

© В.Г. КУРИН, Б.К. СКРЫННИК,
академик АН Украины В.П. ШЕСТОПАЛОВ

МЕЖДУТИПОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ (ВОЛНЫ) ГЕНЕРАТОРА ДИФРАКЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Междутиповые колебания [1, 2] в резонансной системе генератора дифракционного излучения (ГДИ) экспериментально изучены в [3]. Их свойства описываются дисперсионными кривыми вблизи морсовской критической точки (МКТ) [2].

При глобальном анализе колебаний и волн открытых структур интерес представляют не отдельно взятые спектральные (дисперсионные) кривые, а спектральные комплексные гиперповерхности, с помощью которых можно изучать междутиповые колебания и волны. Вблизи МКТ комплексных гиперповерхностей (случай трех комплексных переменных) одновременно эффективно восстанавливаются спектральные характеристики свободных колебаний (спектральные поверхности собственных частот) и собственных волн (спектральные поверхности постоянных распространения) ГДИ.

Как известно [4], коэффициент автодинного усиления ГДИ возрастает при приближении точки генерации к краям зоны электронной перестройки. Смещение точки генерации к краям зоны сопровождается увеличением потерь ОР для данного типа колебания. Такое синхронное изменение потерь и коэффициента автодинного усиления указывает на возможную связь последнего с междутиповым взаимодействием.

На рис. 1 представлена схема эксперимента (слева) и фрагмент спектральной поверхности, охватывающий два соседних колебания ($1 \leftrightarrow 2$) поверхностных волн (однотипные волны с продольными индексами, отличающимися на единицу, $n, n+1$) и переход между ними (запрещенную полосу).

Полученная экспериментальным путем эта поверхность представляет собой пример спектральной гиперповерхности, построенной для вещественных спектральных параметров c/v_φ и λ , а также несектрального параметра ΔL . Здесь c — скорость света, v_φ — фазовая скорость синхронной гармоники поверхностной волны, ΔL — приращение расстояния между зеркалами ОР. Если зафиксировать ΔL в области максимальной вспученности, то получим дисперсионную кривую $F(c/v_\varphi, \lambda, \Delta L = \text{const}) = 0$, представленную на рис. 1б ($1 \leftrightarrow 2$) в координатах $(c/v_\varphi, \lambda)$.

Переход с одного типа волны 1 на другой 2 рис. 1б является результатом взаимодействия поверхностных волн ДР с быстрыми волнами ОР. В режиме ЛОВО быстрые волны (распространяющиеся между зеркалами ОР) появляются в результате преобразования поверхностных в быстрые на неоднородностях ДР [5, 6]. Взаимодействие между быстрыми и поверхностными волнами при работе ГДИ в режиме ЛОВО обуславливает накопление энергии в ОР и продолжение генерации в запрещенную полосу. На основании симметрии спектральных кривых относительно МКТ [7] построим спектральные линии для быстрых волн (колебаний ОР), полагая при этом, что изгиб спектральной кривой ($1 \leftrightarrow 2$) наблюдается в некоторой области

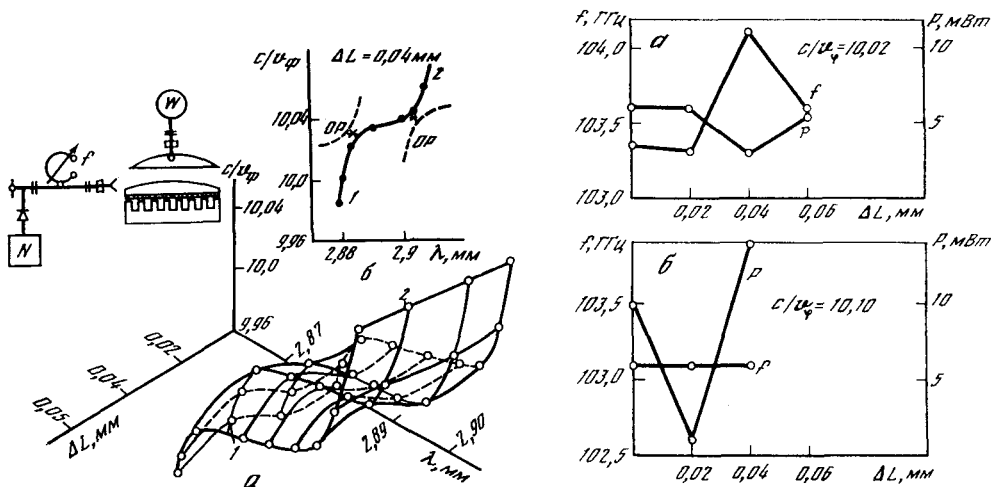


Рис. 1. Фрагмент спектральной поверхности и схема эксперимента, (а); проекция сечения спектральной поверхности в области максимальной вспущенности на плоскость (б)

Рис. 2. Зависимость между частотой и мощностью при взаимодействии между колебаниями (волнами) (а) и при отсутствии взаимодействия (б)

МКТ, обозначенной звездочкой (рис. 1б). Здесь штриховые линии характеризуют быстрые волны (колебания ОР), а сплошные – поверхностные волны ДР. Видно, что полученный график сходен с графиком Вина, т.е. здесь мы наблюдаем взаимодействие, но уже между поверхностными волнами ДР и быстрыми волнами ОР. Оказывается, что в запрещенной полосе генератор работает на смешанных типах волн.

Вспучивание спектральной поверхности в запрещенной полосе рис. 1а является результатом автодинного взаимодействия. Это хорошо видно из рис. 2а, где приведена зависимость между мощностью P колебаний ОР (аналог сигнала) и частотой генерации F в запрещенной полосе, при $c/v_{\phi} = \text{const}$. Величина мощности изменяется путем изменения расстояния между зеркалами ОР. На графиках рис. 2б приведена зависимость между мощностью P и частотой F при отсутствии взаимодействия между волнами. В этом случае изменение мощности колебаний ОР (сигнала) не вызывает изменение частоты генерации. Графики рис. 2б сняты уже в полосе пропускания, где вероятность междутипового взаимодействия уменьшается, это также хорошо видно из рис. 2а: при "выходе" из запрещенной полосы вспучивание спектральной поверхности сглаживается.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что автодинный эффект обусловлен взаимодействием электромагнитных (колебаний) волн, когда возможен обмен энергией между полем сигнала (в эксперименте это быстрые волны, распространяющиеся между зеркалами ОР) и полем волны (поверхностной волны ДР), взаимодействующей с электронным потоком в режиме ЛОВО. Такая связь волн обеспечивает оптимальную передачу информации от поля сигнала полю волн. При отсутствии взаимодействия между электромагнитными (колебаниями) волнами спектральная поверхность вырождается в гиперплоскость и автодинного эффекта в резонансной системе ГДИ не наблюдается.

Построение гиперплоскостей в метрике комплексных пространств, определение особых точек (в том числе морсовских) и аналитическое описание их представляют специальную задачу и ее решение связано с развитием теоретических представлений и проведением эксперимента. Главной проблемой при этом является выясне-

ние вопроса о том, как определить расстояние в метрике соответствующих комплексных пространств от особой точки гиперповерхности до области физических значений неспектральных параметров (напомним, что область физических значений обозначает просто равенство нулю мнимой части соответствующей величины); это позволяет правильно представить приближенное аналитическое выражение для комплексной гиперповерхности вблизи особой точки.

Институт радиофизики и электроники
Академии наук Украины
Харьков

Поступило
18 III 1992

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестопапов В.П. – ДАН, 1988, т. 303, № 5, с. 1131.
2. Штеншлейгер В.Б. – ДАН, 1949, т. 69, № 5, с. 699.
3. Курин В.Г., Скрынник Б.К., Шестопапов В.П. – ДАН, 1991, т. 317, № 1, с. 93.
4. Шестопапов В.П. Физические основы миллиметровой и субмиллиметровой техники. Киев: Наук. думка, 1985, т. 2. 255 с.
5. Тренев Н.Г. – РЭ, 1958, т. 3, № 1, с. 27.
6. Кузнецов Ю.А. – РЭ, 1963, т. 8, № 8, с. 1385.
7. Шестопапов В.П., Сиренко Ю.К. Динамическая теория решеток. Киев: Наук. думка, 1989. 209 с.