Письма в ЖТФ, том 21, вып. 2 26 января 1995 г.

09;10;12
©1995

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКОГО СИЛЬНОТОЧНОГО СВЧ ГЕНЕРАТОРА

Л.Н.Казанский, А.В.Синельщиков, А.И.Хоменко

Развитие сильноточной релятивистской СВЧ электроники и создание СВЧ генераторов гигаваттного уровня мощности при длительности радиоимульса 10–100 нс стимулировали развитие исследований в области взаимодействия электромагнитного излучения с плазмой [1,2]. При этом одним из желательных регулируемых параметров является длительность воздействия излучения. Однако релятивистские СВЧ генераторы не обладают возможностью собственной оперативной регулировки длительности СВЧ импульса. Верхняя граница длительности излучения $\sim$ 100 нс обусловлена рядом причин и сейчас труднопреодолима. Укорочение СВЧ импульса возможно, например, путем отсечки СВЧ излучения при пробое газовой смеси в специальной промежуточной панели. Этот метод реализован при использовании панели из люминесцентных ламп, заполненных смесью газов Ar–Hg при низком давлении [3]. Несмотря на простоту реализации, такое решение не всегда удобно из-за громоздкости конструкции и ограничений на плотность потока излучения в панели. Кроме того, его использование невозможно в области интенсивного тормозного рентгеновского излучения, создаваемого на коллекторе сильноточным электронным пучком. Возможна регулировка длительности СВЧ импульса методом изменения длительности пучка путем его полной отсечки, однако в ряде случаев это достаточно сложно и не дает стабильных результатов при необходимости плавной регулировки.

Нами исследован иной способ регулировки длительности импульса релятивистского СВЧ генератора путем относительно неглубокой модуляции импульса тока электронного пучка. Ниже сообщается об экспериментальной реализации предлагаемого способа. Эксперименты проводились на сильноточном ускорителе [1] Московского радиотехнического института РАН, содержащем два идентичных пучковых канала — два коаксиальных вакуумных диода, подключенные к общему генератору импульсных напряжений (рис. 1). Синхронизация работы каналов осуществлялась регулировкой давления SF_6 в разрядниках, устано-

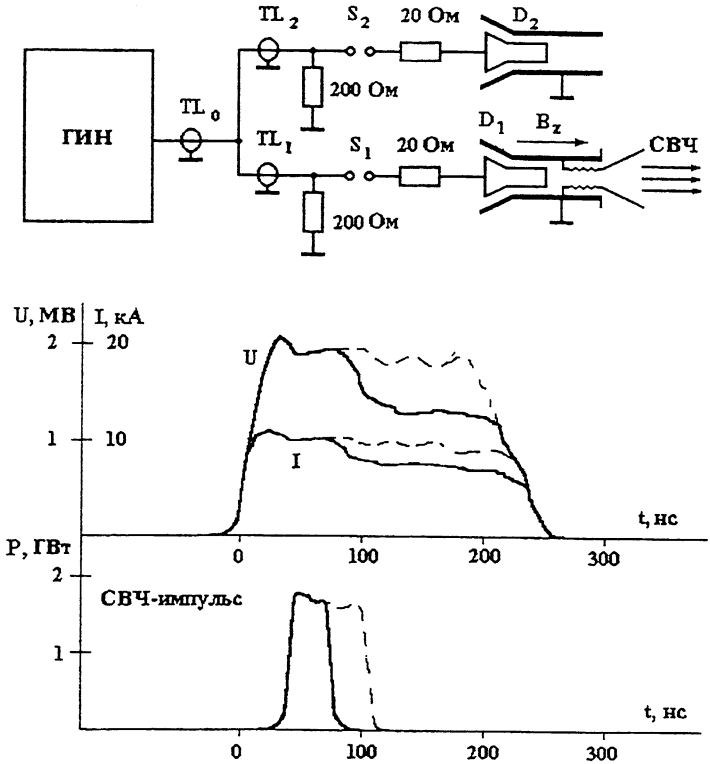

Рис. 1. Схема ускорителя и характерные осциллограммы импульсов ускоряющего напряжения U, тока пучка I и мощности СВЧ излучения P; *сплошной линией* изображены осциллограммы для режима с укорочением длительности СВЧ импульса.

вленных перед диодами. Разрядники срабатывали на переднем фронте импульса напряжения с разбросом по времени менее 10 нс. В первом канале электронный пучок распространялся в магнитном поле соленоида ($\sim$ 20 кГс), импеданс диода составлял $Z_1 \approx 200$ Ом. Диод второго канала работал в режиме магнитной самоизоляции ($Z_2 \approx 70$ Ом). При срабатывании второго канала ускорителя возникала волна напряжения, которая через 60 нс приходила на диод первого канала и понижала напряжение в нем на $\approx 15\%$, а ток пучка на $\approx 20\%$. Изменением давления газа в разряднике второго канала удалось смещать момент его срабатывания и таким образом снижать напряжение в первом канале в нужный момент времени. Этот эффект был использован нами для регулировки длительности импульса СВЧ излучения.

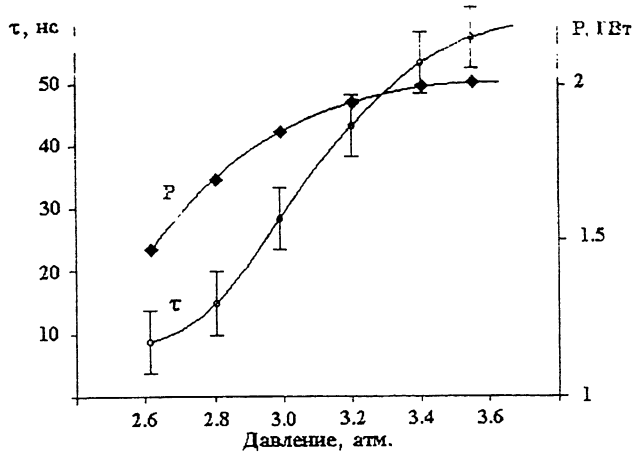

Рис. 2. Зависимости амплитудного значения мощности P и длительности τ СВЧ импульса от давления газа в разряднике второго канала ускорителя.

В качестве СВЧ генератора использовался релятивистский карсинотрон циклотронно-резонансной селекцией мод, созданный на основе испытанного ранее прибора [5] с рабочей модой E_{02} на длине волны 3 см. При запертом втором пучковом канале оптимальный режим возбуждения карсинотрона установлен для электронного пучка с параметрами: 1.8 МэВ, 10 кА, 300 нс, длительность переднего фронта импульса тока пучка составляла 15 нс. Регистрировались импульсы СВЧ излучения мощностью до 2 ГВт длительностью 60 нс. В режиме срабатывания двух каналов наблюдался срыв СВЧ генерации в момент уменьшения ускоряющего напряжения и тока пучка первого канала до значений 1.3 МэВ, 6 кА. В разряднике первого канала устанавливалось оптимальное давление 3.2–3.4 атм, а давление в разряднике второго канала регулировалось с точностью 0.05 атм. На рис. 1 приведены характерные осциллограммы импульсов ускоряющего напряжения, тока пучка и огибающей СВЧ излучения, демонстрирующие описанный выше механизм укорочения длительности импульса СВЧ излучения. На рис. 2 приведены зависимости мощности и длительности импульса СВЧ излучения от давления в разряднике второго канала. Вероятность получения требуемой длительности СВЧ излучения с точностью 5 нс была не хуже 70%. Из рис. 2 видно, что при уменьшении давления от 3.6 атм происходит плавное сокращение длительности от 60 нс, соответствующей оптимальному режиму работы СВЧ генератора, до 10 нс при 2.6 атм, когда начинает ухудшать-

ся достоверность результатов из-за существенного влияния частотных характеристик передающей измерительной линии.

Таким образом, экспериментально показана возможность оперативного плавного регулирования длительности импульса СВЧ излучения гигаваттного уровня мощности при относительно неглубокой (15–20%) модуляции импульса ускоряющего напряжения.

Список литературы

[1] *Вихарев А.Л., Иванов О.А., Степанов А.Н.* Высокочастотный разряд в волновых полях. Горький: ИПФ РАН, 1988. С. 212.

[2] *Ivanov V.A., Konyzhev M.E., Loza M.I., Ravaev A.A.* // Proc. XX Intern. Conf. on Phenomena in Ionized Gases. 1991. Contrib. Papers 5. P. 1091.

[3] *Галстьян Е.А., Горностаева О.В., Раваев А.А.* Физика плазмы. 1992. Т. 18. С. 1341.

[4] *Batskikh G.I.* et al. // Proc. 9th Intern. Conf. on High Power Particle Beams. 1992. V. 1. P. 449.

[5] *Abubakirov E.B.* et al. // Proc. 8th Intern. Conf. on High Power Particle Beams. 1990. V. 2. P. 115.

Московский
радиотехнический институт

Поступило в Редакцию
28 сентября 1994 г.