

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛОСПЛАВНОГО КАТОДА, РАБОТАЮЩЕГО В ЛБВ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ С МАЛЫМИ ШУМАМИ

В.И. КОНОВАЛОВ, Г.И. ЧУРЮМОВ

В работе приведены характеристики иридий-цериевых катодов при высокой температуре. Рассмотрены особенности практической реализации длительной работы катодов в малошумящих приборах средней мощности.

Ключевые слова: катод, плотность тока, температура, микроструктура, коэффициент шума.

ВВЕДЕНИЕ

Миниатюризация и комплексное улучшение технических характеристик СВЧ приборов являются важнейшими направлениями их совершенствования и непосредственно связаны с возможностью токоотбора высокой плотности с катодно-нагревательных узлов. Особенно актуальным является обеспечение высокой плотности токоотбора катодов в миниатюрных и малогабаритных приборах. В современных лампах бегущей волны (ЛБВ) средней мощности требуется плотность тока эмиссии с катода 4-6 А/см². Такие требования не могут быть обеспечены оксидными катодами. Металлопористые прессованные и пропитанные вольфрамо-бариевые катоды, несмотря на их большие эмиссионные свойства, также не могут обеспечить требуемую плотность тока в малогабаритных ЛБВ средней мощности с малыми шумами из-за интенсивной ионной бомбардировки и большой скорости испарения активного компонента катода.

Металлосплавные катоды [1] на основе иридия с редкоземельными металлами удовлетворяют выше указанным требованиям по плотности тока при низкой скорости испарения катодного материала и являются более перспективными для применения в ЛБВ с повышенным динамическим диапазоном, но данные о их применении в таком классе СВЧ приборов отсутствовали. Целью работы является экспериментальное исследование технических характеристик и возможность применения иридий-цериевых катодов.

1. ПРИЗНАКИ И ПРИЧИНЫ УМЕНЬШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ МЕТАЛЛОСПЛАВНЫХ КАТОДОВ

При проведении экспериментальных исследований был использован миниатюрный КНУ (катодно-нагревательный узел) простейшей конструкции, показанной на рис. 1.

Главной составной частью КНУ, от которой зависит основные такие параметры, как время готовности, эмиссионная способность, вибропрочность, формоустойчивость и др., является катодно-нагревательный элемент (катод 1 и нагреватель 2). Катод изготовлен из сплава на основе иридия с церием. Нагреватель изготовлен из

сплава ВР-20, наименьшим взаимодействием с материалом обладающего катода в процессе работы.

Опыт работы с такими КНУ показывает, что одним из основных физических свойств является формоустойчивость, которая определяет важную роль надёжности всего прибора.

Форма КНУ в основном нарушается вследствие циклических воздействий температуры и химических взаимодействий металлов при высоких температурах.

Признаки и причины нарушения формоустойчивости приведены ниже для некоторых простейших устройств КНУ.

Исследуемый миниатюрный КНУ (см. рис. 1) и аналогичные ему миниатюрные катоды прямого накала с торцевой эмитирующей таблеткой, закреплённой на вершине Λ или П-образного нагревателя, имеют, как следует из результатов многочисленных испытаний, малую устойчивость к механическим воздействиям в рабочем режиме и малую надёжность работы в режиме циклического включения питающего напряжения нагревателя вследствие перегрева его участка, находящегося между катодом и держателем 3 нагревателя. В этих режимах после 300-400 включений и выключений происходит изменение первоначальной геометрии формы нагревателя, но так как нагреватель выполняет и роль держателя катода, то происходит изменение положения эмитирующей поверхности катода относительно анодов, что в свою очередь вызывает увеличение оседания электронов на электроды прибора и, в конечном счёте, приводит к выходу прибора из строя. Такое увеличение оседания электронов на электроды является признаком изменения положения эмитирующей поверхности катода.

К числу причин, уменьшающих надёжность КНУ, следует также отнести последствия испарения материала катода. Испаряющийся материал катодной таблетки оседает на изолирующее основание и с увеличением времени работы появляются цепи проводимости между токопроводящими выводами, что приводит к нарушению рабочего

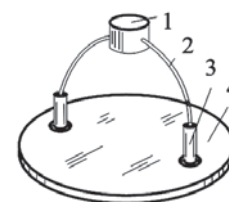


Рис. 1. КНУ:

- 1 — катод;
- 2 — нагреватель;
- 3 — держатель;
- 4 — основание

режима. Здесь признаком испарения являются токи между электродами, которые изолированы друг от друга.

Влияние испарения катода на формоустойчивость КНУ тщательно изучалось при проведении многочисленных испытаний КНУ на долговечность. В процессе испытаний на нагревателе поддерживалось постоянное значение тока от стабилизированного источника по току, а напряжение регистрировалось от времени наработки. На рис. 2 а) показана характерная зависимость напряжения накала U_H от первых 500 часов наработки 20 штук однотипных КНУ. При дальнейшем испытании у большинства КНУ происходило падение напряжения иногда до первоначальной величины и снова наблюдалось такое же увеличение напряжения, как и на первых часах наработки. При этом так же происходило изменение токопрохождения I_K в ЛБВ (см. рис. 2 б).

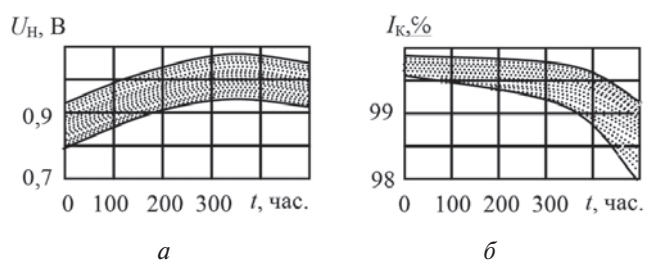


Рис. 2. Зависимости U_H (а) и I_K (б)

Для выявления причин увеличения напряжения накала производился тщательный внешний осмотр катодно-нагревательного элемента и его микроструктурный анализ.

На рис. 3 показан микроструктурный фрагмент катодно-нагревательного элемента в исходном состоянии (а) и после наработки 450 часов (б) при увеличении в 200 раз.

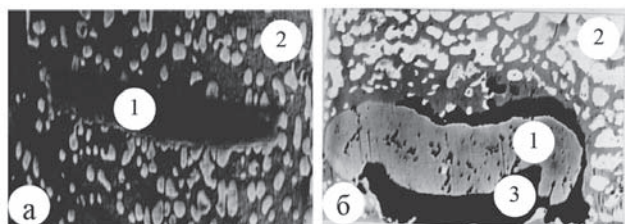


Рис. 3. Микроструктурный фрагмент: 1 – нагреватель; 2 – катод; 3 – пустота

Из этого рисунка видно, что в исходном состоянии катод соприкасается с нагревателем по всей плоскости, а после наработки 450 часов, из-за испарившегося материала катода, соприкосновение не превышает 25% в данном сечении. Отсюда следует, что наиболее интенсивное испарение материала катода происходит с наиболее нагретых мест, т.е. с места соприкосновения нагревателя с катодом по периферии и очевидным является то, что накопление повреждений происходит из-за постепенного испарения материала, а сама поврежденность определяется зарождением и ростом пор на границах зёрен по периферии места соприкосновения катода с нагревателем.

Так как по мере наработки наиболее интенсивное испарение катода происходит с места его соприкосновения с нагревателем и, следовательно, из-за уменьшения поперечного сечения увеличивается сопротивление в цепи нагревателя, то следствием этого испарения есть увеличение напряжения накала при поддержании постоянного значения тока в цепи нагревателя, что согласуется с законом Ома для постоянного тока. В связи с этим постоянно увеличивается мощность нагревателя, повышение его температуры по направлению к катоду и, в конечном счёте, всё это приводит к ускорению испарения материала катода, к накоплению больших повреждений и к увеличению пор на границе соприкосновения катода с нагревателем.

На рис. 4 показаны фрагменты области соединения катода с нагревателем в сечениях на расстоянии (0,1; 0,2; 0,3; 0,4) мм от боковой поверхности после наработки свыше 500 часов.

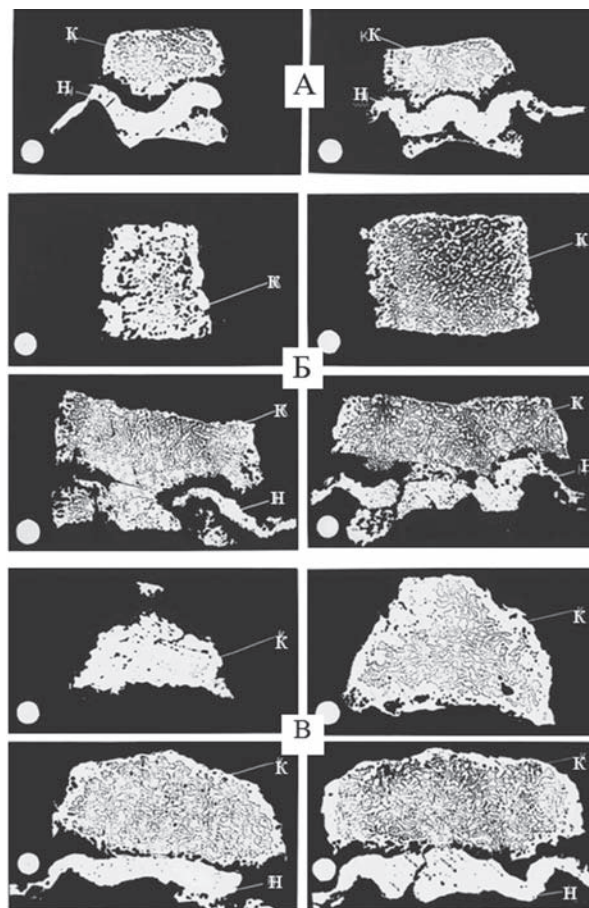


Рис. 4. Микроструктура в сечении после работы: А – 673; Б – 892; В – 1152 часа. К – катод; Н – нагреватель

Из этих рисунков видно, что материал катода испарился в некоторых участках вокруг нагревателя, толщины нагревателя в разных участках уменьшились из-за испарения материала, а сам нагреватель деформировался.

Рассматривая эти микроструктурные фрагменты, можно сделать вывод, что катодно-нагревательные элементы работали в тяжёлых условиях с переменным тепловым контактом в области со-

единения и, конечно, КНУ не смогут обеспечить необходимую надежность работы. Поэтому при создании КНУ для приборов с высокой надёжностью необходимо в первую очередь предусмотреть защиту от испарения катодов из наиболее нагретых мест.

Кроме причин отказов, связанных с испарением материала катода, обнаружены также и причины другого характера — электрического, которые связаны с постепенным удлинением нагревателя вследствие длительного воздействия на него высокой рабочей температуры.

Удлинение нагревателя приводит к уменьшению расстояния катод-анод и, следовательно, к изменению эмиссионного тока.

На рис. 5 приведены зависимости коэффициента шума $K_{ш}$ и тока коллектора I_K (т.е. тока эмиссии $J_{э}$, прошедшего 100 % через замедляющую систему ЛБВ) от параметра накала J_H (1, 2, 3 и 4) при фиксированном времени наработки (0, 500, 1000 и 1000) часов соответственно. Из рисунка видно, что по мере наработки КНУ ток эмиссии I_K и коэффициент шума $K_{ш}$ увеличиваются.

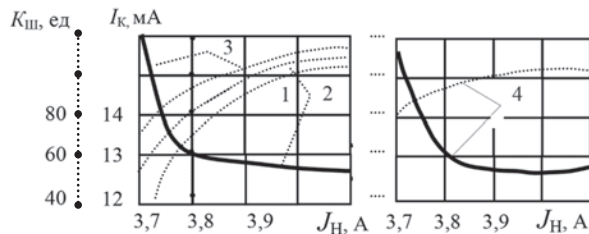


Рис. 5. Зависимости коэффициента шума $K_{ш}$ (—) и тока коллектора I_K (.....) от параметра накала J_H

Многочисленные экспериментальные данные, аналогичные рис. 5, показывают, что расстояние катод-анод уменьшается на 0,07–0,09 мм при наработке 700–900 часов для КНУ, изображённых на рис. 1.

Причиной уменьшения расстояния катод-анод является необратимое удлинение нагревателя, которое происходит, вероятно, из-за изменения кристаллической структуры нагревателя в процессе длительного циклического нагрева. Каким образом и за счёт чего происходит изменение структуры нагревателя осталось не выявленным. Однако, если и будет изучен механизм изменений структуры нагревателя, то полученные при этом результаты, видимо, не смогут показать направление по устранению изменения структуры, так как она всегда изменяется в вольфрамовых сплавах при температуре от 1300 °С и выше [2]. Уменьшение расстояния катод-анод приводит к следующим недостаткам: увеличивается коэффициент шума ЛБВ и тепловая нагрузка на коллектор, увеличивается плотность токоотбора с катода и оседание электронов на замедляющую систему, появляется перехват электронов электродами ЭОС (электронно-оптическая система).

Из этих недостатков в первую очередь обнаруживается увеличение значений коэффициента шума. Из рис. 5 видно, что прирост эмиссионного тока составляет 30–35%, а коэффициента шума 40–50% по сравнению с первоначальными

значениями. Появление этих видов недостатков объясняется тем, что при необратимом уменьшении расстояния катод-анод происходит переход катода из режима ограничения пространственным зарядом в режим температурного ограничения из-за увеличения токоотбора с катода при первоначальных его температуре и потенциалах на анодах ЭОС. Если увеличить температуру катода примерно на 80 °С и подстроится потенциалами на анодах ЭОС по минимуму коэффициента шума, то его значение снова получим близкое к первоначальному (см. зависимость 4, рис. 5). Основываясь на этом результате, можно сделать вывод о том, что коэффициент шума не зависит от плотности тока, а зависит от неоднородности её отбора с катода, причиной которой может быть режим температурного ограничения.

Перехват электронов электродами ЭОС связан с изменением ориентации плоскости катода и уменьшением расстояния катод-анод. Если перехват электронов вторым анодом составляет 2% общего потока, то начинается заметным увеличение коэффициента шума. Дальнейшее увеличение перехвата электронов до 10% увеличивает коэффициент шума на 50% относительно первоначального значения. Перехват потока вторым анодом более 10% оказывает влияние на дальнейшее увеличение коэффициента шума. Приведенные результаты испытаний КНУ и виды их отказов представляют научную и практическую значимость, являются специфическими для прямонакальных металлосплавных катодов и дают важную информацию для проектирования новых СВЧ приборов.

2. ПОВЕРХНОСТЬ И МИКРОСТРУКТУРА КАТОДА

К числу важных рассмотренных выше факторов, определяющих применяемость металлосплавных катодов в малошумящих ЛБВ средней мощности, относится также состояние и форма эмитирующей поверхности катода после основных технологических стадий откачки, тренировки и длительной работы в конкретных условиях эксплуатации.

На рис. 6 приведены фрагменты фотоснимков эмитирующей поверхности и микроструктуры катодной таблетки при увеличении в 200 раз.

Из рисунка видно, что первоначальная (при монтаже) почти зеркальная поверхность катода после откачки и 100 часов тренировки ухудшилась и имеет шероховатость около 0,003–0,005 мм, а после 1000 часов работы шероховатость поверхности становится 0,025–0,03 мм. Шероховатая поверхность получается из-за неравномерного испарения фазовых состояний структуры сплава и наличия большой ионной бомбардировки при протяжённых потоках с высокой плотностью тока. Испытания, проведённые без токоотбора, подтверждают достоверность образования шероховатости за счёт неравномерного испарения фазовых состояний структуры сплава.

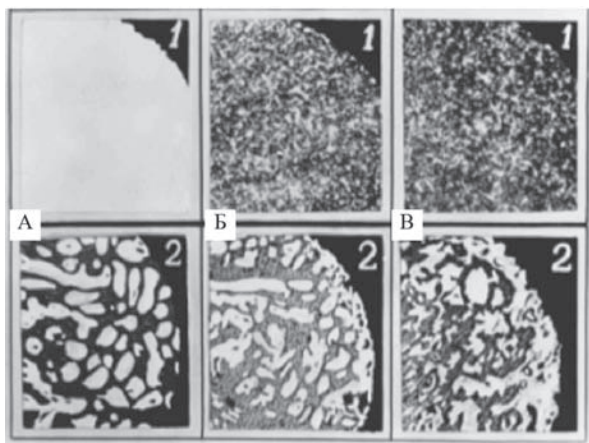


Рис. 6. Поверхность 1, микроструктура 2 (А-0; Б-500; В-1000) час. работы

Микроструктура фазового состояния катода является однородной с двухфазным распределением и практически не изменяется как с начала монтажа, так и после 100 часов работы. Однородность двухфазового состояния несколько нарушается после 100 часов работы катода, что видно также и на рис. 4.

Проведенные исследования показали, что металлотвердые катоды имеют шероховатую эмитирующую поверхность и некоторую неоднородность двухфазового состояния структуры внутри таблетки по сравнению с первоначальным их распределением.

3. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ КАТОДНО-НАГРЕВАТЕЛЬНОГО УЗЛА

Недостатки металлотвердых катодов устранить полностью невозможно, но их влияние на формоустойчивость катодных узлов можно значительно уменьшить путём создания полного теплового контакта нагревателя с таблеткой и её крепления на опоре.

Процесс получения надёжного теплового контакта таблетки катода с нагревателем показан на рис. 7 (катодно-нагревательный элемент КНЭ). На рис. 7 а показано исходное состояние катода 1 и нагревателя 2 с шероховатостью 3, которая всегда присутствует после изготовления реальных деталей. На рис. 7 б показан тот же узел, только после выполнения крепления 4 катода к нагревателю. Формоустойчивость КНУ повышают путем закрепления катода на опоре по методу, содержащий нанесение слоя суспензии на место соприкосновения опоры с таблеткой и на всю не эмитирующую поверхность катода. Компоненты суспензии обладают малой скоростью испарения,

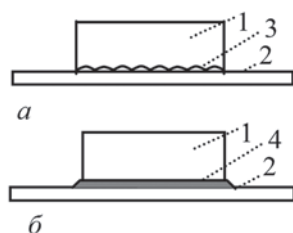


Рис. 7. КНЭ

отсутствием взаимодействия с катодом и нагревателем, а также большей работой выхода электронов относительно катода. Следовательно, вышедшие электроны из поверхности слоя суспензии,

не оказывают существенного влияния на основной поток электронов с катода.

Использование метода крепления позволяет повысить надёжность катода и уменьшить его поверхность распыления на 75% (3/4 всей поверхности катода) при рабочей температуре.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ЭМИССИОННОГО СЛОЯ КАТОДА

Формирование эмиссионного слоя катода производят при контроле прироста отбираемого эмиссионного тока на каждой температурной ступени катода и заканчивают, когда отношение прироста эмиссионного тока к величине температурной ступени лежит в пределах $(2-5) \cdot 10^{-3} \text{ mA/}^\circ\text{C}$ [3]. Предел прироста эмиссионного тока находится в области ограничения пространственным зарядом при рабочей температуре катода.

Для определения общих случаев применения этого способа формирования катода производилось исследование ряда эмиссионных характеристик, в результате которого выяснилось, что критерием оценки достаточной активности катода при его рабочей температуре является отношение наклона характеристики на n -той температурной ступени к максимальному наклону,

$$\alpha_n/\alpha_0 = (\Delta I_n/\Delta T_n)/(\Delta I_0/\Delta T_0),$$

где $\alpha_n = \Delta I_n/\Delta T_n$ – наклон эмиссионной характеристики на n -той температурной ступени; $\Delta I_n = I_n - I_{n-1}$ – прирост эмиссионного тока на n -той температурной ступени; $\Delta T_n = T_{kn} - T_{k(n-1)}$ – n -тая температурная ступень; I_n, T_{kn} – ток и температура на каждой ступени; $\alpha_0 = \Delta I_0/\Delta \theta_0$ – максимальный наклон эмиссионной характеристики; $\Delta I_0, \Delta T_0$ – прирост эмиссионного тока и температурная ступень при максимальном угле наклона; $n = 1, 2, 3, \dots$ – порядковый номер ступени; $\alpha_0 = \Delta I_0/\Delta T_0, \alpha_n = \Delta I_n/\Delta T_n$.

На рис. 8 показана эмиссионная характеристика 1 от температуры катода T_k , исследуемого макета электронной пушки, касательная 2 на возрастающем участке (максимальный наклон) и угловые элементы.

Зависимость 3 представляет наклон эмиссионной характеристики относительно его максимального значения. Эта зависимость в относительных единицах является удобным критерием при автоматизированном процессе изготовления лампы.

Из рис. 8 б видно, что угловые элементы ΔI_0 и ΔT_0 максимального наклона 2 при различных плотностях тока (зависимости 1 при анодных напряжениях $U_{A1} < U_{A2} < U_{A3} < U_{A4}$) будут различными для макета электронной пушки с одними и теми же геометрическими размерами. Изменение максимального наклона α_0 эмиссионной характеристики от плотности тока J приведено в верхней части рис. 8 б. Для другой ЭОС с другими размерами катода и расстояниями до анода угловые элементы будут другими. Однако критерий оценки эмиссионной способности катода является общим при малых и больших плотностях токоотбора.

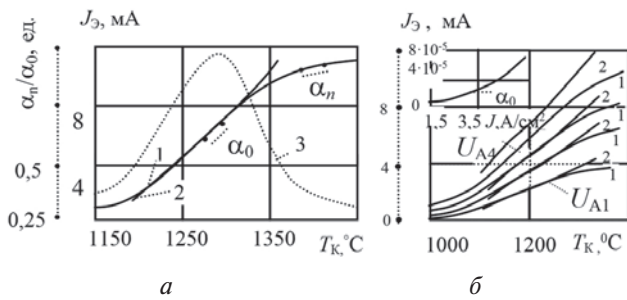


Рис. 8. Зависимости $J_э$, α_n/α_0 , α_0

5. ЭМИССИОННЫЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА

Эмиссионные свойства иридий-цириевых катодов достаточно хорошо изучены в основном в диодном режиме, но в режиме работы малошумящих ЛБВ средней мощности отсутствовали какие-либо сведения. Режим работы катодов в ЛБВ средней мощности является специфичным с точки зрения большой плотности токоотбора и наличия ионного тока. Поэтому изучение эмиссионных свойств в указанных типах ЛБВ является одной из актуальных проблем современной радиофизической электроники.

На рис. 9 приведены эмиссионные характеристики катодов в диодном режиме с таблетками диаметром 0,6 мм (.....) и 0,8 мм (—). Из рисунка видно, что при температуре катода около 1200 °С ток $J_э$ имеет малое значение, но достигает достаточно большого значения при температурах 1400–1500 °С. Большой ток эмиссии с металлоплавного катода при температурах 1400–1500 °С даёт возможность подбирать рабочий режим катода с ограничением тока пространственным зарядом, что является необходимым условием для малошумящих ЛБВ с точки зрения уменьшения среднеквадратичной скорости электронов в минимуме потенциала. Однако необходимо убедиться в длительной работе таких катодов с большим током в режиме ограничения пространственным зарядом.

Работоспособность металлоплавного катода от времени его работы в малошумящих ЛБВ средней мощности оценивалось через 100–200 часов работы по выходным высокочастотным и эмиссионным параметрам.

Из рис. 10 а видно, эмиссионная способность катода постепенно увеличивалась в первые 100–150 часов работы (1–5 час; 2–100 час; 3–150 час), а затем стабилизировалась и практически оставалась без изменения до конца испытаний (заштрихованная область 3). При этом зависимости коэффициента шума от тока накала I_n , приведённые на рис. 10 б, имеют характерную особенность, заключающуюся в том, что в первые часы работы малое значение коэффициента шума (зависимость 1)

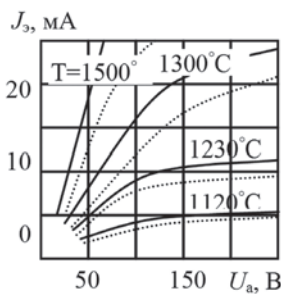


Рис. 9. Зависимости $J_э$ 1) обеспечивается при

большем токе накала и уменьшается с увеличением времени наработки (зависимости 2–б), при котором участок малого значения коэффициента шума становится расширенным. Улучшение коэффициента шума и эмиссионной способности являются:

- следствием уменьшения давления внутри ЛБВ, улучшающее условия работы катода;
- образовавшейся шероховатости на поверхности катода, которая увеличила эффективную эмиссионную поверхность.

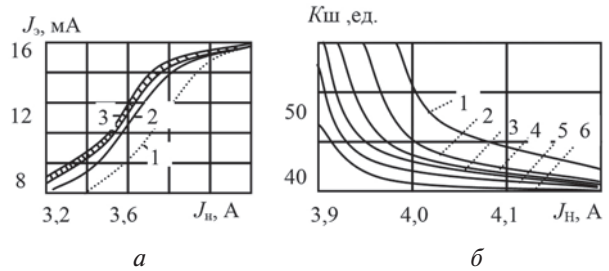


Рис. 10. Зависимость $J_э$: а – от $K_ш$, б – от I_n

На рис. 11 приведены зависимости $1', 2', 3'$ коэффициента шума $K_ш$ на частоте 8,0 ГГц; $1'', 2'', 3''$ – $K_ш$ на частоте 4,0 ГГц и тока эмиссии I_k 1, 2, 3 при давлениях соответственно ($3 \cdot 10^{-5}$; $2 \cdot 10^{-6}$; $4 \cdot 10^{-7}$) мм. рт. ст. Из зависимостей видно, что коэффициент шума уменьшается, а эмиссионный ток увеличивается при уменьшении давления внутри ЛБВ. При этом рабочая точка по току накала смещается в сторону меньших значений (т.е. уменьшается температура катода), чем при большем давлении.

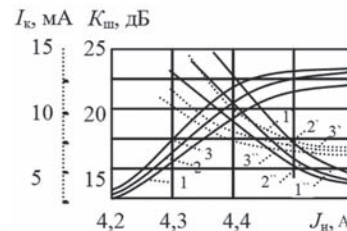


Рис. 11. Зависимости $K_ш$ и I_k

Следовательно, чем меньше давление в ЛБВ, тем меньше рабочая температура катода, крайне необходимая для его длительной работы, меньшее значение коэффициента шума и стабильнее эмиссионные свойства.

Температура катода и нагревателя при прочих равных условиях является основным параметром, определяющим долговечность и надёжность катодно-нагревательного узла и ЛБВ в целом. Изменение тока (напряжение) нагревателя от оптимального, а, следовательно, и температуры катода в ту или иную сторону, ведёт к изменению эмиссионной способности катода, к ухудшению выходных высокочастотных параметров и к изменению физико-механических свойств узлов ЛБВ при её работе.

Несмотря на важность определения условия оптимального теплового режима работы катодно-го узла, до настоящего времени в периодической литературе недостаточно глубоко освещены как тепловые свойства, так и вопросы расчёта нагревателей таблеточных катодов прямого накала.

На рис. 12 показано распределение температуры T_H по длине нагревателя L . Из рисунка видно, что в рассматриваемой конструкции КНЭ имеются характерные два значения максимальной температуры, находящиеся между катодом 1 и держателями нагревателя. Эти две точки являются самыми опасными с точки зрения надёжности и долговечности, а при небрежном включении напряжения накала, возможно перегорание нагревателя в указанных точках. При этом температура катода ниже температуры нагревателя примерно на 50–60 °С. Поэтому необходимо включать накал таким образом, чтобы бросок тока накала не превышал 20% от номинального.

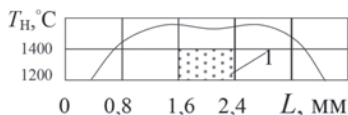


Рис. 12. Распределение T_H

Из зависимостей рис. 13 а видно, что для каждого частотного литер ЛБВ (1 – в полосе 0,5 октавы на частоте 10 ГГц, 2 – в полосе 1 октавы на частоте 6 ГГц, 4 – в полосе 1 октавы на частоте 3 ГГц) коэффициент шума не изменяется с увеличением плотности тока J_k до величин, при которых имеется режим ограничения пространственным зарядом, и как только начинается режим насыщения, коэффициент шума увеличивается (сплошная линия). Если же увеличить рабочую температуру катода при больших плотностях тока, коэффициент шума снова снижается до первоначальных значений (пунктир). Зависимость температуры катода T_k от плотности тока J_k представлена на рис. 13 б для постоянного режима одного из частотных литер (заштриховка – погрешность многочисленных измерений нескольких макетов). При измерении температуры катода режим был установлен по минимальному коэффициенту шума только с рабочим значением плотности тока, в остальных случаях сохраняется тот же режим. Температура катода без токоотбора всегда выше на 60–80 °С, чем с токоотбором.

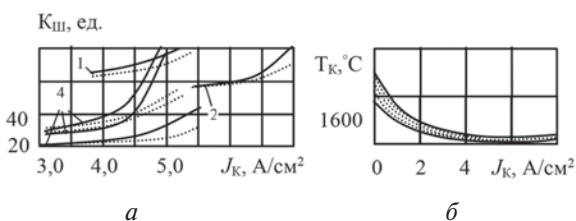


Рис. 13. Зависимости: а – $K_{ш}$ от J_k , б – T_k от J_k

ВЫВОДЫ

1. Свойства катода особенно ценны и требуют внимания на стадии разработки документации, что будет способствовать повышению конструктивных запасов данного класса приборов.
2. Предложенная конструкция малогабаритного катодно-нагревательного узла с иридий-цериевым катодом обеспечивает параметры миниатюрных маломощных приборов средней мощности.
3. Показано, что эмиссионные свойства и параметры приборов не ухудшаются при образовавшейся шероховатости катода.

4. Чем больше давление в приборе, тем больше температура катода при минимальном уровне коэффициента шума с соответствующим его увеличением.

Литература.

- [1] Рожков С.Е., Култашев О.К., Васильева Т.И. Скорость испарения РЗМ цериевой группы из сплавов с иридием. – В кн: Благородные металлы и их применение. Свердловск, 1971.
- [2] Физико-химические свойства сплавов рения /Под ред. Савецкого Е.М. и Тылкина М.А. – М.: Наука, 1979.-216с.
- [3] Авторское свидетельство 1086479 (СССР). Способ формирования активного слоя металлосплавного катода / В.И.Коновалов, В.И.Калинин. Оpubл. 15.04.84 в Б.И., 1984, №14; М. Кл.НОИ 9/04.

Поступила в редколлегия 7.02.2011.



Конновалов Владимир Иванович, кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры автоматики и электропривода Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка. Область научных интересов: сверхвысокочастотная радиоэлектроника, моделирование дискретной информации при помощи матричных операторов.

Чурюмов Геннадий Иванович, доктор физико-математических наук, профессор. Область научных интересов: математическое моделирование вакуумных приборов СВЧ; теория и техника СВЧ, применение СВЧ технологий.

УДК 621.385.733

Характеристики та параметри метало-сплавного катода, що працює в ЛБВ середньої потужності з малими шумами / В. І. Коновалов, Г.І. Чурюмов // Прикладна радіоелектроніка: наук. –техн. журнал. – 2011. Том 10 № 1. – С. 45-50.

В роботі наведені ознаки і причини зменшення надійності катодів на основі сплаву іридію з церієм, їх теплові та емісійні властивості. Показано, що одним з напрямків практичної реалізації інтенсивних потоків з малими шумами є використання іридій-церієвих катодів, які задовольняють найбільш повно вимогам по щільності току. Розглянуті напрямки та методи виготовлення катода з нагрівателем, які підвищують надійність приладів.

Ключові слова: катод, густина струму, температура, мікроструктура, коефіцієнт шума, емісійний струм.
Лл.13. Бібліогр.: 3 найм.

UDC 621.385.733

Features and parameters of a metal-alloy cathode operating in a TWT of average power with small noises / V. I. Kononov, G.I. Churyumov // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2011. Vol. 10. № 1. – P. 45-50.

The paper presents signs and reasons of reducing the reliability of cathodes on the basis of the iridium-cerium alloy, their thermal and emission characteristics. It is shown that one of the directions of practical realization of intensive small noise flows is using iridium-cerium cathodes satisfying most fully current density requirements. Directions and methods of manufacturing a cathode with a heater are considered that increase reliability of instruments.

Keywords: cathode, current density, temperature, microstructure, noise factor, emission current.

Fig. 13. Ref.: 3 items.