

4인치용 VB로 제작 사양서

MoSi₂ 히터 사용 Vertical Bridgman Furnace / Ga₂O₃ 단결정 성장용

개요

본 사양서는 MoSi₂ 히터를 사용한 $\phi 4$ 인치용 VB로의 주요 구성, 공급 범위, 유틸리티, 단결정 성장로 본체, 구동부, 제어 및 안전 기능을 정의하기 위한 문서이다. 본 설비는 대기 분위기에서 최고 1850°C, 상용 1800°C까지 승온 가열하고, $\phi 4$ 인치용 Pt-Rh 도가니를 정밀 이송하면서 Ga₂O₃ 단결정 성장을 수행하는 것을 목적으로 한다.

번호	구분	내용	비고
1	장치 명칭	MoSi ₂ 히터 사용 수직형 브릿지만로	
2	형식 / 모델	KX_VB1800	
3	대상 규격	$\phi 4$ 인치용 Pt-Rh 도가니 적용	
4	사용 목적	Ga ₂ O ₃ 단결정 성장	
5	성장 방식	수직형 Bridgman 방식(도가니 하강식)	
6	사용 분위기	Air/O ₂ 분위기 제어	
7	최고 / 상용 온도	최고 1850°C / 상용 1800°C	
8	전원 사양	3 ϕ AC380V, 60Hz, 15.4kVA	

1. 일반 사양

1-1. 개요

본 설비는 MoSi₂ 히터를 사용하고, 로 내 분위기를 대기 상태로 유지한 조건에서 Ga₂O₃ 단결정을 성장하기 위한 VB로이다. 성장 중 도가니는 저속 구동 조건에서 하강하며, 승온·용융·결정 성장·냉각 단계에서 온도, 위치, 가스, 냉각수 및 주요 알람 상태를 감시한다.

1-2. 장비 구성

번호	품명	주요 사양	수량
1	전기로 본체	분위기 쉴 챔버, 핫존, 프레임, 수냉 챔버 및 온도 측정 포트 포함	1식
2	도가니 이동 기구	저속 성장 구동 및 고속 베이스 챔버 승강 기능, 수냉 2중 샤프트 적용	1식
3	온도 제어 장치 및 트랜스 패널	PLC 터치패널, 온도 프로그램 조절계, 과열계, 기록계, 사이리스터, 변압기 포함	1식
4	분위기 제어 장치	Air 가스용 플로우미터 2계통 및 압력/유량 조정 기능	1식
5	냉각수 공급 장치	SUS304 2inch 급·배수 매니폴드, 내압 호스, 유량/수온 이상 검출	1식
6	안전 회로	온도, 사이리스터, 냉각수, 누전, 구동 이상 및 순간 정전 대응 기능	1식
7	Hot Zone	Al ₂ O ₃ /ZrO ₂ 계 고온 단열 구조 및 관련 구성품	2set

2. 공급 범위

2-1. 공급자 범위

구분	공급 범위
설계 및 제작	본 사양서 기준의 전기로 본체, 구동부, 제어반, 트랜스 패널, 가스 및 냉각수 연결부, 안전 회로 제작
조립 및 조정	제작 완료 후 장치 조립, 배선·배관 연결 확인, 구동부 및 제어장치 조정
공장 검사	외관, 치수, 시퀀스 동작, 통전, 승온 및 도가니 이동 거리 시험
기본 운전 확인	온도 제어, 구동 속도/거리 설정, 경보 표시, 냉각수 유량 감시, 데이터 기록 기능 확인
납품 및 인도	장치 납품 후 검수 항목 수행 및 취급 설명 실시

2-2. 고객 범위

구분	고객 범위
1차측 전기 공사	본 장치까지의 1차측 전원 인입, 차단기, 접지 및 전기 배선 공사
유틸리티 배관	분위기 가스, 압축 공기, 냉각수 공급 및 배수 라인 등 외부 배관 공사
배기 및 배수	배기 가스 및 배수 처리 라인, 설치 장소 기준의 배기·배수 배관 공사
원료 및 도가니	Ga ₂ O ₃ 단결정 성장용 원료 및 Pt-Rh 도가니
설치 환경	설치 공간, 바닥 고정 조건, 장비 반입 동선 및 건물측 유틸리티 조건 확보

2-3. 견적 제외 사항

- 본 장치까지의 1차측 배선 및 배관 공사(전기, 분위기 가스, 냉각수 등)는 제외한다.
- 배기 가스 및 배수 배관 공사는 제외한다.
- 본 사양서에 명시되지 않은 특수 시험, 특수 검사 및 추가 개조는 별도 협의한다.
- Ga₂O₃ 단결정 성장용 원료 및 Pt-Rh 도가니는 제외한다.
- 발열체, O-ring, 세라믹 부품 등 소모품 및 스페어 부품은 계약 조건에 따르며, 별도 지정이 없는 경우 제외한다.

3. 검사, 보증 및 제출 문서

3-1. 검사

검사는 고객 입회 하에 공급자 지정 공장에서 실시하는 통상 시험을 최종 검사로 한다. 검사항목은 외관, 치수, 시퀀스 동작, 통전, 승온 및 도가니 이동 거리 측정을 포함한다. 장치 납입 후에는 실제 설치 조건에서 주요 기능을 재확인하고, 시운전 조정 후 취급 설명을 실시한다.

번호	검사 항목	검사 내용	비고
1	외관 검사	장치 외장, 챔버, 프레임, 제어반, 배관 및 포트의 외관 상태 확인	공장 검사
2	치수 검사	주요 외형 치수, 포트 위치, 프레임 설치 치수 확인	공장 검사
3	시퀀스 동작 시험	터치패널 조작, 구동부 상승/하강, 알람 표시 및 인터록 확인	공장 검사
4	통전 시험	전원 투입, 히터 전원 계통, 제어반 및 계측기 동작 확인	공장 검사
5	승온 시험	공로 조건 기준 1800℃까지 승온 가능 여부 확인	공장 검사
6	도가니 이동 거리	구동축 이동 거리 및 저속/고속 동작 확인	공장 검사

7	납품 후 승온 확인	도가니 및 원료 설치 상태에서 대기 중 1800°C까지 1080분 승온 확인	현장 검수
8	온도 분포 측정	1700°C에서 온도 분포 측정. 기준: 1700°C $\pm$ 10°C, 200 mm	현장 검수
9	경보 장치 확인	온도, 냉각수, 누전, 사이리스터, 구동 이상 등 각종 경보 동작 확인	현장 검수

3-2. 제출 문서

번호	문서명	내용
1	제작 사양서	장치 구성, 주요 사양, 공급 범위, 유틸리티 및 검수 조건
2	취급 설명서	장치 구조, 조작 방법, 주의 사항, 보전 및 트러블 대응
3	기계 도면	전체 레이아웃, 챔버, 프레임, 승강부 및 주요 포트 관련 도면
4	전기 도면	제어반, 전원, 계측, 인터록 및 배선 관련 도면
5	배관 관련 자료	냉각수 매니폴드, 가스 공급 및 배기 포트 구성 자료
6	검사 성적서	공장 검사 및 현장 검수 결과 기록

3-3. 보증

보증 기간은 장치 납입 후 1년으로 한다. 보증 기간 중 명백히 설계 또는 제작 불량에 기인한 고장이 발생한 경우에는 무상 수리 또는 개선품 납입을 원칙으로 한다. 단, 발열체 등 소모품, 취급 부주의, 유틸리티 조건 불량, 임의 개조, 시료에서 발생하는 가스 등에 의한 손상은 보증 범위에서 제외한다.

4. 유틸리티 사양

4-1. 전원 및 접지

항목	사양	비고
주 전원	3 ϕ AC380V, 60Hz, 15.4kVA	히터 및 장치 구동용
제어 전원	AC200V 계통 포함	무정전 전원 AC200V, 1500W 적용
접지	D종 접지, 100 Ω 이하	장치 및 제어반 접지
설치 고정	로 본체 및 제어반 올 앵커 고정	고객 설치 조건에 따름

4-2. 냉각수

항목	사양
수압	0.3~0.4 MPa(배압측 대기 개방)
유량	50 L/min 이상
수온	35°C 이하. 단, 결로가 발생하지 않을 것
수질	저항값 30 k Ω -cm 이상, 중성, 혼탁/이물/염소 미포함
냉각 계통	전기로 본체 및 구동축 등 4계통 냉각수 배관
감시 방식	각 계통에 온도 센서 부착 디지털 플로우 스위치 설치

4-3. 가스 및 압축 공기

구분	사양	용도
분위기 가스	Air 1~20%, 유량 10L/min, 압력 0.2 MPa(유량 조정 시)	로 내 대기 분위기 유지 및 도입
소유량 Air	Air용 플로우미터 1.0~3 L/min, 센서 포함	소량 도입 및 제어
대유량 Air	Air용 플로우미터 0~30 L/min	다량 도입 및 퍼지 용도
압축 공기	0.4~0.5 MPa	밸브 조작용

4-4. 도장 색상

구분	도장 색상
전기로 본체(외장 색상)	맨셀 5PB 6.5/7, 블루계, 광택 있음
온도 제어 장치(조작면)	맨셀 5PB 6.5/7, 블루계, 광택 있음

※ 도장색상은 고객 지정 색상으로 변경 가능하다.

5. 단결정 성장로 사양

5-1. 개요

본 성장로는 MoSi_2 히터와 고내열 단열 구조를 사용하여 대기 분위기에서 Ga_2O_3 단결정 성장을 수행하는 VB로이다. 핫존 중심부의 온도 분포를 제어하고, Pt-Rh 도가니를 정밀 하강시켜 용융부와 결정 성장 계면을 안정적으로 운전하는 것을 목표로 한다.

5-2. 주요 사양

항목	사양
가열 방식	MoSi_2 1900 U자 히터 직접 가열 방식
사용 온도	상용 1800°C, 최고 1850°C
성장 방식	수직형 Bridgman 방식, 도가니 하강식
대상 결정	Ga_2O_3 단결정
대상 도가니	$\phi 4$ 인치용 Pt-Rh 도가니
공정 분위기	Air/ O_2 분위기 제어
로 내 유효 치수	$\phi 280 \times H415$ mm
온도 분포	핫존 중심부 H150 mm, $\pm 10^\circ\text{C}$ (at 1700°C)
승온 속도	1800°C까지 480분(공로 조건)

5-3. 전기로 본체 상세 사양

항목	사양	수량
발열체	MoSi_2 1900 U자 히터, $\phi 6 \times \phi 12 \times H500$, 발열부 길이 250 mm	10본
단열재	고내열 단열 보드, $\phi 594 \times \phi 412 \times H657$	1식
알루미나 로심관	$\phi 160 \times \phi 150 \times L600$, 균열관(均熱管)으로 사용	1본
도가니 받침대	고순도 알루미나 블록 및 로드	1식
챔버	SUS304 수냉 2중 구조, $\phi 840 \times \phi 808 \times H980$. 베이스 챔버 개폐 후 승강하여 시료 삽입 및 인출 수행	1식
프레임	프레임 베이스 치수 $\square 1486 \times H1689$, 로 전체 높이 2900 mm	1식
방사 온도계	IR-CZH7NX7(특수 사양), 온도 측정 범위 250~3000°C	1식
열전대	PR20-40 타입. 과승온 측정 및 도가니 바닥/히터 측면 온도 측정	2식

5-4. 포트 및 냉각수 배관

포트 / 배관 항목	사양	수량
수냉 전극 포트	히터 전극 접속용 수냉 전극 포트	2개
방사 온도계용 포트	$\phi 34 \times L65$	1개
측온 열전대 장착 포트	$\phi 20 \times L65$	1개
Air 도입 포트 및 예비 포트	NW16	3개
탑 챔버 뷰 포트	$\phi 25$	1개
냉각수 배관	4계통, 각 계통에 온도 센서 부착 디지털 플로우 스위치 설치	1식
탑 챔버 이동 기구	캡 밸런서에 의한 수동 개폐	1식

6. 기구 구동부 사양

6-1. 도가니 이동 기구

도가니 이동 기구는 결정 성장 중 Pt-Rh 도가니를 저속으로 하강시키고, 장치 셋업 및 시료 인출 시에는 베이스 챔버를 고속으로 승강시키는 기구이다. 저속 및 고속은 서보 모터 회전을 클러치로 전환하여 운전한다.

항목	사양
구성	도가니 이동 기구 1식
저속 이동 속도	0.1~10.0 mm/h(결정 성장 시 도가니 하강)
고속 이동 속도	10~1000 mm/min(베이스 챔버 승강)
속도 전환 방식	서보 모터 회전을 클러치로 저속/고속 전환
이동 거리	Max. 900 mm
도가니 구동축	수냉 2중 샤프트, 중심축에 열전대 포트 포함
운전 조작	PLC 터치패널에서 이동 속도 및 거리 설정, 승강대 조작 수행

6-2. 챔버 개폐 및 유지보수 구조

구분	내용
상부 챔버	로 내 확인, 히터 점검 및 교체 등 일상 점검에 사용. 캡 밸런서에 의해 수동 개폐
베이스 챔버	시료 삽입 및 인출 시 개폐 후 승강 동작 수행
수냉 구조	챔버 본체와 주요 플랜지는 수냉 구조로 외부 열 영향을 저감
세라믹 취급	히터, 로심관, 도가니대 등 세라믹 부품은 충격 및 오염에 주의하여 취급

7. 온도 분포 측정, 가스 유량 및 공정 모니터링

7-1. 개요

본 설비에는 온도 분포 측정과 공정 모니터링 항목을 중심으로 구성한다. 온도 분포, 승강 위치, 히터 전류/전압, 냉각수 및 Air 유량 상태는 결정 성장 안정성 판단과 설비 보호를 위한 핵심 관리 항목이다.

7-2. 온도 분포 및 측정 기준

항목	사양 / 기준
핫존 온도 분포	핫존 중심부 H150 mm, ±10°C(at 1700°C)
검수 온도 분포	1700°C에서 온도 분포 측정. 기준: 1700°C±10°C, 200 mm
승온 확인	도가니 및 원료 설치 상태에서 대기 중 1800°C까지 1080분 승온 확인
방사 온도계	IR-CZH7NX7, 측정 범위 250~3000°C
열전대	PR20-40 타입, 과승온 및 도가니 바닥/히터 측면 온도 측정

7-3. 기록 및 모니터링 채널

구분	측정 / 기록 내용	목적
온도 제어	방사 온도계 및 온도 프로그램 조절계 기준 온도	승온, 유지, 냉각 조건 관리
과승온 감시	과열계 DB6531 및 PR20-40 계측값	온도 상한 경보 및 출력 보호
도가니 부근 온도	도가니 바닥 및 측면 또는 히터 측면 온도	공정 온도 안정성 확인
온도 분포	별도 온도 분포 측정값	핫존 균일성 및 검수 기준 확인
히터 전류/전압	그래픽 레코더에 히터 전류 및 전압 기록	출력 안정성 및 이상 여부 확인
승강대 위치	도가니 승강대 위치 기록	성장 속도 및 이동 거리 관리
냉각수 상태	계통별 유량 및 수온 이상 감시	과열 및 부품 손상 방지
Air 유량	소유량 및 대유량 Air 플로우미터 감시	로 내 분위기 유지 및 퍼지 관리

8. 메인 제어 사양

8-1. 개요

메인 제어 장치는 장치 운전, 온도 제어, 도가니 승강, 알람 표시, 데이터 기록 및 안전 인터록을 통합 관리한다. 운전자는 제어반 전면의 터치패널을 통해 이동 속도와 이동 거리, 승강 조작, 운전 화면, 경보 화면 및 시스템 설정을 확인한다.

항목	사양
온도 제어 장치	자립 밀폐형, W900×D700×H1900, 1식
트랜스 패널	자립 밀폐형, W600×D600×H800, 1식
조작 인터페이스	액정 모니터 및 PLC 운전 조작 터치패널
온도 프로그램 조절계	KP2030P3LY-B1A, 전류 출력형 PID식, 경보 출력 및 외부 입출력 4점 포함
그래픽 레코더	KR2S2PSN2A-NNN 디지털 기록계
과열계	DB6531, 로 내 온도 모니터 및 온도 상한 경보 설정
서보 앰프 / 모터	3 ϕ , 220V, 100W. 서보 인코더를 통해 속도 및 위치 설정
사이리스터	TPP3-055-I-T-FN, 380V, 55A
트랜스	3상 15.4 kVA
무정전 전원	AC200V, 1500W
기타 부품	표시등, 전압계, 전류계, 버튼 스위치, 누전 차단기, 패트라이트
추가 확장 기능	AI 제어 기능 확장 가능

8-2. 운전 화면 및 조작

기능	내용
운전 화면	이동 속도 및 이동 거리 설정, 현재 위치 표시, 승강대 상승/하강 조작
경보 화면	각 기기 회로, 온도, 운전 정지 등 이상 상태 및 이력 표시
시스템 설정	표시값 조정, 기록 승강대 위치, 이상 감시 지연 등 기본 설정
히터 운전 모드	온도 조절계 자동 제어 또는 수동 출력 조정 모드 선택

9. 제어 기능

번호	기능	내용
1	온도 프로그램 제어	KP2030P3LY-B1A를 이용하여 승온, 유지, 용융, 성장 및 냉각 온도 조건을 제어
2	히터 출력 제어	사이리스터 및 트랜스 계통을 통해 MoSi ₂ 히터 출력 제어
3	도가니 이동 제어	이동 속도 및 이동 거리 설정, 저속 성장 하강 및 고속 승강 기능
4	위치 표시 및 기록	서보 인코더 및 기록계를 통해 승강대 위치와 이동 상태 기록
5	분위기 가스 제어	Air 플로우미터를 통한 소유량/대유량 유량 감시 및 조정
6	냉각수 안전 제어	계통별 유량 저하 및 수온 이상 감시
7	과승온 보호	과열계 및 온도 상한 경보에 의한 히터 출력 차단 또는 운전 정지
8	전원 및 누전 보호	누전 차단기, 전원 계통 이상 감시 및 비상 보호
9	데이터 기록	온도, 히터 전류/전압, 도가니 승강대 위치 및 알람 상태 기록
10	순간 정전 대응	3초 이하 순간 정전 시 운전 지속 기능

10. 단결정 성장 제어 사양

10-1. 개요

본 제어 시스템은 Ga₂O₃ 단결정 성장을 위해 승온, 원료 용융, 도가니 하강, 결정 성장, 냉각 및 인출 단계의 주요 운전 조건을 관리한다. 성장 중에는 도가니 하강 속도, 이동 거리, 로 내 온도, 히터 출력, 냉각수 및 Air 유량 상태를 함께 확인한다.

10-2. 공정 단계별 관리 항목

공정 단계	관리 항목	주요 확인 내용
준비	도가니 및 원료 세팅	도가니 받침대, 로심관, 보온통, 원료 장착 상태 확인
승온	온도 프로그램 및 히터 출력	공로 기준 1800℃까지 480분, 현장 검수 조건 1800℃까지 1080분 확인
용융	온도 안정 및 분위기 유지	대기 분위기 유지, Air 유량 및 챔버 상태 확인
결정 성장	도가니 저속 하강	0.1~10.0 mm/h 범위에서 성장 조건에 맞게 운전
냉각	온도 하강 및 냉각수 유지	급격한 열충격 방지, 냉각수 유량/온도 유지
인출	베이스 챔버 승강 및 시료 인출	고속 이동 10~1000 mm/min 범위에서 승강 조작

10-3. 성장 제어 주요 사양

항목	사양
결정 성장 이동 속도	0.1~10.0 mm/h(도가니 하강)
장치 이동 속도 범위	0.1~20 mm/h 범위로 ϕ4인치용 Pt-Rh 도가니 이동
고속 이동 속도	10~1000 mm/min(베이스 챔버 승강)
이동 거리	Max. 900 mm
온도 제어	PID 온도 프로그램 제어 및 과승온 감시
데이터 기록	온도, 전류, 전압, 승강대 위치 기록

11. 운전 이상 처리

11-1. 알람 기본 방침

운전 이상 발생 시 패트라이트, 부저 및 터치패널 경보 화면으로 이상 상태를 표시한다. 이상 원인을 해소한 후 경보 리셋을 수행하며, 원인이 해소되지 않은 경우 경보는 해제되지 않는다. 온도, 냉각수, 전원 및 구동 관련 이상은 결정 및 설비 보호를 우선으로 처리한다.

알람	검출 / 원인	기본 동작
온도 상한 경보	과열계 또는 온도 조절계 설정값 초과	경보 발생, 히터 출력 저감 또는 차단
사이리스터 이상	사이리스터 전원 계통 이상 검출	경보 발생, 히터 출력 정지 및 점검
냉각수 유량 저하	각 계통 유량 스위치 또는 디지털 플로우 스위치 이상	경보 발생, 가열 운전 정지 또는 출력 차단
냉각수 온도 이상	계통별 수온 상승 또는 설정 온도 초과	경보 발생, 냉각수 설비 및 유량 확인
Air 유량 이상	Air 유량 설정 범위 이탈	유량 조정 및 원인 확인
누전 경보	누전 차단기 또는 전원 계통 이상	전원 차단 및 전기 계통 점검
도가니/베이스 챔버 구동 이상	서보, 구동축, 상·하한 또는 승강 동작 이상	구동 정지, 원인 확인 후 복구
정전 / 순간 정전	전원 공급 이상	3초 이하 순간 정전 시 운전 지속. 장시간 정전 시 안전 상태 유지
비상 정지	비상 정지 버튼 작동	장치 정지 및 비상 원인 해소 후 복구

12. 전력 제어 장치 사양

12-1. 개요

본 장치는 MoSi₂ 히터용 트랜스 및 사이리스터 전력 제어 방식을 적용한다. 부하 변화에 따라 안정적인 출력을 공급하며, 도가니 및 Hot zone의 고온 운전에 적합한 출력 안정성을 제공한다.

12-2. 주요 사양

항목	사양
용도	MoSi ₂ 히터 출력 제어 및 고온 성장로 가열 전원 제어
전력 제어 방식	사이리스터 전력 제어 방식
사이리스터	TPP3-055-I-T-FN, 380V, 55A 1식
트랜스	3상 15.4 kVA, 1식
전원 케이블	200A, 3본, 1식
온도 제어 연동	KP2030P3LY-B1A 전류 출력형 PID 제어와 연동
과열 보호	DB6531 과열계 및 온도 상한 경보와 연동
기록 연동	히터 전류, 전압 및 온도 데이터를 그래픽 레코더에 기록
보호 기능	사이리스터 이상, 누전, 온도 상한, 냉각수 이상 시 경보 및 전원 차단

※ 계약 또는 설계 변경으로 별도 **전력 제어 장치**를 적용할 경우, 본 항목은 해당 장치 사양서 기준으로 별도 갱신한다.

13. 접지 절차

13-1. 목적

본 절차는 수직형 브릿지만로의 안정 운전, 작업자 안전 및 제어/계측 노이즈 저감을 위한 기본 접지 기준을 정의한다. 본 설비의 기본 접지는 D종 접지 100Ω 이하로 하며, 장치 본체와 제어반은 고객측 접지 설비에 확실히 연결한다.

13-2. 접지 기준 및 확인 항목

항목	기준 / 절차
접지 등급	D종 접지, 접지 저항 100Ω 이하
접지 대상	전기로 본체, 제어반, 트랜스 패널 및 금속 프레임
전원 인입	3φ AC380V, 60Hz, 15.4kVA 전원 인입부에 적합한 차단기 및 접지 설비 설치
접지 확인	전원 투입 전 접지선 체결 상태, 단자 풀림, 접지 저항 측정값 확인
정기 점검	시운전 후 및 정기 보전 시 접지 단자, 제어반 내부 단자, 프레임 체결부 증체결

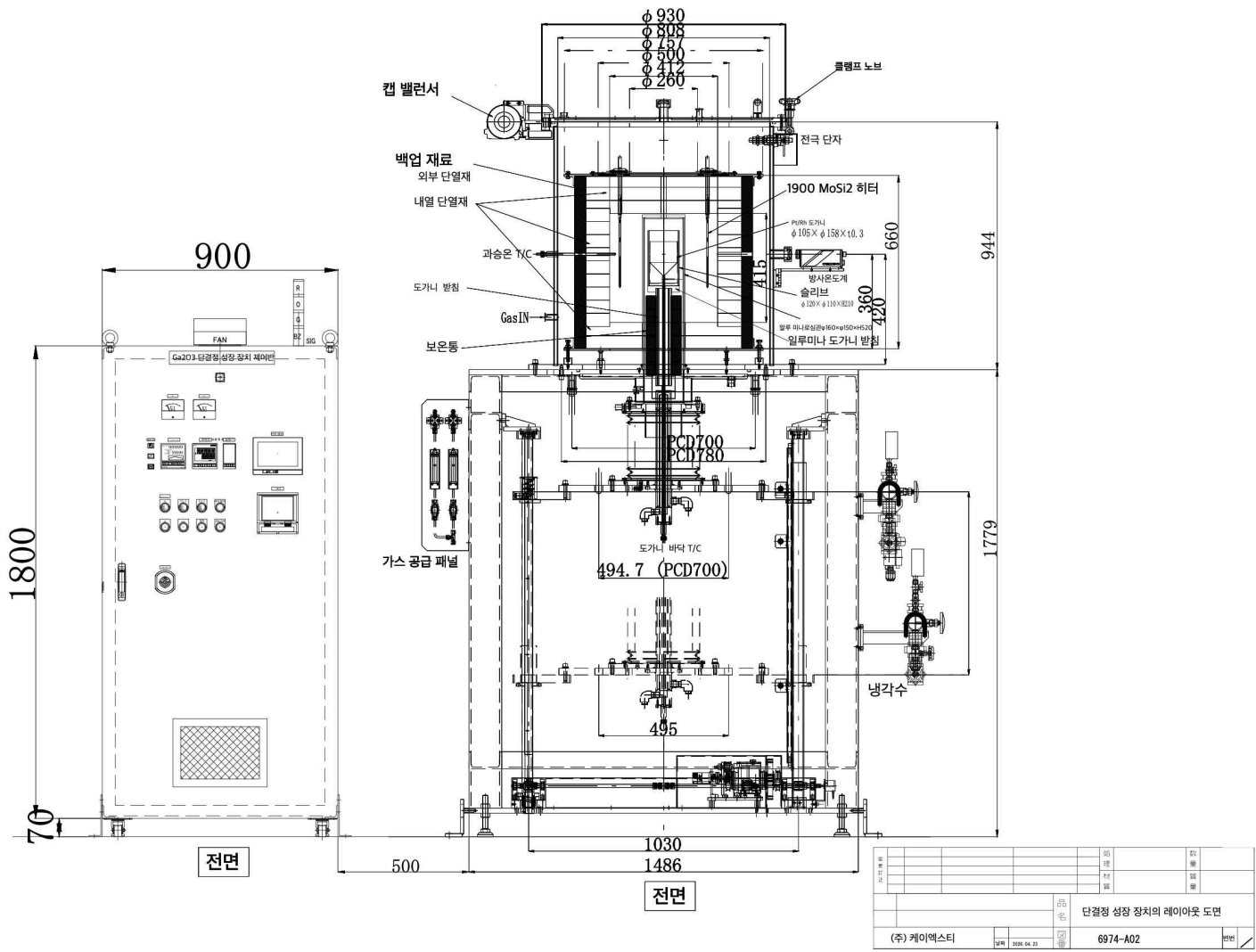
	확인
주의 사항	운전 중 전기 충전부 점검 금지. 전기 작업은 전원 차단 후 수행

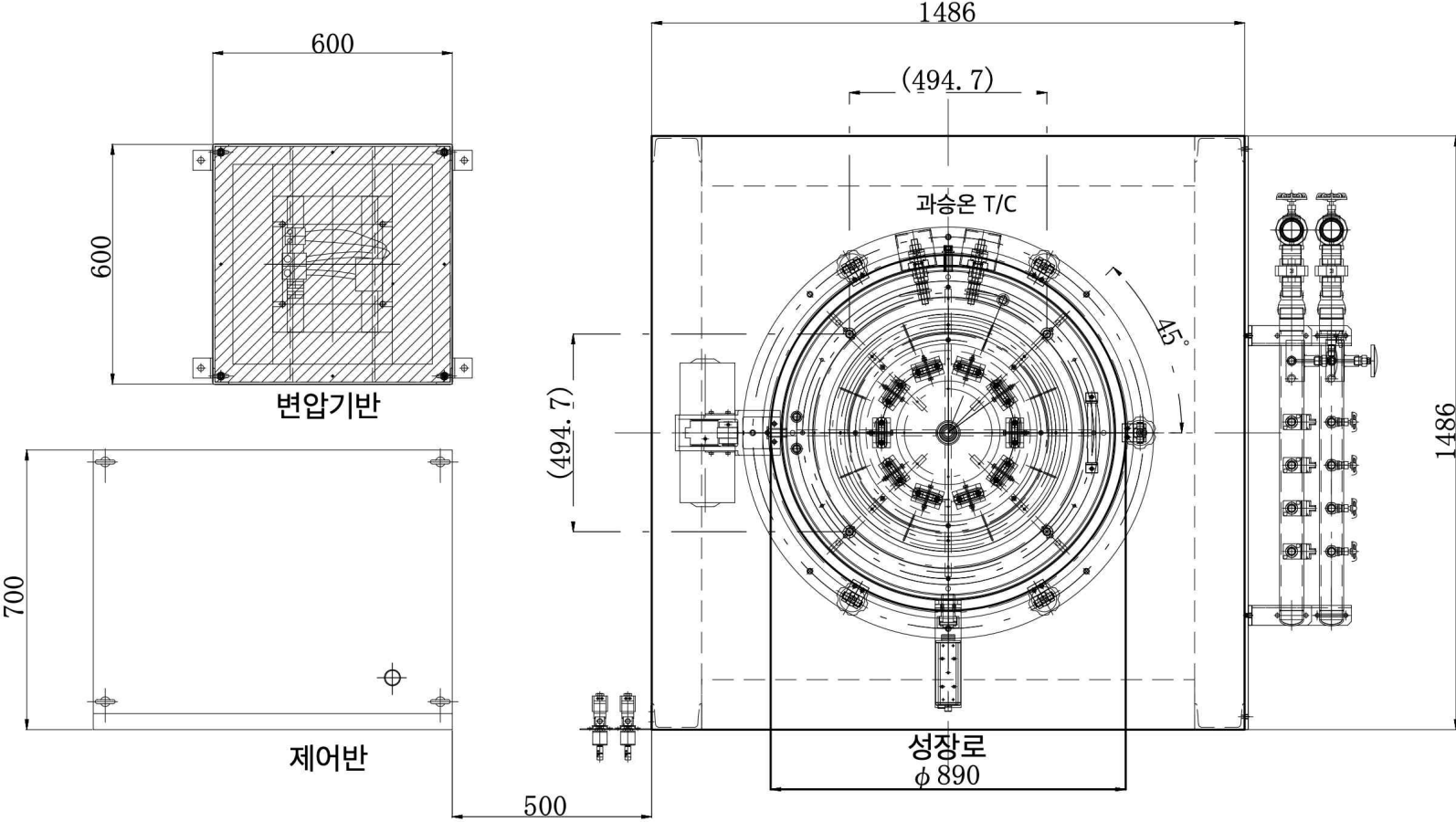
14. 첨부 도면 목록

최종 도면은 제작 도면, 기계 도면 및 전기 도면 원본 기준으로 관리한다. 본 사양서에는 검토 및 납품 문서 구성을 위한 도면 목록을 포함한다.

번호	도면명	내용
1	설비 전체 레이아웃	전기로 본체, 제어반, 트랜스 패널, 냉각수 매니폴드 및 설치 공간 배치
2	전기로 본체 외형도	챔버, 프레임, 탑 챔버, 베이스 챔버 및 주요 치수

이상





제출 일자				제출 번호		제출 인
				제출 번호		제출 인
				제출 번호		제출 인
				제출 번호		제출 인
				品名	단결정 성장 장치의 레이아웃 도면	
(주) 케이엑스티				圖章	6974-A02	제출 인
		날짜	2026. 04. 22			