

09;10

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОЙ КОГЕРЕНТНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ СВЧ УСИЛИТЕЛЕЙ СО ВЗРЫВОЭМИССИОННЫМИ ИНЖЕКТОРАМИ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

© АБ.Волков, Н.И.Зайцев, Б.Д.Кольчугин,
С.В.Кузиков

Практически любое приложение мощных электронных СВЧ приборов предполагает оперирование с сигналами, когерентными в пространстве и времени. Для усилителей необходима также возможность управления фазой их выходного сигнала. В частности, управление соотношением фаз (взаимная когерентность излучения) требуется от набора усилителей в активных фазированных антенных решетках и в ускорителях заряженных частиц.

Одним из методов создания СВЧ усилителей с большой импульсной мощностью является использование интенсивных электронных пучков, формируемых с помощью взрывоэмиссионных катодов. Однако сложный характер взрывной эмиссии приводит, по-видимому, к образованию электронного пучка с высоким уровнем собственных шумов. Работа прибора происходит в условиях расширяющихся плазмоэмиттера и коллекторной плазмы при непостоянном в течение импульса СВЧ излучения питающем напряжении, что связано прежде всего с существованием фронтов импульса напряжения, сравнимых по длительности с самим этим импульсом. Все это порождало сомнения как в стабильности фазы выходного излучения относительно фазы входного сигнала, так и в самой возможности когерентного сложения сигналов от нескольких усилителей.

Чтобы рассеять это сомнение, был проведен эксперимент с двумя одинаковыми усилителями типа описанного в [1], которые питались от общего источника импульсного напряжения, формировавшего импульс длительностью ≈ 20 нс с фронтами ≈ 5 нс по уровню 0.7. Усилители имели на входе общий СВЧ генератор (рис. 1), задававший входной импульс СВЧ излучения длительностью ≈ 20 мкс, часть которого, приходящаяся на момент существования электронного пучка (≈ 15 нс), усиливалась обоими усилителями.

Усилители работали с выходной мощностью до ≈ 50 МВт при коэффициенте усиления ≈ 50 дБ, длительностью выход-

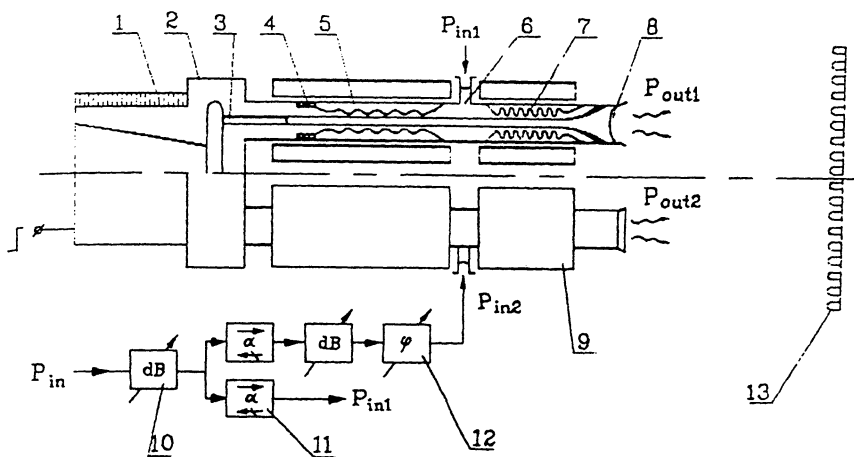
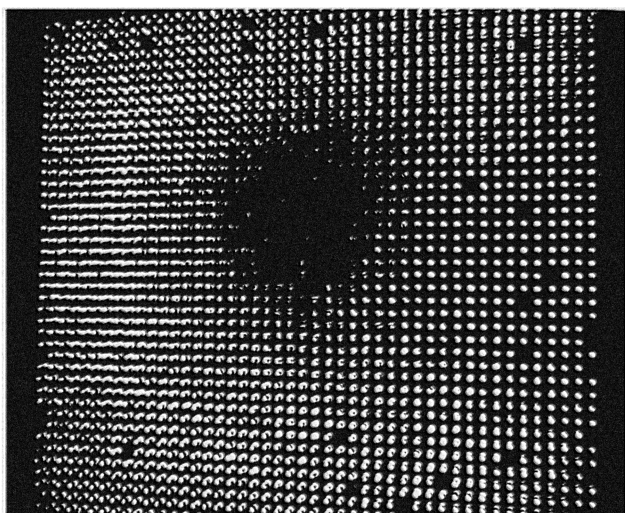


Рис. 1. Двухканальный усилитель: 1 — ускорительная трубка; 2 — анод; 3 — катод; 4 — СВЧ поглотитель; 5 — ЛОВ; 6 — квазиоптический ввод мощности; 7 — ЛВВ; 8 — выходное вакуумное окно; 9 — соленоиды; 10 — аттенюатор; 11 — ферритовые вентили; 12 — фазовращатель; 13 — СВЧ табло.

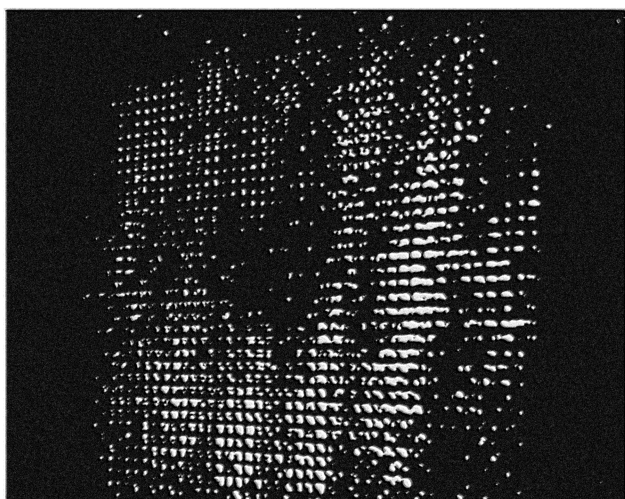
ного импульса ≈ 15 нс, длиной волны излучения $\lambda \approx 3.2$ см, излучение выводилось волной E_{01} круглого волновода.

Интерференционная картина наблюдалась с помощью табло из неоновых лампочек, светившихся под действием падающего на них СВЧ излучения. Для обеспечения работы неоновых лампочек в необходимом динамическом диапазоне их яркостной характеристики выходные волноводы усилителей были прикрыты поглотителем (с коэффициентом ослабления ≈ 10 дБ), не искажавшим структуру поля выходного излучения. Кроме того, так как неоновые лампочки обладают порогом зажигания, контрастность интерференционной картины можно было изменять, меняя мощность входного сигнала или местоположение табло.

Типичные фотографии свечения табло при одном и двух работающих каналах усиления представлены на рис. 2, а и рис. 2, б соответственно. Структура поля на табло при одном работающем канале соответствовала моде E_{01} круглого волновода (рис. 2, а). При работе двух каналов усиления на табло наблюдалось чередование темных и светлых полос (рис. 2, б), стабильно воспроизводившееся от импульса к импульсу. Расстояние l между соседними однотонными полосами соответствовало соотношению $l = \lambda L/a$, где L — расстояние между апертурами выходных волноводов и табло, а a — расстояние между излучателями. С изменением разности фаз входных сигналов усилителей (для этой це-



a



b

Рис. 2. Свечение табло под действием излучения от одного (*a*) и двух каналов усиления (*b*).

ли на вход одного из каналов был установлен фазовращатель) — интерференционные полосы смещались, в частности при увеличении разности фаз на π светлые и темные полосы менялись местами. Наблюдаемая зависимость положения интерференционных полос от вносимой фазовра-

шателем разности фаз в входные сигналы двух усилителей соответствовала расчетной, что свидетельствовало о корреляции фаз входного и выходного сигналов каждого усилителя.

При соответствующем подборе параметров усилителей, например при изменении структуры магнитного поля, транспортирующего электронный пучок, они могли быть поставлены в режим самовозбуждения. В случае, когда самовозбуждались выходные секции обоих усилителей (ЛБВ-секции), интерференционных полос в общем поле излучения не наблюдалось, что свидетельствовало о большой разности излучавшихся частот. Если же возбуждались секции обратной волны, то наблюдалась такая же "полосатая" интерференционная картина, как и в режиме усиления внешнего сигнала, что свидетельствовало о том, что разность частот была в пределах $|\omega_1 - \omega_2| \ll \pi/\tau \approx 2 \cdot 10^8$ Гц (τ — длительность импульса), однако от импульса к импульсу положение интерференционных полос менялось случайным образом, что свидетельствовало о независимости фаз возбуждаемых колебаний. Последний эксперимент подтверждает высокие селективные свойства релятивистской ЛОВ.

В данном эксперименте возможность когерентного сложения излучения от нескольких усилителей с взрывоэмиссионными катодами продемонстрирована лишь качественно. Для количественного определения величины нестабильности фазы усилителя предполагается произвести дополнительные исследования, в частности сравнение фаз сигнала от задающего генератора (магнетрона) и выходного сигнала усилителя.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Н.Ф. Ковалева и М.И. Петелина за полезные обсуждения.

Работа выполнена при поддержке Международного научного фонда (проект R91000).

Список литературы

- [1] Волков А.Б., Зайцев Н.И., Иляков Е.В. и др. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 12. С. 6–10.

Поступило в Редакцию
23 октября 1995 г.
В окончательной редакции
27 июня 1996 г.