

# ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ОТКРЫТОМ РЕЗОНАТОРЕ

Ф.С.Русин, Г.Д.Богомолов

Применение открытых резонаторов является весьма перспективным для генерации и усиления электромагнитных колебаний. Оно позволяет значительно улучшить селекцию частот, что особенно важно в коротком миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах. Самовозбуждающийся генератор, использующий открытый резонатор, можно осуществить, пропуская прямолинейный пучок электронов над периодической структурой, нанесенной на одно из зеркал открытого резонатора. Если период структуры меньше длины волны колебания, то около зеркала резонатора формируются медленные пространственные гармоники собственных колебаний, фазовые скорости которых близки к  $c \frac{\ell}{\lambda}$ , где  $c$  - скорость света,  $\ell$  - период структуры,  $\lambda$  - длина волны электромагнитного колебания в свободном пространстве,  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Когда скорость электронов близка к фазовой скорости одной из пространственных гармоник, происходит эффективное взаимодействие электронного пучка с электромагнитным полем открытого резонатора и при достаточно большом токе пучка система "пучок-резонатор" может самовозбуждаться.

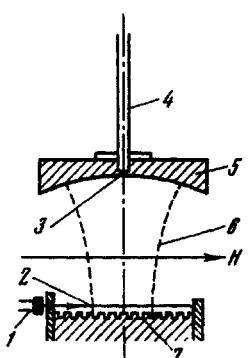


Рис. I. Схематическое изображение ортрана (разрез). 1 - катод, 2 - электронный пучок, 3 - отверстие связи, 4 - волновод, 5 - сферическое зеркало, 6 - граница поля - каустика, 7 - зеркало с периодической структурой

Опытная проверка предлагаемого метода генерации была произведена в приборе, названном нами "ортран" (прибор с открытым резонатором и отражающей решеткой). Его схематическое изображение приведено на рис. I.

Открытый резонатор образован плоским (диаметр 38 мм) и сферическим (диаметр 60 мм, радиус кривизны 60 мм) зеркалами [1], расположеннымими на расстоянии, которое можно плавно изменять от 20 до 30 мм. На всей поверхности плоского зеркала нанесена гребенка, период которой 1 мм, ширина канавки 0,5 мм, глубина 1,5 мм. Добротность открытого резонатора с гребенкой на плоском зеркале на волне 8,45 мм близка к 3000, тогда как без гребенки, с гладким плоским зеркалом - около 20 000. Связь резонатора с волноводом осуществлялась через отверстие в центре сферического зеркала с коэффициентом связи около 10% (при  $\lambda = 8$  мм).

Людная пушка создавала электронный поток, из которого с помощью диафрагмы вырезался ленточный пучок сечением  $3,5 \times 0,5$  мм, который ускорялся постоянным или импульсным напряжением. Прибор находился под непрерывной откачкой до давления  $10^{-7}$  мм рт.ст.

Для фокусировки пучка вся система помещалась между плоскими полюсами электромагнита, создающего однородное поле, направленное вдоль пучка, с индукцией до 5500 гс.

В приборе наблюдалась генерация на длинах волн от 5,3 до 12,2 мм. Частота генерации устанавливалась в зависимости от расстояния между зеркалами и ускоряющего напряжения, которое изменялось от 1500 до  $\sim 9000$  в. Генерация наблюдалась при пусковых токах  $\sim 100$  ма, что совпадает с теоретическими оценками.

При неизменном расстоянии между зеркалами наблюдалась генерация на нескольких частотах, соответствующих собственным колебаниям открытого резонатора ОИР с различными продольными индексами  $n$  [2].

Зависимость выходной мощности (в отн. ед.) от тока эмиссии катода, представленная на рис. 2, показывает, что при токе эмиссии от 100 до 1000 ма выходная мощность зависит от тока почти линейно. Импульсная выходная мощность на длине волны 8,10 мм и токе эмиссии 1000 ма составляла около 4 вт.

Описанный прибор является автогенератором сверхвысокочастотных колебаний с керелятивистским электронным пучком. Обратная связь осуществляется с помощью открытого резонатора, что позволяет пре-

образовать некогенерентное излучение электронного пучка, проходящего над периодической структурой [3], в когерентное монохроматическое излучение.

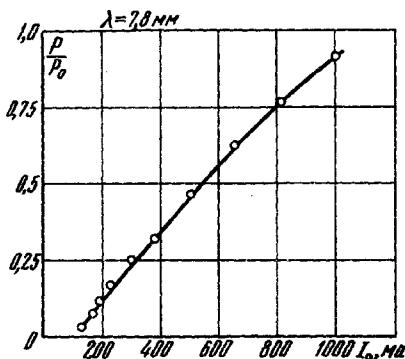


Рис.2. Зависимость выходной мощности оротрона от тока эмиссии

Укажем на некоторые характеристики такого генератора: 1) изменение ускоряющего напряжения при неизменном расстоянии между зеркалами открытого резонатора позволяет получить генерацию на нескольких частотах в диапазоне, большем октавы; 2) изменения расстояние между зеркалами, можно осуществить плавную перестройку частоты; 3) поскольку оротрон является квазиоптическим прибором, то это облегчает его согласование с квазиоптическими системами, что особенно важно в субмиллиметровом диапазоне.

Проведенные предварительные эксперименты и теоретические оценки дают основание надеяться, что с помощью предлагаемого метода удастся продвинуться из миллиметрового в субмиллиметровый диапазон. Более подробно данная работа будет описана в сб. "Электроника больших мощностей" (5 или 6 выпуск).

Авторы благодарны П.Л.Калице за поддержку данной работы, С.П.Калице и Л.А.Вайнштейну за ценные советы и неоднократные обсуждения, а также М.Б.Голанту за техническую помощь.

Институт физических проблем

Поступило в редакцию

Академии наук СССР

14 июня 1966 г.

## Литература

- [1] Ф.С.Русин, Г.Д.Богомолов. Заявка № 943533 от 16 февраля 1965 г.
- [2] Л.А.Вайнштейн. ЖЭТФ, 45, 684, 1964.
- [3] S.J.Smith and Purcell. Phys. Rev., 92, 1069, 1953.