

В. С. Мирошниченко, М. Ю. Демченко, Е. Б. Сенкевич

Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины

12, ул. Ак. Проскуры, Харьков, 61085, Украина

E-mail: mirosh@ire.kharkov.ua

РЕЗОНАНСНЫЙ СПОСОБ СОГЛАСОВАНИЯ ДВОЙНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ГЕНЕРАТОРЕ ДИФРАКЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Генераторы дифракционного излучения, в которых используются открытые резонансные системы, являются перспективными источниками средней мощности для коротковолновой части миллиметрового и терагерцевого диапазонов. Однако с укорочением рабочей длины волны в этих генераторах для увеличения эффективности обмена энергии между электронным пучком и резонансным полем необходим поиск новых резонансных систем. Вторая проблема – это сгущение спектра колебаний в открытой резонансной системе при укорочении рабочей длины волны. Одним из путей преодоления указанных трудностей является переход от фазового к резонансному способу согласования двойной периодической структуры в открытой резонансной системе генератора, который сопровождается существенным изменением структуры поля резонансного колебания. Приведены результаты электромагнитного моделирования открытой электродинамической системы генератора дифракционного излучения, в котором двойная периодическая структура согласована с полем открытого резонатора при помощи резонансной ступенчатой неоднородности в виде прямоугольной канавки. Показано, что благодаря выбору резонансного способа согласования двойной периодической структуры с полем открытого резонатора удается существенно разредить спектр возбуждаемых колебаний и повысить коэффициент использования электронным пучком поля резонансного колебания. Представлены результаты сравнения двух открытых резонансных систем – с традиционным фазовым и резонансным способами согласования двойной периодической структуры в 5-мм диапазоне длин волн. Проведенные исследования позволяют повысить КПД генераторов дифракционного излучения в коротковолновой части миллиметрового диапазона и преодолеть трудности при освоении этими генераторами терагерцевого диапазона. Ил. 6. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: открытая резонансная система, генератор дифракционного излучения, двойная периодическая структура, миллиметровый диапазон.

Для коротковолновой части миллиметрового и терагерцевого диапазонов перспективными источниками средней мощности остаются вакуумные генераторы с длительным взаимодействием и высокооборотной открытой резонансной системой (ОРС), такие как генератор дифракционного излучения (ГДИ) и оротрон. Однако с укорочением рабочей длины волны в этих генераторах возрастают плотность тока в ленточном электронном пучке и величина стартового тока, что требует поиска новых типов ОРС для увеличения коэффициента использования пучком резонансного поля. Вторая проблема – это сгущение спектра колебаний в ОРС при укорочении длины волны.

Для улучшения распределения поля по толщине ленточного пучка была осуществлена замена одиночной дифракционной решетки в ГДИ на двойную периодическую структуру (рис. 1), что позволило существенно улучшить коэффициент использования ленточного электронного потока по толщине и поднять более чем в 2 раза общий КПД генератора [1, 2]. В таком ГДИ был реализован фазовый способ согласования двойной периодической структуры с полем ОРС, заключающийся в том, что двойная периодическая структура размещалась вровень с поверхностью зеркала, а высота структуры вдоль оси ОРС выбиралась из условия

$$d = n \frac{\lambda_w}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

где λ_w – длина H_{10} -волны в элементарных волноводах, образованных противостоящими щелями

двойной периодической структуры. При этом структура поля резонансного колебания в ОРС не нарушалась, а омические потери снижались благодаря выбору нерезонансной высоты периодической структуры (1). Для подавления высших типов колебаний на периферии плоского зеркала ОРС размещались дополнительные пластины, либо ступеньки эшелетта высотой $\lambda/2$ [3].

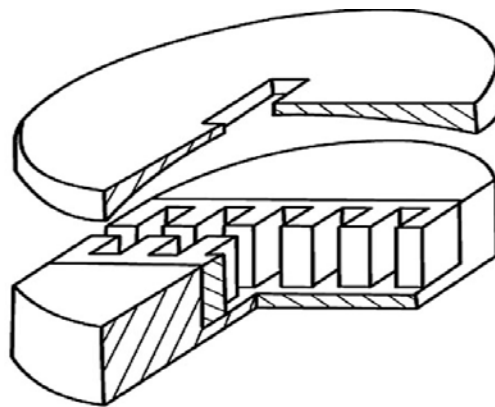


Рис. 1. ОРС для ГДИ с фазовым согласованием двойной периодической структуры

Успешный опыт резонансного согласования одиночной дифракционной решетки с полем электродинамической системы ГДИ при помощи канавки прямоугольного профиля [4] привел нас к идее создания ГДИ-орбитрона [5], в котором двойная периодическая структура согласуется с полем ОРС при помощи резонансной прямо-

угольной канавки. В ОРС для ГДИ-орбитрона поле резонансного колебания стягивается к ширине согласующей канавки, что способствует повышению коэффициента использования электронным пучком резонансного поля ОРС. В последнее время изучению свойств колебаний в ОРС такого типа уделяется большое внимание и другими авторами [6].

Ниже приведены результаты строгого электромагнитного моделирования возбуждения колебаний в 2D-модели для ОРС с резонансным согласованием двойной периодической структуры с резонансным полем в 5-мм диапазоне длин волн и проведено сравнение ее преимуществ над ОРС с фазовым согласованием двойной периодической структуры с полем резонатора в ГДИ.

1. Электродинамическая модель ОРС ГДИ. На рис. 2, а представлена схема ГДИ-орбитрона с резонансным согласованием двойной периодической структуры, а на рис. 2, б приведены схема и параметры 2D-модели такой ОРС при E -поляризации возбуждаемых колебаний ($\vec{E} // OY$).

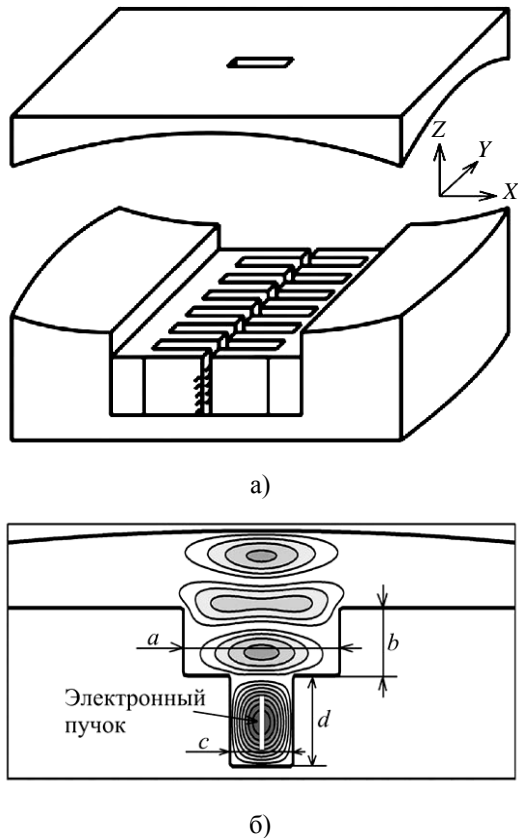


Рис. 2. Схема ОРС ГДИ-орбитрона (а) и его 2D-модели (б)

Собственное колебание в ОРС образуется при интерференции квазиплоских волн, распространяющихся между зеркалами вдоль оси OZ (рис. 2, а). Поэтому в 2D-модели ОРС нижняя

канавка представляет эквивалент закороченного отрезка мультижелобкового волновода шириной c и высотой d , который образован противостоящими щелями двойной периодической структуры [7].

Верхняя прямоугольная канавка с размерами $a \times b$ служит для резонансного согласования двойной периодической структуры с полем ОРС. При выборе глубины канавки

$$b = \frac{n \lambda}{4 \sqrt{1 - (\lambda/2a)^2}}, \quad n = 1, 3, 5, \dots \quad (2)$$

она играет роль четвертьволнового трансформатора, согласующего двойную периодическую структуру с полем ОРС. Кроме того, канавка стягивает поле основного типа колебаний к своей ширине, что приводит к снижению радиационных потерь в ОРС и высвечиванию высших типов колебаний. Электродинамическое моделирование данной ОРС было проведено с использованием алгоритма, приведенного в работе [8] без учета омических потерь в зеркалах и периодической структуре. Прямоугольные углы ступенек имели конечный радиус скругления $r \ll \lambda$.

Для оценки преимуществ резонансного способа согласования двойной периодической структуры с полем ОРС проведена оценка коэффициента использования электронным пучком поля резонансного колебания ψ . Как известно [9], пусковой ток ГДИ пропорционален $(\psi Q)^{-1}$, где Q – добротность рабочего типа колебаний в ОРС. Коэффициент использования пучком резонансного поля в ГДИ ψ является аналогом сопротивления связи в замедляющих системах ламп обратной волны, ламп бегущей волны и в рассматриваемой 2D-модели вычислялся как отношение части энергии поля резонансного колебания, запасенной в объеме ленточного электронного пучка (рис. 2, б), к энергии резонансного колебания, запасенной во всем объеме ОРС:

$$\psi = \frac{\int_{S_{beam}} E_y^2 dx dz}{\int_{S_{OR}} E_y^2 dx dz}, \quad (3)$$

где E_y – электрическая компонента амплитуды резонансного поля.

2. Моделирование ОРС для ГДИ 5-мм диапазона длин волн. Проведем сравнение свойств ОРС для ГДИ с двойной периодической структурой в традиционном варианте (рис. 1) и с резонансным согласованием периодической структуры (рис. 2). Для снижения радиационных потерь в ОРС выберем апертуру зеркал вдоль OX , в 2 раза превышающую диаметр пятна поля на зеркалах: $2A = 30$ мм при радиусе кривизны цилиндрического зеркала $R_c = 110$ мм. Критерием

для оценки диапазона перестройки ОРС на рабочем типе колебаний будем считать полосу частот, в которой радиационная добротность превышает $Q_{\text{рад}} > 10^4$, так как омическая добротность ОРС с периодической структурой в 5-мм диапазоне обычно составляет $Q_{\text{омич}} = 1 \div 3 \cdot 10^3$.

Для достижения оптимального режима работы ГДИ высота двойной периодической структуры d должна в 2 раза превышать ширину ленточного электронного потока и обычно составляет $d = \lambda_w/2 = \frac{\lambda}{2\sqrt{1-(\lambda/2c)^2}} \approx \lambda$. Пусть пара-

метры канавки-эквивалента двойной периодической структуры составляют: $c = 3,00$ мм; $d = 5,00$ мм. Тогда согласование по фазе двойной периодической структуры с полем ОРС (см. рис. 1) следует ожидать на частоте $f_{\pi} = 58,3095$ ГГц.

Численный анализ свойств ОРС при размещении двойной периодической структуры вровень с поверхностью зеркала (см. рис. 1) показал, что поведение радиационной добротности для TEM_{003} -типа колебаний носит резонансный характер по диапазону перестройки частоты (при изменении межзеркального расстояния). Максимум добротности наблюдается практически на частоте фазового согласования: $f = 58,3008$ ГГц (рис. 3, а). Ширина диапазона перестройки частоты ОРС на TEM_{003} -типе колебаний при $Q_{\text{рад}} > 10^4$ составляет всего $\Delta f = 0,8$ ГГц.

Из структуры поля TEM_{003} -типа колебаний на частоте вблизи максимума добротности видно (рис. 3, б), что в режиме согласования прямоугольная канавка-эквивалент практически не возмущает поле в объеме ОРС, а вот амплитуда E_y -компоненты резонансного поля в канавке существенно выше, чем в межзеркальном пространстве: $E_{\text{кан}}/E_{\text{ОРС}} = 2,45$. Следовательно, несмотря на нерезонансную высоту $d \approx \lambda_w/2$, ограниченная двойная периодическая структура увеличивает почти в 2,5 раза амплитуду E_y -компоненты поля в пролетном канале для электронного пучка, в отличие от двойной периодической структуры с суммарной высотой $d \approx \lambda/2$, полностью покрывающей зеркало в оротроне [10].

Перейдем к рассмотрению свойств ОРС с резонансным согласованием двойной периодической структуры (см. рис. 2). Удлинение волны в согласующей канавке незначительно, поэтому ориентировочно ее глубина должна составлять $b \approx 0,25\lambda$ или $b \approx 0,75\lambda$. А вот при выборе ширины согласующей канавки $a \approx 1,5\lambda$ уходящие вдоль Ox волны от рассеяния резонансного поля на ступенчатых неоднородностях частично гасят

друг друга, что способствует повышению радиационной добротности рабочего типа колебаний. Параметры канавки-эквивалента двойной периодической структуры выбраны те же: $c = 3,00$ мм; $d = 5,00$ мм.

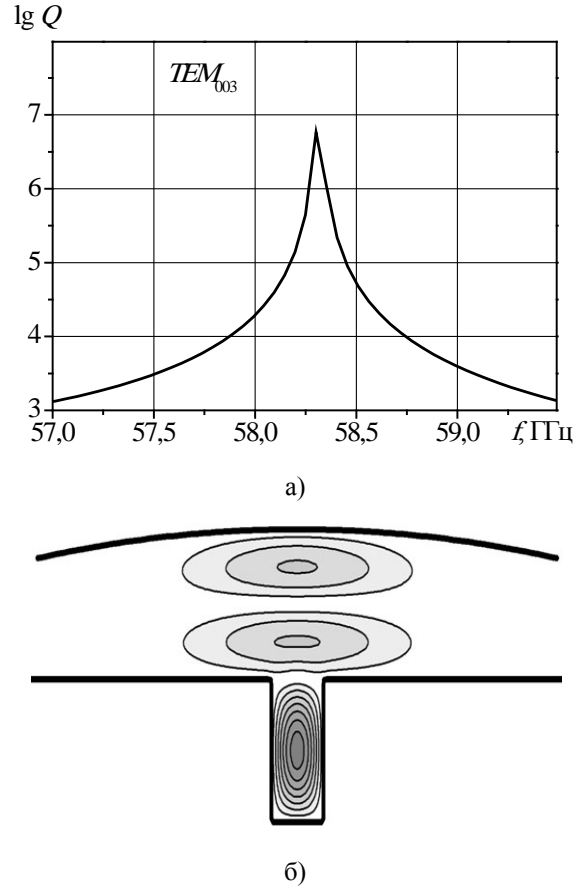
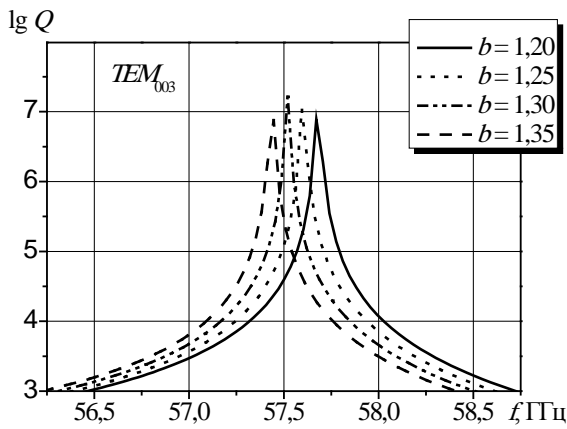


Рис. 3. Полоса перестройки ОРС на TEM_{003} -типе колебаний (а) и структура резонансного поля на частоте вблизи максимума добротности (б)

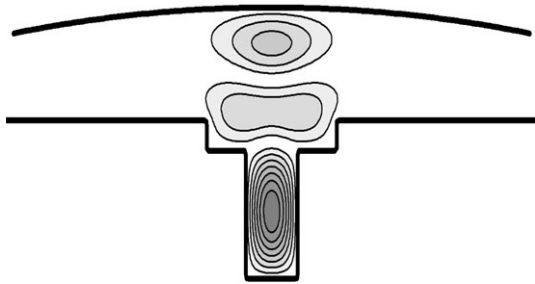
Рассмотрим особенности перестройки ОРС на TEM_{003} -типе колебаний для нескольких значений глубины согласующей канавки вблизи $b \approx 0,25\lambda$ ($b = 1,20; 1,25; 1,30; 1,35$ мм) и ширине канавки $a = 7,50$ мм. В этом случае поведение радиационной добротности носит резонансный характер с одним максимумом и наблюдается узкая полоса перестройки ОРС на TEM_{003} -типе колебаний: $\Delta f = 0,7$ ГГц при $\lg Q > 10^4$ (рис. 4, а). Максимум добротности для TEM_{003} -типа колебаний смещается вниз по частоте при увеличении глубины канавки b .

Для структуры резонансного поля (рис. 4, б) характерно стягивание пятна поля к продольной оси ОРС, что вызвано резонансными свойствами прямоугольной канавки, играющей роль четвертьволнового согласующего трансформатора. Соотношение между амплитудой E_y -компоненты

резонансного поля в канавке-эквиваленте и в межзеркальном пространстве составляет: $E_{\text{кан}}/E_{\text{ОРС}} = 2,28$.



а)



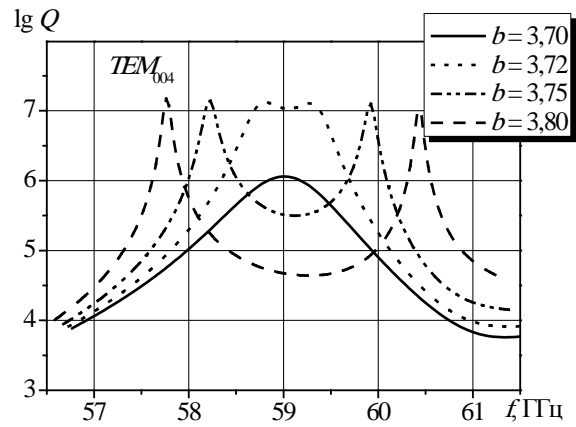
б)

Рис. 4. Добротность TEM_{003} -типа колебаний в ОРС с согласующей канавкой глубиной $b \approx 0,25\lambda$ (а) и структура резонансного поля на частоте вблизи максимума добротности при глубине канавки $b = 1,20$ мм (б)

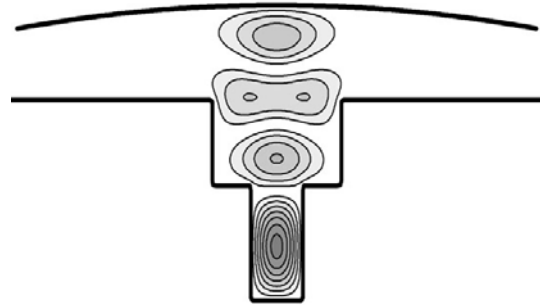
Рассмотрим особенности перестройки ОРС на TEM_{004} -типе колебаний для нескольких значений глубины согласующей канавки вблизи $b \approx 0,75\lambda$. Выберем ширину согласующей канавки $a = 7,40$ мм, а параметры канавки-эквивалента двойной периодической структуры будут те же: $c \times d = 3,0 \times 5,0$ мм². Поведение радиационной добротности TEM_{004} -типа колебаний для нескольких значений глубины согласующей канавки ($b = 3,70; 3,72; 3,75; 3,80$ мм) представлено на рис. 5, а. Отметим, что при глубине канавки $b \approx 0,75\lambda$ для TEM_{004} -типа колебаний по частотному диапазону наблюдаются 2 максимума радиационной добротности, что позволяет существенно увеличить ширину диапазона перестройки ОРС: $\Delta f = 4,1 \div 4,7$ ГГц при $\lg Q > 10^4$.

Соотношение между амплитудой резонансного поля в канавке-эквиваленте и в межзеркальном пространстве для TEM_{004} -типа колебаний составляет $E_{\text{кан}}/E_{\text{ОРС}} = 1,98$. Для структуры поля TEM_{004} -типа колебаний в этой ОРС на

частоте вблизи максимума радиационной добротности также характерно стягивание резонансного поля к оси ОРС (рис. 5, б).



а)



б)

Рис. 5. Добротность TEM_{004} -типа колебаний в ОРС с согласующей канавкой глубиной $b \approx 0,75\lambda$ (а) и структура резонансного поля вблизи максимума добротности при глубине канавки $b = 3,72$ мм (б)

Проведем оценку коэффициента использования резонансного поля ψ , рассчитанного согласно (3) для ленточного электронного пучка в рассмотренных типах ОРС. Выберем сечение ленточного пучка $0,1 \times 2,5$ мм², а ось пучка пусть находится на полувывоте канавки-эквивалента с параметрами $c \times d = 3,0 \times 5,0$ мм².

В таблице приведены результаты расчета коэффициента использования резонансного поля ψ ленточным электронным пучком для различных моделей ОРС и типов возбуждаемых колебаний. Установлено, что для ОРС-2 (двойная периодическая структура размещена на дне согласующей канавки) коэффициент использования пучком резонансного поля ψ возрастает в 1,21 раза для TE_{03} -моды и в 1,29 раза для TE_{04} -моды по сравнению с ОРС-1 (двойная периодическая структура расположена вровень с гладкой частью зеркала). Отметим, что повышение коэффициента ψ в ОРС-2 связано не с ростом амплитуды E_y -компоненты поля в канавке-аналоге двойной периоди-

ческой структуры, а вызвано стягиванием резонансного поля к оси ОРС в межзеркальном пространстве. Это значит, что не следует ожидать снижения омической добротности колебаний в ОРС-2 с резонансным согласованием двойной периодической структуры.

Сравнение ОРС-1 и ОРС-2 для ГДИ по коэффициенту использования резонансного поля на TE_{03} - и TE_{04} -типах колебаний

Тип ОРС	Тип колебаний	b , мм	$\psi \times 100$
ОРС-1	TE_{03}	0	2,88
ОРС-2	TE_{03}	1,30	3,48
ОРС-1	TE_{04}	0	2,23
ОРС-2	TE_{04}	3,72	2,87

3. Спектр колебаний в ОРС с двойной периодической структурой. Проведем сравнение спектров возбуждаемых колебаний в 2D-модели для ОРС-1 с фазовым согласованием двойной периодической структуры и для ОРС-2 с резонансным согласованием двойной периодической структуры. В качестве рабочего выберем TE_{04} -тип колебаний, а глубину согласующей канавки в ОРС-2 выберем $b \approx 0,75\lambda$. При фиксированном расстоянии между зеркалами, обеспечивающем настройку ОРС-1 и ОРС-2 на максимум добротности TE_{04} -типа колебаний, были найдены с использованием алгоритма [8] резонансные частоты и радиационные добротности всех близлежащих типов колебаний TE_{mq} . Затем было рассчитано распределение суммарной мощности возбуждаемых колебаний по диапазону частот

$$P = \sum_{m=0}^k \sum_{q=3}^5 \frac{w_{mq}}{4(f - f_{mq})^2 + w_{mq}^2}, \quad (4)$$

где f_{mq} – резонансная частота TE_{mq} -типа колебаний; $w_{mq} = f_{mq}/Q_{mq}$ – ширина резонансного пика на половинной мощности; Q_{mq} – радиационная добротность TE_{mq} -типа колебаний.

Результаты расчета спектров колебаний для ОРС-1 и ОРС-2 приведены на рис. 6. Как видно, прямоугольная канавка выполняет не только роль согласующего трансформатора между полем резонансного колебания и двойной периодической структурой, она также способствует высвечиванию высших типов колебаний в ОРС. Так, если в спектре ОРС-1 с двойной периодической структурой, расположенной вровень с зеркалом (рис. 6, кривая 1), присутствует до шести типов колебаний (TE_{04} – TE_{mq}), то размещение двойной периодической структуры на дне согласующей канавки способствует существенному высвечиванию высших типов колебаний. При этом в спектре ОРС-2 для ГДИ-орбитрона оста-

ется только рабочий TE_{04} -тип колебаний, низкочастотные TE_{03} - и TE_{05} -типы колебаний, а также нечетный TE_{13} -тип колебаний, поле которого не проникает в двойную периодическую структуру (рис. 6, кривая 2). Отметим, что в обозначении высших типов колебаний, например TE_{23+01} первая пара индексов описывает число вариаций поля в межзеркальном пространстве, а вторая – распределение поля непосредственно в канавке-эквиваленте двойной периодической структуры.

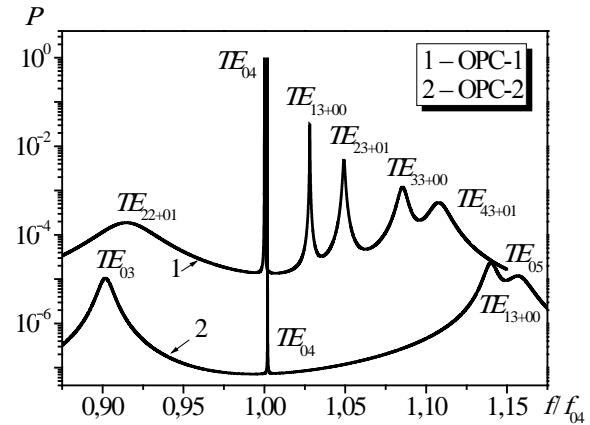


Рис. 6. Спектр возбуждаемых типов колебаний в ОРС-1 с фазовым согласованием двойной периодической структуры (кривая 1) и в ОРС-2 с резонансным согласованием двойной периодической структуры (кривая 2)

Выводы. Традиционный фазовый способ согласования двойной периодической структуры в ОРС успешно был использован при разработке ГДИ с повышенной выходной мощностью в диапазоне длин волн 8...3 мм. Переход к резонансному способу согласования двойной периодической структуры сопровождается существенным изменением структуры поля резонансного колебания в ОРС для ГДИ. Однако размещение двойной периодической структуры на дне прямоугольной канавки, играющей роль четвертьволнового трансформатора, приводит к увеличению коэффициента использования резонансного поля электронным пучком и способствует эффективному высвечиванию высших мод, что позволяет преодолеть трудности при продвижении в терагерцевый диапазон.

При выборе высоты согласующей канавки $b \approx 0,75\lambda$ удается достичь широкого диапазона перестройки частоты рабочего типа колебаний с высокой радиационной добротностью.

Повышение коэффициента использования резонансного поля в ОРС связано не с ростом амплитуды поля в двойной периодической структуре, а вызвано стягиванием резонансного поля к оси ОРС в межзеркальном пространстве и не будет сопровождаться повышением омических потерь в ОРС.

В заключение авторы выражают благодарность В. Г. Дудке за адаптацию алгоритма спектральной задачи к 2D-модели ОРС с резонансным согласованием двойной периодической структуры.

Библиографический список

1. *Генераторы* дифракционного излучения / Под ред. В. П. Шестопалова; Ин-т радиофизики и электрон. АН УССР. – К.: Наук. думка. 1991. – 320 с.
2. *Korneenkov V. K. Diffraction Radiation Oscillators for CW and Pulsed Operation* / V. K. Korneenkov, V. S. Miroshnichenko, B. K. Skrynnyk // *Telecommunication and Radio Engineering*. – 1997. – 51, N 6–7. – P. 144–147.
3. *Генератор* дифракционного излучения со сферическо-эшелетным открытым резонатором / О. И. Белоус, А. А. Кириленко, В. К. Корнеенков и др. // *Изв. вузов. Радиоэлектрон.* – 1995. – 38, № 11. – С. 3–13.
4. *Электродинамическая система* для генератора дифракционного излучения с резонансным согласованием дифракционной решетки / М. Ю. Демченко, В. С. Мирошніченко, Ю. В. Свищев, Е. Б. Сенкевич // *Радиофизика и электрон.*: сб. науч. тр. / Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. – Х., 2007. – 12, № 2. – С. 383–388.
5. *Демченко М. Ю. Электродинамическая система* ГДИ-орбитрона со сдвоенной решеткой / М. Ю. Демченко, В. Д. Еремка, В. С. Мирошніченко // *21st Intern. Crimean Conf. Microwave & Telecommunication Technology: Book of Abstracts*. – Sevastopol, 2011. – Vol. 1. – P. 272–274.
6. *Yeryomka V. D. On the effectiveness of an orbitron using the resonance groove* / V. D. Yeryomka, A. A. Kurayev, A. K. Sinitsyn // *21st Intern. Crimean Conf. Microwave & Telecommunication Technology: Book of Abstracts*. – Sevastopol, 2011. – Vol. 1. – P. 269–271.
7. *Мирошніченко В. С. Периодическая структура* ЛСЭ из связанных желобковых волноводов / В. С. Мирошніченко // *Радиофизика и электрон.*: сб. науч. тр. / Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. – Х., 1998. – 3, № 2. – С. 69–72.
8. *Открытый резонатор с прямоугольной канавкой на зеркале, теория и эксперимент* / М. Ю. Демченко, В. К. Корнеенков, В. С. Мирошніченко и др. // *Радиофизика и электрон.*: сб. науч. тр. / Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. – Х., 2000. – 5, № 3. – С. 19–28.
9. *Русин Ф. С. Оротрон – электронный прибор с открытым резонатором и отражательной решеткой* / Ф. С. Русин, Г. Д. Богомолов // *Изв. вузов. Радиофизика*. – 1968. – 11, № 5. – С. 756–762.
10. *Мясин Е. А. Оротрон* диапазона 140–300 ГГц с двумя электронными потоками / Е. А. Мясин, В. В. Евдокимов, А. Ю. Ильин // *21st Intern. Crimean Conf. Microwave & Telecommunication Technology: Book of Abstracts*. – Sevastopol, 2011. – Vol. 1. – P. 302–303.

Рукопись поступила 28.01.2013 г.

V. S. Miroshnichenko, M. Yu. Demchenko,
Ye. B. Senkevich

RESONANT MATCHING OF DUBBED PERIODICAL STRUCTURE IN DIFFRACTION RADIATION OSCILLATOR

Diffraction radiation oscillators, in which open resonant systems are used, are the perspective middle-power sources for short millimeter waves and terahertz frequencies. When working

wavelength is shortened, it is necessary to find a new type of resonant systems with enhanced efficiency of energy change between electron beam and resonant field for such oscillators. The second problem is the highness of spectrum density in open resonant system by shortening of wavelength. One way to overcome such difficulties is the use of resonant matching of dubbed periodical structure instead of phase matching in open resonant system of oscillator which is followed by the more sufficient changing of resonant field. The results of electromagnetic modeling of open resonant system for diffraction radiation oscillator with resonant matching dubbed periodical structure by the use of resonant step heterogeneity in the form of a rectangle groove on the mirror are presented. It is shown that the use of resonant matching of dubbed periodical structure and resonant field in open resonator allow us to rarefy the spectrum of excited modes and to increase the coefficient of resonant field using by the electron beam. The properties of two open resonant systems with traditional phase matching and resonant matching of dubbed periodical structure for 5-mm waveband are presented. The investigations allow us to increase the efficiency of diffraction radiation oscillators for short millimeter waves and to overcome difficulties by using such oscillators in terahertz frequencies.

Key words: open resonant system, diffraction radiation oscillator, dubbed diffraction grating, millimeter waveband.

В. С. Мірошніченко, М. Ю. Демченко,
О. Б. Сенкевич

РЕЗОНАНСНИЙ СПОСІБ УЗГОДЖЕННЯ ПОДВІЙНОЇ ПЕРІОДИЧНОЇ СТРУКТУРИ В ГЕНЕРАТОРІ ДИФРАКЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Генератори дифракційного випромінювання, в яких використовуються відкриті резонансні системи, є перспективними джерелами середньої потужності для короткохвильової частини міліметрового та терагерцевого діапазонів. Проте із скороченням робочої довжини хвилі в цих генераторах для збільшення ефективності обміну енергії між електронним пучком та резонансним полем необхідний пошук нових резонансних систем. Друга проблема – це ущільнення спектру коливань у відкритій резонансній системі при скороченні робочої довжини хвилі. Одним із шляхів подолання вказаних труднощів є перехід від фазового до резонансного способу узгодження подвійної періодичної структури у відкритій резонансній системі генератора, який супроводжується значною зміною структури поля резонансного коливання. Наведено результати електромагнітного моделювання відкритої електродинамічної системи генератора дифракційного випромінювання, в якому подвійна періодична структура узгоджена з полем відкритої резонансної системи за допомогою резонансної ступінчастої неоднорідності у вигляді прямокутної канавки. Показано, що завдяки вибору резонансного способу узгодження подвійної періодичної структури з полем відкритого резонатора вдається суттєво розрідити спектр збуджуваних коливань та підвищити коефіцієнт використання електронним пучком поля резонансного коливання. Приведено результати порівняння властивостей двох відкритих резонансних систем – з традиційним фазовим та резонансним способами узгодження подвійної періодичної структури в 5-мм діапазоні довжин хвиль. Проведені дослідження дозволяють підвищити ККД генераторів дифракційного випромінювання в короткохвильовій частині міліметрового діапазону та здолати труднощі при опануванні цими генераторами терагерцевого діапазону.

Ключові слова: відкрита резонансна система, генератор дифракційного випромінювання, подвійна періодична структура, міліметровий діапазон.