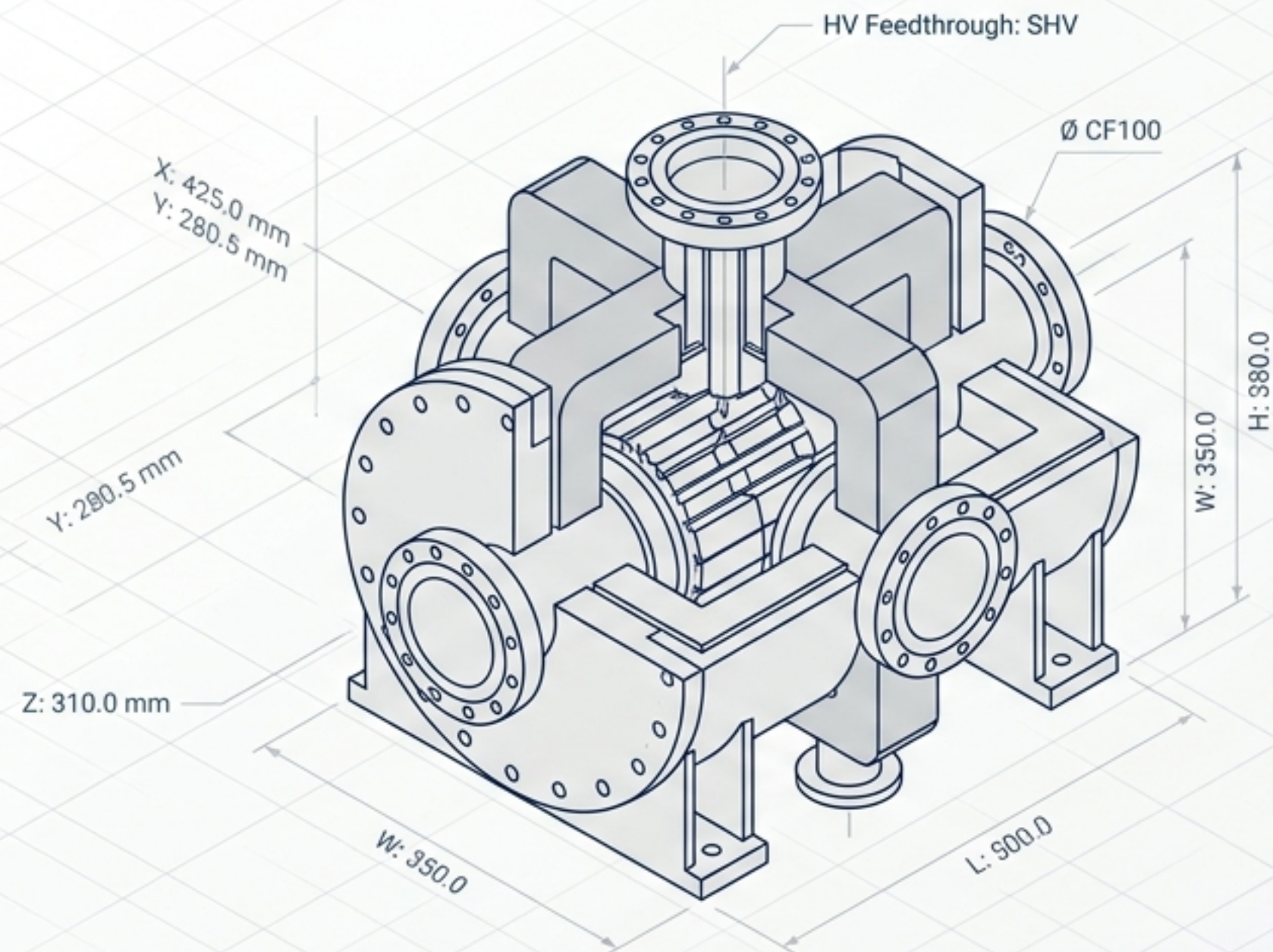




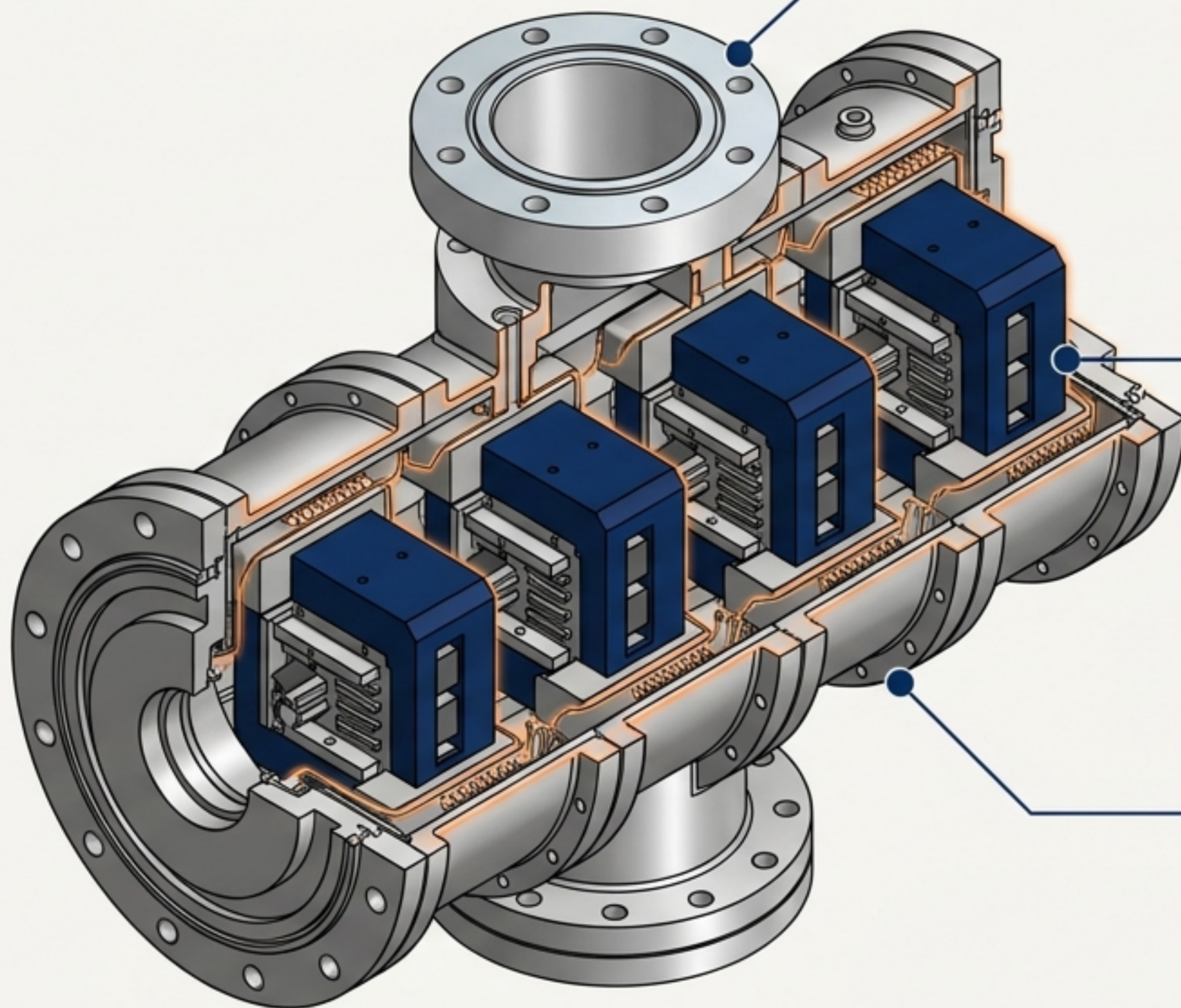
[UHV Architecture]

Диодный магниторазрядный насос 2L-400C

Физика сверхвысокого вакуума, подтвержденные характеристики и протоколы интеграции

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМЫ

Архитектура системы удержания UHV



Входной тракт

Фланец стандарта CF150 для максимальной проводимости на молекулярном уровне.

Масштаб захвата

Четыре независимые рабочие секции, объединенные в едином корпусе для достижения высокой базовой скорости откачки.

Назначение

Удержание сверхвысокого вакуума (до 1×10^{-8} Па) после предварительной откачки форвакуумным постом. Насос не работает от атмосферного давления.

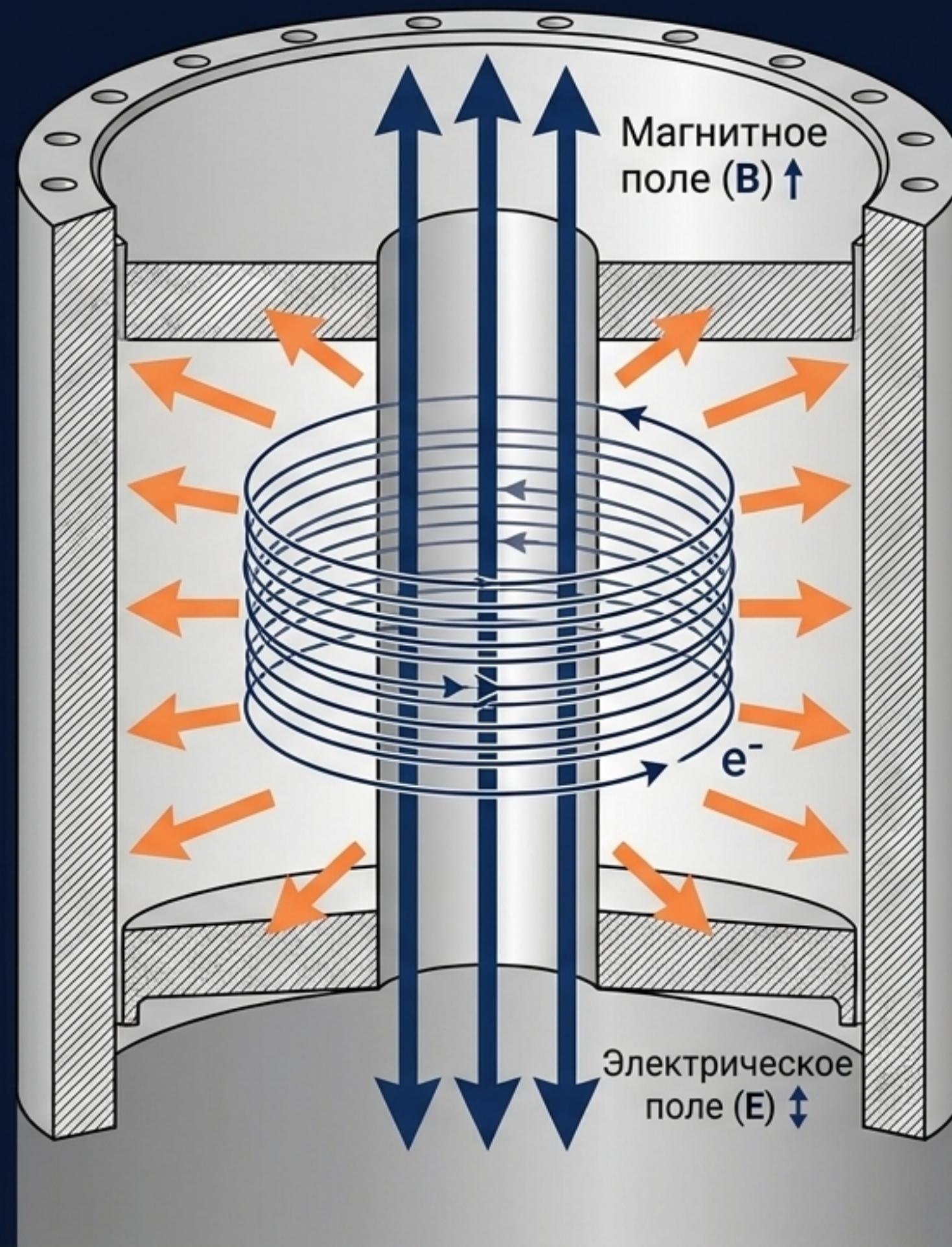
Сердце насоса: Ячейка Пеннинга и поля $E \times B$

Электронная ловушка

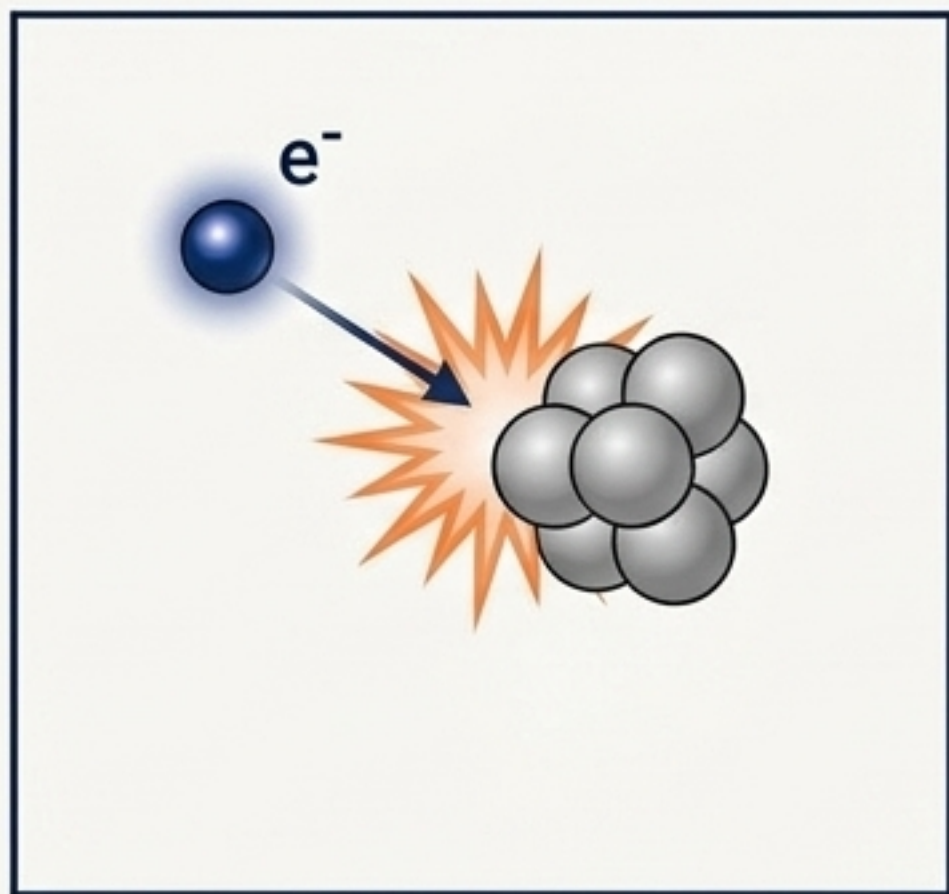
Магнитное поле заставляет электроны двигаться по спирали, удлиняя их путь от катода к аноду в миллионы раз.

Ионизация в пустоте

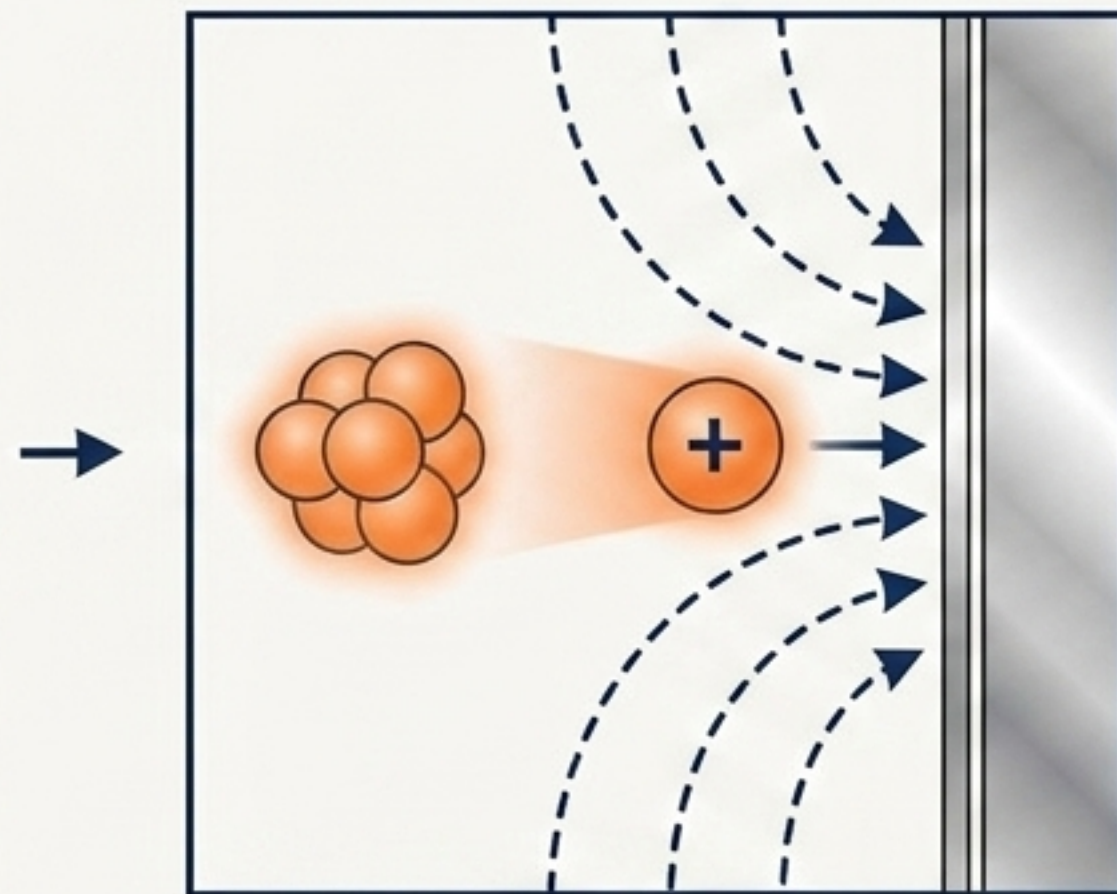
Огромный пробег электронов гарантирует столкновение с редкими молекулами остаточного газа даже при экстремально низких давлениях (эффект газоразрядной плазмы).



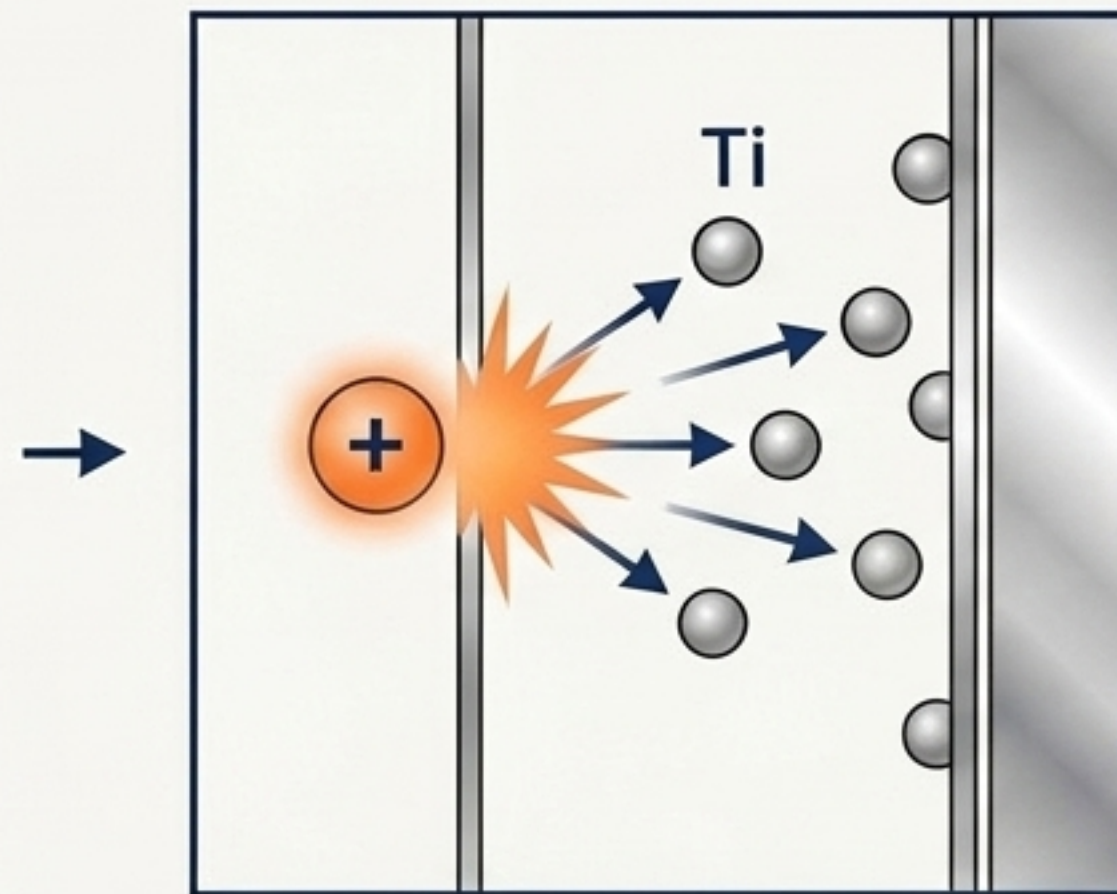
Механика откачки: От ионизации к распылению



1. Удар: Электрон ионизирует молекулу остаточного газа.



2. Ускорение: Положительный ион стремительно летит к титановому катоду (+5 кВ).



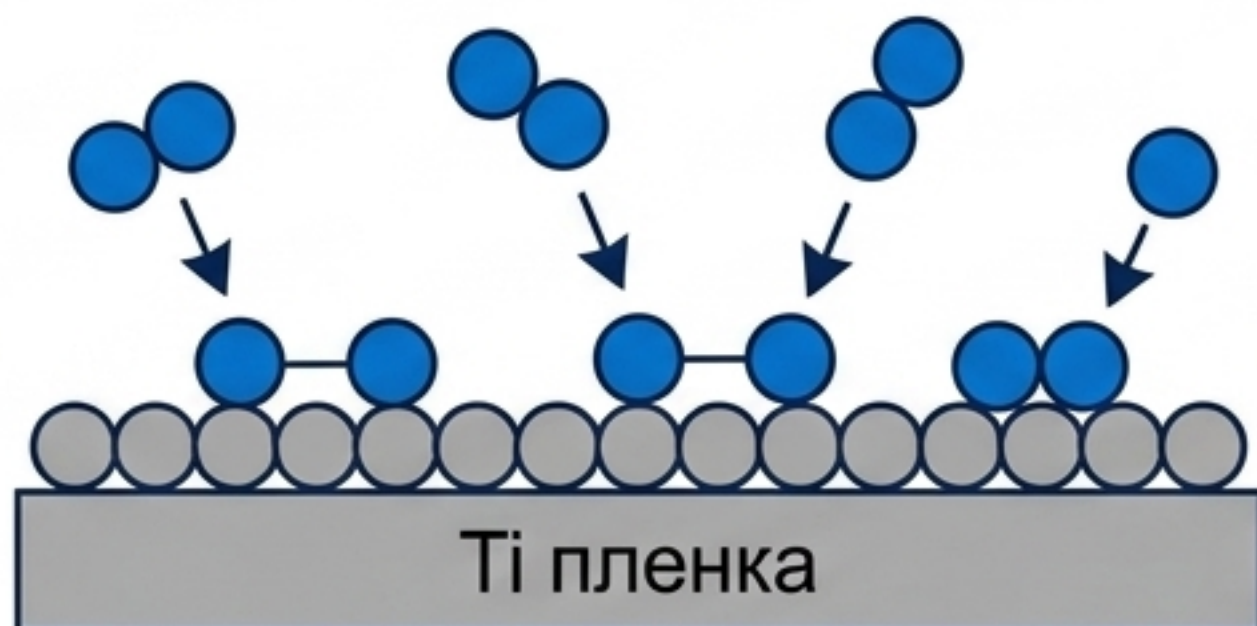
3. Распыление: Ион выбивает атомы свежего титана (Sputtering), которые оседают на аноде.

Кинетическая энергия ионов используется для постоянного самообновления геттерной (поглощающей) поверхности. Насос работает за счет поглощения собственной конструкции.

Матрица захвата:

Активные vs Инертные газы

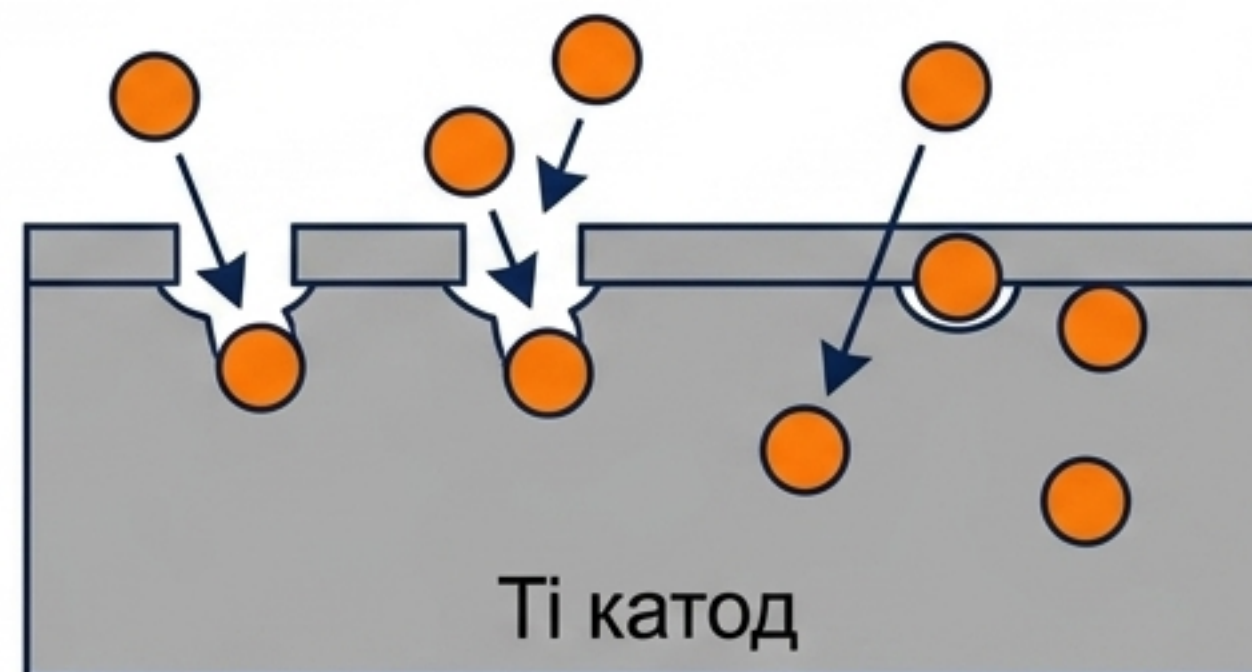
Активные газы (N_2 , O_2 , H_2)



Хемосорбция.

Мгновенно связываются со свежераспыленной титановой пленкой. Высочайшая эффективность и стабильность.

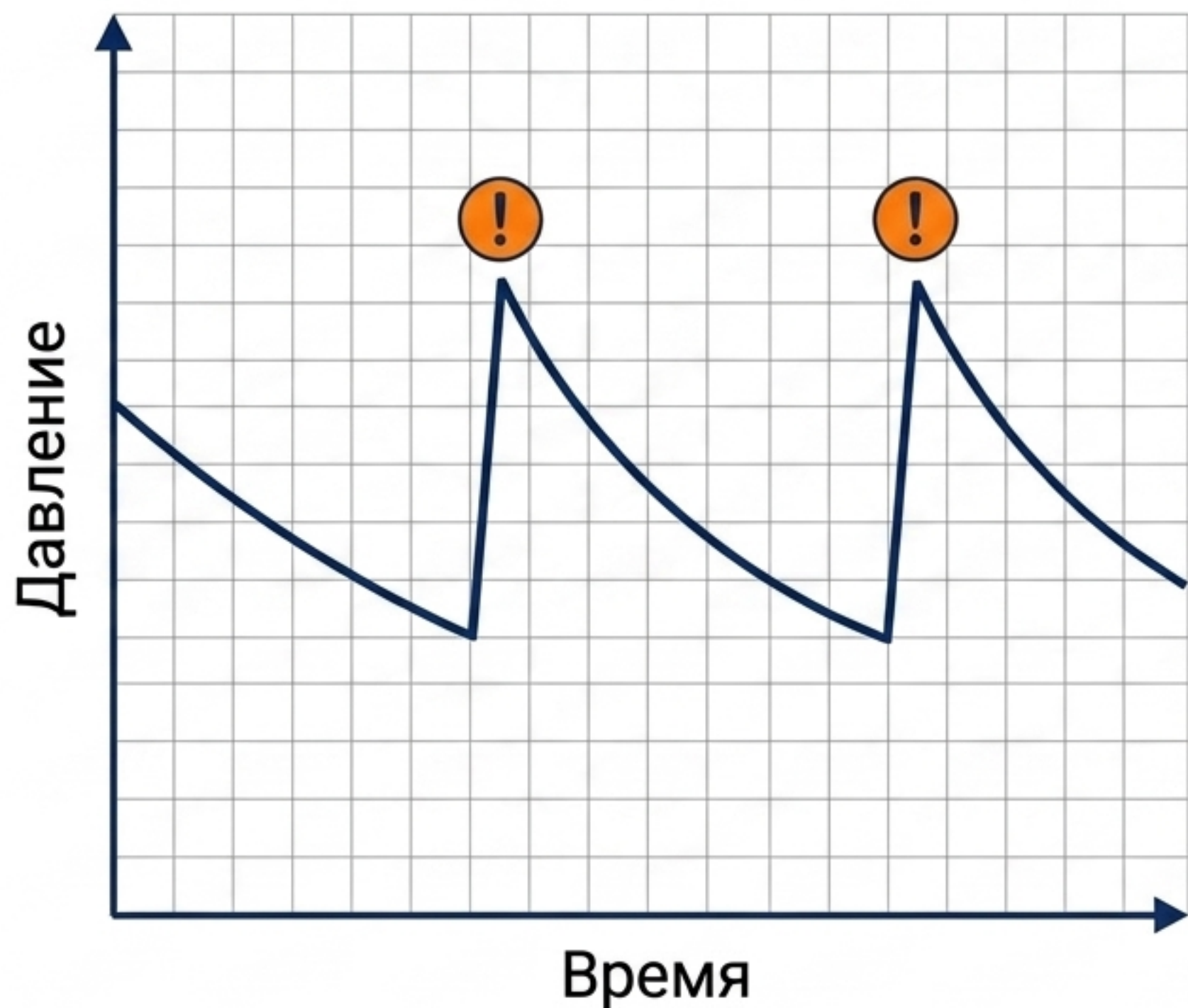
Инертные газы (Ar, He)



Имплантация и захоронение.

Не вступают в химическую связь. Физически вбиваются в катод как «снаряды» или замуровываются под слоем титана. Крайне низкая эффективность захвата.

Проблема инертных газов: Аргоновая нестабильность



Механизм высвобождения

Постоянная эрозия катода ионами активных газов разрушает верхние слои металла, высвобождая ранее «захороненные» атомы аргона обратно в вакуумную камеру.

Результат

Резкие скачки давления (эффект «пилы»). Классическая диодная архитектура крайне чувствительна к «газовой истории» системы. Это физическое ограничение обуславливает кардинальную разницу в паспортной скорости откачки разных газов.

Подтвержденные спецификации 2L-400C

Быстрота откачки (Номинал)

N_2 : 450 л/с | Ar: 4,5 л/с

Разница в 100 раз обусловлена разностью механизмов захвата.

Вакуум

Запуск: $\leq 5 \times 10^{-4}$ Па

Предельный: $\leq 1 \times 10^{-8}$ Па

Питание

Рабочее напряжение: +5 кВ

Интерфейс

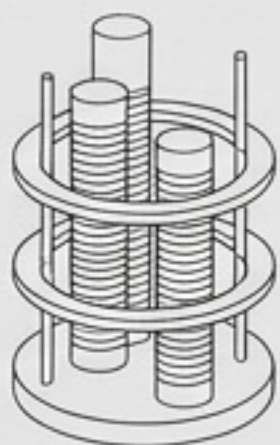
Входной фланец: CF150

Конфигурация: 4 рабочие секции

Инженерное примечание: Масса установки не является фиксированной величиной. Точный вес зависит от конкретной комплектации и магнитной системы (проверяется по паспорту партии).

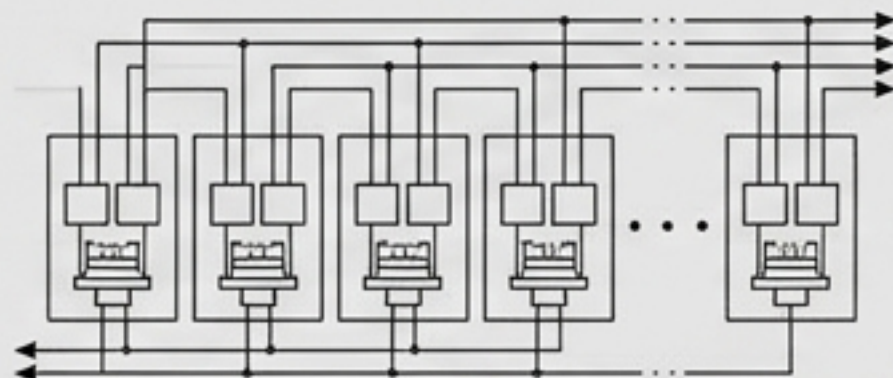
Эволюция архитектуры (Патентный контекст)

Инженеры по всему миру борются за преодоление пределов проводимости и увеличение площади захвата.



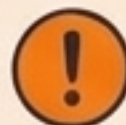
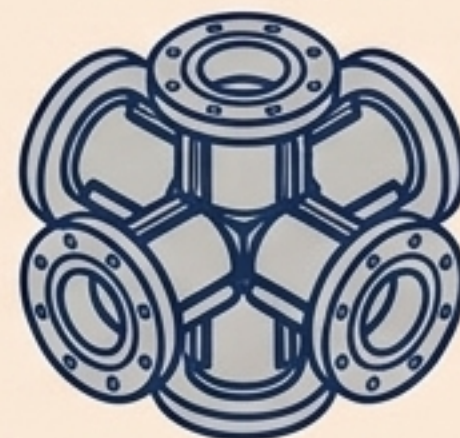
Патентная база США (US6004104A, US8439649B2)

Оптимизация электродных структур и комбинированные геттеры для повышения скорости захвата.



Патентная база КНР (CN208753262U, CN211125571U)

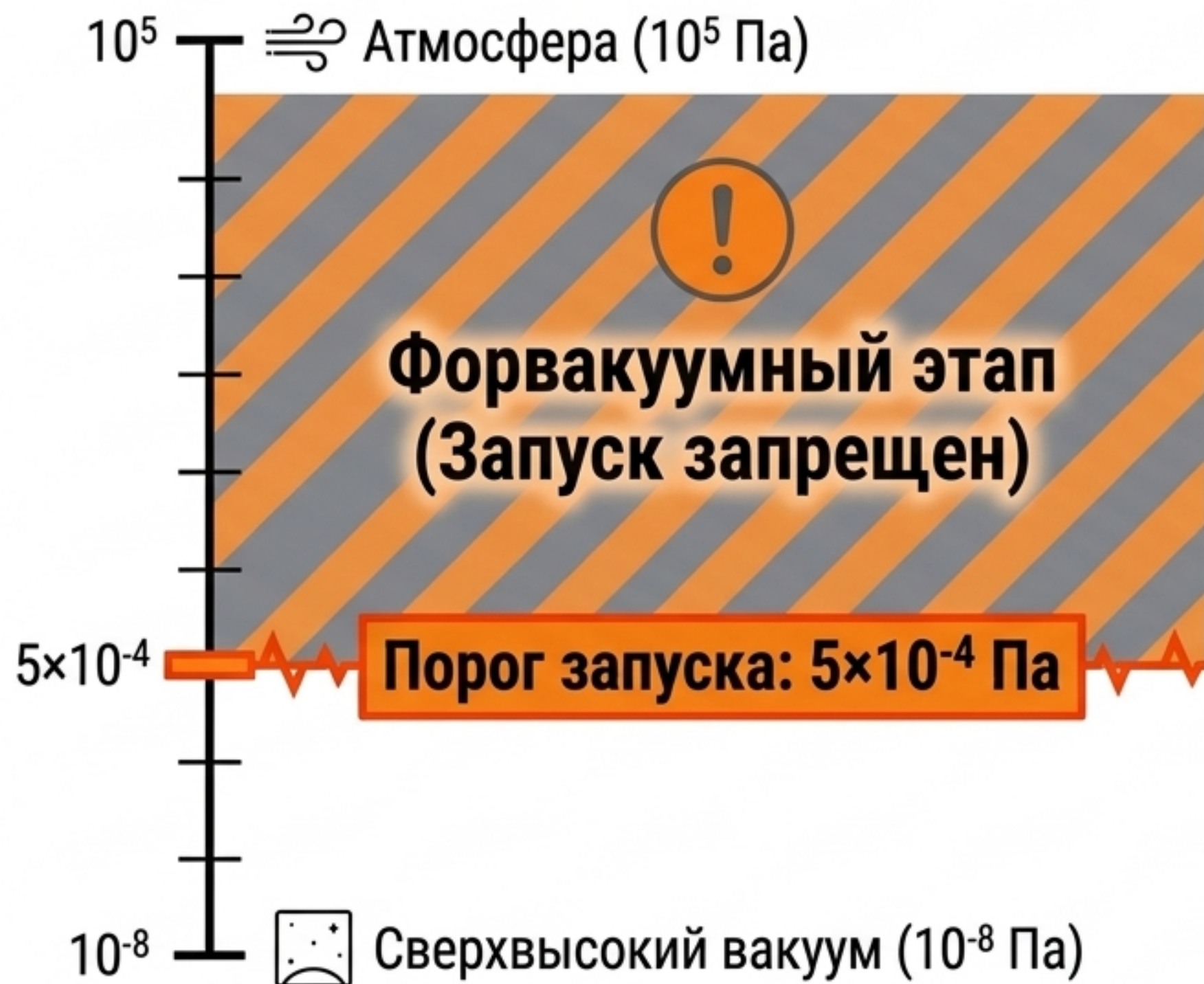
Переход к многомодульным (многосекционным) архитектурам и минимизации сопротивления на входе.



Итог: 4-секционная архитектура 2L-400C

Прямое развитие мировой концепции уплотнения разрядных ячеек вокруг единого фланца большого диаметра.

Протокол запуска: Критический порог



СТРОГИЕ ПРАВИЛА

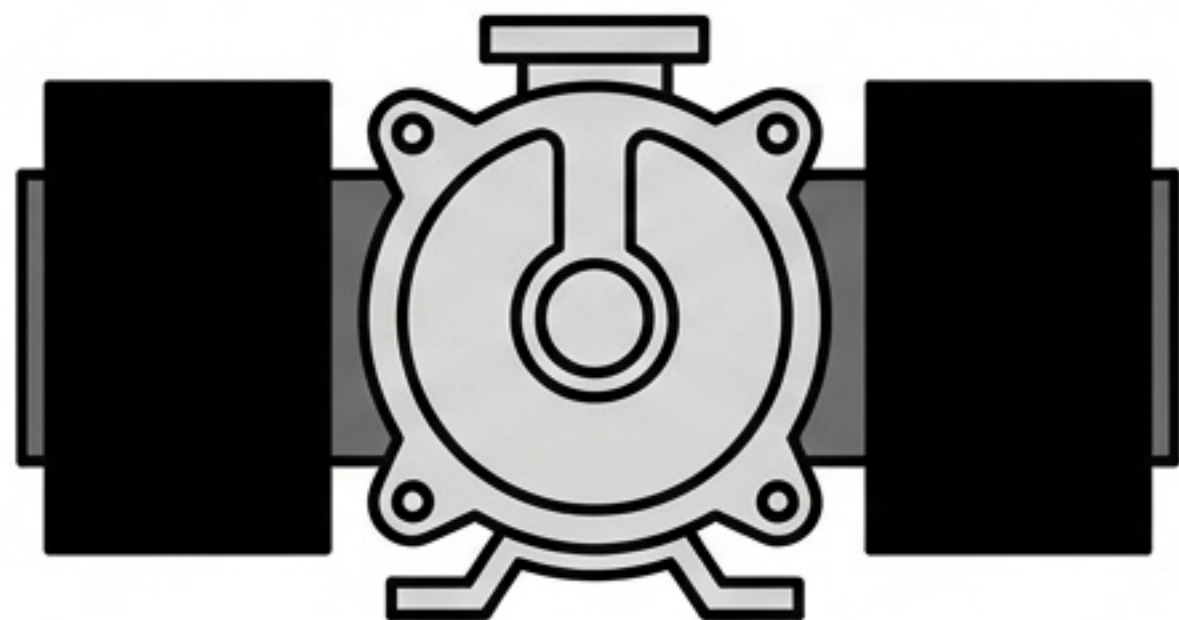
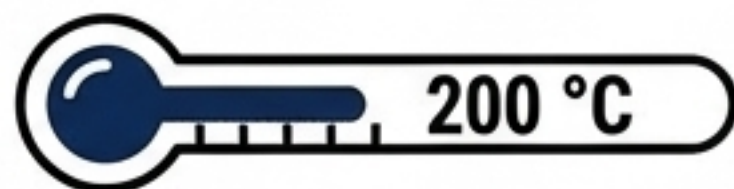
- ⚠ **Магниторазрядный насос категорически запрещено запускать при атмосферном давлении.**
- ⚠ **Подача +5 кВ возможна только после откачки камеры безмасляным форвакуумным постом до давления запуска $\leq 5 \times 10^{-4}$ Па.**
- ⚠ **Попытка старта в «грязном» или плотном вакууме приведет к дуговому пробою, расплавлению электродов и необратимому выходу прибора из строя.**

ВНИМАНИЕ: НЕСОБЛЮЖДЕНИЕ ПРОТОКОЛА ВЕДЕТ К РАЗРУШЕНИЮ УСТАНОВКИ. ТОЧНОСТЬ ДАВЛЕНИЯ КРИТИЧНА.

Термическая подготовка (Bakeout)

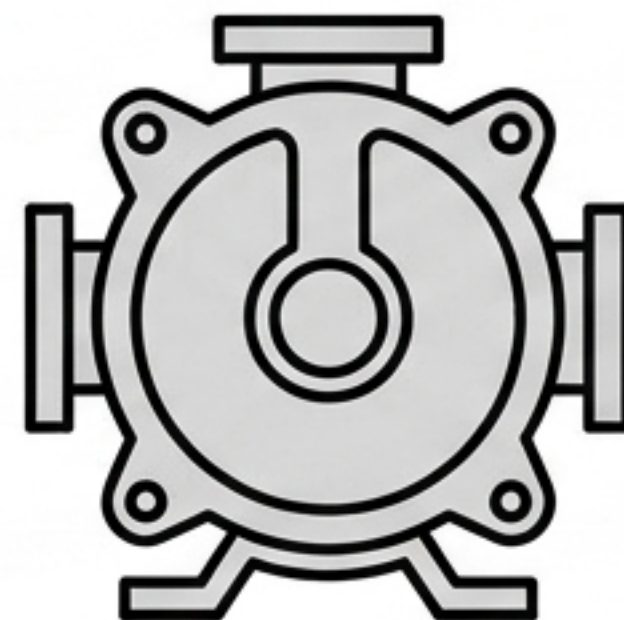
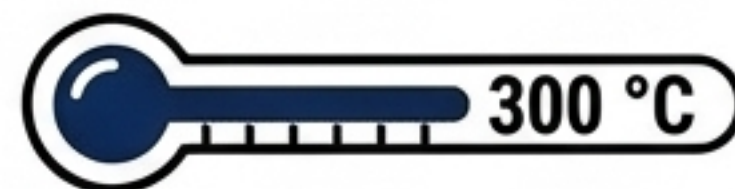
Для достижения предела в 10^{-8} Па необходима десорбция воды и газов со стенок камеры с помощью встроенного нагревателя.

Режим 1 (до 200 °C)



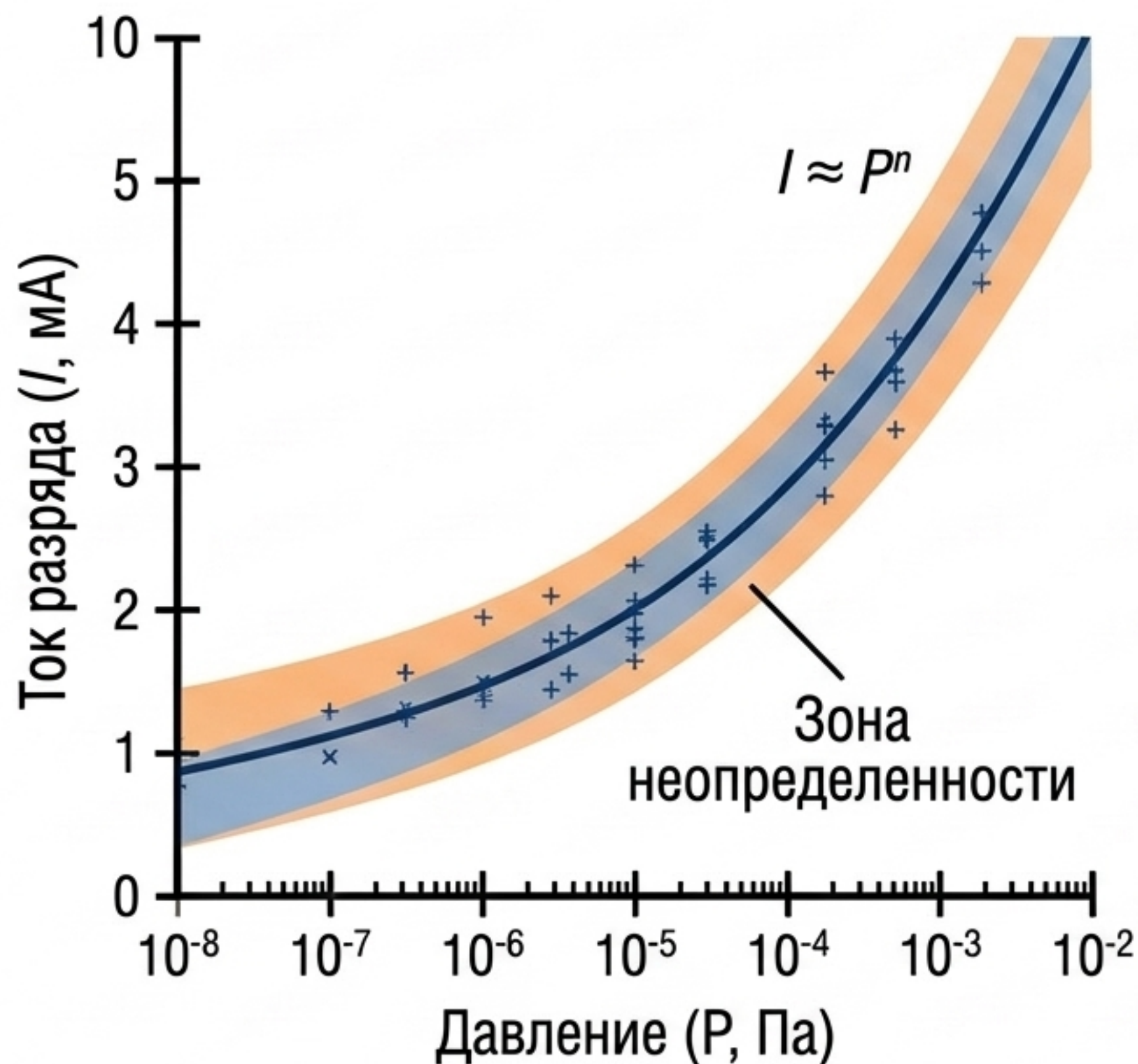
Стандартный прогрев. Магнитная система остается установленной на насосе.

Режим 2 (до 300 °C)



Глубокое обезгаживание. Обязателен демонтаж магнитов для предотвращения их термического размагничивания.

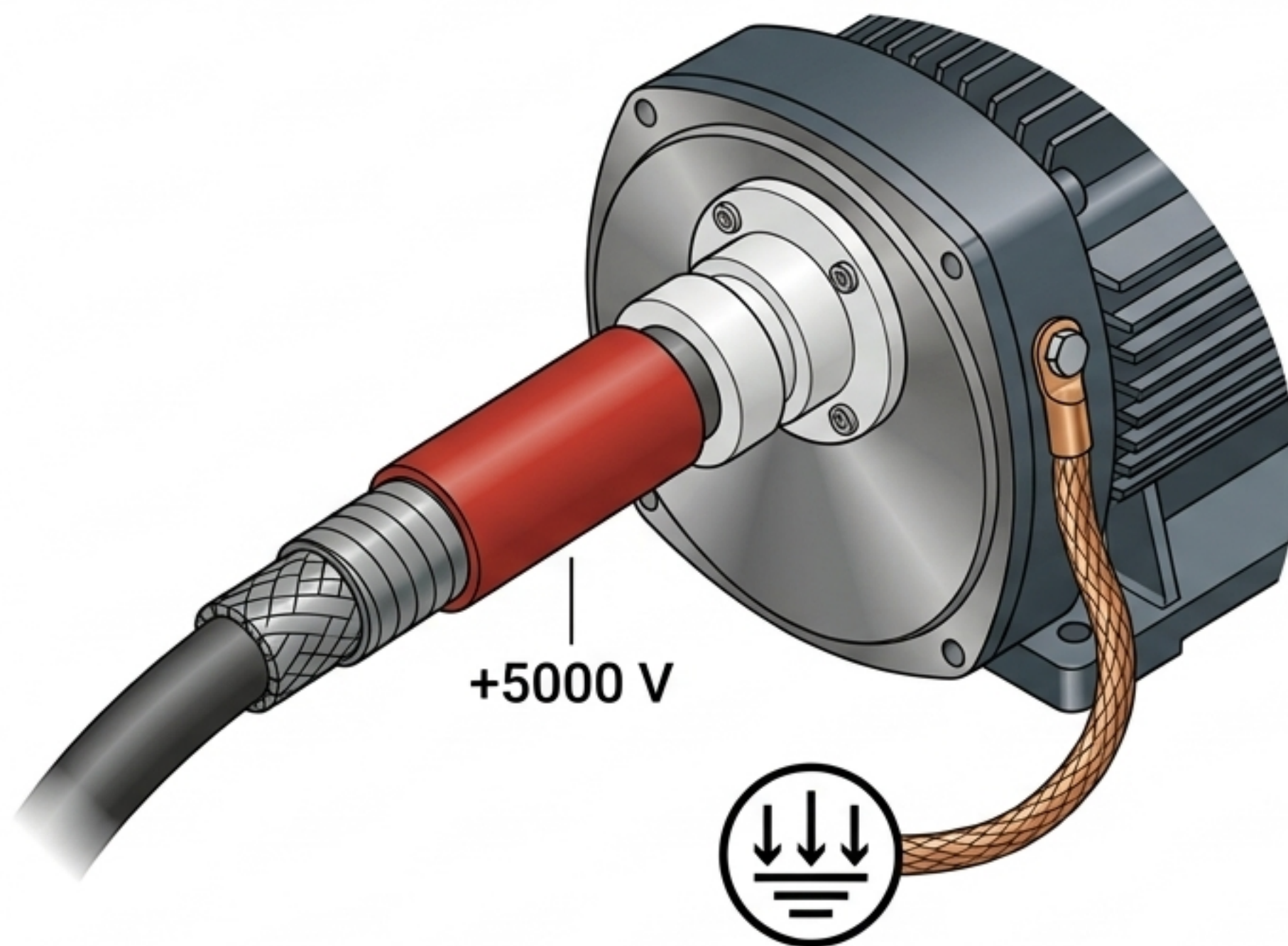
Диагностика вакуума: Ток и Давление



ИНЖЕНЕРНОЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

- Ток разряда ($I \approx P^n$) является лишь косвенным индикатором давления в камере.
- Фиксированный коэффициент пересчета тока в давление — это фундаментальная ошибка. Калибровка радикально меняется в зависимости от преобладающего типа газа (азот vs аргон) и степени износа (истории) ячеек Пеннинга.
- Для точных метрик всегда используйте независимые ионизационные вакуумметры, а не только встроенный индикатор блока питания.

Высоковольтная безопасность (+5 кВ)



- ✓ **Смертельная опасность:** Рабочее напряжение достигает +5000 Вольт.
- ✓ **Правила интеграции:**
 - Обязательная проверка целостности ВВ-кабеля и чистоты керамических изоляторов до пуска.
 - Надежное механическое заземление корпуса насоса на контур установки.
 - Обязательная интеграция системы аппаратных межблокировок (отключение питания при падении форвакуума или открытии кожуха).
 - Учет остаточного емкостного заряда на электродах после выключения питания.

Инженерные реалии: Опровержение мифов

МИФ	РЕАЛЬНОСТЬ
Миф: «Нулевая вибрация»	Реальность: Хотя вращающегося ротора нет, электромагнитные поля и циклические тепловые деформации (bakeout) создают микронапряжения, микронапряжения, которые критичны для нано-позиционирования.
Миф: «Вечный насос»	Реальность: Катод физически расходует (распыляется). Срок службы конечен и строго обратно пропорционален рабочему давлению.
Миф: «Поставил и забыл»	Реальность: Требует квалифицированного мониторинга газовой истории, соблюдения режима тренировки ячеек и контроля деградации тока разряда.

Чек-лист внедрения (Step-by-Step)

1. Подготовка и монтаж

- ☐ Проверка чистоты фланца CF150 (отсутствия микроцарапин, новая медная прокладка).
- ☐ Подключение заземления и аппаратных блокировок высоковольтного блока.

2. Форвакуумный этап

- ☐ Запуск безмасляного (сухого) откачного поста.
- ☐ Достижение порогового давления $\leq 5 \times 10^{-4}$ Па по показаниям независимого датчика.

3. Запуск и термообработка

- ☐ Подача +5 кВ, контроль стартового всплеска тока и его последующего спада.
- ☐ Запуск цикла прогрева (Bakeout) с учетом ограничений магнитной системы (200 °C / 300 °C).

Грамотная интеграция важнее голой мощности

Паспортные характеристики достижимы только в составе правильно спроектированного вакуумного тракта.

Компетенции Leaklab:

- Аудит и проектирование безмасляных форвакуумных линий.
- Расчет реальной проводимости тракта с учетом геометрии.
- Сервисная поддержка, температурный контроль и расшифровка диагностики тока разряда.

