

ТРЕБОВАНИЯ К КАТОДАМ ВЫСОКОПЕРВЕАНСКИХ ТРЕХЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУШЕК С ПРОДОЛЬНОЙ КОМПРЕССИЕЙ

Н. С. Зинченко, А. С. Тищенко, А. Х. Худайбергенов

Харьков

Требования, предъявляемые к катодам высокопервеанских электронных пушек с продольной компрессией, определяются особенностями формирования в них пучков. В рассматриваемом новом типе пушек, предложенных и разработанных в отделе оптики заряженных частиц Института радиофизики и электроники АН УССР, формирование пучков происходит с большим повышением плотности тока по сравнению с другими типами пушек. В ранее опубликованных работах [1—4] показано, что плотность тока пучка j_2 трехэлектродной пушки с продольной компрессией больше плотности тока j_1 диодной пушки. Это превышение определяется соотношением [3]

$$\frac{j_2}{j_1} = \frac{(V\sqrt{V_1} + V\sqrt{V_2})^2 V\sqrt{V_1}}{4 V_2^{3/2}}. \quad (1)$$

Здесь V_1 — потенциал первой (ускоряющей) диафрагмы; V_2 — потенциал второй (замедляющей) диафрагмы пушки, причем V_1 может превосходить V_2 во много раз. Опыт работы с пушками показал, что рабочий интервал изменения отношения $\frac{V_1}{V_2}$ находится в пределах $1 \div 20$. Поэтому выражение (1) показывает, что j_2 превосходит j_1 в $1—40$ раз соответственно. Столь большое превышение плотности тока формируемого пучка является существенно важным преимуществом этого типа пушек. Для более полного использования возможностей пушек с продольной компрессией при формировании особо плотных пучков необходимы катоды, допустимая эмиссионная способность которых в $10—100$ раз превышает эмиссионную способность хорошо известных катодов.

Следует подчеркнуть, что увеличение тока в диодных электронных пушках обязательно связано с увеличением ускоряющего (рабочего) потенциала, что приводит к уменьшению первеанса. В трехэлектродной же пушке с продольной компрессией рост тока происходит за счет увеличения потенциала первой диафрагмы при фиксированном потенциале второй. Это позволяет существенно увеличить первеанс формируемого пучка. Так, в уже разработанных трехэлектродных электронных пушках первеанс формируемых пучков составляет около $70 \text{ мка} \cdot \text{в}^{-3/2}$ для пучков кругового сечения и $150 \text{ мка} \cdot \text{в}^{-3/2}$ для пучков прямоугольного сечения. Следует отметить, что при этом площадь поперечного сечения пучков остается малой. Увеличивая ускоряющий потенциал V_1 , мы тем самым приближаемся к режиму насыщения тока катода. Расчеты показывают, что у поверхности катода рассматриваемых пушек градиенты поля достигают порядка 10^4 в/см .

Важной особенностью рассматриваемого типа электронных пушек при применении в приборах СВЧ длительного взаимодействия является ламинарность формируемых пучков. Исследования свойств пучка этих пушек показали [5], что увеличение поперечной компрессии приводит к нарушению ламинарности. Поэтому увеличение плотности тока в этих пушках за счет увеличения площади эмиттирующей поверхности катода и использование большей поперечной компрессии нецелесообразно. Кроме выше перечисленных особенностей формирования пучков в трехэлектродных электронных пушках с продольной компрессией важной особенностью является достаточно хорошая ионная защищенность катода. В силу условия $V_1 \gg V_2$ ускоряющая диафрагма пушки выполняет роль ионной ловушки по отношению к положительным ионам, создаваемым электронным ударом в рабочей камере. Поэтому на катод смогут попадать только те ионы, которые создаются на участке между катодом и первой диафрагмой.

Таким образом, пушка с продольной компрессией позволяет уменьшить бомбардировку катода положительными ионами в среднем в 50—100 раз.

Опыт работы с трехэлектродными пушками с продольной компрессией показал, что применение в них оксидных катодов малоэффективно, поскольку невозможно использование всех возможностей при формировании плотных пучков из-за малой эмиссионной способности этого типа катодов. Применение таких пушек в технологических процессах затруднено, так как оксидные катоды требуют для своей работы хорошего вакуума.

В рассматриваемых электронных пушках кроме оксидных катодов использовались вольфрамо-бариевые и импрегнированные (алюминатные) катоды. Длительная работа этих катодов показала, что они могут успешно применяться в пушках с продольной компрессией при плотностях тока пучка 10 а/см^2 . Вольт-амперные характеристики диодного участка этих пушек показывают, что вольфрамо-бариевые и импрегнированные катоды работают в режимах, отлич-

ных от режима насыщения. Испытания, проведенные на надежность пушек с импрегнированными катодами, показали, что такие пушки имеют большой срок службы (~ 2500 ч) [6] и могут применяться, когда не требуются пучки с очень большой плотностью тока.

Хорошие результаты получены при использовании лантанборидных катодов, которые устойчивы к отравлению остаточными газами. Поэтому их целесообразно применять в технологических электронных пушках с продольной компрессией. Химическую активность этих катодов в рабочем интервале температур удастся уменьшить, применяя для крепления тантал или рений. В режиме термоэмиссии они обеспечивают плотность тока 10 а/см^2 . Следует отметить, что лантанборидные катоды позволяют работать в режиме термоавтоэлектронной и автоэлектронной эмиссии.

Таким образом, для решения важнейшей задачи создания электронных пушек, формирующих пучки с большими первеансами и большими плотностями тока (например, с $j = 10^2 \div 10^3 \text{ а/см}^2$ и больше), необходимо резко повысить эмиссионную способность катодов. В этой связи следует отметить, что в последнее время уделяется большое внимание разработке новых типов катодов, например, плазменных (различные виды разряда, синтезированная плазма и т. д.). Использование плазменных катодов в трехэлектродных электронных пушках в технологических целях позволит повысить надежность последних.

Данные о многоигольчатых автоэлектронных катодах говорят, что их использование позволит значительно повысить плотность тока пучков при больших поперечных сечениях. Здесь необходимо иметь в виду, что большую плотность тока $j \sim 10^7 \text{ а/см}^2$ можно получить только с отдельного острия. В пучках же большого поперечного сечения ($d = 5 \div 20 \text{ мм}$) даже при больших потенциалах ($\sim 50 \div 100 \text{ кв}$ и больше) габаритная плотность многоигольчатых автоэлектронных катодов составляет $\sim 10^2 \text{ а/см}^2$.

Итак, высокопервеансные пучки с плотностью тока 10 а/см^2 и несколько больше получают с помощью высокопервеансных трехэлектродных пушек с продольной компрессией при использовании в них вольфрамо-бариевых, импрегнированных (алюминатных) и лантанборидных катодов. Такие пушки уже применяются в рентгеновских трубках, приборах СВЧ, и установках для напыления пленок и т. д. Однако для резкого повышения плотности пучков с большими первеансами необходимы устойчивые термокатоды с плотностью эмиссии $10^2 \div 10^3 \text{ а/см}^2$ и больше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. С. Зинченко, В. И. Саенко, ЖТФ, **33**, 2, 1963.
2. Н. С. Зинченко, УФЖ, **12**, 11, 1967.
3. Н. С. Зинченко, ЖТФ, **38**, 1, 1968; УФЖ, **16**, 6, 1971.
4. Н. С. Зинченко, И. В. Лопатин. «Изв. вузов, Радиоэлектроника», № 11, 1970.
5. Н. С. Зинченко, И. В. Лопатин. УФЖ, **16**, 6, 1, 1971.
6. М. С. Зинченко, В. Е. Капитонов. Випробування на надійність високопервеансних трьохелектродних гармат. УФЖ, **16**, 6, 1971.