

ИСТОЧНИК ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ХОЛОДНЫМ  
ЖИДКОСТНЫМ ЭМИТТЕРОМ

И.М. Р о й ф е

Использование явления автоэмиссии позволило, как известно, создать широкий класс в основном металлических холодных эмиттеров, в том числе так называемые взрывоэмиссионные сипьноточные и жидкометаллические более слаботочные для источников заряженных частиц [1, 2]. К последнему типу можно отнести также и горячие эмиттеры, и использующие металлы в расплавленном состоянии, имеющие температуру, намного превышающую комнатную. Однако больший интерес вызывают холодные эмиттеры, т.е. эмиттеры, не требующие специального подогрева для обеспечения их работоспособности.

Высокая напряженность электрического поля  $\sim 10^8$  В/см, необходимая для возникновения автоэмиссионных токов, достигается, в частности, концентрацией поля на микро неоднородностях поверхности эмиттера — на микроостриях твердого металлического электрода или на пиках капиллярной неустойчивости („конусы Тейлора“) жидкометаллического электрода, возникающей под давлением  $E^2/8\pi$  электрического поля.

Следует отметить, что в рассматриваемых источниках, как правило, возбуждаемые токи превышают автоэмиссионный уровень из-за образования плазмы (первоначально автоэмиссионным током) у поверхности эмиттера [1]. В твердотельных взрывоэмиссионных эмиттерах из-за теплового взрыва микроострий плотность образующегося газового облака и плазмы после его ионизации довольно высока, что и определяет возможность получения больших плотностей тока. В жидкометаллических эмиттерах процессы образования газовой среды в непосредственной близости к их поверхности более слабо выражены, что и определяет их сравнительную слаботочность.

Предоставляется целесообразнее ограничиваться применением эмиттеров с жидкими металлами и обратиться к рассмотрению возможности использования неметаллических жидкостей. Тот факт, что это в основном диэлектрики, не может быть серьезным препятствием. Во-первых, практически они обладают конечным сопротивлением, которое может быть, кроме того, понижено растворимыми проводящими добавками, во-вторых (что более существенно), конструкция эмиттера основанная, например на капиллярном эффекте, снижает прослойку диэлектрической жидкости до достаточно малых размеров.

При работе такого жидкостного эмиттера в сильном электрическом поле (масштаба  $\sim 10^6$  В/см) из-за капиллярной неустойчивости на поверхности жидкости должны возникать микронеоднородности типа конусов Тейлора, на вершине которых напряженность электрического поля становится достаточной для возникновения автоэмиссии.

Если же учесть, что давление паров на границе поверхность диэлектрической жидкости-вакуум значительно выше, чем на границе жидкий металл-вакуум, то следует ожидать в первом случае появления ионизованной плазмы с концентрацией, достаточной для поддержания в ускорительном промежутке источника токов, намного превышающих первоначально возбуждаемый ток автоэмиссии.

Следует ожидать, что возникнет ситуация, аналогичная существующей при работе взрывоземиссионного эмиттера, за исключением таких нежелательных эффектов, как необратимые разрушения материала эмиттера и возникновение плохо контролируемого сопутствующего микровзрывам большого потока газа и плазмы. В случае использования диэлектрических жидкостей возможности контроля величины потока газа (точнее, пара) с поверхности жидкости невелики. Они определяются в основном выбором материала с соответствующими параметрами.

Для проверки изложенного был поставлен описываемый далее демонстрационный эксперимент.

Эксперимент проводился в откачиваемом до разрежения  $\lesssim 1$  мм рт. ст. объеме с характерным размером  $\gtrsim 15$  см. В этом объеме размещался эмиттер, на расстоянии  $\sim 1$  см второй электрод-экстрактор в виде сетки или сплошного экрана с вытягивающей щелью напротив эмиттера. Прозрачность экстрактора (измеренная по токам)  $\sim 70\%$ . За экстрактором на расстоянии до 12 см размещался коллектор. Источник напряжения импульсный. Амплитуда импульса  $\sim 2$  кВ, длительность фронта  $\sim 1$  мкс, длительность импульса  $\sim 20$  мкс (в ряде экспериментов она была увеличена до 200–400 мкс). Напряжение прикладывалось между эмиттером и экстрактором. Пространство экстрактор-коллектор, пространство дрейфа пучка. Полярность напряжения промежутка эмиттер-экстрактор можно было менять. При этом экстрактор и коллектор оставались заземленными через сопротивления 1 Ом, служившие для измерения токов на эти электроды.

Конструкция эмиттеров обеспечивала концентрацию электрического поля и, за счет использования капиллярного эффекта, подачу жидкости в малом объеме в область максимальных электрических полей.

Использовались иглы медицинского шприца с отверстием  $\sim 0,1-0,2$  мм, а также конструкция типа „ФИТИЛЬ“, имеющая аналогичного размера щель с длиной фитиля  $\sim 1$  см.

В экспериментах использовались такие жидкости, как различные спирты и техническое масло типа ВМ-1, применяемое в вакуумной технике.

Основные результаты были получены с эмиттером типа „ФИТИЛЬ“ с маслом ВМ-1.

Так, при положительной полярности эмиттера, расстоянии экстрактор-коллектор  $\geq 12$  см, ток на коллектор  $\sim 1$  А, разность потенциалов эмиттер-экстрактор  $\sim 800$  В.

Для определения энергии частиц в этом случае коллектор заземлялся через емкость  $2 \cdot 10^{-8}$  Ф. К концу импульса напряжение на конденсаторе повышалось до величины  $\geq$  разности потенциалов эмиттер-коллектор, т.е.  $\sim 1$  кВ (это соответствует соотношению  $q/c$ ).

Следовательно, ток, приходящий на коллектор, определяется ускоренными в промежутке эмиттер-экстрактор ионами.

При отрицательной полярности эмиттера, расстоянии экстрактор-коллектор  $\leq 1$  см (при увеличении этого расстояния до 5 см ток на коллектор падает до нуля) электронный ток на коллектор  $\sim 0,2$  А, разность потенциалов эмиттер-экстрактор  $\sim 400$  В.

При работе эмиттера с положительной полярностью с длительностью импульса большей 20 мкс удавалось получать импульсы с максимальной длительностью, которую мог обеспечить источник напряжения  $\sim 400$  мкс.

Однако, начиная с длительности  $\sim 200$  мкс, в ускоряющем промежутке часто возникали пробои, которые, вероятнее всего, определялись плохими вакуумными условиями.

Приведенные результаты позволяют сделать вывод о перспективности развития применения жидкостных эмиттеров в источниках заряженных частиц.

В заключение автор считает своим долгом выразить благодарность за творческую помощь в проведении эксперимента И.В. Дятлову, а также Ю.А. Василевской и С.П. Яковлеву.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] G o t t e r R. // Appl. Phys. 1979. No 19. P. 365-375.
- [2] Г а б о в и ч М.Д. // УФН. 1983. Т. 140. В. 1. С. 137-151.

НИИэлектрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова

Поступило в Редакцию  
9 марта 1990 г.