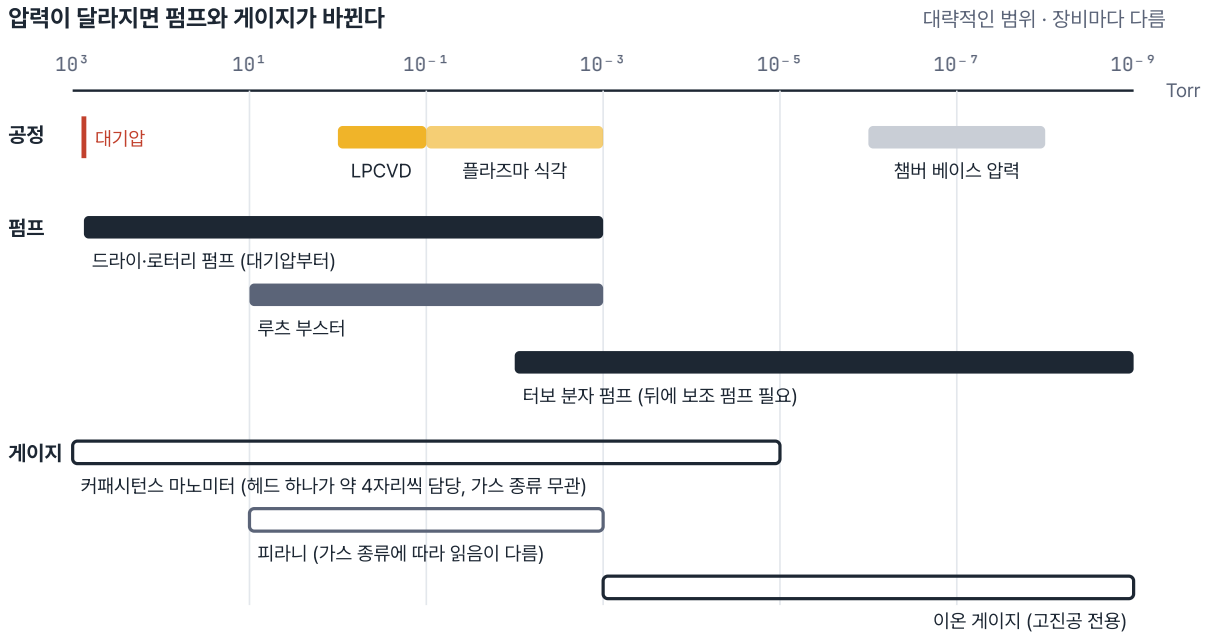


압력이 달라지면 펌프와 게이지가 바뀐다



자료 7 공정엔지니어 면접 자료 시리즈

진공·설비 기초

왜 진공인가, 펌프와 게이지, 압력 제어, MFC, 리크와 RF 매칭
4년제 공정기술·양산기술 신입 대상, SK하이닉스 면접 단골 주제 중심

공정 엔지니어는 장비 엔지니어와 같은 로그를 봅니다. "MFC가 뭔가요?"에
답하지 못하면, 장비 로그를 읽을 수 있다는 말을 믿기 어렵습니다.

세미팸 AI

반도체 장비공학 박사, 대학 반도체 공정 강의
semifabai.com

2026 하반기판
무료 배포용

진공을 쓰는 이유는 세 가지입니다. 입자가 부딪히지 않고 멀리 날아가게 하려고, 원치 않는 기체를 없애려고, 플라즈마를 안정적으로 만들려고. 이 세 가지를 숫자 하나로 연결해 주는 것이 평균 자유 행로입니다.

평균 자유 행로: 한 번 부딪히기 전까지 날아가는 거리

상온 공기 기준으로 대략 $\lambda[\text{cm}] \approx 5 \times 10^{-3} / P[\text{Torr}]$ 입니다.

압력	평균 자유 행로(공기, 상온)	의미
760 Torr (대기압)	약 0.07 μm	분자가 거의 즉시 서로 부딪힘
1 Torr	약 50 μm	LPCVD 근처. 여전히 자주 부딪힘
1 mTorr	약 5 cm	식각·스퍼터 근처. 이온·원자가 방향을 유지한 채 날아감
10^{-6} Torr	약 50 m	챔버 크기보다 훨씬 김. 분자는 벽에만 부딪힘

자료 3에서 "압력을 낮추면 이온이 덜 부딪혀 수직으로 들어온다", 자료 4에서 "PVD 원자가 직선으로 날아간다"고 한 것이 모두 이 숫자에서 나옵니다.

오염의 관점: 표면이 덮이는 시간

10^{-6} Torr에서는 남은 기체 분자가 깨끗한 표면을 한 층 덮는 데 대략 1초 정도 걸립니다(부딪힌 분자가 모두 붙는다고 가정할 때). 압력이 열 배 낮아질 때마다 이 시간은 열 배 길어집니다. 그래서 공정 전에 챔버를 충분히 낮은 압력(베이스 압력)까지 뽑아 수분·산소를 없애고 시작합니다.

단위

1 atm = 760 Torr = 101,325 Pa • 1 Torr $\approx$ 133.3 Pa • 1 mbar = 100 Pa $\approx$ 0.75 Torr

펌프: 한 대로 대기압부터 고진공까지 못 간다

펌프	원리	쓰이는 곳과 알아 둘 점
드라이 펌프	스크루·클로·루츠 같은 회전자가 기체를 밀어냄. 오일이 공정 쪽에 닿지 않음	대기압부터 쓰는 기본 펌프. 공정 부산물을 함께 뽑아 내부 퇴적·부식이 관리 항목
로터리 펌프	오일로 밀봉한 회전 날개	값싸지만 오일 역류 오염 우려로 반도체 공정 라인에서는 드라이 펌프가 주로 쓰임
루츠 부스터	두 회전자가 맞물려 돌며 많은 양을 빠르게 이동	보조 펌프 앞에 달아 중간 압력대 배기 속도를 높임
터보 분자 펌프(TMP)	고속으로 도는 날개가 분자를 때려 한 방향으로 보냄	분자가 서로 덜 부딪히는 낮은 압력에서만 제대로 작동해, 뒤에 보조 펌프가 꼭 필요. 대기압에서 바로 켜지 않음. 식각 챔버의 주 펌프 (PVD 챔버에서는 크라이오 펌프도 혼함)
크라이오 펌프	극저온 표면에 기체를 얼려 붙잡음	깨끗한 고진공. 붙잡은 기체가 쌓이면 데워서 내보내는 재생이 필요. PVD처럼 Ar를 적당히 흘리는 공정에는 널리 쓰이지만, 식각·CVD처럼 많은 양의 반응성 가스를 계속 흘리는 공정에는 부적합(용량이 빨리 차고 재생이 잦아짐)

게이지: 하나로 전 범위를 못 잴다

게이지	원리	알아 둘 점
커패시턴스 마노미터	압력에 따라 얇은 막(다이아프램)이 휘는 정도를 전기 용량으로 읽음	가스 종류와 무관하게 실제 압력을 읽음. 그래서 공정 압력 제어에 씬. 헤드 하나가 약 네 자리 범위를 담당해 범위별로 여러 개를 달기도 함
피라니 게이지	가열된 선이 기체에 열을 빼앗기는 정도로 압력을 추정	기체마다 열전도율이 달라 가스 종류에 따라 읽음이 다름 . 배기 상태 확인용
이온 게이지	기체를 이온화해 이온 전류로 압력을 읽음	고진공 전용. 높은 압력에서 켜면 필라멘트가 손상될 수 있음. 가스 종류에 따라 감도 다름

고리질문 대비. "공정 압력은 왜 커패시턴스 마노미터로 제어하나요?" → 공정 중에는 여러 가스가 섞여 있고 비율도 바뀌는데, 피라니나 이온 게이지는 가스 종류에 따라 값이 달라집니다. 커패시턴스 마노미터는 막이 받는 힘 자체를 재므로 가스 종류와 무관하게 실제 압력을 읽기 때문입니다.

공정 압력은 "넣는 양 ÷ 빼는 속도"로 정해진다

챔버에 가스를 일정하게 넣으면서 펌프로 빼면, 압력은 대략 넣는 유량(Q)을 실효 배기 속도(S)로 나눈 값에서 평형을 이룹니다($P \approx Q / S$). 그래서 같은 압력이라도 유량과 배기 속도 조합은 여러 가지입니다. 양산 장비는 펌프 앞 스로틀 밸브(APC 밸브)의 열림 정도를 자동으로 바꿔 배기 속도를 조절하고, 커패시턴스 마노미터 값이 목표 압력이 되도록 맞춥니다.

- **밸브 열림 정도(개도)도 로그로 남습니다.** 같은 압력·유량인데 개도가 평소와 다르다면 배관 막힘이나 펌프 성능 저하 같은 변화를 의심할 수 있습니다. 압력값만 보지 말고 압력을 만들기 위해 장비가 무엇을 하고 있는지를 같이 봐야 하는 이유입니다.

MFC: 가스를 정해진 양만큼 흘리는 장치

구조	유량 센서 + 제어 밸브 + 제어 회로가 한 몸. 설정값(setpoint)을 받아 센서값이 같아지도록 밸브를 계속 조절하는 닫힌 루프
센서 원리(열식)	가스 일부를 가열된 가는 관으로 흘리면, 흐르는 질량이 많을수록 열이 하류로 많이 옮겨져 앞뒤 온도 차가 커짐. 이 온도 차로 질량 유량을 읽음
단위	sccm(분당 표준 cm^3). 온도·압력이 바뀌어도 같은 양을 말하도록 표준 상태 기준으로 환산한 부피 유량. 사실상 질량 유량
가스 보정 계수	열식 센서는 가스마다 열 특성이 달라, 보통 N_2 로 교정한 뒤 다른 가스는 보정 계수를 곱해 씀. 계수가 틀리면 표시값은 맞아도 실제 유량이 다름
대표 이상	영점 드리프트, 센서 오염, 밸브 막힘·응답 지연, 공급 압력 변동

알아 둘 함정: MFC 실제값은 MFC 자신이 말하는 값이다. 장비 로그의 MFC 실제값(read-back)은 그 MFC의 센서가 읽은 값입니다. 센서 자체가 틀어지면 설정값과 실제값이 똑같이 찍히는데 실제로는 다른 양이 흐를 수 있습니다. 그래서 양산 장비는 정해진 부피의 공간에 가스를 채우며 압력이 오르는 속도로 실제 유량을 따로 검증하는 기능(압력 상승률을 이용한 유량 검증)을 쓰기도 합니다. "로그가 정상인데 공정이 이상하다"는 상황에서 이 점을 말하면 깊이가 드러납니다.

압력이 안 내려갈 때: 리크인가, 탈기체인가

정비로 챔버를 열었다 닫으면 베이스 압력이 예전처럼 내려가지 않는 일이 흔합니다. 원인은 크게 둘입니다. 어딘가로 공기가 새어 들어오는 **리크**, 그리고 벽과 부품 표면에 붙어 있던 수분 등이 천천히 빠져나오는 **탈기체(outgassing)**.

확인 방법	리크라면	탈기체라면
압력 상승률(ROR)	밸브를 닫고 압력을 보면 거의 일정한 기울기로 계속 오름	처음엔 오르다 점점 완만해지며 포화
잔류 가스 분석(RGA)	질량 28(N ₂)과 32(O ₂)가 약 4 : 1, 40(Ar)도 보임. 공기의 조성	18(H ₂ O)이 지배적
대책	헬륨 리크 디텍터로 의심 부위(최근 연 플랜지, O-링)에 헬륨을 뿌려 위치 찾기	시간을 두고 더 배기, 챔버 가열(베이킹)

질량 28은 CO도 같은 값이라 N₂만으로 단정하지 않고 O₂:Ar 비율을 함께 봅니다.

RF 매칭: 반사 전력이 의미하는 것

- **왜 13.56 MHz인가.** 산업·과학·의료용으로 할당된 주파수(ISM 대역)라 통신에 간섭을 주지 않고 쓸 수 있기 때문입니다. 그 배수(27.12 MHz 등)와 수백 kHz~수 MHz 대역도 공정 목적에 따라 씁니다.
- **매칭 네트워크.** RF 발생기는 보통 50 Ω 부하에 맞춰 설계되어 있지만, 플라즈마의 임피던스는 조건에 따라 바뀝니다. 그 사이에 가변 커패시터 등으로 이루어진 매칭 네트워크를 두어 발생기가 50 Ω을 보도록 맞춥니다.
- **반사 전력이 높다면.** 매칭이 안 맞아 전력이 플라즈마로 다 전달되지 않고 돌아온다는 뜻입니다. 매칭 장치 이상, 챔버 상태 변화(벽 퇴적, 부품 마모), 플라즈마 조건 변화를 의심합니다. 실제로 플라즈마에 들어간 전력이 줄면 식각률·증착률이 바뀝니다.
- **매칭 위치도 신호입니다.** 반사 전력이 정상이어도 매칭 커패시터의 위치가 평소와 다르다면, 플라즈마 임피던스가 바뀌었다는 뜻이라 챔버 상태 변화를 먼저 알려 주는 경우가 있습니다.

로드락과 인터록

- **로드락:** 웨이퍼를 넣고 뺄 때 공정 챔버를 대기에 노출하지 않으려고 둔 작은 중간 챔버. 배기 시간을 줄이고 오염을 막습니다.
- **인터록:** 위험한 조합을 장비가 스스로 막는 장치. 예: 진공이 안 되면 가스·RF가 켜지지 않음, 문이 열리면 RF 차단. 안전과 장비 보호가 목적입니다.

1. MFC가 무엇이고 어떻게 동작하나요?

→ 가스를 설정한 질량 유량으로 흘리는 장치입니다. 열식 센서로 유량을 읽고, 제어 밸브로 설정값에 맞추는 닫힌 루프입니다. 가스마다 보정 계수가 다르다는 점까지 말하세요.

2. 진공 펌프의 종류와 차이는?

→ 대기압부터 쓰는 드라이 펌프와, 낮은 압력에서만 작동해 보조 펌프가 필요한 터보 분자 펌프를 조합합니다. 크라이오 펌프는 기체를 얼려 붙잡아 깨끗한 고진공을 만들어 스퍼터 챔버 등에서 터보 대신 쓰이고, 주기적으로 재생이 필요합니다.

3. 터보 분자 펌프를 대기압에서 바로 켜지 않는 이유는?

→ 분자가 서로 덜 부딪히는 낮은 압력에서 날개가 분자를 한 방향으로 쳐내는 원리라, 높은 압력에서는 배기가 안 되고 날개에 큰 부하가 걸립니다. 그래서 보조 펌프로 먼저 압력을 낮춘 뒤 켵니다.

4. 리크가 있는지 어떻게 확인하나요?

→ 밸브를 닫고 압력 상승률을 봅니다. 일정한 기울기로 오르면 리크, 포화하면 탈기체를 의심합니다. RGA로 공기 성분 비율을 보고, 헬륨 리크 디텍터로 위치를 찾습니다.

5. 반사 전력이 올라가면?

→ 매칭이 맞지 않아 전력이 플라즈마에 덜 들어간다는 뜻이고, 식각률·증착률이 바뀔 수 있습니다. 매칭 장치, 챔버 상태, 공정 조건 변화를 확인합니다.

Q 정비 후 챔버 베이스 압력이 평소의 열 배에서 더 안 내려갑니다. 어떻게 하겠습니까?

1 현상	평소 베이스 압력과 배기 시간 기록을 확인하고, 게이지 자체 이상은 아닌지 다른 게이지 값과 비교합니다.
2 범위	이 챔버만인지, 같은 기종의 다른 챔버도 최근 비슷한지 봅니다.
3 가설	정비 때 연 부위의 리크(O-링 손상·이물, 플랜지 체결), 새로 넣은 부품이나 열린 동안 붙은 수분의 탈기체, 펌프 성능 저하.
4 확인	압력 상승률 곡선 모양, RGA의 18·28·32·40 비율, 헬륨 리크 테스트로 정비 부위부터 확인합니다.
5 조치·대가	리크면 해당 부위 재체결·O-링 교체 후 다시 확인합니다. 탈기체면 더 오래 배기하거나 가열합니다. 어느 쪽이든 챔버 가동 재개가 늦어지는 대가가 있지만, 이 상태로 공정을 하면 수분·산소가 막질과 식각 결과를 바꿉니다.

Q 장비 로그의 유량·압력·RF는 모두 설정값대로인데, 식각률이 서서히 떨어집니다. 무엇을 의심하겠습니까?

1 사실 확인	식각률이 언제부터 얼마나 떨어졌는지 SPC로 보고, 측정 문제가 아닌지 확인합니다.
2 범위	이 챔버만인지, 같은 레시피의 다른 챔버도 같은지 봅니다.
3 가설	로그 값이 정상이라는 것은 각 장치가 스스로 정상이라고 말한다는 뜻일 뿐입니다. MFC 센서 드리프트(표시와 실제 유량이 다름), 챔버 벽 퇴적·부품 마모로 인한 플라즈마 상태 변화, 들어오는 웨이퍼의 변화를 의심합니다.
4 확인	MFC 유량을 압력 상승률로 따로 검증하고, 매칭 위치·밸브 개도처럼 "장비가 목표값을 만들려고 하는 일"의 추세를 봅니다. 기존 웨이퍼로 장비만의 변화인지 가릅니다.



읽은 것을 손으로 해 보기

진공·가스 공급 시뮬레이터

드라이 펌프와 터보 펌프 조합의 배기 곡선, 밸브와 MFC를 직접 열고 닫는 가스 라인 운전을 해 볼 수 있습니다.

demo.semifabai.com

카카오톡 채널

새 자료 공개 소식을 채널에서 먼저 알려 드립니다. 채널을 추가해 두세요.

pf.kakao.com/_VXHFX

카카오톡 채널 검색: **semifabai**

다음 편: 자료 8

삼성전자 PT 면접 유형별 연습 문제 10선

시나리오형·데이터 해석형·조건 선택형·개선안형. 자료실에서 지금 받을 수 있습니다.

공정엔지니어 면접 자료 시리즈

01	공정엔지니어 면접, 판단을 말하는 법 상황형 질문과 PT 면접을 6단계로 푸는 법	받기 가능
02	반도체 8대 공정, 순서에 이유가 있다 두 가지 8대 공정, 열 예산, FEOL과 BEOL	받기 가능
03	식각 면접 집중편 건식과 습식, 이방성, 선택비, ICP와 CCP, 프로파일 불량	받기 가능
04	증착 면접 집중편 CVD, PVD, ALD 차이와 스텝 커버리지, 응력, 갭필	받기 가능
05	포토 면접 집중편 해상도와 초점 심도, 감광액과 PEB, 오버레이, EUV	받기 가능
06	수율과 SPC 수율 모델, 웨이퍼 맵 읽기, 관리도와 Cp-Cpk	받기 가능
08	삼성전자 PT 면접 유형별 연습 문제 10선 시나리오형·데이터 해석형·조건 선택형·개선안형	받기 가능
09	DRAM, NAND, HBM 구조를 면접 수준으로	예정
10	미세화 트렌드 답변법 GAA, 3D NAND, 하이브리드 본딩	예정
11	공정기술, 설비기술, 양산기술 직무 차이 지원 동기 쓰는 법	예정
12	반도체 자소서와 1분 자기소개	예정

공개된 자료는 semifabai.com/resources 에서 받을 수 있습니다. 순서와 제목은 의견에 따라 바뀔 수 있습니다.

이 자료는 삼성전자, SK하이닉스와 관계없는 독립 학습 자료입니다. "SK하이닉스 면접 단골 주제"는 합격 후기에 나온 질문(MFC, 진공 장비 종류)을 근거로 했습니다. 압력 범위와 수치는 대략적인 값이며 장비마다 다릅니다. © 2026 세미랩 AI. 개인 학습용으로 자유롭게 쓰시고, 다른 곳에 올리실 때는 출처를 남겨 주세요.