

УДК 621.382

PACS number: 41.20.-q

А. Е. КОГУТ, И. К. КУЗЬМИЧЕВ, Р. С. ДОЛЯ,  
С. О. НОСАТЮК, Е. А. ШУЛЬГА

Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины,  
ул. Ак. Проскуры, 12, г. Харьков, 61085, Украина  
E-mail: roma\_vb@mail.ru

## ВОЗМОЖНОСТЬ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ИСТОЧНИКА МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН ЭКРАНИРОВАННЫМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РЕЗОНАТОРОМ

*Предмет и цель работы: Показать принципиальную возможность применения экранированного диэлектрического резонатора, возбуждаемого планарным волноводом, для стабилизации частоты твердотельных источников в миллиметровом диапазоне длин волн.*

*Методы и методология: Применялась схема включения высокочастотного резонатора в состав колебательной системы автогенератора. Для связи генератора с резонатором и с нагрузкой предложено использовать планарные волноводы. Применение именно планарного волновода для подвода энергии от генератора к резонатору позволяет существенно разредить спектр и возбудить в диэлектрическом резонаторе высокочастотные моды шепчущей галереи.*

*Результаты: Рассмотрена возможность стабилизации частоты генератора миллиметровых волн внешним высокочастотным экранированным диэлектрическим резонатором, возбуждаемым планарным волноводом. Показано, что за счет изменения положения щели связи генератора в планарном волноводе достигается эффективное возбуждение мод шепчущей галереи в экранированном резонаторе.*

*Заключение: Удалось осуществить стабилизацию частоты генератора внешним высокочастотным диэлектрическим резонатором по схеме “на проход”.*

*Ключевые слова: стабилизация частоты, моды шепчущей галереи, высокочастотный экранированный диэлектрический резонатор, планарный волновод, генератор миллиметровых волн*

### 1. Введение

Для решения целого ряда прикладных задач в диэлектрометрии, спектроскопии, радиолокации и других областях науки и техники необходимы когерентные высокостабильные источники колебаний. Как показано в работах [1, 2], показатели стабилизации в основном определяются двумя факторами: электродинамическими характеристиками стабилизирующего резонатора, главным из которых является его добротность; эффективностью связи стабилизируемого источника с резонатором. Наибольший интерес представляет стабилизация частоты источников в миллиметровом диапазоне длин волн, что связано с тенденциями развития радиофизики в целом. В более длинноволновом сантиметровом диапазоне длин волн для стабилизации частоты генераторов наибольшее распространение нашли объемные резонаторы [3]. С укорочением рабочей длины волны уменьшаются геометрические размеры стабилизирующего резонатора и возрастают омические потери в его стенках. Это приводит к уменьше-

нию добротности резонансной системы и, как следствие, к снижению коэффициента стабилизации. Поэтому в миллиметровом диапазоне необходимо переходить к резонансным системам, адекватным этому диапазону. В настоящее время хорошо изучены аспекты стабилизации частоты твердотельных источников с помощью открытых резонаторов, образованных как проводящими зеркалами, так и диэлектрическими резонансными структурами [4, 5]. Показано, что благодаря высокой добротности используемых резонаторов достигаются большие значения коэффициента стабилизации. Однако главным недостатком открытых резонаторов является связь со свободным пространством, что в итоге может привести к снижению добротности резонансной системы и дополнительным электромагнитным помехам.

Вторым важным фактором, определяющим характеристики стабилизации, является эффективность связи твердотельного источника со стабилизирующим резонатором. В большинстве работ по изучению стабилизации частоты твердотельного источника использовалась схема включения высокочастотного резонатора в состав колебательной системы автогенератора [4, 6].

Такая схема позволяет обеспечивать высокие значения параметра связи автогенератора со стабилизирующим резонатором и предусматривает расположение элемента вывода энергии автогенератора в поле стабилизирующего резонатора. Недостатком этой схемы стабилизации является влияние элемента вывода энергии автогенератора на электродинамические характеристики резонатора. Поскольку геометрические размеры самого элемента связи сравнимы с рабочей длиной волны, он является источником дополнительных дифракционных потерь в такой резонансной системе. Это приводит к снижению добротности резонатора и, следовательно, к ухудшению коэффициента стабилизации частоты источника.

В настоящей работе предложены пути решения обозначенных выше задач: устранение паразитной электромагнитной связи стабилизируемого генератора с другими элементами общих цепей и оптимизация связи твердотельного автогенератора миллиметровых волн со стабилизирующим резонатором. Для стабилизации частоты генератора Ганна предложено использовать экранированный диэлектрический резонатор (ЭДР) сферической формы, возбуждаемый на модах шепчущей галереи (ШГ). В работе [7] было показано, что благодаря наличию воздушного зазора между диэлектрическим полушаром и металлическим экраном в такой резонансной системе удается добиться меньших омических потерь, чем в обычном ЭДР, что позволило получить высокие значения нагруженной добротности. Этот эффект достигается при определенном соотношении радиусов диэлектрического полушара и экрана сферической формы. Для связи генератора с резонатором и с нагрузкой предложено использовать планарные волноводы [8, 9]. В общем случае спектр собственных частот экранированного резонатора должен быть более густым, чем спектр резонатора, связанного со свободным пространством. Применение именно планарного волновода для подвода энергии от генератора к резонатору позволяет существенно разредить спектр и возбудить в диэлектрическом резонаторе высокودобротные моды ШГ.

Таким образом, цель настоящей работы – показать принципиальную возможность применения ЭДР, возбуждаемого планарным волноводом, для

стабилизации частоты твердотельных источников в миллиметровом диапазоне длин волн.

## 2. Объект и методика исследований

На рис. 1 показана схема стабилизации частоты генератора Ганна, расположенного в волноводной камере, с помощью внешнего высокочастотного резонатора.

Резонатор представлял собой диэлектрический полушар 1 из фторопласта (диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 2.08$ ) радиусом  $R_1 = 39$  мм. Полусферический экран радиусом  $R_2 = 42$  мм был выполнен в латунном основании 2. Зазор 3 между криволинейными поверхностями полушара и экрана был заполнен воздухом и имел толщину 3 мм. Над плоскостью основания располагались два металлических зеркала прямоугольной формы 4 и 5. Размеры зеркал составляли  $50 \times 50 \times 4$  мм. Положение зеркал относительно края диэлектрического резонатора выбиралось согласно ранее проведенным исследованиям [9]. Зеркало 4 покрывало область локализации полей мод ШГ на расстояние не менее 15 мм от края полушара, а с противоположной стороны край зеркала 5 совпадал с внешней границей металлического экрана. Собственная добротность  $Q_0$  резонатора, как было показано в работе [7], достигает значения 6200. Это является положительным фактором для применения конструкции полушарового диэлектрического резонатора для стабилизации частоты твердотельных генераторов.

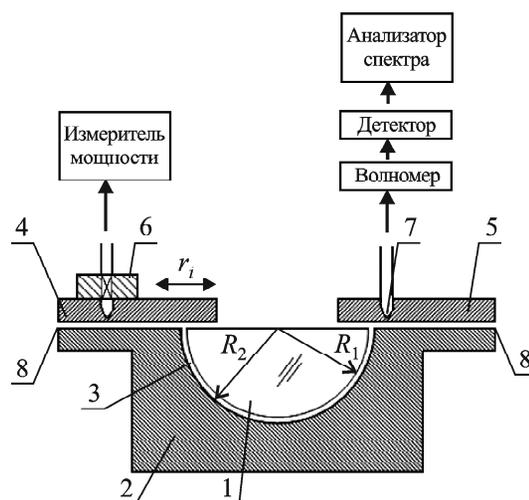


Рис. 1. Схема стабилизации частоты генератора Ганна с помощью полушарового ЭДР

Такие источники являются, как правило, маломощными, поэтому для их стабилизации целесообразно применять высокочастотный резонатор, включенный, как показано на рисунке, по схеме “на проход” [10]. Схема включения резонатора “на отражение” используется для мощных генераторов. Она отличается сложностью настройки.

Диодный модуль 6 был собран на основе отрезка стандартного прямоугольного волновода сечением  $7.2 \times 3.4$  мм и включал в свой состав помимо диода Ганна элементы его крепления, согласования и подвода питания. Возбуждался резонатор с помощью щели связи с размерами  $7.2 \times 1.0$  мм, расположенной в зеркале 4. Генератор мог располагаться как в непосредственной близости от ЭДР, над его открытым плоским основанием, так и за его пределами. Для этого предусматривалась возможность перемещать зеркало 4 с диодным модулем вдоль радиальной координаты  $r_i$  (начало координат лежит на границе раздела металлический экран – воздушный зазор). Вывод сигнала из резонатора осуществлялся посредством щели связи 7 с такими же поперечными размерами ( $7.2 \times 1.0$  мм), выполненной в зеркале 5. Для измерения спектральных и частотных характеристик выходного сигнала генератора, стабилизированного внешним ЭДР, применялся анализатор спектра С4-27 (см. рис. 1). Для контроля частоты генератора Ганна в схему был включен волномер.

Щелевой зазор 8 между проводящими зеркалами 4, 5 и плоским основанием металлического экрана 2 представлял собой линию передачи энергии электромагнитного поля. Малая по сравнению с длиной волны высота и протяженные геометрические размеры позволяют рассматривать такую волноведущую структуру как планарный волновод [8]. Высота планарного волновода в эксперименте составляла около 100 мкм. Таким образом, при смещении диодного модуля за пределы ЭДР возбуждение мод ШГ в полусферическом диэлектрическом резонаторе происходило с помощью планарного волновода.

В процессе эксперимента измерялись следующие параметры: частота генерации; коэффициент ослабления сигнала на выходе резонатора, значение которого позволяло определить относительное значение коэффициента передачи; мощность выходного сигнала; крутизна электронной пере-

стройки частоты. Последняя характеристика выходного сигнала является информативной для оценки стабильности частоты генерации по отношению к изменению напряжения питания диода Ганна при различных положениях щелевого элемента связи вдоль радиальной координаты  $r_i$  (см. рис. 1). Настройка частоты генератора на одну из собственных частот мод ШГ, возбуждаемых в ЭДР, осуществлялась механическим способом.

### 3. Экспериментальные результаты и их объяснение

Как было показано в предыдущих исследованиях [11], эффективность связи планарного волновода с ЭДР во многом определяется положением щели связи генератора в планарном волноводе. Это объясняется тем, что внутри планарного волновода электромагнитное поле имеет интерференционный характер. Наиболее эффективная связь планарного волновода с экранированным резонатором достигается при расположении щели связи генератора в области максимальной напряженности электрической компоненты поля стоячей волны в планарном волноводе.

Исследование влияния эффективности такой связи на характеристики сигнала на выходе резонатора было основным направлением проведенных исследований и осуществлялось путем изменения радиальной координаты  $r_i$  середины щели связи диодного модуля (генератора) в планарном волноводе. На рис. 2 представлена зависимость относительного коэффициента передачи сигнала  $A_0/A_{\max}$  от радиальной координаты  $r_i$ . Отрицательные значения величины  $r_i$  соответствуют расположению щели связи в планарном волноводе. При  $r_i = 0$  середина щели связи располагается на границе раздела металлический экран – воздушный зазор. Генерация осуществлялась на частоте  $f \approx 42.43$  ГГц.

Из рис. 2 видно, что при расположении щели связи диодного модуля в планарном волноводе представленная зависимость имеет периодический характер. Наблюдаемые максимумы и минимумы относительного коэффициента передачи сигнала, как отмечалось выше, свидетельствуют о режиме стоячей волны в планарном волноводе. Расстояние между соседними максимумами (минимумами) вдоль радиальной координаты близко к половине длины волны в планарном волноводе.

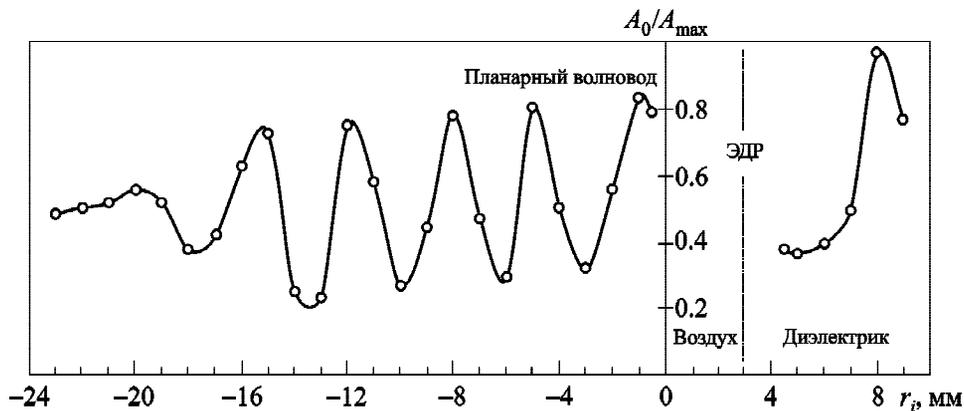


Рис. 2. Зависимость коэффициента передачи сигнала через ЭДР от радиальной координаты  $r_i$  щели связи диодного модуля

Наибольшего значения коэффициент передачи достигает при расположении щели связи, выполненной в зеркале 4, непосредственно над диэлектрическим резонатором (см. рис. 1) при  $r_i = 8$  мм (см рис. 2). Именно в этой точке, как показали результаты проведенных ранее исследований двухслойного полушарового ЭДР [6], располагается максимум интенсивности резонансного поля моды ШГ. Следует отметить, что при смещении щели связи в область плоского основания металлического экрана 2 (см. рис. 1) значения коэффициента передачи в точках максимального значения напряженности электрической компоненты поля стоячей волны в планарном волноводе незначительно отличаются от максимального значения величины  $A_0/A_{\max}$ , когда возбуждающая щель связи располагается в области максимальной интенсивности резонансного поля рабочей моды ШГ. Они остаются практически постоянными ( $A_0/A_{\max} \approx 0.8$ ) при изменении значений  $r_i$  в широком интервале. Так, при смещении щели связи от края резонатора ( $r_i = 0$ ) в область плоского металлического основания на расстояние  $r_i = -15$  мм, что соответствует трем длинам волн в резонаторе, изменение коэффициента ослабления сигнала на выходе резонатора в абсолютных значениях не превышает 0.5 дБ. Это свидетельствует о сравнительно малых потерях на возбуждение мод ШГ в полушаровом диэлектрическом резонаторе с помощью планарного волновода.

Наиболее информативной для оценки связи диодного модуля со стабилизирующим резонатором является зависимость крутизны электронной перестройки частоты  $\Delta f/\Delta U$  (отношение

изменения частоты генерации к изменению напряжения питания диода Ганна) выходного сигнала от радиальной координаты  $r_i$ . Эта зависимость представлена на рис. 3.

Из рисунка видно, что зависимость крутизны электронной перестройки частоты от радиальной координаты щели связи генератора в планарном волноводе имеет немонотонный характер. Наблюдаются выраженные периодически повторяющиеся максимумы (минимумы), расстояние между которыми, как и на аналогичной зависимости коэффициента передачи, близко к половине длины волны в планарном волноводе. В минимумах значение величины  $\Delta f/\Delta U$  не превышает 1 МГц/В, что свидетельствует о высокой стабильности частоты выходного сигнала. Отметим, что достигаемая стабилизация частоты генератора превосходит результат, полученный известным способом, при котором генератор находится в поле моды ШГ резонатора [12]. В последнем случае крутизна электронной перестройки частоты составляет около 7 МГц/В.

Сравнительный анализ поведения коэффициента передачи и крутизны электронной перестройки частоты выходного сигнала в зависимости от значения  $r_i$  показывает, что радиальные координаты максимумов коэффициента передачи соответствуют минимумам крутизны электронной перестройки частоты. Это позволяет сделать вывод о том, что при расположении диодного модуля в этих точках достигается наиболее эффективная связь генератора с резонатором. Смещением диодного модуля в планарном волноводе вдоль радиальной координаты



Рис. 3. Зависимость крутизны электронной перестройки частоты от радиальной координаты  $r_i$  щели связи диодного модуля

удается решить задачу эффективного возбуждения мод ШГ в двухслойном полушаровом ЭДР. При определенном положении щели связи диодного модуля в планарном волноводе в последнем достигается распределение электромагнитного поля, структура которого наиболее близка к распределению поля мод ШГ. В связи с этим необходимо отметить, что применение планарного волновода для связи генератора с диэлектрическим резонатором является эффективным способом стабилизации частоты.

Интересно отметить, что электронная перестройка частоты генератора при перемещении диодного модуля в планарном волноводе характеризуется малой крутизной на протяженном участке  $r_i$ . Это создает хорошие предпосылки для одновременной стабилизации частоты нескольких генераторов.

Вызывает практический интерес исследование влияния высоты планарного волновода на характеристики выходного сигнала. На рис. 4 и рис. 5 соответственно представлены зависимости крутизны электронной перестройки частоты  $(\Delta f/\Delta U)_{\min}$  и относительного коэффициента передачи сигнала от высоты  $h$  планарного волновода при расположении диодного модуля в планарном волноводе в точке  $r_i = -5$  мм. Эта точка характеризуется эффективной связью генератора со стабилизирующим резонатором (см. рис. 2), поскольку при расположении в ней диодного модуля достигается наименьшая крутизна электронной перестройки частоты (см. рис. 3) и высокое значение коэффициента передачи.

Из рис. 4 видно, что эффективная стабилизация частоты автогенератора ЭДР достигается в ши-

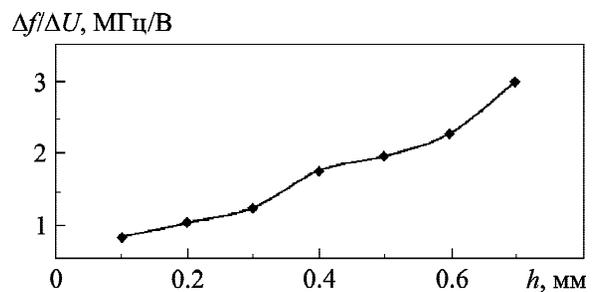


Рис. 4. Зависимость крутизны электронной перестройки частоты от высоты планарного волновода

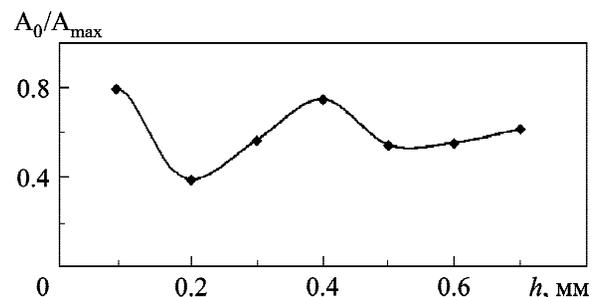


Рис. 5. Зависимость относительного коэффициента передачи от высоты планарного волновода

роком интервале изменения высоты  $h$  планарного волновода:  $0.1 < h < 0.3$  мм и  $0.4 < h < 0.6$  мм. Тенденция роста крутизны электронной перестройки частоты имеет место при  $0.3 < h < 0.4$  мм. Начиная с  $h = 0.6$  мм, наблюдается резкое увеличение крутизны электронной перестройки частоты, что свидетельствует об ухудшении связи планарного волновода с ЭДР. При больших высотах планарного волновода ( $h > 0.8$  мм) генерация становится нестабильной. Это проявляется в резких скачкообразных изменениях частоты ге-

нерации при изменении напряжения питания диода Ганна.

Рассматривая график зависимости  $A_0/A_{\max}$  от  $r_i$  (рис. 5), интересно отметить, что в широком интервале изменения высоты планарного волновода ( $0.1 < h < 0.7$  мм) сохраняются высокие значения коэффициента передачи сигнала на выходе резонатора. При  $h > 0.8$  мм, как отмечалось выше, стабилизация частоты генератора внешним резонатором посредством планарного волновода становится неэффективной.

#### 4. Выводы

Путем использования планарного волновода для электромагнитной связи высокочастотного ЭДР с генератором миллиметровых волн по схеме “на проход” показана возможность стабилизации частоты. Исследована зависимость характеристик стабилизированного сигнала генератора от положения его элемента связи в планарном волноводе. Показано, что путем выбора расстояния  $r_i$  удается достичь эффективной связи с резонатором и тем самым обеспечить высокие значения коэффициента передачи и малую крутизну электронной перестройки частоты выходного сигнала. Последняя характеристика свидетельствует об эффективной стабилизации частоты генератора с помощью предложенной схемы связи с экранированным резонатором. Установлено, что эффективная связь ЭДР с генератором достигается при расположении последнего в планарном волноводе даже на расстояниях от резонатора, превышающих длину волны. Это создает предпосылки для одновременной стабилизации частоты нескольких генераторов и суммирования их мощностей. Выработаны рекомендации относительно высоты используемого планарного волновода для обеспечения эффективной связи стабилизируемого генератора с высокочастотным ЭДР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткин Л. В., Чайка В. Е. Полупроводниковые устройства диапазона миллиметровых волн. – Севастополь: Вебер, 2006. – 319 с.
2. Царяпин Д. П. Стабилизация частоты возбудителей радиопередатчиков СВЧ. – М.: МЭИ, 1985. – 80 с.
3. Кузнецов Ю. Н., Парышкуро Л. А. Стабилизация частоты клистронного генератора дополнительным объемным резонатором высокой добротности // Воп-

росы радиоэлектроники. – 1960. – Серия I, вып. 3. – С. 77–86;

4. Бычков С. И., Буренин Н. И., Сафаров Р. Т. Стабилизация частоты с помощью объемных резонаторов. – М.: Сов. радио, 1962. – 376 с.
4. Архипов В. А., Белоус О. И., Фисун А. И., Булгаков Б. М., Болтовец М. С. Стабилизация частоты твердотельных источников мм диапазона. Резонансные системы // Международный Крымская конф. “СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии”. Материалы конф. – Севастополь, Украина. – 2004. – С. 119–120.
5. Белов Л., Хилькевич В. Генераторы с диэлектрическими резонаторами для стабилизации частоты // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2006. – № 7. – С. 54–59.
6. Царяпин Д. П. Генераторы СВЧ на диодах Ганна. – М: Радио и связь, 1982. – 112 с.
7. Eremenko Z. E., Filipov Yu. F., Kharkovsky S. N., Kutuzov V. V., and Kogut A. E. Whispering-Gallery Modes in Shielded Hemispherical Dielectric Resonators // IEEE Trans. Microw. Theory Tech. – 2002. – Vol. 50, No. 11. – P. 2647–2649. DOI: 10.1109/TMTT.2002.804627
8. Скрипка С. Л., Данилов В. В., Павловский И. С. Планарные структуры волноводной элементной базы миллиметрового диапазона // Радиофизика и электроника. – 2011. – Т. 2 (16), № 4. – С. 96–102.
9. Козут А. Е., Носатюк С. О., Солодовник В. А., Доля Р. С. Возбуждение высокочастотных колебаний шепчущей галереи в полушаровом экранированном диэлектрическом резонаторе “щелевой линией” // Изв. вузов. Радиофизика. – 2014. – Т. 57, № 7. – С. 588–595.
10. Бычков С. И., Буренин Н. И., Сафаров Р. Т. Стабилизация частоты генераторов СВЧ. – М.: Сов. радио, 1962. – 376 с.
11. Кириченко А. Я., Козут А. Е., Кутузов В. В., Носатюк С. О., Солодовник В. А. Возбуждение колебаний шепчущей галереи в экранированных диэлектрических резонаторах щелевой линией // Изв. вузов. Радиоэлектроника – 2013. – Т. 56, № 8. – С. 24–32.
12. Козут А. Е., Корнеев В. К., Луценко В. И., Харьковский С. Н. Генератор КВЧ с экранированным квазиоптическим резонатором // Радиофизика и электроника: сб. научн. трудов ИРЭ НАН Украины. – Харьков: ИРЭ НАН Украины, 1999. – Т. 4, № 1. – С. 106–109.

#### REFERENCES

1. KASATKIN, L. V. and CHAIKA, V. E., 2006. *Semiconductors devices of millimeter-waves band*. Sevastopol, Ukraine: Weber Publ. (in Russian).
2. TSARAPKIN, D. P., 1985. *Frequency stabilization of microwave transmitter sources*. Moscow: MEI Publ. (in Russian).
3. KUZNETSOV, Y. N. and PARYSHKURO, L. A., 1960. Klystron oscillator frequency stabilization by an additional high-Q cavity resonator. *Vohrosy Radioelektroniki*. series I, vol. 3, pp. 77–86 (in Russian); BYCHKOV, S. I., BURENIN, N. I. and SAFAROV, R. T., 1962. *Frequency Stabilization of Microwave Oscillators*. Moscow: Sovetskoe Radio Publ. (in Russian).
4. ARKHIPOV, V. A., BELOUS, O. I., FISUN, A. I., BULGAKOV, V. M. and BOLTOVETS, M. S., 2004. *Frequen-*

- cy Stabilization of mm-Wave Solid-State Oscillators. Resonant Systems. In: *Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo). 14th Int. Crimean Conf. Proceedings.* Sevastopol, Ukraine, pp. 119–120 (in Russian).
5. BELOV, L. and KHILKEVICH V., 2006. Generators with Dielectric Resonators for Frequency Stabilization. *Electronics: Science, Technology, Business.* is. 7. pp. 54–59 (in Russian).
  6. Tsarapkin D. P., 1982. *Gunn Oscillators.* Moscow: Radio i Svyaz' Publ. (in Russian).
  7. EREMENKO, Z. E., FILIPOV Yu. F., KHARKOVSKY, S. N., KUTUZOV, V. V. and KOGUT, A. E., 2002. Whispering-Gallery Modes in Shielded Hemispherical Dielectric Resonators. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* vol. 50, no. 11, pp. 2647–2649. DOI: 10.1109/TMTT.2002.804627
  8. SKRIPKA, S. L., DANILOV, V. V. and PAVLOVSKY, I. S., 2011 Planar Structures of Waveguiding Surcuietry for Millimeter Band // *Radiophysics and Electronics.* vol. 2 (16), no 4. pp. 96–102 (in Russian).
  9. KOGUT, A. E., NOSATIUK, S. O., SOLODOVNIK, V. A. and DOLYA, R. S., 2014. Excitation of High-Q Whispering Gallery Modes in a Hemispherical Shielded Dielectric Cavity Using a Slot Transmission Line. *Radiophys. Quantum Electron.* vol. 57, is. 7. pp. 526–532. DOI: 10.1007/s11141-014-9535-4
  10. BYCHKOV, S. I., BURENIN, N. I. and SAFAROV, R. T., 1962. *Frequency Stabilization of Microwave Oscillators.* Moscow: Sovetskoe Radio Publ. (in Russian).
  11. KIRICHENKO, A. YA., KOGUT, A. E., KUTUZOV, V. V., NOSATYUK, S. O. and SOLODOVNIK, V. A., 2013. Slot line excitation of whispering gallery oscillations in shielded dielectric resonators. *Radioelectron. Commun. Syst.* vol. 56, is. 8, pp. 402–407. DOI: 10.3103/S0735272713080025
  12. KOGUT, A. E., KORNEENKOV, V. K., LUTSENKO, V. I. and KHARKOVSKY, S. N., 1999. Microwave oscillator with the Shielded Quasioptical Dielectric Resonator. In: *Radio Physics and Electronics.* Kharkiv, Ukraine: IRE NASU Publ. vol. 4, no 1. pp. 106–109 (in Russian).

A. E. Kogut, I. K. Kuz'michev, R. S. Dolia, S. O. Nosatiuk, and Ye. A. Shulga

O. Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics, National Academy of Sciences of Ukraine, 12, Akad. Proskura St., Kharkiv, 61085, Ukraine

#### POSSIBILITY FOR FREQUENCY STABILIZATION OF MILLIMETER WAVELENGTH SOLID-STATE SOURCE BY A SCREENED DIELECTRIC RESONATOR

*Purpose:* Showing the possibility in principle of the use of a screened dielectric resonator excited by the planar waveguide to stabilize the frequency of solid-state sources in the millimeter wavelength range.

*Design/methodology/approach:* A wiring diagram of the high-Q resonator oscillator included into the self-excited oscillator system is used. To connect the generator to the resonator and the load, using the planar waveguides is suggested. Using just a pla-

nar waveguide for power supply from the generator to the resonator can significantly rarefy the spectrum and excite in dielectric resonator a high-Q whispering gallery mode.

*Findings:* The possibility of mm-wave oscillator frequency stabilization by an external high-Q shielded dielectric resonator driven by a planar waveguide is considered. The effective drive of whispering gallery modes of shielded resonator is shown to be achieved by changing the position of the output slot of the oscillator in a planar waveguide.

*Conclusions:* We succeeded in stabilization of the oscillator frequency by an external high-Q shielded dielectric resonator.

*Key words:* frequency stabilization, whispering gallery modes, high-Q shielded dielectric resonator, planar waveguide, mm-wave oscillator

O. E. Kogut, I. K. Кузьмичов, Р. С. Доля, С. О. Носатиук, Є. А. Шульга

Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України, вул. Ак. Проскури, 12, м. Харків, 61085, Україна

#### МОЖЛИВІСТЬ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЧАСТОТИ ТВЕРДОТІЛЬНОГО ДЖЕРЕЛА МІЛІМЕТРОВИХ ХВИЛЬ ЕКРАНОВАНИМ ДІЕЛЕКТРИЧНИМ РЕЗОНАТОРОМ

*Предмет і мета роботи:* показати принципову можливість застосування екранованого діелектричного резонатора, збуджуваного планарним хвилеводом, для стабілізації частоти твердотільних джерел в міліметровому діапазоні довжин хвиль.

*Методи та методологія:* Використовувалася схема включення високодобротного резонатора до складу коливальної системи автогенератора. Для зв'язку генератора з резонатором і з навантаженням запропоновано використовувати планарні хвилеводи. Застосування саме планарного хвилеводу для підведення енергії від генератора до резонатора дозволяє істотно розріздити спектр і збуджувати в діелектричному резонаторі високодобротні моди шепочучої галереї.

*Результати:* Розглянуто можливість стабілізації частоти генератора міліметрових хвиль зовнішнім високодобротним екранованим діелектричним резонатором, збуджуваним планарним хвилеводом. Показано, що за рахунок зміни положення щілини зв'язку генератора в планарному хвилеводі досягається ефективно збудження мод шепочучої галереї в екранованому резонаторі.

*Висновки:* Вдалося здійснити стабілізацію частоти генератора зовнішнім високодобротним діелектричним резонатором за схемою “на прохід”.

*Ключові слова:* стабілізація частоти, моди шепочучої галереї, високодобротний екранований діелектричний резонатор, планарний хвилевід, генератор міліметрових хвиль

Статья поступила в редакцию 28.07.2016