

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ВЫСОКОВАКУУМНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ ИОННО-СОРБЦИОННЫХ ТИТАНОВЫХ НАСОСОВ

В. П. ПОНОМАРЕВ

Введение

Титановые ионно-сорбционные насосы, работа которых основана на сорбции газов, напыленной титановой пленкой, обладают некоторыми преимуществами по сравнению с диффузионными пароструйными насосами [1], что обусловило их широкое использование для создания высокого вакуума ($P = 10^{-6} - 10^{-10}$ тор) в различной физической аппаратуре и промышленных установках.

Распыление титана в насосах небольшой и средней производительности ($S = 10 - 50$ л/сек) часто осуществляется термическим испарением с дополнительной ионизацией остаточных газов или электронной бомбардировкой. Как в тех, так и других конструкциях титановых насосов [3—5] не приводится полных данных по обоснованию и выбору режима работы насосов, что в конечном итоге снижает эффективность их использования.

В статье сделана попытка обоснования режима работы насосов производительностью $S = 30 - 60$ л/сек с распылением титана электронной бомбардировкой.

Полученные данные являются результатом экспериментального исследования конструкций насосов, выполненных в диодном исполнении.

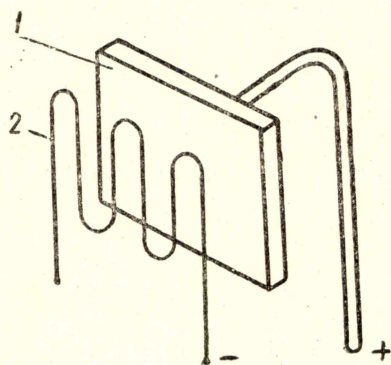


Рис. 1. Экспериментальная конструкция электродной системы титанового насоса: 1 — титановый коллектор (анод); 2 — вольфрамовый катод

Выбор формы электродов насоса

Исследование свойств электродных систем насосов было проведено на системе, схематично приведенной на рис. 1. Она состоит из коллектора (анода), изготовленного из титана марки ВТ-1Д и вольфрамового катода.

Исследование указанной электродной системы позволило сделать следующие выводы:

1. Для распыления титана, достаточного для работы насоса, удельная мощность, выделяемая на титановом коллекторе, должна быть в пределах $50 - 100$ вт/см² при толщине коллектора 1—5 мм (рис. 2).

2. Увеличение срока службы насоса требует большего количества титана, помещенного в насос. Это приводит к увеличению мощности, рассеиваемой на коллекторе и, кроме того, при большей первоначальной толщине коллектора по мере его распыления увеличивается рас-

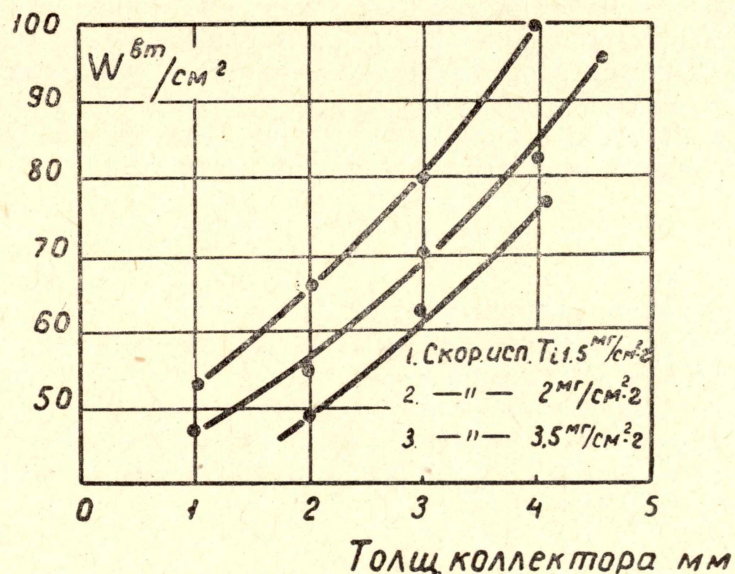


Рис. 2. Зависимость удельной мощности, выделяемой на коллекторе, от его толщины при различной скорости испарения титана

стояние катод—коллектор. Поэтому для сохранения заданного режима распыления титана—электронного тока в цепи катод—коллектор необходимо увеличивать ускоряющее напряжение или уменьшать расстояние катод—коллектор. Устранение этих недостатков достигается разделением запаса титана в насосе на 2—4 части, которые распыляются поочередно. Это позволяет получить срок службы насоса по запасу титана 500—1000 часов при малой подводимой мощности, при этом регулировки ускоряющего напряжения или расстояния катод—коллектор во время работы не требуется.

3. Титановый коллектор при плоской электродной системе распыляется неравномерно. Наиболее интенсивно он распыляется в центре из-за большей плотности электродного тока, попадающего на него. Устранение этого недостатка возможно при использовании полуцилиндрической конструкции электродной системы (рис. 3), которая была принята в наших условиях основным вариантом электродной системы титановых насосов [5] в диодном исполнении.

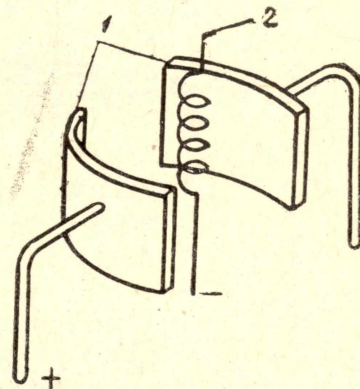


Рис. 3. Полуцилиндрическая конструкция электродной системы титанового насоса

Режим работы насоса

Эксплуатационные параметры титановых насосов в значительной мере зависят от схемы их питания. Цепь питания катода не оказывает особого влияния на работу титанового насоса. Этого нельзя сказать

о втором элементе схемы, создающем электрическое поле, ускоряющее электроны. Характер напряжения, создающего поле, его величина имеют определяющее влияние на скорость откачки насоса, являющуюся основным эксплуатационным параметром насоса.

Электродная система насоса с разделением запаса титана на несколько частей позволяет использовать как переменное, так и постоянное ускоряющее напряжение. Кроме того, связь между ускоряющим напряжением и геометрией электродной системы определяет величину электронного тока в цепи коллектора.

Для полуцилиндрической конструкции электродов зависимость между величинами можно выразить формулой [6]

$$I_e = 2,33 \cdot 10^{-6} \frac{Q_{эф}}{r^2 \beta^2} \cdot U^{3/2} [a],$$

где I_e — ток в цепи коллектора в а;

r — расстояние между катодами и коллектором в см;

$Q_{эф}$ — площадь коллектора в см²;

U — ускоряющее напряжение в вольтах;

β — коэффициент, учитывающий форму электродов.

Оптимальный выбор и соотношение между этими величинами определяет режим работы насоса.

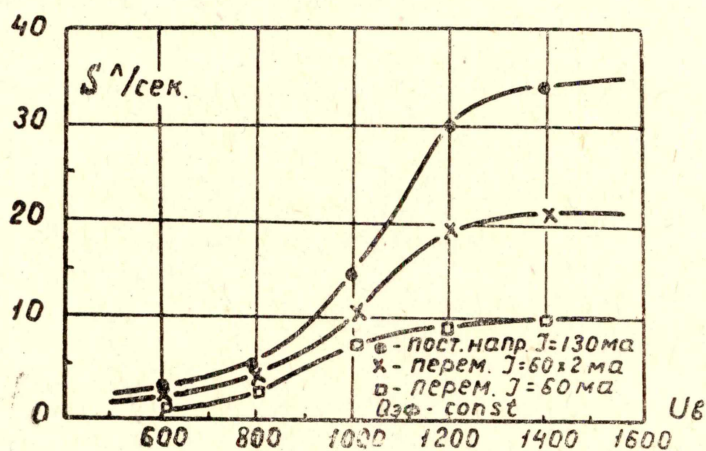


Рис. 4. График скорости откачки титанового насоса в зависимости от вида и величины ускоряющего напряжения

Зависимость максимальной скорости откачки насоса от величины и вида приложенного ускоряющего напряжения представлена на рис. 4.

Из анализа полученных кривых можно заключить, что быстрый рост скорости откачки насоса наблюдается при напряжении $U \geq 800-900$ вольт. Эта величина напряжения является минимально допустимой для работы насоса, при которой электроны приобретают кинетическую энергию, достаточную для распыления титанового коллектора. При напряжении 900—1200 в наиболее благоприятные условия распыления титана, так как наряду с электронным потоком титанового коллектора участвует и лучистая энергия нагретого катода, так как расстояние g небольшое.

Увеличение ускоряющего напряжения свыше 1200 в нецелесообразно, так как небольшой выигрыш в скорости откачки насоса достигается увеличением ускоряющего напряжения.

Из графика видны преимущества, достигаемые при питании насоса постоянным напряжением. При переменном напряжении электроны имеют достаточную энергию для распыления титана в центральной части полуволны напряжения, что и определяет более низкую скорость откачки при переменном напряжении.

Важным эксплуатационным параметром титанового насоса является стабильность в поддержании заданного режима распыления титана. Определяющее влияние на режим распыления титана оказывает величина тока I_e , и, следовательно, вопрос сводится к поддержанию заданной величины тока в цепи коллектора при определенной величине ускоряющего напряжения. Этим ограничителем тока, поддерживающим его на заданной величине, использован пространственный заряд, образованный электронами около катода.

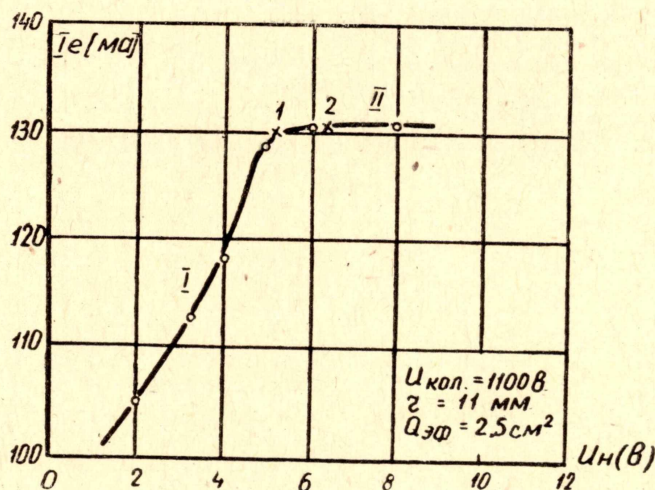


Рис. 5. График эмиссионной характеристики катода титанового насоса

Образование пространственного заряда при заданной величине тока I_e осуществляется установкой при монтаже электродной системы необходимого расстояния катод—коллектор r , рассчитанного по формуле 1. Это положение подтверждается графиком эмиссионной характеристики катода титанового насоса (рис. 5).

На кривой графика имеются два характерных участка. Участок I характеризует величину роста тока, рассчитываемого по формуле 1. В точке 1 образуется пространственный заряд, и при увеличении накала катода величина электронного тока I_e почти не изменяется — участок II.

Рабочей точкой насоса принята точка 2, в которой напряжение накала катода по сравнению с точкой 1 увеличено на 15—20%.

Закключение

В результате выбора электродных систем насосов с распылением титана электронной бомбардировкой и исследования режима работы насосов можно сделать следующие выводы:

1. Полуцилиндрическая конструкция электродной системы наиболее полно удовлетворяет условиям эксплуатации в насосе.

2. Разделение запаса титана в насосе на 2—4 части позволяет увеличить срок службы насоса в 2 раза, а мощность, потребляемую на распыление титана, уменьшать в 2—3 раза, чем у насосов, в которых титан сконцентрирован в одном коллекторе.

3. Выбор рабочей точки насоса в режиме пространственного заряда обеспечивает длительную стабильную его работу без дополнительных регулировок.

4. Титановые ионно-сорбционные насосы производительностью $S=30-60$ л/сек рекомендуется питать постоянным ускоряющим напряжением $U=1100-1200$ в, при этом требования к стабильности и пульсации выпрямленного напряжения самые общие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современная вакуумная техника. ИЛ., 1963.
 2. М. И. Меньшиков, ПТЭ, 4, 3, 1959.
 3. А. Г. Мишкин. «Электроника», 11, 62, 1958.
 4. И. А. Гришаев и др. ПТЭ, 3, 144, 1960.
 5. В.П. Пономарев. ПТЭ, 6, 143, 1963.
 6. А. Ф. Власов. Электронные и ионные приборы. ГЭИ, 1960.
-