

- [1] Andreev S.U., Mishin V.I., Letokhov V.S. - Optics comm., 1986, v. 57, p. 317.
- [2] Алхазов Г.Д., Берлович Э.Е., Пантелеев В.Н. - Авторское свидетельство № 131 8112, пр. от 16.01.1985.
- [3] Алхазов Г.Д., Берлович Э.Е., Пантелеев В.Н. - Препринт ЛИЯФ № 1365, Л., 1988.

Ленинградский институт
ядерной физики им. Б.П. Константинова
АН СССР

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 12

26 июня 1988 г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГИИ ТРУБЧАТОГО РЭП
МИКРОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ,
ФОРМИРУЕМОГО С ПОМОЩЬЮ МНОГООСТРИЙНОГО
ВЗРЫВОЭМИССИОННОГО КАТОДА

В.Г. Ковалев, О.П. Печерский,
Ю.М. Савельев, К.И. Ткаченко,
В.И. Энгелько

Исследования по генерации трубчатых релятивистских электронных пучков (РЭП) в диодах магнетронного типа с многоострийным взрывоэмиссионными катодами (МВК) [1-3] показали, что такие диоды позволяют получать РЭП большой длительности и с более стабильными параметрами, чем диоды с магнитной изоляцией с крошечными катодами. В диоде с МВК была достигнута длительность импульса ~ 160 мкс [1]. При этом скорость расширения внешней границы пучка $\sim 10^4$ см/с, что обуславливает слабое изменение геометрии пучка в течение большей части импульса. Недостатком диодов магнетронного типа с МВК является то, что при ускоряющем напряжении выше ~ 250 кВ уменьшается длительность РЭП и ухудшается стабильность работы диода. Причиной такого ухудшения является возникновение паразитной эмиссии со вспомогательными элементами катодного узла. В данной работе описывается электронооптическая система, позволяющая существенно увеличить энергию электронов в пучке, формируемом в диоде с МВК, без ухудшения его стабильности.

Исследования проводились на модернизированном ускорителе „ИНУС“ [4]. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Она включает в себя две ускорительные трубки. В первой ускорительной трубке 3 (УТ₁), как и в [1-3], размещен МВК. В ней формируется электронный пучок, ток которого определяется генератором

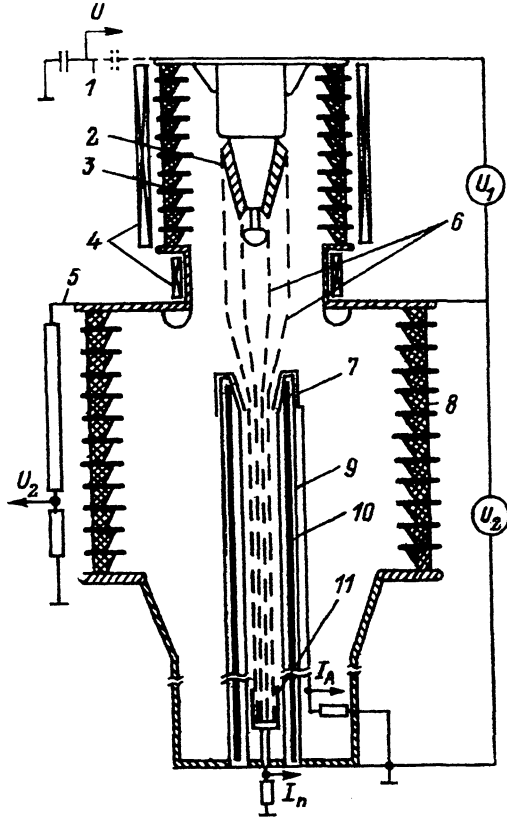


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - емкостной делитель напряжения, 2 - многоострый взрывоэмиссионный катод, 3 - первая ускорительная трубка (УТ₁), 4 - система соленоидов катодной области, 5 - резистивный делитель напряжения, 6 - магнитные силовые линии, 7 - приемная часть датчика утечек на анод, 8 - вторая ускорительная трубка, 9 - труба дрейфа, 10 - транспортирующий соленоид, 11 - коллектор.

метрий диода, напряжением, приложенным к УТ₁, и углом между магнитными силовыми линиями и эмиттирующей поверхностью катода [1-3]. На УТ₁ подается напряжение, при котором диод работает стабильно. В объеме второй ускорительной трубки 8 (УТ₂) расположен канал транспортировки 9. Его торец и верхний фланец УТ₂ образуют дополнительный ускоряющий промежуток, в котором электроны пучка доускоряются напряжением приложенным к УТ₂. Магнитное поле, необходимое для формирования и транспортировки РЭП, создается системой соленоидов 4, 10. Максимальное значение магнитной индукции в области УТ₁ - 1.2 кГс, в канале транспор-

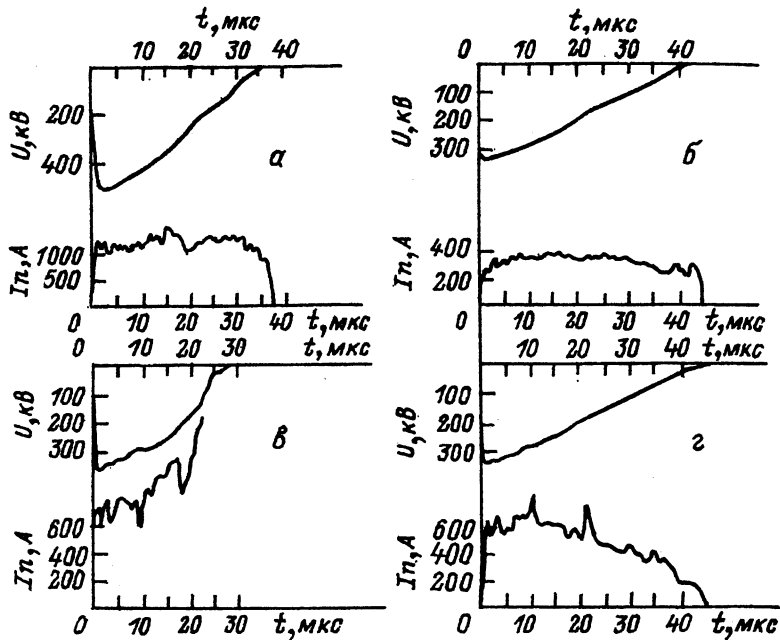


Рис. 2. Осциллограммы напряжения U и тока пучка $I_{\text{п}}$. Пробочное отношение $k = V_A/V_K = 24$. а, в, г - $V_K = 0.9$ кГс; б - $V_K = 0.3$ кГс; б, в - $l = 45$; а, г - $l = 29$ см.

тировки - 22 кГс. Источником импульсов высокого напряжения служил ГИН ускорителя „ИНУС“ [4]. ГИН и ускорительные трубки размещались в баке, заполненном азотом до давления 6 атм.

МВК, используемый в данных экспериментах, в целом аналогичен применявшемуся ранее [2]. Эмиттирующая поверхность в виде усеченного конуса образована из 600 острий, представляющих собой пучки графитовых волокон. Острия укреплены на резисторах, предназначенных для улучшения однородности возбуждения эмиссии и стабилизации эмиссионной границы катодной плазмы [5]. Угол раствора конуса $2\alpha_K = 28^\circ$, большой диаметр эмиттирующей поверхности 23 см, малый - 8 см, высота конуса - 30 см. В экспериментах измерялось суммарное напряжение U (емкостным делителем) дополнительное ускоряющее напряжение U_2 на УТ₂ (резистивным делителем), ток пучка $I_{\text{п}}$ и ток утечек на торец канала транспортировки I_a . Вакуум в системе поддерживался на уровне $(3-7) \times 10^{-5}$ Торр.

В результате проведенных с описанной электроннооптической системой экспериментов удалось в два раза повысить энергию электронов трубчатого пучка, формируемого с помощью МВК. Исследование катода с большим, чем в [1], углом раствора конуса позволило

также увеличить примерно в два раза и ток РЭП. В оптимальном режиме получены следующие параметры РЭП: энергия электронов ~ 500 кэВ, ток ~ 1 кА, длительность импульса по основанию ~ 40 мкс (рис. 2,а). Максимальное значение суммарного ускоряющего напряжения ограничивалось электрической прочностью высоковольтной структуры вне вакуумного объема.

Характеристики РЭП зависят от величины и распределения магнитного поля, распределения напряжения между ускорительными трубками, положения коллектора относительно входа в канал транспортировки.

На величину тока пучка I_p в начале импульса наиболее существенное влияние оказывает величина магнитной индукции в области формирования пучка B_k . При увеличении B_k от 0.3 до 1.2 кГс и неизменном пробочном отношении $B_d/B_k \sim 24$ (B_d — магнитная индукция в канале транспортировки) ток пучка возрастает в 2–4 раза в зависимости от соотношения напряжений, приложенных к ускорительным трубкам. Одновременно с увеличением I_p длительность импульса падает из-за развития пробоя на коллектор (рис. 2,б,в). Ток пучка зависит также от соотношения $g = U_2/U_1$, где U_2 и U_1 — напряжения, приложенные к УТ₂ и УТ₁ соответственно. При $g = 0-1$ меньше рассчитанного по оценочным формулам, приведенным в [1–3], при $g > 1$ — он заметно превышает расчетные значения.

На длительность РЭП (τ_u) существенно влияет положение коллектора относительно входа в канал транспортировки. При расстоянии от торца канала до приемной части коллектора $l = 20 \div 40$ см $\tau_u \approx 40$ мкс, что соответствует времени полного разряда ГИН без пробоя межэлектродных промежутков (рис. 2,г). При увеличении l длительность РЭП быстро падает (рис. 2,в) и достигает ~ 10 мкс при $l > 60$ см. При дальнейшем увеличении l это значение τ_u сохраняется.

Зависимости параметров РЭП от распределения магнитного поля и положения коллектора отличается от тех, которые наблюдались в диодной электроннооптической системе [1–3]. Возможно, это, а также зависимость тока РЭП от напряжения на УТ₂, связано с отражением части электронов пучка от магнитной пробки, находящейся вблизи входа в канал дрейфа.

Таким образом, приведенные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что применение электроннооптической системы, состоящей из двух ускорительных трубок, в одной из которых осуществляется формирование РЭП с помощью МВК при оптимальном для получения больших τ_u напряжений, а в другой — его доускорение, позволяет существенно (\sim в 2 раза) повысить (по сравнению с диодной системой) энергию электронов пучка без снижения его длительности и ухудшения стабильности.

- [1] Василевский М.А., Никонов А.Г., Ройфе И.М. и др. — Письма в ЖТФ, 1983, т. 9, № 1, с. 348-350.
- [2] Гусев О.А., Ковалев В.Г., Марков В.Б. и др. — Атомная энергия, 1985, т. 58, № 5, с. 348-350.
- [3] Никонов А.Г., Ройфе И.М., Савельев Ю.М., Энгелько В.И. — ЖТФ, 1987, т. 57, № 1, с. 86-92.
- [4] Ковалев В.Г., Марков В.Б., Печерский О.П. и др. — Препринт НИИЭФА: П-СИУ-0670, 1984.
- [5] Василевский М.А., Ройфе И.М., Энгелько В.И. В кн.: Релятивистская высокочастотная электроника, Горький: ИПФ АН СССР, 1983, вып. 3, с. 184.

Поступило в Редакцию
26 января 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 12

26 июня 1988 г.

ПЛАЗМЕННЫЙ КАНАЛ, ФОРМИРУЕМЫЙ РЭП В АРГОНЕ

Ю.Ф. Бондарь, А.А. Гоманько,
А.А. Королев, В.Е. Кульбеда,
Г.П. Мхеидзе, А.А. Савин

Цель данной работы — формирование и экспериментальное исследование плазменного канала, образующегося при распространении РЭП в аргоне при давлении $P_0 = 1 \div 750$ тор. Аргон, как основной компонент рабочей смеси эксимерного лазера, представляет собой интересный объект изучения. Ранее в экспериментах [1, 2] были отмечены высокие концентрации пучковой плазмы в аргоне по сравнению с другими газами и с теоретическими оценками [3, 4]. В отличие от указанных работ, где были получены интегральные значения плотности плазмы, в нашу задачу входило изучение динамики пространственного распределения плазменного тока и электронной концентрации пучковой плазмы.

Эксперименты по исследованию взаимодействия РЭП с аргонem проводились на установке „Терек-1Р“ [5]. Пучок электронов ($E_0 = 1 \div 1.3$ МэВ, $I_0 = 6 \div 8$ кА, $\tau_0 = 40 \div 60$ нс) инжектировался в дрейфовую камеру, заполненную аргонem ($P_0 = 1 \div 750$ тор) [6]. Оптические измерения проводились с помощью интерферометра Майкельсона в режиме щелевой развертки [5]. Размер регистрируемого поля составлял 150 мм по вертикали. Временное разрешение ≈ 30 нс. Чувствительность интерферометра для электронов $N_{\text{emin}} \approx 3 \cdot 10^{16} / L$ см⁻³ и для молекул $N_{\text{min}} \approx 3 \cdot 10^{17} / L$ см⁻³