

04:10
©1994

НАНОСЕКУНДНЫЙ СЕМИДЕСЯТИКЭВНЫЙ ПУЧОК ЭЛЕКТРОНОВ В ОТКРЫТОМ РАЗРЯДЕ

А.Р.Сорокин, П.А.Боган

1. Среди возможных применений наносекундных ($\lesssim 10$ нс) пучков электронов средних энергий (10–70 кэВ) отметим: быстрый поверхностный нагрев материалов [1,2]; исследование релаксационных процессов в твердых телах и газах; накачка газовых лазеров; получение коротких импульсов рентгеновского излучения, например, для изучения физических свойств широкозонных материалов по рентгенолюминесценции [3].

Традиционные газоразрядные способы получения широкоапертурных пучков обеспечивают токи $\dot{\gamma} \sim 10$ А/см² [4], а взрывоэмиссионные источники $\sim 10^3$ А/см² [1,2,4]. Нас интересуют источники с $\dot{\gamma}$ существенно большим 10 А/см², поэтому обратим внимание на взрывоэмиссионные [1,2]. Отметим их недостатки: необходимость поддержания высокого вакуума $\sim 10^{-5}$ Тор; наличие паров материала катода в разрядной камере, приводящее к загрязнению мишени, ограничению частоты следования импульсов и к нарушению электрической изоляции вследствие напыления проводящих покрытий, трудность получения однородного по сечению ЭП; жесткие требования к длительности фронта импульса напряжения (3–5 нс), что трудно осуществить при больших площадях S катода и сохранении высокого $\dot{\gamma}$.

Перечисленных недостатков лишен источник ЭП на основе открытого разряда. В нем ток при небольшой S (несколько см²) достигает ~ 100 А/см². При $S \gtrsim 10$ см² он снижается на порядок [5]. Схема с трехэлектродным питанием [6] позволила устранить этот недостаток [7] и сейчас мы легко получаем $\dot{\gamma} \sim 100$ А/см² с $S \sim 10^3$ см². Еще больший ток, до нескольких сотен А/см², достигается с катодом из резистивных материалов. По этому параметру мы приближаемся к взрывоэмиссионным источникам. Большая задержка в появлении быстрой сильноточной фазы разряда позволяет для получения ЭП малой длительности использовать в качестве коммутатора рабочей емкости промышленные тириатроны. Лишь при частотах следования импульсов

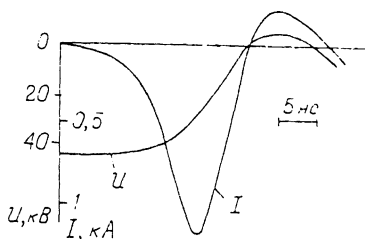


Рис. 1. Обычный режим.

Осциллограммы тока I и напряжения U , поступающего на разрядную камеру.

$f > 10 - 100$ кГц (в зависимости от рабочего давления и межэлектродного расстояния) из-за изменения предпробойных условий в промежутке требуются более быстродействующие коммутаторы. Все же рабочие напряжения были относительно низки (до ~ 20 кВ [5,7]).

Цель настоящей работы: расширить диапазон рабочих напряжений и сформировать импульсы ЭП с задним фронтом ~ 1 нс. На основе разработанной пушки был создан источник импульсов рентгеновского излучения, с помощью которого мы исследовали быстрозатухающую рентгенолюминесценцию минералов.

2. Использовалась трехэлектродная схема питания [6,7]. На расстоянии 10–13 мм от плоского катода с $S = 20$ см² размещался сетчатый электрод с отверстиями 2×2 мм и геометрической прозрачностью 90%. Он находился под свободным потенциалом. Роль дополнительного электрода выполняли либо мишень (Ве фольга с напыленным слоем Та) в 150 мм от сетки либо, для уменьшения индуктивности, отдельное кольцо в нескольких см от сетки. Рабочая емкость коммутировалась тиратроном ТГИ-1000/25 на импульсный повышающий трансформатор, напряжение с которого подавалось на обостряющую емкость, подсоединенную к промежутку катод-дополнительный электрод. Передний фронт сформированного импульса напряжения составлял 100 нс. Камера заполнялась неоном при 150 Па. Частота следования импульсов 40 Гц сверху ограничивалась параметрами источника питания.

В зависимости от конструкции разделительного диэлектрика между катодом и сеткой можно было получить два режима работы. Осциллограммы одного из них приведены на рис. 1. Это обычный режим. При амплитудном значении напряжения 71 кВ ток длительностью 4 нс составил 2.6 кА.

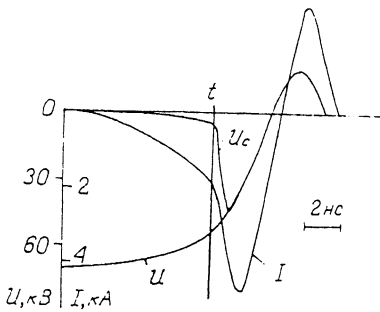


Рис. 2. Жесткий режим.

Осциллограммы тока I , напряжения U , поступающего на разрядную камеру и напряжения на сетке U_c . В момент t происходит срыв генерации ЭП, а напряжение сосредоточивается на промежутке сетка-дополнительный электрод

Другой, жесткий режим, обеспечивался срезом импульса напряжения вблизи достижения ЭП максимального тока (рис. 2). Срез автоматически инициировался в области разделительного диэлектрика самим разрядом и не сказывался на однородности ЭП. Длительность тока ЭП ($I = 1.8$ кА, $U = 70$ кВ) составила 2.5 нс с задним фронтом $\lesssim 0.5$ нс. После срыва генерации ЭП трехэлектродная схема питания обеспечивала ограничение роста тока в промежутке, что снижало эрозию катода и предотвращало разрушение сетчатого электрода. Режим оказался весьма стабильным, а изменение параметров ЭП от импульса к импульсу не превышало нескольких %. Сконструированная электронная пушка эксплуатировалась более года без каких-либо существенных изменений ее параметров.

3. В работе реализован способ получения в открытом разряде наносекундных (длительность 2.5 нс, задний фронт $\lesssim 0.5$ нс) широкоапертурных пучков электронов в диапазоне средних энергий (до 70 кэВ). Способ, в отличие от известных, является более простым и надежным, обеспечивает больший срок службы и позволяет работать с высокой частотой следования импульсов.

Список литературы

- [1] Месяц Г.А., Проскуровский Д.И., Ротштейн В.П., Лебедева Н.И. // ДАН СССР. 1980. Т. 253. N 6. С. 1383–1386.
- [2] Коваль Б.А., Месяц Г.А., Озур Г.Е., Проскуровский Д.И., Янкевич Е.Б. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. N 20. С. 1227–1230.
- [3] Родный П.А. Аппаратура и методы рентгеновского анализа. Л.: Машиностроение. 1989. № 39. 200 с.
- [4] Буцаев С.П., Крейнделъ Ю.Е., Шаши П.М. Электронные пучки большого сечения. М.: Энергоатомиздат. 1984. 111 с.

- [5] *Богин П.А., Сорокин А.Р.* // ЖТФ. 1991. Т. 61. N 7. С. 187-190.
[6] *Сорокин А.Р.* // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. N 8. С. 27-30.
[7] *Сорокин А.Р.* // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. N 23. С. 92-95.

Поступило в Редакцию
12 апреля 1994 г
