

# ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗРЯДА С ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Ю. М. Латынин

Харьков

Известно, что разряд с осциллирующими электронами является источником высокочастотного излучения [1 — 4]. Исследование СВЧ излучения плазмы такого разряда проведено в основном при разрядных токах, не превышающих 4 а. Представляет интерес исследование СВЧ излучения при более высоких значениях разрядного тока.

Эксперименты проводились на установке, схематически показанной на рис. 1. Разряд поджигался в стеклянной трубке диаметром 2,5 и длиной 50 см, расположенной вдоль оси соленоида. В ней располагались накаливаемый катод 2, два кольцевых алюминиевых анода 4, расстояние между которыми 30 см, и антикатод 5, выполненный в виде полого цилиндра с диафрагмами. Для предохранения стеклянной колбы от ионной бомбардировки в нее впаивался никелевый экран 1, который одновременно мог служить и катодом. Исследования проводились в интервале напряженностей магнитных полей 400 — 1000 э. Диапазон разрядных токов 0,5 — 2 а, максимальное напряжение на аноде 1000 в. Предельно достигаемый вакуум в разрядной трубке  $3 \cdot 10^{-3}$  мм рт. ст. Низкочастотные колебания в разряде исследовались анализатором спектра С4-8. Интенсивность излучения в 2- и 3-сантиметровых диапазонах длин волн определялась измерителем мощности ВИМ-1. Характер СВЧ излучения плазмы изучался при помощи рупорной антенны с детекторной секцией. Сигнал с детектора подавался на вход осциллографа.

Разряд представляет собой ярко светящийся плазменный шнур диаметром, равным диаметру антикатада. Для улучшения зажигания разряда использовалась эмиссия электронов с пред-

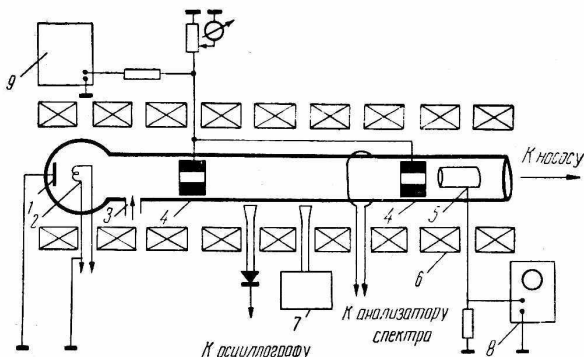


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки:

- 1 — экран; 2 — накаливаемый катод; 3 — напуск газа; 4 — анод;  
5 — антикатод; 6 — соленоид; 7 — измеритель мощности ВИМ-1;  
8 — осциллограф; 9 — источник питания.

варительно разогретого катода. После установления режима горения нагрев катода производился за счет ионной бомбардировки. На рис. 2 показана осциллограмма разрядного тока, из которой следует, что его изменение со временем носит шумовой характер.

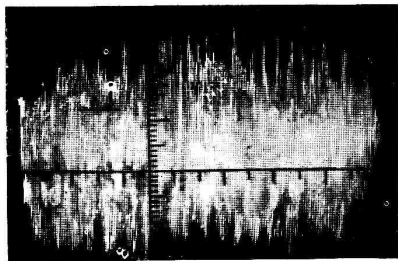


Рис. 2. Осциллограмма разрядного тока ( $p = 6 \cdot 10^{-3}$  мм рт. ст.;  $H = 800$  э;  $I = 0,8$  а; рабочий газ — воздух).

Амплитуда колебаний тока возрастает при его увеличении. Возникновение колебаний разрядного тока сопровождается мощным СВЧ излучением из плазмы.

На рис. 3, где представлена осциллограмма СВЧ излучения плазмы в 3-сантиметровом диапазоне длин волн, видно, что его интенсивность периодически изменяется с частотой порядка 40 кГц. Осциллограмма низкочастотного (до 30 МГц) излучения показана на

рис. 4. Оно возникает одновременно с СВЧ излучением; интенсивность его возрастает с увеличением интенсивности последнего. Спектр низкочастотного излучения ниже 4 МГц аналогичен наблюдаемому в работе [5], т. е. имеет гармоническую структуру. Однако расстояние между гармониками меньше, а их

количество существенно больше: наблюдалось одновременно до 20 гармоник. С увеличением разрядного тока и напряженности магнитного поля количество колебаний возрастает так, что образуется почти непрерывный спектр (рис. 5). При этом амплитуда низкочастотных и сверхчастотных колебаний также возрастает.

Мощность СВЧ излучения плазмы существенно зависит от давления газа  $p$  в разрядной трубке. Если при  $p = 10^{-2}$  мм. рт. ст. оно не возникает, то при  $p = 8 \cdot 10^{-3}$  мм. рт. ст. принимаемая в 3-сантиметровом диапазоне мощность оказывается порядка 8 мквт, а уже при  $p = 5 \cdot 10^{-3}$  мм рт. ст. достигает 10 мвт. Так как принимаемая мощность не изменяется при повороте антенны вокруг оси,



Рис. 3. Оциллограмма принимаемой из разряда СВЧ мощности 3 см диапазона ( $p = 6 \cdot 10^{-3}$  мм рт. ст.;  $H = 800$  э;  $I = 1,4$  а).

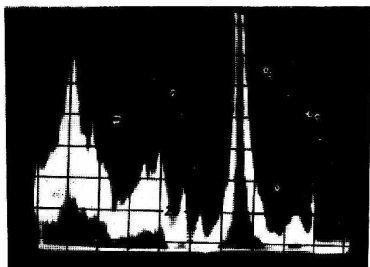


Рис. 4. Оциллограмма спектра низкочастотных колебаний в разрядке. Анализатор спектра С4-8; метка 30 Мгц,  $p = 6 \cdot 10^{-3}$  мм рт. ст.;  $H = 800$  э;  $I = 1,4$  а.

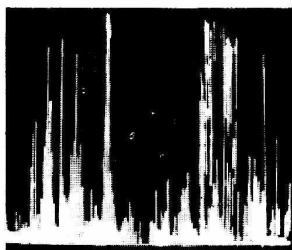


Рис. 5. Оциллограмма спектра низкочастотных колебаний. Анализатор спектра С4-8; метка 8,5 Мгц;  $H = 880$  э;  $I = 2$  а;  $p = 5 \cdot 10^{-3}$  мм рт. ст.

совпадающей с направлением приема, можно сделать вывод, что в излучении отсутствует преимущественная плоскость поляризации. Мощность излучения в 2-сантиметровом диапазоне при разрядном токе 0,8 а, напряжении 500 в и напряженности магнитного поля 640 э оказывается порядка 40 мквт. При разрядном токе 2 а и напряжении на аноде 1000 в наблюдалась слабая генерация 8-миллиметрового сигнала.

Таким образом, из проведенных экспериментов можно сделать вывод, что в разряде с осциллирующими электронами при токе

свыше  $1 a$  в широком диапазоне частот происходит генерация мощных колебаний, интенсивность которых возрастает с увеличением разрядного тока, напряженности магнитного поля и с уменьшением давления газа. Это явление может быть использовано для нагрева частиц плазмы, при изучении нелинейных процессов в ней и конструировании шумовых генераторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. P. S. Veenstra, J. M. Milats. «Physika»; 16, 528, 1950.
2. П. М. Морозов, Б. Н. Маков, М. С. Иоффе. «Атомная энергия», 2, 272, 1957.
3. Э. М. Рейхрудель, Г. В. Смирницкая. «Изв. вузов, Радиофизика»; 2, 36, 1958.
4. О. С. Павличенко, Л. А. Душин и др. Сб. «Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой». Изд-во «Наукова думка», Киев, 1965.
5. Л. А. Душин, Ю. К. Кузнецов, О. С. Павличенко. Сб. «Взаимодействие заряженных частиц с плазмой». Изд-во «Наукова думка», Киев, 1967.