

УДК 537.533; 621.384

Энергетическая эффективность плазменных эмиттеров электронов

В. Г. Залесский

Рассмотрено влияние эмиссии электронов из плазмы газового разряда на энергетические параметры плазменного эмиттера. Показано, что отбор электронов из плазмы сопровождается перераспределением энерговклада в разряд от источников электропитания плазменного эмиттера — источника питания разряда и источника ускоряющего разрядного напряжений. В результате могут быть реализованы несколько режимов эмиссии: "режим зондовых измерений", "переходный режим" и "режим полного переключения".

PACS: 52.25.Tx

Ключевые слова: эмиссия электронов, плазменный эмиттер, газовый разряд.

Введение

Использование плазмы в качестве эмиттера электронов или ионов предполагает реализацию оптимальных условий для формирования эмитирующей плазмы, обеспечивающих эффективность и технологическую пригодность таких эмиттеров [1]. Поскольку параметры эмитирующей плазмы и механизмы формирования эмиссионного тока взаимосвязаны, то влияние эмиссии должно отражаться на энергетических характеристиках плазменного эмиттера и в конечном итоге приводить к изменению его вольтамперных характеристик.

Для плазменных эмиттеров заряженных частиц в качестве основной энергетической характеристики принято использовать понятие энергетической эффективности, которая определяется через эффективность извлечения α (отношение тока эмиссии I_e к току разряда I_d) [2]

$$H = \frac{I_e}{P} = \frac{I_e}{I_d U_d} = \frac{\alpha}{U_d}. \quad (1)$$

Энергетическая эффективность H характеризует мощность, которая потребляется от источника электропитания разряда при заданном значении тока эмиссии. Для некоторых типов эффективных плазменных эмиттеров экспериментально установлено, что напряжение горения разряда U_d с увеличением эффективности извлечения снижается. Однако этот

факт не нашел отражения в существующих теориях плазменного эмиттера. В то же время можно предположить, что с ростом эффективности извлечения возбуждаются механизмы, способствующие повышению интенсивности ионизационных процессов в плазме за счет доли энергии, вносимой в разряд от источника ускоряющего напряжения. Поэтому, на наш взгляд, представляется целесообразным для более глубокого понимания процессов в плазменном эмиттере использовать дополнительный энергетический параметр

$$\kappa = \frac{U_d I_d (1 - \alpha)}{U_{d0} I_{d0}}, \quad (2)$$

где U_{d0} и I_{d0} — напряжение горения и ток разряда в отсутствие принудительного извлечения электронов из плазмы ($\alpha \rightarrow 0$);

U_d и I_d — напряжение и ток разряда, при некотором значении эффективности извлечения.

Общепризнанная теория формирования электронного тока эмиссии в плазменных эмиттерах [3] основана на предположении о бесконечной эмиссионной способности плазмы (горизонтальной вольт-амперной характеристики разряда) и отражает два режима эмиссии: с малой эффективностью извлечения α электронов из плазмы — "режим зондовых измерений" и с эффективностью извлечения α , близкой к единице — "режим полного переключения". В рамках этой теории возмущение плазмы отбором электронов не рассматривается, поэтому зависимости энергетической эффективности H от эффективности извлечения имеют линейный вид. В технологических плазменных эмиттерах электронов [1, 2] влияние тока эмиссии на параметры плазменного эмиттера (ток и напряжения горения разряда) может быть существенным [4, 5], а эффек-

Залесский Виталий Геннадьевич, доцент.
Полоцкий государственный университет.
Беларусь, 211440, г. Новополоцк.
Тел. +375 (214) 53-24-20. E-mail: V.Zaleski@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26 апреля 2010 г.

тивность извлечения, как правило, имеет промежуточные между этим режимами значения. Поэтому вид зависимости энергетических характеристик от тока эмиссии на основе существующих теорий предсказать невозможно. Исследование этих характеристик может способствовать углублению понимания основных механизмов формирования эмиссионного тока.

В данной работе представлены некоторые результаты экспериментального исследования энергетических характеристик плазменных эмиттеров электронов и приведен анализ этих результатов в рамках модели формирования эмиссионного тока, изложенной в [6], учитывающей возмущение плазмы отбором электронов.

Экспериментальные результаты

В экспериментах использовались два типа эффективных плазменных эмиттеров: на основе разрядов с полым катодом [7] — тип А и с осциллирующей электронов в магнитном поле [4, 6] — тип В. На рис. 1 представлены схемы их электродных структур. Отличие газоразрядных структур состоит в условиях формирования эмитирующей плазмы. В плазменном эмиттере типа А (см. рис. 1, а) эффективная ионизация газа обеспечивается осцилля-

цией электронов в полым катоде, а магнитное поле в пространстве между катодами обеспечивает возбуждение эффекта полого катода и ограничивает подвижность плазменных электронов в направлении к аноду. В эмиттере типа В (см. рис. 1, б) эффективная ионизация газа осуществляется за счет осцилляций электронов в межкатодном пространстве с поперечной к поверхности катодов индукцией магнитного поля, которое также ограничивает подвижность плазменных электронов в направлении к аноду и частично к эмиттерному электроду. Вольтамперные характеристики используемых разрядов (см. рис. 1) качественно подобны, а сами разряды и параметры формируемой в них плазмы экспериментально исследованы в работах [1, 2, 6, 7].

Эмиссия электронов из плазмы, формируемой в плазменном эмиттере, осуществляется через эмиссионный канал в эмиттерном электроде, потенциал которого может быть установлен в диапазоне от катодного до анодного. Выбор потенциала эмиттерного электрода определяется конструкцией газоразрядной структуры и требованиями, предъявляемыми к качеству электронного пучка: плотности мощности, яркости и расходимости. Так для плазменного эмиттера типа А потенциал эмиттерного электрода обычно является катодным [1, 7], а для плазменного эмиттера типа В — анодным или промежуточным [4, 6].

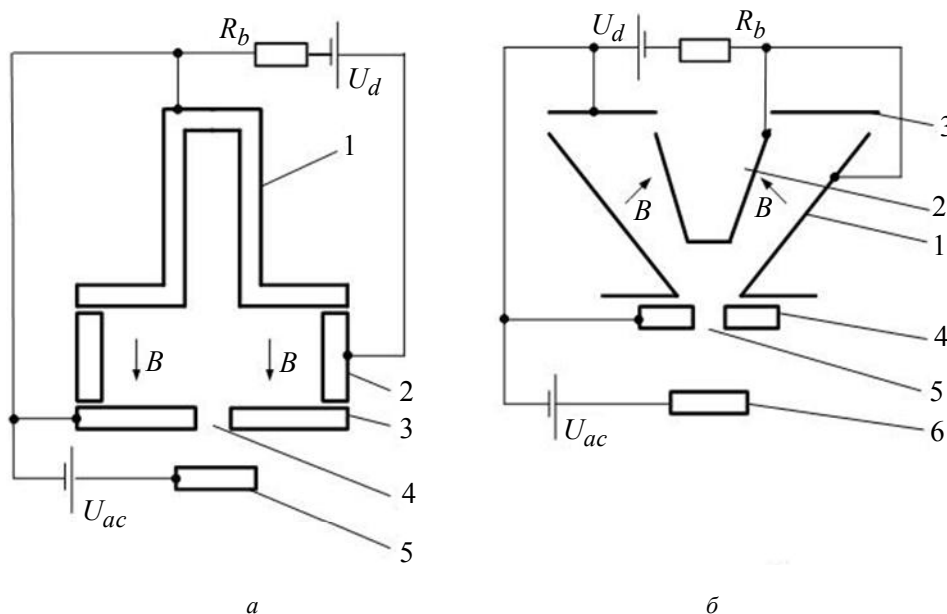


Рис. 1. Электродные структуры плазменных эмиттеров типа А (а) и типа В (б):

U_d — напряжение горения разряда; U_{ac} — ускоряющее напряжение;
 R_b — балластное сопротивление; B — индукция магнитного поля.

Конструктивные элементы:

- а: 1 — полый катод; 2 — анод; 3 — эмиттерный электрод; 4 — эмиссионный канал; 5 — ускоряющий электрод;
- б: 1 — внешний катод; 2 — внутренний катод; 3 — анод; 4 — эмиттерный электрод; 5 — эмиссионный канал; 6 — ускоряющий электрод

Эксперименты показали, что независимо от потенциала эмиттерного электрода влияние отбора электронов из плазмы на энергетические характеристики плазменного эмиттера качественно не отличается. На рис. 2 представлены экспериментальные зависимости относительного напряжения горения разряда ($u = U_d / U_{d0}$, где U_{d0} — напряжение горения разряда в отсутствие отбора электронов из плазмы) от эффективности извлечения α , полученные при постоянном токе разряда для плазменных эмиттеров рассматриваемых типов. Зависимости получены при отборе электронов из плазмы через эмиссионный канал на электрод-коллектор, установленный в плоскости эмиттерного электрода (на рис. 1 не показан). Это позволило значительно уменьшить протяженность промежутка ускорения и потенциал электрода коллектора для снижения потока ионов из промежутка ускорения в эмиттирующую плазму и возможного возмущения плазмы этим потоком [8]. Из рис. 2 видно, что для плазменных эмиттеров обоих типов (кривые 1, 2 и кривые 3, 4, соответственно, для структур типа А и В) зависимости качественно подобны, и в широком диапазоне изменения эффективности извлечения относительное напряжение горения разряда u меняется слабо. При превышении эффективности извлечения некоторой критической величины ($\alpha > \alpha_{cr}$) наблюдается резкое снижение напряжения горения разрядов для плазменных эмиттеров обоих типов.

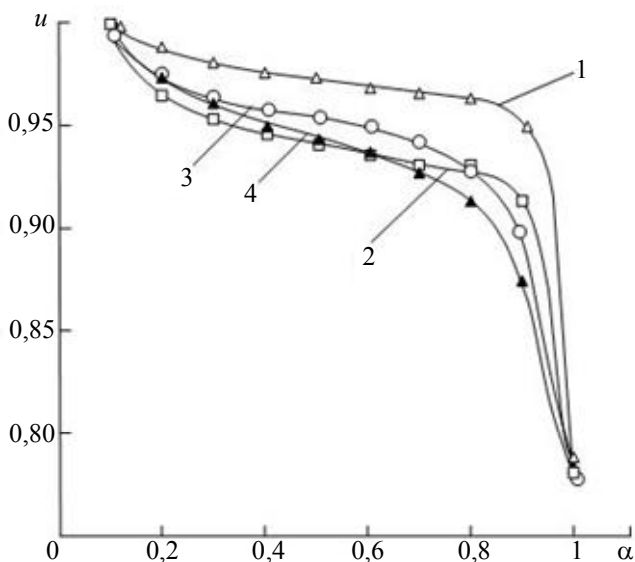


Рис. 2. Зависимость относительного напряжения горения разряда от эффективности извлечения.

Кривые 1, 2 — эмиттер типа А; 3, 4 — эмиттер типа В.

Давление в разряде:

1 — $1,5 \cdot 10^{-2}$ Торр; 2 — $5 \cdot 10^{-3}$ Торр;

3 — $2 \cdot 10^{-2}$ Торр; 4 — $3 \cdot 10^{-3}$ Торр

На рис. 3 показано, что аналогичное снижение напряжения горения в эмиттерах типа В происходит при повышении напуска Q газа в разрядную

камеру (давления в ней) в отсутствие эмиссии электронов (кривые 1, 2 и 3), а также при отборе электронов (кривые 3 и 3') из плазмы (при наличии ускоряющего напряжения U_{ac}). Для эмиттера типа А характерны аналогичные зависимости и на рис. 3 они не приводятся. При больших величинах напуска газа (давления в разряде) смещение вольтамперных характеристик от тока эмиссии проявляется в большей степени (кривые 1 и 1'). Увеличение ускоряющего напряжения (и, соответственно, тока эмиссии) при постоянном давлении также приводит к снижению разрядного напряжения при постоянном токе разряда (кривые 2' и 2'').

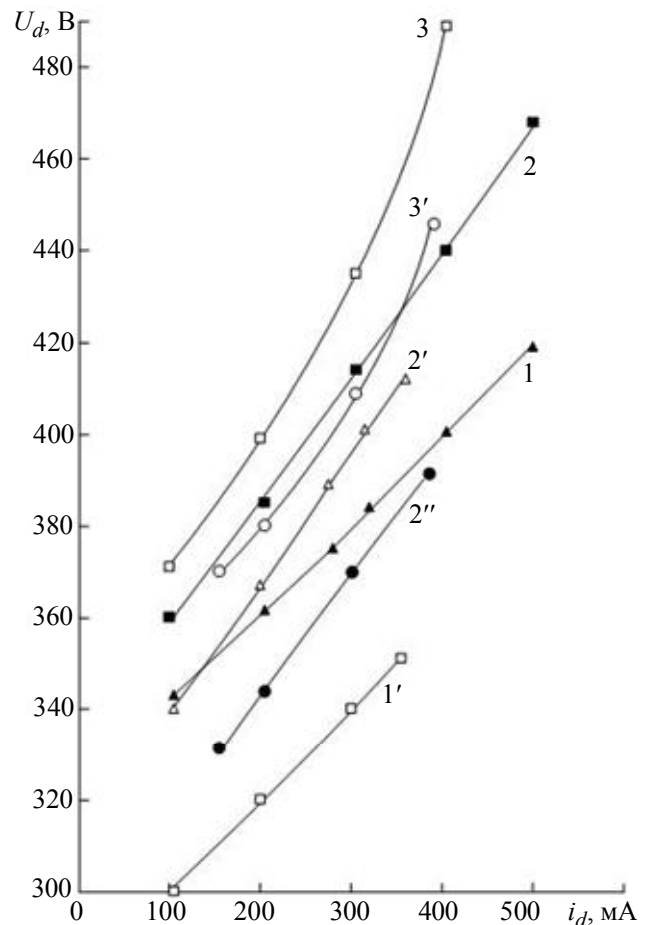


Рис. 3. Вольтамперные характеристики разряда плазменного эмиттера типа В при отборе электронов и в его отсутствие.

Расход газа:

1, 1' — $Q = 100$ атм·см³/ч; 2, 2', 2'' — $Q = 85$ атм·см³/ч;

3, 3' — $Q = 40$ атм·см³/ч.

Ускоряющее напряжение:

1, 2, 3 — $U_{ac} = 0$; 1', 2', 3' — $U_{ac} = 12$ кВ; 2'' — $U_{ac} = 20$ кВ

В практике технологического применения плазменных эмиттеров эффективность извлечения, как правило, значительно ниже α_{cr} . Однако и в этом случае эмиссия электронов существенно влияет на параметры плазменного эмиттера, что проявляется в перераспределении токов между

электродами разрядной камеры эмиттера. На рис. 4 (кривые 1—3) представлены зависимости отношения I_{em}/I_d (I_{em} — ток эмиттерного электрода) от тока эмиссии I_e для эмиттера типа В, соответствующие различным способам изменения тока эмиссии. Кривые 1 и 3 получены при постоянном токе разряда, а увеличение тока эмиссии обеспечивалось повышением ускоряющего напряжения. Кривая 2 соответствует зависимости I_{em}/I_d от тока эмиссии, полученной при постоянном ускоряющем напряжении за счет варьирования тока разряда.

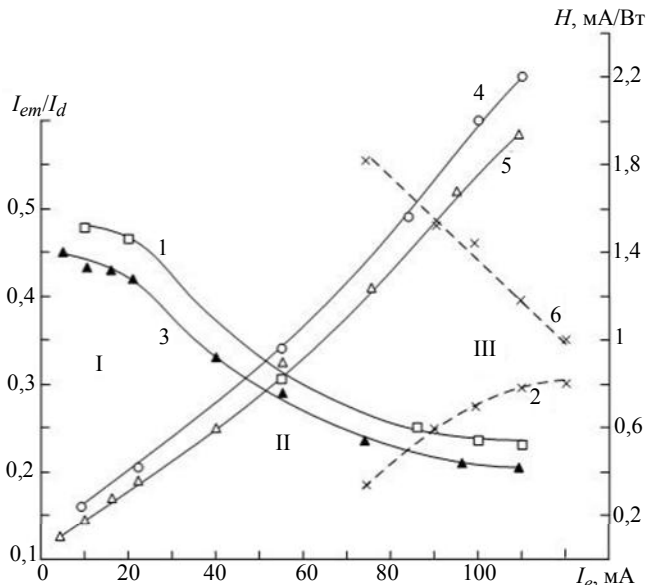


Рис. 4. Зависимость тока эмиттерного электрода (1—3) и энергетической эффективности (4—6) от тока эмиссии для эмиттера типа В с анодным потенциалом эмиттерного электрода.

Кривые 1, 3, 4, 5 — получены при изменении ускоряющего напряжения в диапазоне 2 — 12 кВ и постоянном токе разряда 0,2 А; кривые 2, 6 — при изменении тока разряда в диапазоне 0,1 — 0,5 А и постоянном ускоряющем напряжении $U_{ac} = 20$ кВ; 1—3 — относительный ток эмиттерного электрода I_{em}/I_d ; 4—6 — энергетическая эффективность H .

Параметры разряда:

1, 3, 4, 5 — $I_{a0} = 0,2$ А; 2, 6 — $U_{ac} = 20$ кВ; $r_k = 10^{-3}$ м, $l_{ac} = 6 \cdot 10^{-3}$ м.

Расход газа:

1, 2, 4, 6 — $Q = 100$ атм·см³/ч; 3, 5 — $Q = 80$ атм·см³/ч;

I, II, III — качественно разные области

Зависимости, приведенные на рис. 4, показывают, что изменение способа регулирования тока эмиссии (током разряда или ускоряющим напряжением) может приводить к качественному изменению зависимостей I_{em}/I_d (характеризующих распределение электронного тока из плазмы между эмиттерным электродом и другими электродами разрядной камеры) и энергетической эффективности эмиттера H от тока эмиссии. На рис. 5 представлены для сравнения экспериментальные и расчетные зависимости: эффективности извлечения $\alpha(U_{ac})$, энергетической эффективности $H(U_{ac})$ и энергетического параметра $\kappa(U_{ac})$ от ускоряющего напряжения U_{ac} при различных величинах напуска

газа для рассматриваемых типов плазменных эмиттеров (см. рис. 1, а и б).

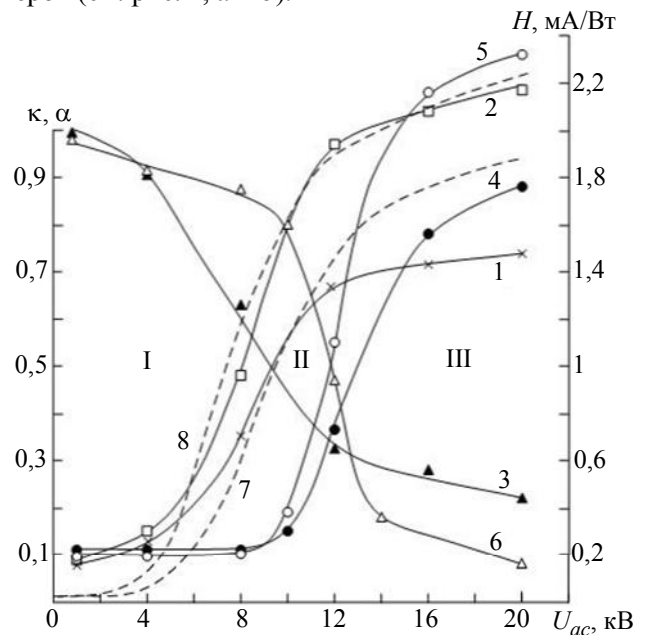


Рис. 5. Экспериментальные (кривые 1—6) и расчетные (кривые 7, 8) зависимости эффективности извлечения α (1, 4), энергетической эффективности H (2, 5, 7, 8), а также энергетического параметра — относительной мощности — κ (3, 6) от ускоряющего напряжения для эмиттеров А (4—6) и В (1—3, 7, 8) типов.

Параметры разряда:

$I_{a0} = 0,2$ А $r_k = 10^{-3}$ м; $l_{ac} = 6 \cdot 10^{-3}$ м;

1, 2, 3 — $l_k = 2 \cdot 10^{-3}$ м; 4, 5, 6 — $l_k = 1 \cdot 10^{-3}$ м; 7, 8 — $r_k = 0,93 \cdot 10^{-3}$ м.

Расход и давление газа:

1, 2, 3 — $Q = 80$ атм·см³/ч; 4, 5, 6 — $Q = 60$ атм·см³/ч;

7 — $p = 5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.; 8 — $p = 8 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

I, II, III — качественно разные области

Расчетные зависимости энергетической эффективности (см. рис. 5 кривые 7, 8) получены на основе модели плазменного эмиттера типа В, изложенной в [6]. Эта модель позволяет учесть возмущение плазмы отбором электронов, поскольку рассматривает эмиссию электронов из плазмы как результирующий процесс, обусловленный следующими механизмами: изменением падения потенциала в приэлектродных слоях и формированием в плазме электрического поля, обеспечивающего дополнительный поток плазменных электронов в область эмиссии. Кроме этого, модель учитывает изменение потенциального барьера для электронов в эмиссионном канале и площади эмиттирующей плазменной поверхности.

Обсуждение результатов

Различие (качественное) зависимостей относительного тока эмиттерного электрода и энергетической эффективности (см. рис. 4) при различных способах регулирования I_e обусловлено противоположным перемещением границы плазмы в кана-

ле, обусловленным увеличением ускоряющего напряжения или тока разряда. В первом случае с ростом ускоряющего напряжения эмитирующая граница плазмы смещается в сторону разрядной камеры, а площадь поверхности плазмы и ее концентрация растут. Во втором случае с увеличением тока разряда растет концентрация плазмы, в том числе и вблизи эмиттерного электрода. Это приводит к уменьшению толщины приэлектродного слоя вблизи эмиттерного электрода и смещению плазменной эмитирующей поверхности вглубь канала, где площадь эмиссии и, возможно, концентрация плазмы становятся меньше первоначального значения. В результате эффективность извлечения и энергетическая эффективность с ростом тока разряда снижаются. Увеличение относительного тока эмиттерного электрода с ростом тока разряда возможно вследствие повышения подвижности электронов в поперечном магнитном поле, что способствует более интенсивному уходу электронов из плазмы на эмиттерный электрод в периферийных относительно эмиссионного канала областях.

Анализ зависимостей (см. рис. 4 кривые 1 и 3 и рис. 5) позволяет выделить три качественно различных области, характеризующие реакцию плазменного эмиттера на отбор электронов. В областях I и III ток эмиттерного электрода в меньшей степени зависит от тока эмиссии в сравнении с промежуточной областью (область II), когда эта зависимость более существенна. Можно предположить, что наличие таких областей свидетельствует о существовании нескольких механизмов формирования эмиссионного тока.

В области I эмиссионный ток формируется без существенного перераспределения токов между электродами в разрядной камере, например, за счет уменьшения величины потенциального барьера для электронов вблизи эмитирующей плазменной поверхности в эмиссионном канале с ростом ускоряющего напряжения. При этом эффективность извлечения (см. рис. 5 кривая 1) мала, а энергетическую эффективность (см. рис. 4 кривые 4, 5 и рис. 5 кривые 2, 5) и относительную мощность (см. рис. 5 кривые 3, 6) можно считать постоянными. Это означает, что отбор электронов не оказывает влияние на параметры плазменного эмиттера, т. е. выполняется условие его бесконечной эмиссионной способности согласно модели [3]. Поэтому область I можно считать соответствующей "режиму зондовых измерений".

Область II является переходной, поскольку не только эффективность извлечения (см. рис. 5 кривые 1, 4), но и энергетическая эффективность (см. рис. 4 кривые 4, 5 и рис. 5 кривые 2, 5) резко возрастают. Это может быть обусловлено увеличени-

ем площади эмитирующей плазменной поверхности (при снятии потенциального барьера для электронов) и ее перемещением в область большей концентрации плазмы [9] с ростом ускоряющего напряжения. При этом для обоих типов плазменных эмиттеров электронов (см. рис. 5 кривые 1, 2 и 4, 5) крутизна зависимостей $H(U_{ac})$ (см. рис. 5 кривые 2, 5) выше, чем $\alpha(U_{ac})$ (см. рис. 5 кривые 1, 4), что свидетельствует о повышении интенсивности ионизационных процессов в разряде. Косвенным подтверждением определяющей роли ионизационных процессов, отражающих влияние эмиссии на параметры плазменного эмиттера, может служить смещение вольтамперных характеристик газового разряда, которое носит одинаковый характер как при повышении давления (см. рис. 3 кривые 1—3), так и при увеличении тока эмиссии (см. рис. 3 кривые 3, 3'). Такое предположение подтверждается также видом зависимости энергетического параметра k (см. рис. 5 кривые 3, 6), вкладываемой в разряд от источника его электропитания. Резкое убывание $k(U_{ac})$ в области II может быть обусловлено возникновением некоторого механизма, обеспечивающего дополнительный энерговклад в плазму разряда, но от другого источника электропитания — источника ускоряющего напряжения.

В области II также происходит интенсивное перераспределение токов между эмиттерным электродом и эмиссионным каналом, причем с увеличением величины напуска газа доля разрядного тока, приходящаяся на эмиттерный электрод, увеличивается (см. рис. 4 кривые 1, 3). Это, по видимому, обусловлено тем, что подвижность электронов в магнитном поле с ростом давления повышается, что способствует дрейфу плазменных электронов в область эмиссионного канала. По этой же причине повышение концентрации плазмы, обусловленное ростом тока разряда при постоянном ускоряющем напряжении, приводит не только к росту тока эмиссии, но и увеличению доли разрядного тока, приходящейся на эмиттерный электрод (см. рис. 4 кривая 2).

В области III рост тока эмиссии не связан с изменением тока эмиттерного электрода, и, по видимому, в большей степени обеспечивается другими механизмами, например формированием слабого электрического поля в плазме, способствующего потоку плазменных электронов в область эмиссии, как это предлагается в модели в работе [6]. В области III эффективность извлечения α стремится к насыщению (см. рис. 5 кривая 1), а энергетическая эффективность слабо растет (см. рис. 5 кривая 2). Поскольку в этой области параметр k (относительная мощность, вкладываемая в разряд от его источника питания) меняется слабо (см. рис. 4 кривая 3) и составляет 10—20 % от его

первоначального значения, то можно предположить, что основная доля энергии, необходимая для поддержания такого режима, поступает от источника ускоряющего напряжения. В этом случае основная часть разрядного тока ($\alpha > \alpha_{cr}$) переключается (замыкается) на ускоряющий электрод, который начинает выполнять роль анода газоразрядной структуры, т.е. реализуется "режим полного переключения", рассмотренный в [3]. Однако, по нашему мнению, под "режимом полного переключения" следует понимать переход плазменного эмиттера в такое состояние, когда определяющий энерговклад в формирование плазмы вносит источник, обеспечивающий извлечение электронов, а не достижение эффективностью извлечения величины, близкой к единице. Причем, как следует из рис. 5 (кривые 2 и 4), для реализации "режима полного переключения" эффективность извлечения α должна превысить критическое значение α_{cr} , которое может быть существенно меньше единицы. В этом режиме, с одной стороны, обеспечивается требуемый ток эмиссии за счет формирования дополнительных механизмов, обеспечивающих поток плазменных электронов в область эмиссии; с другой — параметры разряда становятся зависимыми от эффективности извлечения, т.е. в плазменном эмиттере реализуется положительная обратная связь, и его надо рассматривать как новую газоразрядную структуру с дополнительным источником питания, который при определенных условиях может выполнять основную роль.

Необходимо отметить, что для плазменного эмиттера типа А зависимости энергетической эффективности (кривая 4), эффективности извлечения (кривая 5) и энергетического параметра k (кривая 6) качественно совпадают с аналогичными зависимостями для плазменного эмиттера типа В. Отличия касаются в основном переходной области II, где крутизна зависимостей для плазменного эмиттера типа А несколько выше (см. рис. 5 кривые 4, 5). По-видимому, это обусловлено тем, что для плазменного эмиттера типа А, при снятии в эмиссионном канале потенциального барьера для электронов, в электронный пучок переключается весь ток электронов из полого катода, который составляет до 80 % от полного разрядного тока [1, 7]. При этом переключение осуществляется в продольном извлечению магнитном поле. Для плазменного эмиттера типа В извлечение электронов из плазмы осуществляется в магнитном поле с существенной поперечной извлечению составляющей магнитной индукции. Это определяет затрудненное формирование потока электронов в область эмиссии и объясняет меньшую крутизну зависимостей в переходной области для плазменного эмиттера этого типа (см. например рис. 5 кривые 2 и 4).

Из сравнения рассчитанных в рамках модели [6] (см. рис. 5 кривые 7 и 8) и экспериментальных (кривая 2) зависимостей энергетической эффективности видно, что между ними существует качественное соответствие. Различие в крутизне зависимостей, которое проявляется в переходной области, может быть обусловлено тем, что в модели [6] не учитывается распределение поля в эмиссионном канале. Это приводит к тому, что часть электронов, эмитированных из плазмы в периферийные области эмиссионного канала, в общем токе эмиссии не учитываются. Тем самым обеспечивается повышение крутизны характеристики в области ускоряющих напряжений, когда формируется открытая плазменная поверхность, т.е. когда в некоторой части сечения эмиссионного канала потенциальный барьер, препятствующий эмиссии электронов, исчезает. Увеличение давления газа (см. рис. 5 кривые 7 и 8) приводит к смещению зависимости энергетической эффективности в область меньших ускоряющих напряжений в соответствии с экспериментальными результатами (см. рис. 4 кривые 4 и 5). Расчеты также показывают, что эмиссия электронов через эмиссионный канал с радиусом, выше некоторого критического для данных условий значения, не может происходить без возмущения плазмы газового разряда, что соответствует экспериментальным результатам [1, 8].

Заключение

На основании анализа представленных экспериментальных результатов и их удовлетворительного соответствия зависимостям, рассчитанным в рамках модели [6], можно выделить несколько механизмов, которые могут быть ответственны за реакцию плазменного эмиттера на отбор электронов из плазмы.

Отбор электронов из плазмы может приводить к повышению ее потенциала, увеличению катодного падения и, как следствие, росту концентрации за счет увеличения числа быстрых (эмитированных катодом) электронов.

Обратный ионный поток в плазму из ускоряющего промежутка, обусловленный ионизацией газа электронным пучком, может приводить к локальному повышению концентрации ионов в области эмиссии и формированию электрического поля в плазме и потока электронов из плазмы в область эмиссии [6].

Интенсивная эмиссия электронов из плазмы может привести к локальному нарушению ее квазинейтральности в области эмиссии и появлению дополнительного потока электронов в плазме, который стремится нивелировать это нарушение.

Последний механизм может быть реализован только при условии ограниченной подвижности плазменных электронов (например в магнитном поле). В противном случае плазменные электроны, обладая высокой по сравнению с ионами подвижностью, перераспределятся в плазме, что приведет к повышению ее потенциала в целом.

Необходимо отметить, что названные механизмы имеют однонаправленный характер, очевидно, усиливая друг друга, и могут обеспечить формирование зависимости параметров плазменного эмиттера от тока эмиссии. Это делает необходимым учет влияния отбора электронов на эмиссионные свойства плазменного эмиттера, особенно если источник электронов работает в нестабильных условиях, например по давлению в технологической камере.

Литература

1. Крейнделъ Ю. Е. Плазменные источники электронов. — М.: Атомиздат, 1977.
2. Завьялов М. А., Крейнделъ Ю. Е., Новиков А. А., Шантурин Л. П. Плазменные процессы в технологических электронных пушках. — М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Жаринов А. В., Коваленко Ю. А. // ЖТФ. 1986. Т. 56. Вып. 4. С. 681—686.
4. Zaleski V. G., Antonovich D.A. // J. Phys. D: Appl. Phys. 2007. V. 40. P. 7771—7777.
5. Никулин С. П. // Изв. вузов. Физика. 2001. Т. 44. № 9. С. 63.
6. Груздев В. А., Залесский В. Г. // Прикладная физика. 2009. № 5. С. 46.
7. Галанский В. Л., Груздев В. А., Осинов И. В., Ремне Н. Г. // Изв. вузов. Физика. 1992. Т. 35. № 5. С. 5.
8. Окс Е. М. Источники электронов с плазменным катодом. — Томск: Изд-во НТЛ, 2005.
9. Данилишин Д. Г., Бурдовицин В. А., Бурачевский Ю. А., Окс Е. М. // Изв. вузов. Физика. 2001. Т. 44. № 5. С. 29.

Energy efficiency of electron plasma emitters

V. G. Zaleski

Polotsk State University, Novopolotsk, 211440, Belarus

E-mail: V.Zaleski@mail.ru

Electron emission influence from gas-discharge plasma on plasma emitter energy parameters is considered. It is shown, that electron emission from plasma is accompanied by energy contribution redistribution in the gas-discharge from plasma emitter supplies sources — the gas-discharge power supply and the accelerating voltage power supply. Some modes of electron emission as a result can be realized: "a probe measurements mode", "a transitive mode" and "a full switching mode".

PACS: 52.25.Tx

Keywords: electron emission, discharge, plasma emitter.

Bibliography — 9 references.

Received April 26, 2010