

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. Г. Жерлицын, С. И. Кузнецов, Г. В. Мельников, Г. П. Фоменко, Генерация СВЧ колебаний при формировании виртуального катода в сильноточном электронном пучке,
ЖТФ, 1986, том 56, выпуск 7, 1384–1387

<https://www.mathnet.ru/jtf283>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.82

4 августа 2025 г., 12:16:06



стояние. Там же приведена зависимость $T(\Delta U_{ФЭУ})$, вычисленная согласно (7) и (8). Поскольку T и $\Delta U_{ФЭУ}$ являются функциями одного и того же аргумента A , то при таком способе обработки результатов A можно элиминировать и нет необходимости знать величины α , η , $P_{вх}$, определение на опыте которых связано с некоторыми трудностями. При расчетах использовались независимо определенные параметры: $\tau = 2$ с, $U_{\pi} = 6$ В, $\varphi = \pi/2$, $k = 1$. Наилучшее согласие, однако, получается при уменьшении отношения τ/U_{π} в 4 раза (пунктир на рис. 2), что, по-видимому, связано с упрощениями, использованными при расчете. Во-первых, мы полагали, что уровни $U_{ФЭУ}$

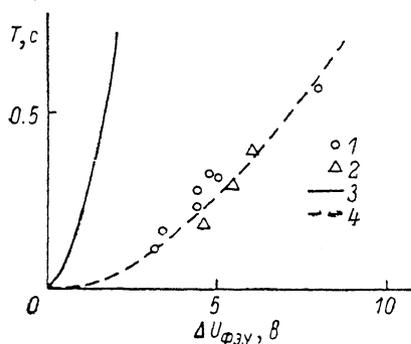


Рис. 2. Зависимость периода колебаний бистабильной структуры $\text{SiO}_x\text{—Ti : LiNbO}_3$ от их амплитуды.

1, 2 — эксперимент при изменении входной мощности света $P_{вх}$ (1) и чувствительности фотоприемника α (2). 3, 4 — расчет при $\tau = 2$ с, $\varphi = \pi/2$, $k = 1$, $U_{\pi} = 6$ (3) и 24 В (4).

в высшем и низшем состояниях остаются постоянными при изменении $U_{двзл}$ в течение всего времени пребывания системы на данном уровне; во-вторых, в эквивалентной схеме мы не учитывали конечной емкости C_2 Ti : LiNbO_3 волновода. Тем не менее согласие с точностью до множителя результатов эксперимента и расчета свидетельствует об обоснованности применения модели междуслойной поляризации для объяснения процессов возникновения колебаний в оптической бистабильной структуре с диэлектрической пленкой.

Литература

- [1] Smith P. W., Kaminow I. P., Maloney P. J. et al. Appl. Phys. Lett., 1979, v. 34, N 1, p. 62—65.
- [2] Аксенов Е. Т., Кузнецов А. В., Липовский А. А. и др. Гибридное оптическое бистабильное устройство на основе интегрального модулятора с индуцированным диэлектрическим каналом. — ЖТФ, 1983, т. 53, № 2, с. 301—305.
- [3] Колесов А. Е., Кунцов А. Д., Лазарев М. В. и др. Оптическая бистабильность в гибридном устройстве на основе интегрально-оптического переключателя с электрооптическим зеркалом. — Письма в ЖТФ, 1984, т. 10, № 17, с. 1042—1044.
- [4] Schnapper A., Parichon M., Puech C. Opt. Commun., 1979, v. 29, N 3, p. 364—368.
- [5] Ito H., Ogawa Y., Inaba H. Electron. Lett., 1979, v. 15, N 10, p. 283—285.
- [6] Крауляне И., Римейка Р., Чиплис Д. Электрооптическая бистабильность в интегрально-оптическом интерферометре с внешней обратной связью. — Письма в ЖТФ, 1984, т. 10, № 15, с. 911—914.
- [7] Sohler W. Appl. Phys. Lett., 1980, v. 36, N 5, p. 351—353.
- [8] Yumoto J., Yajima H., Ishihara S. et al. Appl. Phys. Lett., 1983, v. 42, N 9, p. 780—782.
- [9] Yamada S., Minakata M. Jap. J. Appl. Phys., 1981, v. 20, N 4, p. 733—737.

Вильнюсский государственный университет
им. В. Капсукаса

Поступило в Редакцию
17 апреля 1985 г.

ГЕНЕРАЦИЯ СВЧ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ВИРТУАЛЬНОГО КАТОДА В СИЛЬНОТОЧНОМ ЭЛЕКТРОННОМ ПУЧКЕ

А. Г. Жерлицын, С. И. Кузнецов, Г. В. Мельников, Г. П. Фоменко

При инжекции замагниченного сильноточного электронного пучка (СЭП) с током выше предельного значения в вакуумное пространство дрейфа его движение определяется образованием виртуального катода. При этом происходит увеличение плотности электронов между катодом и виртуальным катодом [1] и изменение таких параметров пучка, как распределение электронов по сечению пучка, величина и форма импульса тока, энергетический спектр электронов пучка [2].

Проведенные в последнее время теоретические исследования [3, 4] показывают, что при формировании виртуального катода возможно электромагнитное излучение как за счет ос-

дилляторного движения электронов между катодом и виртуальным катодом, так и за счет колебаний самого виртуального катода.

Ниже приводятся результаты экспериментальных исследований по генерации СВЧ колебаний при формировании виртуального катода в сильноточном пучке.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Пучок формировался в диоде с магнитной изоляцией 1 (радиус катода $r_k=10$ мм, радиус анода $r_a=15$ мм). Сформированный в диоде СЭП транспортировался в отрезке трубы 2 длиной 100 мм, которая являлась продолжением анода, и инжектировался в трубу дрейфа 3 радиусом $r_{тр}=40$ мм, длиной 400 мм. Вся система помещалась в однородное продольное магнитное поле соленоида 8. Вывод СВЧ излучения из трубы дрейфа осуществлялся через щель 5 шириной 6, длиной 70 мм, прорезанной поперек трубы на расстоянии ~ 20 мм от плоскости инжекции. Щель соединялась с прямоугольной передающей антенной 7 10-см диапазона длин волн отрезком прямоугольного волновода 6 сечением 72×34 мм, длиной ~ 400 мм. Измерения СВЧ излучения проводились в диапазоне от 8 до 14 см длин волн. Поскольку целью данной работы является исследование механизма СВЧ излучения при формировании виртуального катода, то связь резонансного объема (в данном случае трубы дрейфа) с прямоугольным волноводом 6 специально не оптимизировалась. Инжектированный в трубу дрейфа трубчатый пучок имел параметры: энергия электронов $E_{max} = 0.8$ МэВ, ток $I_{инж} = 35.7$ кА, длительность импульса тока $\tau_I^* = 110$ нс. Виртуальный катод формировался за плоскостью инжекции, когда ток пучка был больше предельного тока. Для данных параметров пучка и трубы дрейфа $I_{инж} > I_{тр} = I_{пред} = 14.4$ кА.

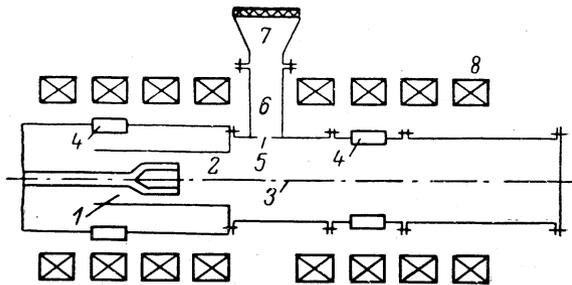


Рис. 1. Схема эксперимента.

1 — диод с магнитной изоляцией, 2 — отрезок трубы для транспортировки пучка из диода в трубу дрейфа, 3 — труба дрейфа, 4 — шунты обратного тока, 5 — щель для вывода СВЧ энергии, 6 — прямоугольный волновод, 7 — передающая антенна, 8 — соленоид.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2. Было установлено, что с образованием виртуального катода возникает коротковолновое и длинноволновое СВЧ излучение (рис. 2, г, д). В данном случае излучение было в 3-см и 10-см диапазонах длин волн. Мощность излучения на выходе передающей антенны соответственно достигала порядка $\sim 10^8$ и $\sim 10^5$ Вт.

Исследования коротковолнового излучения проводились при различных условиях формирования виртуального катода. Для этого путем изменения величины магнитного поля в пределах, когда пучок остается замагниченным, изменялась плотность электронов пучка, инжектируемого в трубу дрейфа. Кроме того, изменением ширины щели 5 при фиксированном магнитном поле менялась форма потенциальной ямы в области виртуального катода. При изменении ширины щели от 6 до 32 мм уровень мощности излучения существенно не менялся. В этих условиях были проведены измерения мощности и длины волны излучения. Оказалось, что генерация начинается при таких значениях магнитного поля, когда ток в трубе дрейфа становится равным предельному току (рис. 2, г). Дальнейшее увеличение магнитного поля не приводит к изменению уровня мощности коротковолнового излучения. Длина волны и ширина спектра излучения зависят от величины магнитного поля и от размеров щели. Результаты измерений приведены в таблице.

H , кГс	Щель 6×70 мм	Щель 32×70 мм
11.5	$3.5 \text{ см} < \lambda_1 < 4.6 \text{ см}$	$2.3 \text{ см} < \lambda_1 < 2.8 \text{ см}$
14	$2.9 \text{ см} < \lambda_2 < 3.7 \text{ см}$	$2.0 \text{ см} < \lambda_2 < 2.6 \text{ см}$
17	$2.6 \text{ см} < \lambda_3 < 2.9 \text{ см}$	$1.8 \text{ см} < \lambda_3 < 2.3 \text{ см}$

Длинноволновое СВЧ излучение возникает при появлении отраженных электронов пучка от виртуального катода. Излучение наблюдалось в диапазоне длин волн от $\lambda = 8.5$

до 10.5 см, причем анализ процесса излучения во времени показал, что вначале возникает излучение с большей длиной волны. Через 10—15 нс от начала импульса тока в диоде появлялось излучение на длине волны $\lambda=10.5$ см, а через 50—60 нс на длине $\lambda=8.5$ см. Это связано с тем, что по мере нарастания инжектируемого тока до амплитудного значения (рис. 2, б) область, в которой происходит отражение электронов (виртуальный катод), перемещается к плоскости инжекции пучка.

Ширина спектра излучения за время импульса зависит от плотности электронов СЭП, инжектируемого в трубу дрейфа. Увеличение плотности электронов пучка приводит к умень-

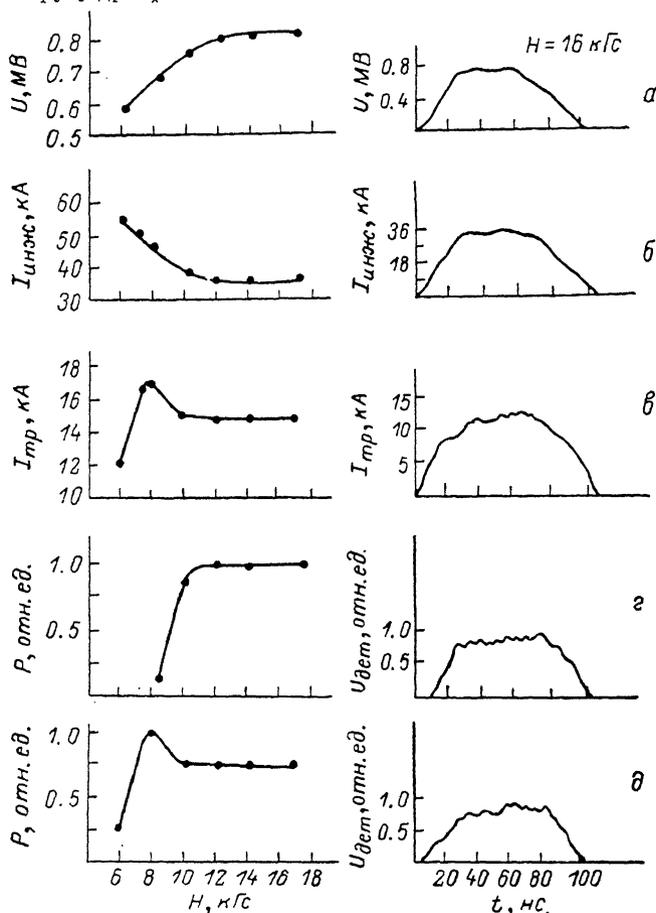


Рис. 2. Амплитудные значения импульсов ускоряющего напряжения (а), тока инжектируемого пучка (б), тока пучка в трубе дрейфа (в), мощности СВЧ излучения 3-см (г) и 10-см (д) диапазонов длин волн от напряженности магнитного поля и их типичные осциллограммы.

шению ширины спектра СВЧ излучения. Уровень мощности данного излучения определяется величиной тока электронов пучка, отраженных от виртуального катода при условии замагниченного пучка. На рис. 2, д представлена характерная зависимость мощности длинноволнового излучения от величины магнитного поля.

Таким образом, с формированием виртуального катода в СЭП возникает коротковолновое и длинноволновое СВЧ излучение. Коротковолновое излучение вызвано, по-видимому, колебанием виртуального катода, которое было обнаружено в численных экспериментах [3, 4]. Длинноволновое излучение возникает за счет осцилляционного движения электронов между катодом и виртуальным катодом. Аналогичное СВЧ излучение наблюдается в триоде с виртуальным катодом [5]. По результатам работы можно сделать выводы о том, что, во-первых, обнаруженное СВЧ излучение необходимо принимать во внимание при создании мощных релятивистских СВЧ приборов, так как оно может повлиять на их работу; во-вторых, генерирование СВЧ излучения в коротковолновом диапазоне открывает возможности создания мощных СВЧ генераторов сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн с перестройкой частоты в широком диапазоне, например путем изменения величины внешнего магнитного поля.

Авторы приносят благодарность А. Н. Диденко за обсуждение работы и полезные замечания.

Литература

- [1] Аржанников А. В., Бурдаков А. В., Койдан В. С и др. Получение плотного облака осциллирующих релятивистских электродов. — Письма в ЖЭТФ, 1976, т. 24, № 1, с. 19—22.
- [2] Диденко А. Н., Жерлицын А. Г., Усов Ю. П. и др. Индукционное самоускорение высоко-точных релятивистских электронных пучков. — Письма в ЖТФ, 1978, т. 4, № 7, с. 381—384.
- [3] Золотарюк А. В., Кузьменко Н. В., Ходатаев К. В. Динамика высокоточного релятивистского электронного пучка во внешнем магнитном поле. — ДАН УССР, 1984, т. А, № 4, с. 61—63.
- [4] Thomas J. T. *Quan. Phys. Fluids*, 1984, v. 27, N 1, p. 228—232.
- [5] Диденко А. Н., Жерлицын А. Г., Сулакшин А. С. и др. Генерация мощного СВЧ излучения в триодной системе высокоточным пучком микросекундной длительности. — Письма в ЖТФ, 1983, т. 9, № 24, с. 1510—1513.

Научно-исследовательский институт
ядерной физики при Томском
политехническом институте
им. С. М. Кирова

Поступило в Редакцию
21 июня 1985 г.

Журнал технической физики, т. 56, в. 7, 1986

ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЭКСИМЕРНЫЙ ЛАЗЕР С МАГНИТНЫМ ЗВЕНОМ СЖАТИЯ

В. П. Агеев, В. В. Атежеев, В. С. Букреев, С. К. Вартапетов,
А. Н. Жуков, В. И. Конов, А. Д. Савельев

При разработке импульсно-периодических эксимерных лазеров наиболее целесообразным является использование для коммутации высоко-точных цепей водородных тиратронов. Однако существующие тиратроны по величине коммутируемых токов и скорости нарастания тока не удовлетворяют требованиям, предъявляемым для коммутаторов в разрядных цепях эксимерных лазеров. В связи с этим вызывает интерес применение для накачки эксимерных лазеров многозвенных магнитных генераторов импульсов с тиристорным или тиратронным коммутатором в первом звене [1, 2]. При формировании с помощью таких генераторов наносекундных высоко-вольтных импульсов основная проблема связана с выбором магнитного материала для нелинейных насыщающихся дросселей магнитных звеньев сжатия.

В данной работе приводятся результаты исследования импульсно-периодического эксимерного лазера с тиратронным коммутатором и магнитным звеном сжатия на основе ферритов.

Электрическая схема лазера показана на рис. 1. Схема возбуждения представляет LC-генератор. Накопительная емкость $C_1 + C_2 = 40$ нФ ($C_1 = C_2$) и обострительная емкость $C_3 = 12$ нФ набраны из керамических конденсаторов. Цепь заряда обострительных емкостей имеет разрыв P , выполненный в виде 50 искровых промежутков, конструктивно расположенных внутри разрядной камеры и осуществляющих ультрафиолетовую предыонизацию разрядного промежутка лазера.

В связи с отсутствием в литературе исчерпывающих данных по работе тиратронов в наносекундном диапазоне длительностей коммутируемых импульсов при выборе параметров тиратронного плеча схемы мы основывались на опыте работы с тиратроном ТГИ 1-1000/25 в импульсно-периодическом CO_2 лазере [3, 4], который показал, что при коммутации импуль-

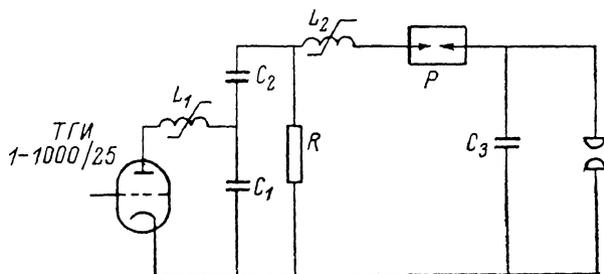


Рис. 1. Электрическая схема лазера.