДІАПАЗОНУ ЧАСТОТ 1-20 ГГц

Дубровка Ф.Ф., Долженко Д.С.

В ультраширокопосмугових системах передачі інформації, в системах радіомоніторингу, радіопротидії тощо, необхідно мати антени, що працюють у мультиоктавних смугах частот з потрібним підсиленням. У таких системах зазвичай використовують рефлекторні антени, робоча смуга частот яких визначається робочою смугою частот опромінювача. В ідеалі діаграма спрямованості (ДС), вхідний опір та положення фазового центру опромінювача не повинні залежати від частоти в робочій смузі частот. Найбільш повно задовольняють цим вимогам опромінювачі на основі логоперіодичних (ЛП) антен.

Метою цієї роботи є математичне моделювання та оптимізація характеристик опромінювача рефлекторної антени, побудованого на основі решітки в Н-площині із двох ЛП вібраторних антен [1, 2], що забезпечує в діапазоні частот 1-20 ГГц: КСХН ≤ 2.5 при живленні коаксіальною лінією з хвильовим опором 50 Ом; вісесиметричну ДС; потрібну частотно незалежну ширину ДС на рівні -10 дБ та має надійну конструкцію, добре захищену від атмосферного впливу та механічних пошкоджень.

Результати дослідження

Загальний вигляд моделі конструкції опромінювача, без укриття та з укриттям, зображено на рис. 1.