

В.А. Смирнов, Ю.А. Потапов, Ю.С. Судаков, В.Г. Чудин

ФГУП "Научно-производственное предприятие "Торий""

Плазменнонапыленные металлопористые катоды с многослойной структурой эмиттера для электровакуумных приборов

Представлены технологические и конструктивные особенности изготовления плазменнонапыленных металлопористых катодов с многослойной структурой вольфрамовой матрицы. На примере сравнительных испытаний таких катодов в мощных многолучевых клистронах показана возможность увеличения срока службы приборов. С целью определения максимальной плотности тока и прогнозирования эмиссионной долговечности проведены испытания катодов в сформированных температурных режимах.

Ключевые слова: металлопористый катод, катодный узел, электронная эмиссия, многолучевой клистрон

Успешное использование плазменнонапыленных металлопористых эмиттеров в мощных гиротронах и многолучевых клистронах [1, 2] позволило снизить трудоемкость катодных узлов (КУ) за счет резкого сокращения технологического цикла Леви – исключены операции: прессование и спекание штабиков, пропитка их медью, вытачивание из штабиков эмиттеров, вытравливание и выпаривание меди, а также прокалка КУ для удаления избытка алюмината. Кроме того, применение плазменной технологии позволило расширить диапазон типоразмеров в сторону крупногабаритных эмиттеров [3, 4], повысить их эмиссионную однородность, электропрочность [5] и долговечность. Эти достижения плазменной технологии мы решили перенести на традиционные катоды с целью увеличения их долговечности путем создания многослойной структуры вольфрамовой матрицы.

Нами изготовлены катоды, в основе которых использовались традиционные матрицы с пористостью 25-27 %, что обеспечивало большой запас эмиссионного вещества 3BaO , $0,5\text{SiO}$, Al_2O_3 . Матрицы осмировались и на них методом плазменного напыления формировались тонкие $30\div 100$ мкм матрицы с пористостью не более 20% и со целевой формой пор [6, 7]. Затем они пропитывались и осмировались. Схема такой структуры приведена на рис. 1. Узел с плоским единым эмиттером 1 [8, 9] и фокусирующей сеткой 2 использовался в мощных многолучевых клистронах сантиметрового диапазона.

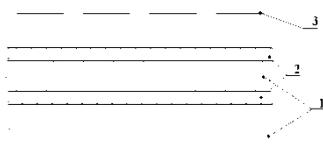


Рисунок 1. Схема КУ многолучевого клистрона с многослойной структурой эмиттера. 1 – W матрицы, 2 – Os покрытия, 3 – фокусирующий электрод.

Мощность клистрона составляет несколько десятков кВт в импульсном квазепрерывном режиме. Распределение плотности тока по диаметру отверстия 1,9 мм в сетке в импульсном и непрерывном режимах показано на рис. 2.

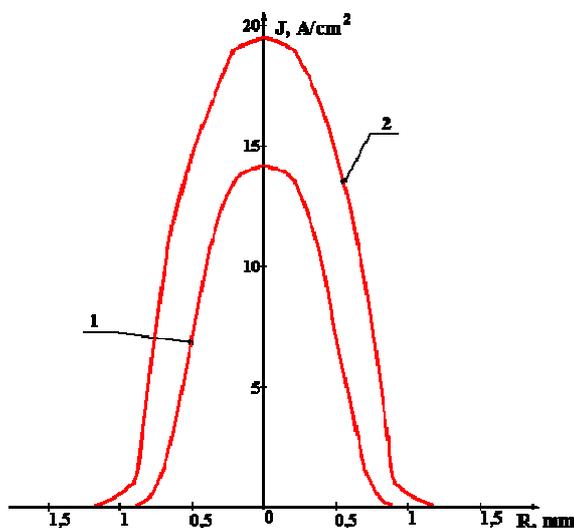


Рисунок 2. Распределение плотности тока в одном луче многолучевого клистрона. 1 – непрерывный режим, 2 – импульсный квазепрерывный режим ($\theta =$

Видна резкая неоднородность отбора тока с катода от периферии к центру отверстия, что, по-видимому, и было основной причиной падения тока в процессе срока службы приборов с катодами, изготовленными по традиционной технологии. На рис.3 представлены результаты сравнительных испытаний приборов на долговечность с разными катодами. Минимальная температура обычных катодов необходимая для обеспечения заданного уровня тока составляет $1100 \div 1130^{\circ}C_{ярк}$, а для наших – $1060 \div 1080^{\circ}C_{ярк}$.

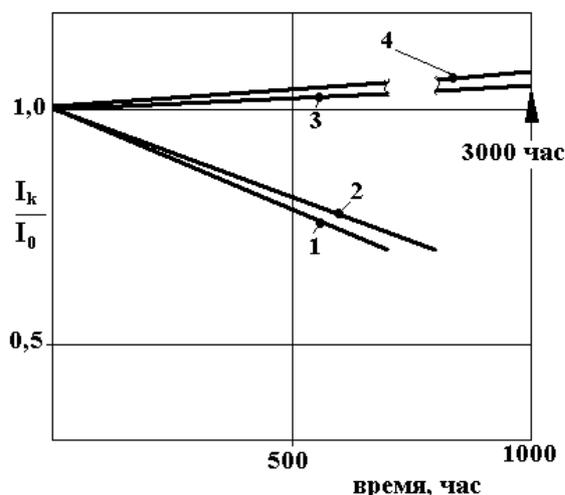


Рисунок 3. Изменение тока катода в процессе срока службы клистронов. 1, 3 – непрерывный режим, 2, 4 – импульсный режим, 1, 2 – обычный катод, 3, 4 – наш катод.

Из приведенных данных видно, что для катодов с многослойной структурой вольфрамовой матрицы после 3000 часов испытаний не обнаружено падение тока и даже наблюдается небольшой 5% его рост. Для обычных катодов предельное падение тока, когда еще обеспечиваются выходные параметры прибора, наступают уже через 700-800 часов.

Другой задачей нашей работы было дальнейшее увеличение срока службы высокодолговечных узлов. На рис.4 представлена схема такого торцевого узла диаметром 1,5мм, мощностью накала не более 2 Вт с ресурсом не менее 30 тыс. часов при отборе плотности тока не более 1 А/см². С целью прогнозирования увеличения долговечности КУ с многослойной структурой эмиттера проведены сравнительные испытания в форсированных режимах в диодах: температура эмиттера 1340-1350 °С_{ярк}, импульсный режим отбора тока при 1мкс и скважностью 50 000.

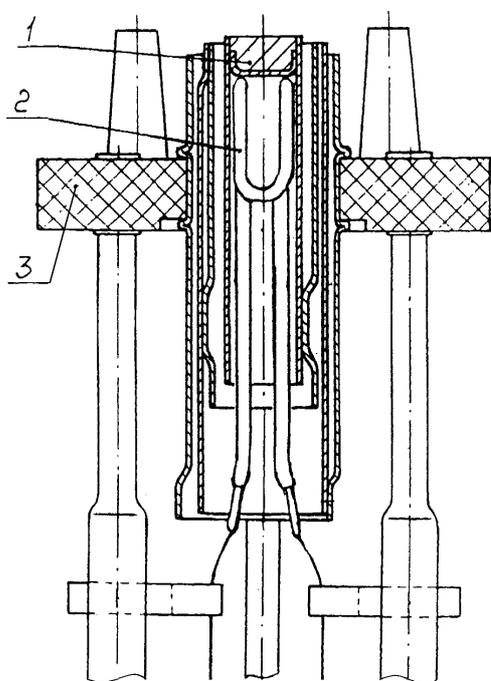


Рисунок 4. Схема металлопористого экономичного КУ. 1 – эмиттер, 2 – подогреватель, 3 – изолятор.

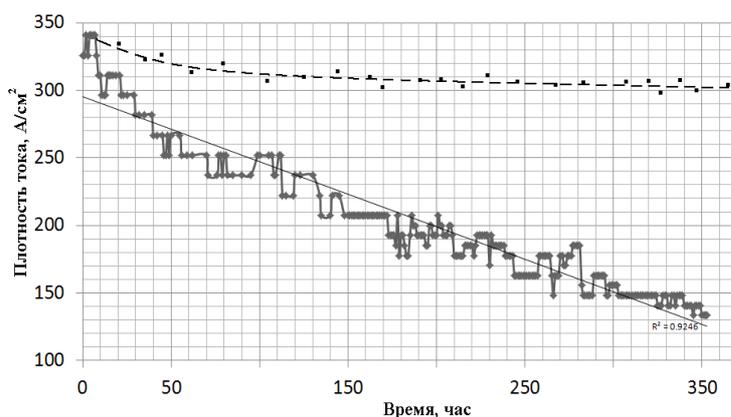


Рисунок 5

Из приведенных на рис. 5 данных видно, что для катодов с многослойной структурой эмиттера падение тока на уровне 300 А/см² (ток близкий к насыщению) в течении 350 часов не превышает 15%, в то время как для катодов с однородной структурой [10] отмечено уменьшение тока в 2 раза. Учитывая изменение скорости испарения эмиссионного вещества на каждые 20 – 25 °С в два раза, можно оценить долговечность эмиттеров в ~ 300000 часов, без учета влияния ионной бомбардировки и срока службы подогревателя.

Библиографический список

1. Andronov A.V. Metal-porous cathodes – effective sources of electron emission for high power gyrotrons / A.V. Andronov, V.N. Ilin, V.A. Khmara, A.A. Luchin, O.I. Lucsha, S.P. Makarova, O.Y. Maslennikov, S.V. Roborerov, V.A. Smirnov, G.G. Sominsky // – IVESC 1996 Conference proceedings (1st-4th July 1996). – 1996. – p. 213.
2. Дроздов С.С. Многолучевой источник электронов для мощных электровакуумных приборов / С.С. Дроздов, О.Ю. Масленников, В.А. Смирнов, Ю.С. Судаков // Одиннадцатая научно-техническая конференция «Вакуумная наука и техника»: сборник материалов конференции (Судак, сентябрь 2004 г.). – Судак, 2004. – С. 312 – 316.
3. V.P. Yakovlev, 100MW Electron Gun for a 34.3 Ghz magnicon / V.P. Yakovlev, O.A. Nezhevenko, M.A. La Pointe, J.L. Hirshfield, M.A. Butazova, G.I. Kuznetsov // – 2001 Particle Accelerator Conference proceedings – 2001. – p. 1041.
4. Корнюхин А.А. Сильноточный источник электронов для ускорителя-инжектора / А.А. Корнюхин, А.В. Крылов, Г.И. Кузнецов, Н.В. Логачев, О.Ю. Масленников, Ю.А. Потапов, В.А. Смирнов, Ю.С. Судаков, Пятнадцатая научно-техническая конференция «Вакуумная наука и техника»: сборник материалов конференции (Сочи октябрь 2008 г.). – Сочи, 2008. – С. 191 – 195.
5. Смирнов В.А. Катоды со специальными характеристиками для сверхмощных электровакуумных приборов / В.А. Смирнов //, Восьмая научно-техническая конференция «Вакуумная наука и техника»: сборник материалов конференции (Судак сентябрь 2001 г.). – Судак, 2001. – С. 208 – 211.
6. Смирнов В.А. Высокоэффективные металлопористые (импрегнированные) катоды для электровакуумных приборов / В.А. Смирнов //, Десятая научно-техническая конференция «Вакуумная наука и техника»: сборник материалов конференции (Судак, Даты, сентябрь 2003 г.). – Судак, 2003. – Т.23. – С. 436.
7. Смирнов В. А. Металлопористый катод / В.А. Смирнов, Е.Н. Сеницына, З.Н. Пустопрева, Т.Ф. Гусева // Патент РФ № 81377, 2008 г.
8. Смирнов В.А. Устройство для изготовления металлопористого многоэмиттерного катода / В.А. Смирнов, А.П. Никитин, Г.В. Мельничук, Ю.В. Кубарев, В.Н. Бойкачев, Ю.А. Потапов, П.И. Акимов, Ю.С. Судаков // Патент РФ №115561, 2011 г.
9. Акимов П. И. Многолучевой катодный узел / П.И. Акимов, Т.С. Бойкович, А.П. Никитин, В.А. Смирнов, Ю.А. Потапов, А.В. Крылов, Л.А. Соловьева, Н.А. Тыклина, Патент РФ № 97563, 2010 г.
10. Smirnov V.A., Plasma spraying metal-porous cathodes for high-power microwave devices / V.A. Smirnov, P.I. Akimov, G.V. Melnichuk, V.G. Chudin, A.P. Nikitin, I.A. Freydovich, Y.A. Potapov, Y.S. Sudakov, A.V. Bogoslovskaya // – IVEC 2013 Conference proceedings (21st-23rd May 2013). – 2013.