

УДК 533.537

## ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ОПТИКИ МНОГОЛУЧЕВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОТОКОВ И ИХ РЕШЕНИЕ

*П. В. Невский*

Государственное научно-производственное предприятие "Торий", Москва, Россия

*Изложены основные проблемы электронной оптики многолучевых электронных потоков. Предложены новая магнитная фокусирующая система, новая электронная пушка и новая система расфокусировки лучей в коллекторе для многолучевых потоков. Отмечено, что практическое использование этих систем позволяет значительно улучшить параметры приборов, в которых используются многолучевые потоки.*

Основным недостатком известных однолучевых электронно-оптических систем является низкий первеанс (обычно  $1-2 \text{ мкА/В}^{3/2}$ ), что приводит к необходимости использования высоких анодных напряжений для формирования электронных потоков большой мощности (используемых, например, в мощных СВЧ-приборах).

В многолучевых электронных потоках первеанс может быть увеличен в 10 раз и более, что позволяет в 2-3 раза снизить величину анодного напряжения прибора.

При практическом использовании многолучевых электронных потоков возникает необходимость решения следующих трех проблем многолучевой электронной оптики:

создание легких и компактных магнитных систем, фокусирующих многолучевые электронные потоки;

создание электронных пушек, формирующих сходящиеся многолучевые электронные потоки;

создание коллекторов, формирующих расходящиеся многолучевые электронные потоки.

Ниже излагаются основные результаты решения указанных проблем, каждая из которых представляет собою решение сложной задачи трехмерной электронной оптики.

### **Создание легких магнитных систем, фокусирующих многолучевые электронные потоки**

Исследования различных типов фокусирующих систем показали, что наиболее целесообразным для фокусировки многолучевых электронных потоков является использование реверсной магнитной системы [1]. Устройство ее показано на рис. 1. Она состоит из последовательности полюсных наконечников 1, в центральной части которых 2 выполнены отверстия 3 для прохождения электронных лучей 5, формируемых многолучевой электронной пушкой 4. На наружной части наконечников сделаны выступы 6, на которые устанавливаются радиально намагниченные магниты 7. Магниты соединены между собой переключателями 8 и намагничены в противоположных направлениях.

На рис. 2 показаны траектории электронов в парциальной пушке многолучевого потока. Первеанс формируемого луча составляет  $0,56 \text{ мкА/В}^{3/2}$ , пушка формирует электронный луч с ламинарными траекториями.

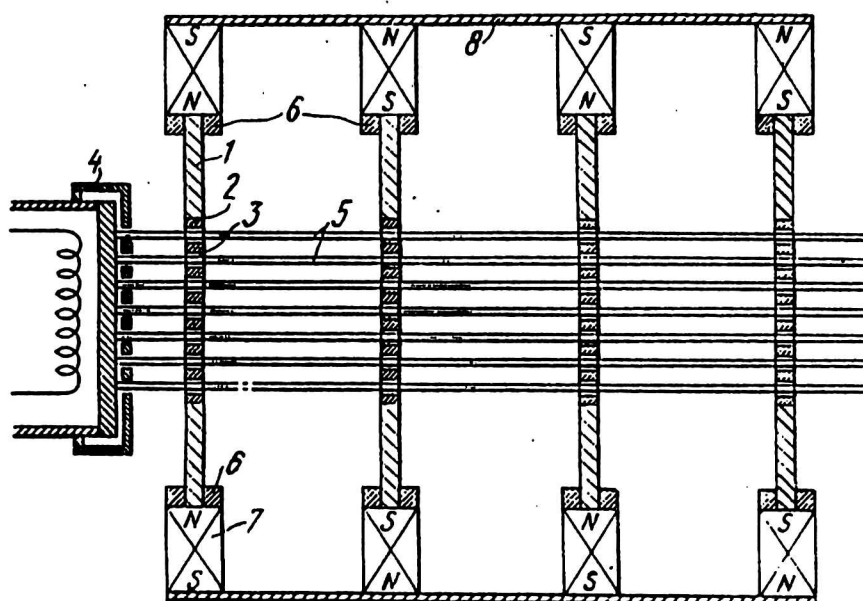


Рис. 1. Устройство реверсной фокусирующей системы многолучевого потока

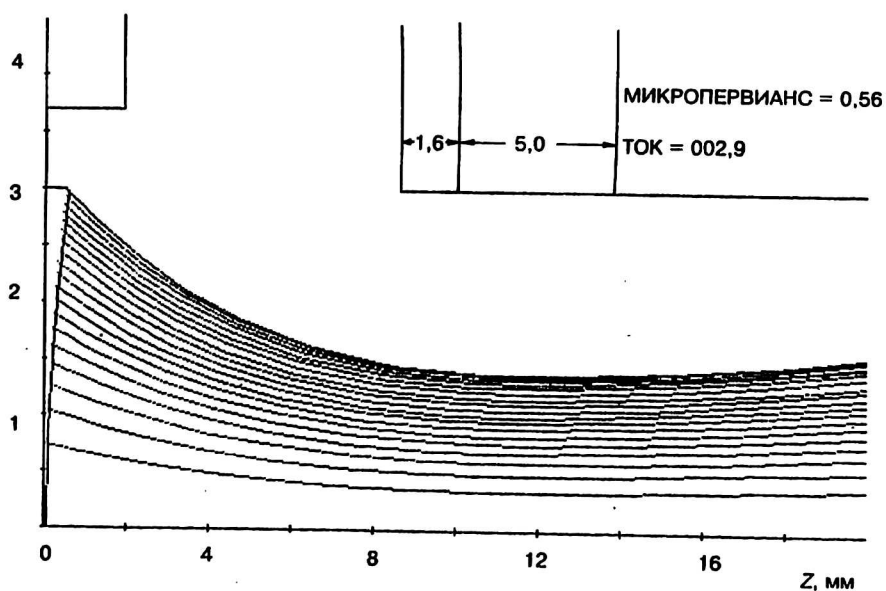


Рис. 2. Траектории электронов в ЭОС

На рис. 3 показаны распределение продольной составляющей магнитного поля на оси луча 1 и результаты расчета траекторий электронов 2. Из рис. 3 следует, что в пролетном канале 3 формируется ламинарный электронный луч, коэффициент заполнения канала лучом составляет при этом около 0,5.

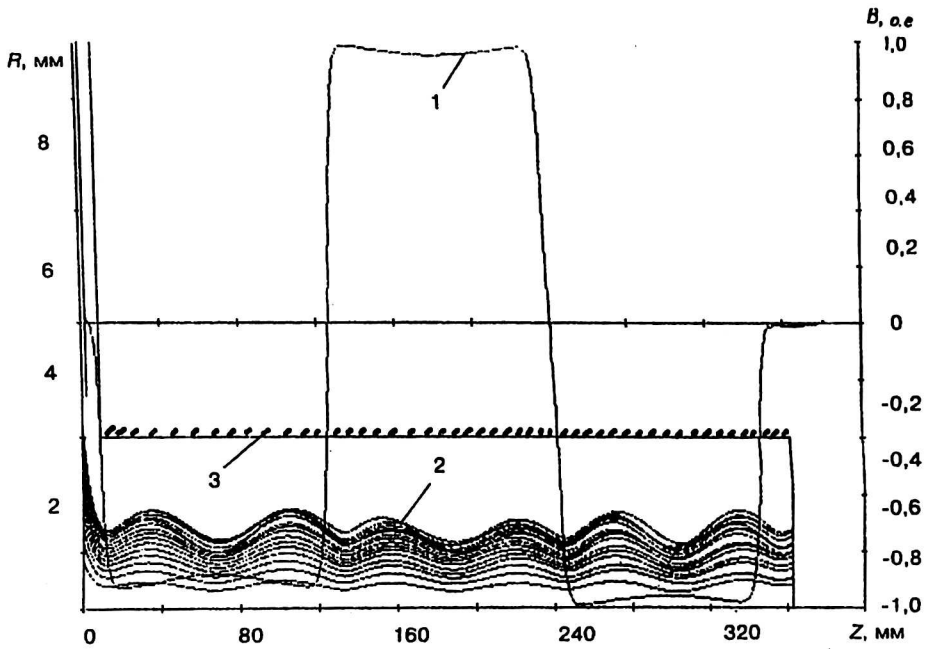


Рис. 3. Результаты расчета траекторий электронов

На рис. 4 показаны результаты измерения трех составляющих магнитного поля ( $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$ ) на оси парциального луча, а на рис. 5 — результаты расчета огибающей луча в трехмерном магнитном поле. Из рис. 4 и 5 следует, что и при учете всех трех составляющих магнитного поля обеспечивается полное прохождение электронного луча при коэффициенте заполнения канала лучом около 0,5.

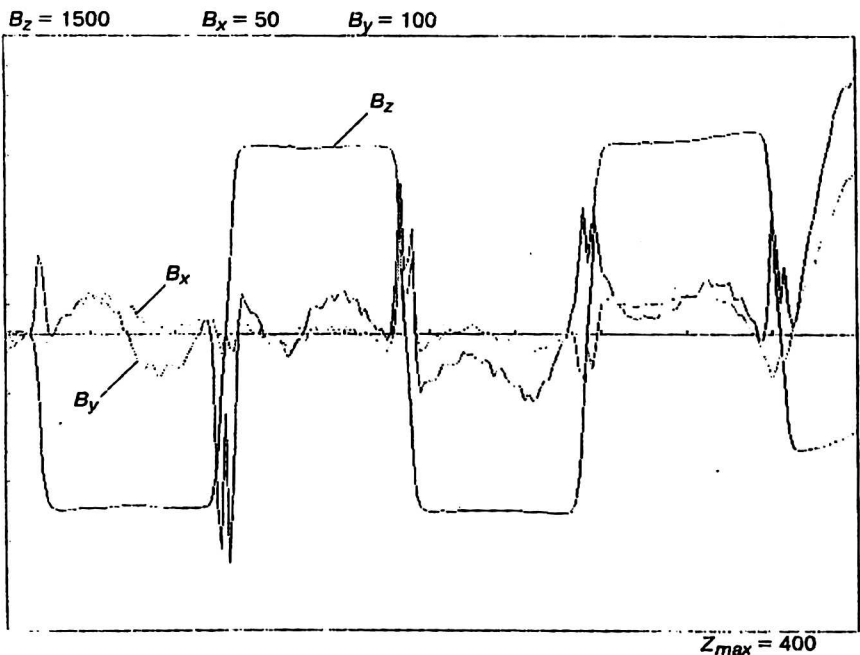
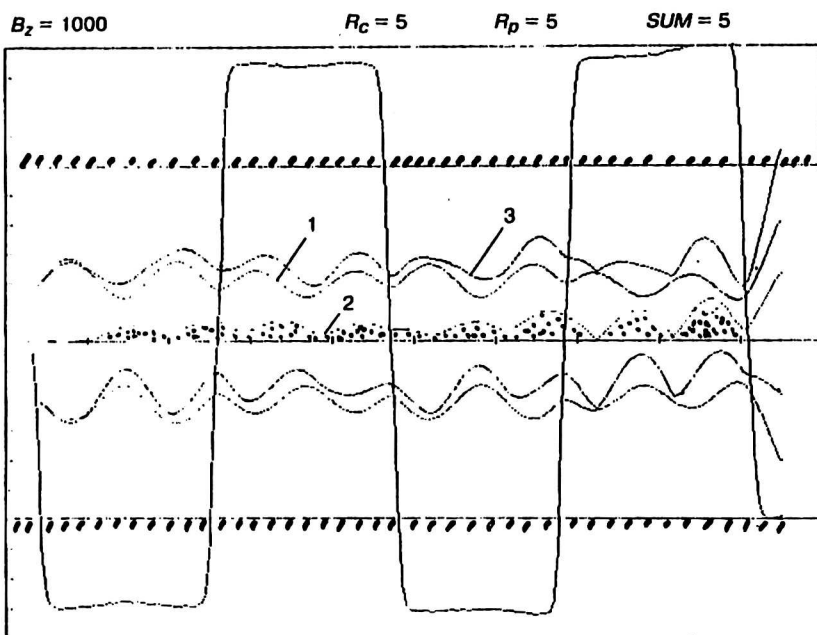


Рис. 4. Результаты измерения трех составляющих магнитного поля



*Рис. 5. Результаты расчета пучка:*  
 1 — огибающая пучка в двумерном магнитном поле; 2, 3 — центральная траектория и огибающая пучка в трехмерном магнитном поле

Практическое использование реверсных магнитных систем показало, что они позволяют обеспечить правильное формирование электронных лучей и снизить вес фокусирующей системы по сравнению с системой, создающей однородное магнитное поле, в  $(N+1)^2$  раза, где  $N$  — число реверсов магнитного поля.

### Создание электронных пушек, формирующих сходящиеся многолучевые электронные потоки

На рис. 6 показано устройство многолучевой электронной пушки, формирующей электронные лучи, сходящиеся относительно криволинейных осей [2]. Пушка состоит из катодов 1, центры которых расположены на окружностях разного диаметра сферического 2 и плоского 3 полюсных наконечников. Между полюсными наконечниками, выполненными из магнитомягкого материала, создано магнитное поле, распределение продольной составляющей  $B_z$  которого показано на рис. 6. Здесь же показаны огибающие электронных лучей 4, формируемых сложным трехмерным магнитным полем, созданным в пространстве между полюсными наконечниками 2 и 3. За плоским полюсным наконечником фокусировка лучей осуществляется описанным выше реверсным магнитным полем.

Экспериментальное исследование 36-лучевой электронно-оптической системы, состоящей из этой пушки и реверсной магнитной системы, показало, что она позволяет сохранить параметры прибора и снизить плотность тока на катоде в 1,8 раза по сравнению с известными прямоосными многолучевыми пушками.

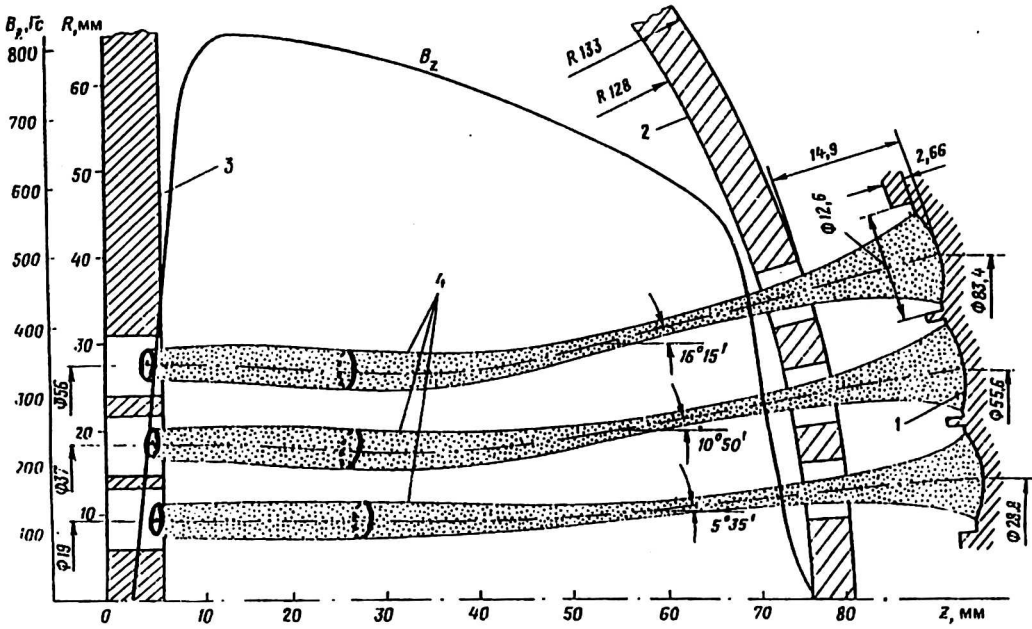


Рис. 6. Устройство криволинейной многолучевой электронной пушки

### Создание коллекторов, формирующих расходящиеся многолучевые электронные потоки

На рис. 7 показано распределение магнитного поля ( $B_z, B_\rho$ ) в коллекторе, в котором осуществлена сильная расходимость парциальных лучей многолучевого электронного потока [3]. Такое распределение магнитного поля реализовано за счет расположения экранирующих полюсных наконечников. Экспериментальное исследование такого способа расфокусировки многолучевого потока в коллекторе показало, что его использование позволяет значительно снизить плотность удельной мощности на коллекторе и уменьшить его габаритные размеры.

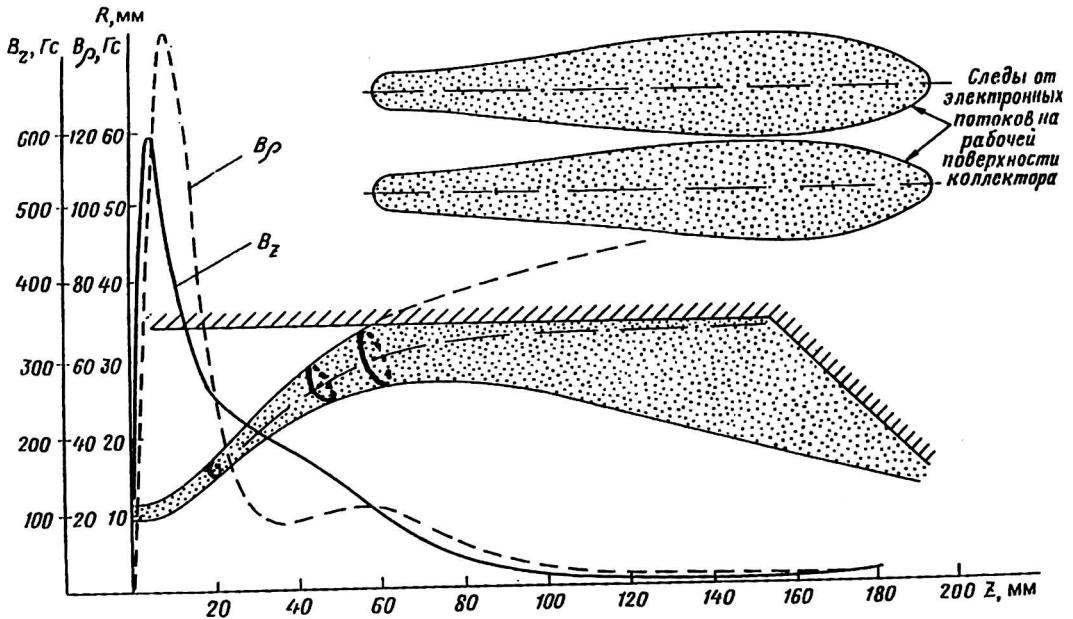


Рис. 7. Распределение магнитного поля в коллекторе

Таким образом, решение основных проблем электронной оптики многолучевых электронных потоков позволяет значительно улучшить параметры многолучевых электронных приборов. Для проектирования описанных выше систем создан комплекс программ и специальных измерительных установок. Новые системы исследованы экспериментально и используются практически.

#### Л и т е р а т у р а

1. Drozdov S. S., Nevsky P. V. Reversible periodic magnetic focusing system: United States Patent 4,433,270 Feb. 21, 1984.
2. Гаврилов О. Ю., Невский П. В. Многолучевая электронная пушка: Пат. РФ 1136666. 7.04.1983.
3. Богуславский В. Г., Невский П. В. и др. Многолучевой СВЧ-прибор О-типа. Пат. РФ 1658772. 14.08.1989.

### GENERAL PROBLEMS OF THE ELECTRON OPTIC OF MULTIBEAM ELECTRON FLOWS AND THEM RESOLVE

*P. V. Nevsky*

State Research-Industry Interprise "Toriy", Moscow, Russia

*Write general problems of the electron optic of multibeam electron flow. Propose the new magnetic focusing system, the new electron gun and the new widening collector system for the multibeam flow. Use new systems permit to improve parameters of variety multibeam electron devices.*