

*Галина Н.М., Литвинюк И.Ю., Мамонтов А.В.,
Симонов К.Г., Соколов А.М., Черников С.А.
АО «НПП «Исток» им. Шокина»*

Катод для сверхмощной цепочки импульсных клистронов

Предложена конструкция катода, имеющего эмиссионную поверхность в виде боковой поверхности усеченного конуса с равномерным распределением температуры по рабочей поверхности. Такая конструкция катода позволяет компактно расположить отдельные однолучевые клистроны с магнетронной пушкой в едином фокусирующем соленоиде с однородным магнитным полем и сформировать полый электронный пучок с высоким первеансом порядка $3 \cdot 10^{-6} \text{ A/V}^{3/2}$ для каждого однолучевого клистрона. Предполагается, что цепочка из четырех однолучевых клистронов будет иметь выходную импульсную мощность 50 – 100 МВт при напряжении 180 – 250 кВ.

Ключевые слова: цепочка клистронов, катод.

Для стерилизации медицинских изделий, лучевой терапии, досмотровой техники и другой техники в гражданской промышленности применяются ускорители заряженных частиц. Также они нашли широкое применение и в военной технике. Для создания ускорителей заряженных частиц разработаны импульсные клистроны. В основном, это приборы с мощностью не менее 10 МВт. Для достижения большой импульсной мощности однолучевого импульсного клистрона требуются большое анодное напряжение (рис.1), которое достигается за счет громоздких источников напряжения.

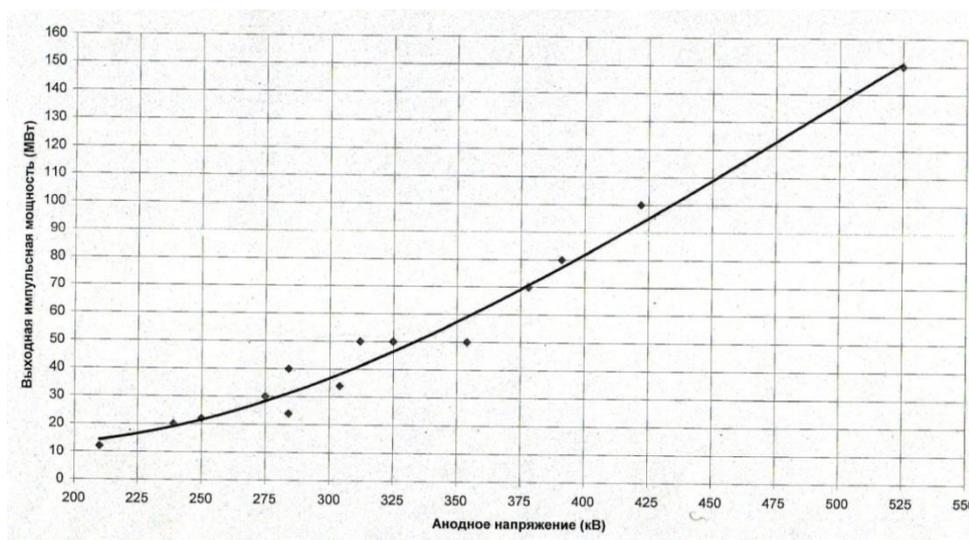


Рис.1. Зависимость импульсной мощности однолучевого импульсного клистрона от анодного напряжения.

Для достижения большой импульсной мощности при более низком напряжении применяются цепочки импульсных однолучевых клистронов. Разработанные в настоящее время отечественные цепочки имеют уровень выходной импульсной мощности 20 МВт. Примером тому является разработанная АО «НПП «Исток им. Шокина» цепочка импульсных клистронов КИУ - 15М – КИУ -17.

В настоящее время востребованными являются более мощные цепочки с выходной мощностью до 100 МВт. Для достижения этой цели требуется другой принцип их создания, так как последовательная цепочка также становится громоздкой, снижается ее надежность. На АО «НПП «Исток им. Шокина» предложено решение [1], позволяющее достигать повышение выходной импульсной мощности за счет сложения выходных мощностей отдельных однолучевых клистронов с магнетронной пушкой в едином фокусирующем соленоиде, обеспечивающем однородное магнитное поле [2]. Как показали расчеты система из четырех клистронов может иметь выходную импульсную мощность от 50 МВт до 100 МВт при напряжении 180 – 250 кВ. Для обеспечения равномерного токоотбора с катода, особую важность имеет равномерный нагрев его эмиссионной поверхности.

Для формирования полого электронного пучка с высоким первенсом порядка $3 \cdot 10^{-6}$ А/ В^{3/2} для каждого однолучевого клистрона данной цепочки предложена конструкция катода, имеющего эмиссионную поверхность в виде боковой поверхности усеченного конуса (рис.2).

Наиболее подходящим для обеспечения необходимых параметров является оксидный катод с площадью эмитирующей поверхности около 80 см².

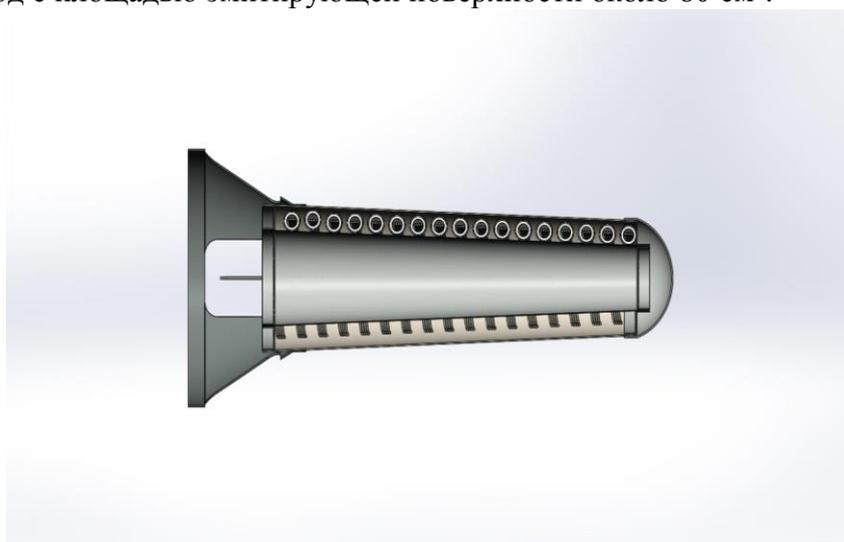


Рис. 2. Катод в разрезе.

Конструкция катода было выполнена с учетом требования равномерности температуры по эмиссионной поверхности. Подогреватель представляет собой жгут из четырех параллельных спиралей из вольфрамовой проволоки диаметром 0,4 мм (рис. 2), он крепится к внутреннему экрану с помощью керамических втулок. В катодах с протяженной цилиндрической поверхностью, как правило, на концах температура ниже, чем в середине. Длина подогревателя превышает длину эмиссионного покрытия, что поддерживает равномерность температуры и на краях эмиссионного покрытия. На конце керна, со стороны крепления катода к пушке, за счет дополнительной потери тепла теплопроводностью через крепежные детали, перепад температуры может быть больше, поэтому на этом конце катода несколько витков подогревателя имеют меньший шаг навивки.

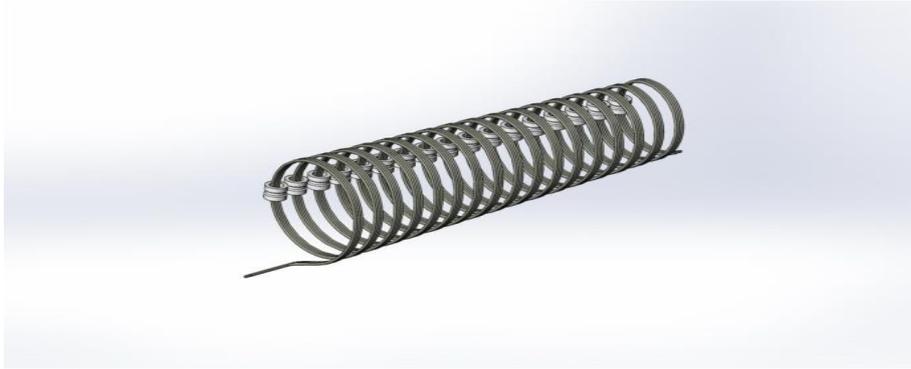


Рис.3. Подогреватель.

Внутренний экран из танталовой фольги толщиной 0,1 мм сворачивается в конус и сваривается внахлест контактной сваркой. КERN катода из листового никеля толщиной 0,25 мм изготавливается аналогично. Торцевые экраны (рис.4) обеспечивают хорошую жесткость катодно – подогревательного узла.



Рис.4. Торцевые экраны.

В качестве эмиссионного покрытия выбрано губчатое покрытие с запасом активного вещества 25 - 30 мг/см². Такое покрытие широко используется в катодах для магнетронов. На кERN катода наносится никелевый порошок ПНК2 - 10 с величиной зерна 40 – 70 мкм и спекается в водороде при 1280° С. Спеченная губка пропитывается тройным мелкозернистым карбонатом КТА 1 – 6 – СП и прессуется под давлением 3-5 т/см². Такое покрытие имеет:

- высокую долговечность за счет большого запаса карбоната,
- высокую устойчивость к пробоям,
- возможность восстановления эмиссии после двух-трехкратного выноса на атмосферу.

На рис.5 приведена зависимость долговечности от температуры оксидных катодов с разным запасом активного вещества.

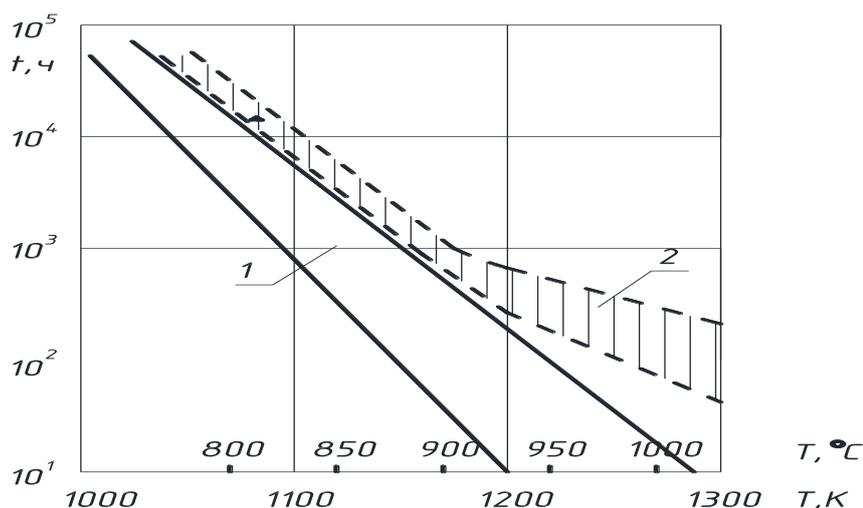


Рис.5. Зависимость долговечности от температуры катода (зона 1 – катоды с запасом активного вещества до 9 мг/см², зона 2 – катоды с запасом активного вещества 25 - 30 мг/см²). Критерий - падения тока эмиссии в 2 раза.

Данные, приведенные на рис.5 для зоны 2 получены по испытаниям катодов в диодах [3]. При увеличении запаса активного вещества с 9 мг/см² до 25 - 30 мг/см² долговечность возрастает в два раза. В реальных приборах долговечность выше.

Измерение параметров катодно – подогревательного узла производилось в металлокерамическом макете, где условия тепловой экранировки были приближены к приборным (рис.6)

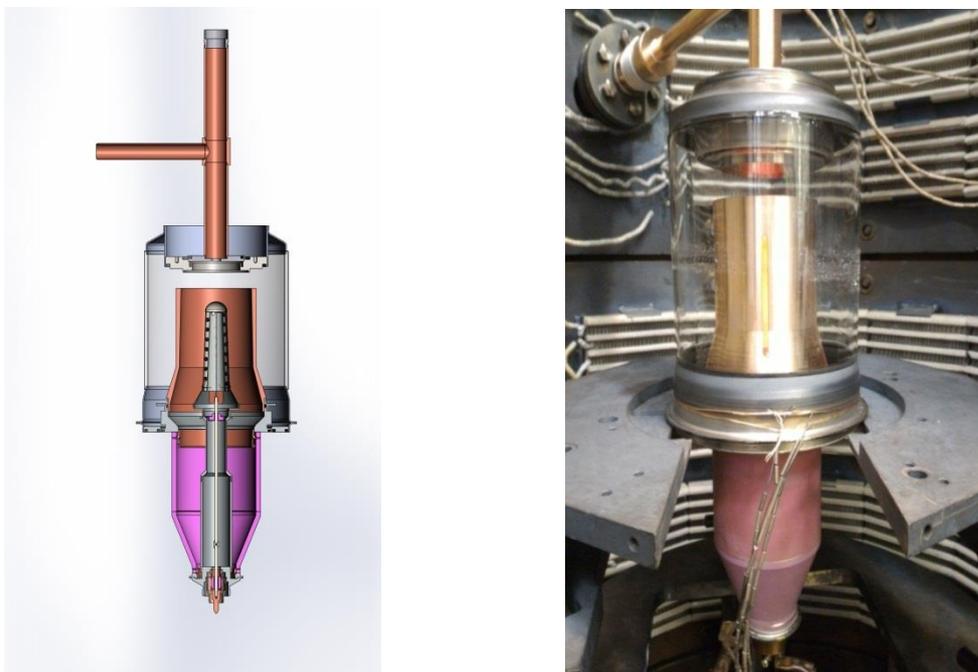


Рис. 6. Макет для пирометрирования катода:

Результаты предварительных тепловых испытаний катода показали достаточно равномерный нагрев рабочей поверхности. При рабочей температуры (820° С) разница температуры в середине и на концах эмитирующей поверхности катода в макете не превышает 20°. Мощность накала КПУ в пушке не превышает 260 Вт.

Библиографический список

1. К.Г. Симонов, «Сверхмощное СВЧ устройство», патент РФ № 2449467, 2011 г.
2. С.А. Зусмановский, К.Г. Симонов, «Устройство для фокусировки электронных потоков», авторское свидетельство СССР 302048, 1969 г.
3. Современные металлооксидные катоды для СВЧ – приборов /А.М. Соколов, А.Н. Каргин, О.А. Морозов //Электронная техника. Сер.1. СВЧ – техника – 2011. – Вып.1 (508). – С.64.