Письма в ЖТФ, том 17, вып. 23 12 декабря 1991 г.

04; 10; 11

© 1991

ТРИДЦАТИКИЛОАМПЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ПУЧОК В ОТКРЫТОМ РАЗРЯДЕ

А.Р. Сорокин

1. Возможности открытого разряда (ОР) как источника накачки лазеров еще далеко не исчерпаны [1]. Будет ли этот способ использован только для лабораторных исследований или найдет практическое применение, зависит и от решения таких вопросов, как повышение надежности и улучшение его энергетических характеристик, в частности, увеличение тока электронного пучка (ЭП), генерируемого ОР.

Хотя удельный ток ЭП в разрядных ячейках с малой площадью катода $S \sim 1$ см^2 может доходить до $j \sim 100$ А/см^2, в больших камерах, которые и представляют интерес для лазеров, j на порядок меньше. Дело в том, что, как показано в [1], ОР имеет свойство терять однородность в низковольтной стадии после переполюсования напряжения. В то же время обеспечить безколебательный режим разряда в камерах с большой S значительно трудней из-за малого сопротивления разряда, когда происходит рассогласование импедансов питания и нагрузки.

Потеря стабильности разряда в больших камерах приводит и к быстрому разрушению анодной сетки, через которую извелкается ЭП, из-за стягивания тока с большой площади в один узкий искровой канал.

В [2] был предложен способ формирования ОР, исключающий развитие неоднородностей при переполюсовании напряжения. Результаты экспериментов с такой схемой в камерах с большой S будут приведены ниже.

2. Суть предложенного в [2] способа стабилизации разряда сводится к уменьшению выделения энергии в разрядном промежутке в низковольтной стадии. Это достигается тем, что сетчатый электрод оставляется под свободным потенциалом, а напряжение подается на дополнительный электрод (рис. 1).

В этом случае до электрического пробоя газа большая часть напряжения падает на более длинном промежутке сетка-дополнительный электрод, а напряжение пробоя меньшего промежутка катод-сетка оказывается выше, поскольку условия в нем соответствуют левой ветви кривой Пашена. В результате пробой развивается сначала между сеткой и дополнительным электродом, а напряжение оказывается приложенным к малому промежутку. Разряд в последнем и генерирует ЭП.

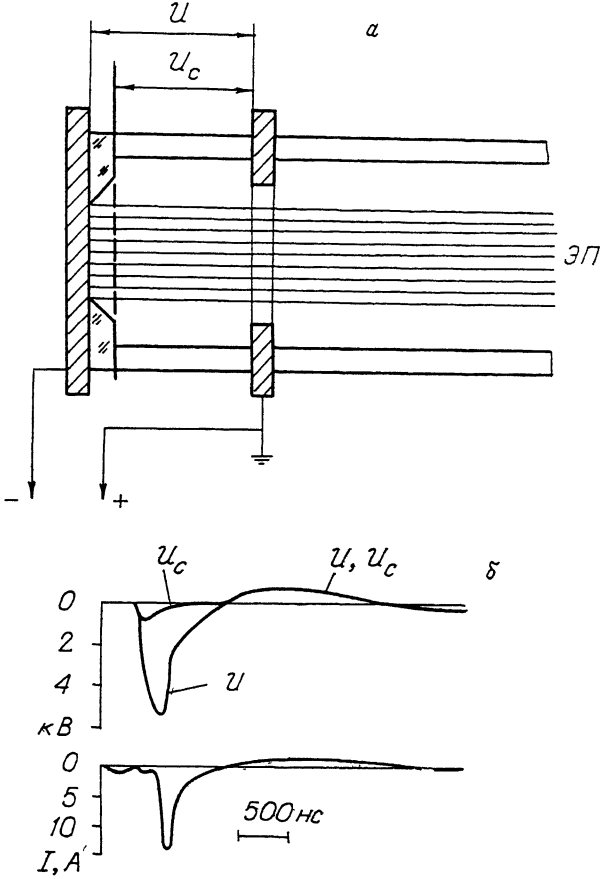

Рис. 1. Осциллограммы, иллюстрирующие работу схемы возбуждения открытого разряда с дополнительным электродом в малой планарной ячейке (S =1 см^2).

В период эффективной генерации ЭП ток разряда переносится электронами пучка и в существовании разряда в области за сеткой нет необходимости, поэтому, как можно видеть из осциллограмм, электрическое поле за сеткой практически отсутствует.

В случае зарождения неоднородности в малом промежутке или переполюсования напряжения, когда сопротивление там падает, происходит перераспределение потенциалов и все напряжение оказывается приложенным между сеткой и дополнительным электродом (осциллограммы U и U_0 совпадают). В результате энергия в этой стадии разряда как бы выносится из малого промежутка и выделяется в большом объеме за сеткой. Этим и обеспечивается высокая стабильность разряда.

Приведенные осциллограммы (рис. 1) получены для малой ячейки при искусственном введении переполюсования напряжения.

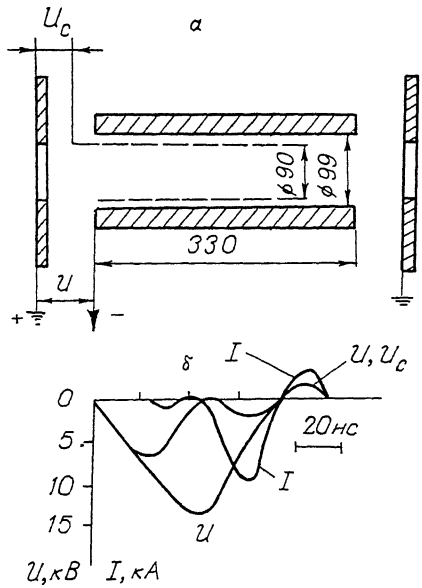

Рис. 2. Осциллограммы, иллюстрирующие работу схемы возбуждения открытого разряда с дополнительным электродом в большой коаксиальной камере (S =10^3 см^2).

3. Эксперименты с коаксиальной камерой объемом два литра и площадью катода 10^3 см^2 (рис. 2) показали, что в условиях, когда обычная схема обеспечивала наибольший ток ЭП 2 кА, при этом напряжение составляло 10 кВ, в схеме с дополнительными электродами ток пучка достигал 30 кА при U =22 кВ. Здесь два дополнительных электрода в виде колец размещались симметрично на расстоянии 20 мм от торцов камеры.

При малых токах разряда осциллограммы качественно получались такими же, как и в случае ячейки с малой S. Однако, начиная с тока ~ 1 кА, на сетчатом электроде появлялся потенциал относительно заземленного дополнительного электрода. Потенциал продолжал расти по мере увеличения тока. Поскольку основная часть напряжения все же падает на малом промежутке, там сохраняются условия для убегания электронов и механизм их генерации остается прежним. Но понятно, что энергия электронов в пучке снижается, что ведет к появлению дополнительных потерь. В этом случае из-за больших токов и большого расстояния от сетки до дополнительного электрода для стока электронов пучка оказывается необходимым появление аналога положительного столба, замыкающего электрическую цепь.

Заметим, что и здесь после переполюсования напряжение оказывается приложенным к промежутку сетка-дополнительный электрод.

Еще одно замечание. В случае обычной схемы питания потеря стабильности разряда ведет к разрушению сетки в месте возникновения искры. В случае схемы с дополнительным электродом появившаяся неоднородность не развивается в искру, лишь на поверхности катода появляется катодное пятно. Тем самым обеспечивается автоматическая защита сетки от разрушения.

Были также приведены эксперименты с электронной пушкой для продольной инжекции ЭП в лазерную трубку. В этом случае катод в виде сегмента диаметром 86 мм из сферы радиуса 120 мм имел центральное отверстие диаметром 25 мм для выхода лазерного излучения. На расстоянии 5 мм от поверхности катода размещался сетчатый электрод также сферической формы. В 20 мм от сетки размещался дополнительный электрод в виде кольца.

В такой конструкции при U =23 кВ был получен ток 3.5 кА, что соответствует j =115 А/см^2. Длительность импульса тока около 10 нс. Давление неона составляло 300 Па.

Таким образом, в работе показано, что схема с дополнительным электродом в камерах с большой площадью катода позволяет увеличить ток ЭП на порядок, при этом обеспечивается автоматическая защита анодной сетки от разрушения.

Список литературы

[1] Bokhan P.A., Sorokin A.P. // Optical and Ouantum Electronics. 1991. V. 23. P. 523-538.

[2] Сорокин А.Р. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. № 8. С. 27-30.

Поступило в Редакцию
11 ноября 1991 г.