Источники питания для магнетронного распыления: DC, Pulsed DC, MF

Источник питания магнетрона подаёт энергию на катод-мишень при магнетронном распылении. Для большинства процессов нужны источники постоянного тока (DC), импульсного постоянного тока (Pulsed DC) или среднечастотные (MF). Высокомощное импульсное распыление с пиковыми токами в сотни ампер — отдельный класс, информация о источниках для него в разделе HiPIMS.

От стабильности источника и скорости гашения микродуг зависят однородность, адгезия и стабильность осаждения плёнок.

ГРАНИТ-ИТТ (Томск) выпускает инверторные DC, Pulsed DC и MF источники питания магнетронов ИПМ-3,ИПМ-80 со скоростью реакции на микродугу быстрее 500 нс. Они встраиваются в стойки действующих вакуумных установок, в том числе серий ННВ и ВУ.

DC и MF-распыление остаются основным методом нанесения проводящих, декоративных, барьерных и оптических слоёв: высокая скорость роста при умеренной стоимости оборудования.

Задачи источника питания магнетрона

Магнетрон — газоразрядная нагрузка с очень крутой вольт-амперной характеристикой: малое повышение напряжения сильно увеличивает ток. Поэтому источник стабилизирует ток или мощность, а не напряжение.

1. **Поджиг разряда** — стартовое напряжение 600–1200 В для ионизации аргона.
2. **Стабилизация** — ток или мощность держатся с точностью до долей процента, скорость распыления постоянна.
3. **Гашение дуг** — на мишени неизбежно возникают микродуги. Источник обнаруживает дугу, прекращает подачу энергии и плавно возвращается в рабочий режим.

Типы источников питания магнетронов

DC — источники постоянного тока

Самый распространённый и экономичный тип. На магнетрон подаётся постоянный отрицательный потенциал.

- **Применение:** распыление металлов и проводящих сплавов — меди, хрома, титана, алюминия — в инертном газе.
- **Конструкция:** высокочастотный инвертор на IGBT или MOSFET, КПД выше 90%, встроенное обнаружение дуг.

Pulsed DC — импульсные источники постоянного тока

Однополярные импульсы частотой 10–350 кГц с регулируемой скважностью.

- **Применение:** реактивное напыление оксидов, нитридов, карбидов.
- **Как работает:** в паузе или при коротком положительном импульсе снимается заряд, накопленный на диэлектрических участках мишени, — это подавляет дуги. Проблему «исчезающего анода» (анод покрывается диэлектриком) однополярный импульсный режим не решает — для этого нужна дуальная схема MF.

MF / AC — среднечастотные источники

Переменное напряжение синусоидальной или прямоугольной формы частотой 20–100 кГц. Обычно работают на два одинаковых магнетрона, которые попеременно становятся катодом и анодом.

- **Применение:** оптика, просветляющие слои и диэлектрики на подложках большой площади в длительных процессах.
- **Преимущество:** анод в каждом полупериоде очищается, проблема «исчезающего анода» снимается.

Замена импортных источников

При модернизации установок источники подбираются по параметрам импортных: например, Advanced Energy (Pinnacle, Ascenta), TRUMPF Hüttinger (TruPlasma), ADL, чтобы сохранить привычные режимы и технологию напыления.

Критерии выбора

Критерий	Диапазон	На что влияет
Мощность	1–50+ кВт	Размер мишени, скорость осаждения
Ток и напряжение	до 1000 В / до 100 А	Конструкция магнетрона и материал мишени
Время гашения дуги	< 500 нс	Эрозия мишени и дефекты на подложке
Охлаждение	воздушное или водяное	Воздушное — до 5 кВт; для тяжёлых режимов — водяное

Частые вопросы

Какой источник нужен для реактивного напыления оксидов?

Pulsed DC — для одного магнетрона, MF — для пары магнетронов в длительных процессах на большой площади.

Чем MF отличается от Pulsed DC?

Pulsed DC работает на один магнетрон однополярными импульсами. MF питает два магнетрона переменным напряжением, они попеременно становятся анодом, поэтому анод не покрывается диэлектриком.

Можно ли заменить источник Advanced Energy без изменения технологии?

Да — источник подбирается по мощности, напряжению, частоте и режимам импульсов дугогашения.

Подобрать источник питания магнетрона

Нужна модернизация стойки, замена импортного генератора или источник для нового процесса? Заполните форму — инженеры ГРАНИТ-ИТТ подберут конфигурацию.

Advanced Energy, Pinnacle, Ascenta, TRUMPF Hüttinger, TruPlasma, ADL — товарные знаки их владельцев. Названия приведены только для указания на заменяемое оборудование; ГРАНИТ-ИТТ не связан с этими компаниями.