

ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТОДЫ МИКРОТРОНА

А. П. АРУТЮНОВА, А. Г. ВЛАСОВ, А. И. СЛУПСКАЯ, М. Т. ШИВЫРТАЛОВ

Специфика работы катода в инжекторе для микротрона налагает жесткие условия на его параметры и конструкцию катодного узла. Наилучший захват электронов в ускорение в резонаторе микротрона возможен с небольшой площадки порядка нескольких квадратных миллиметров, расположенной в определенном месте резонатора. Исходя из этого, катоды для обеспечения достаточного ускоренного тока в микротроне должны удовлетворять следующим требованиям:

1. При малой эмиттирующей поверхности 4 мм^2 обеспечивать ток порядка $2-3 \text{ а}$. Поэтому плотность эмиссии катода должна быть порядка $50-100 \text{ а/см}^2$ при сроке службы более 100 часов.

2. Катод не должен разрушаться от ионной бомбардировки, которая в высокочастотном поле резонатора микротрона очень интенсивна, особенно при ухудшении вакуума.

3. Иметь гладкую эмиттирующую поверхность для обеспечения надежной работы с большой напряженностью электрического поля, которая в резонаторе микротрона достигает несколько сот киловольт на 1 см^2 .

4. Иметь стабильную эмиссию во времени.

5. Позволять производить разборки микротрона без отравления эмиттирующей поверхности.

Вышеперечисленным требованиям могут удовлетворять катоды из различных материалов — вольфрамовые, оксидно-ториевые, гексаборидлантановые и т. д. Нами разработаны и испытаны катоды из следующих эмиссионных материалов: чисто металлические (вольфрамовые), полупроводниковые (оксидно-ториевые), из гексаборида лантана. Катоды выполнялись как прямонакальные, так и с косвенным и электронным подогревом. Катоды первых двух типов и результаты их испытаний описаны в [2, 3].

Наиболее подходящим материалом для катодов микротрона оказался гексаборид лантана. Лучшие результаты позволила получить конструкция катода с электронным подогревом.

Гексаборид лантана по своим свойствам отвечает всем перечисленным требованиям, предъявляемым к катодам микротрона.

Термоэлектронные свойства катодов из гексаборида лантана видны из следующей таблицы [1].

Свойства гексаборида лантана подробно приведены в работе [1] и сводятся к следующему: удельное сопротивление $17,4 \text{ мком/см}$, ско-

рость испарения в вакууме при температуре $1680^{\circ}\text{C} - 2,89 \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^3$, $1790^{\circ}\text{C} - 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ г/см}^3$, $1910^{\circ}\text{C} - 2,66 \cdot 10^{-6} \text{ г/см}^3$. Температура плавления 2210°C , содержание бора 31,7%, плотность $7,7 \text{ г/см}^3$. Катоды из гексаборида лантана могут изготавливаться прямонакальными и с косвенным подогревом. Катоды с электронным подогревом экономически

Таблица 1

Вид катода	Эмиссионные постоянные		Рабочая температура, $^{\circ}\text{K}$	Удельная мощность накала, вт/см^2	Плотность тока эмиссии		Эффективность т/вт	Срок службы, час
	$S_{\text{эв}}$	$I \text{ см}^2 \cdot \text{г} \cdot \text{рад}^2$			непрерывный	импульсный		
LaB ₆	2,6	2,9	1680	30	1,0	1,0	33	
			1850	40	2,0	2,0	50	250

выгодны и удобны. Мощность подогрева у них значительно ниже, чем у прямонакальных. Изготовление катодов из горячепрессованных штабиков гексаборида лантана позволяет избежать сложных конструкций

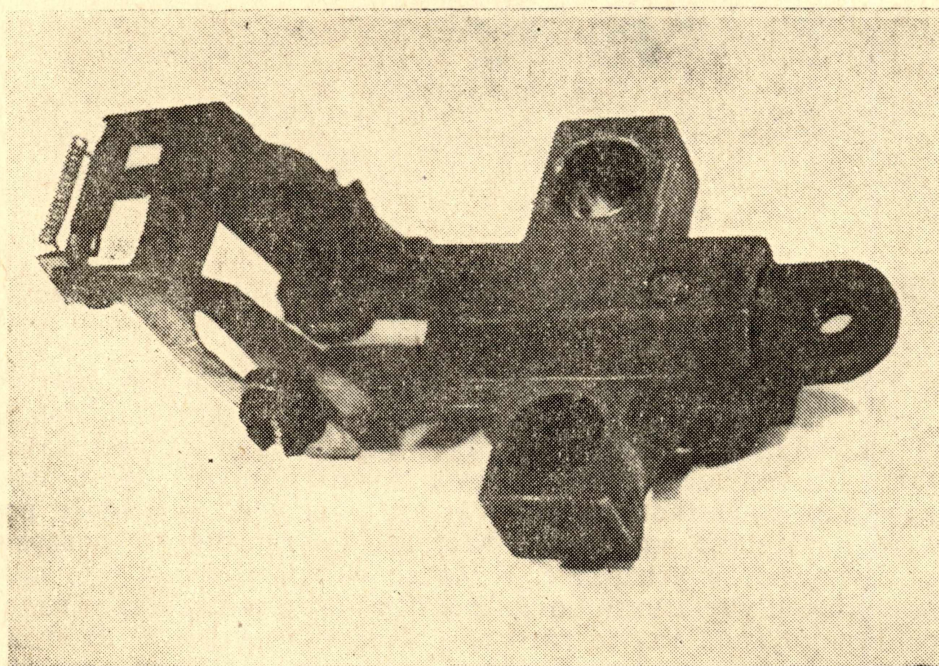


Рис. 1. Катодный узел микротрона с боридлантановым катодом в виде штабика

катодных узлов, предусматривающих защиту от ионной бомбардировки. На рис. 1 изображен катод с электронным подогревом в виде штабика, закрепленного в танталовой лодочке и нагреваемого с помощью электронной бомбардировки накаленной вольфрамовой спиралью. Такой катод работал в микротроне 50 часов с эмиссией в 1 а. Срок службы такого катода зависит от прогорания танталовой лодочки, долговечности спирали и катодного распыления самого эмиттирующего материала гексаборида лантана. Практически в результате испытаний и расчетов

выбраны оптимальные размеры спирали подогревателя (диаметр 0,3 мм, шаг 0,2 мм, длина 7 мм) и расстояние штабик — подогреватель (1,5—2 мм). При изготовлении таких катодов приходится учитывать химическое взаимодействие между танталовой лодочкой, в которую закреплена таблетка гексаборида лантана, и штабиком, в результате которого образуется борид металла подложки. Танталовую подложку химически изолируют от штабика с помощью дисилицида молибдена.

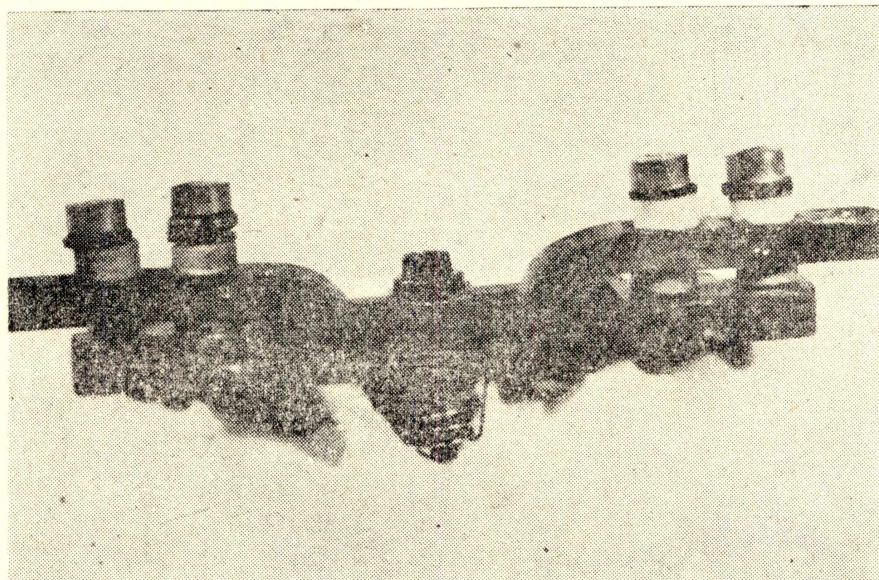


Рис. 2. Катодный узел микротрона с торцевым боридлантовым катодом

Кроме того, на танталовую лодочку влияет известное свойство тантала — коробление вблизи накаливаемого вольфрама, особенно при ухудшении вакуума. Длительная работа микротрона с такими катодами показала, что нет необходимости использовать катоды с такой большой эмитирующей поверхностью (1,8—7) мм². Так как из теории работы микротрона известно, что не все частицы, эмитируемые с поверхности катода, попадают в ускорение, а только определенная часть, поэтому площадь можно уменьшить до 2×2 мм² и катод изготовить в виде торцевого. Конструкция такого катода изображена на рис. 2. В этой конструкции достигнута равномерность температуры по рабочей эмитирующей поверхности, постоянство и равномерность тока эмиссии, механическая устойчивость, малые габариты, мощность разогрева 20—30 вт. Преимущество такой конструкции — возможность снимать большие плотности тока до 60—70 а/см² с малой эмитирующей площадки 4—5 мм², возможности варьировать точкой установки катода относительно щели резонатора.

Но для торцевого катода необходимо иметь цилиндрические штабики.

На специально изготовленном и запущенном в эксплуатацию станке, изображенном на рис. 3, производится нарезка цилиндрических штабиков из гексаборида лантана диаметром 2 мм и высотой 8 мм. Штабик после изготовления и травления запрессовывается в стаканчик,

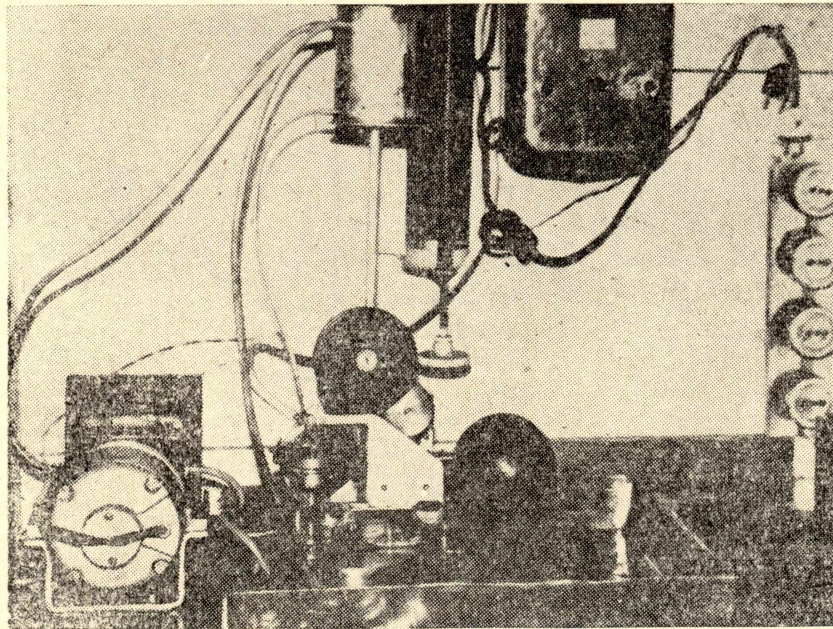


Рис. 3. Электроискровой станок для вырезки цилиндрических штабиков из гексаборида лантана

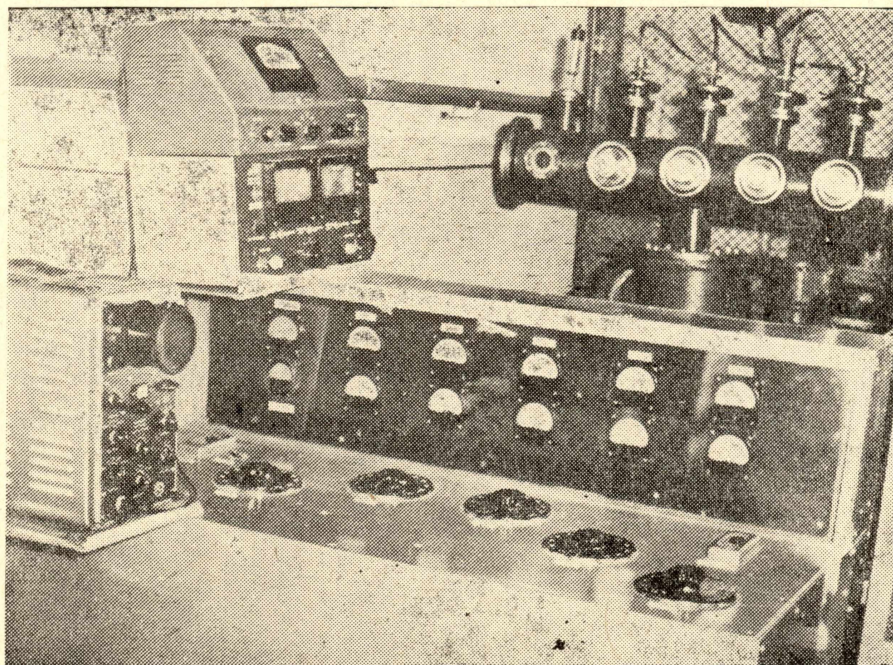


Рис. 4. Общий вид испытательного стенда

крепящийся на жестком кронштейне из тантала. Спираль изготавливается из вольфрамовой проволоки ВА-3 диаметром 0,4 мм. Спираль имеет три витка с наружным диаметром 6 мм.

Катоды микротрона испытывались на специальном испытательном стенде, общий вид которого приведен на рис. 4. Принципиальная электрическая схема испытаний показана на рис. 5.

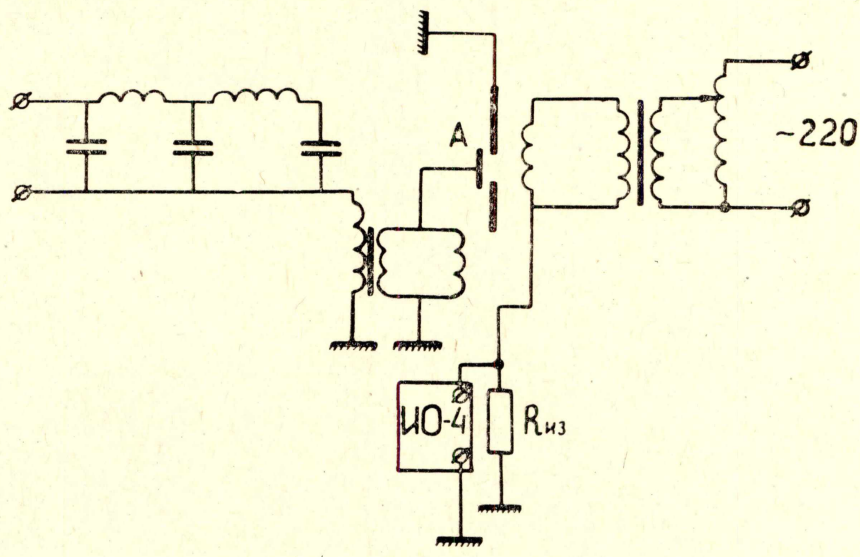


Рис. 5. Принципиальная схема испытаний катодов с электронным подогревом

В результате испытаний на испытательном стенде и непосредственно при работе в микротроне было установлено, что при сравнительно небольшой мощности разогрева 20—30 вт с торцевого цилиндрического катода, эмитирующая поверхность которого 4,5—5 мм², можно снять ток до 3 а, что соответствует плотности тока — 60—70 а/см². Катоды выдерживают несколько разборок системы и при очень жестких условиях эксплуатации при настройке микротрона работают 40—50 часов. При нормальных условиях эксплуатации срок службы торцевого катода достигает 100 и более часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Самсонов, Ю. Б. Падерно. Бориды редкоземельных металлов. Изд-во АН УССР, Киев, 1961.
2. А. П. Арутюнова, А. Г. Власов, Т. И. Данилина. Разработка эффективных катодов для микротрона. Доклад на VI Межвузовской конференции по электронным ускорителям. (В печати).
3. А. П. Арутюнова, А. Г. Власов, Т. И. Данилина. Разработка катодов для микротрона. Отчет НИИ ЯФ № 3149, г. Томск, 1965.