

ОКСИДНО-ТОРИЕВЫЕ КАТОДЫ ДЛЯ ИНЖЕКТОРОВ БЕТАТРОНОВ

А. Г. ВЛАСОВ, Б. В. ОКУЛОВ, В. П. ПОНОМАРЕВ, А. И. СЛУПСКАЯ

1. Выбор типа катодов и технология их изготовления

К катодам инжекторов ускорителей электронов предъявляются специфические требования: достаточно высокая полнота и стабильность эмиссии во времени, устойчивость к отравлению, т. е. способность работы при сравнительно низком вакууме 10^{-5} — 10^{-6} тор, устойчивость к ионной бомбардировке, механическая прочность эмитирующего слоя и его сцепления с подложкой и достаточно большой срок службы.

Этим требованиям удовлетворяет ряд катодов, применяемых в электровакуумных приборах — катоды из чистого торированного вольфрама, оксидные, оксидно-ториевые и др.

Катоды из чистого вольфрама обладают одним существенным недостатком — недостаточную плотность эмиссии в 10 — 20 а/см² в импульсе обеспечивают при высокой температуре, что значительно сокращает их срок службы.

Длительное время в отпаянных электровакуумных приборах использовались катоды из торированного вольфрама. В работе [1] описано применение торированного вольфрама для катодов инжекторов. Но такие катоды имеют ряд недостатков:

1. Пленка тория на поверхности вольфрама быстро разрушается ионной бомбардировкой при анодных напряжениях в несколько киловольт.

2. При температуре свыше 2000°K катод резко теряет эмиссию, как показано на рис. 1.

Катоды из торированного вольфрама работают более устойчиво после карбидирования их путем прокаливании в парах углеводородов. При этом атомная пленка тория образуется на карбиде вольфрама, сцепление с которым значительно лучше, чем с чистым вольфрамом. Кроме того, восстановление тория из его окиси в толще вольфрамовой проволоки идет лучше в присутствии углерода [2]. Однако карбиды вольфрама хрупки, что приводит к растрескиванию поверхности катода при охлаждении и быстрому выходу из строя из-за механического разрушения.

Наиболее широкое распространение получили оксидные катоды, для которых в качестве активного вещества используется барий. Такие катоды, имея большие преимущества по эмиссионным свойствам, все же имеют и недостатки: они требуют активировки при высоком вакууме, при нарушении вакуума безвозвратно теряют эмиссию.

Поэтому в разборных вакуумных системах, таковыми являются системы большинства бетатронов, было предложено использовать оксидный катод на основе окиси тория.

Рабочая температура оксидно-ториевого катода несколько ниже, чем в случае торированного вольфрама (рис. 1). У этих катодов отсутствует запорный слой между слоем оксида и керном, что дает возможность использовать их в импульсном режиме при отборе больших плотностей тока, равных $10\text{--}20\text{ а/см}^2$. Эмиссия у оксидно-ториевых катодов изменяется с большой постоянной времени — несколько сот часов.

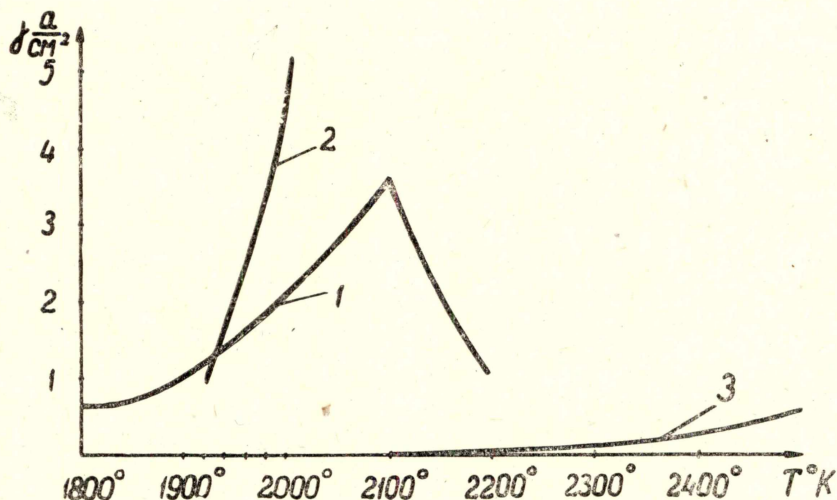


Рис. 1. Зависимость плотности эмиссии от температуры катода.

Кривая 1 — катод из торированного вольфрама.

Кривая 2 — оксидно-ториевый катод.

Кривая 3 — катод из чистого вольфрама

Чтобы получить высокую эмиссию с оксидно-ториевого катода, необходимо осуществить его активировку. Активировать катод — это значит создать избыточное количество свободных атомов тория на его эмитирующей поверхности. Лучше всего активировка катода проходит с отбором тока при $1750\text{--}1800^\circ\text{С}$. Активирование при более высоких температурах нежелательно, так как при снижении температуры до рабочей может произойти дезактивация катода [3].

Наиболее устойчиво оксидно-ториевые катоды работают при температуре 1650°С . После соприкосновения с атмосферой оксидно-ториевые катоды быстро восстанавливают свои свойства при повторной активировке, хорошо обезгаживаются, могут длительное время работать при плохом вакууме порядка 10^{-4} тор , не теряя эмиссионных свойств.

2. Технология изготовления оксидно-ториевых катодов

Оксидно-ториевые катоды, применяемые в инжекторах бетатронов, представляют собой спираль или несколько соединенных параллельно спиралей из вольфрамовой проволоки с нанесенным слоем оксида.

Срок службы такого катода в большей степени зависит от долговечности керна и запаса окиси тория.

Для оксидно-ториевых катодов в качестве керна нами используется вольфрамовая проволока марок ВА-3, ВА-5 диаметром $0,2\text{ мм}$.

Вольфрам в отличие от других металлов имеет наивысшую температуру плавления, малую скорость испарения, а значит продолжительный срок службы.

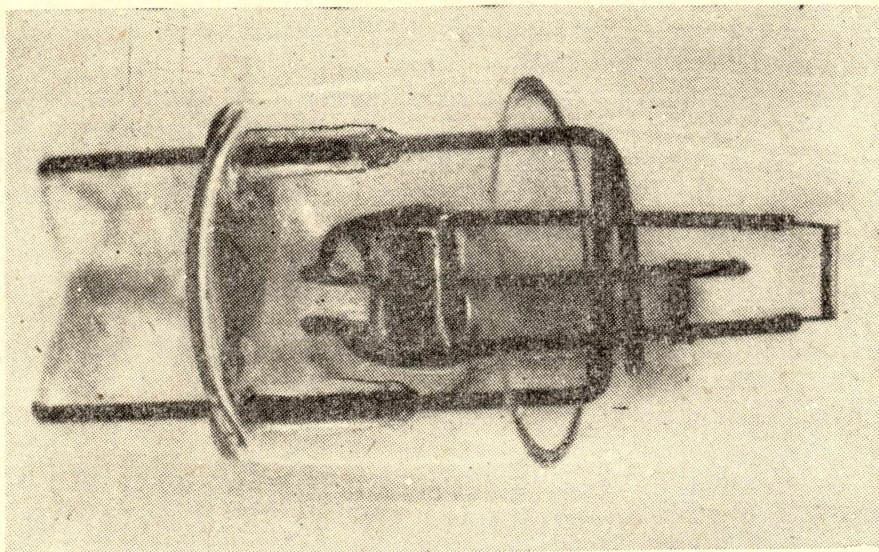


Рис. 2. Инжектор с оксидно-ториевым катодом для малогабаритных бетатронов на 6 мэв

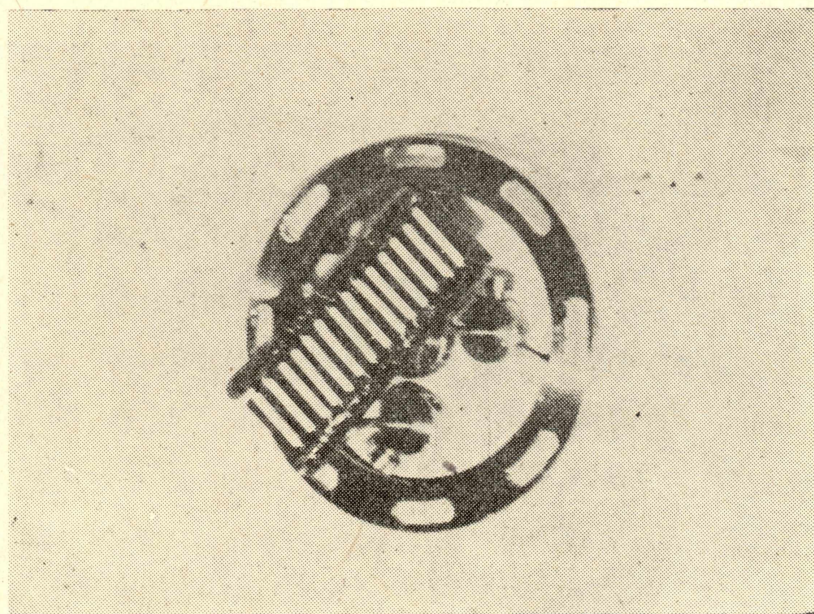


Рис. 3. Катодный узел инжектора сильноточного бетатрона на 25 мэв

Спираль, навитые на навивочном станке, очищаются электролитическим травлением в 20% растворе щелочи, промываются, высушиваются, монтируются и для снятия остаточных деформаций подвергаются отжигу в вакуумной печи при давлении 10^{-2} — 10^{-4} тор и температуре 900—1000°C в течение 5 минут.

Второй ответственной операцией при изготовлении оксидно-ториевого катода является нанесение оксида.

С чистого вольфрама окись тория быстро осыпается. Для улучшения сцепления окиси тория с материалом керна применяются различные методы. Нами применяется метод покрытия керна смесью порошков вольфрама и молибдена. Смесью порошков 50% W+50% Mo наносится методом катафореза на керна катода.

При запекании в вакуумной печи при давлении 10^{-5} тор и температуре 2200°C такое покрытие образует губчатую поверхность. Губка позволяет создать требуемый запас активного вещества, улучшает теплопередачу от керна к активному веществу, повышает прочность сцепления окиси тория с керном.

На губчатую поверхность керна окись тория наносится катафорезом или втирается кисточкой.

Покрытый окисью тория катод помещается в систему для вакуумного вбивания. Система откачивается. Затем резким повышением давления до 2—3 атмосфер окись тория вбивается в поры губки.

После вбивания катод еще раз покрывается активной массой и погружается на несколько секунд в биндер, образующий на поверхности катода тонкую пленку, которая прочно сцепляет между собой кристаллы окиси тория. Более полная технология катодов описана в работе [4].

3. Результаты испытаний оксидно-ториевых катодов

Нами изготавливаются оксидно-ториевые катоды для инжекторов малогабаритных бетатронов на 6 мэв (рис. 2), для сильноточного

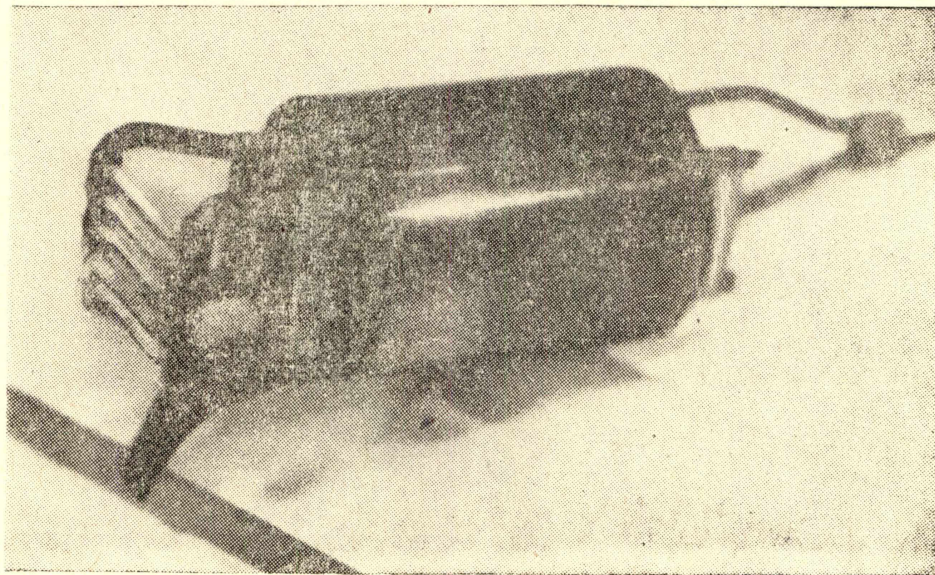


Рис. 4. Катодный узел инжектора сильноточного стереобетатрона на 15 мэв

бетатрона на 25 мэв (рис. 3) и для сильноточного стереобетатрона на 15 мэв (рис. 4).

Катоды для инжекторов малогабаритных бетатронов выполняются в виде спирали диаметром 1 мм, длиной 7 мм. Катоды работают 300—350 часов с постоянной эмиссией — 1,5—2 а в импульсе.

Катоды сильноточного бетатрона на 25 Мэв выполняются в виде 16 параллельно соединенных спиралей диаметром 1 мм и длиной 11 мм. Мощность накала таких катодов 200—250 вт. Ток с катода 40 а, срок службы 350—400 часов. Катоды сильноточного стереобетатрона на 15 Мэв — 5 параллельно соединенных спиралей диаметром 1 мм и длиной 8 мм. Мощность накала 60 вт, ток с катода 5—10 а, срок службы 400—450 часов.

Все эти катоды сравнительно просты в изготовлении, хорошо работают в разборных системах, позволяют снимать большие плотности тока в импульсном режиме, не боясь понижений вакуума до давления 10^{-4} тор и имеют срок службы несколько сот часов.

Все это позволило нам широко использовать оксидно-ториевые катоды для инжекторов бетатронов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Власов. Изв. ТПИ, 87, 297, 1957.
 2. Б. М. Царев. Расчет и конструирование электронных ламп. ГЭИ, 1961.
 3. Эффективные термокатоды. Сб. переводов под ред. Шульмана А. Г. ГЭИ, 1 вып. 268, 1958.
 4. А. Г. Власов, А. И. Слупская. Оксидно-ториевые катоды инжекторов ускорителей. Отчет НИИ ЯФ № 3171, Томск, 1965.
-