

ского семинара «Плазменная электроника». Россия. 2009. С.16-21.

2. Арзамасов Б.Н. Ионная химико-термическая обработка сплавов. М.: Изд. МГТУ им Баумана, 1999. – 400 с.

3. Hagelaar G.J.M., Pitchford L.C.//Plasma Sources Sci. Technol. 2005. – V. 14. – PP. 722–733.

4. BOLSIG+ Electron Boltzmann equation solver: <http://www.bolsig.laplace.univ-tlse.fr/>

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕКЦИИ МОД В РЕЗОНАНСНОЙ СИСТЕМЕ КОАКСИАЛЬНОГО ВИРКАТОРА

Нгуен М.Х.

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр–т Ленина, 30
E-mail: hungnm.k52tnvlkt@gmail.com

Введение

Коаксиальный виркатор представляет интерес, прежде всего с точки зрения малых весогабаритных характеристик, простоты конструкции, отсутствия внешнего фокусирующего магнитного поля. На возможность генерации излучения в коаксиальном виркаторе с радиально сходящимся пучком было показано в работах [1-4]. В работе [5] были приведены результаты исследований влияния геометрии системы и параметров пучка на формирование виртуального катода процесса генерации в коаксиальном виркаторе. Для более эффективного взаимодействия электронного пучка с полем резонансной системы необходимо определить модовый состав излучения, выявить условия и возможности одномодовой генерации в виркаторе, установить зависимости мощности излучения от условий генерации.

В данной работе приведены результаты численных исследований влияния геометрии электродинамической системы виркатора и диафрагмы на селекцию мод, передачу энергии электромагнитных волн и мощность излучения.

Численное моделирование

Вначале рассмотрим гладкую резонансную систему (рис. 1 а), формируемую анодом-сеткой и соединенную с волноводом и рупором. Диафрагма выполнена в виде кольца (с внутренним диаметром 8 см). Если диафрагма без перемычки, то обе вырожденные волны TE_{11} имеют одинаковые коэффициенты передачи энергии S .

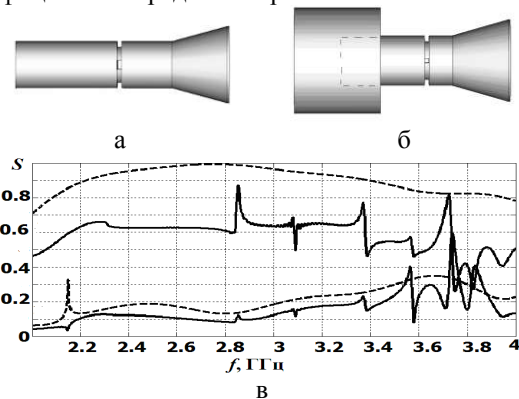


Рис. 1. Расчетные электродинамические модели (а, б); частотная зависимость коэффициента передачи

энергии $S(f)$ волн TE_{11} (в) в системе (а) – сплошные линии, в системе (б) – пунктирные линии

Наличие перемычки у диафрагмы существенно уменьшает коэффициент прохождения одной из двух вырожденных волн TE_{11} (рис. 1в, пунктирные линии), силовые линии электрического поля которой параллельны перемычке. На рисунке 2 а показана частотная зависимость коэффициента S волны TM_{01} , пунктирные линии относятся к высшим модам (TM_{11} , TM_{21}), которые возникают в результате рассеяния волны TM_{01} на диафрагме. Численные эксперименты показали, что в гладкой резонансной системе (рис. 1 а) местоположение диафрагмы несущественно влияет на значение коэффициентов передачи энергии волн TM_{01} и TE_{11} , в отличие от системы с широким волноводом (рис. 1 б).

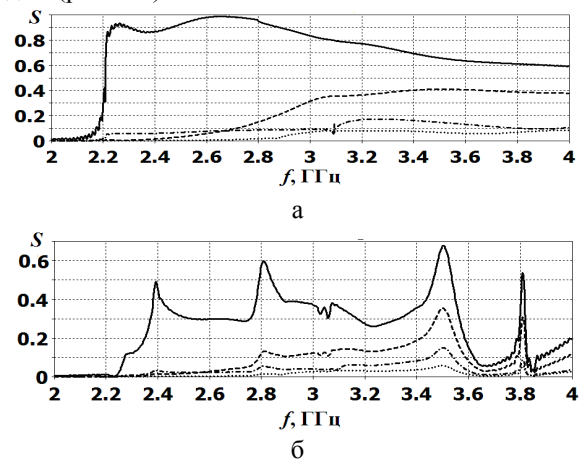


Рис. 2. Частотная зависимость коэффициента передачи энергии $S(f)$ волны TM_{01} в разных электродинамических системах: а – рис. 1 а, б – рис. 1 б при $Zd=30$ см

Расчеты показали, что коэффициент передачи энергии в таких системах существенно зависит от местоположения диафрагмы Zd и от частоты передаваемой волны f . Коэффициенты передачи энергии волн TE_{11} уменьшаются (рис. 1 в), но при этом практически не зависят от местоположения диафрагмы, как и в гладкой системе (рис. 1 а).

На рисунке 2 б показана частотная зависимость коэффициента $S(f)$ волны TM_{01} при $Zd=30$ см. Как

видно из рисунке 2 б, зависимость $S(f)$ имеет резонансный характер, причем величины максимумов, соответствующие частотам 2,4 и 2,8 ГГц меняются незначительно с изменением Z_d . На рисунке 3 представлена зависимость коэффициента S от местоположения диафрагмы для частот 3,2-3,4 ГГц. Эта зависимость имеет периодический характер от длины резонансной области Z_d .

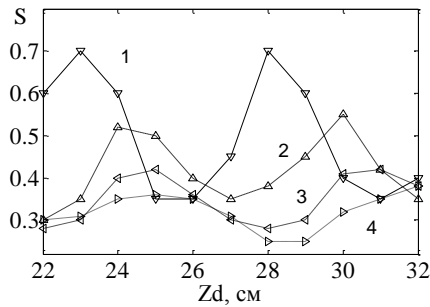


Рис. 3. Зависимость коэффициента прохождения энергии волны TM_{01} от координаты местоположения для разных частот: 1 – $f=3,5$; 2 – 3,4; 3- 3,3; 4 – 3,2 ГГц

Область между левой стенкой триода и диафрагмой является резонатором, поэтому представляет интерес рассмотреть влияние местоположения диафрагмы на собственные частоты резонансной системы триода. Численно решалось 3-х мерное волновое уравнение. Значения Z_d и соответствующие им собственные частоты приведены в таблице 1, из которой видно, что собственная частота волны TM_{01} имеет периодическую зависимость при изменении координаты Z_d , изменяясь в интервале частот 3,42...3,26 ГГц. На рис.4 приведена структура волны TM_{01} при разном местоположении диафрагмы: $Z_d=24, 30$ и 33 см, соответствующие собственные частоты: 3, 42; 3,41 и 3,27 ГГц. Из рис. 4 видно, что при изменении Z_d пучности волны TM_{01} в области катода меняют местоположение в интервале $0.. \Lambda/2$, Λ – длина стоячей волны, что сравнимо с шириной эмиттера и оказывает влияние на взаимодействие электронного пучка с волной.

Таблица 1. Зависимость собственной частоты волны TM_{01} от местоположения диафрагмы

Z_d , см	24	27	30	33	36
f , ГГц	3,42	3,26	3,41	3,27	3,4

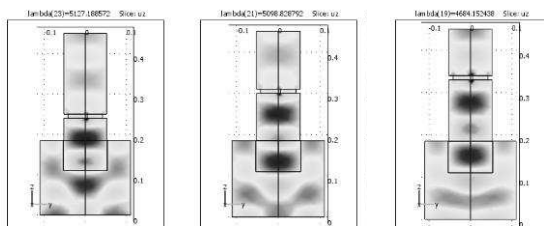


Рис. 4. Структура волны TM_{01} при разном положении диафрагмы

Исследование электродинамических характеристик триода показало, что на резонансные характеристики волны TM_{01} существенное влияние оказывает местоположение диафрагмы при неоднородной геометрии передающей линии. Поэтому в 2-х мерном коде (КАРАТ) исследовалась генерация излучения отражательного триода при разном положении диафрагмы (в данном случае без перемычки); $Z_d = 26,5 \dots 36$ см. Расчеты показали, что имеет место резонансная зависимость мощности излучения от местоположения диафрагмы, максимумы получены при $Z_d = 28$ и 32,5 см. На рис. 5 представлены спектры частот мощности излучения для $Z_d=28$ и 31 см, мощность излучения, соответствующая этим спектрам, 300 и 200 МВт. Уширение спектра (рис. 5 б) обусловлено взаимодействием электронного пучка с высшими модами резонансной системы.

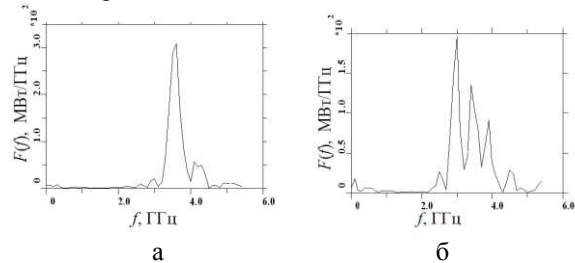


Рис. 5. Спектр частот мощности излучения коаксиального триода при положении диафрагмы $Z_d=28$ см (а) и $Z_d= 31$ см (б)

Заключение

Численные исследования показали, что в коаксиальном виркаторе селекцию мод можно осуществлять с помощью диафрагмы. Основные моды виркатора – это TM_{01} и TE_{11} . При азимутальной симметрии электронного пучка генерация происходит на волне типа TM_{01} , при азимутальной несимметрии пучка на волне TE_{11} .

Показано, что в электродинамической системе виркатора коэффициент передачи энергии волны TM_{01} и мощность излучения имеют периодическую зависимость от положения диафрагмы Z_d и резонансный характер зависимостей от частоты генерации. При изменении Z_d собственная частота резонансной системы меняется в пределах 3,42...3,26 ГГц.

Автор выражает благодарность Коваль Т.В. за помощь в проведении исследований.

Литература

1. Диденко А.Н., Григорьев В.П., Жерлицын А.Г. Генерация электромагнитных колебаний в системах с виртуальным катодом // Плазменная электроника. Сб. научных трудов под ред. В.И.Курилко. – Киев. – Наукова думка. – 1989. – С. 112-131.
2. Жерлицын А.Г. Генерация СВЧ излучения в триоде с виртуальным катодом коаксиально-

го типа // Письма в ЖТФ. – 1990. – Т.16. - № 22. – С.78-80.

3. Григорьев В.П. Электромагнитное излучение в коаксиальном триоде с виртуальным катодом // Журнал технической физики.– 1994. – Т.64. – №7. – С. 122-129.

4. Jiang W., Woolverton K., Dickens J., Kristiansen M. High Power Microwave Generation by a Coaxial Virtual Cathode Oscillator // IEEE transac-

tion on plasma science. – 1999. – v.27. – N 5. – P.1538-1542.

5. Tuan N.M., Koval T.V., Melnikov G.V., Zherlitsyn A.G. The Research of the Coaxial Vircator with a Symmetric Converging Electron Beam // Proc. of 16th International Symposium of High Current Electronics. Tomsk, Russia, September 19-24, 2010. – P. 497-500

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРОСЛЕЖИВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПО ФАЗОЧАСТОТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ (ФЧХ)

Нгуен Суан Хунг

Научные руководители: Кочегуров А.И., Иванченков В.П.

Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30

E-mail: nxh1216@gmail.com

Введение

Одной из основных задач прослеживания сейсмических волн является обнаружение фиксированных волн. Для решения этой задачи в сейсмо-разведке предложен ряд методов, использующих в качестве информативных признаков, преимущественно энергетические характеристики сигналов. В тоже время, в сложных сейсмогеологических условиях информативность фазочастотных характеристик (ФЧХ) может оказаться значительно выше по сравнению с энергетическими. В фазу сигнала, точнее в сложный закон изменения фазового спектра, может быть заложена информация, позволяющая наиболее эффективно выделять сигналы из помех и производить оценку их параметров.

В этой связи перейдем к разработке методов обнаружения сигналов по информации, извлекаемой из ФЧХ регистрируемых волн.

Фазочастотное обнаружение сейсмических сигналов

Предположим, что при конкретном значении l имеется участок сейсмической трассы $x(k)$, который может содержать только помеху $\xi(t)$ или аддитивную смесь сигнала $S(t)$ и помехи $\xi(t)$.

На основании моделей сейсмограмм и отдельных сейсмоимпульсов примем: $S(t) = S_d(T)$, где $S_d(T)$ - множество сигналов ограниченной длительности; $\xi(t)$ - стационарная гауссова помеха, имеющая корреляционную функцию $\sigma_{\xi}^2 R_{\xi}(\tau)$.

Задача состоит в том, чтобы построить процедуру обнаружения сигналов, когда оптимальной обработке подвергается только ФЧХ анализируемого участка сейсотрассы.

Оптимальное фазочастотное обнаружение сейсмических сигналов

Будем считать, что условия Дирихле выполняются. Тогда представим функции $\xi(t)$, $S(t)$ и $x(t) = S(t) + \xi(t)$ на интервале времени T в частотной области Ω с помощью преобразования Фурье:

$$F\{\xi(t)\} = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \xi(t) \cdot e^{-j\omega t} dt;$$

$$F\{s(t)\} = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s(t) \cdot e^{-j\omega t} dt; \quad (1)$$

$$F\{x(t)\} = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \xi(t) \cdot e^{-j\omega t} dt, \quad \omega \in \Omega$$

где F – символ преобразования Фурье; Ω – область частот, где сосредоточена основная энергия сигнала.

Введем следующие обозначения:

$\varphi_s(\omega) = \arctg \frac{\text{Im}\{F\{S(t)\}\}}{\text{Re}\{F\{S(t)\}\}} + 2\pi n$ – Фазочастотная

характеристика (ФЧХ) сигнала;

$\varphi_{\xi}(\omega) = \arctg \frac{\text{Im}\{F\{\xi(t)\}\}}{\text{Re}\{F\{\xi(t)\}\}} + 2\pi n$ – ФЧХ помехи;

$\varphi_x(\omega) = \arctg \frac{\text{Im}\{F\{x(t)\}\}}{\text{Re}\{F\{x(t)\}\}} + 2\pi n$ – ФЧХ смеси

сигнала с помехой;

Теперь, с учетом имеющейся априорной информации, для построения оптимального фазочастотного критерия обнаружения сигнала, используем метод максимального правдоподобия, для реализации которого необходимо сформировать следующее отношение:

$$L(\Delta\varphi) = \frac{W_m(\Delta\varphi(\omega_1), \Delta\varphi(\omega_2), \dots, \Delta\varphi(\omega_m) | H_1)}{W_m(\varphi_{\xi}(\omega_1), \varphi_{\xi}(\omega_2), \dots, \varphi_{\xi}(\omega_m) | H_0)} \quad (2)$$

где $W_m(\Delta\varphi(\omega_1), \Delta\varphi(\omega_2), \dots, \Delta\varphi(\omega_m) | H_1)$ – m -мерная плотность вероятности отклонения ФЧХ смеси от ФЧХ сигнала в предположении, что верна гипотеза H_1 (сигнал есть);

$W_m(\varphi_{\xi}(\omega_1), \varphi_{\xi}(\omega_2), \dots, \varphi_{\xi}(\omega_m) | H_0)$ – m -мерная