

Рис. 2. Относительное распределение степени поглощения лучистого потока (r – расстояние от оси разряда; $\bar{\Phi} = \left(1 - \frac{\Phi_{V1}}{\Phi_{V0}}\right)$, $\frac{\Phi_{V1}}{\Phi_{V0}}$ – отношение величины лучистого потока, прошедшего через поглощающий слой толщиной Z , к величине падающего потока).

[2] Харт Э., Анбар М. Гидратированный электрон, М.: Атомиздат, 1973. 280 с.

Поступило в Редакцию
28 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 11

12 июня 1990 г.

09

© 1990

ДВУХЧАСТОТНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ КОЛЕБАНИЙ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

С.Н. Х а р ь к о в с к и й

Известны классические примеры автоколебательных систем с двумя степенями свободы, в которых при определенных условиях могут существовать двухчастотные режимы генерации: генератор с одним активным элементом и двухконтурной колебательной системой и два связанных генератора [1]. Например, особенности нелинейной характеристики диода Ганна делают возможным генера-

цию им близких частот в двухконтурной колебательной системе [2-4], однако такие асинхронные колебания проявляются как нежелательная аномалия [3]. В случае двух связанных генераторов двухчастотная генерация колебаний возможна при большой расстройке между их парциальными частотами, когда генераторы работают практически независимо [1]. При близких парциальных частотах происходит взаимная синхронизация генераторов и генерация одночастотных колебаний.

В данной работе сообщается об обнаруженном режиме одновременной генерации двух близких по частоте ($\Delta f / f_{1,2} = 0,001-0,003$) колебаний одного уровня мощности в распределенной диэлектрической колебательной системе твердотельного генератора миллиметрового диапазона длин волн.

Эксперимент проводится на двухдиодном генераторе Ганна с квазиоптическим зеркальным диэлектрическим резонатором (КЗДР) с азимутальными колебаниями. Используется КЗДР в виде двух диэлектрических полудисков 1 и 2 (см. две проекции генератора на вставке рис. 1), установленных на металлическом зеркале 3 на расстоянии d друг от друга. Диоды Ганна 4 и 5 размещаются в прямоугольных отверстиях в зеркале под одним из полудисков. Выбор размеров полудисков и расположение отверстий с диодами обеспечивают возбуждение в полудисках азимутальных колебаний высшего порядка с фиксированной поляризацией (EH или HE). Вывод сигналов осуществляется от каждого диода (мощности P_1 и P_2), для контроля суммарного сигнала используется диэлектрический волновод 6, связанный с полудисками. Полудиски и волновод выполнены из фторопласт-4.

Электродинамические характеристики КЗДР исследуются с помощью внешнего генератора со свипированием частоты, а спектр генерируемого сигнала - с помощью анализатора спектра.

На рис. 1. приведены зависимости перестройки частоты f (сплошные кривые) и мощностей $P_{1,2}$ генерации при изменении расстояния d между полудисками. При больших расстояниях ($d \rightarrow \infty$) наблюдается взаимная синхронизация колебаний диодов и одночастотная генерация на частоте $f_0 = f_1 = f_2$ определяемая согласованием диодов с одной из азимутальных мод одного полудиска. Уменьшение d приводит к перестройке частоты генерации и изменению мощностей P_1 и P_2 . При $d \sim 0,7$ мм в спектре сигнала появляется вторая частота и при $0,4 \leq d \leq 0,7$ мм наблюдается двухчастотная генерация с f_1 и f_2 . Обнаружена, что одним диодом генерируется колебание с частотой f_1 и мощностью P_1 , а другим диодом - f_2 и P_2 . При этом f_1 и f_2 близки, а уровни мощностей P_1 и P_2 резко сближаются при переходе к двухчастотному режиму и резко расходятся при выходе из него. При $0 < d < 0,4$ мм опять наблюдается одночастотная генерация (режим взаимной синхронизации). Область двухчастотной генерации отделена от режимов взаимной синхронизации узкими участками неустойчивой генерации, где наблюдается гистерезисные явления, биения.

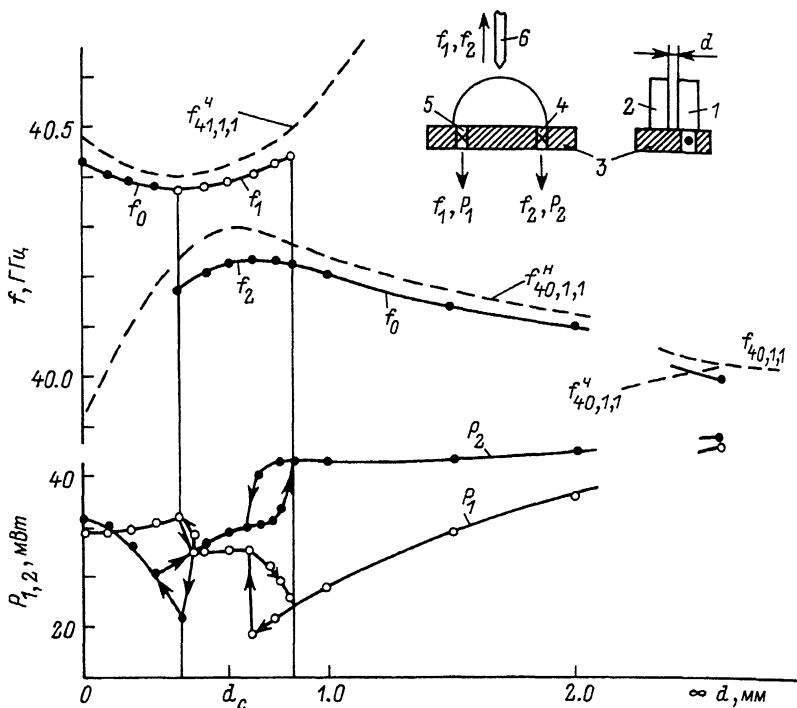


Рис. 1.

Следует отметить, что характеристики приведены для случая фиксированного напряжения питания диодов $U = 3.4$ В, но подобная картина наблюдается при $3.0 \lesssim U \lesssim 4.0$ В, что указывает на устойчивость режима двухчастотной генерации.

Таким образом получена двухчастотная генерация с минимальным разномом между частотами $\Delta f/f_{1,2} \sim 0.003$. В отдельных случаях удается получить $\Delta f/f_{1,2} \sim 0.001$.

Полученные результаты объясняются на основе экспериментального исследования динамики распределения полей колебаний в КЗДР при изменении расстояния d между полудисками. При $d \rightarrow \infty$ в одном полудиске в рассматриваемом случае возбуждаются колебания EH_{n1} с одной вариацией поля по высоте и радиусу полудиска и n — по его азимутальной координате (полуокружности). С приближением второго полудиска каждое n — колебание с различным распределением поля по высоте системы двух полудисков: четный тип колебаний с максимумом амплитуды поля между полудисками и нечетный тип колебаний, амплитуда поля которого между полудисками обращается в нуль. Азимутальное рас-

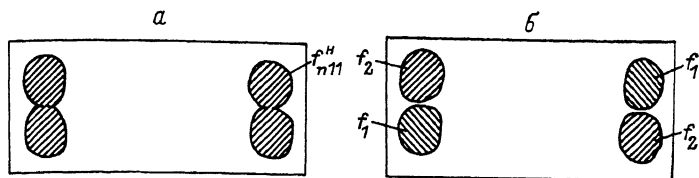


Рис. 2.

пределение полей этих колебаний вдоль полуокружностей имеет характер стоячей волны с периодом $T = \pi/n$. Схематическое изображение пятен поля нечетного типа колебаний на зеркале показано на рис. 2, а). На рис. 1 штриховыми кривыми показана перестройка частоты $f_{40,1,1}^H$ нечетного типа колебаний и частоты $f_{40,1,1}^H$ четного типа колебаний КЗДР с однородным зеркалом (без отверстий с диодами). Видно, что вдали от точки совпадения частот ($d > 0.7$ мм и $0 < d < 0.4$ мм) частота генерации определяется нечетным и затем четным типами колебаний КЗДР. Вблизи точки совпадения ($d_c \sim 0.6$ мм) его частоты с частотой $f_{4,1,1}^H$ четного типа (но другого $n!$) проходит междутиповая связь, приводящая к „отталкиванию“ частот (график Вина) подобно [5] и „гибридизации“ полей. Экспериментально установлено, что в КЗДР это проявляется в частотном и пространственном расщеплении полей колебаний между полудисками вблизи зеркала. Под каждым полудиском оказываются несвязанные между собой пятна полей. При этом с одной стороны под первым полудиском пятно поля, соответствующее частоте f_1 , а под вторым – соответствующее f_2 с диаметрально противоположной стороны полудисков – наоборот. Схематическое изображение расщепленных пятен поля на зеркале показано на рис. 2, б). Расщепление полей происходит на зеркале в областях синфазного и противофазного азимутального распределения аксиальных четного и нечетного типов колебаний с разным n , в чем проявляется распределенный характер КЗДР. Определяющим фактором является и неоднородность в колебательной системе, что видно по частотному расщеплению. Диоды в этом случае оказываются в пространственно и частотно расщепленных пятнах поля (рис. 2, б), что и определяет двухчастотную генерацию.

Приведенные результаты дополняют результаты исследования диодного генератора с КЗДР. В этом случае отверстие с диодом размещается симметрично относительно двух полудисков при $d \sim d_c$. При этом получена двухчастотная генерация с $\Delta f/f_{1,2} \sim 0.004$ при $U = 2.25$ В ($U / U_{пор} \sim 2$, где $U_{пор}$ – пороговое напряжение питания диода) и $d \sim 0.4-0.45$ мм, т.е. в узком участке неустойчивой генерации для случая двух диодов. Следует отметить, что спектр каждого колебания содержит модуляционные составляющие. Таким образом, можно предположить, что область двухчастотной генерации двух диодов отделена от области взаим-

ной синхронизации их колебаний узкими участками двухчастотной генерации каждым диодом, возникающей при конкуренции типов колебаний подобно [3].

Обнаруженный режим двухчастотной генерации определяется частотным и пространственным расщеплением полей и возможен в различных распределениях колебательных системах при взаимодействии колебаний вблизи совпадения их частот и соответствующем расположении активных элементов.

Автор благодарен А.Я. Кириченко за полезное обсуждение результатов работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] М и г у л и н В.В., М е д в е д е в В.И., М у с т е л ь Е.Р., П а р ы г и н В.Н. Основы теории колебаний. М.: Наука. 1988. 392 с.
- [2] Н о в и к о в А.А., С и н и ц ы н В.В., Т а г е р А.С. Изв. вузов. Радиофизика. 1979. Т. 22. № 3. С. 380-381.
- [3] Ц а р а п к и н Д.П. Генераторы СВЧ на диодах Ганна. М.: Радио и связь. 1982. 112 с.
- [4] Ф у р с о в А.Н., Б у л г а к о в Б.М., Ф и с у н А.И.// Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1983. Т. 26. № 10. С. 80-83.
- [5] Ш т е й н ш л е г е р В. Явления взаимодействия волн в электромагнитных резонаторах. М.: Оборонгиз. 1955. 114 с.

Институт радиофизики и электроники
АН УССР, Харьков

Поступило в Редакцию
8 февраля 1990 г.