

З. 77
Н. 34

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НАУКЕ И ИННОВАЦИЯМ

РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ВАКУУМНОЕ ОБЩЕСТВО

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ
(технический университет)**

ГУ «НИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ МИЭМ»

ОАО «ВАКУУММАШ»

XV

**научно-техническая конференция
с участием зарубежных специалистов**

"ВАКУУМНАЯ НАУКА И ТЕХНИКА"

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

октябрь 2008 г.

Сильноточный источник электронов для ускорителя-инжектора

*А.А. Корнюхин, А.В. Крылов, Г.И. Кузнецов, * П.В. Логачев,
О.Ю. Масленников, Ю.А. Потапов, В.А. Смирнов, Ю.С. Судаков*
Москва, ФГУП «НПП «Торий», ул. Обручева д.52, E-mail: npptoriy@mtu-net.ru
*г. Новосибирск, ИЯФ СО РАН им. Будкера, пр. Лаврентьева, д.11

Целью работы было создание источника электронов – катода с током эмиссии не менее 2500 А в режиме микросекундного импульса для ускорителя-инжектора ЛИУ-10Р. Необходимыми требованиями являются также большая долговечность катодного узла – не менее 5000 часов и возможность значительного числа включения накала до 10000 раз. Нами выбран металлопористый (импрегнированный) эмиттер, в котором пористая вольфрамовая губка пропитывается эмиссионным веществом из алюмината бария-кальция. Для получения эмитирующей поверхности большого размера, в несколько сот квадратных сантиметров, использован метод плазменного формования вольфрамовой губки на молибденовом керне нужной конфигурации [1].

Реально, в соответствии с заказом, выбрана форма эмиттера диаметром около 180 см и радиусом вогнутой сферы (эмитирующей поверхности) около 190 см с отогнутыми краями в виде усечённого конуса. Такая форма керна позволяет сохранить его устойчивость после высокотемпературных технологических операций и в процессе циклических включений накала катодного узла. Схема керна показана на рис.1, а его внешний вид представлен на рис.2. Из-за высокой стоимости молибдена керн изготавливается из листовой заготовки методом горячей штамповки при температуре 600 °С и последующей точной обработкой на станке с программным управлением.

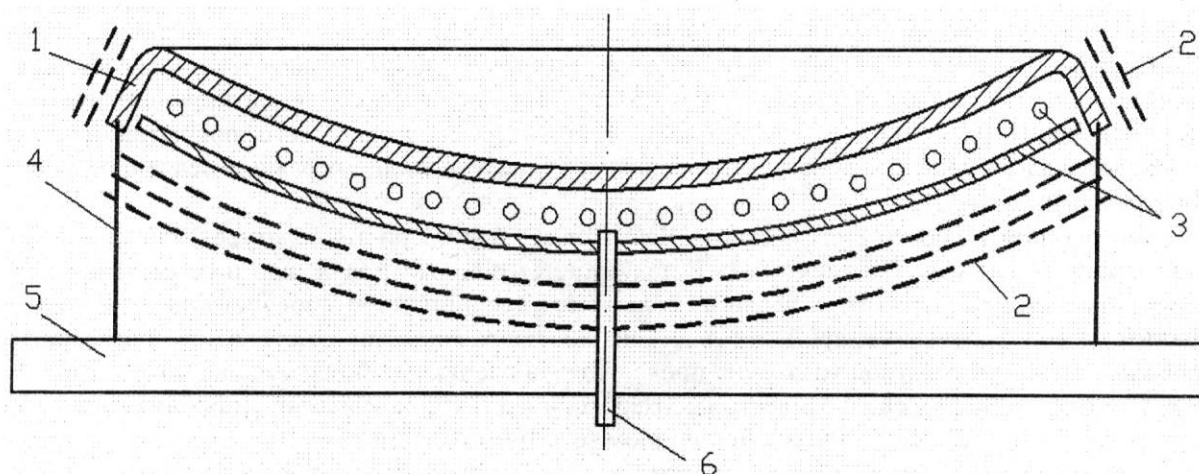


Рис. 1. Схема катодного узла.

- 1 – эмиттер (катод); 2 – блок тепловых экранов;
3 – подогреватель (стираль + основание);
4 – стержни «беличьего колеса»; 5 – основание; 6 – вывод накала

Для нанесения вольфрамовой губки на керн использовалась плазменная установка с пультом управления и рабочей камерой представленной на рис. 3. Оборудование обеспечено возможностью изменять скорости перемещения керна и плазматрона, регулировать мощность

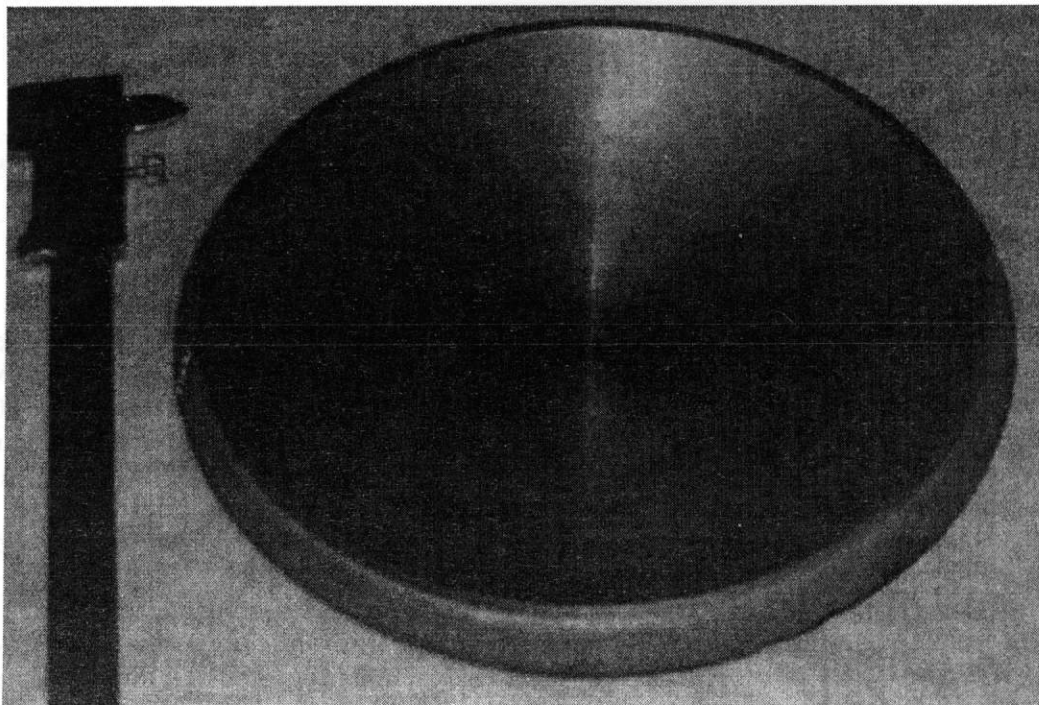


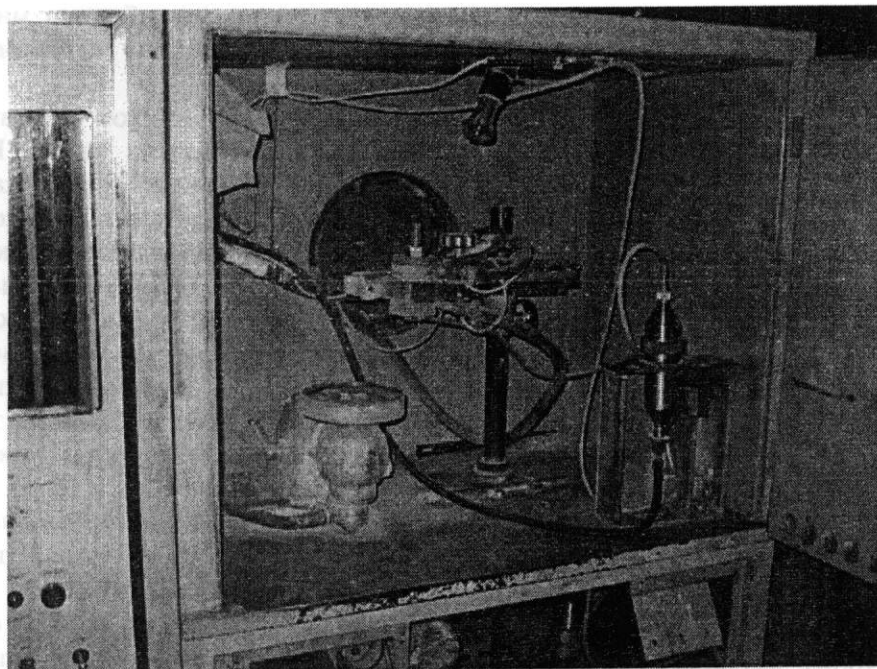
Рис.2. Kern катода.

плазменной дуги, расходы плазмообразующего и транспортирующего газов, вольфрамового порошка и охлаждающей воды. Установка может работать в режиме наладки и автоматическом режиме, обеспечивая мощность аргоновой плазменной струи до 20 кВт и подачу вольфрамового порошка в плазматрон до 10г/мин. Kern закрепляется на горизонтально вращающейся план-шайбе в оправке, охлаждаемой водой, для защиты от окисления и запыления вольфрамом неэмитирующих участков. С целью получения равномерного по толщине и структуре вольфрамового покрытия плазматрон перемещается вдоль радиуса керна по специальному копиру, задающему равнозамедленное движение от центра к периферии.

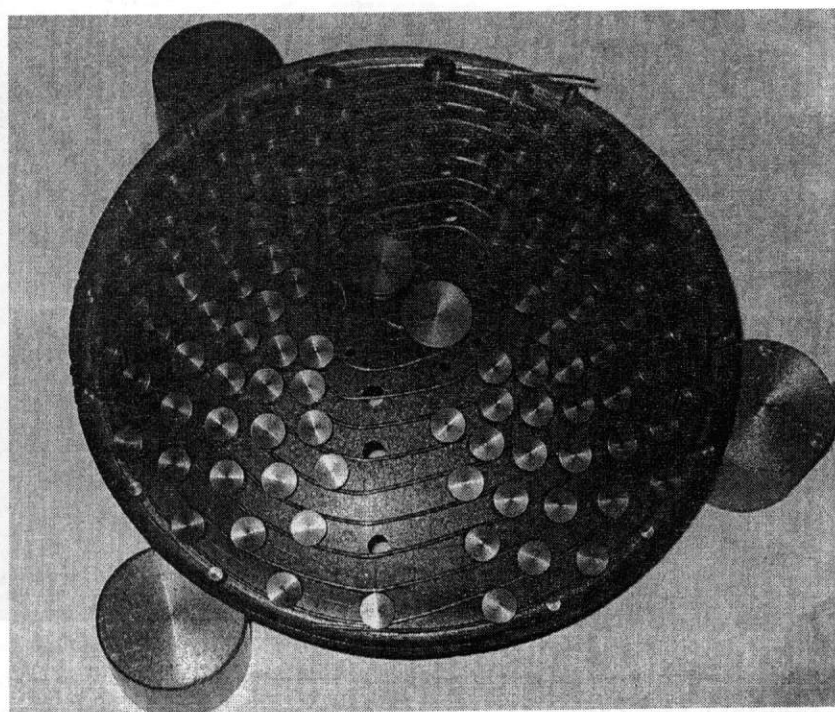
После пропитки алюминатом состава $3\text{BaO} \cdot 0,5\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ при температуре 1750°C в водороде катод зачищается от избытка алюмината и подвергается ионному травлению и осмированию. Здесь следует отметить, что для этих целей используемое традиционное оборудование нам пришлось оснастить новой рабочей камерой и оснасткой для проведения процессов с крупногабаритными деталями. Отработки режимов травления проводились в специальной оснастке на макете с замерах в трёх участках на молибденовых пластинах. Необходимая глубина травления (приблизительно 3 мкм) была достигнута в течении 2,5 часов при ионном токе 100 мА на азоте.

Осмирование эмиссионной поверхности, как и ионное травление, проводилось с целью максимально увеличить эмиссионную способность и однородность катода. Отработка равномерной толщины осмиевого покрытия производилась на кремниевых пластинах, установленных в центре и на периферии макета катода. Толщина плёнки измерялась на интерференционном микроскопе МИИ-49. При ионном токе 70 мА на азоте в течении часа достигнута однородность плёнки по толщине в пределах 0,42 – 0,46 мкм.

Важным элементом катодного узла является подогреватель, который должен обеспечить в соответствии с требованиями, равномерный нагрев эмитирующей поверхности до рабочей температуры $1000-1100^\circ\text{C}$ в пределах $\pm 10^\circ\text{C}$. Подогреватель выполнен в виде двух параллельных



*Рис. 3. Открытая камера плазменной установки.
Слева – механизм перемещения керна;
По центру – плазматрон, справа – питатель.*



*Рис.4. Оправка для навивки и термической
формовки подогревателя с навитой спиралью*

ветвей из проволоки ВР-20 диаметром 1,25 мм. Равномерность нагрева катода обеспечивается переменным шагом спиралей по радиусу керна, как это видно на рис.4, где представлена оправка для навивки и формовочного отжига спиралей. Подогреватель имеет сферическую форму, повторяющую форму керна. Тепловое расширение проволоки компенсируется тепловым расширением ниобиевого

основания, что предотвращает деформацию подогревателя в процессе работы и многочисленных включений накала. Подогреватель изолирован от основания с помощью керамических втулок, которые закреплены на основании ниобиевыми хомутами.

Для повышения экономичности катодного узла в нем предусмотрен блок тепловых экранов из ниобиевой фольги, повторяющих форму керна, как это показано на рис.1. Равномерность распределения температуры по эмитирующей поверхности и экономичность катодного узла достигается также креплением катода на стержневых держателях в виде «беличьего колеса». Сборка катодного узла производится в специальной оснастке с применением лазерной и контактной сварки.

Поскольку мы не могли провести эмиссионные испытания такого крупногабаритного эмиттера в лабораторном диоде, оно было выполнено на катоде-свидетеле меньшего размера с площадью $0,5\text{см}^2$. На основании этих испытаний можно с высокой вероятностью прогнозировать возможный ток эмиссии с катода до 5000А в режиме микросекундного импульса. Этот прогноз подтверждается также результатами работ [2,3], в которых катод изготовлен по аналогичной технологии. В заключении отметим, что разработанный катодный узел с металлопористым эмиттером такого размера в практике не известен.

На рис. 5 представлена фотография собранного катодного узла в макете рабочего устройства заказчика. Над катодом видна молибденовая сетка, на которую отбирался ток в режиме микросекундного импульса. Зависимость температуры катода и ее разброс по эмитирующей поверхности от мощности накала приведена на рис 6. Рабочая температура $1100\text{ }^\circ\text{C}$ обеспечивается при мощности 2500Вт . Результаты первых измерений эмиссионной способности катода в диодном режиме показаны на рис. 7. Видно, что ток катода в интервале температур $1100\text{-}1200\text{ }^\circ\text{C}$ ограничен анодным напряжением и для достижения ожидаемой эмиссионной способности катода требуется дополнительное его активирование.

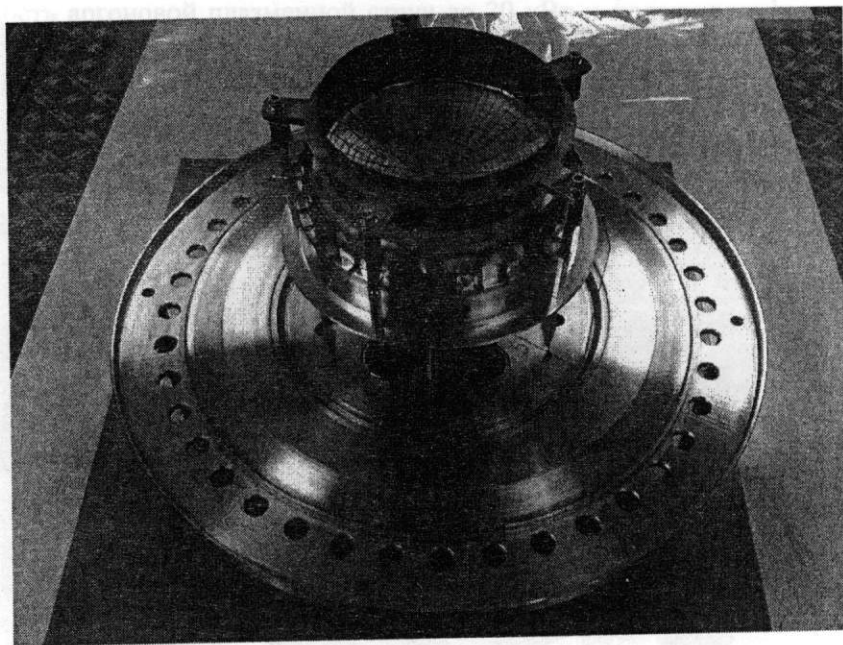


Рис.5. Катодный узел на фланце испытательного макета.

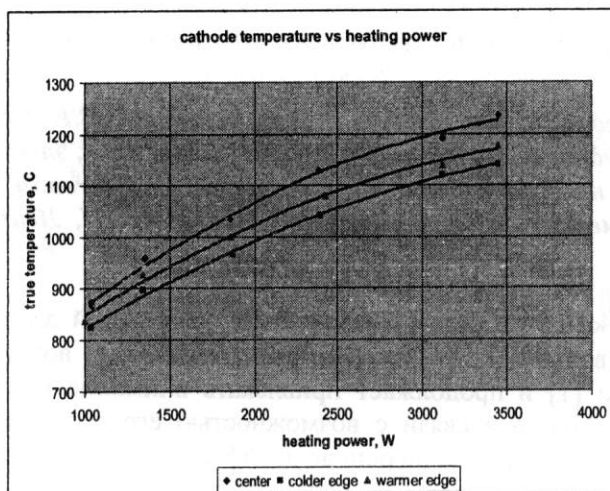


рис 6. Зависимость температуры катода от мощности нагрева в испытательном макете.

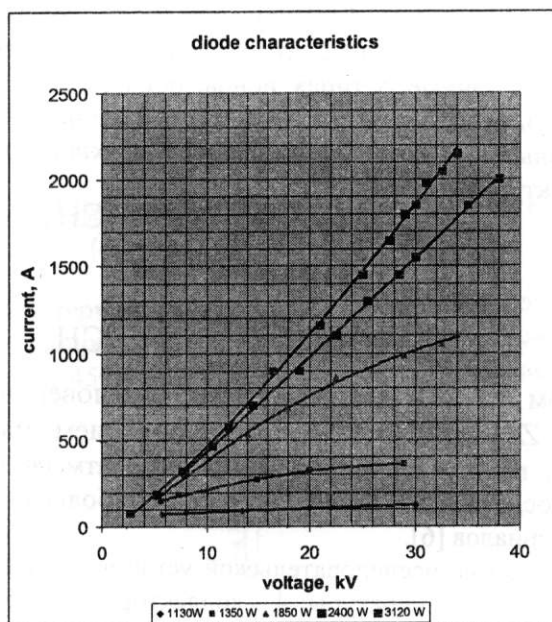


рис.7. Зависимость тока катода от анодного напряжения.

Литература:

1. В.А. Смирнов, Высокоэффективные металлопористые (импергнированные) катоды для электровакуумных приборов. Десятая юбилейная научно-техническая конференция «Вакуумная наука и техника» т.2, Крым, сентябрь 2003г., стр. 436-442.

2. С.С. Дроздов, О.Ю. Масленников, В.А. Смирнов, Ю.А. Судаков, Многолучевой источник электронов для мощных электровакуумных приборов. Вакуумная наука и техника, XI научно-техническая конференция с участием зарубежных специалистов, сентябрь 2004г., стр. 312-316.

3. V.P. Yakovlev, O.A. Nezhevenko, M.A. La Pointe, J.L. Hirshfield, M.A. Butazova and G.I. Kuznetsov. 100 MW Electron gun for A 34,3 Ghz magnicon, Proceeding of the 2001 Particle Accelerator Conference, Chicago, p. 1041.