

Разработанный КРВ перспективен для использования в усилительной цепочке в качестве как выходного каскада с входным маломощным (сотые доли Вт) генератором, так и самостоятельного миллиметрового генератора с внешней обратной связью.

Были рассмотрены возможности расширения рабочей полосы усиления без ухудшения энергетических характеристик прибора.

Литература

1. А. с. 1529995 РФ. Резонаторная система с распределенным взаимодействием СВЧ-прибора "О" типа/ Андрушке-

вич В. С., Тореев А. И., Федоров В. К., Собянина Е. В.// Б. И. 1993. № 47. 48. С. 189.

2. *Вайнштейн Л. А., Солнцев В. А.* Лекции по сверхвысокочастотной электронике. — М.: Советское радио, 1973.

3. А. с. 1561741 РФ. Электронная пушка/ Тореев А. И., Собянина Е. В., Патрушева Е. В., Фалькенгоф А. Е.// Б. И. 1993. № 47. 48. С. 189—190.

4. *Гамаюнов Ю. Г., Тореев А. И., Патрушева Е. В.* Влияние прикатодных условий на возмущение и предельное сжатие интенсивных электронных пучков при наличии начальных тепловых скоростей электронов// Радиотехника и электроника. 2001. Т. 46. № 5. С. 593—595.

5. А. с. 1426331 РФ. Магнитная фокусирующая система для СВЧ-прибора/ Тореев А. И., Явчуновский В. Я., Шемчик С. В. и др.// Б. И. 1993. № 41, 42. С. 218.

Статья поступила в редакцию 14 февраля 2008 г.

Millimeter-wave extended interaction amplifier klystron

A. I. Toreev, V. K. Fedorov
Saratov State University, Saratov, Russia

Design, and also calculated and experimental characteristics of the packaged five-resonator pulsed extended interaction klystron amplifier, targeted for use in the millimeter wave apparatus including – in power amplifier chains with input low-power solid oscillator, are presented. In the experimental model of V-band klystron, the gain value to 50 dB, pulsed power about 2 kW and relative bandwidths (3 dB) of 0.25—0.35 % at the beam voltage 18 kV and beam current 0.5 A are provided. Possibilities of the klystron bandwidth widening are considered.

УДК 621.385.833

Компьютерный анализ характеристик электронно-оптической системы широкоформатного электронно-оптического преобразователя с электростатической фокусировкой и быстрой разверткой изображения

И. В. Балашов, А. Б. Костин, Ю. К. Славнов
ФГУП "НИИ импульсной техники", Москва, Россия

В. И. Креопалов, Ю. В. Куликов
Московский институт радиотехники, электроники и автоматики (Технический университет), Москва, Россия

Приведены результаты компьютерного анализа характеристик электронно-оптической системы (ЭОС) с электростатической фокусировкой, предназначенной для использования в широкоформатном электронно-оптическом преобразователе (ЭОП) с временным разрешением порядка 1 пс по всему рабочему полю вдоль пространственной оси. Полученные результаты могут быть полезными при создании систем высокоскоростной фотохронографии.

Введение

Одним из основных элементов систем высокоскоростной фотохронографии, определяющим их пространственно-временные характеристики (вре-

менное разрешение, информационную емкость изображения и т. д.), является ЭОП.

Наряду с задачей повышения временного разрешения систем высокоскоростной фотохронографии не менее актуальным является существен-

ное увеличение размеров рабочего поля фотокатода ЭОП вдоль пространственной оси, в пределах которого временное и пространственное разрешение остается высоким и достаточно равномерным. Увеличение рабочего поля ЭОП, как известно [1, 2], может быть осуществлено с помощью установки на пути электронного пучка криволинейной мелкоструктурной сетки.

В случае систем высокоскоростной фотохронографии эта идея была успешно реализована в широкоформатном ЭОП с магнитной фокусировкой и быстрой разверткой изображения [3].

Схема ЭОС этого ЭОП представлена на рис. 1, а.

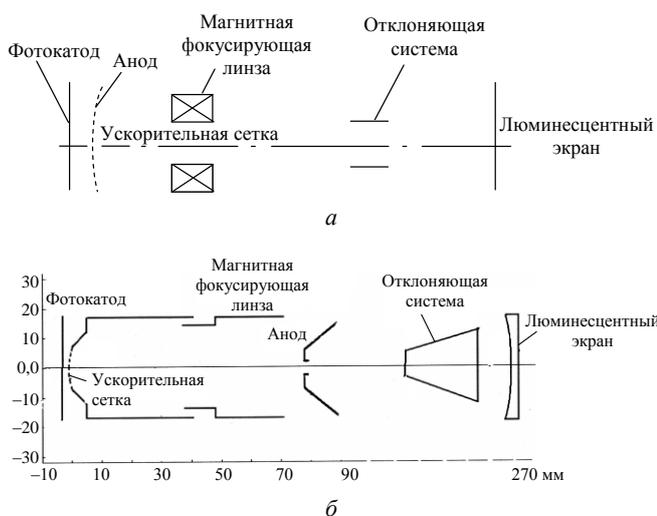


Рис. 1. Электронно-оптическая система:

а — широкоформатного ЭОП с магнитной фокусировкой;
б — с электростатической фокусировкой и со сферической ускорительной сеткой

В этом ЭОП анод и ускорительная сетка совмещены, что позволяет разделить функции ускорения пучка и его фокусировки. В работе [3] показано, что при определенной кривизне сетки удается сформировать кроссовер в средней плоскости магнитной линзы. Это позволяет существенно снизить пространственные и временные полевые aberrации и тем самым увеличить рабочее поле фотокатода. Однако в силу известных недостатков (масса, габаритные размеры, дополнительный источник питания) применение магнитной фокусировки в ЭОП не всегда представляет интерес для практики. С другой стороны, судя по известной литературе, примеры использования криволинейной мелкоструктурной сетки в аналогичных по назначению ЭОП с электростатической фокусировкой авторам неизвестны. Таким образом, представляется весьма актуальным изучить возможность применения описанной выше идеи в ЭОП с электростатической фокусировкой и быстрой разверткой изображения.

Компьютерный анализ

Было проведено компьютерное исследование конкретной конструкции ЭОС. Эскиз конструкции этой ЭОС схематично представлен на рис. 1, б. Задача решалась как оптимизационная в следующей постановке.

- *Исходные данные для поиска оптимальной конструкции ЭОС:*

рабочее поле фотокатода — 10 мм;
фотокатод сурьмяно-цезиевый;
ускоряющее напряжение — 10 кВ;
скорость развертки — $0,7 \cdot 10^{11}$ мм/с.

- *Технические ограничения:*

общая длина ЭОС вдоль оси < 270 мм;
диаметр ЭОС < 40 мм.

- *Варьируемые параметры:*

радиус кривизны сетки > 26 мм;
радиус кривизны экрана > 57 мм;
потенциал сетки < 10 кВ;
потенциал фокусирующего электрода < 10 кВ.

- *Искомые величины (функционалы):*

увеличение в центре < 2,5;
пространственное разрешение по рабочему полю вдоль пространственной оси > 40 штр/мм;
временное разрешение по рабочему полю вдоль пространственной оси < 1 пс;
временная задержка на краю рабочего поля < 2 пс;
пространственная дисторсия на краю рабочего поля < 2 %.

Оптимизация производилась с помощью известного пакета прикладных программ ELIM-E [4] в следующем порядке.

1. Фиксируем радиус экрана на минимально допустимом уровне 57 мм.

2. Подбираем потенциал фокусирующего электрода, радиус кривизны сетки и потенциал сетки такими, чтобы:

- обеспечить положение кроссовера вблизи максимума второй производной осевого распределения потенциала;

- не допустить виньетирования изображения анодной диафрагмой;

- обеспечить положение плоскости Гаусса, близкое к положению экрана, расположенного на расстоянии 270 мм от фотокатода.

3. Фиксируем полученный в результате выполнения п. 2 радиус сетки и ее потенциал и далее варьируем потенциал фокусирующего электрода. В результате получаем зависимости пространственного и временного разрешения в центре и на краю рабочего поля фотокатода от потенциала фокусирующего электрода (рис. 2).

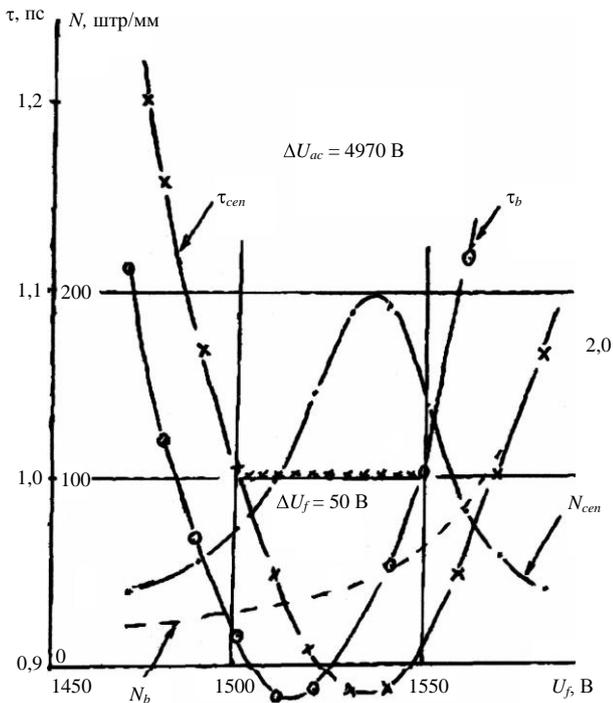


Рис. 2. Характер зависимостей пространственного и временного разрешения в центре и на краю рабочего поля фотокаатода от потенциала фокусирующего электрода при фиксированном потенциале мелкоструктурной сетки:

U_f — потенциал фокусирующего электрода относительно фотокаатода; U_{ac} — потенциал ускорительной сетки; N_{cen} — пространственное разрешение в центре; N_b — пространственное разрешение на краю фотокаатода; τ_{cen} и τ_b — временное разрешение в центре и на краю, соответственно; ΔU_f — интервал значений потенциала фокусирующего электрода

Из анализа рис. 2 видно, что существует некоторая область (отмечена крестиками), в пределах которой все требования по пространственному и временному разрешению выполняются. Заметим, что величина этой области лимитируется требованиями к временному разрешению в центре и на краю рабочего поля.

4. Варьируем потенциал ускорительной сетки и получаем зависимости потенциалов фокусирующего электрода, в пределах которых временное разрешение в центре и на краю не превосходит 1 пс (рис. 3).

На рис. 3 показана зависимость увеличения M в центре от потенциала сетки.

Кривая 1 соответствует временному разрешению в центре на уровне 1 пс, кривая 2 — временному разрешению на краю рабочего поля на том же уровне.

Из анализа рис. 3 видно, что с увеличением потенциала сетки растет интервал значений потенциала фокусирующего электрода, в рамках которого временное разрешение остается в пределах 1 пс. Однако при увеличении потенциала фокусирующего электрода сверх 4800 В увеличение выходит

из указанного выше верхнего предела 2,5. Напротив, при уменьшении потенциала фокусирующего электрода увеличение оказывается в норме, но интервал допустимых значений фокусирующего электрода уменьшается до неприемлемых с практической точки зрения величин (несколько вольт).

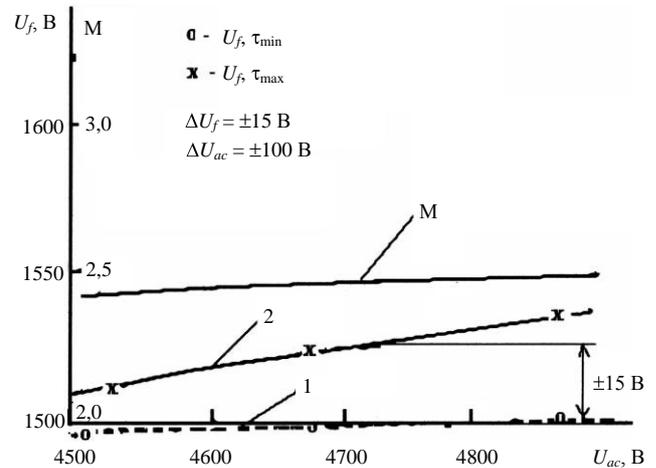


Рис. 3. Графики зависимости граничных значений потенциала фокусирующего электрода от потенциала мелкоструктурной сетки, в пределах которых временное разрешение по рабочему полю менее 1 пс:

1 — нижняя граница τ_{cen} ; 2 — верхняя граница τ_b ; M — увеличение как функция ускоряющего потенциала сетки

Таким образом, рабочую зону предпочтительно выбрать в правой части (см. рис. 3). Если зафиксировать этот интервал на уровне ± 15 В, то ему соответствуют потенциал сетки 4700 В и интервал допустимых вариаций потенциала сетки в пределах ± 100 В.

Итак, решение поставленной задачи получено.

Ниже приведены основные электронно-оптические и конструктивные характеристики широкоформатного ЭОП с электростатической фокусировкой, полученные в результате компьютерных исследований:

- оптическая длина ЭОС 257 мм;
- радиус кривизны мелкоструктурной сетки 26,8 мм;
- увеличение в центре 2,5;
- рабочее поле фотокаатода 10 мм;
- дисторсия на краю рабочего поля менее 1 %;
- пространственное разрешение по рабочему полю не менее 40 штр/мм;
- временное разрешение по рабочему полю менее 1 пс;
- временная задержка на краю рабочего поля менее 1,5 пс.

Полученные характеристики достигнуты при вариации потенциала сетки в пределах ± 100 В и вариации потенциала фокусирующего электрода в пределах ± 15 В.

Заключение

Задача создания широкоформатного ЭОП с электростатической фокусировкой и указанными выше требованиями к пространственному и временному разрешению теоретически вполне осуществима. Практически же это подтверждается тем, что аналогичное компьютерное исследование привело к созданию широкоформатного ЭОП с магнитной фокусировкой, который нашел практическое применение в известном рентгеновском анализаторе СХР8 [3].

Следует отметить, что практическая реализация ЭОП на основе описанной выше ЭОС с электростатической фокусировкой сопряжена с необходимостью учета весьма жестких требований к конструктивным размерам и источнику питающих напряжений.

Литература

1. Куликов Ю. В., Дашевский Б. Е., Игнатъев А. Н., Иванов В. Я. Катодная линза с квазисферическим полем// Опτικο-механ. пром-сть. 1979. № 11. С. 41.
2. Федоров В. Ю., Кулакова Р. И., Лазарев М. Д. и др. Электронно-оптические преобразователи с сеточными электродами// Специальная техника. 2002. № 5.
3. Даниленко К. Н., Зюзин Л. Н., Костин А. Б., Куликов Ю. В., Славнов Ю. К. Широкоформатный электронно-оптический преобразователь с магнитной фокусировкой и быстрой разверткой изображения// Приборы и техника эксперимента. 2006. № 6. С. 92.
4. Куликов Ю. В. Об опыте создания программно-методического обеспечения для расчета эмиссионных электронно-оптических изображающих систем// Прикладная физика. 1996. № 3. С. 66.

Статья поступила в редакцию 14 ноября 2007 г.

Computer analysis characteristics of electron-optical systems of wide-frame streak tube with electrostatic focusing and fast sweep-time

I. V. Balachov, A. B. Kostin, Yu. R. Slavnov

The State Unitary Enterprise "Research Institute of Pulse Technique", Moscow, Russia

V. I. Kreopalov, Yu. V. Kulikov

Moscow State Institute of Radioengineering, Electronics and Automation (Technical University), Moscow, Russia

Presented in the article are the results of computer analysis of the characteristics of electron-optical systems with electrostatic focusing, which are intended for the large-format streak tubes with the temporal resolution about 1 ps over the entire working region along the spatial axis. The obtained results can be used for developing the high-speed photochronography systems.

УДК 535.8

Имитационная модель сигналов смотрящих и сканирующих оптико-электронных приборов

П. М. Жидков, В. С. Красоткин, В. В. Прокофьев, А. В. Борошнев
ФГУП «ЦНИИ "Комета"», Москва, Россия

И. В. Кузьмина

Московский институт радиотехники, электроники и автоматики, Москва, Россия

Рассмотрены принципы реализации имитационных моделей различных оптико-электронных приборов.

Введение

При проектировании и сопровождении систем наблюдения, включающих оптико-электронные приборы (ОЭП), используют имитационные модели, содержащие модель среды, модель оптико-электронной аппаратуры и средства обработки

информации ОЭП. Имитационная модель ОЭП преобразует пространственно-временное распределение облученности зрачка в модельные кадры информации. Основу модели составляет преобразование распределения облученности фотоприемного устройства (ФПУ) в сигналы [1, 2]: