

# Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

С. Д. Коровин, Г. А. Месяц, С. Д. Полевин,  
Генератор мощного миллиметрового излу-  
чения на эффекте Смита–Парселла, *Пись-  
ма в ЖТФ*, 1984, том 10, выпуск 20, 1269–  
1273

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

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

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.172

25 января 2025 г., 22:11:21



- [2] Гусак Н.А., Камач Ю.Э., Овчинников В.М., Сотский Б.А. Появление объемного заряда в анизотропной среде под влиянием внешнего неоднородного поля. - Докл. АН БССР, 1983, т. 27, № 10, с. 904-906.
- [3] Акустические кристаллы. Под ред. М.П. Шаскольской - М.:Наука, 1982. - 632 с.
- [4] Физика и химия соединений А<sup>IV</sup>ВУ<sup>1</sup>. - М.:Мир, 1970. - 624 с.
- [5] Гусак Н.А., Гриб А.Ф. Гистерезис в линейной среде в неоднородном электрическом поле. - ЖТФ, 1984, т. 54, № 2,

Институт физики  
АН БССР, Минск

Поступило в Редакцию  
21 апреля 1984 г.

Письма в ЖТФ, том 10, вып. 20

26 октября 1984 г.

### ГЕНЕРАТОР МОЩНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТЕ СМИТА-ПАРСЕЛЛА

С.Д. К о р о в и н, Г.А. М е с я ц, С.Д. П о л е в и й

Как показывают теоретические работы [1. - 3], одним из перспективных источников миллиметровых и субмиллиметровых электромагнитных волн является генератор, основанный на индуцированном излучении Смита-Парселла (флимаatron), в котором частота излучения мигающего диполя, образованного прямолинейно движущимся вблизи гофрированной металлической поверхности электроном и его изображением, может, вследствие эффекта Доплера, более чем в  $\gamma^2$  раз превышать частоту его осцилляций  $\Omega = \frac{2\pi}{\alpha} V_{||}$ , где  $V_{||} = \beta c$  и  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$  - соответственно продольная скорость и релятивистский масс-фактор электронов,  $\alpha$  - период гофры.

Целью настоящей работы являлось создание и исследование мощного генератора миллиметрового излучения на эффекте Смита-Парселла с использованием сильноточного релятивистского электронного пучка. Эксперименты проводились на сильноточном ускорителе „СИНУС-6" [4], обеспечивающем энергию электронов 300÷600 кэВ, полный ток трубчатого пучка до 5 кА и длительность импульсов тока  $\tau_T \approx 25$  нс. Пучок инжектировался двойным катодом в коаксиальном диоде с магнитной изоляцией. Напряженность внешнего однородного магнитного поля могла меняться в пределах 1 кЭ÷30 кЭ.

Мощность излучения измерялась как с помощью калиброванных кремниевых детекторов (суммированием по диаграмме направленности), так и калориметрическим методом. Длина волны опеределалась отсечкой за пределами волноводами. Визуально диаграмма излучения контролировалась по свечению индикационного табло, изготовленному из газоразрядных неоновых ламп.

Использование в качестве электродинамической системы флимаatronа отрезка круглого гофрированного волновода позволяет без применения дополнительного резонатора обеспечить эффективную обратную связь в генераторе за счет наличия высокодобротных волне-

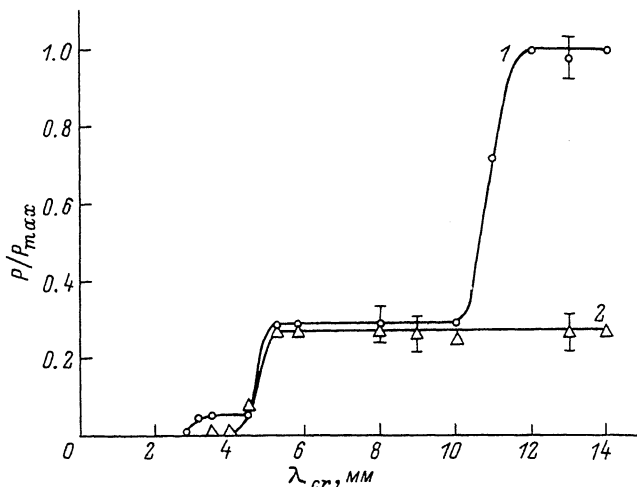


Рис. 1. Спектральные характеристики излучения флима трона для различных значений тока пучка: 1 -  $I_b = 2 \text{ кА}$ , 2 -  $I_b = 1 \text{ кА}$ .  $P_{max} = (65 \pm 5) \text{ МВт}$ ,  $\gamma = 2$ .

баний вблизи полос непрозрачности периодического волновода 5 с добротностями  $Q \gg \frac{2\pi L}{\lambda \beta_{gr}}$ , где  $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$  - длина волны излучения,  $\beta_{gr} c = V_{gr}$  - групповая скорость волны в гладком волноводе,  $L$  - длина волновода.

Геометрические размеры электродинамической системы (средний радиус  $R < 0.3 \frac{d}{\beta}$ ,  $L = 10 d$ ) были выбраны таким образом, что при значениях  $\gamma = 2$  в синхронизме с электронами пучка могли находиться „+1“-е пространственные гармоники волноводных волн типов  $E_{01}$  и  $EH_{11}$ . Причем эффективная обратная связь в низкочастотной области была возможна только за счет переотражения на гофре встречных волн  $E_{01} \leftrightarrow E_{01}$  вблизи первой полосы непрозрачности, а в высокочастотной - посредством трансформации волн  $E_{01} \leftrightarrow E_{01}$ ,  $E_{02}$  и  $H_{11} \leftrightarrow H_{11}$ ,  $E_{11}$ ,  $H_{12}$ ,  $E_{12}$ .

Оценки стартового тока в приближении фиксированной структуры высокочастотного поля [6] дают для  $Q \approx 10^3$  и радиуса пучка  $R_b \approx 0.7 R$  величину  $I_{st} \approx 1 \text{ кА}$ . Так, при токе пучка  $I_b \approx 2 \text{ кА}$ ,  $\gamma = 2$  генератор возбуждался одновременно на трех частотах (рис. 1):  $\lambda_1 = (12 \pm 0.5) \text{ мм}$  с мощностью  $P_1 = (65 \pm 5) \text{ МВт}$  и электронным КПД генерации  $\eta_1 = 7\%$  (чему соответствовал поток энергии электромагнитного поля в волноводе  $W \approx 80 \text{ МВт/см}^2$ );  $\lambda_2 = (4.9 \pm 0.4) \text{ мм}$ ,  $P_2 = (20 \pm 2) \text{ МВт}$ ,  $\eta_2 \approx 2\%$  и  $\lambda_3 = (3.2 \pm 0.3) \text{ мм}$ ,  $P_3 \approx 1 \text{ МВт}$ ,  $\eta_3 \approx 0.1\%$ . Длительность СВЧ-импульсов по полувысоте  $\tau_{свч} \approx 10 \text{ нс}$ . Диаграммы направленности хорошо соответствовали излучению мод; соответственно  $E_{01}$ ,  $E_{01}$  и  $EH_{11}$  из круглого

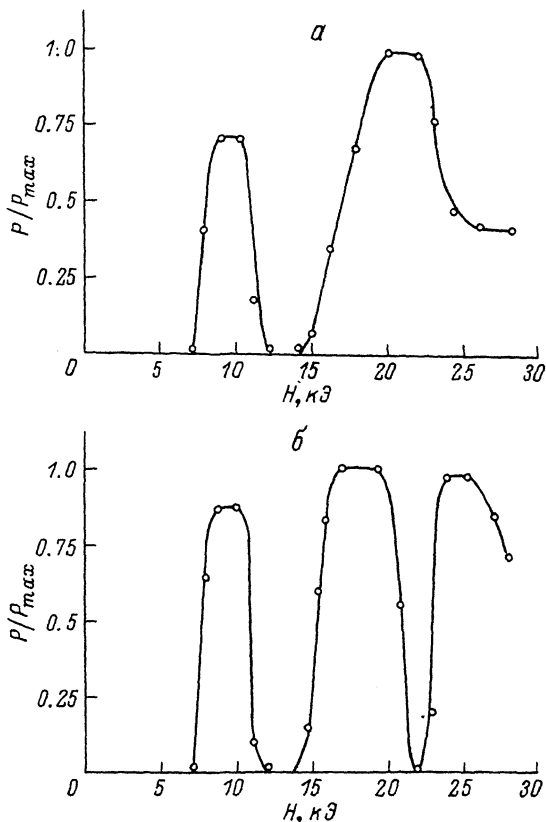


Рис. 2. Характерная зависимость мощности высокочастотного (а)  $\lambda = 4.9$  мм,  $P_{max} = (20 \pm 2)$  МВт и низкочастотного (б)  $\lambda = 12$  мм,  $P_{max} = (85 \pm 5)$  МВт излучения флима трона от величины магнитного внешнего поля.  $I_b = 2$  кА,  $\gamma = 2$ .

волновода. Посредством вариации тока пучка и энергии электронов можно было изменять спектральный состав излучения. В частности, уменьшение тока до 1 кА при неизменной энергии электронов приводило к срыву низкочастотной генерации, что, по-видимому, обусловлено нарушением стартовых условий для данной моды. Мощность излучения с длиной волны  $\lambda \approx 4.9$  мм при этом практически не менялась, а электронный КПД, соответственно, возрастал. При мощности пучка  $P_b \approx 0.5$  ГВт он составил величину около 4%. С увеличением  $\gamma$  примерно на 20% электронами пучка могла взаимодействовать волна  $EH_{21}$ , и в спектре излучения появлялась генерация на длине волны  $\lambda \approx 5$  мм.

Характерная зависимость мощности излучения от величины внешнего магнитного поля (при  $I_b \approx 2$  кА,  $\gamma \approx 2$ ) приведена на рис. 2. Наличие провалов низкочастотного и высокочастотного излучения при  $H_1 \approx 13$  кЭ и низкочастотного при  $H_2 \approx 23$  кЭ обусловлено циклотронным поглощением [7], соответственно попутной и встречной волн резонатора:

$$\omega - h_0 V_{||} \approx \omega_{H_1}, \quad \omega + h_0 V_{||} \approx \omega_{H_2},$$

где  $\omega_H = \frac{eH}{mc\gamma}$  - гирочастота,  $h_0$  - продольное волновое число волны в гладком волноводе. С учетом условия синхронизма для флимаатрона

$$\omega - h_0 V_{||} \approx \frac{2\pi}{d} V_{||} \equiv \bar{h} V_{||}, \quad (1)$$

$$H_1 \approx \frac{mc^2}{e} \bar{h} \beta \gamma,$$

$$H_2 \approx \frac{mc^2}{e} \gamma \left( \frac{2\omega}{c} - \bar{h} \beta \right).$$

Для колебаний, образованных в результате взаимного рассеяния на симметричной гофре встречных волн, обладающих одинаковой поперечной структурой:

$$h_0 \approx n \frac{\bar{h}}{2}, \quad (2)$$

$$H_2 \approx \frac{mc^2}{e} \bar{h} \beta \gamma (n+1),$$

где  $h$  - номер полосы непрозрачности. В флимаатроне возможно также циклотронное поглощение на  $(n+1)$ -й пространственной гармонике встречной волны:  $\omega + h_{+1} V_{||} \approx \omega_{H_3}$ ; с учетом соотношений (1), (2).  $H_3 \approx \frac{mc^2}{e} \bar{h} \beta \gamma (n+2)$ . При  $\gamma \approx 2$ ,  $d = 1,6$  см и  $n = 1$ ,  $H_3 \approx 35$  кЭ. Спад мощности длинноволнового излучения для магнитных полей выше 25 кЭ, по-видимому, обусловлен этим эффектом.

Таким образом, в проведенных экспериментах показана возможность создания мощного генератора миллиметрового диапазона длин волн, основанного на индуцированном излучении Смита-Парселла с высоким доплеровским преобразованием  $\frac{d}{\lambda} \sim \gamma^2$  и КПД 4%.

Авторы искренне признательны В.Л. Братману, А.В. Сморгонскому, Г.Г. Денисову и В.В. Ростову за полезное обсуждение результатов работы.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Smith S.J., Purcell E.M., - Phys. Rev., 92, No 4, p. 1069 (1953).
- [2] Wachtel J.M. - J. Appl. Phys., 50, No 1, p. 49 (1979).
- [3] Братман В.Л., Гинзбург Н.С., Ковалев Н.Ф., Нусинович Г.С., Петелин М.И. В кн.: Релятивистская высокочастотная электроника, Горький, Изд-во ИПФ АН СССР, (1979), с. 249.

- [4] Ельчанинов А.С., Загулов Ф.Я., Коровин С.Д., Месяц Г.А., Ростов В.В.: В кн.: Релятивистская высокочастотная электроника, вып. 2, Горький, Изд-во ИПФ АН СССР, (1981), с. 8.
- [5] Денисов Г.Г., Резников М.Г. - Изв. вузов, Радиофизика, 25, № 5, с. 560 (1982).
- [6] Братман В.Л., Гинзбург Н.С., Денисов Г.Г. В кн.: Релятивистская высокочастотная электроника, вып. 2, Горький, Изд-во ИПФ АН СССР, (1961), с. 237.
- [7] Братман В.Л., Гинзбург Н.С., Нусинович Г.С., Петелин М.И., Юпатов В.К. В кн.: Релятивистская высокочастотная электроника, Горький, Изд-во ИПФ АН СССР, (1979), с. 157.

Поступило в Редакцию  
4 июля 1984 г.

Письма в ЖТФ, том 10, вып. 20

26 октября 1984 г.

#### ДОСТОВЕРНОСТЬ ОПОЗНАВАНИЯ В ГОЛОГРАФИЧЕСКОМ КОРРЕЛЯТОРЕ НА ОСНОВЕ ИНЖЕКЦИОННОГО ЛАЗЕРА

А.И. Золотарев, В.Н. Морозов,  
Ю.М. Попов

Известные достоинства инжекционных лазеров (ИЛ), такие как малые размеры, высокий КПД, возможность непосредственной модуляции излучения током инжекции, низковольтное питание делают их весьма перспективными источниками излучения для систем оптической обработки информации. Однако излучение большинства типов ИЛ в режиме развитой генерации обладает, как правило, более низкой по сравнению с газовыми лазерами степенью пространственной и временной когерентности, что может накладывать некоторые ограничения на реально достижимые характеристики системы обработки.

Уже известен ряд работ, демонстрирующий возможность применения ИЛ в когерентных корреляторах [1-4]. Нами в качестве объекта исследования была выбрана классическая схема голографической согласованной пространственной фильтрации - коррелятор Ван дер Люгта [5]. Результаты теоретического и экспериментального исследования влияния когерентности излучения ИЛ на форму корреляционного сигнала представлены в [6-9]. Полученные результаты позволяют оценить ряд характеристик коррелятора, в частности достоверность опознавания при решении задачи опознавания детали изображения.

При использовании стандартного алгоритма анализа корреляционного поля - сравнения текущего значения сигнала на выходе скани-