

03;11;12

Особенности взрывной эмиссии многоострийного жидкометаллического эмиттера

© О.П. Коровин, С.С. Каратецкий, Е.О. Попов, В.Н. Шредник

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург
E-mail: korovin@ssdkorovin.ioffe.rssi.ru

Поступило в Редакцию 9 января 2001 г.

В отличие от твердотельных взрывных эмиттеров многоострийный жидкометаллический эмиттер в режиме взрывной эмиссии обладает значительно большим ресурсом работы и позволяет получить серии взрывных импульсов, следующих друг за другом с интервалом времени от $25 \mu\text{s}$ до 1ms , регулируемым внешней цепью. Стабильная работа эмиттера объясняется одновременным взрывом нескольких сотен острий.

Исследования жидкометаллических эмиттеров в режиме взрывной эмиссии, несмотря на очевидные преимущества таких источников, не получили соответствующего развития. Обычно авторы ограничиваются изучением автоэмиссионного режима, заканчивая измерения при напряжении, приводящем к взрыву. Из недавних публикаций исключение составляет работа [1], в которой помимо исследования эмиссии с отдельного острия предпринята попытка создания системы из нескольких жидкометаллических острий. В настоящей работе сообщается об особенностях взрывной эмиссии многоострийного жидкометаллического эмиттера на основе галлия. Эмиттер аналогичен описанному в работе [2] и представляет собой слой жидкого галлия, покрытый лавсановой мембраной с отверстиями диаметром $0.4 \mu\text{m}$. Плотность отверстий составляла 10^71/cm^2 . Толщина лавсановой мембраны равнялась $10 \mu\text{m}$. Схематический вид участка эмиттера и схема измерений представлены на рис. 1.

Исследования взрывной эмиссии проводились при различных режимах питания: полуволна синусоиды с частотой 50Hz и пилообразное напряжение с частотой повторения от 1Hz до 1kHz .

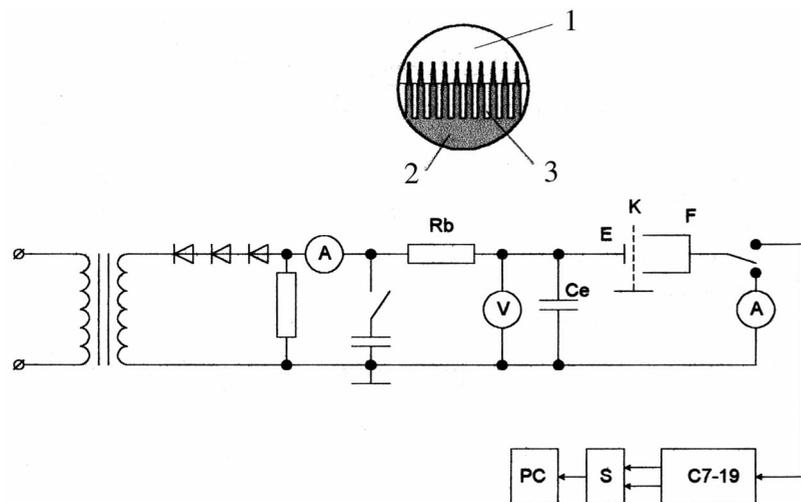


Рис. 1. Схема измерений: R_b — балластное сопротивление для изменения частоты повторения взрывных импульсов, C_e — монтажная емкость эмиттерной системы, E — эмиттер, K — коллектор, F — цилиндр Фарадея, S — ручной сканер, PC — персональный компьютер.

Ток взрывного импульса после прохождения коллектора K попадал на цилиндр Фарадея. Сигнал напряжения с цилиндра Фарадея по коаксиальному кабелю подавался через аттенюатор на согласованный вход осциллографа C7-19 с полосой пропускания 5 GHz. Для съема информации с экрана осциллографа и передачи ее на персональный компьютер для дальнейшей обработки был использован ручной сканер. Подобная система регистрации позволяет обойтись без быстродействующих дорогих АЦП, которые легко могут быть выведены из строя при изучении процессов, аналогичных исследуемому, и ускорить по сравнению с фотопроцессом передачу сигнала на компьютер. Заметим, что при передаче сигнала на компьютер с фотоснимка сканирование неизбежно в том или ином виде. Использованный метод регистрации импульса тока взрывной эмиссии обеспечивает получение "интегрированного" сигнала как результат наложения примерно 500 импульсов. Время сканирования составляет 10 s, что позволяет по размытию изображения судить о воспроизводимости импульсов взрывной эмиссии.

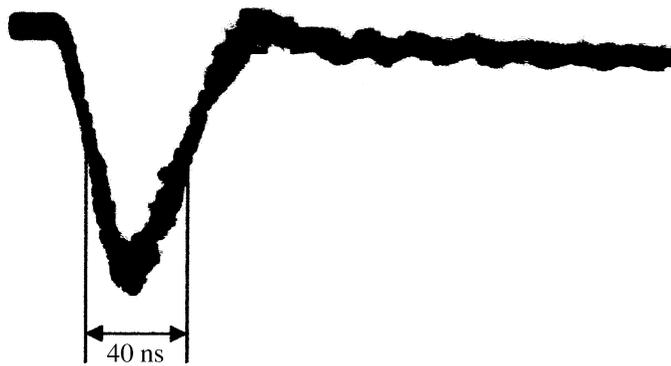


Рис. 2. Импульс тока взрывной эмиссии.

На рис. 2 представлена интегральная осциллограмма импульса тока взрывной эмиссии. Длительность импульса тока взрывной эмиссии зависит от энергии, накопленной в конденсаторе C_e — монтажной емкости эмиттерной системы. В наших измерениях подключение статического вольтметра, имеющего собственную емкость 20 pF вызывало увеличение длительности импульса на уровне половины амплитудного значения на 5 ns. Анализ формы импульса, возникающего на эмиттере в момент взрыва, показал, что длительность переднего фронта импульса равняется длительности импульса тока на цилиндр Фарадея, измеренной по подножью импульса, т. е. в этом случае измеряется время отсасывания электронной компоненты из плазмы, образующейся при взрыве.

Для возникновения взрывной эмиссии необходимо, чтобы напряженность электрического поля на эмиттере превысила некоторую пороговую величину, интервал изменения этой величины по нашим данным составляет 0.02%. Это позволяет создать на основе многоострийного жидкометаллического эмиттера ограничители напряжения с временами срабатывания наносекунды, если принять меры к уменьшению монтажной емкости C_e . Изменение R_b позволяет регулировать время готовности срабатывания после первого ограничительного импульса. В режиме питания полуволной синусоиды с частотой 50 Hz, увеличивая амплитуду напряжения, можно было получить 1 импульс взрывной эмиссии на гребне каждой полуволны. Дальнейшее увеличение напряжения на высоковольтном трансформаторе приводило к появлению на

каждом гребне 2-го, а затем 3-го и т. д. взрывных импульсов, следующих один за другим с интервалом, максимальная длительность которого определялась временем заряда C_e . В зависимости от R_b это время могло меняться от $25 \mu s$ до $1 ms$.

Без изменения автоэмиссионных свойств эмиттер стабильно эксплуатировался в течение нескольких десятков часов. В режиме взрывной эмиссии изменение параметров взрывного импульса с амплитудой тока до $50 A$ не зафиксировано после 10^7 импульсов. Устойчивая и воспроизводимая в течение всего времени эксперимента эмиссия обеспечивается, по мнению авторов, синхронным взрывом нескольких сотен острий. Последнее утверждение основывается на том, что отрицательный заряд, эмитированный за один взрывной импульс, в нашем случае составлял величину порядка $6 \cdot 10^{-7} C$. Для этого необходимо не менее $3.75 \cdot 10^{12}$ однократно ионизированных атомов плазмы, чтобы такой заряд создать. Суммарная масса атомов в этом случае более чем в 50 раз превышает массу отдельного столбика жидкого галлия.

Очевидным преимуществом многоострийных жидкометаллических полевых взрывных и автоэлектронных эмиттеров является множество этих острий, стабильность формы острий, определяемая равновесием между силами поверхностного натяжения и электрического поля, возобновляемость формы после взрыва острия, нечувствительность к ионной бомбардировке. Эти свойства в полной мере проявились в эксперименте.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 98-02-18414.

Список литературы

- [1] *Fursey G.N., Shirochin L.A., Baskin L.M.* // J. Vac. Sci. Technol. V. 15 (2) mar/apr. 1997. P. 410–421.
- [2] *Коровин О.П., Попов Е.О., Шредник В.Н., Каратецкий С.С.* // ПЖТФ. 1999. Т. 25. В. 8. С. 39–44.