

ИОНИЗАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ УСКОРЯЮЩЕГО ПРОМЕЖУТКА ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ

О.Н.Петрович

Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Блохина 29

e-mail: polota@newmail.ru

Численное моделирование показало, что процессы ионизации и подвижности поверхности эмитирующей плазмы оказывают существенное влияние на изменение электронно-оптических свойств промежутка ускорения. Это приводит к тому, что в электронно-оптических системах с плазменным эмиттером большого сечения, эмитирующая поверхность первичной плазмы, формируемая полем ускоряющего электрода, может совершать хаотические движения то по направлению к разрядной камере, то по направлению к ускоряющему электроду. Это увеличивает концентрацию эмитирующей плазмы за счет поглощения ионов и может служить условием снижения электрической прочности промежутка ускорения.

Введение

В настоящее время электронно-оптические системы с плазменным эмиттером рассматриваются в качестве альтернативы электронно-оптическим системам с термокатодами, так как не содержат в конструкции редких и дорогостоящих материалов, обладают во много раз большим ресурсом и производительностью, особенно при повышенных давлениях остаточного газа в рабочей камере электронно-лучевых установок [1]. Именно повышенное рабочее давление является преимуществом плазменных эмиттеров электронов по сравнению с термокатодными электронно-оптическими системами. При таком диапазоне рабочих давлений плазменных источников электронов пренебрегать ударной ионизацией молекул остаточного газа электронами пучка, и, следовательно, ионным объемным зарядом в промежутке ускорения нельзя. Эти процессы определяют критическое давление плазменных источников электронов, при котором электрическая прочность промежутка ускорения снижается и происходит электрический пробой ускоряющего промежутка.

В работах [2-3] показано, что основной причиной электрического пробоя (зажигания разряда) является влияние обратного ионного потока на рост концентрации эмитирующей плазмы, что вызывает увеличение эмиссионного тока, а значит перемещение эмитирующей границы плазмы по направлению к ускоряющему электроду. В работе [4] рассматривается другой механизм электрического пробоя - перезамыкание плазменного разряда источника с пучковой плазмой. В данной работе установлено, что условием снижения электрической прочности промежутка ускорения может служить увеличение концентрации плазмы, определяемое хаотическими колебаниями эмитирующей поверхности в источниках электронов с плазменным эмиттером большого сечения.

I. Модель электронно-оптических систем с плазменным эмиттером большого сечения

К электронно-оптическим системам с плазменным эмиттером большого сечения с эмитирующей поверхностью, формируемой полем ускоряющего электрода, ни модель точечного эмиттера, ни модель плоского диода не применима. Это связано с тем, что, во-первых, диаметр границы эмитирующей плазмы обычно сравним с расстоянием между ускоряющим и эмиттерным электродами, а, во-вторых, плазменная поверхность, как правило, не плоская, в результате чего в ускоряющем промежутке имеется радиальная компонента напряженности поля. Поэтому был разработан алгоритм численного моделирования электронно-оптических систем с плазменным эмиттером большого сечения с эмитирующей поверхностью, формируемой полем ускоряющего электрода, который учитывает подвижность эмитирующей поверхности плазмы и влияние ионизационных процессов на условия формирования и характеристики электронного пучка, включает в себя расчет самосогласованного с объемным зарядом ионов, вторичных электронов и электронов пучка распределения потенциала; траекторный анализ; определение динамики характеристик пучка. Для определения нового расположения и формы эмитирующей поверхности плазмы использовался закон "степени трех вторых" для плоского диода. Это объясняется тем, что плазменную поверхность в электронно-оптических системах с плазменным эмиттером большого сечения можно рассматривать как плоскую на расстояниях, много меньших, чем радиус эмитирующей поверхности плазмы.

II. Результаты численного моделирования

Численным моделированием было установлено, что для электронно-оптических систем с плазменным эмиттером большого сечения с эмитирующей поверхностью, формируемой полем ускоряющего электрода,

эмитирующая поверхность первичной плазмы может совершать хаотические колебательные движения. Это объясняется тем, что ионный объемный заряд, повышая потенциал у эмитирующей поверхности, толкает границу эмитирующей плазмы по направлению к разрядной камере. При этом фронт ионизации движется в том же направлении, что приводит к дальнейшему смещению плазменной границы вглубь эмиттерного электрода. Фронт ионизации и объемный ионный заряд находятся теперь внутри эмиттерного электрода, где влияние радиальной компоненты напряженности поля приводит к уходу ионов на стенки эмиттерного электрода. Объемный заряд ионов падает и становится меньше возросшего объемного заряда электронов пучка за счет увеличения расстояния между ускоряющим электродом и границей плазмы. Это вызывает движение эмитирующей поверхности плазмы обратно по направлению к ускоряющему электроду. Далее процесс качественно повторяется.

Хаотические движения эмитирующей поверхности первичной плазмы то по направлению к разрядной камере, то по направлению к ускоряющему электроду должны приводить к изменению концентрации эмитирующей плазмы, что будет оказывать существенное влияние на движение плазменной поверхности следующим образом.

По результатам численного моделирования концентрация ионов, не ушедших на стенки эмиттерного электрода, по порядку величины (давление 10^{-2} мм рт.ст.) сравнима с концентрацией эмитирующей плазмы. Поэтому при движении плазменной поверхности по

направлению к ускоряющему электроду плазма поглощает оставшиеся ионы. Это должно увеличить концентрацию эмитирующей плазмы, а, следовательно, и плотность тока электронов пучка.

Увеличение плотности тока приведет к смещению эмитирующей поверхности плазмы по направлению к ускоряющему электроду. Далее ионизационные процессы сдвинут границу плазмы вглубь эмиттерного электрода. Затем эмитирующая плазма, поглотив ионы, опять выйдет в промежуток между ускоряющим и эмиттерным электродами. Ее концентрация еще больше увеличится, а расстояние между ускоряющим электродом и границей плазмы станет еще меньше.

Таким образом, увеличение концентрации эмитирующей плазмы при ее обратном движении к ускоряющему электроду за счет поглощения ионов приведет к тому, что плазма должна приближаться к ускоряющему электроду при каждом колебании все ближе и ближе, что может вызвать в какой-то момент времени электрический пробой ускоряющего промежутка.

Список литературы

1. Крейндель Ю.Е. Плазменные источники электронов. - М.: Энергоатомиздат, 1977. - 256 с.
2. Крейндель Ю.Е., Никитинский В.А. // ЖТФ. - 1971. - Т.41. - Вып.11. - С.2378-2382.
3. Груздев В.А., Крейндель Ю.Е. Разработка и применение источников интенсивных электронных пучков. - Новосибирск: Наука, 1976.
4. Удовиченко С.Ю. // ЖТФ. - 2000. - Т.70. - Вып.3. - С. 19-23.

THE IONIZATION PROCESSES AND STRIKING OF DISCHARGE IN ACCELERATION GAP OF SOURCES OF ELECTRONS WITH THE PLASMA BIG CROSS SECTION EMITTER

O.N.Petrovich

Polotsk state university, Novopolotsk, Blokhina 29

e-mail: polota@newmail.ru

Numerical simulation has shown, that processes of ionization and mobility of a surface of emitting plasma render essential influence on change of electron-optical properties of acceleration gap. It results to that In electron-optical systems with the plasma the big cross section emitter the initial plasma surface formed by a field of accelerating electrode, can make chaotic movements as in the direction of the discharge camera so in the direction of accelerating electrode. It increases concentration of emitting plasma due to absorption of ions and can be by a condition of electrical break-down of acceleration gap.