

УДК 621.385.6

## Моделирование "паразитной" термоэлектронной эмиссии с примыкающей к катоду поверхности корпуса катода в электронно-оптических системах приборов СВЧ

А. И. Петросян, В. И. Роговин

ФГУП «Научно-производственное предприятие "Алмаз"», г. Саратов, Россия

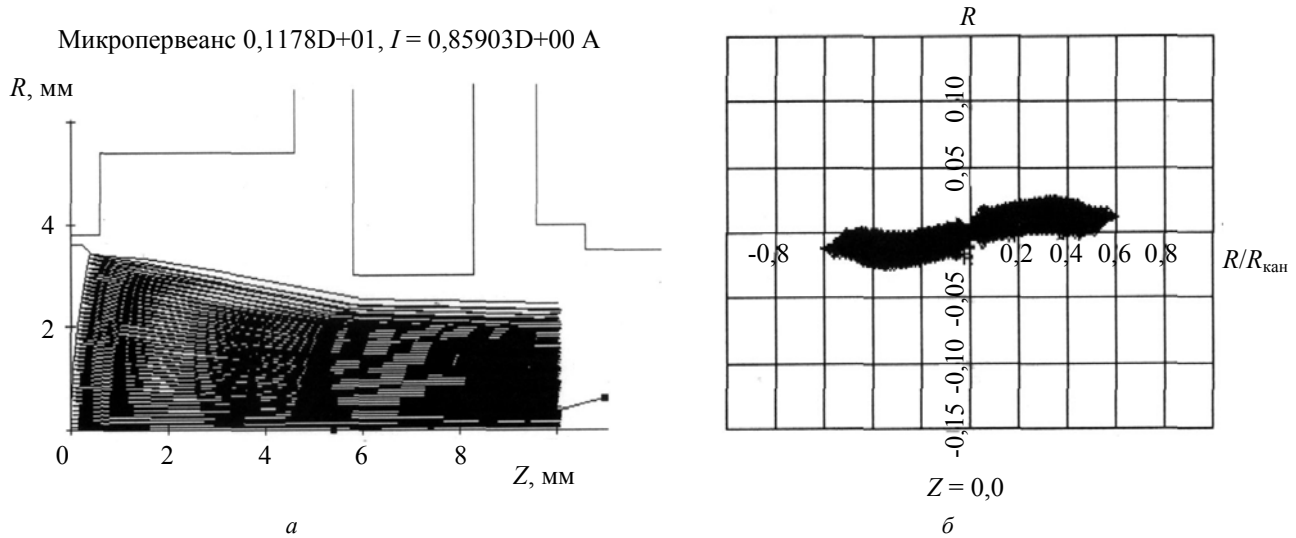
*Проведен расчет тока и электронных траекторий как "паразитного" пучка, эмитированного с корпуса катода, так и пучка, эмитированного катодом. Обнаружено, что ток "паразитного" пучка составляет несколько процентов от тока катода. Показано, что оба пучка объединяются в один. Рассчитана фокусировка объединенного пучка в магнитной периодической фокусирующей системе (МПФС). Отмечено, что в пушках с большой компрессией пучка по площади (порядка 35 и выше) "паразитный" пучок заметно увеличивает заполнение пролетного канала объединенным пучком. Предложены способы подавления "паразитной" эмиссии с корпуса катода.*

Примыкающая к пропитанному металлопористому катоду [1] поверхность молибденового корпуса катода имеет температуру порядка 1000 °С и в результате напыления и миграции активного вещества с катода способна (при наличии положительного градиента потенциала) обеспечить "паразитную" термоэлектронную эмиссию в режиме ограничения тока пространственным зарядом пучка [2]. Очевидно, что "паразитные" электроны имеют большие поперечные скорости, чем электроны, эмитированные катодом, и могут ухудшить токопрохождение прибора СВЧ. Поэтому расчет тока (по закону "3/2") и траекторий (методом крупных частиц) "паразитного" пучка, эмитированного с корпуса катода, является актуальной задачей, тем более что таких расчетов, насколько известно авторам, ранее не проводилось. © Петросян А. И., Роговин В. И., 2007

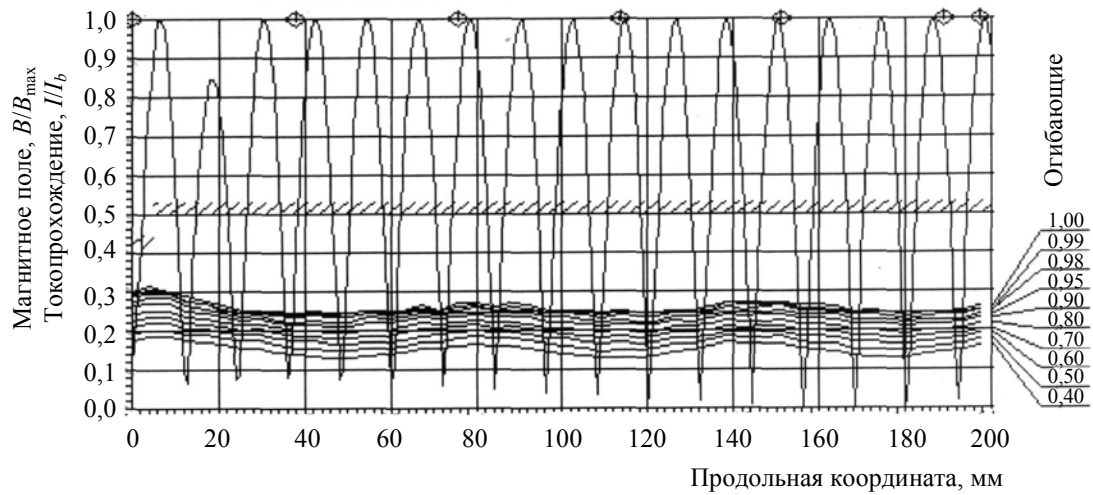
В данной работе по модернизированной версии программы [3] проведено моделирование электронного пучка с малой (2,5) и с умеренно большой (35) компрессией пучка по площади в электронной пушке и МПФС [4] как без учета "паразитной" эмиссии (рис. 1, 2), так и с ее учетом (рис. 3, 4). В пушке с малой компрессией (см. рис. 3, а) ток "паразитной" эмиссии составляет 4,8 % от суммы тока катода и тока "паразитной" эмиссии. Видно также (см. рис. 3, а), что под действием электростатического поля "паразитный" пучок изгибается и под малым углом присоединяется к

пучку, эмитированному катодом. При этом "паразитный" пучок вносит в фазовый портрет [4] объединенного пучка (см. рис. 2, б) дополнительную площадь, которая содержит "паразитные" электроны, имеющие поперечные скорости. В отсутствие "паразитного" пучка фазовый портрет пучка (см. рис. 1, б) такой площади не имеет. Отметим, что физический смысл имеет только правая половина рисунка фазового портрета пучка (там где  $R$  — неотрицательное число), а левая половина рисунка введена по аналогии с фазовым эллипсом многоскоростного пучка [5].

Будем использовать фазовый портрет пучка для характеристики поперечных скоростей электронов на входе в МПФС. Интересно отметить, что, несмотря на увеличенные поперечные скорости объединенного пучка, содержащего "паразитные" электроны, его фокусировка обеспечивает практически такое же заполнение пролетного канала пучком (см. рис. 3, в), как и фокусировка пучка без "паразитной" эмиссии (см. рис. 1, в). Таким образом, в электронно-оптических системах (ЭОС) прибора СВЧ с малой компрессией пучка "паразитная" эмиссия с корпуса катода практически не приводит к увеличению токооседания на пролетный канал (по крайней мере в статическом режиме, т. е. в отсутствие высокочастотного сигнала).



Расчет многоскоростного пучка в пролетном канале

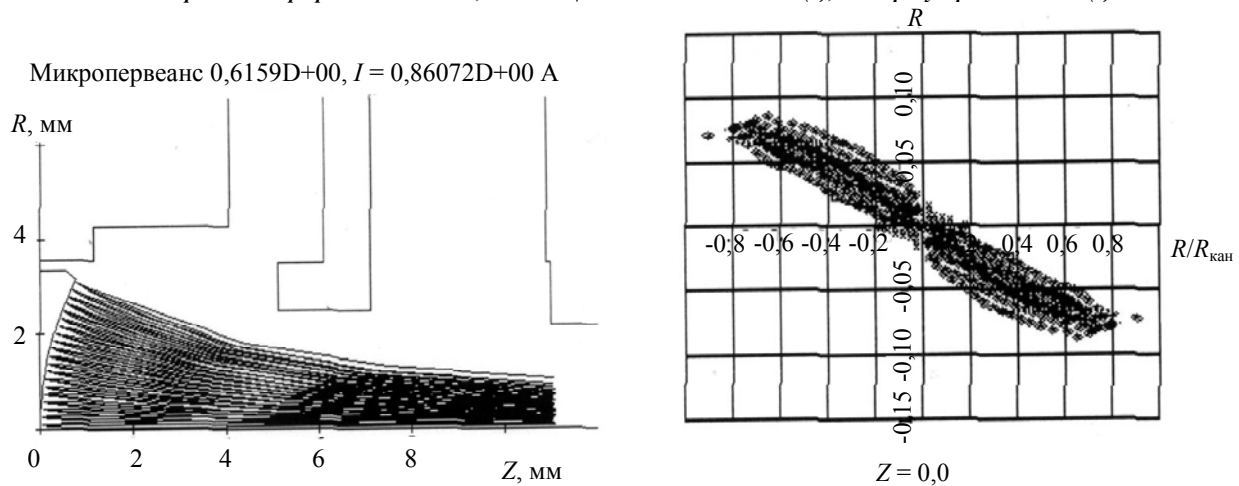


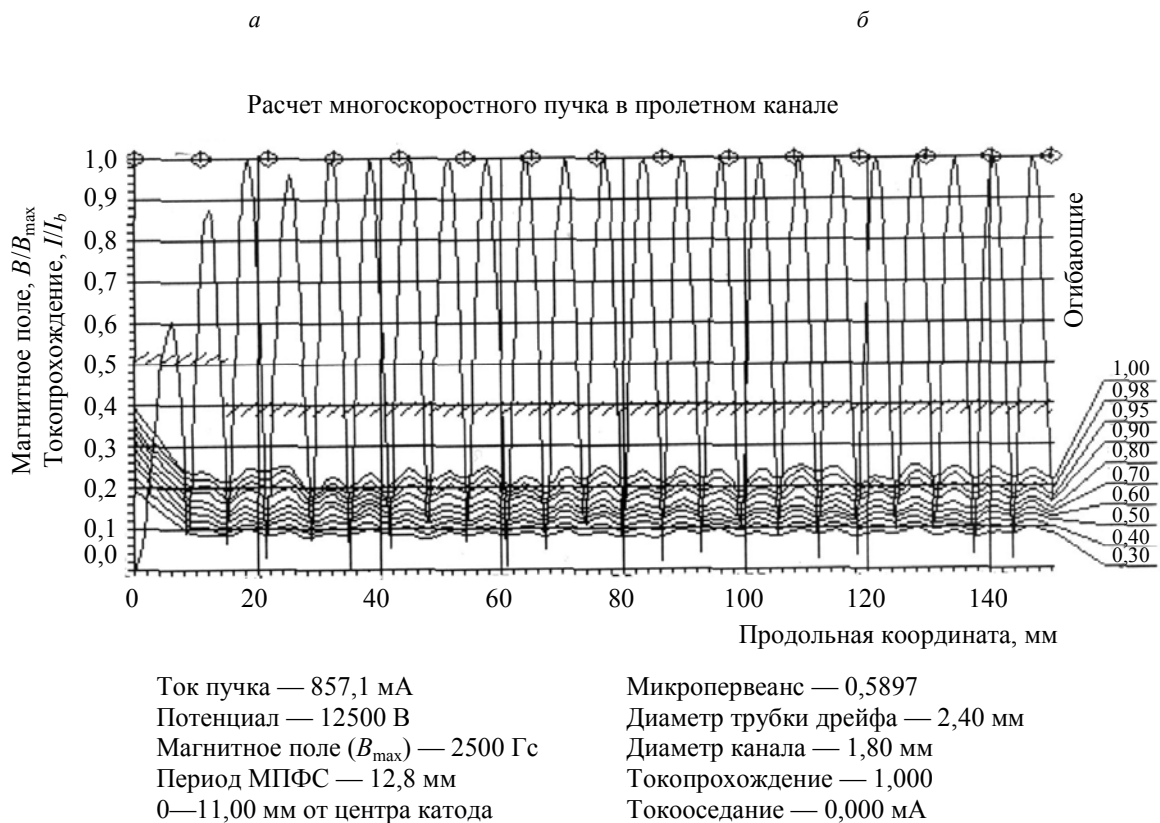
Ток пучка — 856,0 мА  
Потенциал — 8100 В  
Магнитное поле ( $B_{max}$ ) — 580 Гс  
Период МПФС — 24,0 мм  
0—10,00 мм от центра катода

Микропервеанс — 1,1743  
Диаметр трубки дрейфа — 7,00 мм  
Диаметр канала — 8,40 мм  
Токопрохождение — 1,000  
Токооседание — 0,000 мА

*б*

Рис. 1. Формирование электронного пучка с компрессией 2,5 в пучке без учета "паразитной" эмиссии с корпуса катода (*a*), его фазовый портрет в плоскости, отстоящей от катода на 10 мм (*б*), и его фокусировка МПФС (*в*)





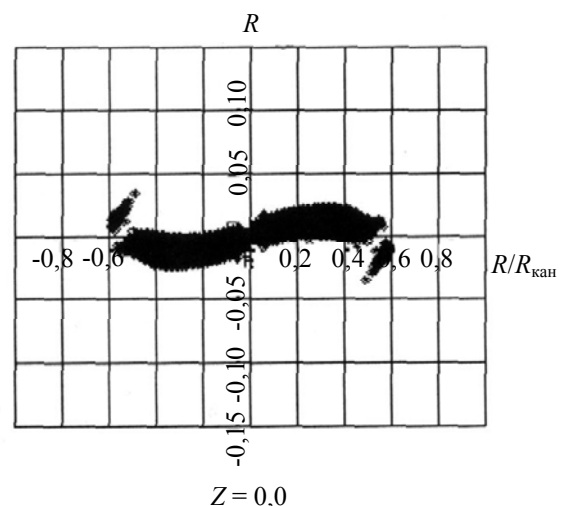
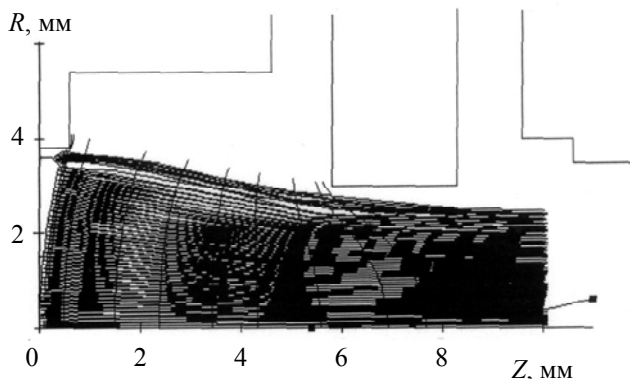
в

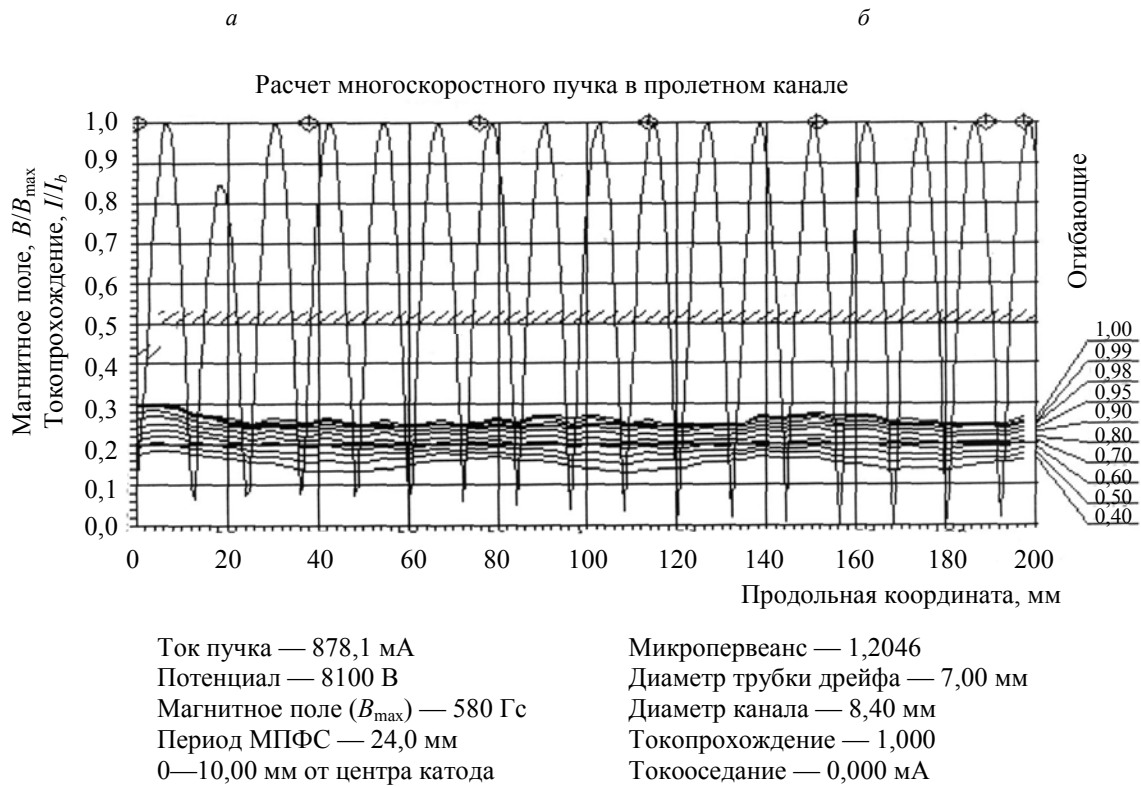
Рис. 2. Формирование электронного пучка с компрессией 35 в пучке без учета "паразитной" эмиссии с корпуса катода (а), его фазовый портрет в плоскости, отстоящей от катода на 11 мм (б), и его фокусировка МПФС (в)

Рассмотрим моделирование электронного пучка с умеренно большой (35) компрессией в электронной пушке и в МПФС как без учета паразитной эмиссии (см. рис. 2), так и с ее учетом (см. рис. 4). Видно (см. рис. 4, а), что ток паразитной эмиссии составляет в данной пушке 4,9 % от суммы тока катода и тока "паразитной" эмиссии. Под действием электростатического поля "паразитный" пучок изгибается и под небольшим углом присоединяется к пучку, эмитированному катодом. С возрастанием компрессии пучка увеличилась и площадь фазового портрета пучка (см. рис. 1, б и 2, б), т. е. выросли поперечные скорости электронов. Возросла и дополнительная площадь в фазовом портрете пуч-

ка, содержащая "паразитные" электроны (см. рис. 3, б и 4, б). Фокусировка пучка (см. рис. 4, в), сформированного электронной пушкой (см. рис. 4, а) с "паразитной" эмиссией электронов с корпуса катода, показала увеличение заполнения пролетного канала пучком по сравнению со случаем фокусировки пучка (см. рис. 2, в), не содержащего электроны "паразитной" эмиссии. Это значит, что в приборах СВЧ с достаточно большой компрессией пучка наличие "паразитной" эмиссии с корпуса катода ухудшает токопрохождение, поэтому в этом случае ток "паразитной" эмиссии должен быть максимально ослаблен.

Микропервеанс  $0,1208D+01$ ,  $I_{сум} = 0,88072D+00$  А  
 $I_{пар} = 0,42489D-01$  А





в

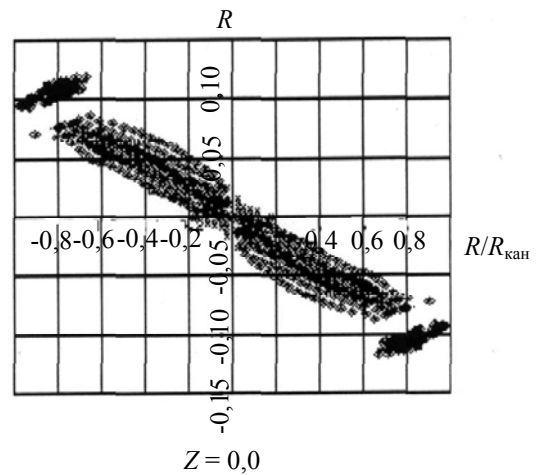
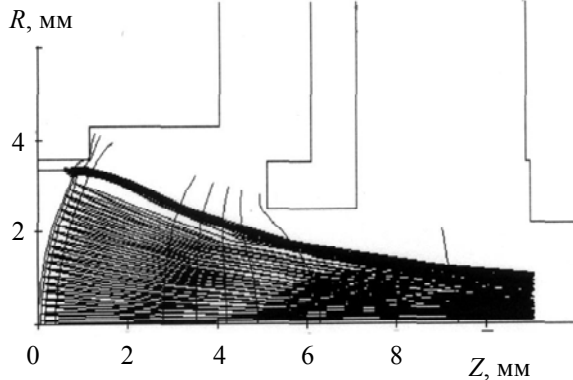
Рис. 3. Формирование электронного пучка с компрессией 2,5 в пучке с учетом "паразитной" эмиссии с корпуса катода (а), его фазовый портрет в плоскости, отстоящей от катода на 10 мм (б), и его фокусировка МПФС (в)

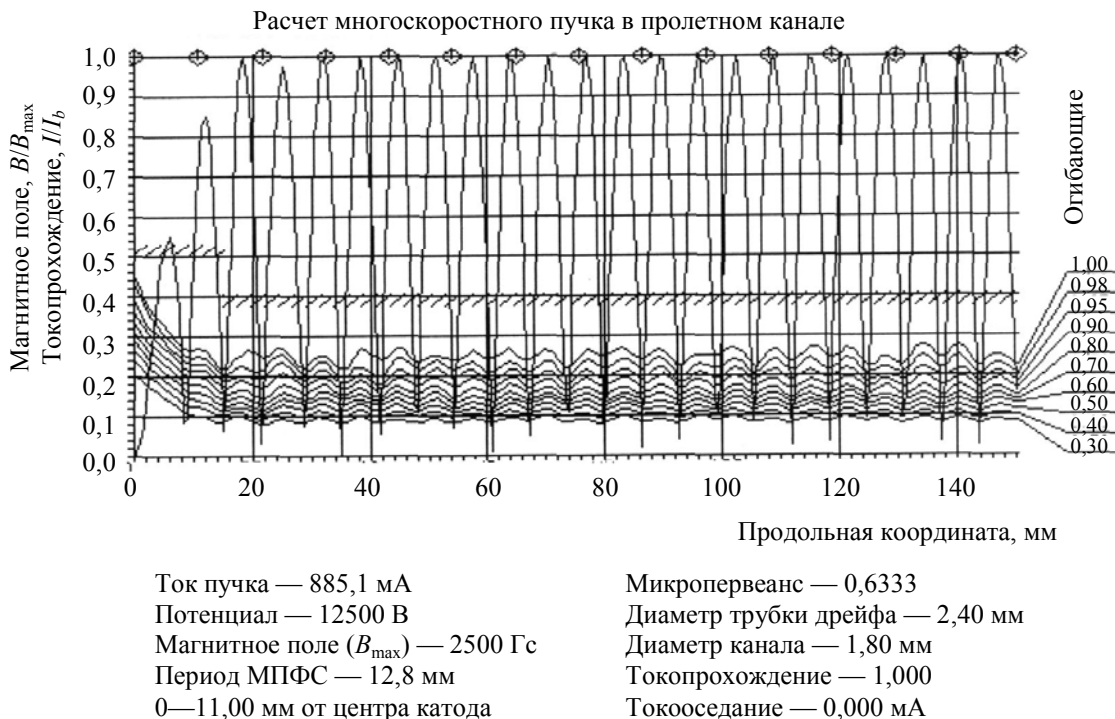
Одним из способов уменьшения величины этого тока является выбор минимально возможной толщины корпуса катода и величины теплового зазора между корпусом катода и фокусирующим электродом. Возможно также небольшое (0,05—0,15 мм) погружение катода вглубь отверстия в фокусирующем электроде. Все это позволяет снизить величину "паразитного" тока на 30—40 %.

Если же модуляция электронного пучка происходит по фокусирующему электроду, то вели-

чина теплового зазора между корпусом катода и фокусирующим электродом не может быть маленькой из-за опасности электрического пробоя между ними. В этом случае возможным путем уменьшения величины "паразитного" тока является размещение вблизи катода диафрагмы с отверстием, диаметр которого может быть равен диаметру катода или чуть превосходить его (рис. 5). Это позволяет снизить величину "паразитного" тока примерно в 4 раза.

Микропервеанс  $0,6359D+00$ ,  $I_{сум} = 0,88874D+00$  А  
 $I_{пар} = 0,43754D-01$  А





6

Рис. 4. Формирование электронного пучка с компрессией 35 в пушке с учетом "паразитной" эмиссии с корпуса катода (а), его фазовый портрет в плоскости, отстоящей от катода на 11 мм (б), и его фокусировка МПФС (в)

Другим способом уменьшения величины "паразитного" тока может быть расчет отрицательного фокусирующего электрода таким образом, чтобы нулевая эквипотенциаль подходила к кромке эмиссионной поверхности катода. Это может быть сделано, например, с помощью метода анализа [3] или метода синтеза электронных пушек [6]. Однако из-за допусков на точность изготовления электродов пушки и на точность ее сборки, а также из-за неточного учета теплового "ухода" катода нулевая эквипотенциаль может сместиться относительно кромки катода, что приведет к возможности "паразитной" эмиссии. Радикальным способом, позволяющим свести величину "паразитного" тока к нулю, является применение тонкого экрана из антиэмиссионного материала таким образом, чтобы экран граничил с кромкой эмиссионной поверхности катода, закрывая поверхность корпуса катода. Недостаток данного способа — возмущение этим экраном близлежащих электронных траекторий, что может уменьшить токопрохождение в приборах СВЧ с малым диаметром катода.

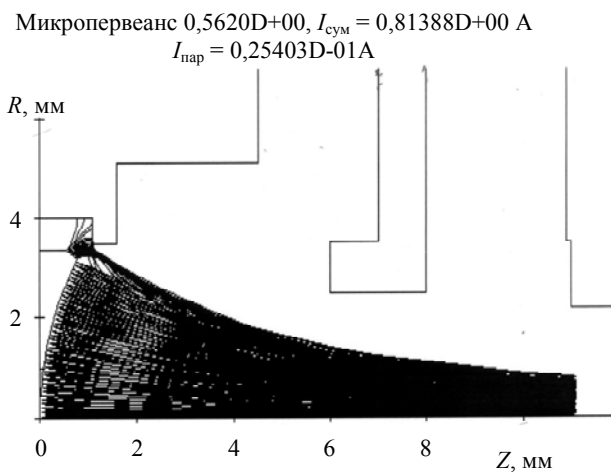


Рис. 5. Электронная пушка с уменьшенной "паразитной" эмиссией с корпуса катода

### Выводы

1. Ток "паразитного" пучка, эмитированного с прилегающей к катоду поверхности корпуса катода, в ЭОС приборах СВЧ может достигать нескольких процентов от тока катода.
2. В приборах СВЧ с достаточно большой компрессией пучка наличие "паразитной" эмиссии с корпуса катода ухудшает токопрохождение прибора.

3. Предложены способы подавления "паразитной" эмиссии с корпуса катода.

#### Л и т е р а т у р а

1. Термоэлектронные катоды/ Г. А. Кудинцева, А. И. Мельников, А. В. Морозов, Б. П. Никонов; Под ред. Н. Д. Девяткова. — М.: Энергия. 1966. — 368 с.

2. Бабанов Ж. Н., Козлов В. И., Авдеев В. Е., Андреев А. А. К вопросу о подавлении термоэлектронной эмиссии с сеток электровакуумных приборов// Электронная техника. Сер. 6. Материалы. 1980. Вып. 8. С. 14—17.

3. Петросян А. И., Журавлева В. Д., Пензяков В. В., Роговин В. И. Комплекс программ для проектирования на ЭВМ электронных пушек с сеточным управлением// Прикладная физика. 2002. № 3. С. 127—133.

4. Журавлева В. Д., Морев С. П., Пензяков В. В., Роговин В. И. Моделирование многоскоростного электронного пучка в области пролетного канала электронно-оптической системы// Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1989. Вып. 7. С. 39.

5. Капчинский Н. М. Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях. — М.: Атомиздат. 1966. — 194 с.

6. Петросян А. И., Иванова З. П., Пензяков В. В. Программа синтеза электронных пушек О-типа// Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1976. Вып. 10. С. 109—110.

Статья поступила в редакцию 22 декабря 2005 г.

## The simulation of "parasitic" thermionic emission from surface of cathode's frame, bordering with cathode, in electronic-optical systems of microwave devices

*A. I. Petrosyan, V. I. Rogovin*

The Federal State Unitary Enterprise "Scientific-Industrial Enterprise "Almaz", Saratov, Russia

*The computation of electron trajectories and current of "parasitic" beam, emitted by cathode's frame, as well as of beam, emitted by cathode, is carried out. It is found that current of "parasitic" beam is equal to several percents of cathode current. It is shown that both beams are joined together. The focusing of joined beam by PPM structure is calculated. It is noted, that in electron guns with large beam compression by area (approximately 35 and higher) "parasitic" beam appreciably increases fill of tube by joined beam. Some methods of suppression "parasitic" emission from surface of cathode's frame are suggested.*

\* \* \*