

01 Jan 2002

## Gunn Oscillators Based on Shielded Dielectric Resonators with Mechanical Frequency Tuning

Sergey Kharkovsky  
*Missouri University of Science and Technology*

V. I. Lutsenko

I. V. Lutsenko

V. K. Korneenkov

*et. al.* For a complete list of authors, see [https://scholarsmine.mst.edu/ele\\_comeng\\_facwork/1063](https://scholarsmine.mst.edu/ele_comeng_facwork/1063)

Follow this and additional works at: [https://scholarsmine.mst.edu/ele\\_comeng\\_facwork](https://scholarsmine.mst.edu/ele_comeng_facwork)



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

---

### Recommended Citation

S. Kharkovsky et al., "Gunn Oscillators Based on Shielded Dielectric Resonators with Mechanical Frequency Tuning," *Proceedings of the 12th International Conference Microwave and Telecommunication Technology, 2002. CriMiCo 2002*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Jan 2002. The definitive version is available at <https://doi.org/10.1109/CRMICO.2002.1137190>

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](mailto:scholarsmine@mst.edu).

# ГЕНЕРАТОРЫ ГАННА НА ОСНОВЕ ЭКРАНИРОВАННЫХ КВАЗИОПТИЧЕСКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ

Луценко В. И., Луценко И. В., Корнеенков В. К., Харьковский С. Н., Когут А. Е.  
Институт радиопроизводства и электроники им. А.Я.Усикова НАН Украины  
ул. Ак. Проскуры 12, Харьков - 61085, Украина  
Тел. (0572)448-593; e-mail:koguts@ic.kharkov.ua

**Аннотация** - исследованы характеристики генераторов Ганна на основе диэлектрических резонаторов, работающих в режиме возбуждения колебаний типа шепчущей галереи и лучевых колебаний. Проведен их сравнительный анализ для генераторов с резонансными системами различной конфигурации.

## I. Введение

Активные приборы и устройства, на основе квазиоптических диэлектрических резонаторах (КДР) и работающие в режиме возбуждения высокодобротных колебаний типа шепчущей галереи (ШГ), обладают общепризнанными достоинствами, главными из которых являются высокая стабильность частоты выходного сигнала и сравнительно чистый спектр колебаний [1]. Новые задачи телекоммуникации и спутникового приема в миллиметровом диапазоне радиоволн требуют расширения их функциональных возможностей. К числу актуальных требований, предъявляемых к твердотельным генераторам и сумматорам мощности, относится обеспечение перестройки частоты выходного сигнала в полосе до нескольких процентов. Генераторы на основе КДР с колебаниями типа ШГ не способны решить этой задачи вследствие малой ширины отдельных зон генерации. Переход от одной зоны генерации к соседней сопровождается резким изменением частоты и мощности выходного сигнала [2]. Расширить полосу перестройки частоты позволяют ДР в виде диска или сферы, в которых помимо колебаний типа ШГ существуют и лучевые колебания [3, 4]. Поля последних по сравнению с полями колебаний типа ШГ глубже располагаются в области диэлектрика. Возбуждаясь на близких частотах, поля колебаний типа ШГ и лучевых колебаний имеют общие области, в которых они перекрываются. Переход в спектре КДР от колебаний типа ШГ к лучевым колебаниям осуществляется посредством возбуждения промежуточных колебаний и сопровождается плавным изменением резонансной частоты. Это создает возможность механической перестройки частоты в устройствах на основе дисковых и сферических КДР, а также их модификаций.

## II. Основная часть

Основой экспериментального макета генератора Ганна является плоское металлическое зеркало, на котором поочередно располагались полностью или частично экранированные полудисковые КДР и стохастические резонаторы типа «полубильярд», представляющие собой сочленение полудиска с параллелепипедом. Отличие полностью экранированного КДР от частично экранированного состоит в том, что у последнего отсутствует металлическая стенка на одной из боковых сторон резонатора. В прямоугольных отверстиях на зеркале размещались диодные модули [2, 4]. Вывод сигнала из генератора осуществлялся в волноводный тракт непосредственно из

области расположения диода Ганна. Конструкция генератора предусматривала возможность плавного изменения радиальной координаты выходного отверстия диодного модуля. Таким образом в эксперименте осуществлялся переход от вынужденных колебаний типа ШГ к лучевым колебаниям при их возбуждении активным элементом генератора.

Использовались полудисковые КДР, изготовленные из тефлона радиусом 38мм и 19мм, и стохастические резонаторы из того же материала при радиусах полудисков 19мм и 9мм и различной высоте параллелепипеда (14мм, 15мм и 19мм).

В эксперименте измерялись основные характеристики генерации: мощность, частота и крутизна электронной перестройки частоты при различных радиальных координатах выходного отверстия диодного модуля. После перемещения резонатора генерация колебаний диодным модулем в нем срывается путем понижения до нуля напряжения питания диода Ганна и при повторной подаче питающего напряжения фиксируется рабочая частота, крутизна электронной перестройки и мощность генерации возникших колебаний для нового положения резонатора. Такая методика позволяет анализировать как эффект затягивания частоты генерации колебаний при перемещении резонатора, так и исследовать характеристики колебаний, возбуждаемых в самом диодном модуле для каждого из положений резонатора.

Проведенные исследования показали, что для всех исследуемых генераторов наибольшая мощность выходного сигнала и лучшая стабильность частоты генерации по отношению к паразитному изменению напряжения питания диода Ганна, о которой можно судить по крутизне электронной перестройки частоты, достигаются при размещении диодного модуля на зеркале вблизи границы раздела сред диэлектрик-металл, т.е при возбуждении в КДР высокодобротных колебаний типа ШГ. При движении выходного отверстия диодного модуля вглубь диэлектрика до центра основания полудисковых и стохастических КДР выходная мощность и стабильность частоты понижаются. Частота генерации при этом изменяется в пределах от 3% для стохастических КДР до 4,5% для полудисковых полностью экранированных резонаторов. Частота генерации внутри полосы механической перестройки для генераторов на основе стохастических КДР в отличие от генераторов на основе полудисковых резонаторов изменяется плавно, что по-видимому связано с более простыми условиями фазового синхронизма энергии, излучаемой диодным модулем, с полями собственных колебаний КДР.

Для всех видов используемых в эксперименте резонаторов генераторы с полностью экранированными КДР обладают большими уровнями мощности выходного сигнала, чем с частично экранированными резонаторами. Это связано с меньшими радиационными потерями энергии, что облегчает решение

задачи электромагнитной совместимости диодного модуля с такими резонаторами.

Для генераторов на основе стохастических КДР установлено, что мощность генерации понижается при уменьшении радиуса кривизны цилиндрической поверхности. Ее величина определяется и высотой параллелепипеда, составляющего резонатор. При этом для каждого резонатора, отличающегося радиусом кривизны, существует оптимальная высота, при которой достигается наибольшая мощность выходного сигнала, что связано с выполнением условий фазового синхронизма волн.

### III. Заключение

В работе показано, что путем перехода в полудисковом экранированном диэлектрическом резонаторе от колебаний типа шепчущей галереи к лучевым колебаниям при возбуждении их диодом Ганна удается получить механическую перестройку частоты в полосе до 4,5%. Использование стохастического экранированного диэлектрического резонатора в качестве колебательной системы твердотельного генератора позволяет производить плавную перестройку частоты в полосе до 3%. Полное экранирование КДР позволяет увеличить мощность выходного сигнала генераторов на их основе.

### 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. -328с.
2. *Kharkovsky S., Kirichenko A., Kogut A. Microwave and Optical Techn. Lett.*, 1996, v.12, No 4, p. 210-213.
3. Харьковский С.Н., Козут А.Е., Кутузов В.В. Письма в ЖТФ, 1997, т.23, №15, с.25-29.
4. Козут А.Е., Корнеевков В.К., Луценко В.И., Харьковский С.Н. Радиопизика и электроника: Сб. науч. тр. ИРЭ НАН Украины. - Харьков. 1999. Т.4, №1. с.52-55.

### GUNN OSCILLATORS BASED ON SHIELDED DIELECTRIC RESONATORS WITH MECHANICAL FREQUENCY TUNING

Lutsenko V. I., Lutsenko I. V., Korneenkov V. K.,  
Kharkovsky S. N., Kogut A. E.

*Usikov Institute of Radiophysics and Electronics,  
NAS of Ukraine*

*12 Akademika Proskury Str., Kharkiv, Ukraine,  
P. O. 61085,*

*Phone: +380 (572) 448593*

*e-mail: koguts@ic.kharkov.ua*

Abstract - Features of Gunn oscillators based on shielded dielectric resonators with whispering gallery modes and ray oscillations are investigated. Their comparative analysis for oscillators with different dielectric resonant structures is carried out.

### I. Introduction

Active devices based on quasioptical dielectric resonators with high-Q whispering gallery modes (WGM) possess well known advantages, including high stability of input frequency and comparatively clean oscillation spectrum. New challenges facing mm-wave telecommunications require expanded capabilities, such as provisions for wide-range frequency tuning within the given values. Oscillators based on the shielded dielectric resonators with whispering gallery modes cannot tackle this problem due to narrow oscillation zones. The range of frequency tuning may be broadened by applying disk or sphere-shaped dielectric resonators which contain the WGM and ray oscillations. These oscillations have different resonant frequencies. The fields of the ray oscillations are buried deeper into the dielectric material than those of the WGM. Thus, active devices based on such resonators offer the opportunity of mechanical frequency tuning through the transition of the WGM into the ray oscillations.

### II.Main part

The basis for a prototype Gunn oscillator is a flat metal mirror on which completely or partially shielded dielectric half-disk and "half-billiards table" type stochastic resonators (a junction of half-disk and parallelepiped) were placed in turns. The design of the oscillator provided for a smooth alteration in a radial coordinate of the diode module output hole. In this way the transition from the induced WGM to the ray oscillations was achieved during the experiment when they were excited by an active element of the oscillator. 38mm and 19mm-radius dielectric Teflon half-disks were used, as well as 19mm and 9mm-radius stochastic resonators made from the same material and parallelepipeds of various heights (14mm, 15mm and 19mm). Our research has shown that for all the oscillators the largest output power and best frequency stability offering the judgement on the rate of electronic frequency tuning are achieved when the diode module is placed on the mirror close to the dielectric-metal border, i.e. when high-Q WGM-type oscillations are excited in resonators. During the movement of the diode module output hole deeper into the dielectric structure up to the center of the half-disk and stochastic resonators mounting, the output power and frequency stability deteriorate. The oscillation frequency changes within 3% limits for stochastic resonators and up to 4.5% for dielectric half-disks of the completely shielded resonators. The oscillation frequency within a mechanical tuning range for stochastic resonators-based oscillators changes smoothly compared to half-disks resonators-based oscillators. This is due to simpler conditions of phase synchronism for waves radiated by the diode module with characteristic oscillations of the quasioptical dielectric resonators. For all the resonators used in the experiment the oscillators with completely shielded resonators have larger values of output power compared to partially shielded resonators. This is related to smaller emission losses, which alleviates the problem of electromagnetic compatibility between the diode module and such resonators.

### III. Conclusion

It has been shown that using stochastic shielded dielectric resonators as oscillating system for a solid-state oscillator allows for smooth frequency tuning over a range of up to 3%. The complete shielding of quasioptical dielectric resonators allows for an increase in the output power of oscillators designed on their basis.