

АВТОЭМИССИЯ ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ В СВЧ ПОЛЕ

А.А. Контонистов, И.Н. Радченко,
Г.Н. Фурсей, Л.А. Широчин

В работах [1, 2] нами предложен механизм инициирования процесса взрывной электронной эмиссии (ВЭ) в СВЧ поле, основанный на эффекте параметрического резонансного возбуждения поверхности проводящей жидкости в быстропеременном электрическом поле.

В настоящем исследовании была поставлена задача проверить справедливость заложенных в этом механизме предпосылок, исследовав автоэлектронную эмиссию (АЭЭ) жидких металлов в СВЧ поле. В этом случае измерение одного из основных параметров модели – времени задержки до появления тока эмиссии, может быть сделано гораздо более точно, чем в случае его отсчета до момента появления тока ВЭ, включающего в себя и время перехода АЭЭ во взрывную.

До настоящего времени АЭЭ на жидкометаллическом катоде получена только в статических полях по специальной методике вакуумных жидкометаллических ионных источников, с применением сильной отрицательной обратной связи по току [3].

Эксперименты проводились в СВЧ призматическом резонаторе (тип волны H_{103}), длина волны колебаний $\lambda = 6.4$ см, входная мощность $P_{\text{вх}} \leq 1.5$ кВт [4]. В различных режимах длительность импульса не превышала 10^{-4} с. Измерялись средние значения тока катода ($I_{\text{к}}$) и коллектора ($I_{\text{кол}}$), расположенного в дрейфовом пространстве пучка вне резонатора. Исследовались два типа катодов: капиллярные ($d_{\text{к}} = 90$ мкм) жидкостные катоды из сплава $K-Na$ и твердотельные острые, с нанесенным тонким, микронным слоем легкоплавкого сплава ($Bi-Sn-Pb$), который мог расплавляться от внешнего источника, либо непосредственно самим СВЧ импульсом. Легкоплавкий (температура плавления около 100°C)

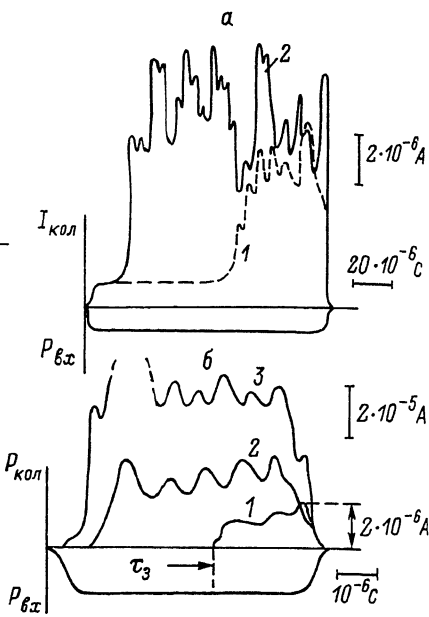
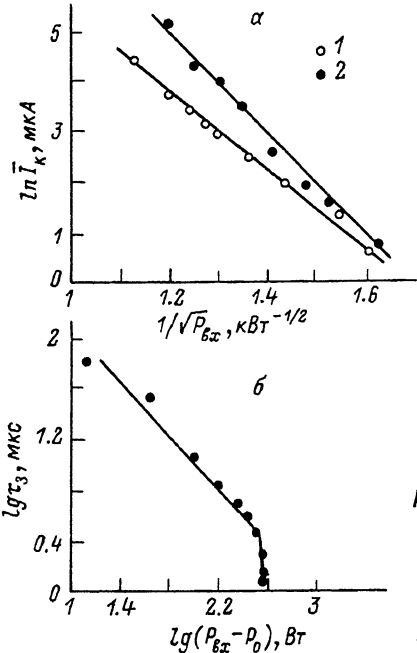


Рис. 1. а) Ватт-амперные характеристики: 1 - $K-Na$, $\tau_{и} = 3$ мкс, $\bar{I}_K \text{ max} = 80$ мкА; 2 - $Bi-Sn-Pb$, $\tau_{и} = 12$ мкс, $\bar{I}_K \text{ max} = 180$ мкА. б) Зависимость τ_3 от P_{BX} для ($Bi-Sn-Pb$) катода. $P_0 = 870$ Вт.

Рис. 2. Осциллограммы огибающих тока $I_{кол}$ и P_{BX} для ($Bi-Sn-Pb$)-катода: а - без предварительного расплавления: 1 - $P_{BX} = 1.38$ кВт; 2 - $P_{BX} = 1.5$ кВт; б - предварительно расплавленного: 1 - $P_{BX} = 1$ кВт, 2 - $P_{BX} = 1.22$ кВт; 3 - $P_{BX} = 1.39$ кВт.

материал был выбран нами для того, чтобы исключить влияние термоэмиссии на измерения.

На рис. 1,а проведены ватт-амперные характеристики (ВАХ) для разных катодов в координатах Фаулера-Нордгейма (поле на вершине катода E пропорционально $\sqrt{P_{BX}}$). Точкам на графике соответствуют средние значения тока за импульс. Измерения проводились в режиме одиночных импульсов СВЧ мощности с длительностью не более $(10-12) \cdot 10^{-6}$ с с целью исключить переход АЭЭ во взрывную. При возникновении же ВЭ (в отличие от классических, например, вольфрамовых автокатодов) параметры автоэмиссионных

жидкометаллических источников после взрыва полностью восстанавливаются. В отличие от результатов, полученных в статическом режиме [3], в нашем случае наблюдается относительно небольшой разброс точек на ВАХ. Это, по-видимому, связано с особенностями формирования эмиссионной поверхности в СВЧ поле, когда на поверхности жидкого проводника формируется „многоострийная“ система субмикронных размеров [1].

На рис. 2,а приведены осциллограммы огибающих тока АЭЭ на коллектор и входной мощности для $(Bi-Sn-Pb)$ -катода. Хорошо видны два уровня тока — начальный автоэмиссионный ток, связанный с естественными микронеоднородностями на поверхности твердотельного эмиттера (около 10^{-6} А), и через некоторое время, необходимое для расплавления поверхности катода в СВЧ поле и формирования субмикронной структуры, ток АЭЭ с жидкой поверхностью.

Характерной особенностью полевой эмиссии жидкого катода является существенная модуляция тока с частотой порядка 10^6 Гц, глубина которой лежит в пределах 5–40 % от среднего значения.

Следующая серия опытов была проведена с предварительно (до включения СВЧ поля) расплавленной эмиссионной поверхностью. В этом случае время до появления заметного ($\sim 10^{-6}$ А) тока АЭЭ (τ_3) определяется уже только раскачкой амплитуды параметрических колебаний жидкости до уровня, когда коэффициент усиления поля на возникающих неоднородностях достигает величины, достаточной для осциллографической регистрации тока (см. рис. 2,б).

На рис. 1,б приведена характерная зависимость τ_3 от входной мощности $P_{вх}$ для $(Bi-Sn-Pb)$ -катода, аналогичная нашим результатам, полученным для ВЭ [1].

Специально проведенные контрольные эксперименты в статическом поле на этих же катодах показали, что для возбуждения заметной АЭЭ в этом случае необходимы величины напряжений, в несколько раз превышающие эффективную разность СВЧ потенциала на зазоре, при которой наблюдались АЭЭ токи в СВЧ полях. Это позволяет утверждать, что в настоящих экспериментах эффективное СВЧ поле на катоде меньше критического поля Тонкса-Френкеля для ограниченной поверхности [5].

Таким образом, в настоящей работе впервые приведены результаты экспериментального исследования АЭЭ на жидкой проводящей поверхности в СВЧ поле. Показано, что в отличие от случая статических полей [3], в СВЧ поле удается получать сравнительно стабильные ВАХ без применения сильной отрицательной обратной связи по току, что определяется, по нашему мнению, особенностями механизма формирования эмиссионной поверхности в таких условиях.

Впервые выделено и измерено время возбуждения жидкой проводящей поверхности в СВЧ электрическом поле, сам факт существования которого подтверждает реальность предложенного нами ранее в [1] параметрического резонансного механизма, ответственного за возбуждение эмиссии в этих условиях.

- [1] Баскин Л.М., Контонистов А.А., Фурсей Г.Н., Широкин Л.А. // ДАН СССР. 1987. Т. 296. № 6. С. 1352.
- [2] Контонистов А.А., Радченко И.Н., Фурсей Г.Н., Широкин Л.А. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. № 9. С. 516-519.
- [3] Hata K., Ohya R., Hishigaki S., Tamura H., Noda T. // Japan. J. of Appl. Phys. 1987. V. 26. N 6. P. L896-L898.
- [4] Ананьев Л.Л., Богатский М.М., Борисов Д.А., Контонистов А.А., Фурсей Г.Н. // ПТЭ. 1983. № 5. С. 165-168.
- [5] Tonks L. // Phys. Rev. 1935. V. 48 ab. P. 512-568.

Поступило в Редакцию
15 марта 1989 г.
В окончательной редакции
10 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 23 12 декабря 1989 г.
06.2; 06.3; 07

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ХАРАКТЕРА
ОПТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ
В БИСТАБИЛЬНОМ ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ

А.В. Григорьянц, И.Н. Дюжиков

В поведении чисто оптических бистабильных систем значительную роль играют поперечные пространственные эффекты, связанные с дифракцией и самофокусировкой излучения, либо с диффузией в нелинейной среде [1]. В случае безрезонаторных систем с дисперсионной нелинейностью поперечные эффекты непосредственно используются для получения бистабильной характеристики. Причем, в зависимости от знака оптической нелинейности и конфигурации системы можно получить характеристику с различным направлением прямого (и соответственно обратного) переключения, т.е. с различными направлениями обхода гистерезисной петли [2], позволяющими реализовать логические операции „да” или „нет” над двумя оптическими сигналами [3].

В резонаторных системах поперечные эффекты проявляются в существовании волн переключения и гистерезиса профиля выходного пучка [4-7]. Здесь пространственные эффекты не являются причи-