

09;10

Отражательный триод с виртуальным катодом, управляемый внутренней обратной ТЕМ-связью

© А.Е. Дубинов, И.В. Коновалов, И.В. Рожнов,
В.Д. Селемир, А.В. Тихонов, К.В. Шибалко

Российский Федеральный ядерный центр — ВНИИ экспериментальной физики, Саров
E-mail: dubinov@ntc.vniief.ru

Поступило в Редакцию 12 апреля 2002 г.

Представлены результаты экспериментального исследования отражательного триода с виртуальным катодом (ВК), в который введена управляемая по длине обратная ТЕМ-связь между областью генерации, где локализован ВК, и диодной областью. Получено, что при определенной длине обратной связи мощность СВЧ излучения отражательного триода может быть выше в 1.6 раза, чем в случае без обратной связи.

СВЧ генераторы с виртуальным катодом (ВК) — виркаторы и отражательные триоды — образуют один из основных классов генераторов в мощной релятивистской электронике, причем именно на последних были достигнуты большие значения КПД. Обзоры недавних достижений в разработке и исследовании отражательных триодов с ВК представлены в [1,2].

В последнее время наметилась определенная тенденция в развитии СВЧ генераторов с ВК: для обеспечения генерации вынужденного СВЧ излучения с целью получения максимального КПД тем или иным техническим способом создают положительную обратную связь между

областью генерации, где локализован ВК, и диодной областью. Известно несколько работ, в которых описаны различные способы построения волноводной обратной связи в виркаторах (см., например, [3,4]), позволившие существенно повысить их КПД и управляемость. Здесь отметим также описанный в [5,6] виркатор, в котором обратная связь осуществляется на не имеющей дисперсии волне ТЕМ-типа.

Однако, насколько нам известно, исследований влияния обратной связи в отражательных триодах с ВК ранее не проводилось. В данной работе рассмотрены результаты экспериментального исследования отражательного триода с ВК, в котором, согласно предложению [7], была введена обратная связь на волне ТЕМ-типа.

Эксперименты проводились на установке, в состав которой входят следующие узлы: генератор импульсных токов (ГИТ), электровзрывной преобразователь (ЭВП), разрядник и непосредственно сам отражательный триод в качестве нагрузки. Приведем краткие характеристики узлов питания установки.

- ГИТ: энергозапас — 42 кДж;
 напряжение — до 100 кВ;
 ток в режиме короткого замыкания — до 500 кА;
 собственная индуктивность — 150 нГ;
 электрическая емкость (в ударе) — 8 мкФ.
- ЭВП: начальное сопротивление — 18 мОм;
 ток разрыва — 220...240 кА;
 напряжение в режиме холостого хода — 550 кВ.
- Разрядник: газонаполненный, неуправляемый;
 смесь — 60% N₂, 40% — SF₆;
 давление — до 5 атм;
 напряжение пробоя — 350...450 кВ.

Узел питания обеспечивает в диоде отражательного триода импульс напряжения 450...500 кВ, тока 20...300 кА с длительностью фронта 30 нс и длительностью всего импульса 100...150 нс.

Схема самого отражательного триода представлена на рис. 1. Он включал в себя металлическую вакуумную камеру в виде цилиндра диаметром 720 мм и длиной 420 мм. С одного из торцов камера была заглушена диэлектрическим окном вывода СВЧ излучения, а с

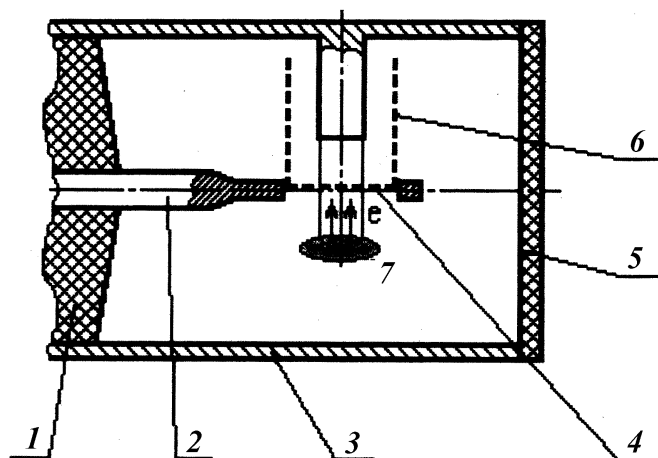


Рис. 1. Схема отражательного триода с обратной ТЕМ-связью управляемой длины: 1 — изолятор, 2 — анододержатель, 3 — герметичная вакуумная камера, 4 — анодная сетка, 5 — окно вывода СВЧ излучения, 6 — цилиндрическая часть анода, образующая канал обратной ТЕМ-связи, 7 — виртуальный катод.

другого — высоковольтным изолятором. Внутри камеры перпендикулярно ее оси был установлен взрывоземиссионный графитовый катод диаметром 90 мм и управляемой длиной из диапазона 335...360 мм. Вдоль оси камеры внутрь ее сквозь изолятор был введен анододержатель, на котором крепился сетчатый анод, выполненный из металлического провода и имеющий геометрическую прозрачность 70%. На анододержателе был также закреплен полый цилиндр диаметром 150 мм, охватывающий катод и образующий коаксиальную линию обратной связи с волновым сопротивлением 30,6 Ω . Длина цилиндра могла механически изменяться в пределах 90...156 мм за счет его телескопической конструкции, чем осуществлялось управление длиной обратной связи.

Измерения мощности СВЧ излучения проводились с помощью детекторов типа 6Д13Д, устанавливаемых на расстоянии 5,5 м от окна вывода излучения отражательного триода. Для определения спектра СВЧ генерации использовалась широкополосная антенна П6-23А,

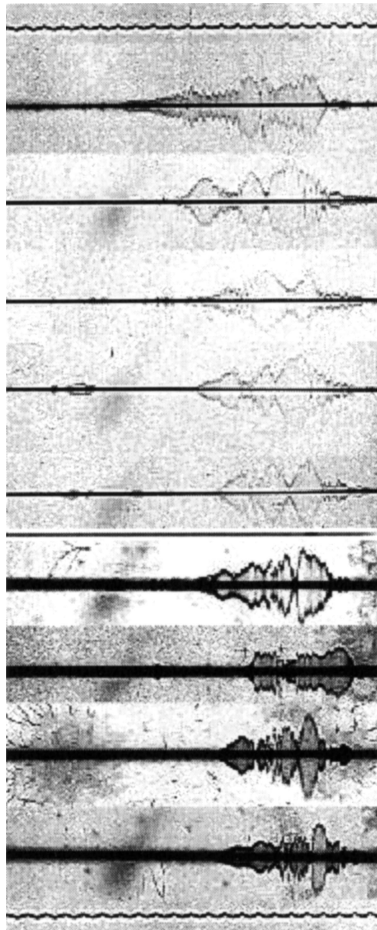


Рис. 2. Осциллограммы сигналов с детекторов (верхняя осциллограмма — для триода без обратной связи, далее сверху вниз — при различных длинах анодного цилиндра начиная с 90 мм в сторону ее увеличения с шагом 10 мм).

связанная посредством фидерного тракта с цифровым регистратором СРГ-7, имеющим полосу пропускания с границей 5 GHz. Антенна устанавливалась на расстоянии 1.5 м от плоскости окна вывода СВЧ излучения отражательного триода.

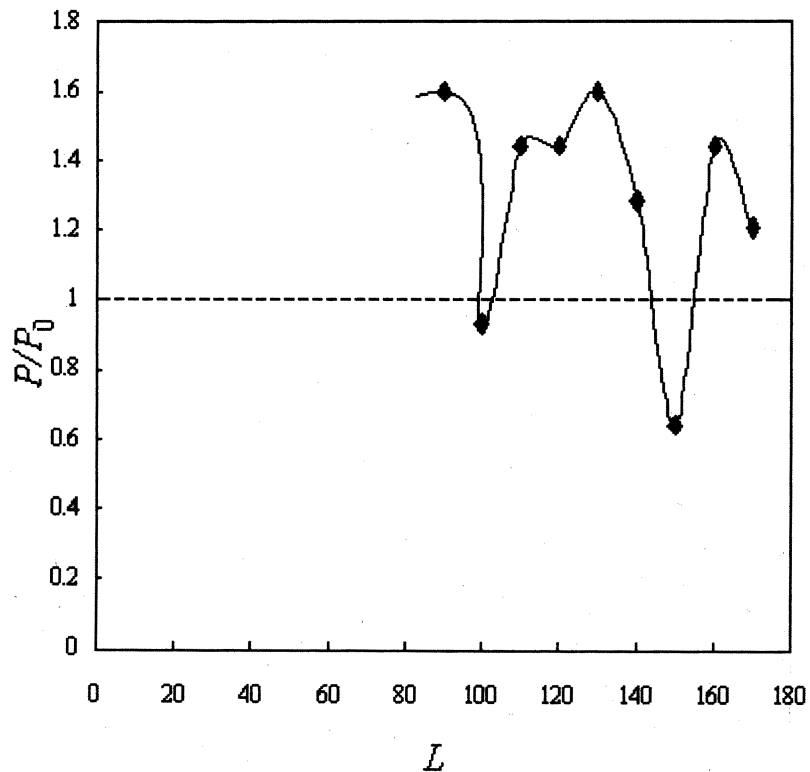


Рис. 3. Зависимость нормированной мощности СВЧ излучения от длины анодного цилиндра (нормировка на мощность СВЧ излучения триода без обратной связи, ее единичный уровень показан пунктиром).

Ниже приведены данные, полученные при величине катод-анодного зазора 21 mm, когда спектр СВЧ излучения приходится на диапазон 2...3.5 GHz. В отсутствие анодного цилиндра, образующего обратную связь, мощность СВЧ излучения была оценена как 100 MW. На рис. 2 приведены осциллограммы сигналов, полученных без обратной связи и с обратной связью различной длины (с шагом 10 mm). Все осциллограммы получены при одних и тех же условиях высоковольтного отражательного триода. Обработывая эти осциллограммы по максимуму

амплитуды и учитывая, что мощность излучения пропорциональна квадрату амплитуды волны, получим график зависимости нормированной мощности СВЧ излучения от длины коаксиальной линии, образующей обратную связь (рис. 3).

Как видно из графика рис. 3, при определенной длине обратной связи было достигнуто увеличение выходной мощности отражательного триода в 1.6 раза по сравнению с триодом без обратной связи.

Список литературы

- [1] Диденко А.Н., Григорьев В.П., Жерлицын А.Г. // Плазменная электроника. Киев: Наукова думка, 1989. С. 112.
- [2] Дубинов А.Е., Селемир В.Д. // Зарубежная радиоэлектроника. 1995. № 4. С. 54.
- [3] Гадецкий Н.П., Магда И.И., Найстетер С.И. и др. // Физика плазмы. 1993. Т. 19. № 4. С. 530.
- [4] Kitsanov S.A., Klimov A.I., Korovin S.D. et al. // Proc. of 1st Int. Congress on Radiation Physics, High Current Electronics, and Modification of Materials. Tomsk, 2000. V. 2. P. 423.
- [5] Селемир В.Д., Дубинов А.Е., Коновалов И.В., Макарова Н.Н. Виркатор. Патент РФ № 2123740, МКИ: Н 01 J 25/68, опубл. БИ. 1998. № 35.
- [6] Дубинов А.Е., Селемир В.Д. // Письма в ЖТФ. 1999. Т. 25. В. 20. С. 89.
- [7] Селемир В.Д., Дубинов А.Е., Коновалов И.В., Макарова Н.Н. Отражательный триод. Патент РФ № 2134920, МКИ: Н 01 J 25/68, опубл. БИ. 1999. № 23.