

Cold UHV pipe for the GBAR antiproton trap

Seoul National University

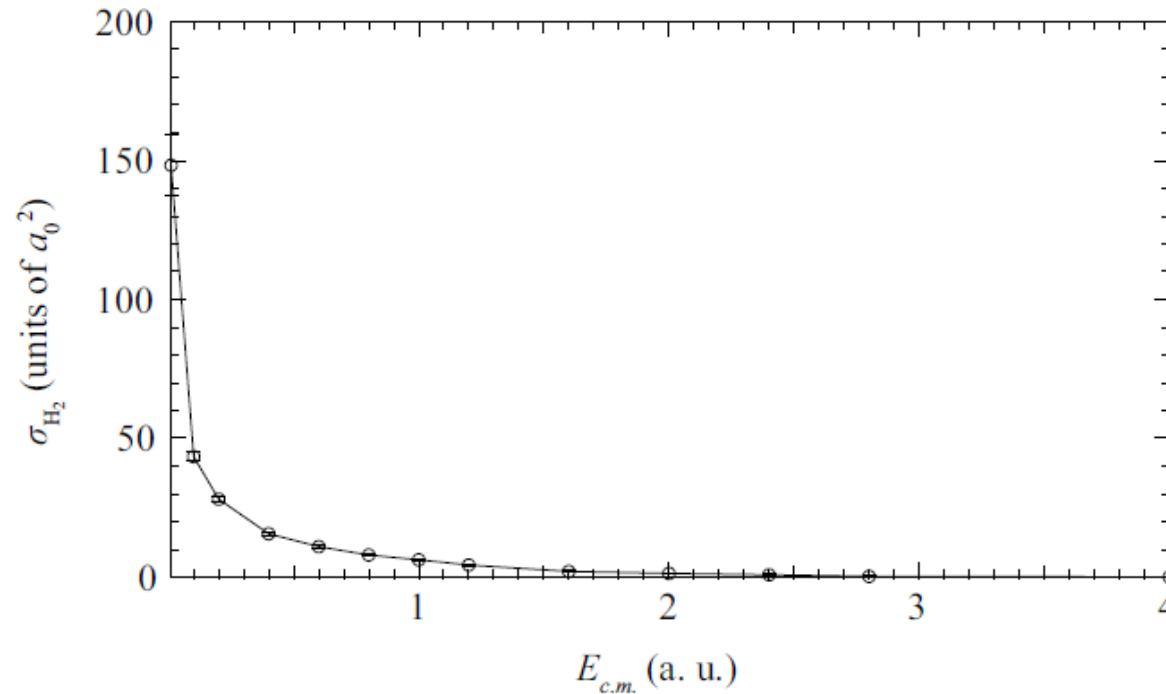
14.Jan.2019

- Why UHV is needed
- Reference Research
- Multi-Ring Electrodes(MRE)
- Cold UHV pipe for the GBAR antiproton trap drawing
- UHV pipe cooling system & Heat Loading
- Vacuum Test in room temperature
- Vacuum Control System

Why UHV is needed

Collision frequency : $\nu_{H_2} = \sigma_{H_2} v n (/s)$

Cross section of hydrogen molecule and antiproton :



$$a_0^2 = 2.5 \times 10^{-21} (m^2)$$

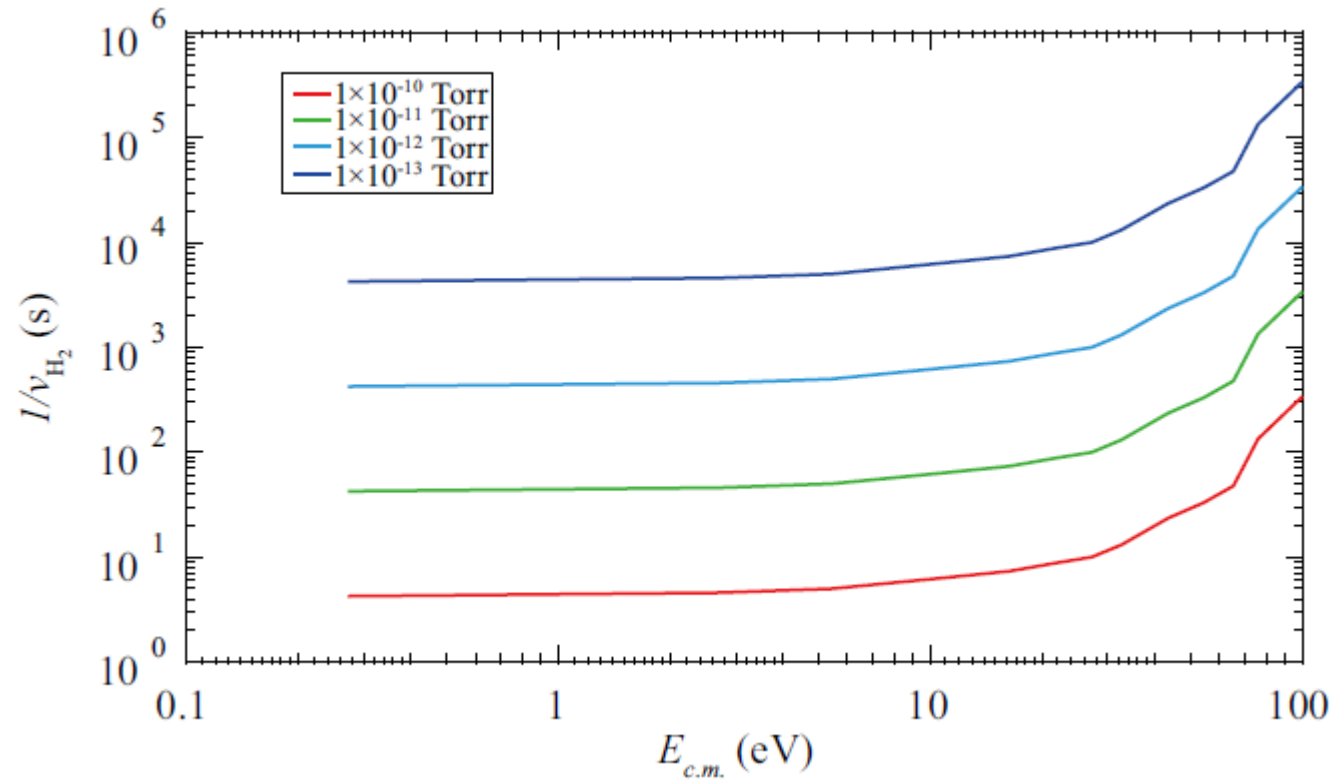
$$\text{a. u.} = 931.494 (MeV/c^2)$$

J.S. Cohen. Molecular effects on antiproton capture by H_2 and the states of $p\bar{p}$ formed.

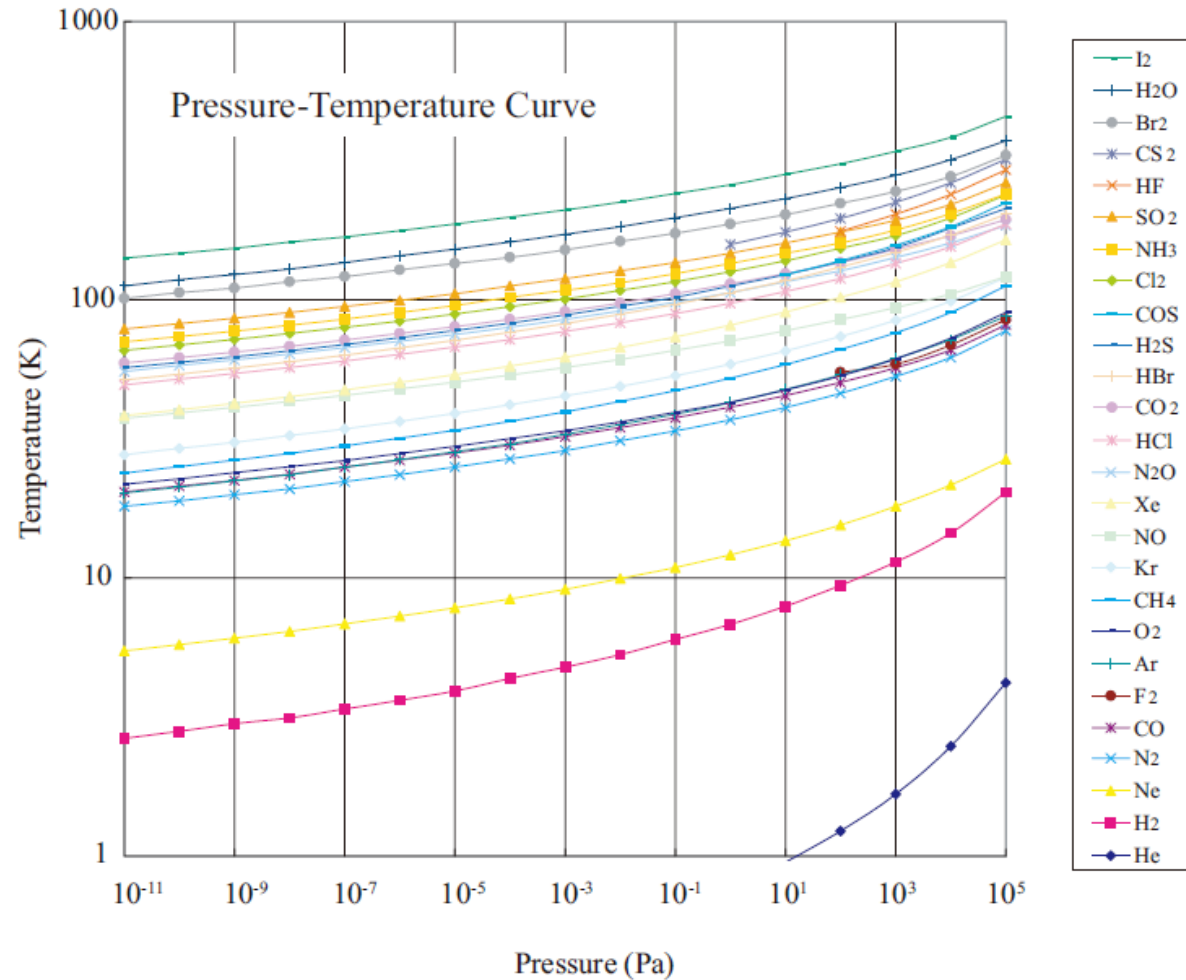
Physical Review A, 56(5):3583, 1997.

Number density of the hydrogen molecules : $n = N/V = P/kT$

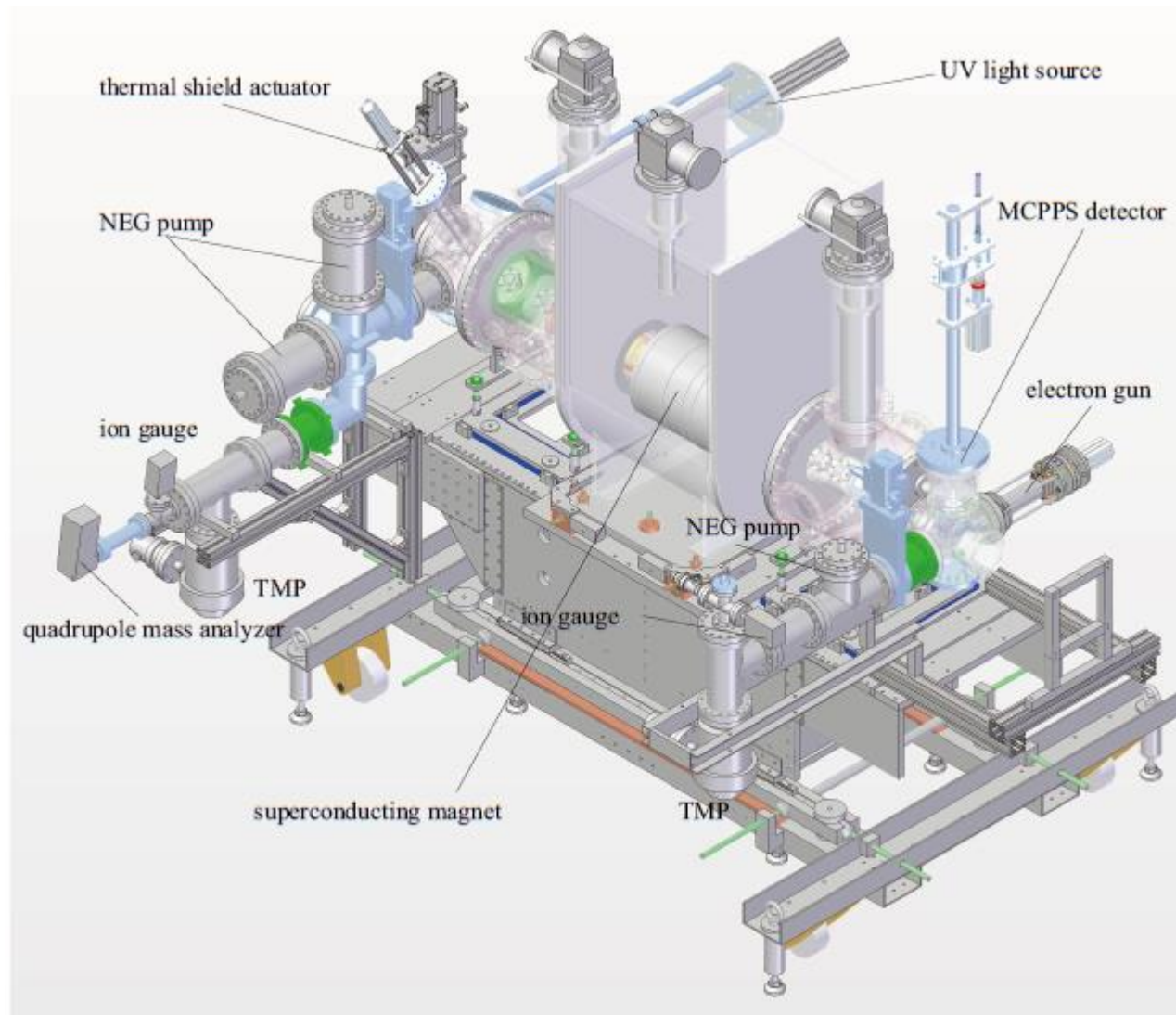
Mean free time($1/v_{H_2}$) of antiproton for several different hydrogen pressures



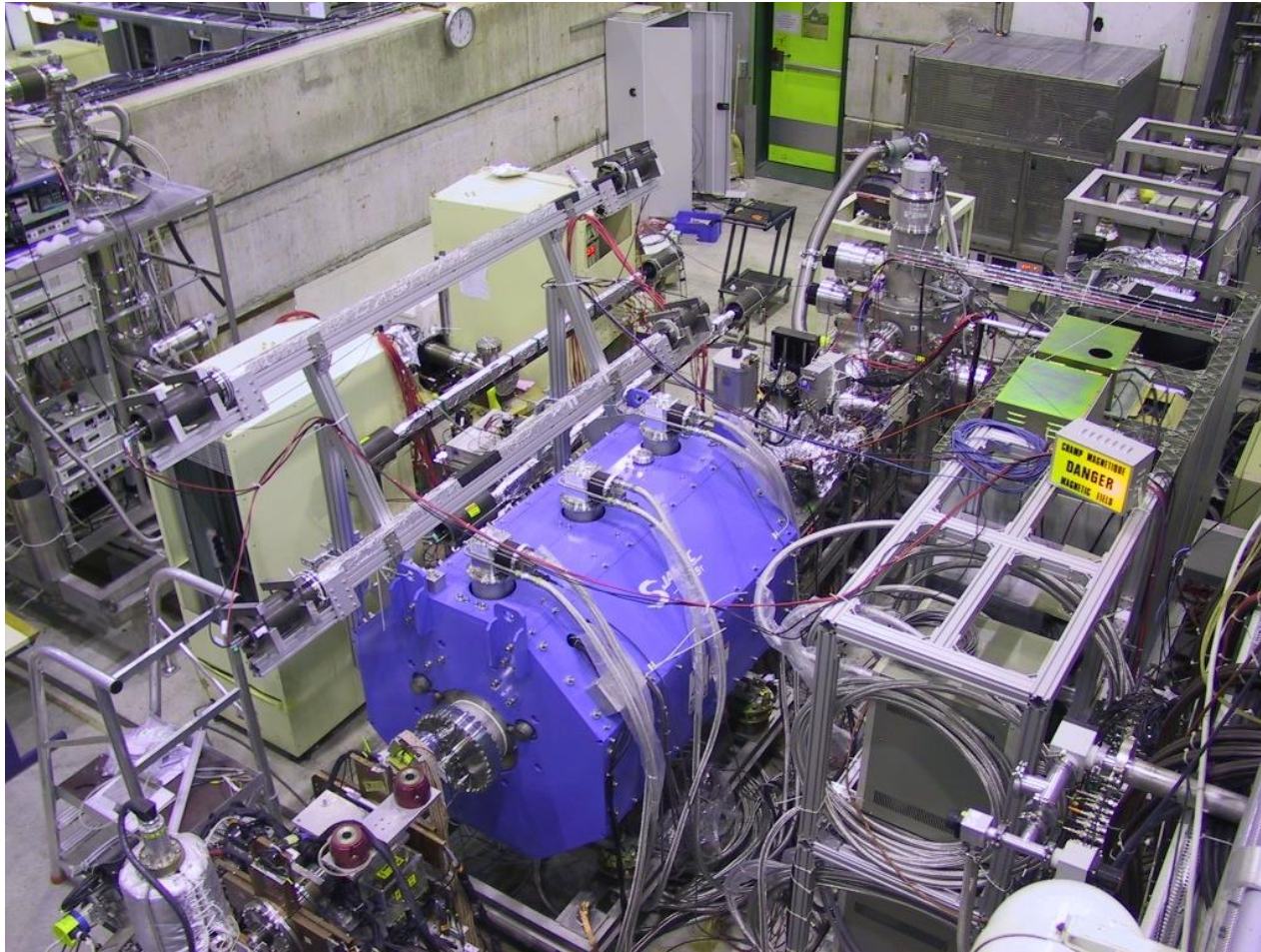
The vapor pressure of most of the gases can be reduced by cooling the apparatus down to about 10K



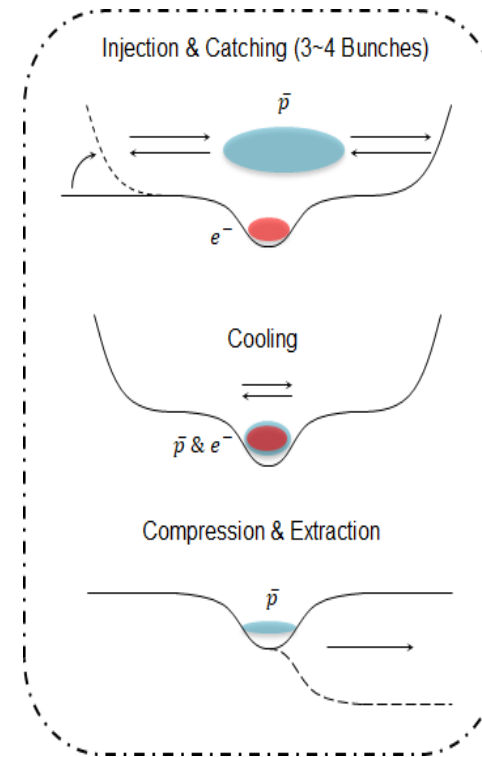
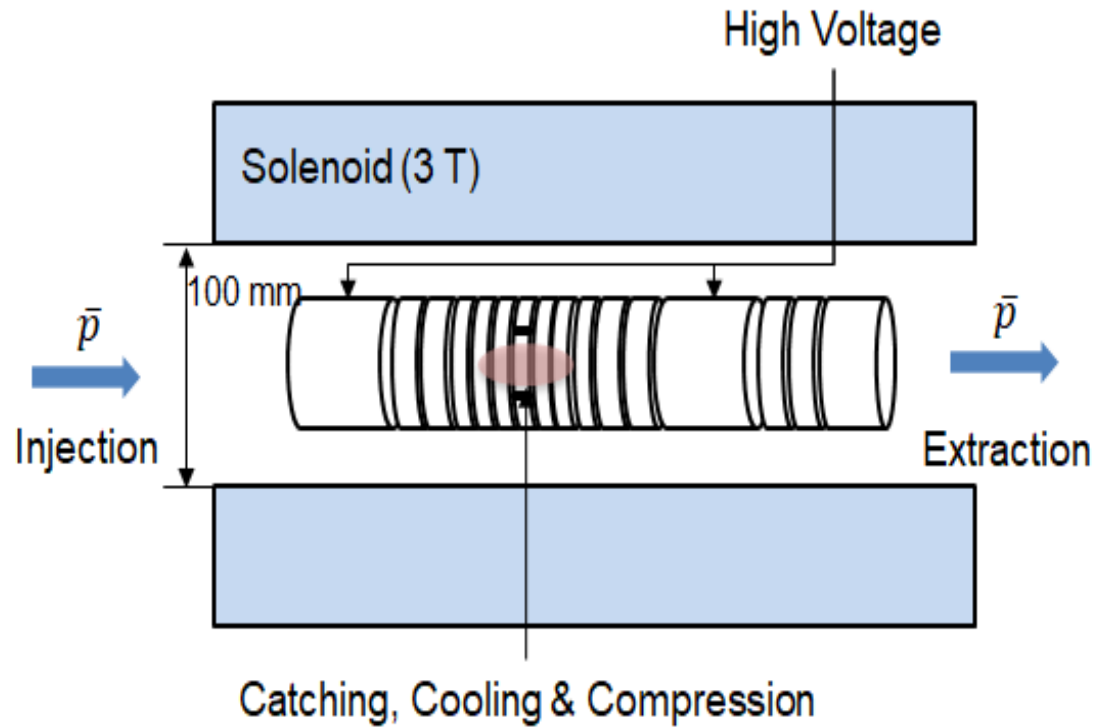
Reference Research 1 - Cusp Trap



Reference Research 2 - Musashi Trap

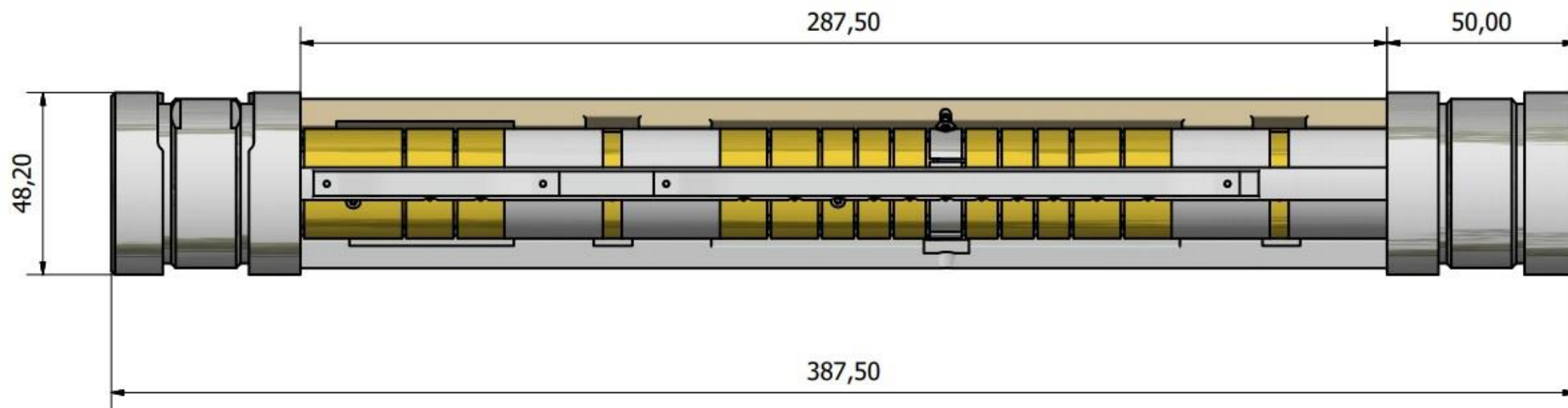
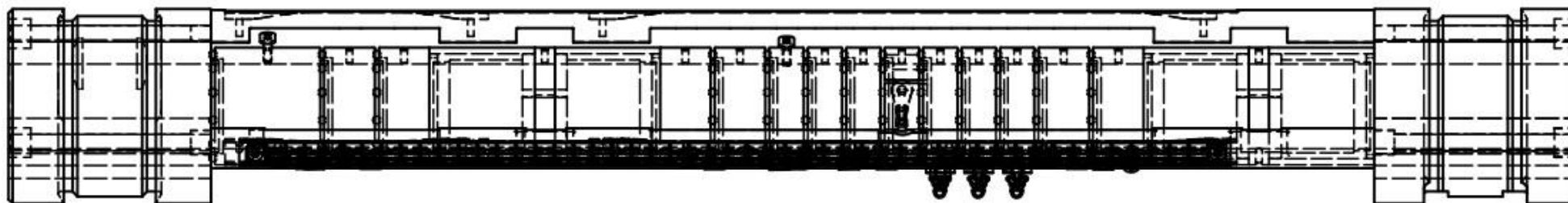


Multi-Ring Electrodes

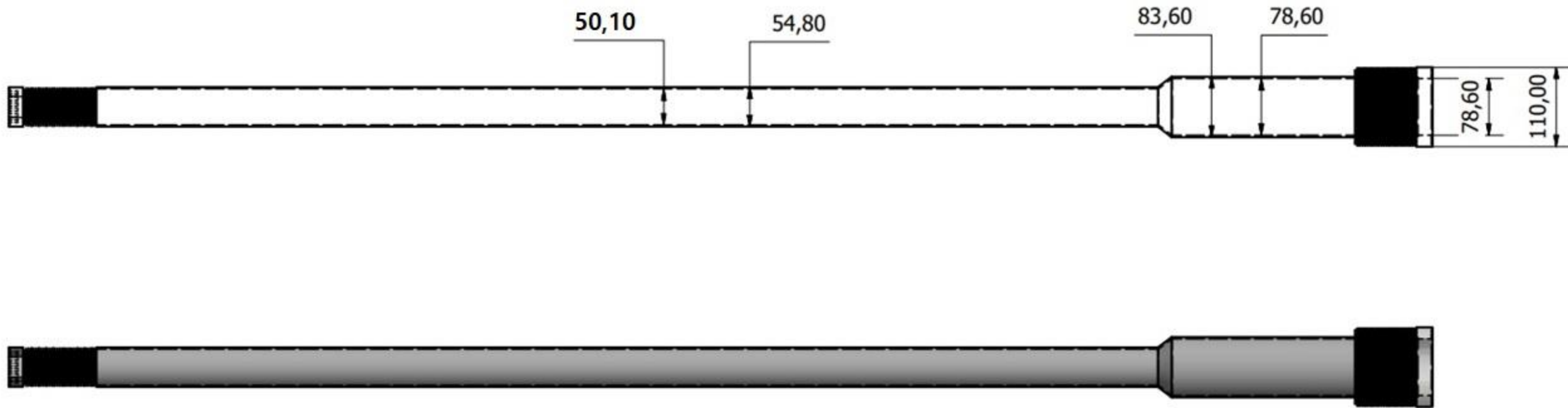


To make a large number of antihydrogen atom efficiently, trapping and cooling of antiproton beam before the reaction is important. A penning trap composed of high field superconducting solenoid and multi-ring electrodes(MRE) to form a harmonic electric potential is designed.

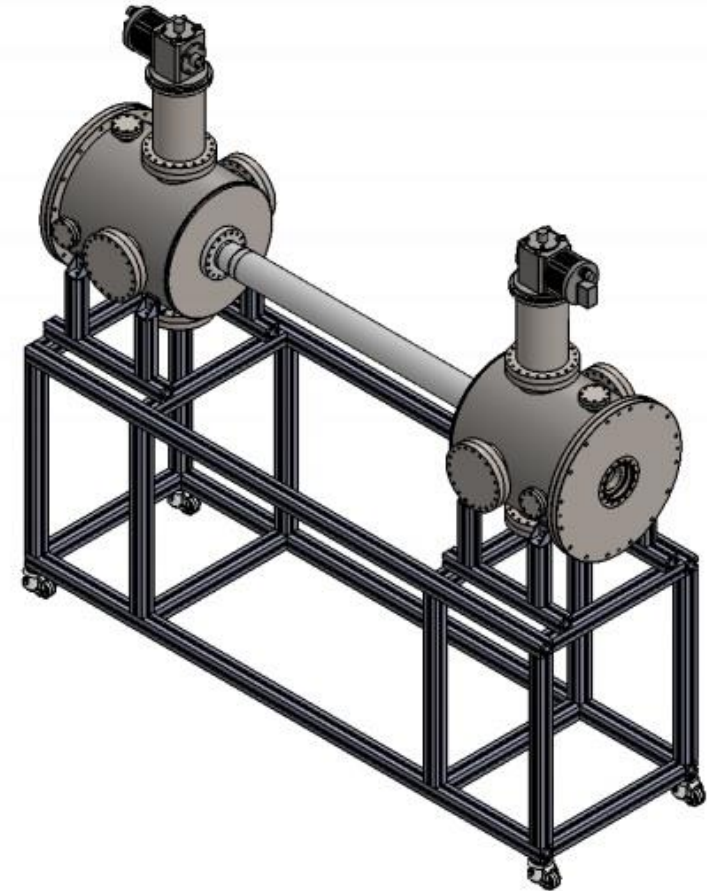
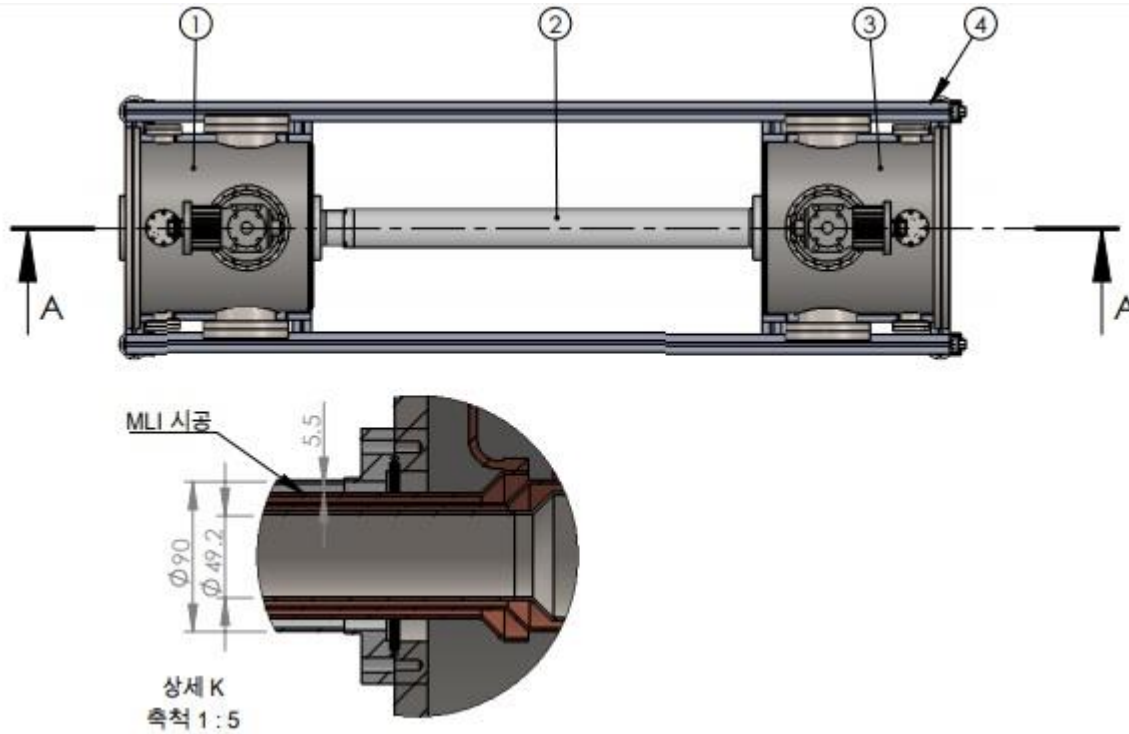
Multi-Ring Electrodes



Cold UHV pipe for the GBAR antiproton trap drawing



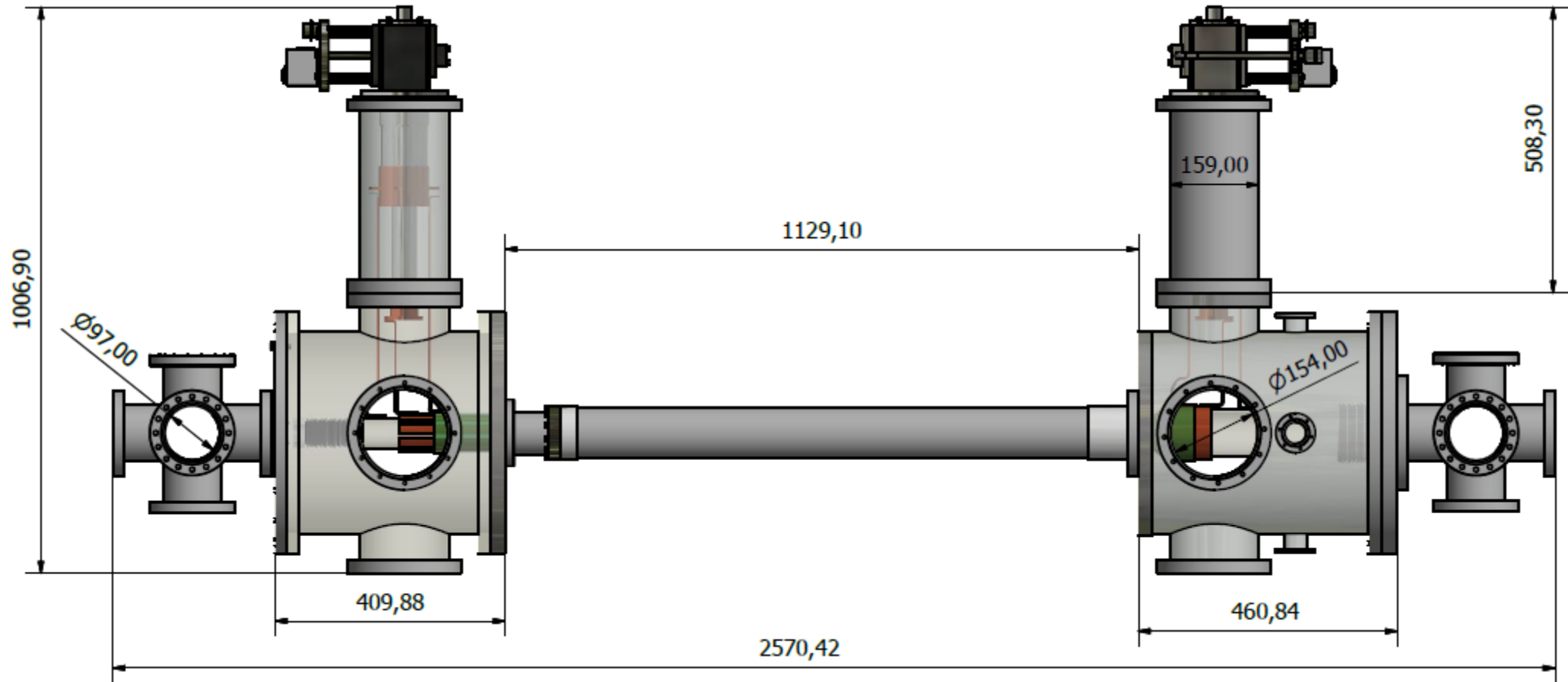
Cold UHV pipe for the GBAR antiproton trap drawing



In order to cool down antiproton beam, and make ultra-high vacuum lower than 10^{-12} Torr, temperature under 10K is needed. So, Cold UHV chamber at 4.2K temperature is designed.

MRE is in the UHV bore tube, whose length is 1944mm. Cryocooler is installed both side of UHV bore tube, and OVC(outer vacuum chamber) is outside of the bore tube and cryocooler.

Cold UHV pipe for the GBAR antiproton trap drawing



과업지시서(제안요청서)

규격/가격 동시입찰

2018. 12.

주관기관	:	서울대학교 산학협력단
입찰문의	:	배 기 남 사원 02-880-2048
사업문의	:	원 동 환 연구원 010-5168-9029 crowclaw@naver.com

서울대학교 산학협력단 공고 관악내재(PA201801679)

물품구매 입찰공고(변경)

1. 입찰에 부치는 사항

- 가. 건 명 : GBAR 반양성자 트랩용 극저온 초고진공 파이프 제작_PA201801679
나. 납품기한 : 2019년 5월 31일까지
다. 기초금액 : 213,290,000원(부가세 포함)
라. 입찰방법 : 일반경쟁(총액)입찰, 규격·가격 동시입찰
마. 입찰서 제출기간 : 2018년 12월 26일(수) 19:00 - 2019년 1월 14일(월) 10:00
바. 입찰집행(개찰)일시 및 장소 : 2019년 1월 14일(월) 11:00, 입찰집행관 PC
※ 전산장비가 생길 경우에는 다소 늦어지거나 연기될 수 있습니다.

2. 입찰참가 자격

- 가. 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」 제27조(부정당업자의 입찰참가 자격제한)에 해당되지 아니한 자
나. 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령」 제12조 및 제16조 규정에 의한 입찰참가 자격을 갖춘 자
다. 국가종합전자조달시스템 입찰참가자격등록규정(조달청 고시 제2003-1호, 2003.04.07) 경쟁입찰참가자격등록증 소지자로서 우리 대학에서 제시한 규격과 사양에 따라 납품이 가능한 업체
라. 특정설비제조 등록 업체(고압용기, 초저온 용기)
마. 납품기한 내에 물품 납품이 가능한 업체(납품기한 내에 물품 미납 시 계약 해지)
바. 2회 분할 결제가 가능한 업체(선금, 잔금으로 분할 결제)

3. 입찰방법

- 가. 본 입찰은 총액 전자입찰로서 국가종합전자조달시스템을 통한 전자입찰 만 허용 됩니다
(<http://www.g2b.go.kr/>)
나. 본 입찰은 전자입찰방식에 의하여 집행하므로 국가종합전자조달시스템

입찰정보

물품

공사

용역

리스

외자

비촉

기타

민간

견적요청

계약진행현황

연기공고

입찰공고 목록

 중소기업확인서 발급

 기업마당 지원사업

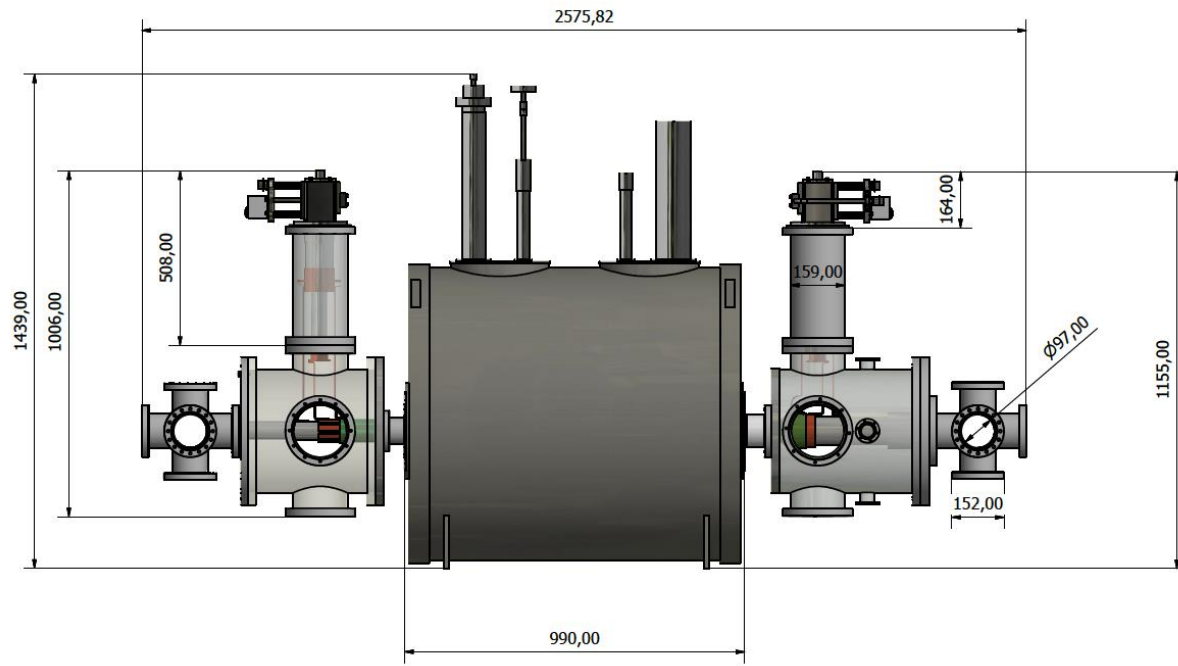
 온라인 매뉴얼

1. 공동수급, 투찰 항목의 버튼을 누르면 공동수급협정서, 입찰참가신청서, 입찰서를 온라인으로 제출할 수 있습니다.
2. 연계기관 공고건인 경우 새창 버튼()을 클릭하면 해당기관 사이트로 이동하여 입찰공고 목록 또는 상세화면을 조회할 수 있습니다.
3. **일반투찰** : 기존 인증서로 투찰이 가능한 입찰(단, 지문보안토크로도 투찰이 가능)
4. **지문투찰** : 지문보안토크로만 투찰이 가능한 입찰(단, **지문인식 신원확인 예외적용 신청서를 제출한 입찰자 또는 지문인식 신원확인 예외자로 등록된 입찰자는 기존 인증서로 투찰이 가능**)

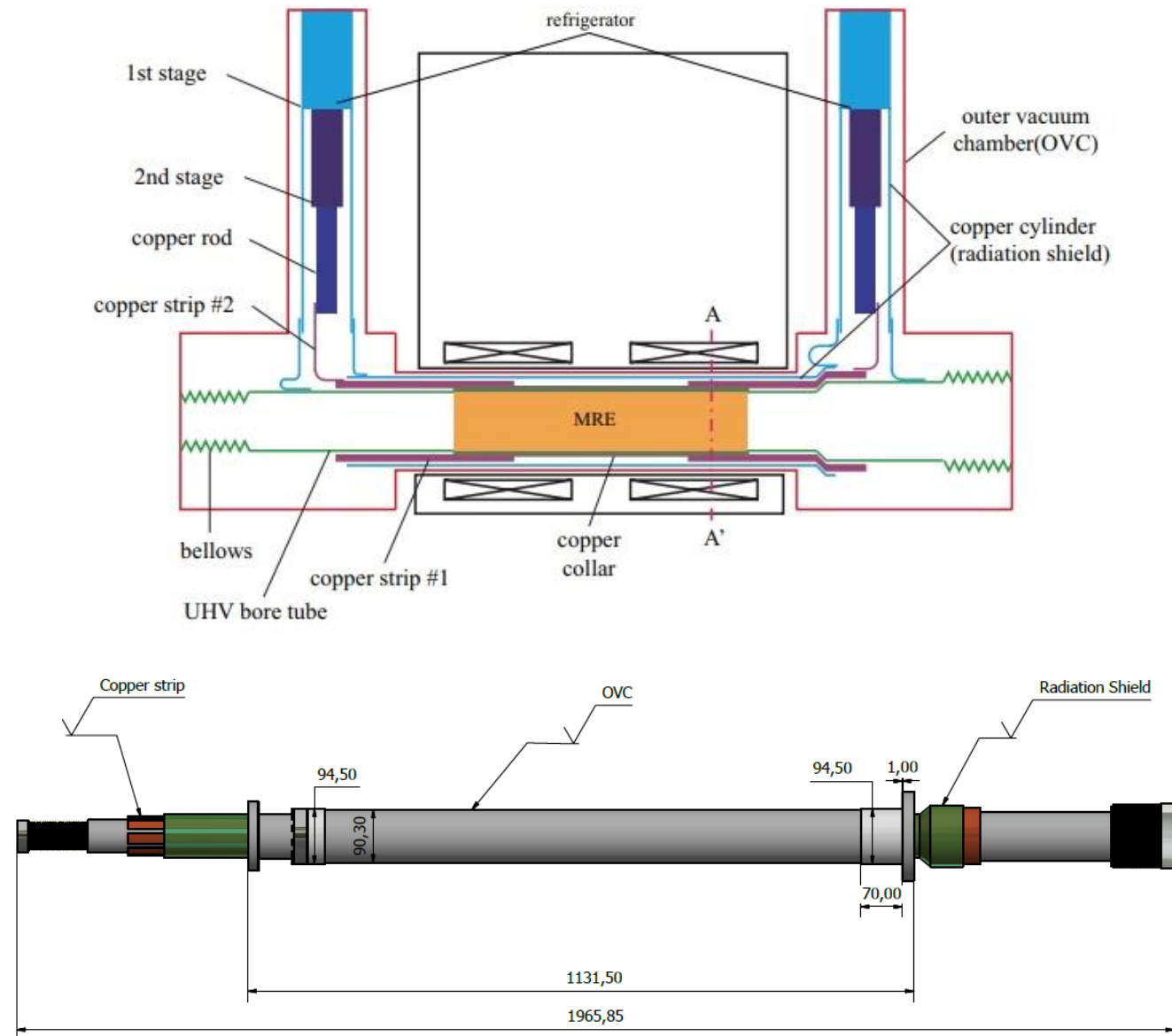
업무	공고번호-차수	분류	공고명	공고기관	수요기관	계약방법	입력일시 (입찰마감일시)	공동 수급	투찰
물품	20181234766-01	변경	GBAR 반양성자 트랩용 극저온 초고진공 파이프 제작_PA201801679	서울대학교 산학협력단	서울대학교 산학협력단	제한(총액)규 격가격동시	2019/01/03 16:30 (2019/01/14 10:00)		마감

검색화면으로 이동

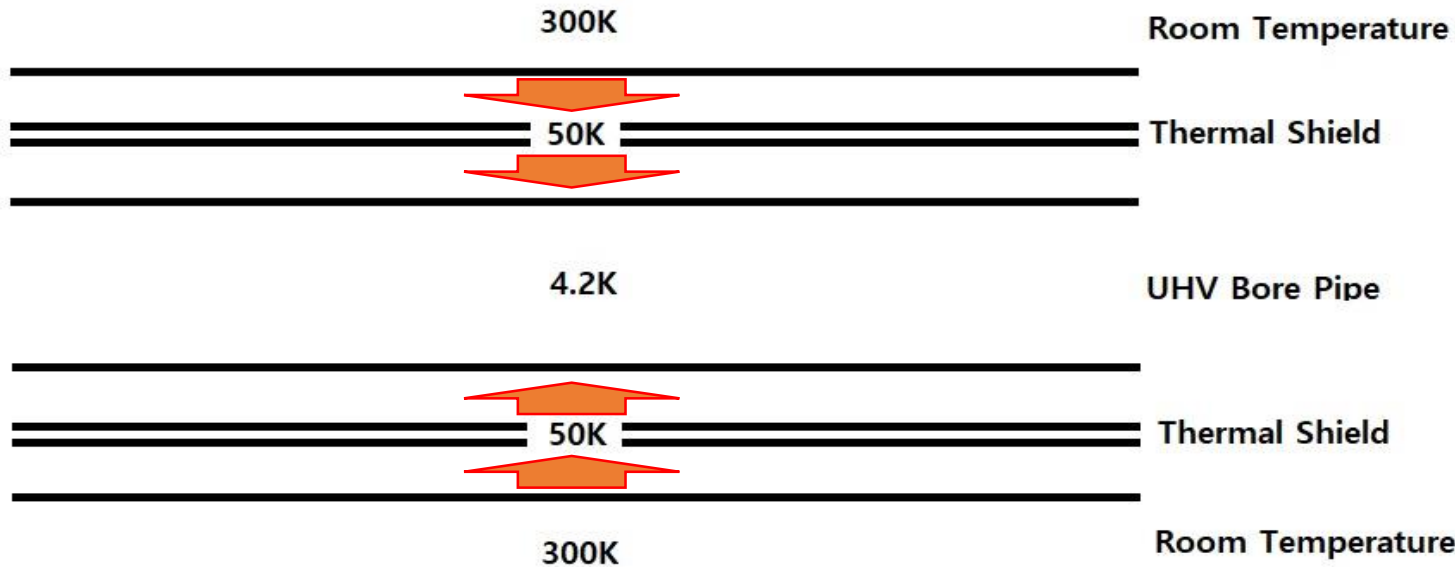
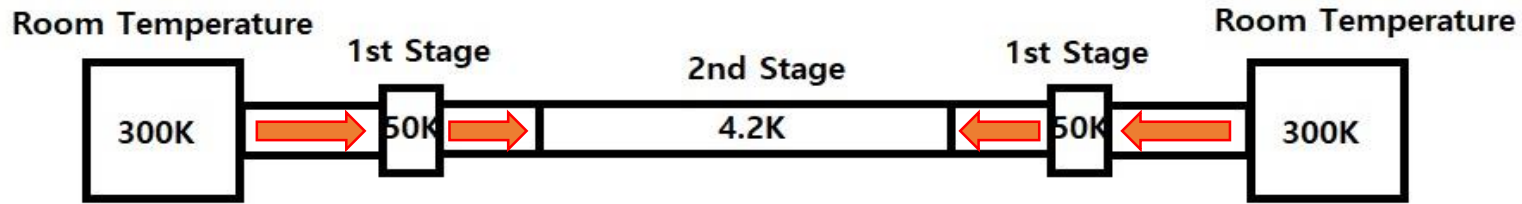
Cold UHV pipe for the GBAR antiproton trap drawing



Schematic Drawing of the UHV pipe cooling system



Heat Loading and Radiation



$$Q_{Heat Load} = \frac{kA(T_H - T_C)}{L_t}$$

$$Q_{H_{300K_{50K}}} = 0.894$$

$$Q_{H_{50K_{4.2K}}} = 0.817$$

$$Q_{Radiation} = \sigma * A * E * (T_H^4 - T_C^4)$$

$$E_{300K_{50K}} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_2} + \frac{A_2}{A_1} \left(\frac{1}{\epsilon_1} - 1 \right)} = 0.109$$

$$Q_{R_{300K_{50K}}} =$$

$$(5.67 \times 10^{-8}) * (0.31) * (0.109) * (300^4 - 50^4)$$

$$= 15.514$$

$$E_{50K_{4.2K}} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_2} + \frac{A_2}{A_1} \left(\frac{1}{\epsilon_1} - 1 \right)} = 0.1884$$

$$Q_{50K} =$$

$$(5.67 \times 10^{-8}) * (0.26) * (0.1884) * (50^4 - 4.2^4)$$

$$= 0.017$$

Radiation

Shield 복사열침입량 계산

$$Q = \sigma \cdot A \cdot E \cdot (T_h^4 - T_c^4)$$

온도조건	구분	수치
50K shield Vessel	Outer Dismeter	78 mm
	Inner Diameter	74 mm
	Length	1230 mm
	Temperature (Tc)	50 K
	material	Cu
	emissivity (εc)	0.3
Vacuum Vessel	Outer Dismeter	93 mm
	Inner Diameter	89 mm
	Length	1230 mm
	Temperature (Th)	300 K
	material	SUS316L
	emissivity (εh)	0.13
원주율	π	3.1416
스테판-볼츠만 상수	σ	5.67E-08 W/m^2+K^4
Shield Vessel 표면적	옆	0.30 m2
	상하	0.01 m2
	전체 (A)	0.31 m2
Vacuum Vessel 표면적	옆	0.34 m2
	상하	0.01 m2
	전체	0.36 m2
실효방사율	E	1.09E-01
단열재 효과		0.2
복사열전달량	Q옆 (εh로 계산)	17.981 W
	Q상하 (εh로 계산)	0.570 W
	Q전체 (εh로 계산)	18.552 W
	Q옆 (E로 계산)	15.037 W
	Q상하 (E로 계산)	0.477 W
	Q전체 (E로 계산)	15.514 W
복사열전달량 단열재효과 반영	Q옆 (εh로 계산)	3.596 W
	Q상하 (εh로 계산)	0.114 W
	Q전체 (εh로 계산)	3.710 W
	Q옆 (E로 계산)	3.007 W
	Q상하 (E로 계산)	0.095 W
	Q전체 (E로 계산)	3.103 W

Radiation

헬륨조 복사열침입량 계산

$$Q = \sigma \cdot A \cdot E \cdot (T_h^4 - T_c^4)$$

온도조건	구분	수치
Bore Pipe	Outer Dismeter	66 mm
	Inner Diameter	62 mm
	Length	1230 mm
	Temperature (Tc)	4.2 K
	material	Cu
	emissivity (εc)	0.3
50K Shield	Outer Dismeter	78 mm
	Inner Diameter	74 mm
	Length	1230 mm
	Temperature (Th)	50 K
	material	Cu
	emissivity (εh)	0.3
원주율	π	3.1416
스테판-볼츠만 상수	σ	5.67E-08 W/m ² *K ⁴
Lhe Vessel 표면적	옆	0.26 m ²
	상하	0.01 m ²
	전체 (A)	0.26 m ²
Shield Vessel 표면적	옆	0.30 m ²
	상하	0.01 m ²
	전체	0.31 m ²
실효방사율	E	1.884E-01
단열재 효과		0.2
복사열전달량	Q옆 (εh로 계산)	0.027 W
	Q상하 (εh로 계산)	0.001 W
	Q전체 (εh로 계산)	0.028 W
	Q옆 (E로 계산)	0.017 W
	Q상하 (E로 계산)	0.000 W
	Q전체 (E로 계산)	0.017 W
복사열전달량 단열재 효과 반영	Q옆 (εh로 계산)	0.005 W
	Q상하 (εh로 계산)	0.000 W
	Q전체 (εh로 계산)	0.006 W
	Q옆 (E로 계산)	0.003 W
	Q상하 (E로 계산)	0.000 W
	Q전체 (E로 계산)	0.003 W

Heat Loading

구분			온도(K)			열전도율(W/m.K)	Pipe 외경(m)	두께(m)	면적(m2)	전체길이(m)	열부하(W)	수량	총 열부하(W)	비고
						k	OD	t	A	Lt	Q		Qt	
50K Thermal shield	전도	Left 측	300	-	50	9.76	0.0532	0.00015	2.49992E-05	0.2	0.304991	1	0.305	
		Right 측	300	-	50	9.76	0.077	0.0002	4.82549E-05	0.2	0.588709	1	0.589	
	합계(전도)												0.894	
	복사	표면적	300	-	50								15.514	단열재 효과 무시
		합계(복사)												15.514
합계(Total)													16.408	

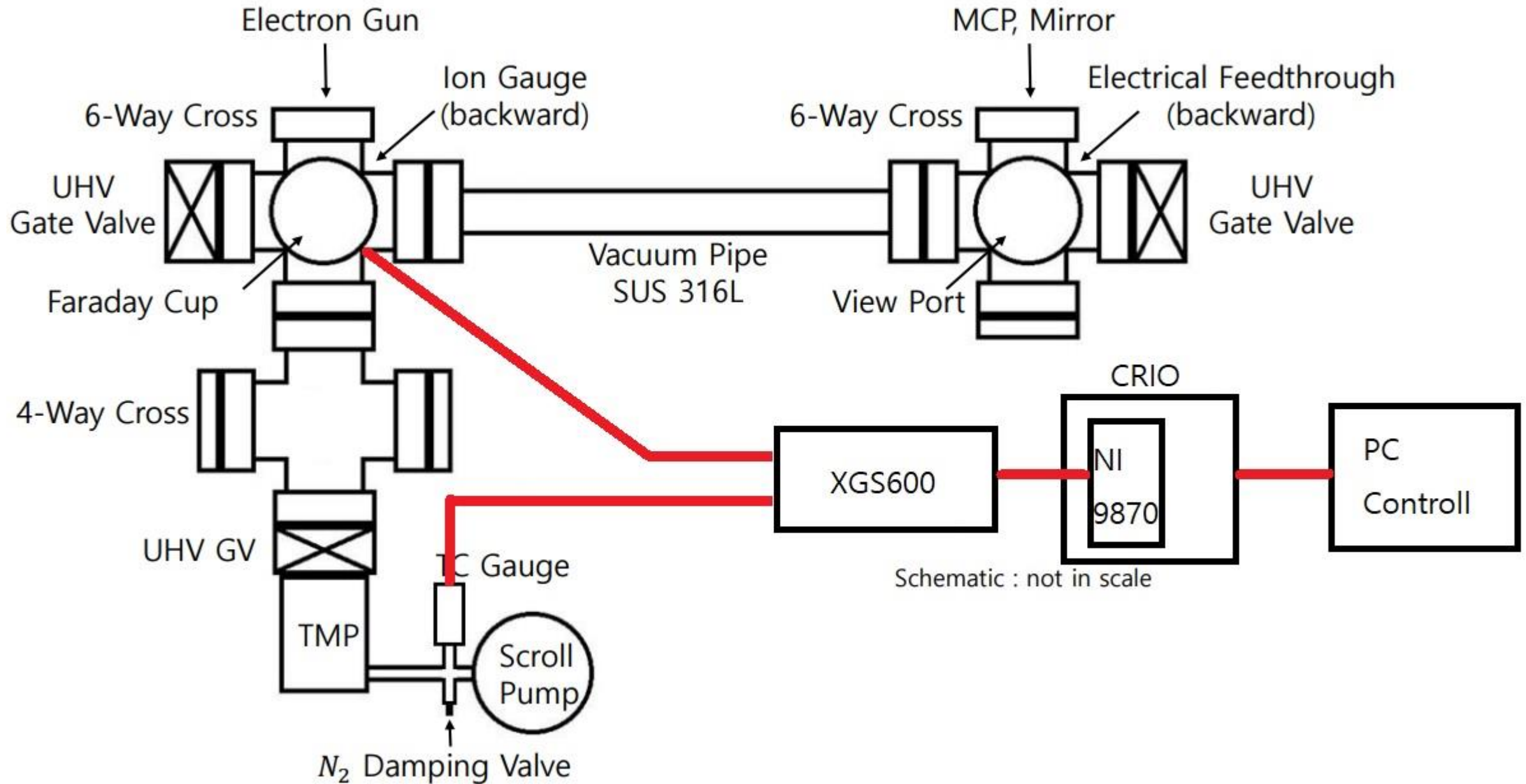
구분			온도(K)			열전도율(W/m.K)	Pipe 외경(m)	두께(m)	면적(m2)	전체길이(m)	열부하(W)	수량	총 열부하(W)	비고
						k	OD	t	A	Lt	Q		Qt	
4.2K	전도	Left 측	50	-	4.2	3.24	0.0532	0.002	0.000321699	0.144	0.331511	1	0.332	
		Right 측	50	-	4.2	3.24	0.077	0.002	0.000471239	0.144	0.485612	1	0.486	
	합계(전도)												0.817	
	복사	표면적	50	-	4.2								0.017	단열재 효과 무시
		합계(복사)												0.017
합계(Total)													0.835	

Sumitomo Cryocooler : RDK-415D		2대 적용
Cooling power@4.2K	1.5W	3 W
Cooling power@30K	15W	30 W

Cooling Power @ 4.2K 0.835W < 3W : Enough

Cooling Power @ 30K 16.408W < 30W : Enough

Vacuum Test in Room Temperature

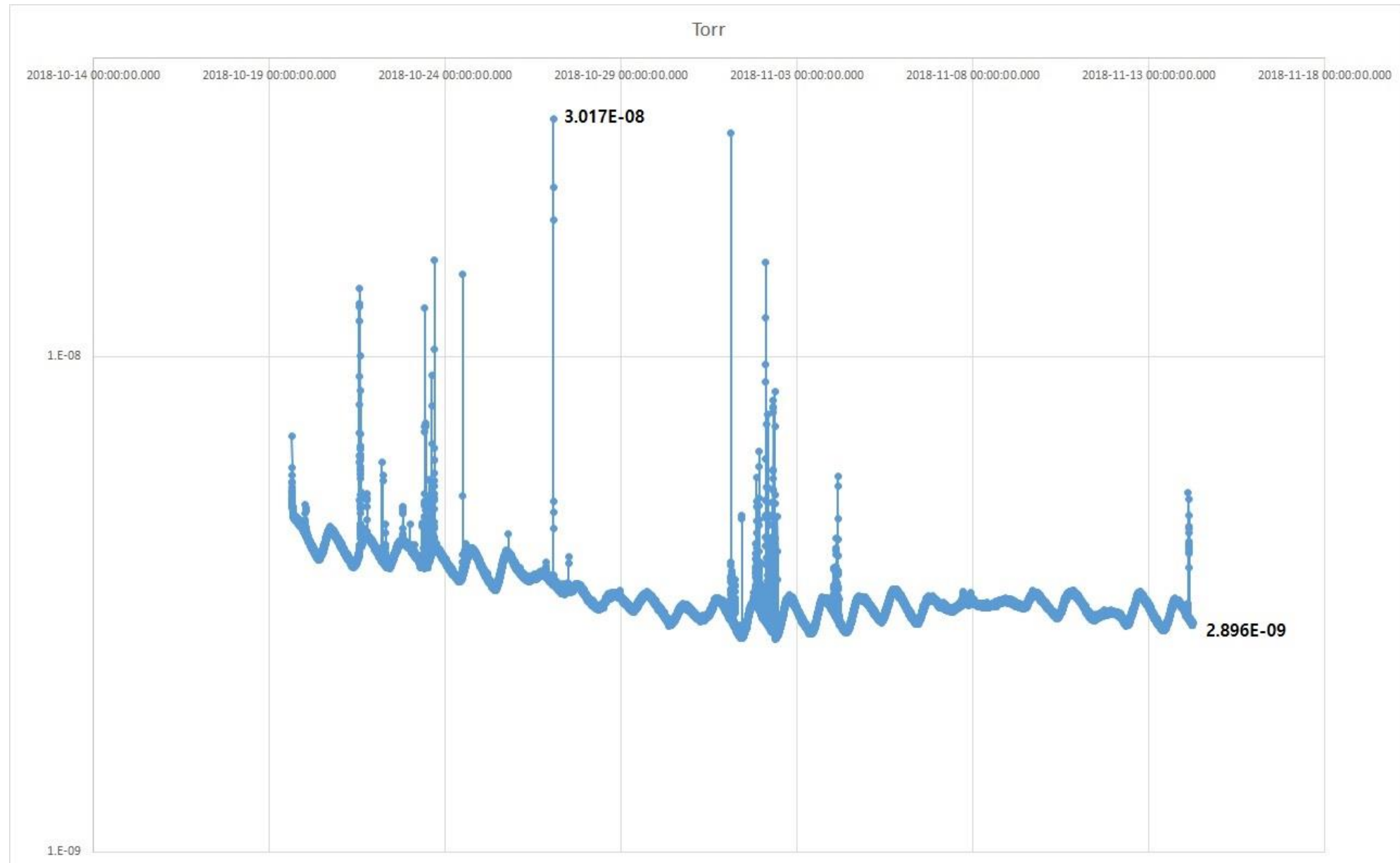




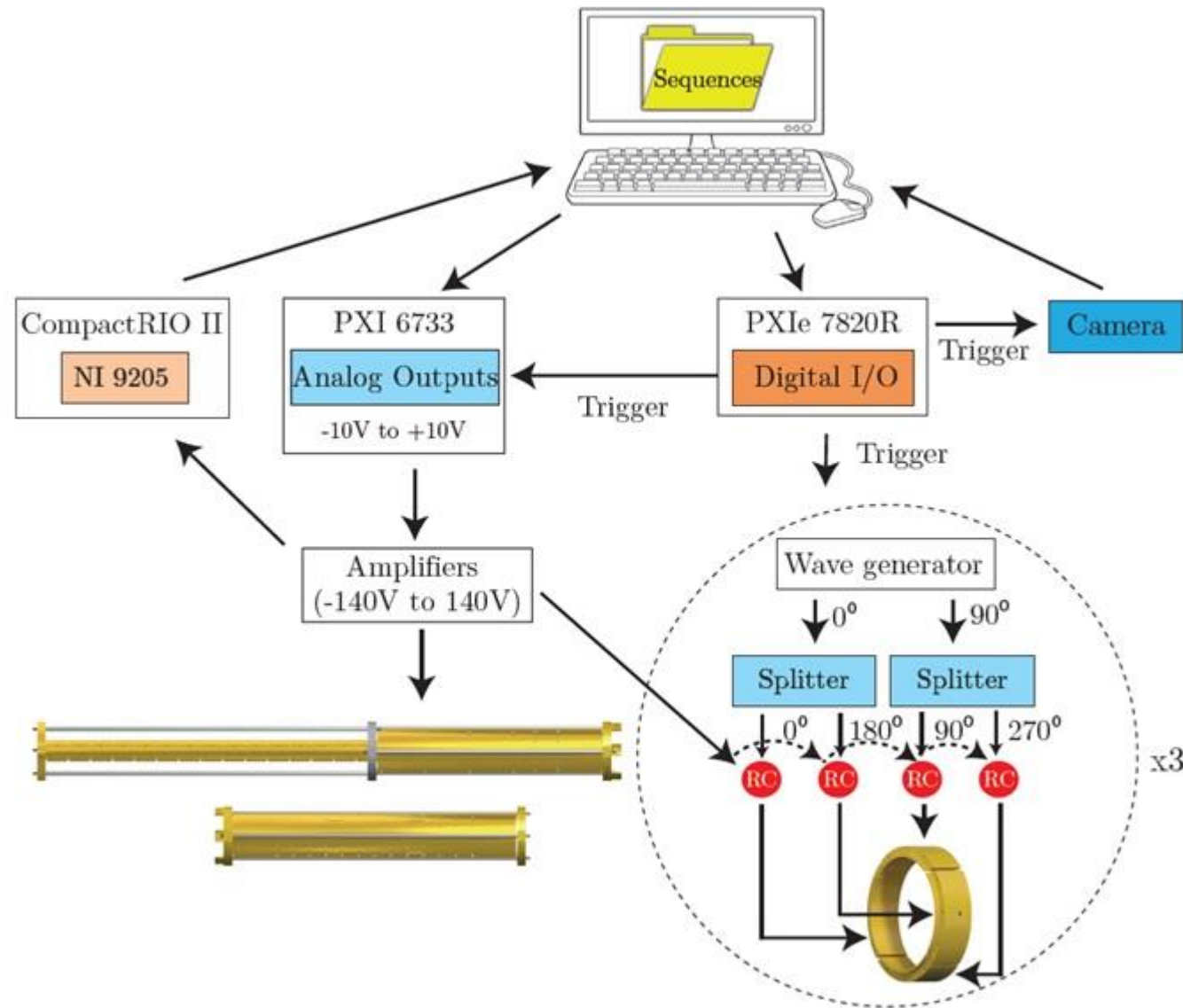
This is the photo of room temperature vacuum test. The conductance and volume of this vacuum system is close to the GBAR cold UHV vacuum pipe.

This chamber is not only for vacuum test, but also for electron test in room temperature. Trapping electron in MRE and observing by MCP is possible under 1×10^{-7} Torr in room temperature. For the electron test, we are preparing Electron Gun, Faraday Cup, MCP/PS.

Vacuum Test in Room Temperature



Vacuum Control System

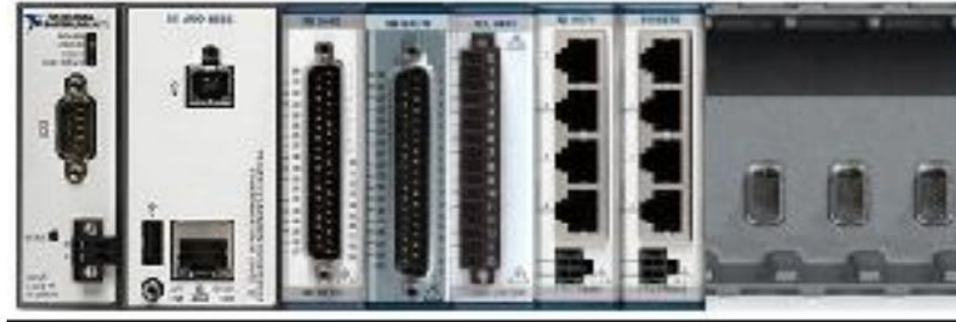


National Instrument's 'Compact RIO' system is used for control of vacuum system. Overall control system using 'PXIe' system is designed like this.

Vacuum Control System

NI CRIO

Configuration ID: [CR5457792](#)



MRE Control System

NI PXI System

Configuration ID: [PX5457782](#)



To Do List

- Wave Generator Model Define
- Degrader Foil
- Detection System
- Transport System

PET Foil - Musashi

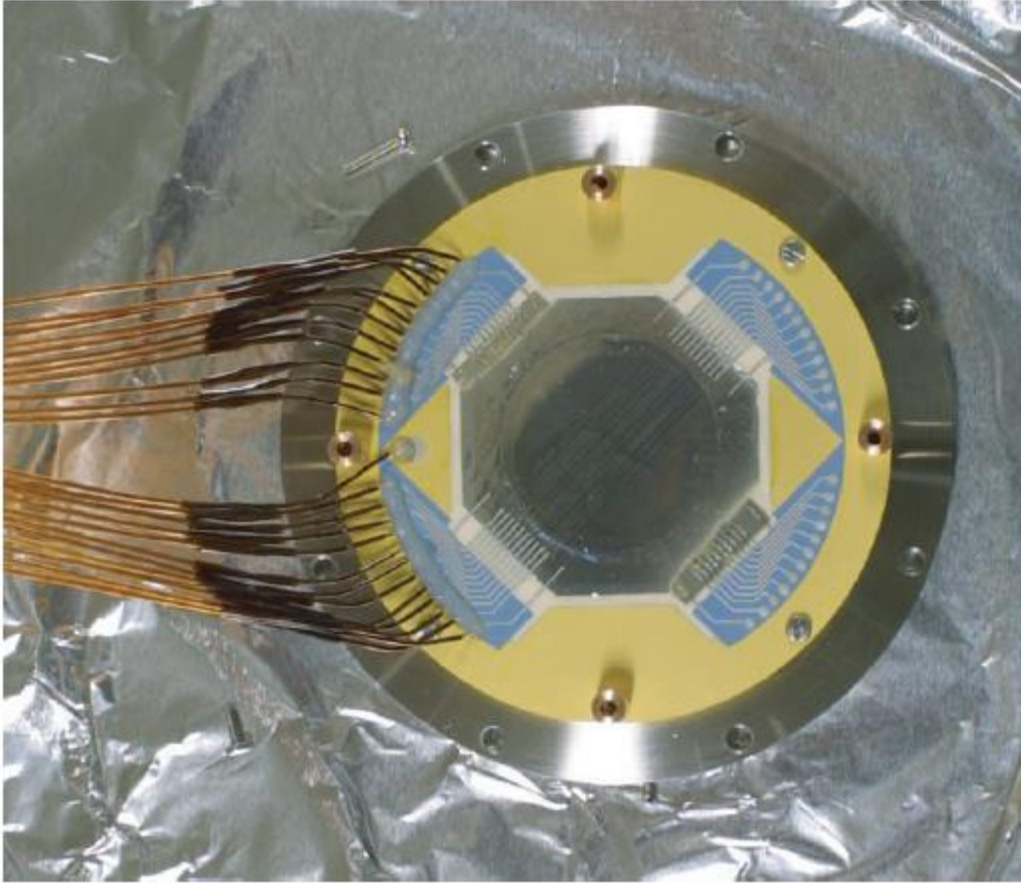


Figure 2.23: Top view of X-Y patterned ultra-thin foil electrode.

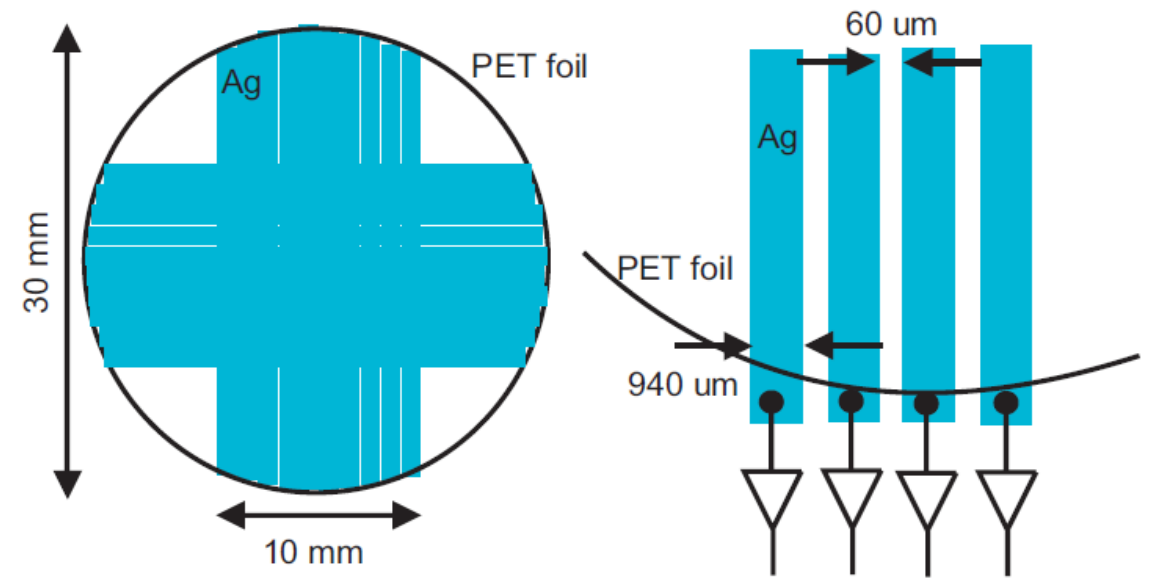


Figure 2.24: Schematic of the foil detector.

Detection System - Musashi

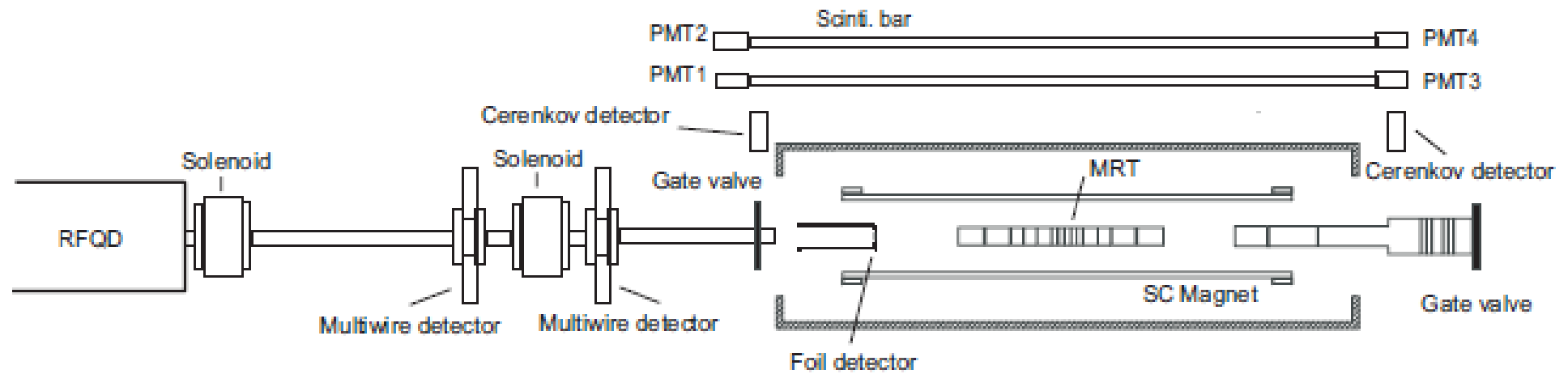


Figure 2.21: Configuration of detectors around our experimental beam line.

Detection System - Musashi

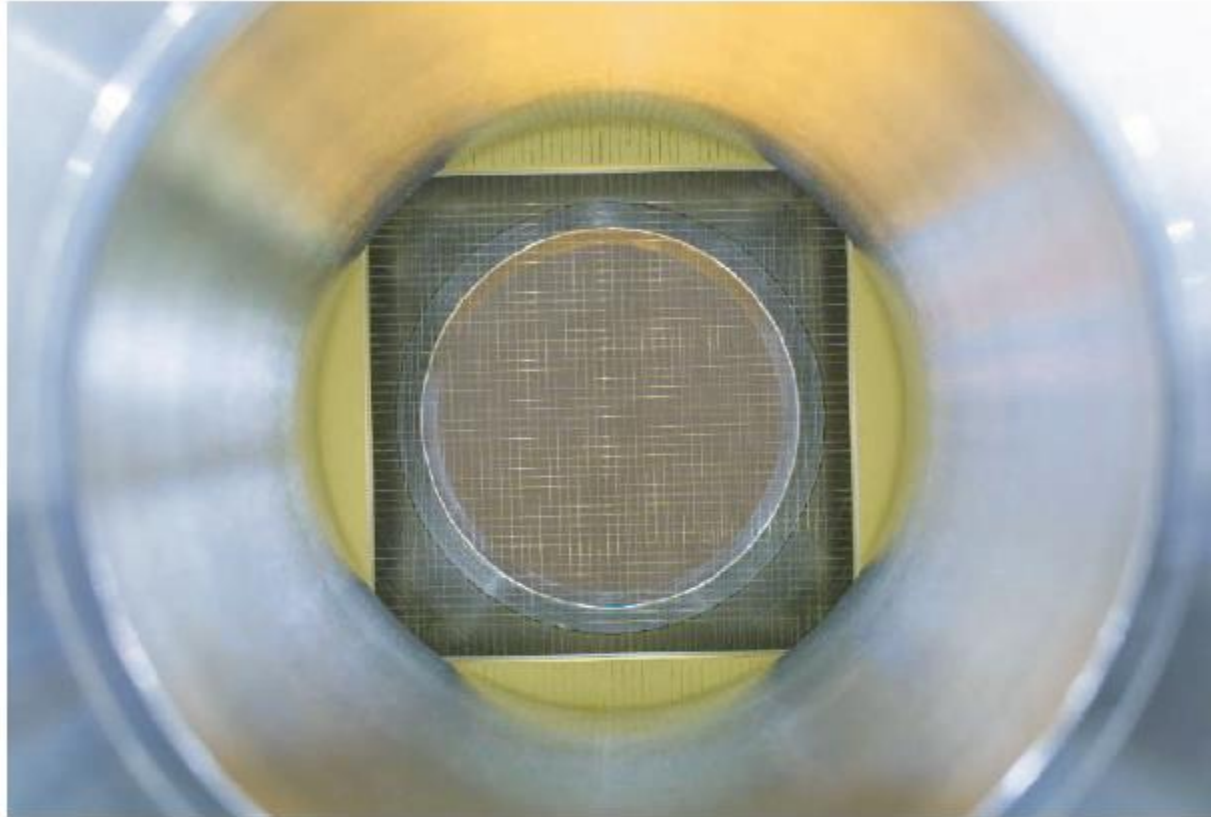


Figure 2.22: Picture of secondary emission beam profile monitor consists of 2-dimensional wires ($20\mu\text{m}\phi$).

Detection System - Musashi

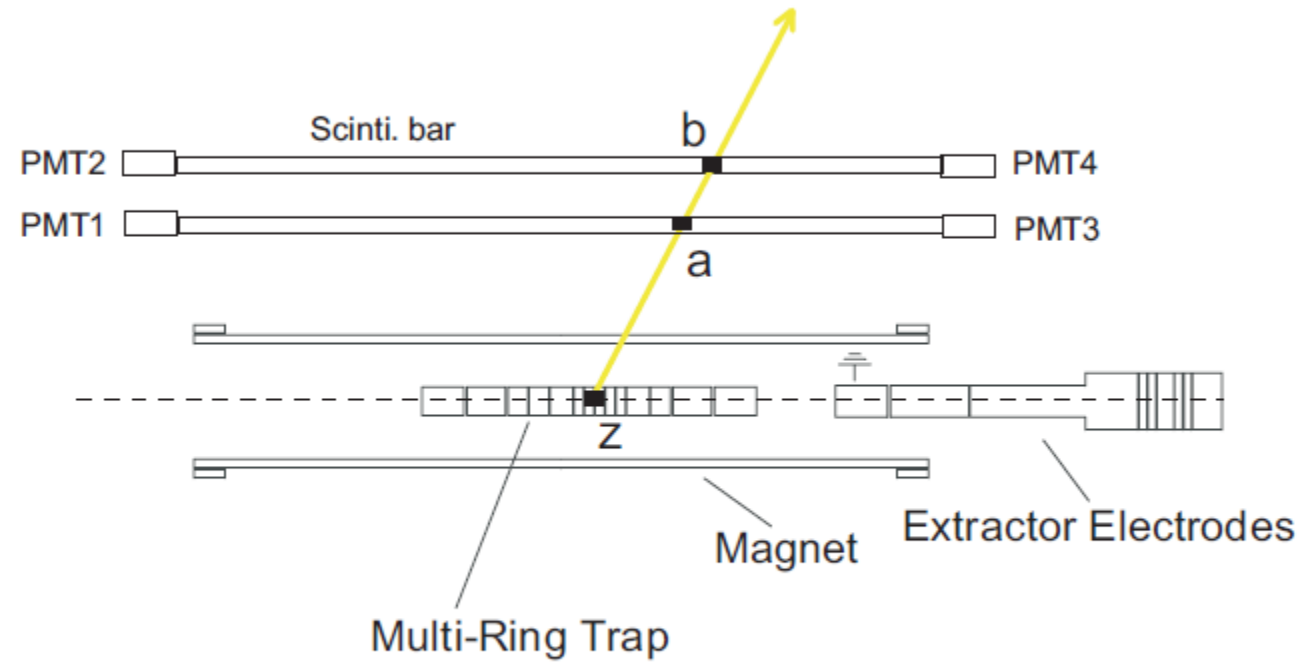
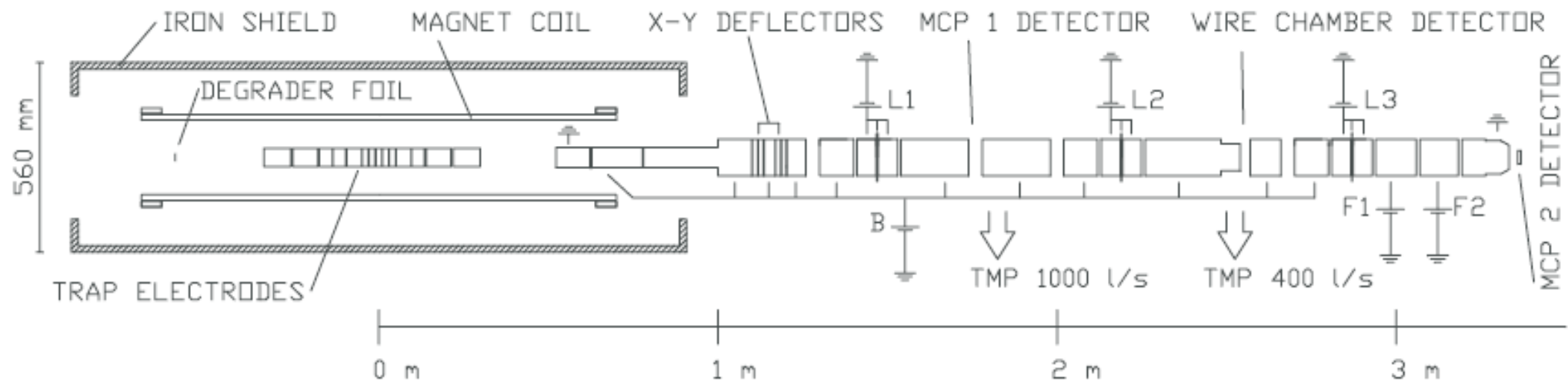
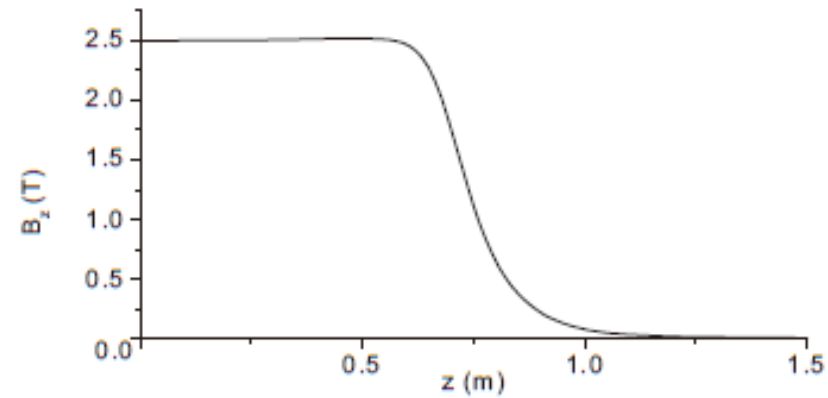


Figure 2.26: Schematic view of track detector.

Transport System - Musashi



Thank You!