

# 크라이오펌프 교육자료

한국알박크라이오주식회사



진공기술

1981년 10월 1일  
CHIGASAKI



ULVAC CRYOGENICS INC  
(UCI)

2004년 12월, 한국



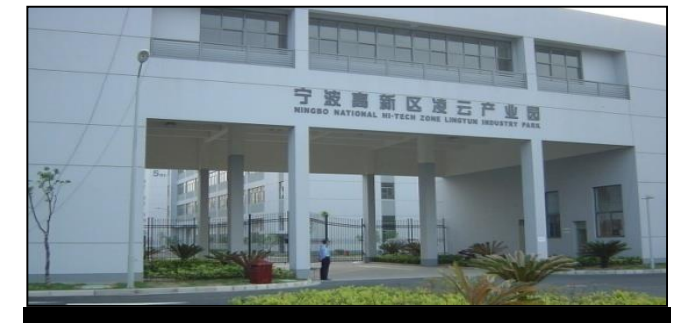
ULVAC CRYOGENICS KOREA INC  
(UCK)

2014년 5월 1일

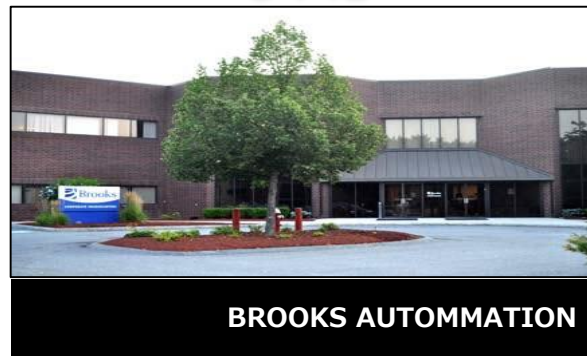


KYOTO CRYOGENICS TECHNOLOGY  
R&D CENTER

2005년 5월, 중국



ULVAC CRYOGENICS NINGBO  
(UCN)



BROOKS AUTOMATION

# 한국알박크라이오 소개

## 1) 회사개요



회사명	한국알박크라이오(주)
설립일	2004.12.10
사업장 주소	경기도 평택시 청북면 현곡산단로 107
업종	제조업
지분구조(%)	ULVAC CRYOGENICS INC.(100%) Japan
보유기술	진공펌프배기장치, 초극저온냉동기
공장규모	부지면적: 9,924 m <sup>2</sup> (3,000평) 공장면적: 4,801 m <sup>2</sup> (1,450평)
종업원수	56명
자본총계	61억원

CLEAN ROOM



CNC 가공기



TEST 설비



3차원 측정기



Robot 용접





## 2)생산능력



국내 가공/생산



크라이오펌프 :  
MAX 350 대 / 월



크라이오냉동기 :  
MAX 400 대 / 월



컴프레셔 :  
MAX 250 대 / 월

## 1.진공 제품(Vacuum) Cryopumps /Trap



## 2.저온기기제품 Cryogenic Equipments



1K 냉동기



For NMR



Cryostat

대기에서  
액체 질소를  
포집



LN2 Generator

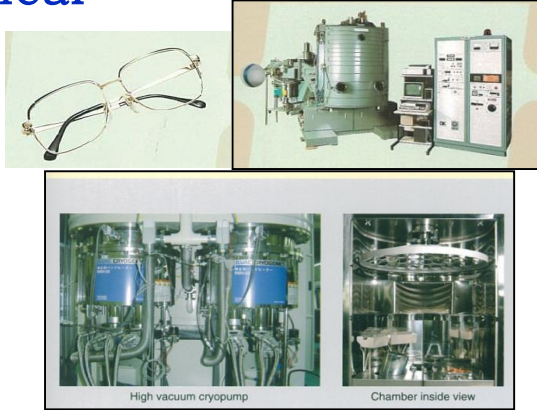


4 K Cryocoolers  
For MRI



## Applications of Cryopumps

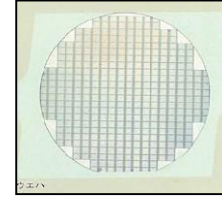
### Optical



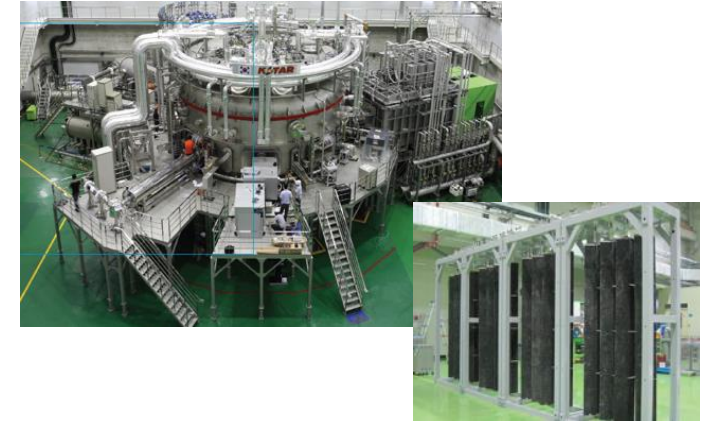
### Semiconductor

#### ENTRON™-EX W300

ENTRON-EX is version-up tools from ETNTRON series, which have many delivery records. ENTRON-EX is developed in order to extend productivity as integration machine, its performance covers up to 32nm node devices.



### Science

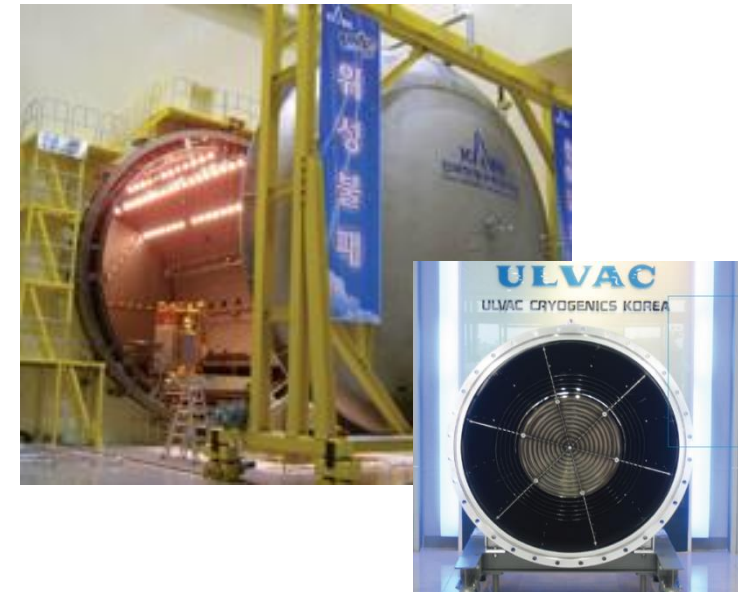


### Device



### FPD

### OLED Panel



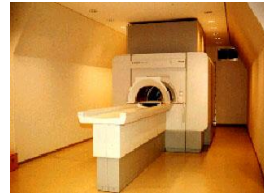
## Applications of Cryocooler



**77K**

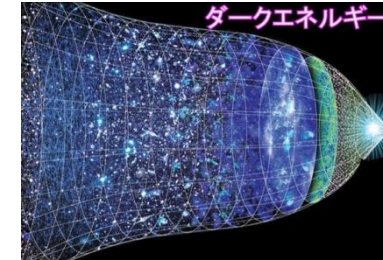


**10K**



**4K**

신제품:전자동 무냉매 희석냉동기  
Full automatic Dilution Refrigerator



**1K**



**0.1K/0.01K**

GM냉동기 · Pulse tube냉동기 · Solvey냉동기

→ 4K/20K/77K 를 실현

희석(希釈)냉동기 → **mK (0.1K/0.01K)** 를 실현

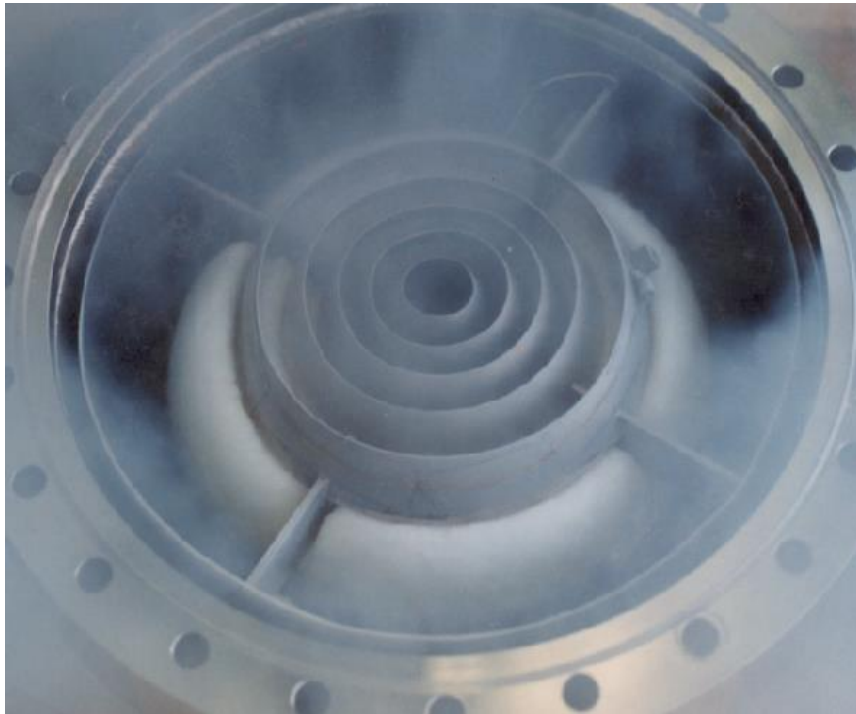
※희석냉동기는 연속적으로 **mK**를 생성하는 **유일한 방법**

# 크라이오 펌프 이해와 응용

한국알박크라이오주식회사



Cryogenics 는 극저온의 뜻으로 Cryopump는 헬륨 가스를 이용한 단열 팽창 원리로 냉각시켜 극저온면에 기체분자를 응축 또는 흡착하여 배기하는 저온펌프입니다.



Ar 가스가 응축되어 있는 사진

## 분자와 운동

1. 일정한 운동을 하는 분자는 운동 에너지를 갖고 있습니다.
2. 온도가 분자의 평균 운동 에너지를 결정합니다.
3. 온도가 높으면 분자는 더 빠르게 운동합니다.

- 배기(排氣) : 속에 든 공기, 가스, 증기 따위를 밖으로 뽑아 버림.
- 응축(凝縮) : 흩어져 있던 것이 한데 엉겨 굳어짐.
- 흡착(吸着) : 흡착제(adsorbent solids, 吸着劑)표면으로 기질(基質)이 모이는 현상.
- 최대유량 : CRYO PUMP가 연속배기를 하고 있는 상태에서 15K CRYO PANEL의 온도가 20K에 도달하는 최대의 기체유량
- 배기용량 : 극저온면 또는 흡착제에 응축 또는 흡착 할 수 있는 가스의 배기 용량
- 냉각강하시간 : CRYO PUMP를 40Pa까지 초기 배기시켜  
(Cool down Time) 15K CRYO Panel이 20K이 될 때 까지 걸리는 시간.
- 절대온도 K (Kelvin) : 온도의 단위  $0K = -273^{\circ}C$ , 냉동학, 진공기술에 사용

## 기본 구성



1. CRYO PUMP UNIT

2. 냉동기 UNIT

3. COMPRESSOR UNIT

4. ACCESSORIES

1) Flexible Hose

2) 냉동기 Cable

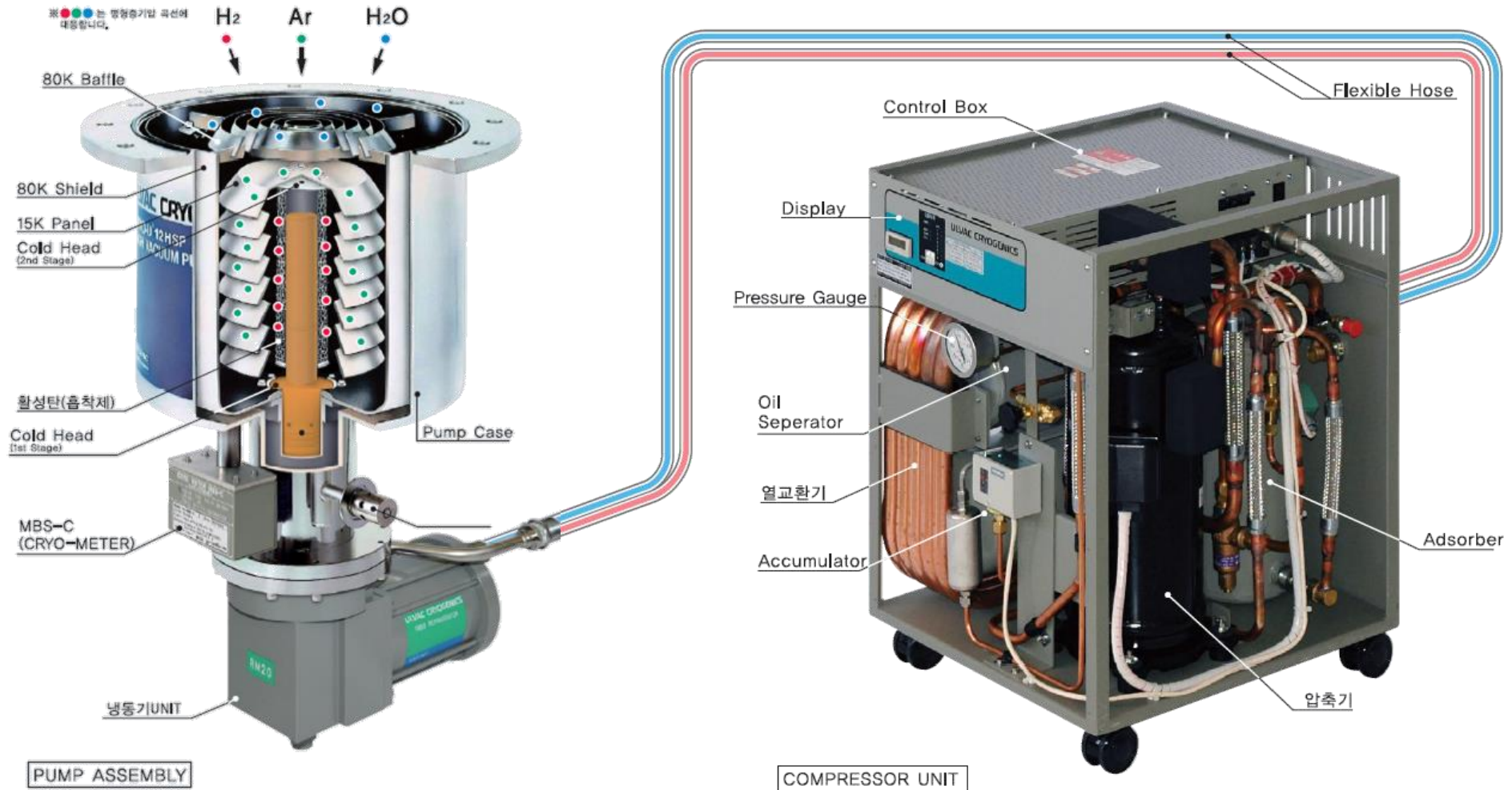
3) 전원 Cable

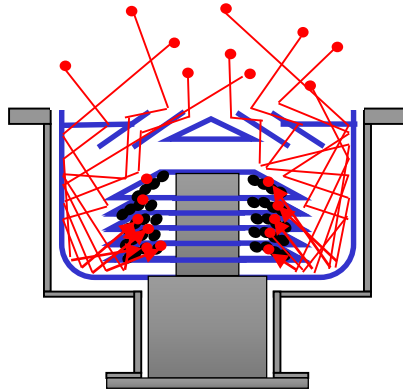
4) MBD-T 온도표시계

5) 기타

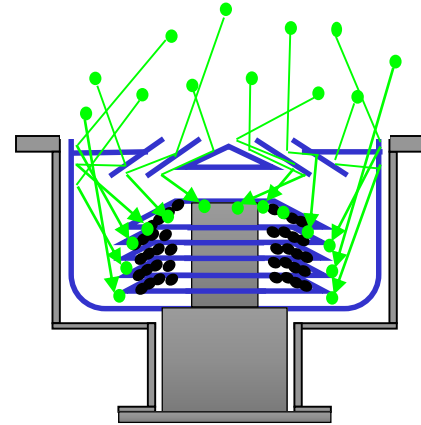


# 크라이오펌프의 각 명칭

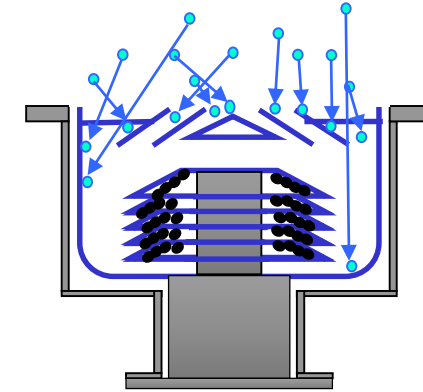




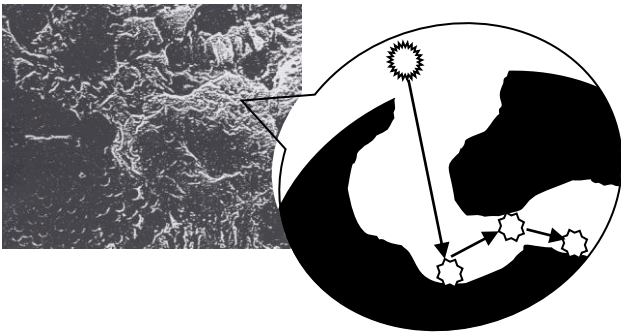
He, H<sub>2</sub>, Ne은 15K CRYO PANEL 내부 활성탄에 응축되어 배기됨



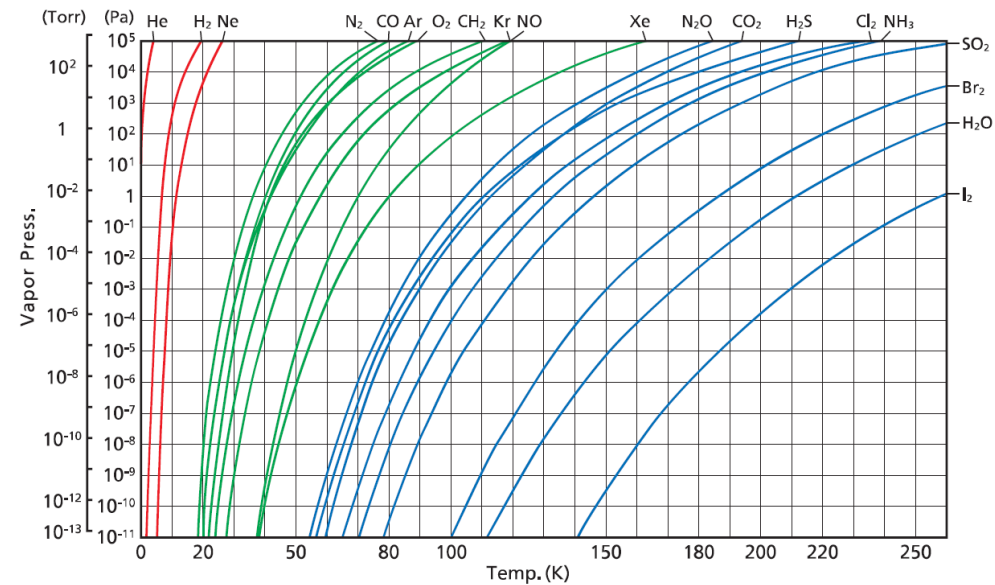
Ar, N<sub>2</sub> 등의 가스는 15K CRYO PANEL 외부 에 흡착 되어 배기됨.



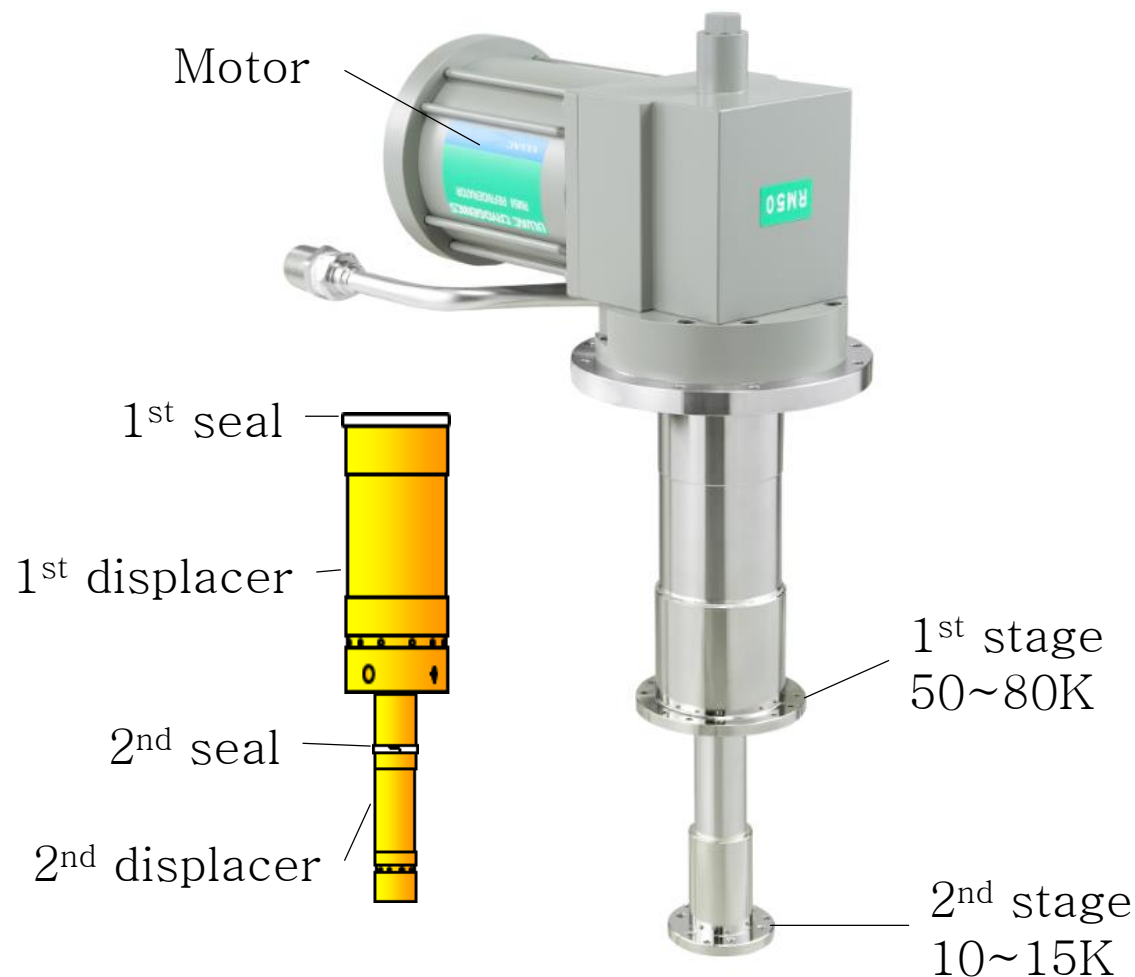
H<sub>2</sub>O 80K까지 냉각된 BAFFLE, Shield에 흡착되어 배기 됨



활성탄이 20K이하로 냉각되면 He, H<sub>2</sub>, Ne 가스가 홀에 들어가 운동량이 줄어들어 활성탄에 흡착되게 됩니다.



- 냉동의 원리  
단열팽창에 의해 냉각됩니다.
- 냉동사이클 (ULVAC CRYO채용)  
G-M사이클 (Gifford-McMahon cycle)
- 냉동기의 주요부품  
실린더, 1단 실, 2단 실, 디스플레이서,  
베어링, 모터





## 표준 사양

R시리즈(2단식)		RM10	RM20	RM50	RM80T
냉동기 SYSTEM		CR10	CR20	CR50	CR80RT
냉동능력	1단	13W / 77K	35W / 77K	65W / 77K	80W / 77K
	2단	3.5W / 20K	12W / 20K	7W / 20K	8W / 20K
도달 온도		12K	12K	12K	12K
냉각강하시간		40분	30분	40분	30분
질량(냉동기)		10.0kg	13.5kg	13.5kg	15.6kg
MAINTENANCE 기간		16,000시간			

R시리즈(1단식)		RMS10	RMS50	RMS80T	RS150T
냉동기 SYSTEM		CRS10	CRS50	CRS80T	CRS150T
냉동능력	1단	35W / 77K	85W / 77K	135W / 77K	165W / 77K
도달 온도		30K	30K	30K	30K
냉각강하시간		30분	20분	20분	20분
질량(냉동기)		9.5kg	13.0kg	15.0kg	20.0kg
MAINTENANCE 기간		16,000 시간		20,000 시간	10,000 시간

※ 냉동 능력, 도달 온도, 냉각 강하 시간은, 냉동기와 COMPRESSOR가 1:1구성. / 주변 온도 : 2℃ / 무부하 시의 값.  
 ※ 전원 주파수는 60Hz의 경우.



크라이오 펌프에 이용되고 있는 대표적인 냉동 사이클은

①Gifford-McMahon 사이클 (G-M사이클)

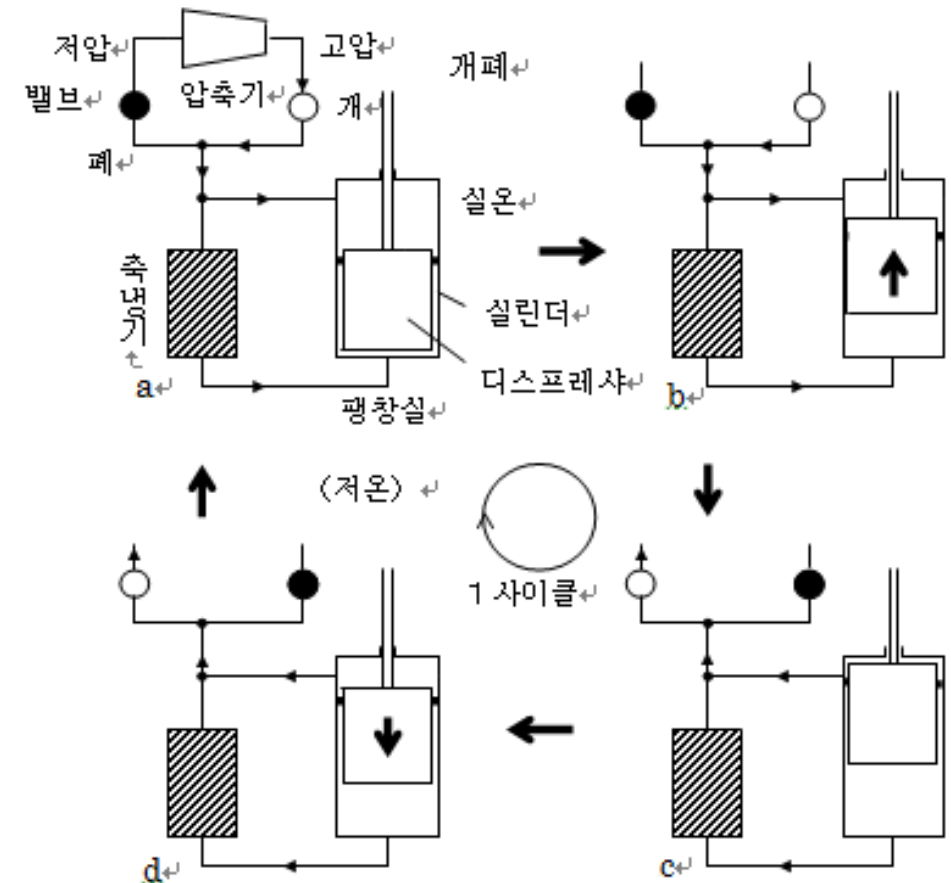
②Modified-Solvay 사이클 (M-Solvay 사이클)입니다.

신뢰성이 높은 이유로 크라이오 펌프에 채용되고 있는 냉동 사이클의 주류는 G-M사이클입니다.

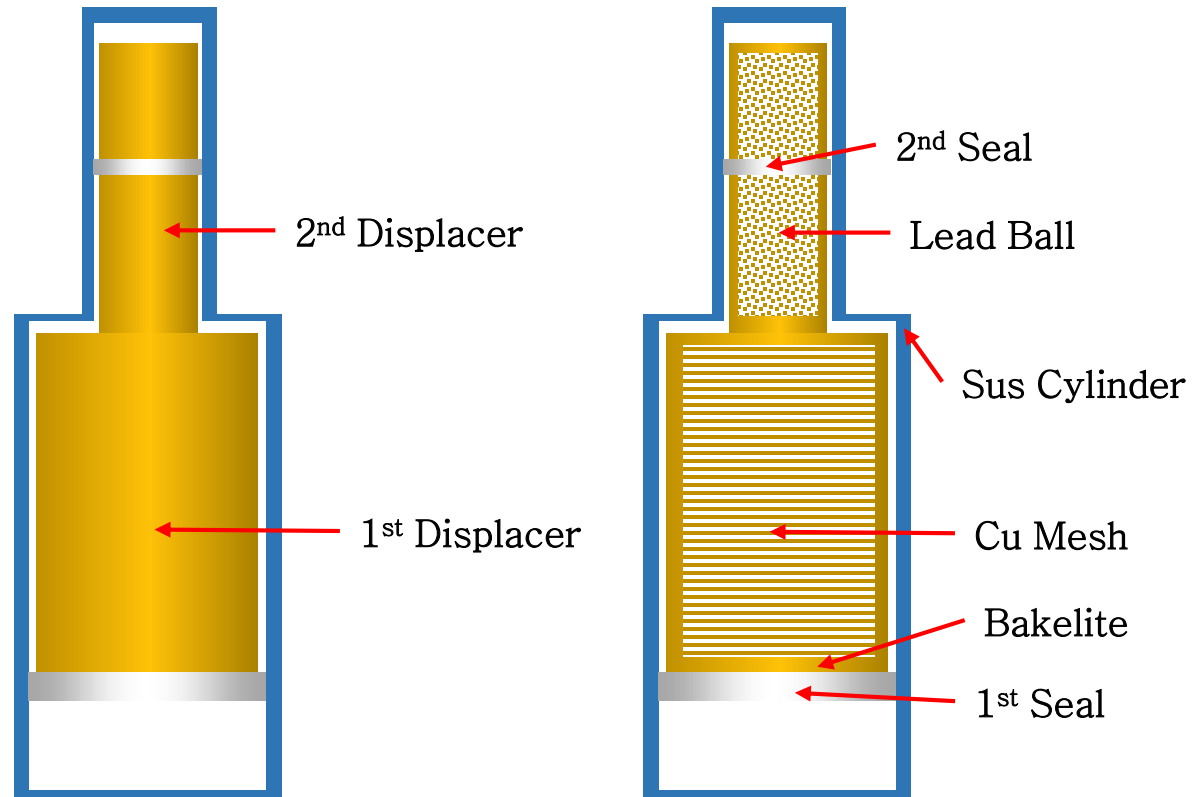
G-M 사이클은 1950년대 말기에 Gifford에 의해 개발된 냉동 사이클이며, DISPLACER 구동 방법에는 **기계적으로 구동하는 방법(G-M사이클)**과, **사용가스의 압력차이를 이용해 구동하는 방법(M-Solvay 사이클)**이 있습니다.

G-M사이클은 **효율이 좋기 때문에** 구동 속도를 늦게 할 수 있으며, 또 내부에 사용하고 있는 **SEAL에 걸리는 부하도 적기 때문에 고성능으로 신뢰성이 높은 냉동 사이클**입니다.

알박크라이오에서는 기계적으로 DISPLACER를 구동하는 방법을 사용합니다. (G-M사이클)



G-M 사이클



## 2<sup>nd</sup> Displacer

Cu Mesh 축냉제

Bakelite 케이스

1<sup>st</sup> Displacer에서 냉각된 He Gas  
가 공급되어 2<sup>nd</sup> Displacer의  
온도는 더욱 낮아짐

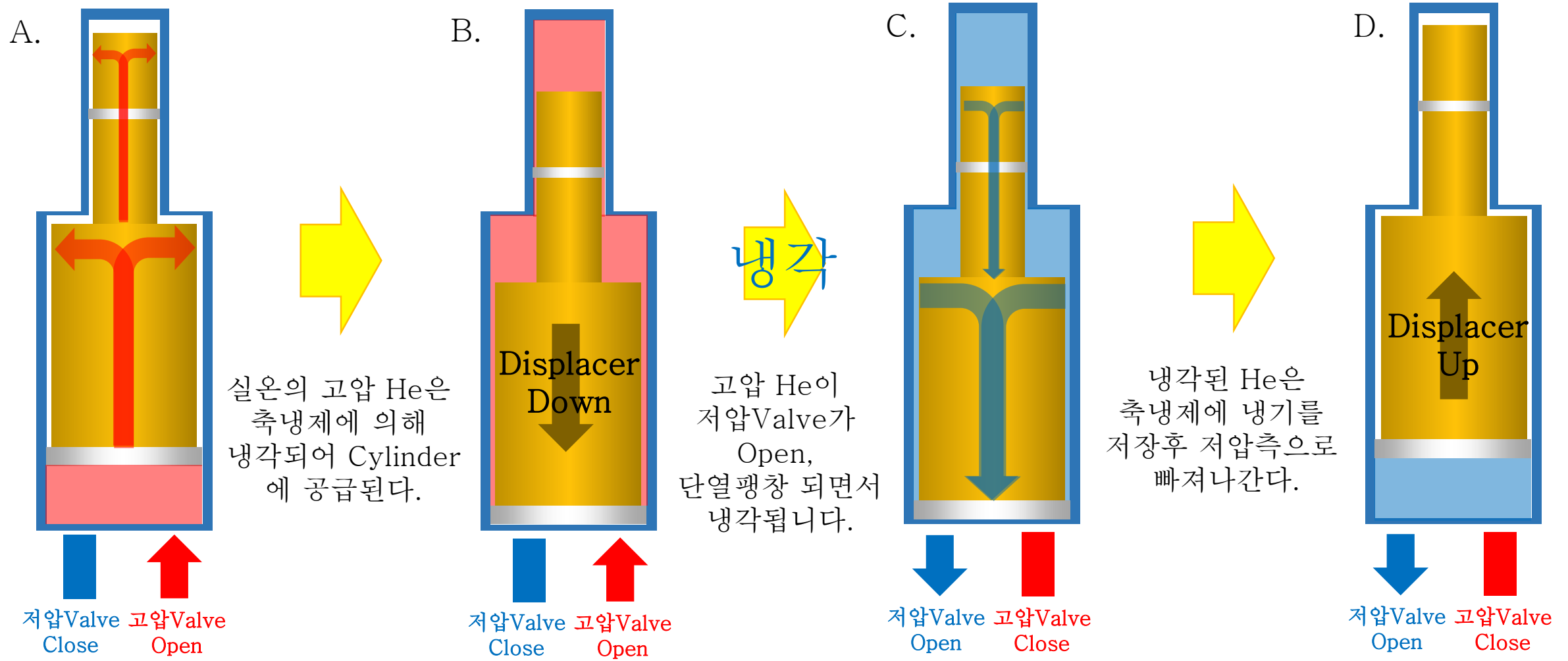
## 1<sup>st</sup> Displacer

Lead Ball 축냉제

Bakelite 케이스

실온의 고압 He Gas가 공급됩니다.





헬륨 컴프레서는 크라이오 펌프에 **고압의 헬륨가스를 공급**해 주는 장치입니다.

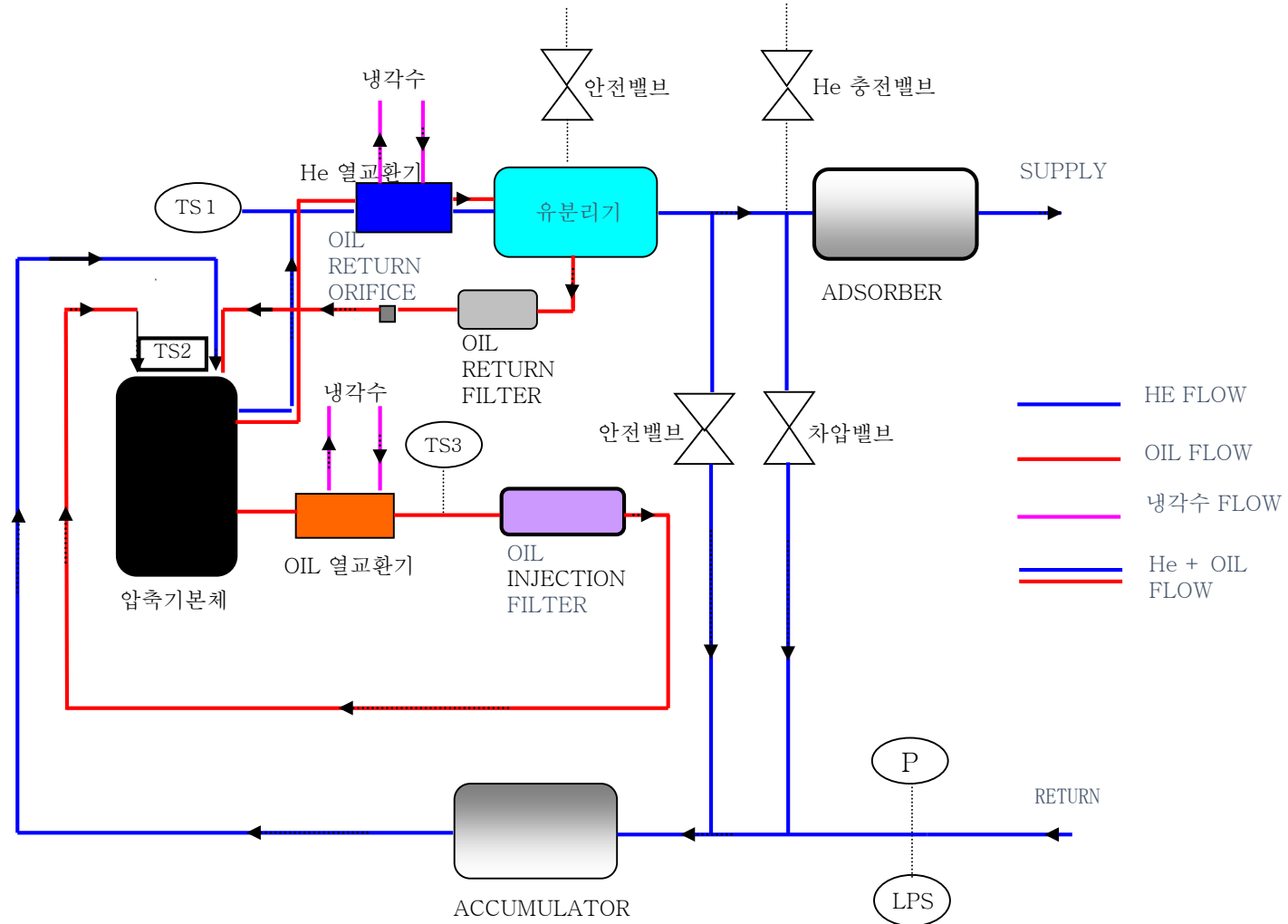
헬륨 가스를 고압으로 압축하게 되면 **열이 발생**하는데 **오일을 순환시켜 냉각** 시킵니다.

또한 압축된 헬륨 가스에 오일이 섞이게 되는데 **오일 분리기**를 통해 헬륨가스만 분리하여 **어드소버를 통해 정제**하여 **고순도 헬륨가스로** 크라이오 펌프의 냉동기에 공급하게 됩니다.

**헬륨 가스 순도 99.999%이상**



# He Compressor 구조





스크롤 압축기는 두 개의 맞물린  
스크롤 부품이 선회 운동을 하면서  
압축하는 용적형 압축기입니다.

- 스크롤 압축기의 장점

- 1.저진동

Rotary 방식 대비 1/10 수준

- 2.저소음

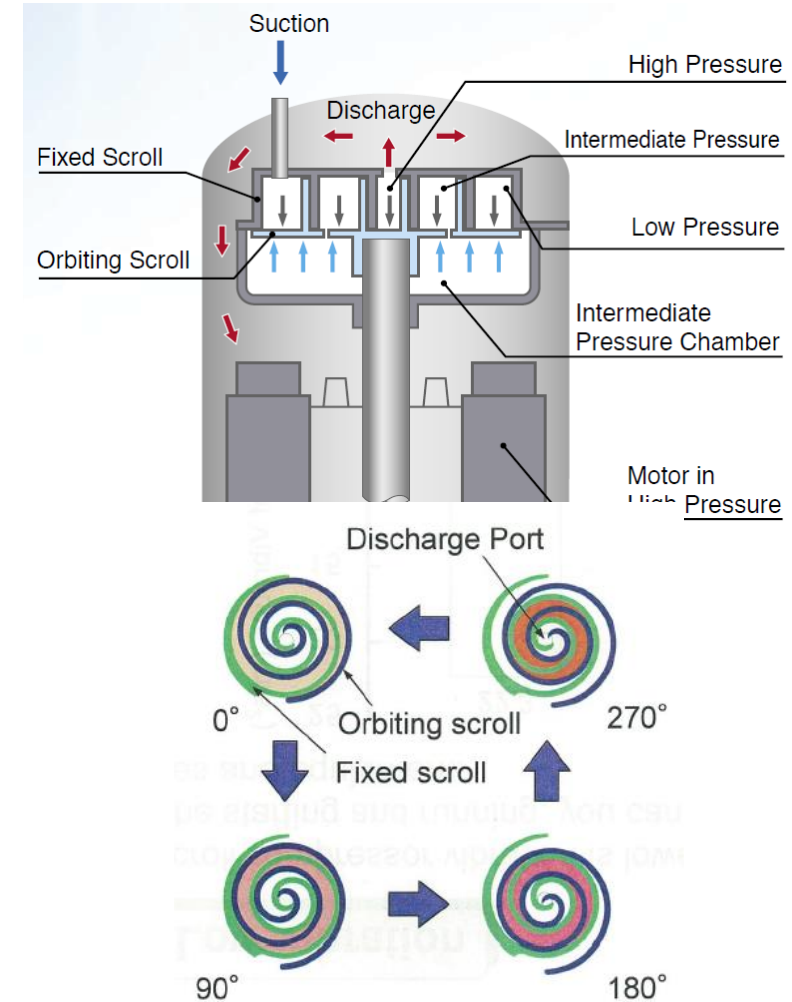
200~500Hz 저주파수 영역 1/2 수준

- 3.긴 수명(고신뢰성)

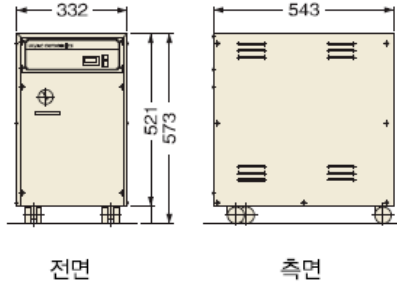
- 4.Torque 변동이 적다.

- 5.압축실 간의 작동 가스 누설이 적어 효율적임.

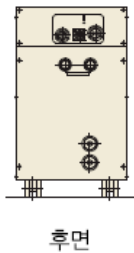
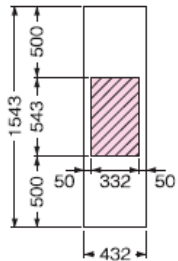
- 6.흡입 밸브, 토출 밸브가 없어 고장률이 적음.



## C10



### MAINTENANCE

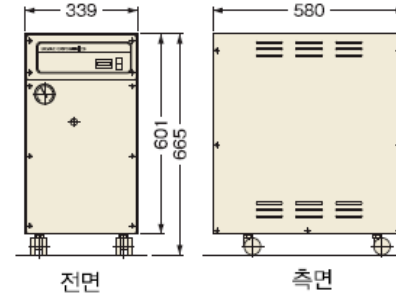


### 사 양

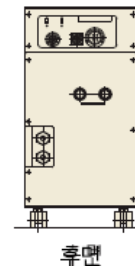
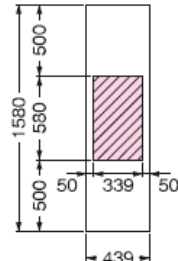
전원 (ACV×φ×Hz)	200×3×50 220×3×60
전력 (kW) (50/60Hz)	1.5 / 1.7
냉각방식 수온(L/min) (20℃)	2.0
중량 (Kg)	75
ADSORBER 교환시기(시간)	24,000

※ 냉각수 출입구 Rc 3/8

## C15R



### MAINTENANCE

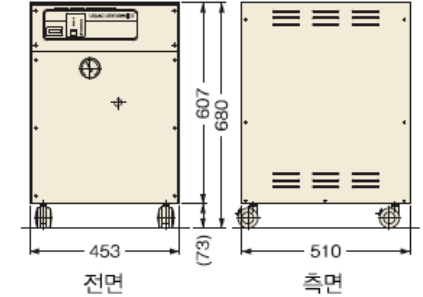


### 사 양

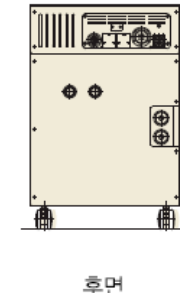
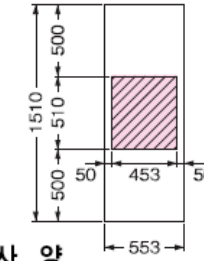
전원 (ACV×φ×Hz)	200×3×50 220×3×60
전력 (kW) (50/60Hz)	3.5 / 4.1
냉각방식 수온(L/min) (20℃)	3.5
중량 (Kg)	100
ADSORBER 교환시기(시간)	30,000

※ 냉각수 출입구 Rc 3/8

## C30VR/C30MVR/C30MVER/C30PVRT



### MAINTENANCE



### 사 양

기 종	C30VR	C30MVR	C30MVER	C30PVRT
전원 (ACV×φ×Hz)	200×3×50 220×3×60			
전력 (kW) (50/60Hz)	5.0 / 6.0		4.3 / 5.2	5.7 / 7.5
냉각방식 수온(L/min) (20℃)	5.5			
중량 (Kg)	127	131		121
ADSORBER 교환시기(시간)	24,000		30,000	24,000

※ 냉각수 출입구 Rc 3/8 C30MVR, C30MVER는 MULTI 사양입니다.

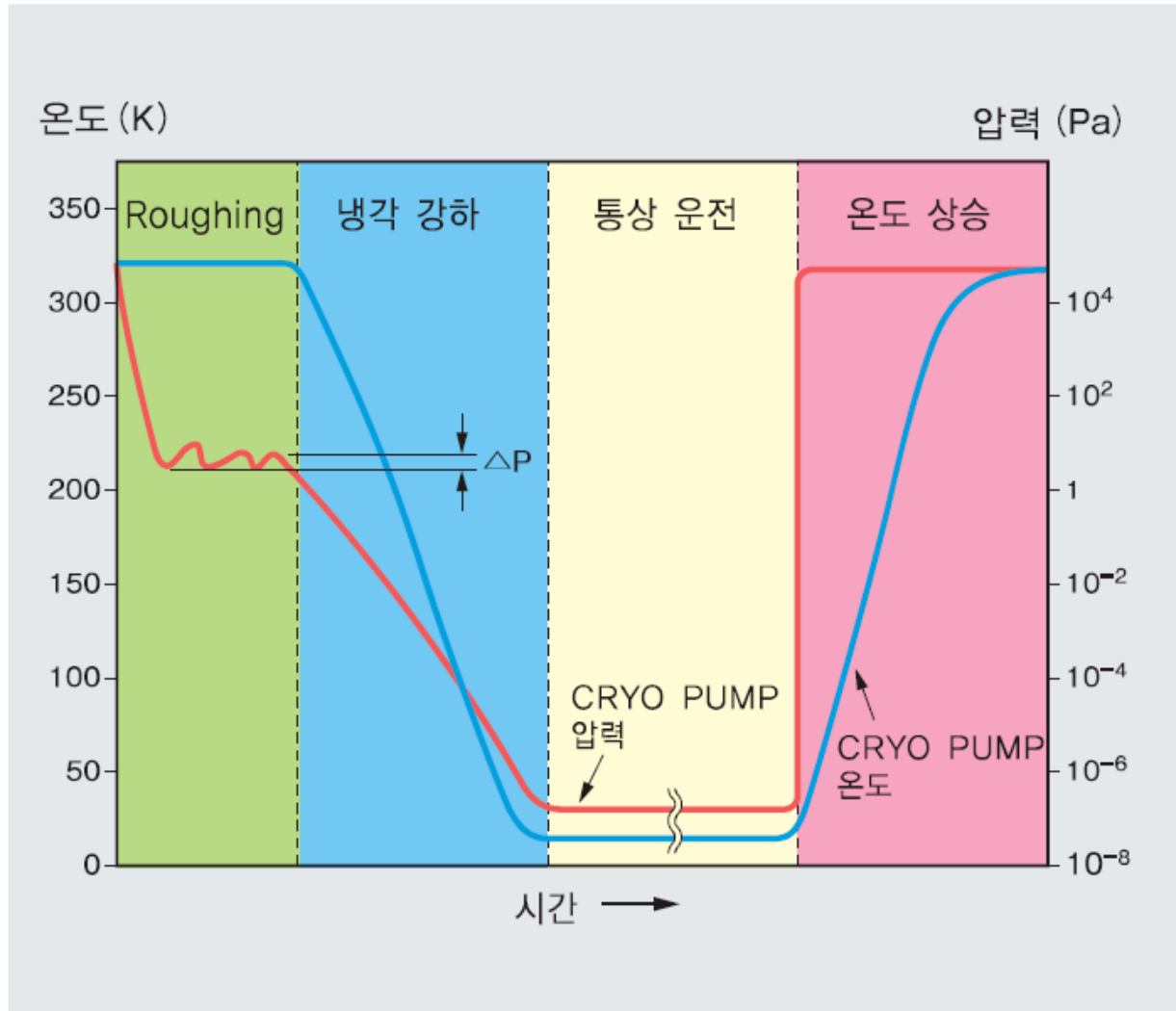
## 1. Cryopump의 Build up test

- 1)저진공 Pump를 기동한 후 Valve(RV1, RV2)를 Open합니다.
- 2)Cryopump 내의 압력이 40Pa에 이르면 Roughing Valve(RV2)를 닫아 Leak 유무를 확인하기 위해 Pump 내의 압력 상승을 Check합니다.
- 3)5분 경과 후 상승 진공도가 6.5Pa이하 일 때 까지 1), 2)의 작업을 반복합니다.
- 4)3)의 조건을 만족한 후에 Roughing Valve (RV1, RV2)를 Close 후 Roughing Pump를 Off합니다.

## 2. Cryopump의 운전 개시

- 1)Compressor Unit을 가동하여 Cryopump를 기동합니다.
- 2)Cryopump의 2단 온도가 20K이하, 1단 온도가 130K이하가 되면 냉각 완료입니다.

### ■ 운전 CYCLE에



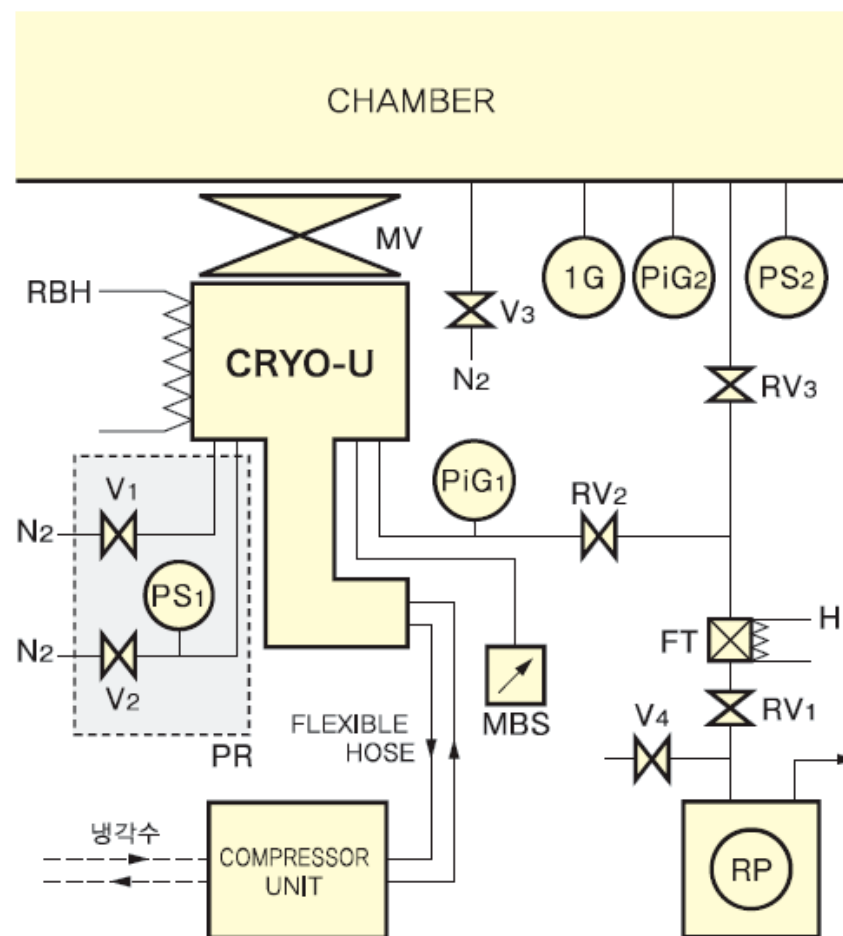
## 1. 진공 Chamber의 Roughing pumping

- 1)저진공 Pump를 기동한 후 Valve(RV1, RV3)를 Open하여 진공 Chamber내의 진공도가 40Pa까지 배기를 합니다.
- 2)Roughing Valve(RV1, RV3)를 Close 하고 저진공 Pump를 정지합니다.

## 2. 진공 Chamber의 고진공 pumping

- 1)Main Valve(MV)를 Open하여 Chamber를 고진공 배기를 실시합니다.
- 2)목표 진공도에 도달하면 해당 프로세스를 실시합니다.

CRYO PUMP의 SYSTEM 계통예



MV : MAIN VALVE

RV1, RV2, RV3 : Roughing VALVE

V1 : N2 도입 VALVE

V2 : N2 방출 VALVE

V3 : Gas 흡입 VALVE

V4 : Gas 흡입 VALVE

FT : Foreline Trap

H : HEATER

PR : 재생 가스 배관  
PR Unit(option)

RBH : BAND HEATER  
(Option)

PiG : Pirani Gauge

IG : 전리 진공 Gauge

PS : 대기압 확인기

RP : 저진공 PUMP

MBS : CRYO 온도계



## 재생(Regeneration)

재생이란 Cryopump 내에 응축 또는 흡착한 기체를 Cryopump 외부로 방출하고, 다시 Cryopump가 배기 가능한 상태로 성능을 회복시키는 조작입니다.

## 재생의 조건

- 1) 2단 온도가 20K 이상 상승한 경우
- 2) 1단 온도가 130K 이상 상승한 경우
- 3) Main Valve를 닫아 5분 후 Cryopump내의 진공도가  $1.3\text{E}-4\text{ Pa}$  이상 상승할 경우
- 4) 주입하는 기체의 양이 배기 용량에 이르렀을 때

## I. Cryopump의 온도 상승 작업

- 1) Main Valve(MV)를 Close 후 Cryopump를 정지합니다.
- 2) 재생용 Band Heater(RBH)를 ON, N<sub>2</sub> 도입 Valve(V1)를 Open, Cryopump내부가 대기압 상태가 되면 N<sub>2</sub> 방출 Valve(V2)를 Open합니다.
- 3) 2단 온도가 280K에 도달하면 N<sub>2</sub> 도입, 방출 Valve를 Close 하면 온도 상승 작업은 완료됩니다.

■ 기본 재생 Flow chart



## II. Cryopump의 Roughing 작업

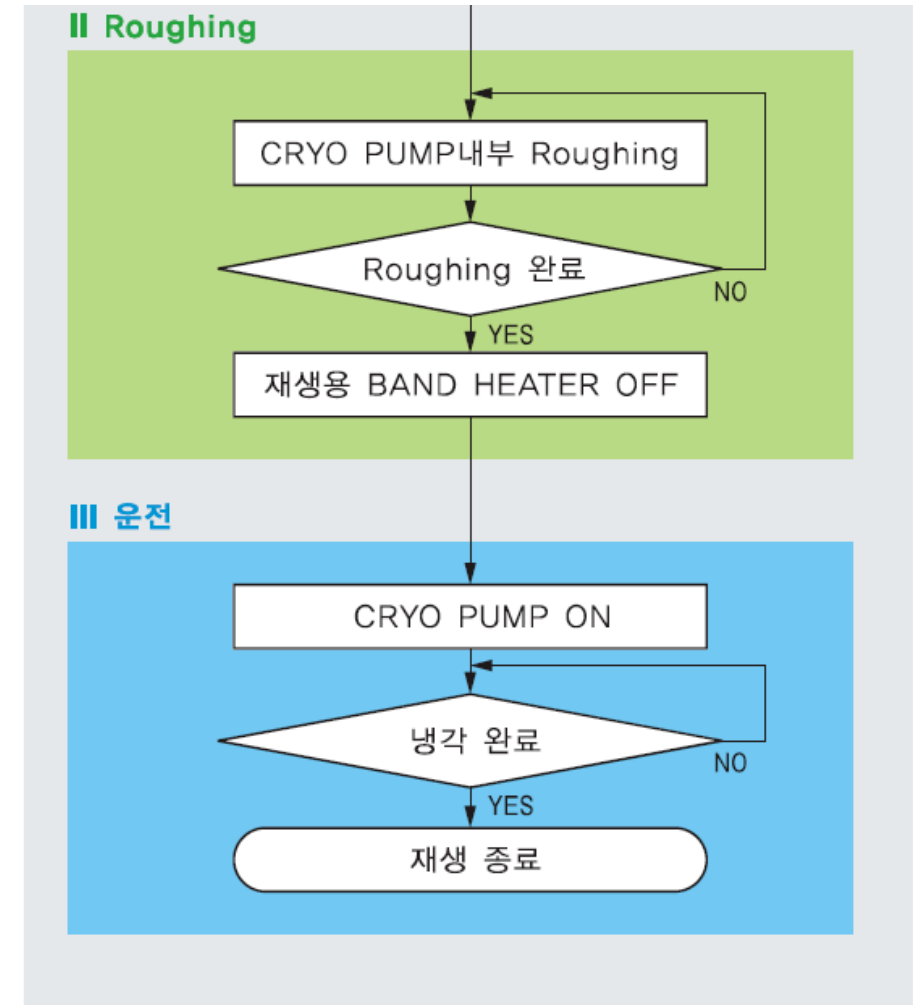
앞서 설명한 방법으로 Cryopump Build up를 합니다.  
상승 진공도가 소정 범위(1.3Pa/min)에 도달하면  
Roughing 완료입니다.

## III. Cryopump의 운전 개시

앞서 설명한 방법으로 Cryopump를 기동합니다.  
2단 온도가 20K이하로 도달하면 냉각 완료입니다.

위와 같은 방법이 Cryopump의 기본적인 운전 Cycle과  
재생 방법입니다.

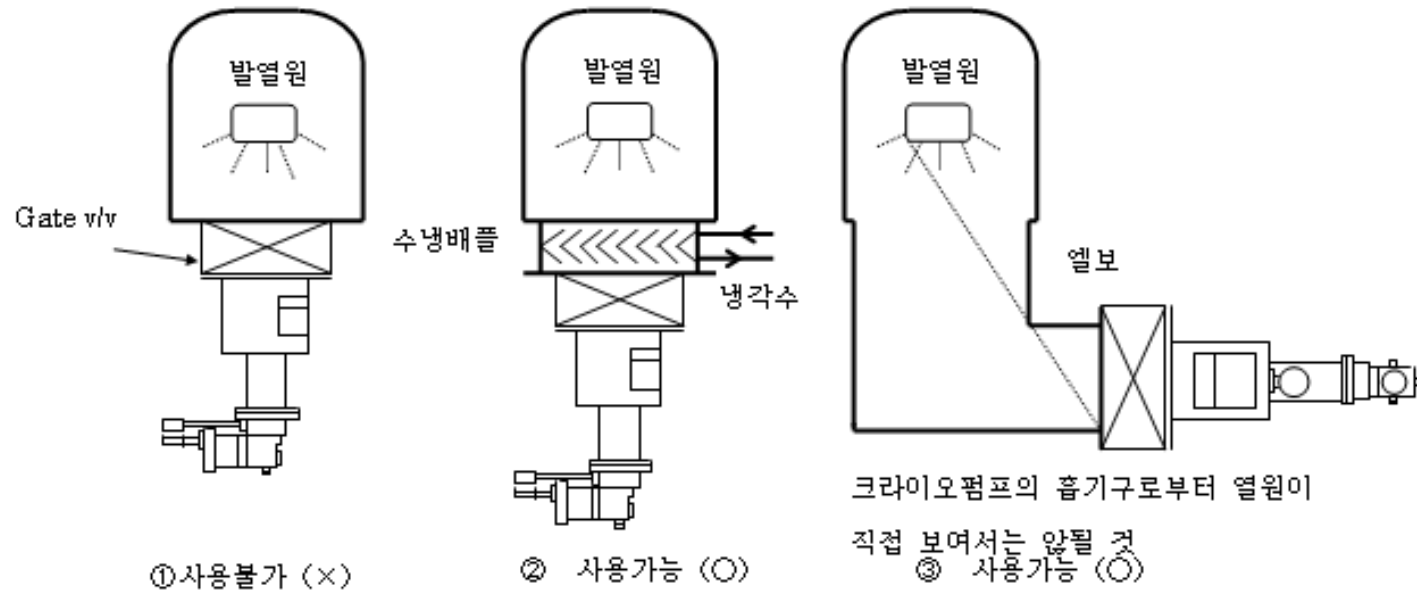
재생을 자동으로 실시하는 Controller와 그 외의  
내부Heater 등 Option을 조합하면 보다 빠른 재생을  
단시간에 실시 할 수 있습니다.



CHAMBER에서 발생하는 열량이 CRYO PUMP의 냉각 능력보다 크게 되면 냉각불량의 원인이 되어 배기능력을 상실하게 됩니다.

열원이 있는 경우의 설치 예로 ①는 복사열이 직접 입사되기 때문에 사용이 불가능합니다.

②, ③은 사용이 가능하지만 열원의 온도가 높을 경우 반사되어 입사하는 복사량도 계산해 둘 필요가 있습니다.



## Cross Over(교차 압력)이란

크라이오펌프의 Main Valve를 Open 가능한 진공Chamber  
내의 진공도(초기배기압력)입니다.

$$\text{최대허용교차압력 } P_{\max}(\text{Pa}) \leq \frac{\text{최대가스흡입량 } PV_{\max}(\text{Pa} \cdot \text{L})}{\text{Chamber Volum } V(\text{L})}$$

예) Chamber Volum 100L에 U8H 크라이오펌프 1대를  
장착한 경우 Cross Over는?

$$P_{\max} = 20,000(\text{Pa} \cdot \text{L}) / 100(\text{L}) = \mathbf{200 \text{ Pa}}$$

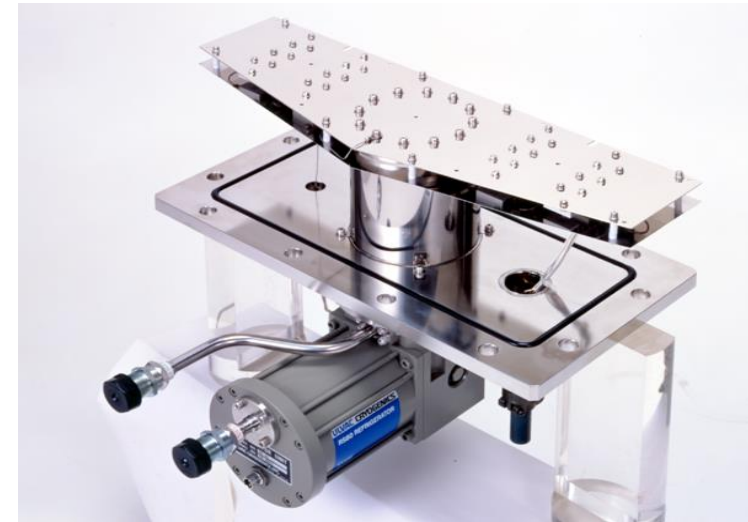
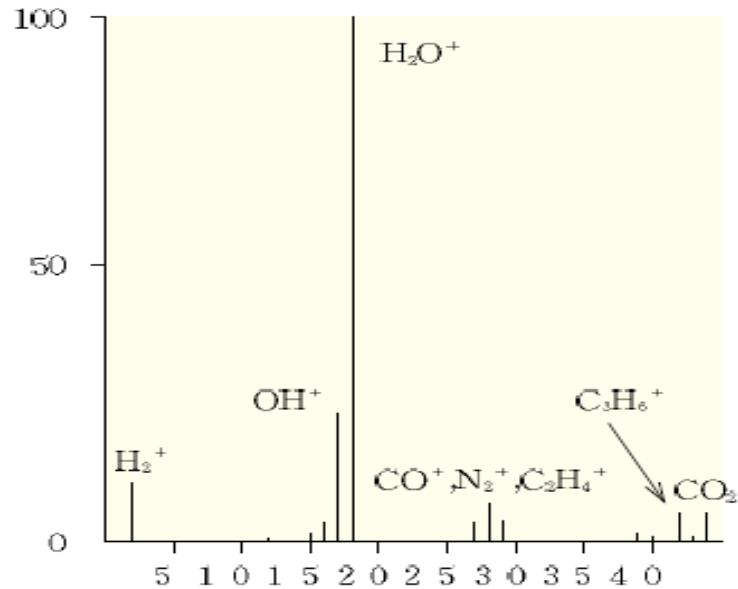
크라이오 펌프의 최대 가스 흡입량(공기 기준)

Model	최대 가스 흡입량(Pa·L) 20K를 넘지 않는 한계량
U6H	13,300
U8H	20,000
U10H	26,600
U12H	40,000
U16P	53,200
U20P	66,500
U22H	133,000
U30H	200,000

Load Lock Chamber에 크라이오펌프를 탑재하여 Cross Over를 계산한 후 운용하면 진공 배기 시간  
을 단축 시킬 수 있습니다.



장치 내에 잔류하고 있는 분자는 주로 **수분(H<sub>2</sub>O)**입니다.



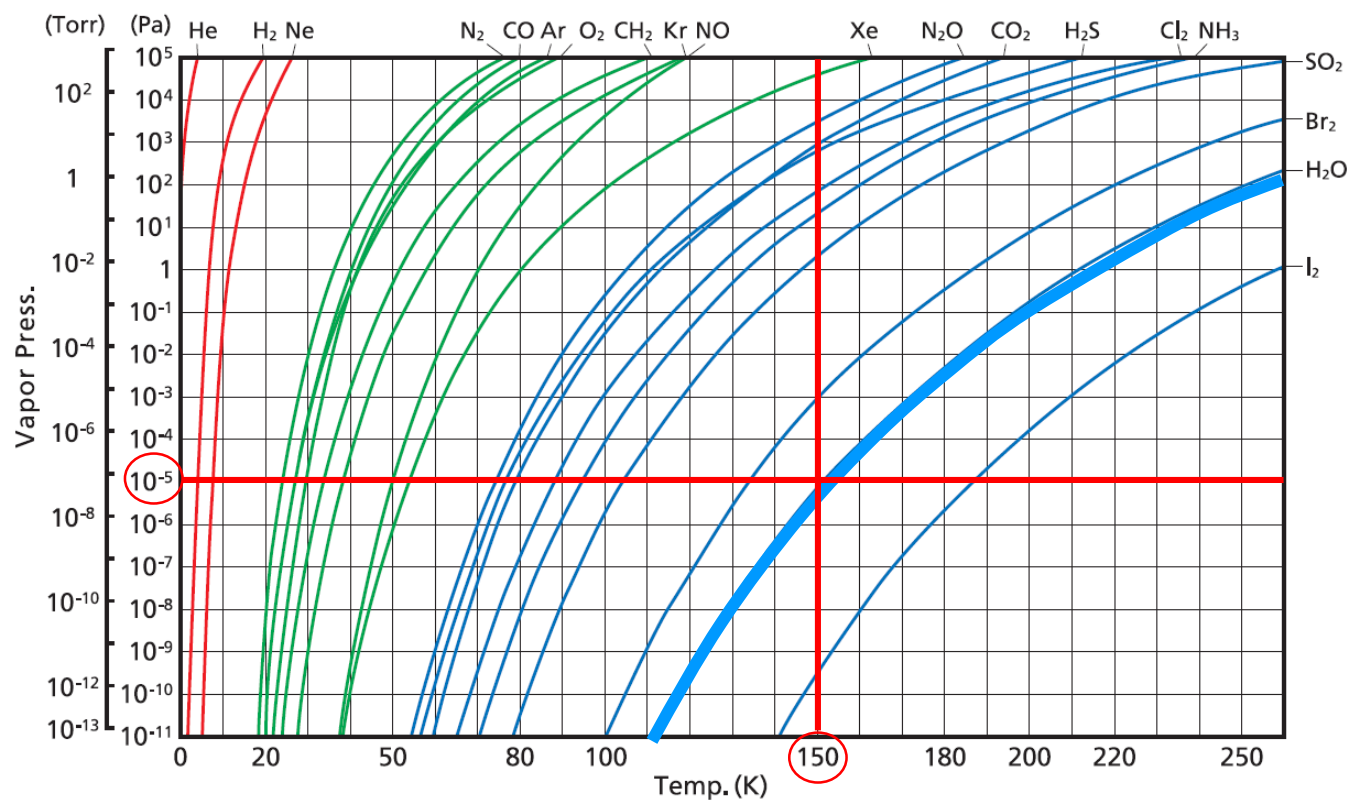
CRYO-TRAP은 **빠른 속도로 수분을 배기** 시켜 도달 압력까지의 **소요시간을 단축**시킵니다.

기체 분자를 극저온면(130K)에 응축시켜 배기하는 보조 펌프

기체가 차가운 표면에 응축하는 원리로 자유 운동으로 날아 온 수분 분자를 극저온면에 응축하여 수분 분자를 배기합니다.

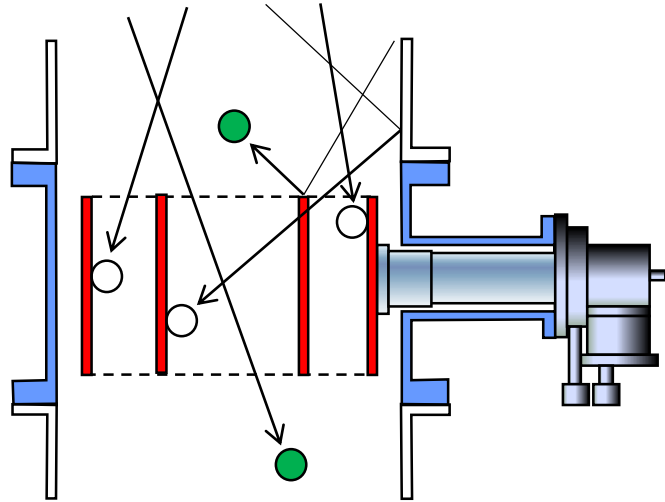


TRAP에 수분이 응축되어 있는 사진

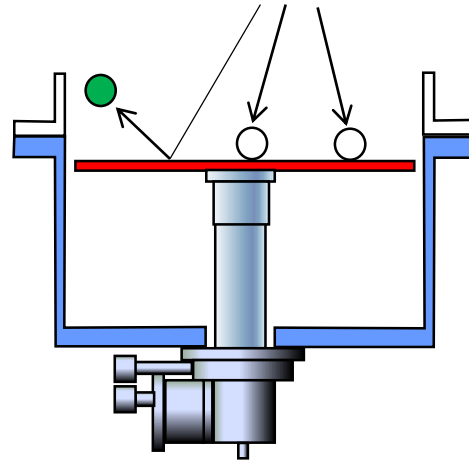


평행증기압곡선

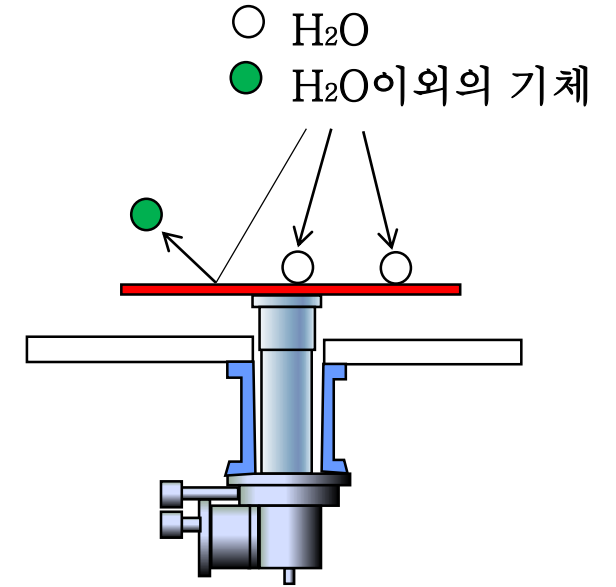
- 수분에 대해서 **최대의 배기능력을** 가진다.
- 사용가능 압력범위가 **10Pa~10<sup>-8</sup>Pa**로 넓다.
- 소형에서 대형까지의 제작이 가능.
- **고객의 요구사항에 맞춰 설계 제작 가능.**
- 지구에 **친환경적인 He가스를 냉매로** 사용.
- Multi 운전이 가능 (장치내 열원에 따라 불가능 할 수도 있음)  
한대의 Compressor로 4~6인치 5대, 8인치 3대, 10~12인치  
2대 운용 가능 → **투자 비용 절감**



통과형



Close형

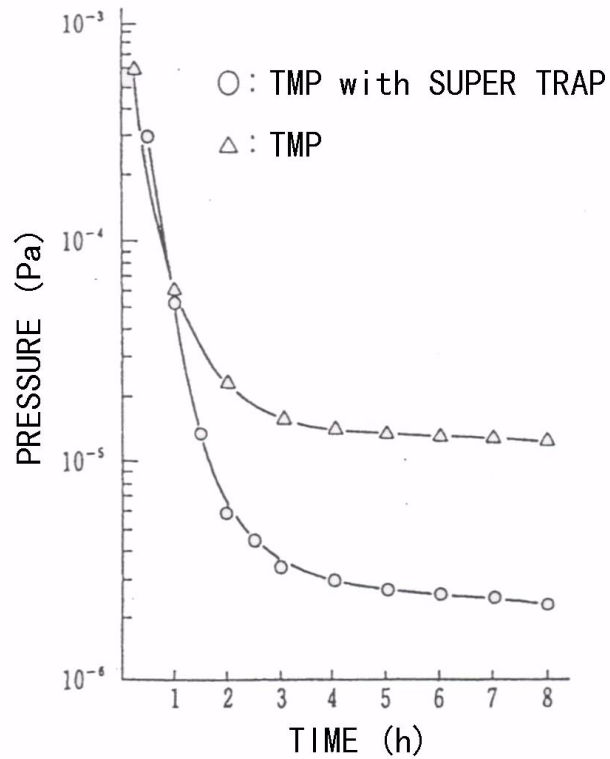


Nude형

- 80K CRYO PANEL의 디자인은 각 장치의 구조 및 설치 위치에 따라 설계하여 고객의 요구에 적극 대응합니다.
- 장치의 열부하에 따라 적합한 냉동기의 시스템을 선택한다.  
RMS10T, RMS50T, RMS80T, RMS150T

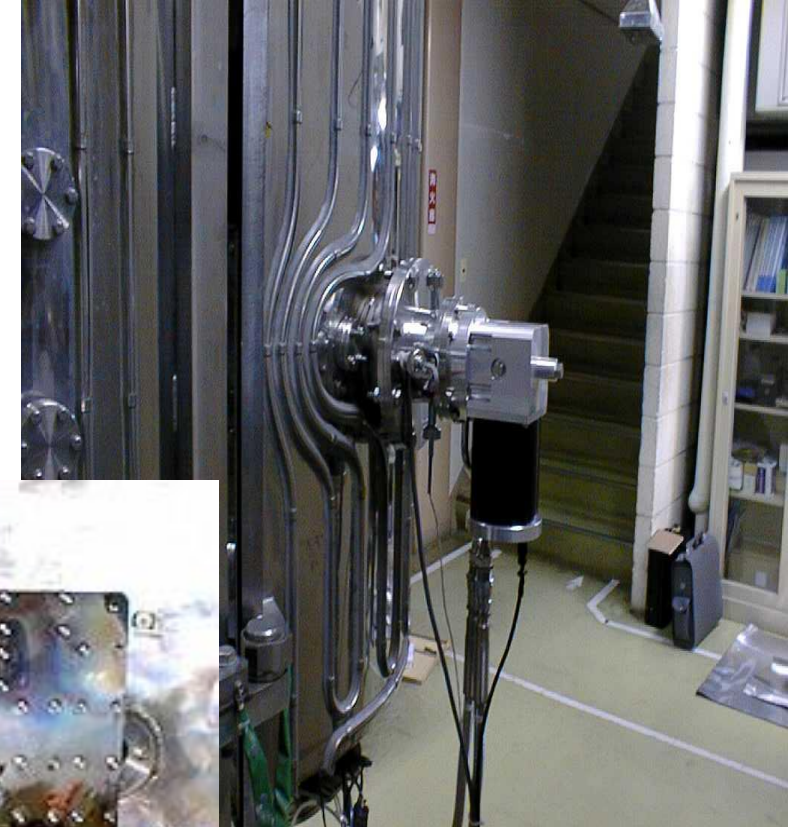
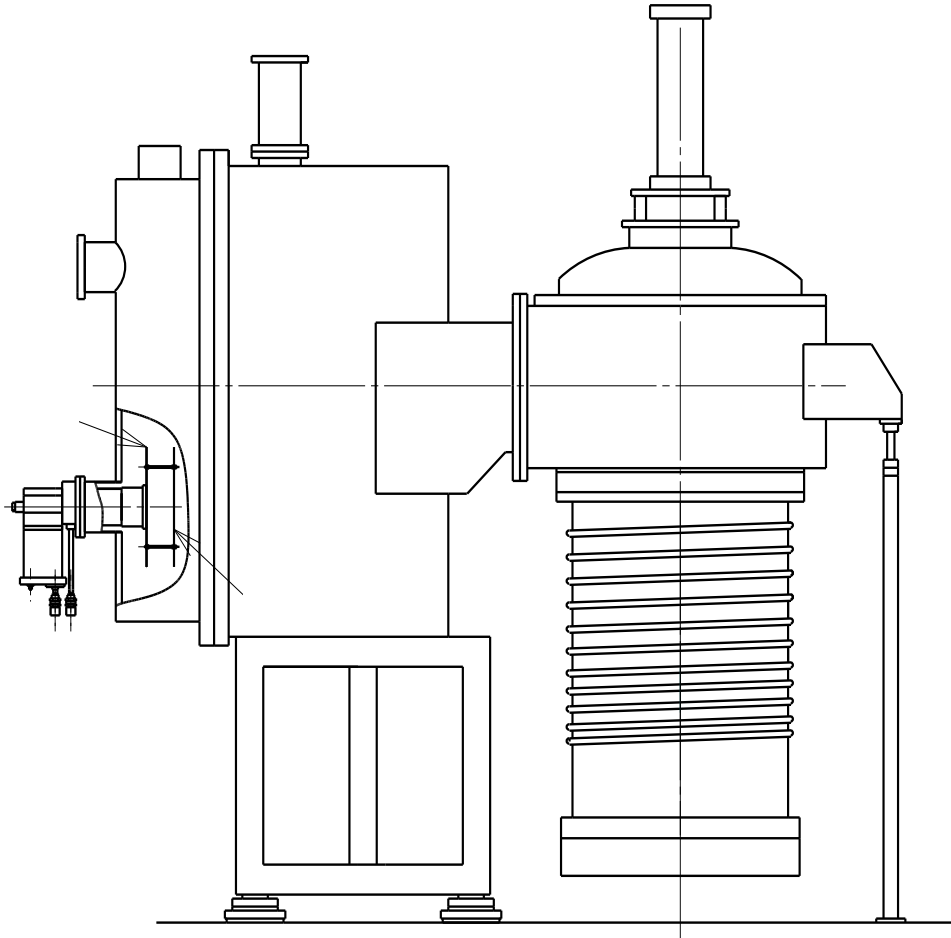


## 터보분자 펌프와 조합에 의한 성능향상의 예

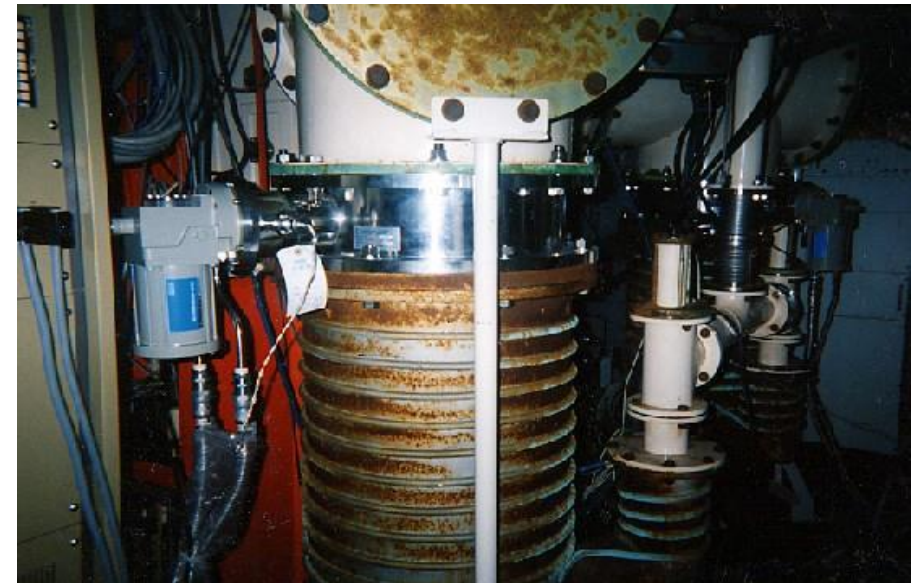
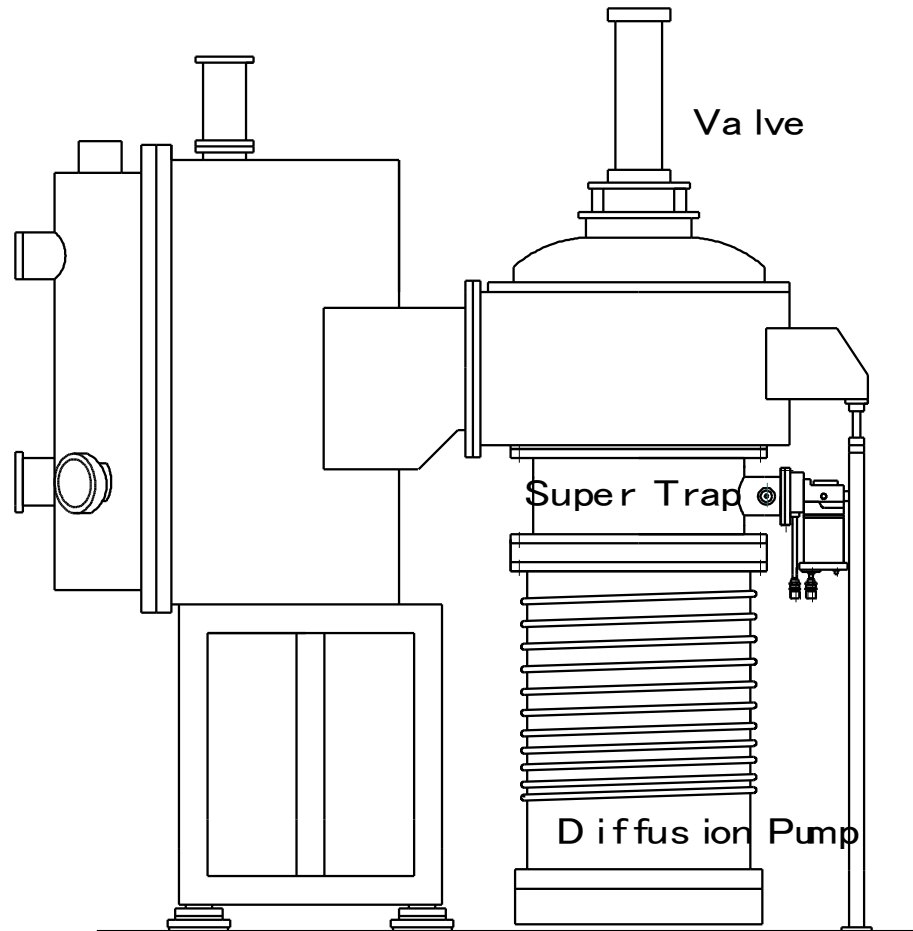


ULVAC SPUTTER 장치 탑재

## 확산 펌프 시스템에 개조

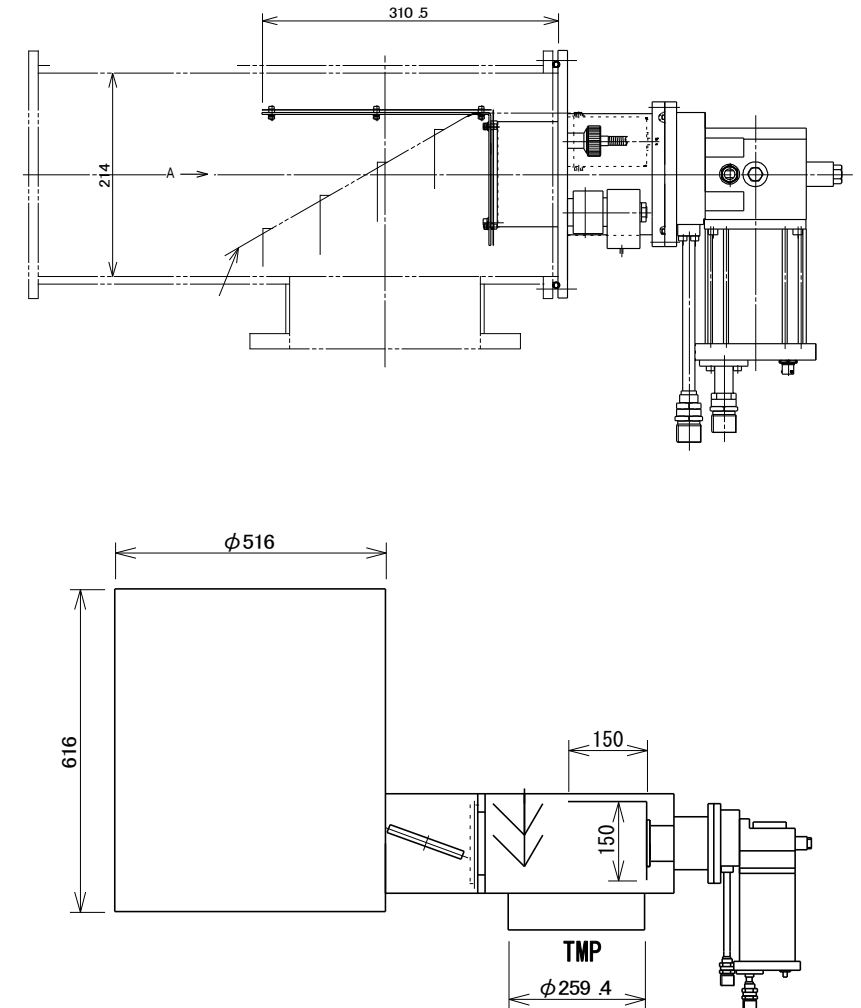
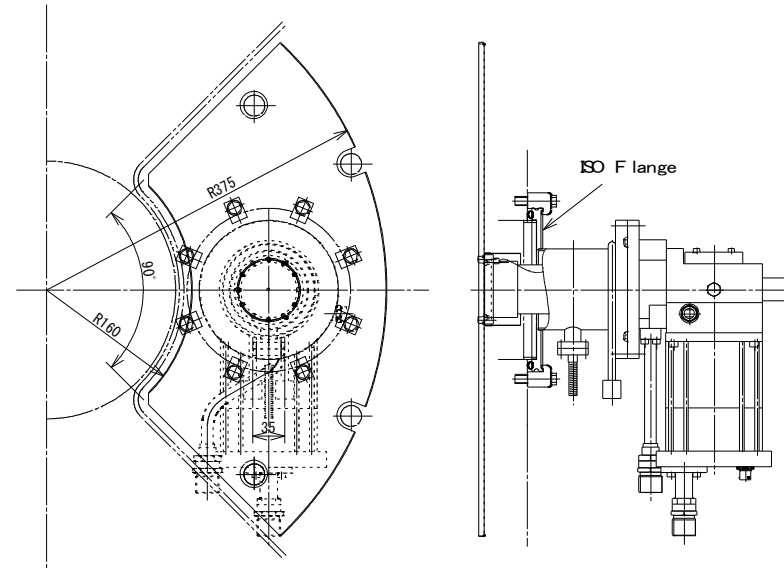
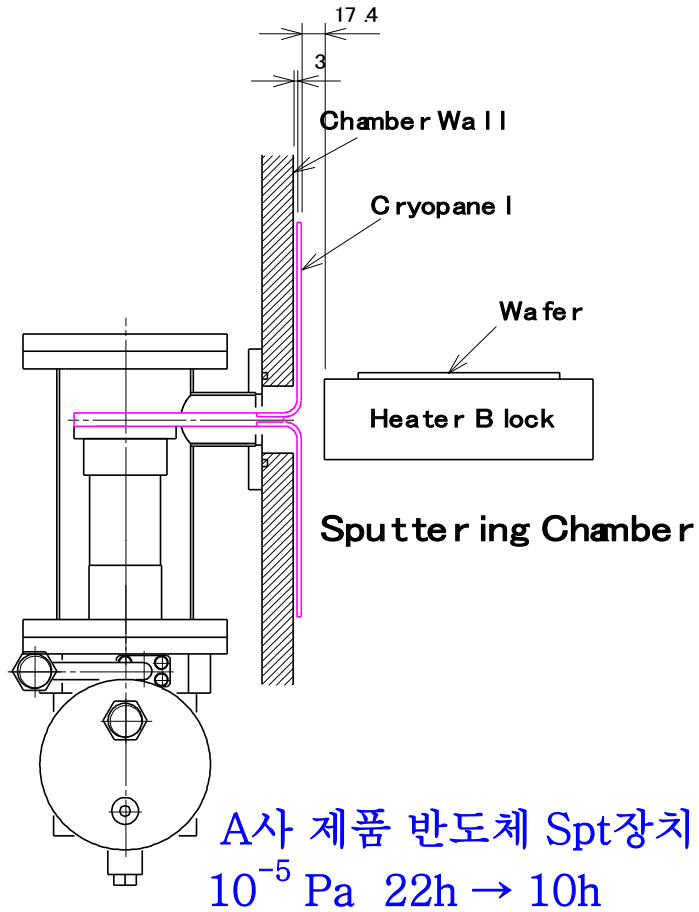


## 확산 펌프 시스템에 개조



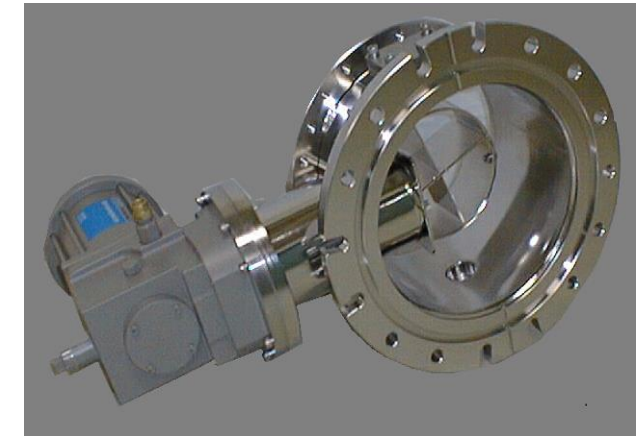
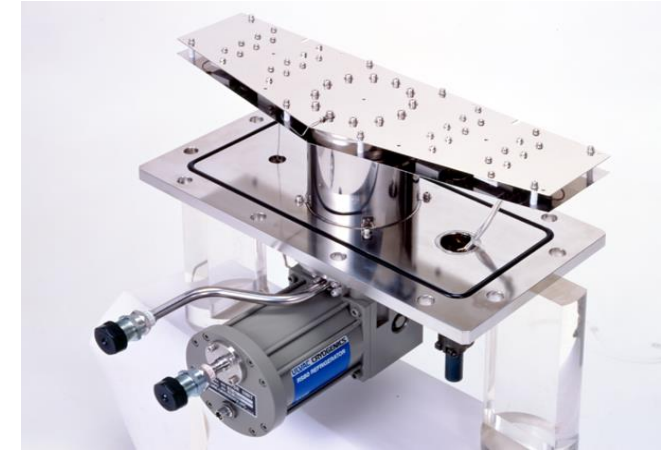
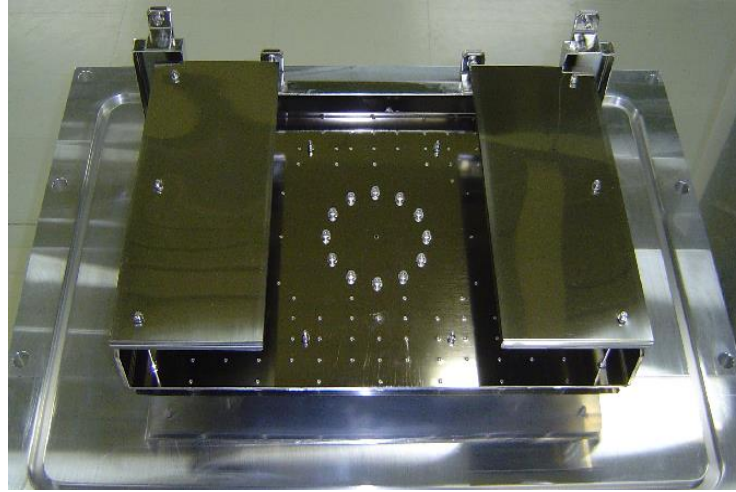


# SUPER TRAP의 적용 예





# SUPER TRAP 참고 사진



경청해 주셔서 감사합니다.