

УДК 621.396

*А.И. КОЗАРЬ*, канд. физ.-мат. наук,  
*Н.И. УКРАИНЕЦ*, канд. физ.мат. наук

## **РЕЗОНАНСНОЕ РАССЕЙЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ТРУБЧАТОМ И СПЛОШНОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРАХ В ВОЛНОВОДЕ**

---

Известно, что применение диэлектрических резонансных рассеивателей (ДРР) в устройствах СВЧ, наряду с улучшением электродинамических характеристик, способствует уменьшению их массогабаритных параметров. Использование ДРР в форме трубок и шайб [1,2] показало перспективы дальнейшей миниатюризации различных СВЧ-устройств: фильтров на основе волноводных и жестких коаксиальных линий передачи, антенных преселекторов, мультиплексоров и т. д.

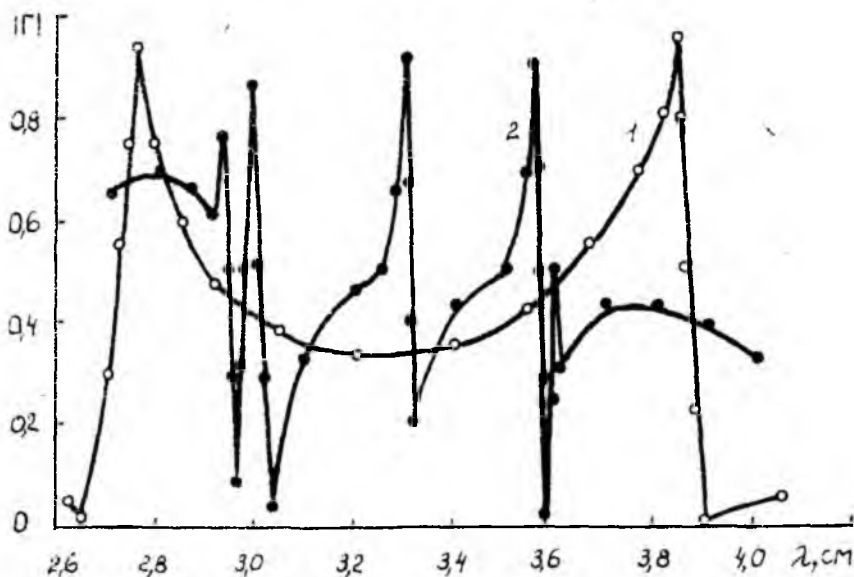
В качестве ДРР обычно применяются диэлектрические элементы малых размеров по сравнению с длиной электромагнитной волны, изготовленные из материалов с высокой диэлектрической проницаемостью и малыми потерями. Хотя ДРР различных форм к настоящему времени исследованы и теоретически, и экспериментально, однако для диэлектрических трубчатых рассеивателей в прямоугольных волноводах их свойства изучены недостаточно полно.

Цель данной работы — экспериментально исследовать резонансное отражение электромагнитных волн от диэлектрических цилиндрических трубок малых размеров в прямоугольном волноводе и сопоставить полученные результаты с аналогичными для сплошных цилиндров таких

же объемов и одинаковым соотношением осей и изготовленных из тех же материалов.

Сопоставление характеристик рассеяния рассматриваемых ДРР представляет интерес с точки зрения экспериментальной проверки известной эквивалентности рассеяния электромагнитных волн на телах одинаковых объемов и равным соотношением осей. Ранее было показано [3], что такая эквивалентность характеристик рассеяния имеет место лишь в нерезонансной области. Характеристики рассеяния для диэлектрических куба и шара равных объемов, а также сплошного цилиндра и эллипсоида вращения одинаковых объемов с равным соотношением соответствующих осей существенно различаются в области резонансов.

На рисунке представлены экспериментальные зависимости модуля коэффициента отражения от длины рассеиваемой волны для диэлектрической тонкостенной цилиндрической трубки ( $\epsilon = 90$ ,  $\text{tg } \delta = 0,001$ ) длиной 6 мм, внешним диаметром 5,7 мм и внутренним диаметром 4,3 мм (кривая 1) и сплошного цилиндра (кривая 2) из того же материала с аналогичными размерами ( $l = 6$  мм,  $\varnothing = 5,7$  мм).



Цилиндры были расположены в геометрическом центре прямоугольного стандартного волновода 3 - СМ диапазона так, что их продольные оси совпали с направлением распространения волны  $H_{10}$ .

Как следует из полученных результатов, рассеяние электромагнитных волн на тонкостенном трубчатом цилиндре, изготовленном из высокопроницаемого диэлектрика с малыми потерями, носит резонансный характер. При этом, как и в случае рассеивателей других форм [4], при рассеянии волн на трубчатом цилиндре возникают парные резонансы отражения ( $\lambda = 2,76$  и  $3,84$  см) и прохождения ( $\lambda = 2,66$  и  $3,9$  см). Расположение резонанса прохождения относительно резонанса отражения позволяет идентифицировать типы резонансов отражений в соответствии с классификацией, принятой для резонансного шара [4].

Резонансы, приведенные на рисунке (кривая 1), являются резонансами первого порядка электрического ( $\lambda = 2,76$  см) и магнитного ( $\lambda = 3,84$  см) типов.

В случае сплошного цилиндра таких же размеров, что и диэлектрическая трубка, дисперсионная зависимость модуля коэффициента отражения носит более сложный характер (кривая 2), чем для трубчатого цилиндра (кривая 1). Рассеяние волн на сплошном диэлектрическом цилиндре в этом же диапазоне длин волн характеризуется возникновением резонансов магнитного типа второго ( $\lambda = 3,56$  см), третьего ( $\lambda = 3,3$  см) и четвертого ( $\lambda = 2,93$  см) порядков и резонансов электрического типа третьего ( $\lambda = 3,59$  см) и четвертого ( $\lambda = 2,98$  см) порядков. Таким образом, сопоставление характеристик рассеяния электромагнитных волн на сплошном и трубчатом диэлектрических цилиндрах одинаковых размеров в прямоугольном волноводе показало существенное различие характеристик рассеяния в резонансной области. Как и в случае диэлектрических шара и куба одинаковых объемов, а также эллипсоида вращения и цилиндра с эквивалентными объемами и равным соотношением осей [3], в резонансной области наблюдаются существенные изменения структуры резонансной кривой, что подтверждает нарушение известной эквивалентности характеристик рассеяния для малых тел с равными объемами и одинаковым соотношением осей, имеющей место в длинноволновом приближении в нерезонансной области.

**Список литературы:** 1. Украинец Н.И., Горбещ Н.Н. Резонансное рассеяние электромагнитных волн на диэлектрических шайбах в жесткой коаксиальной линии // Радиотехника. 1985. Вып.72. С.3-6.// 2. Прямой диэлектрический резонансный цилиндр как базовый элемент ОИС СВЧ Т.К. Моқан, Н.И. Украинец // Математическое моделирование и САПР радиоэлектронных систем СВЧ на объемных интегральных схемах (ОИС): Тез докл. научн.-техн. конф. Суздаль, 3-7 апреля 1989 г. М.: Радио и связь, 1989. С.69. 3. Украинец Н.И., Хижняк Н.А. К вопросу о рассеянии электромагнитных волн на малых диэлектрических телах с эквивалентными объемами и равным соотношением осей в прямоугольном волноводе // Вестн. Харьк. ун-та, 1986. № 85. Радиофизика и электроника. С.47-49. 4. Козарь А.И., Хижняк

*изв* Н.А. Отражение электромагнитных волн от резонансной диэлектрической сферы в волноводе // Укр. физ. журн. 1970. Т.15, № 5. С.847-849.

*Поступила в редколлегию 14.01.94*