

01 Jan 1999

Excitation of the High-Q-factor Whispering Gallery Modes in the Hemispherical Dielectric Resonator with the Cylinder Shield

Sergey Kharkovsky
Missouri University of Science and Technology

V. V. Kutuzov

A. E. Kogut

Follow this and additional works at: https://scholarsmine.mst.edu/ele_comeng_facwork



Part of the [Electrical and Computer Engineering Commons](#)

Recommended Citation

S. Kharkovsky et al., "Excitation of the High-Q-factor Whispering Gallery Modes in the Hemispherical Dielectric Resonator with the Cylinder Shield," *Proceedings of the 9th International Crimean Microwave Conference, 1999. Microwave & Telecommunication Technology. 1999 [In Russian with English abstracts]*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Jan 1999.

The definitive version is available at <https://doi.org/10.1109/CRMICO.1999.815236>

This Article - Conference proceedings is brought to you for free and open access by Scholars' Mine. It has been accepted for inclusion in Electrical and Computer Engineering Faculty Research & Creative Works by an authorized administrator of Scholars' Mine. This work is protected by U. S. Copyright Law. Unauthorized use including reproduction for redistribution requires the permission of the copyright holder. For more information, please contact scholarsmine@mst.edu.

ВЫСОКОДОБОТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТИПА ШЕПЧУЩЕЙ ГАЛЕРЕИ ПОЛУСФЕРИЧЕСКОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ЭКРАНОМ

Кутузов В.В., Харьковский С.Н., Когут А.Е.

Институт радиофизики и электроники НАН Украины, ул. Ак. Проскуры 12, Харьков 310085, Украина
тел.: 0572-448593, e-mail: maksim@ire.kharkov.ua

Аннотация - Представлены результаты экспериментального исследования колебаний типа шепчущей галереи полусферического диэлектрического резонатора, экранированного металлическим цилиндром.

I. Введение

Диэлектрические резонаторы (ДР) с колебаниями типа шепчущей галереи (ШГ) исследуются и используются в широком интервале частот: от сверхвысоких до оптических [1-3]. Интерес к таким резонаторам во многом обусловлен высокой добротностью возбуждаемых в них колебаний ШГ. В работах [2,3] экспериментально исследованы открытые квазиоптические ДР в виде диэлектрических тел вращения (шара, диска, цилиндра), одна половина которых заменена плоским металлическим зеркалом, и проведен сравнительный анализ характеристик колебаний ШГ в этих резонаторах. Показано, что наибольшую добротность имеют колебания ШГ полусферического ДР. Одним из ограничений применения на практике ДР с колебаниями ШГ является проблема взаимодействия их с другими элементами и приборами из-за открытого характера этих резонаторов и паразитного излучения. Одним из решений этой проблемы есть экранирование ДР. В работах [1,4,5] показано, что в экранированных резонаторах существуют колебания ШГ с высокой добротностью, обусловленные явлением локализации поля в диэлектрике. Эти работы выявили проблему густого спектра экранированных ДР и проблему эффективного возбуждения высокодобротных колебаний экранированных ДР.

Нами с целью разрежения спектра колебаний полусферического экранированного ДР и возбуждения в нем высокодобротных колебаний ШГ предлагается использовать цилиндрический экран.

II. Экспериментальные результаты

Объект экспериментального исследования представлял такую конструкцию. В апертуре симметрично расположенных диэлектрической полусферы из фторопласта ($\epsilon = 2.08$) радиусом R_d , равным 39 мм, и цилиндрического открытого с торцов экрана радиусом R_s , равным 42 мм, и длиной L_s , равной 120 мм, находятся плоские ограниченные металлические зеркала. В одном из зеркал располагается источник излучения в виде открытого конца сужающегося вдоль широкой стенки полого металлического волновода (щель связи с размерами $7,2 \times 0,2 \text{ мм}^2$). В экспериментальном макете имеется возможность плавно изменять положение источника излучения вдоль радиуса основания полусферы. Измерения характеристик колебаний ШГ в исследуемом резонаторе проводятся в диапазоне частот 27-37 ГГц. В исследуемом резонаторе измерены характеристики ТМ колебаний ШГ: спектры, распределения полей, определены добротности возбуждаемых разрежен по

сравнению со спектром полусферического ДР, экранированного полусферой. В нем возбуждаются три типа колебаний с разным числом вариаций поля по радиальной координате. Резонансные кривые этих колебаний перекрываются. Поэтому исследование характеристик колебаний затруднено. Дополнительными методами исследования спектр возбуждаемых колебаний разрежается и остаются колебания с одной ($m=1$) и двумя ($m=2$) вариациями поля вдоль азимутальной координаты диапазоне. Спектры выделенных колебаний образуют почти периодические последовательности резонансных откликов. Среднее расстояние между соседними резонансами по сетке частот однотипных колебаний составляет 0,922 ГГц и 0,923 ГГц соответственно. Поля выделенных колебаний на сферической поверхности диэлектрической полусферы имеют пятна в виде поясков, сходящихся в области щели и ее отображении на диаметрально противоположной стороне. Наиболее узкий поясок имеют колебания с азимутальным индексом $m=1$. Внешняя поверхность пояска поля этих колебаний на всем его протяжении находится практически на одинаковом расстоянии от поверхности экрана. Границы пояска поля высшего азимутального колебания $m=2$ удалены от поверхности экрана. Минимум интенсивности поля этих колебаний по азимутальной координате расположен точно в центре пояска их поля.

На рис.1 показано радиальное распределение интенсивности полей выделенных колебаний ($m=1$ - точки, $m=2$ - квадраты) резонатора. Видно, что поля этих колебаний на поверхности экрана отсутствуют.

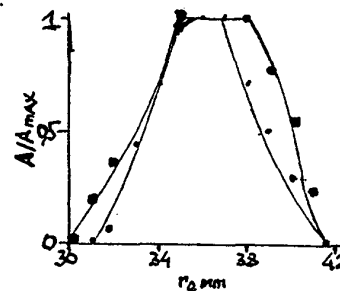


Рис.1 Радиальное распределение поля ШГ. Максимумы их интенсивности находятся в диэлектрике. Радиальные координаты максимумов полей этих колебаний одинаковы. На рис.2 представлены частотные зависимости собственной добротности TM_{n11} (точки) и TM_{n21} (квадраты) колебаний исследуемого резонатора, а также TM_{n11} (кресты) колебаний открытого полусферического ДР. Штрихпунктиром показана величина добротности Q_d , обусловленная потерями в диэлектрике ($Q_d = 5.6 \times 10^3$),

пунктиром соединены точки рассчитанной величины Q_0 сферического ДР со сферическим экраном [4].

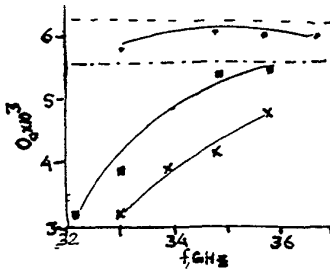


Рис.2 Частотная зависимость добротности ШГ. Погрешность определения величины Q_0 в эксперименте составляла 18-21%. Во всем исследуемом диапазоне величина Q_0 имеет наибольшее значение у колебаний TM_{n11} исследуемого резонатора. Ее значения больше величины Q_d и остаются близки к среднему уровню Q_0 , равному 6×10^3 . Эта зависимость хорошо совпадает с расчетной при частотах, больших 34 ГГц. Собственная добротность TM_{n21} колебаний уменьшается с уменьшением частоты. На высокочастотном краю исследуемого диапазона она стремится к значению Q_d . Собственная добротность колебаний ШГ открытого полусферического ДР меньше величин Q_0 выделенных колебаний исследуемого резонатора и уменьшается с уменьшением частоты из-за роста радиационных потерь энергии. Уменьшение величины Q_0 TM_{n21} колебаний исследуемого резонатора с уменьшением частоты, по-видимому, также связано с увеличением их резонансных радиационных потерь.

III. Заключение

Нами впервые исследованы колебания ШГ в новом типе резонатора - полусферическом ДР, экранированном металлическим цилиндром с ограниченными плоскими зеркалами, возбуждаемые сосредоточенным источником излучения. Анализ полученных результатов показал, что в полусферическом ДР, экранированном цилиндром, с плоскими ограниченными зеркалами эффективно возбуждаются высокодобротные колебания. Их высокие уровни добротности обусловлены локализацией поля в диэлектрике.

IV. Список литературы

- [1] Ильченко М.Е., Взятыйшев В.Ф., Гассанов Л.Г. и др. Диэлектрические резонаторы / Под ред. М.Е.Ильченко. - М.: Радио и связь, 1989. - 328 с.
- [2] Харьковский С.Н., Харьковская А.А., Когут А.Е., Кутузов В.В. Возбуждение квазиоптических диэлектрических резонаторов через щель связи в зеркале // 7 Международная Крымская конф. (Севастополь, 15-18 Сентября 1997): Тр. конф., 1997. - 1. - С. 135 - 137.
- [3] Харьковский С.Н., Когут А.Е., Кутузов В.В., Громов П.В. Твердотельные генераторы КВЧ с квазиоптическими металлодиэлектрическими резонаторами // 7 Международ. Крымская конф. Тр. конф., - Севастополь 1997. - 2. - С. 361 - 363.
- [4] Kharkovsky S.N., Filipov Yu.F., Eremenko Z.E., Kutuzov V.V., Kogut A.E. Shielding of the dielectric ball resonators with whispering gallery modes // 14 In. Symp. and Exhib. on Electromagnetic Compatibility. (Wroclaw, Poland. 1998). Symp. Proc. - 1998. - P. 380 - 384.
- [5] Kharkovsky S.N., Kutuzov V.V., Kogut A.E., Solodovnik V.A. Excitation of the whispering gallery modes at the shielded

hemispherical dielectric resonator // MSMW'98 3 Int. Kharkov Symp. Physics and Engineering of MM and Submm Waves (Kharkov, Ukraine). Symp. Proc. - 1998. - 2. - P. 669 - 670.

Excitation of the high-Q-factor whispering gallery modes in the hemispherical dielectric resonator with the cylinder shield.

Kutuzov V.V., Kharkovsky S.N., Kogut A.E.
Institute of Radiophysics and Electronics NAS of
Ukraine 12 Ak. Proskura str., Kharkov-310085,
Ukraine
e-mail:maksim@ire.kharkov.ua

Abstract-The hollow metal cylinder with the semicircle in the basis is used as the shield of the hemispherical dielectric resonator with whispering gallery (WG) modes. It's shown that the spectrum of the WG modes of this resonator is clearer than the spectrum of the similar resonator with the hemispherical shield. It's find that the high-Q-factor belt modes are excited in the offered resonator by the coupling slot on the mirror. Their fields are localized in a dielectric. The frequency dependence of the Q-factor value is measured. A good conformity of this experimental dependence with the analytic dependence is obtained at this paper.

I. Introduction

Dielectric resonators (DR) with whispering gallery modes (WGM's) are used at the wide range of frequencies (from microwave to optical). One of the most important limits of the DR using is the problem of their coupling with other elements and circuits because of the open nature of these resonators and parasitic wave radiation. The open nature of the DR with WGM's leads to the system sensitiveness to the external medium and elements. One of this problem solution is the shielding of the DR. The investigations find the problem of the excitation of these modes in real condition, which are arised through the dense spectrum of the SDR modes and difficulty introduction of the couplers in the field of the WGM's. In this paper we investigate the problem of the excitation high Q-factor WGM's of the hemispherical DR with cylinder shield.

II. Experimental results

At experiment we investigate teflon dielectric hemiball ($\epsilon = 2.08$, radius $R_d = 39$ mm) and metallic cylinder (radius $R_c = 42$ mm) are situated on the local flat mirrors with coupling slot with the external waveguide. In the experimental model of SDR there was a possibility to easy change the position of the radiation source and passive slot on the radial coordinate. The dependence of the relative amplitude A/A_m of resonance from the standardized radial coordinate of the passive slot center to the dielectric hemiball radius r_o/R_d for the TM WGM' is shown at Fig. 1. The frequency dependence of unloaded Q-factor TM WGM's is shown at Fig. 2. The monotonous decreasing of Q-factor of the hemispherical ODR, when the frequency is decreased, is connected with the own radiative losses increasing. The Q-factor of the ODR WGM's at the high frequency border is approximated to the level which is closed by the dielectric Q-factor (in this case dielectric Q-factor is equal 5.6×10^3). The unloaded Q-factor of the WGM's of the hemispherical SDR is approximetly constant in the investigated frequency range and it is determined only dielectric losses.

III. Conclusion

The results obtained at this paper can be used for the construction of millimeter wave active and passive devices.