

09

© 1990

ВИРКАТОР С ПЛАЗМОЭРОЗИОННЫМ РАЗМЫКАТЕЛЕМ

А.Г. Жерлицын, В.С. Лопатин,
О.В. Лукьянов

Известные в настоящее время схемы виркаторов позволяют генерировать СВЧ импульсы мощностью 10^8 – 10^{10} Вт в диапазоне от десятисантиметровых до миллиметровых длин волн, перестраивать частоту излучения, исключить фокусирующие магнитные поля [1–3]. Однако, наряду с указанными преимуществами, виркаторы имеют и недостатки, обусловленные тем, что для формирования электронных потоков требуются сильноточные источники питания на напряжение порядка мегавольт, в качестве анода используют металлические фольги, которые после каждого импульса требуют замены.

В данной работе приводятся результаты исследования новой схемы виркатора, в которой для формирования сильноточного пучка использовался плазмоэрозионный размыкатель (ПЭР) [4, 5]. Использование ПЭР в виркаторе открывает возможности применения накопительной электрической энергии на напряжение в сотни киловольт, исключает фокусирующие магнитные поля и металлические фольги, что упрощает конструкцию СВЧ генератора, снижает весогабаритные характеристики и увеличивает ресурс его работы.

Схема виркатора с ПЭРом приведена на рис. 1. Импульс напряжения отрицательной полярности от источника напряжения подается на катод диаметром 6 мм через высоковольтный электрод и катододержатель. В этой схеме роль промежуточного накопителя играет суммарная индуктивность высоковольтного электрода и катододержателя и составляла $(3-4) \cdot 10^{-7}$ Гн. Плазма в катод-анодном промежутке создавалась путем напуска газа в этот промежуток при подаче высоковольтного импульса напряжения на катод. Для этого анод с наименьшим внутренним диаметром 22 мм изготавливался полым. На внутренней поверхности анода сделаны натекатели диаметром 0.2 мм, предназначенные для напуска газа в катод-анодный промежуток. Газ в анод напускался с помощью электродинамического клапана, который срабатывает перед подачей импульса напряжения на катод. Для уменьшения задержки пробоя газа в аноде устанавливалась тефлоновая вставка. Задержка уменьшалась до 10–12 нс за счет интенсивной подсветки газа при пробое по поверхности вставки. Таким образом, в катод-анодном промежутке диода создавалась плазма с плотностью порядка 10^{15} см⁻³. Полный ток в диоде, а также ток за плоскостью инъекции пучка измерялись с помощью поясов Роговского. Энергия электронов оцени-

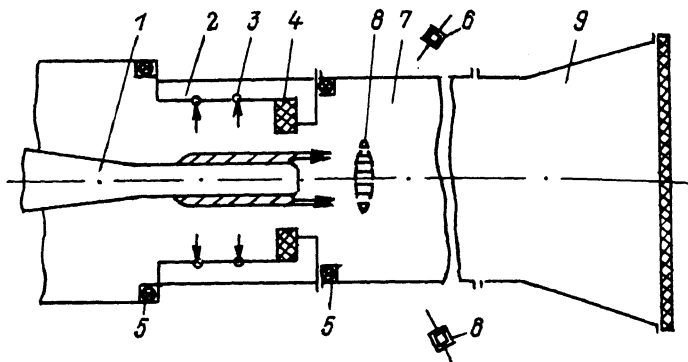


Рис. 1. Схема виркатора с плазмозероэрозийным размыкателем: 1 - катод, 2 - анод, 3 - натекатели, 4 - вставка, 5 - пояс Роговского, 6 - *pin*-детекторы, 7 - волновод, 8 - виртуальный катод, 9 - передающая антенна.

ввалась по тормозному излучению с помощью *pin*-детекторов и с поглотителями разной толщины, а также по скорости изменения тока $\mathcal{E} = eL \frac{dI}{dt}$. Сформированный в диоде пучок инжектировался в волновод диаметром 92 мм, длиной 500 мм. За счет объемного заряда пучка вблизи плоскости инжекции формировался виртуальный катод, который осциллирует [6]. В результате осцилляции виртуального катода происходит СВЧ излучение на частоте $f_b \leq f_o \leq 1/\sqrt{2\pi} f_b$ [1], здесь $f_b = (n_b e^2 / \pi \gamma_o m_o)^{1/2}$ - плазменная частота электронов инжектируемого в волновод пучка. Вывод СВЧ излучения осуществлялся через передающую антенну. Измерения СВЧ излучения проводились в диапазоне частот $2 \cdot 10^{10} - 3.75 \cdot 10^{10}$ Гц. Частота излучения измерялась с помощью запердельных волноводов. Мощность излучения оценивалась по диаграмме направленности.

В эксперименте были рассмотрены два режима работы установки. В первом режиме в диоде формировался пучок электронов без напуска газа в катод-анодный промежуток, во втором - с наполнением газа. В обоих режимах на высоковольтный электрод подавалось напряжение амплитудой $\mathcal{U}_o = 500$ кВ. Было установлено следующее. В условиях вакуумного диода полный ток составлял $I_o = 40$ кА, при этом в волновод инжектировался пучок электронов с энергией не более 500 кэВ, ток инжекции не превышал 8 кА. В пределах чувствительности приемника электромагнитного излучения СВЧ импульс зарегистрирован не был. При напуске газа в катод-анодный промежуток происходило резкое увеличение полного тока - $I_o = 120$ кА, ток инжекции достигал значения, равного 100 кА. Отпечатки пучка на металлических фольгах показывают,

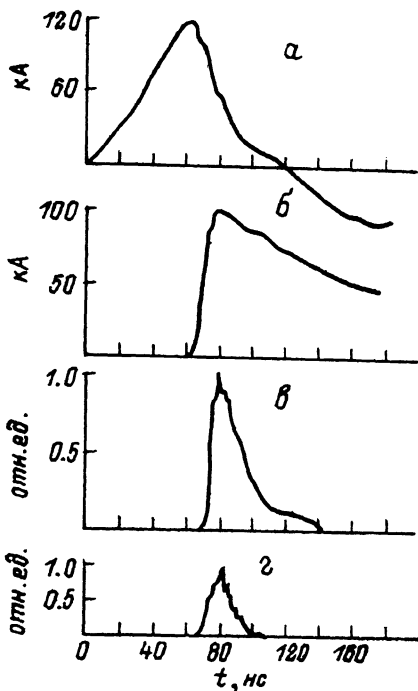


Рис. 2. Осциллограммы импульсов полного тока (а), инжектируемого тока (б), тормозного излучения (в), СВЧ излучения (г).

что он инжектировался в виде плотного шнура диаметром 1–1.2 см. Максимальная плотность тока в шнуре достигала 90–100 кА/см². Энергия электронов пучка, оцениваемая как по скорости падения тока, так и по тормозному излучению, лежит в диапазоне 1 ± 0.15 МэВ. В этом случае было зарегистрировано СВЧ излучение. В эксперименте максимальная мощность излучения достигала 50 ± 10 МВт. На рис. 2 представлены осциллограммы тока, сигнала с *pin*-детектора, импульса СВЧ излучения. Излучение происходило на частоте $2.5 \cdot 10^{10}$ Гц $< f_0 < 3 \cdot 10^{10}$ Гц. Оценки плазменной частоты электронов инжектируемого пучка в момент генерации СВЧ излучения показывают, что $f_b = 2.4 \cdot 10^{10}$ Гц, т.е. генерация происходит на частоте, близкой к плазменной частоте – частоте осцилляции виртуального катода.

Таким образом, эксперименты показали возможность генерации СВЧ излучения в виркаторе с плазмозероизонным размыкателем. Излучение происходит на частоте, близкой к плазменной частоте электронов инжектируемого пучка.

В заключение авторы благодарят Г.И. Котляревского и В.И. Цветкова за помощь в проведении эксперимента.

- [1] Sullivan Donald J. // IEEE Trans. on Nuclear Science. 1983. V. NS-30. N 4. P. 3426-3428.
- [2] Davis H.A., Bartsch R.R., Thode L.E., Sherwood E.G., Stringfield R.M. // Phys. Rev. Lett. 1985. V. 55. P. 2293-2296.
- [3] Диденко А.Н., Григорьев В.П., Жерлицын А.Г. Генерация электромагнитных колебаний в системах с виртуальным катодом. - В кн.: Плазменная электроника. Киев: Наукова думка, 1989. С. 112-131.
- [4] Ковальчук Б.М., Месяц Г.А. Генератор мощных наносекундных импульсов и плазменным прерывателем. Препринт ИСЭ СО АН СССР № 23, Томск, 1985.
- [5] Исаков П.Я., Лопатин В.С., Ремнев Г.Е. // Физика плазмы. 1987. Т. 13. С. 1358-1363.
- [6] Kwan Thomas Y.T. // Phys. Fluids. 1984. V. 27. P. 228-232.

Научно-исследовательский институт
ядерной физики при Томском поли-
техническом институте имени
С.М. Кирова

Поступило в Редакцию
2 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 11

12 июня 1990 г.

09

© 1990

НЕТРИВИАЛЬНЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ И ПАРАМАГНИТНЫЕ
СВОЙСТВА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
С КОМПЛЕКСНЫМ ОКСИАНИОНОМ

В.Г. К р о н г а у з

В предыдущих письмах [1, 2] сообщалось о таких нетривиальных явлениях в люминесценции широкозонных кислородсодержащих кристаллических матриц, как нарастание фотостимулированной люминесценции (ФСЛ) при частичном отжиге [1] и высокий выход активаторного свечения при межзонном возбуждении линией 8,4 эВ ксенонового разряда [2].

К настоящему времени выяснено, что оптическое высвечивание перед отжигом представляет собой необходимое условие для проявления эффекта нарастания ФСЛ. Относительно высокого выхода выяснено иное неординарное обстоятельство, суть которого сводится к постоянству спектральной области возбуждения с высоким