

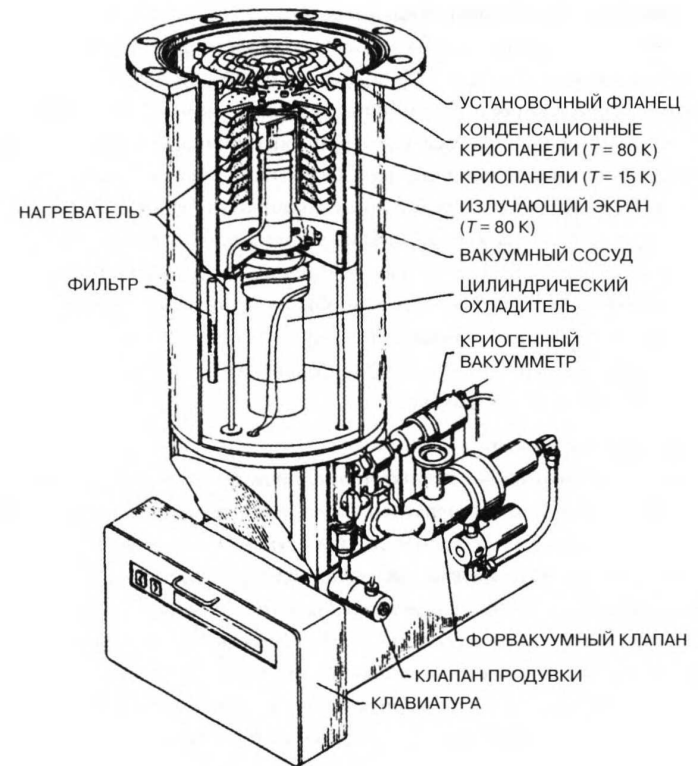
Вакуумдық криосорғыштар

Шоманов Рустем
Абылхан Абай

МВ-417

Вакуумдық криосорғыштар

- Высоковакуумные технологии находят широкое применение при производстве полупроводниковых приборов, накопительных устройств, тонких пленок для оптического и электронного оборудования, а также в фундаментальных исследованиях. В большинстве прикладных процессов, происходящих в вакууме, наибольшую проблему представляют пары воды. В отличие от других газов, пары воды оседают на стенах вакуумной камеры и других поверхностях в относительно больших количествах. Криооткачка паров воды с большой скоростью позволяет системе достичь требуемого базового вакуума за минимальный промежуток времени. В дополнение к их высокой скорости откачки паров воды, высоковакуумные крионасосы обеспечивают высокую скорость откачки по всем другим газам. Крионасосы захватывают и накапливают газы в виде замороженной твердой фазы (льда).

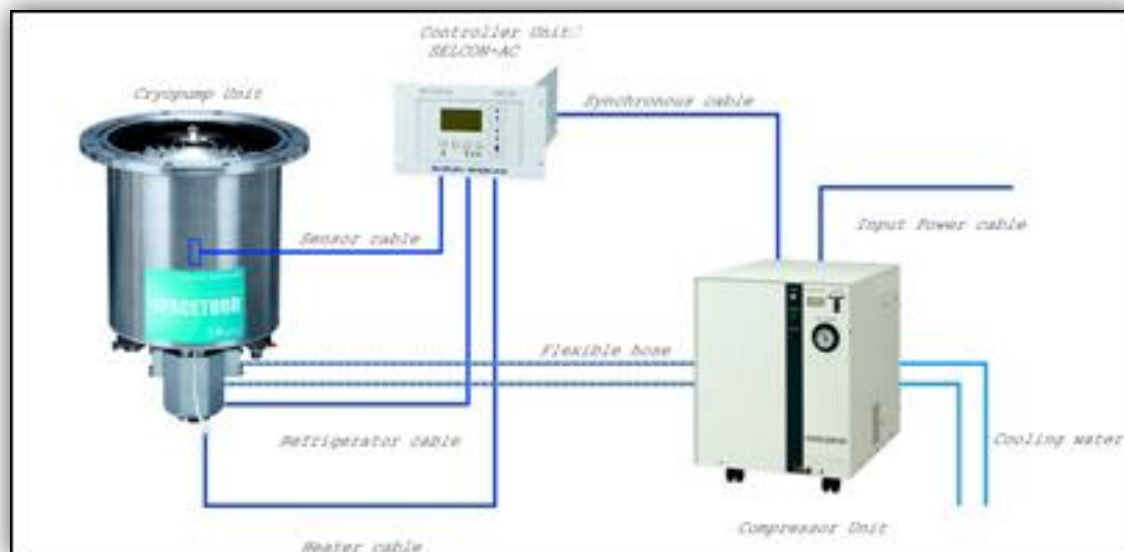


- Так как газы при атмосферном давлении занимают объем почти в 1000 раз больше чем в твердой фазе, то насос может накапливать большое количество газа. После наполнения насос необходимо размораживать или регенерировать. Для большинства газов емкость насоса определяется только располагаемым пространством внутри насоса, необходимым для накопления.
- Нагреватель
 Присоединительный фланец
 Конденсирующая ступень 80 К
 Ступень 15 К
 Радиационная защита 80 К
 Вакуумный корпус
 Регенеративный цилиндр
 Низкотемпературный датчик контроллера
 Форвакуумный клапан
 Продувочный клапан
 Пульт управления
 Цилиндрический фильтр
 ледяной. В данной статье подробно описываются компоненты криогенной системы и дается обзор приложений, в которых используются крионасосы.



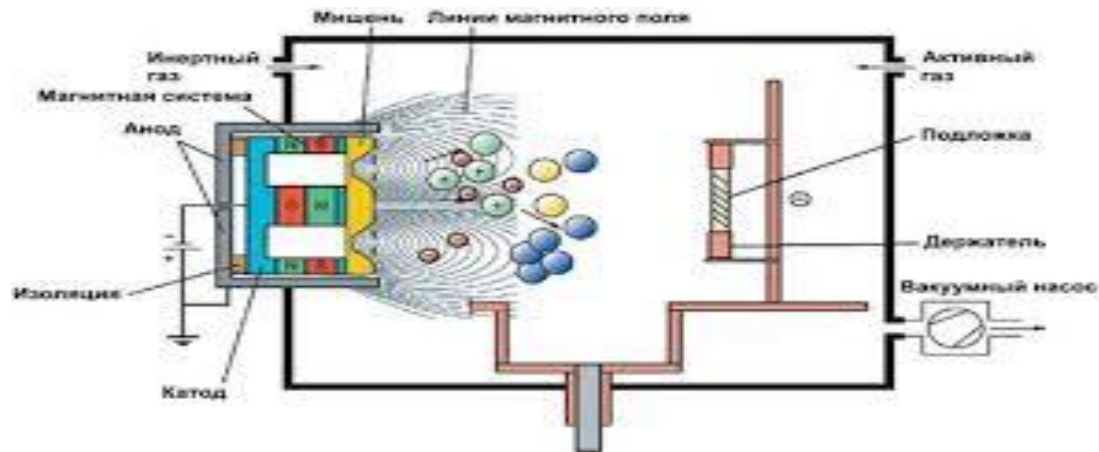
Қолданылуы

- Хотя термин «вакуум» отражает общие условия пониженного давления в рабочих камерах, существует определенная классификация по уровням вакуума и типу используемых технологических газов. Современные крионасосы разрабатываются не только исходя из специфики процесса, но также исходя из требований к его размерам и геометрии. Насосы с вертикальной ориентацией имеют минимальное посадочное место, в то время как насосы с горизонтальной ориентацией наиболее подходят для компактных вакуумных систем.



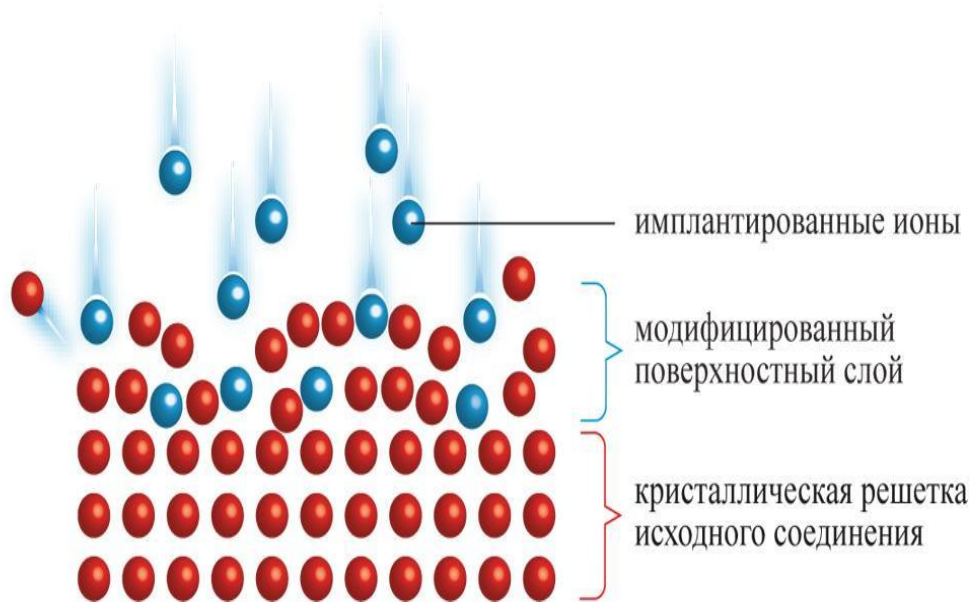
Осаждение методом распыления

- Осаждение металлических покрытий – это одна из самых обширных областей применения крионасосов. Условия процесса требуют напуска технологических газов, таких как аргон или азот с расходом от 50 до 250 куб. см в минуту для создания давлений от 2 до 5 мТорр. При скорости откачки от 500 л/с до 1000 л/с крионасос может непрерывно работать до двух недель до регенерации.



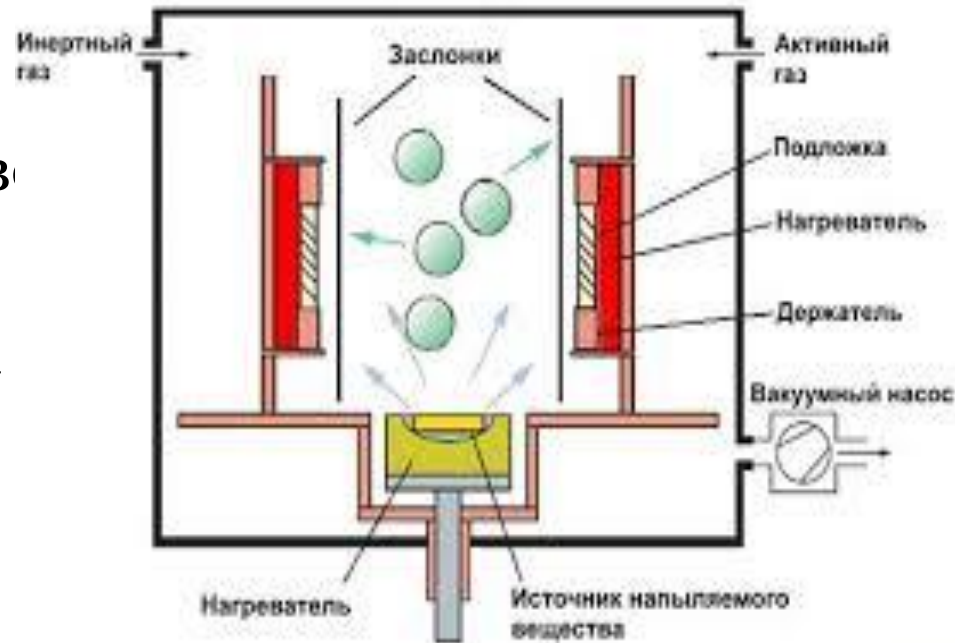
Ионная имплантация

- При ионной имплантации газовая нагрузка состоит в основном из водорода, угле-водородов, CO_2 и паров воды. В имплантаторах крионасосы используют в основном на лучевых линиях и станциях окончательной обработки подложек для достижения давлений в диапазоне от 10^{-8} до 10^{-4} Торр



Испарение

- Обычно получение тонких пленок из металлов и диэлектриков происходит при давлении от 10^{-5} до 10^{-7} Торр. Снижение концентрации водяного пара в процессе напыления улучшает качество и однородность свойств получаемых пленок. Использование без- масляных средств откачки также улучшает адгезию пленок. Крионасосы успешно применяются для нанесения любых тонкопленочных покрытий, включая сульфид цинка и других материалов с высоким содержанием паров воды.



Камеры загрузки

- Предварительная откачка загрузочных камер в многокамерных проходных линиях является одним из важнейших применений крионасосов. Быстрое достижение заданного уровня вакуума достигается за счет его высокой скорости откачки. Поскольку функционирование крионасоса не зависит от его пространственного положения, то он может быть размещен там, где есть подходящее место.

Исследования в среде вакуума

- Для целого ряда научных исследований требуется вакуум от 10^{-7} до 10^{-11} Торр, который достигается применением криогенных насосов. Высокая скорость откачки обеспечивает поддержание требуемого давления. При низкой газовой нагрузке крионасосы могут работать многие месяцы, не требуя регенерации.

Насосы

- Принцип работы криогенных насосов состоит в конденсации молекул газа на охлажденных поверхностях. Принципиально, крионасос состоит из трех ступеней. Первая ступень (входная) конденсирует молекулы водяного пара и тяжелые углеводороды при температурах от 60 К до 100 К. Вторая ступень (конденсирующая) “захватывает” молекулы аргона, азота, кислорода и других газов при температурах от 10 К до 20 К. Те газы, которые не переходят в твердую фазу при данных температурах, адсорбируются на активированном угле при температурах 10 – 12 К. Третья ступень откачки содержит гранулы углерода, которые располагаются с внутренней стороны конденсирующей ступени. Они адсорбируют оставшиеся молекулы газа при температуре около 10 К. Криогенный насос состоит из корпуса, рефрижератора, высокотемпературной ступени для водяного пара и низкотемпературной ступени для остальных газов.



Скорость откачки

- Скорость откачки – это мера объема газа, удаляемого за единицу времени. Обычно выражается в л/сек. Скорость откачки по водяному пару является функцией от площади входного сечения насоса, так как для всех крионасосов удельная скорость по водяному пару составляет 14.4 л/сек с одного квадратного сантиметра. Скорость откачки по другим газам зависит от конфигурации входной ступени. Она почти не зависит от величины входного потока, кроме водорода, гелия и неона. Откачка тяжелых газов осуществляется с меньшей скоростью, согласно пропорции $(1/\text{масса})^{1/2}$. Например, обычный крионасос с $D_u = 8$ имеет скорость откачки по азоту около 1,500 л/сек, а по аргону – 1,200 л/сек. При давлении ниже 10^{-3} Торр скорость становится постоянной. В смешанном режиме течения газа (2 – 5 мТорр) скорость возрастает на 20 – 40 процентов. Так как геометрия насоса обуславливает скорость откачки, то все насосы одного типа имеют одинаковые скорости откачки. Больше того, скорости откачки по различным газам также одинаковы. Как только насос охладится до рабочей температуры, он функционирует с установленной скоростью. Даже если произошло отключение электроэнергии, насос будет работать с максимальной скоростью более 5 минут.

Емкость

- Емкость определяется количеством газа, которое может захватить насос без изменения рабочих параметров. Для конденсируемых газов (кислород или аргон) уменьшение их объема, вследствие перехода в твердую фазу, составляет примерно от 700 до 900 раз. То есть один литр аргона (1,000,000 см³) сокращается до 1,200 см³ вещества. Распределение газа в конденсирующей ступени, подобно грибной шляпке, позволяет уменьшить толщину одного слоя до 2 – 2,5 см. Требуется одна неделя для заполнения крионасоса по аргону или кислороду потоком, равным 100 см³ /мин. Для сравнения, откачка статической вакуумной камеры при давлении 10⁻⁵ Торр должна продолжаться 1,6 года, чтобы полностью заполнить крионасос

Безопасность

- Криогенные вакуумные насосы нашли безопасное применение во множестве приложений. Однако, стоит обратить внимание на несколько особенностей эксплуатации крионасосов. Во-первых, крионасос – это газопоглощающее устройство. Поэтому, он не должен использоваться для откачки легковоспламеняющихся газов. Также, следует ограничить откачку токсичных и едких газов, например таких, которые используются в процессах травления. Следует соблюдать осторожность, откачивая кислородосодержащие газы. Накопление кислорода в среде с сильным э/м полем и давлении от 1 до 10 мТорр может вызвать реакцию образования озона внутри крионасоса. Этому следует избегать, так как во время регенерации озон может взорваться. Образование озона можно минимизировать, производя при парциальном давлении кислорода около 10^{-4} Торр. Следует заметить, что для обычных газоперекачивающих насосов вышеуказанное не является проблемой

