

# FZD訪問報告

2010年12月17日 第49回ERL検討会  
高エネルギー加速器研究機構  
加速器第7研究系 山本将博

# FZD研究所の場所

ドレスデン中央駅ードレスデン空港駅  
(電車で15分程)  
ドレスデン中央駅ーFZD研究所  
(バスで30分程)



9月21日~24日にボン  
で開催されたPESP2010  
参加後、9月27日、28  
日の2日間FZDを訪問。





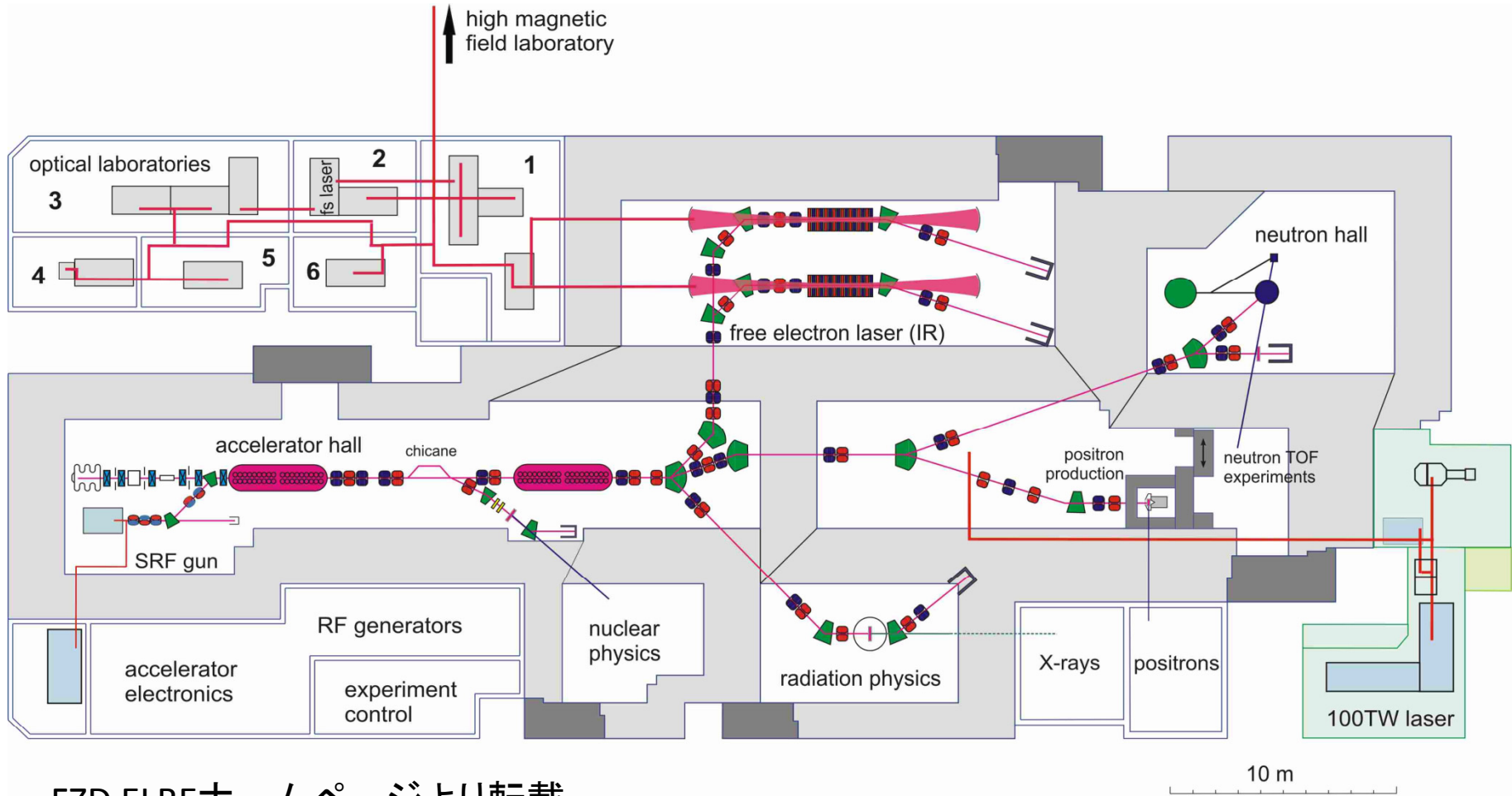


FZD入口にドレスデン中央駅から  
乗り換え無しで来れるバス停が  
ある。

ELBEは2000年頃より  
建設。現在はユーザー  
利用もされている。  
加速器系のスタッフは  
ポスドク等含めて  
30名程度。



# ELBE加速器全体図



FZD ELBEホームページより転載。

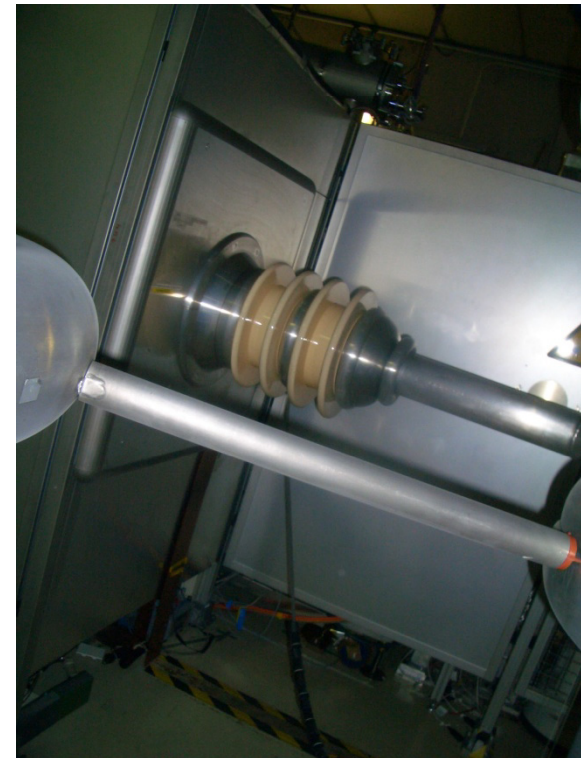
- 1: Diagnostic station, IR-imaging and biological IR experiment
- 2: Femtosecond laser, THz-spectroscopy, IR pump-probe experiment
- 3: Time-resolved semiconductor spectroscopy, THz-spectroscopy

- 4: FTIR, biological IR experiment
- 5: Near-field and pump-probe IR experiment
- 6: Radiochemistry and sum frequency generation experiment, photothermal deflection spectroscopy

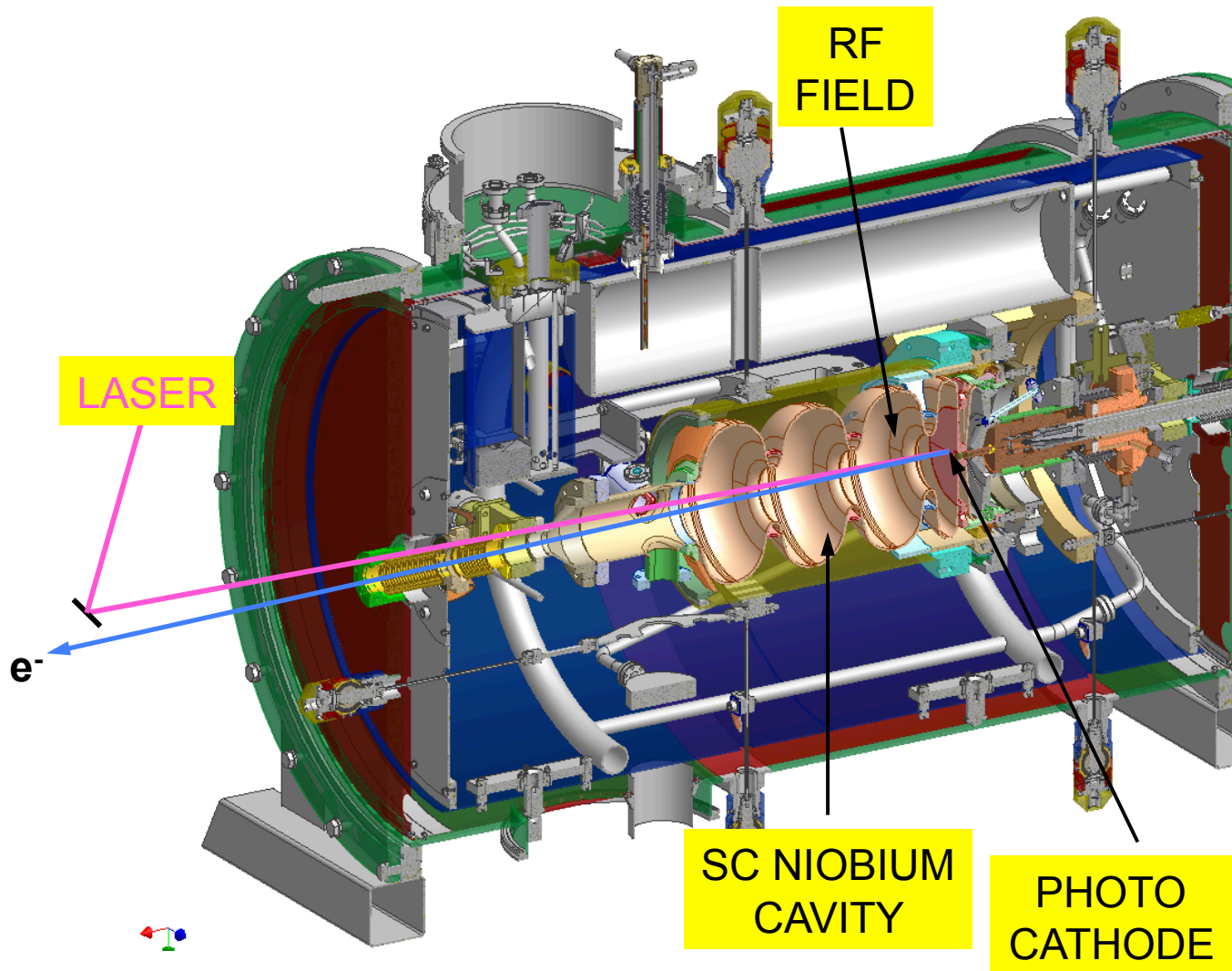
100TW laser棟は  
建設中。

## 【熱電子銃(250kV)】

- \* 大気中にHV stationがある。
- \* HV station(大気中)と隣接して熱電子銃用の電源、グリットのパルサー電源のstationがあり、stationは接地に対して2段のdividerで支持。
- \* 電子銃へのHV供給の際、セラミックの中間部に金属製のリングが外側にはめられており、そのリングとStationの2段目のDividerが同電位となるように接続されている。
- \* 電子銃は、13MHzで運転されている。電荷量は77pC,エミッタンスは約8mm.mrad。
- \* 最初のバンチ長は500ps。その後260MHzのバンチャーと1.3GHzのバンチャーを経て主加速前に10ps以下となる。TESLA型の9連空洞(2組)のSRF加速空洞で20MeV加速される。このクライオスタットが2台で、40MeVまで加速される。バンチャー部分までの真空度はE-6 Pa程度。1.3GHzのバンチャーの後にSRF-gunからの合流部がある。



# Generation of high-brightness electron beams



1. direct production of short pulses:

**laser & photo cathode**

2. high acceleration field at cathode:

**radio frequency field**

3. CW operation for high average current:

**superconducting cavity**



**SRF PHOTO INJECTOR**

### SRF Gun Parameter

parameter	present cavity			new “high gradient cavity”	
	measured '08	ELBE	high charge	ELBE	high charge
final electron energy	2.1 MeV	3 MeV		≤9.5 MeV	
peak field	13.5 MV/m	18 MV/m		50 MV/m	
laser rep. rate	1 – 125 kHz	13 MHz	2 – 250 kHz	13 MHz	≤500 kHz
laser pulse length (FWHM)	15 ps	4 ps	15 ps	4 ps	15 ps
laser spot size	2.7 mm	5.2 mm	5.2 mm	2 mm	5 mm
bunch charge	≤ 200 pC	77 pC	400 pC	77 pC	1 nC
max. aver. Current	1 μA	1 mA	100 μA	1 mA	0.5 mA
peak current	13 A	20 A	26 A	20 A	67 A
transverse. norm. emittance (rms)	3±1 mm mrad @ 80 pC	2 mm mrad	7.5 mm mrad	1 mm mrad	2.5 mm mrad



## SRF-Gun (その1)

- \* カソードはCs<sub>2</sub>Te。スーツケースでインストールする。インストールの際は、SRF-gun本体の冷却は止める。また、スーツケースの接続の際は接続箇所のベーキングが必要。
- \* カソードは後部から液体窒素にて冷却される構造になっている。
- \* 運転は最高で125kHz。レーザーのアンプ系で制約を受ける。(再生増幅器を使用するため、Pockels cellの駆動に限界がある。) 将来は全てSolid Stateのアンプを使用して13MHzの運転を行う予定。
- \* 電子銃部への電力は最大で10kW。
- \* カップラー部は、warm側で一度Vacuum windowを介し、Cold側にもうひとつのVacuum windowがある。各windowには放電を監視するための光電子増倍管が付けられている。あるレベルを超えるとインターロックで止まる。
- \* カソードにはRF電場とは別にDCの電圧(数kV)がかけられる。カソードはCavityには接触しておらず、カソードの後方にチョーク型Cavityが設置されている。カソードとCavityの間は1mmの隙間がある。(Cavity側の穴φ12mm、カソードφ10mm)
- \* 真空作業時は全て簡易クリーンブースを設置した状況で作業を行う。

詳しくは<http://www.fzd.de/db/Cms?pNid=145> をご覧ください。

## SRF-Gun (その2)

- \* 定常運転のため、SRF-gunにRFを供給しない時は、SRF-gunのクライオモジュール内にあるヒーターで同量の熱を発生させ、常に同じ温度・圧力となるようにコントロールしている。特に圧力を一定にしないと共振周波数が変化する問題がある。
- \* レーザーの導入は、SRFモジュール前方にあるICF70の6方管から行う。レーザーは途中の経路で2%程度splitされて、Vacuum側のミラーおよびカソード同じ距離に設置された2つモニターでミラー位置およびカソード位置での照射位置をコントロールしている。(2つのミラーに対してフィードバックをかけている。)
- \* 電子銃出口には大きめのソレノイドが設置されている。ソレノイドの位置や傾きはすべてリモートでコントロール可能。
- \* カソードのトランスファーはベローズを使用している。ステージには電子銃へカソードをこすらずに入れるため、高さや傾きを微調できる構造になっている。
- \* カソードは数個同時にストックされている。
- \* SRF-gun下流にはBMで、ELBEへ入射するためのビームラインとビームの診断部ラインの切替を行っている。

## SRF-Gun (その3)

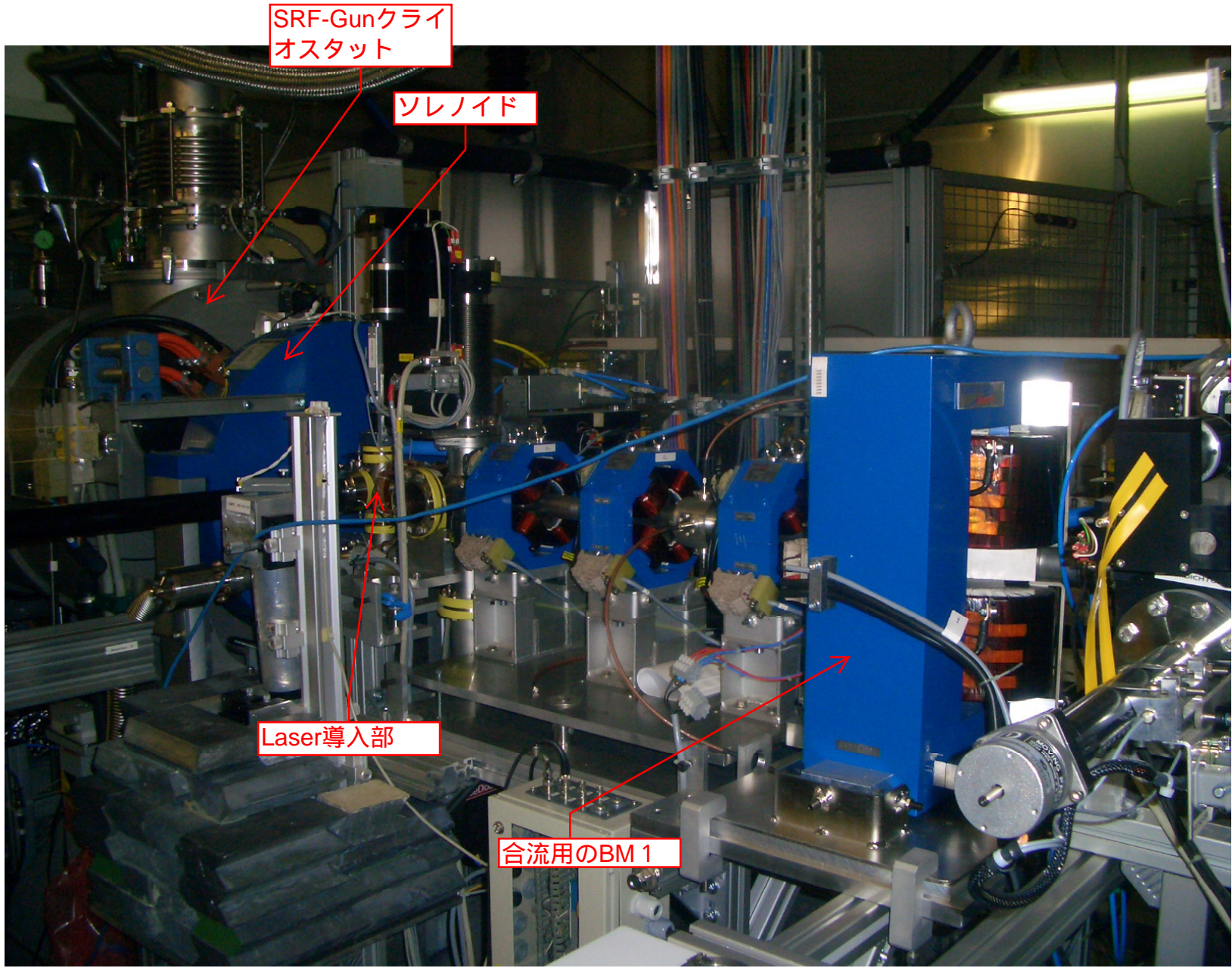
\* ビーム診断部には、2箇所スリット、スクリーン、OTR、FCが設置されており、1箇所4つのモニターを、ベローズ長をコントロールして切り替えている。

\* 2箇所のモニターの下流に180度切替えのBMによるエネルギーアナライザが設置されている。パルス長の測定はチェレンコフ光モニターおよびストリークカメラを利用している。  
現在のシステムではエネルギー拡がり約10keV。

\* ELBEビームラインへの輸送効率は98%以上で行う。(インターロックで2.5%以上のロスが合った場合には止める)

\* SRF-gunでは最大8MeVまで加速できるが、現在は3MeVで運転している。SRF-gunのチューニングは、ハーフセル部と3Cavity部の2箇所Cavity長を独立に調整できるシステムを使って行っている。チョークモードCavityのチューニングは設置時に(ネジを締める等で)行えるだけで、フィードバックはかけられない。

\* ストレージChamberにあるカソードとの交換は30分程度でできる。

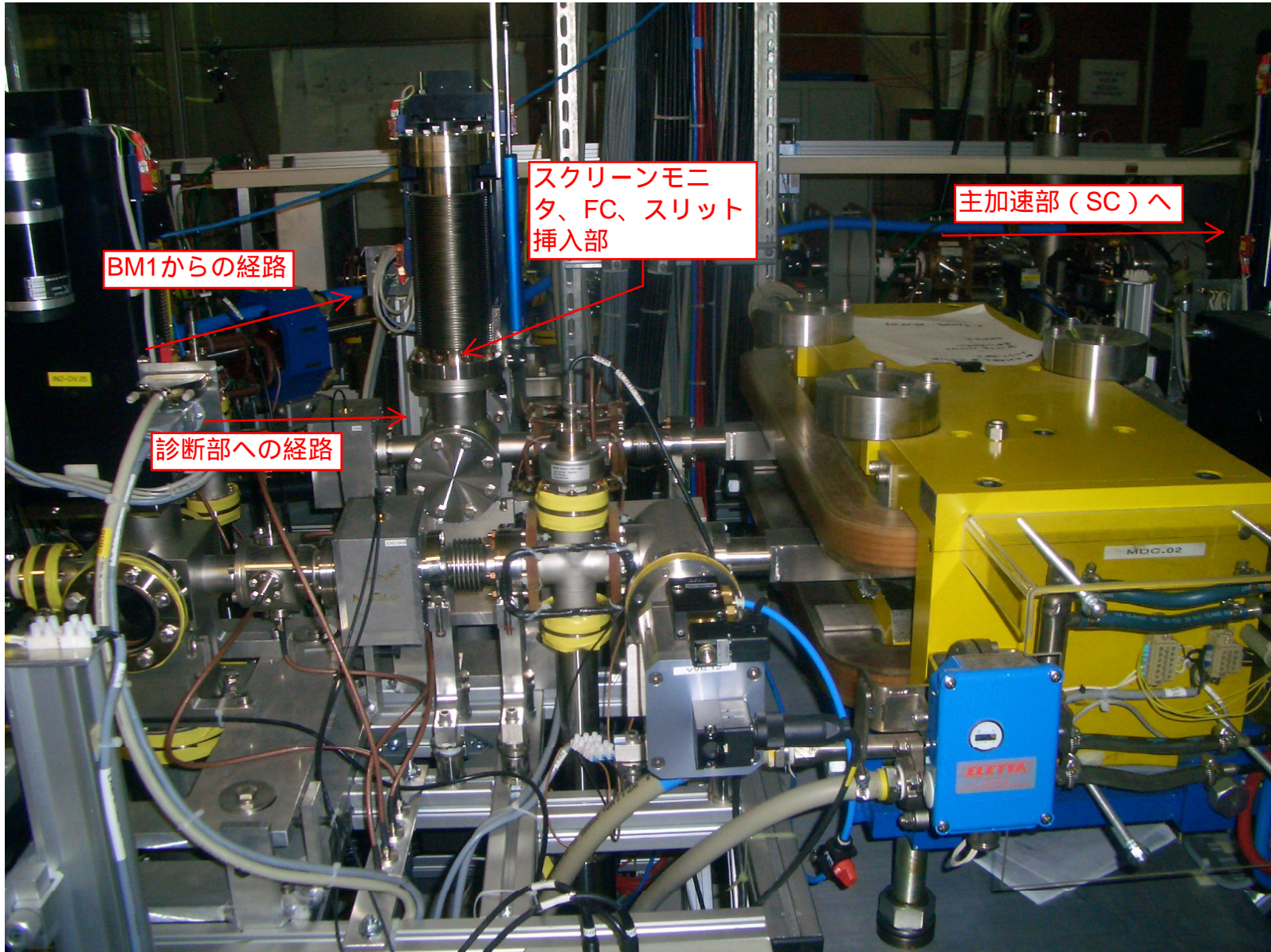


SRF-Gunクライオ  
スタート

ソレノイド

Laser導入部

合流用のBM 1



BM1からの経路

診断部への経路

スクリーンモニ  
タ、FC、スリット  
挿入部

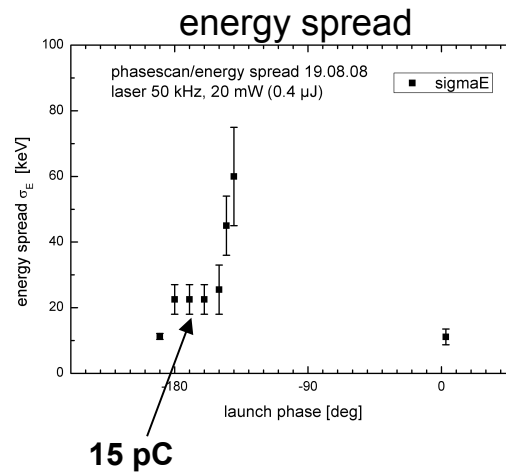
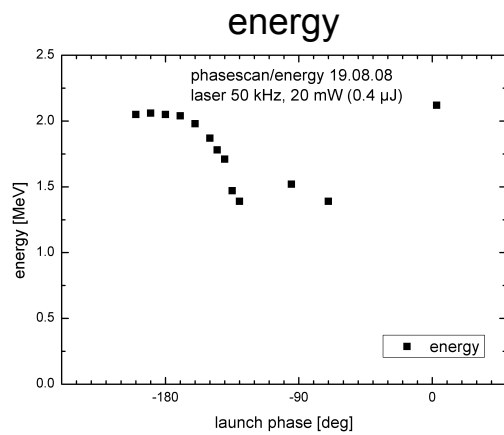
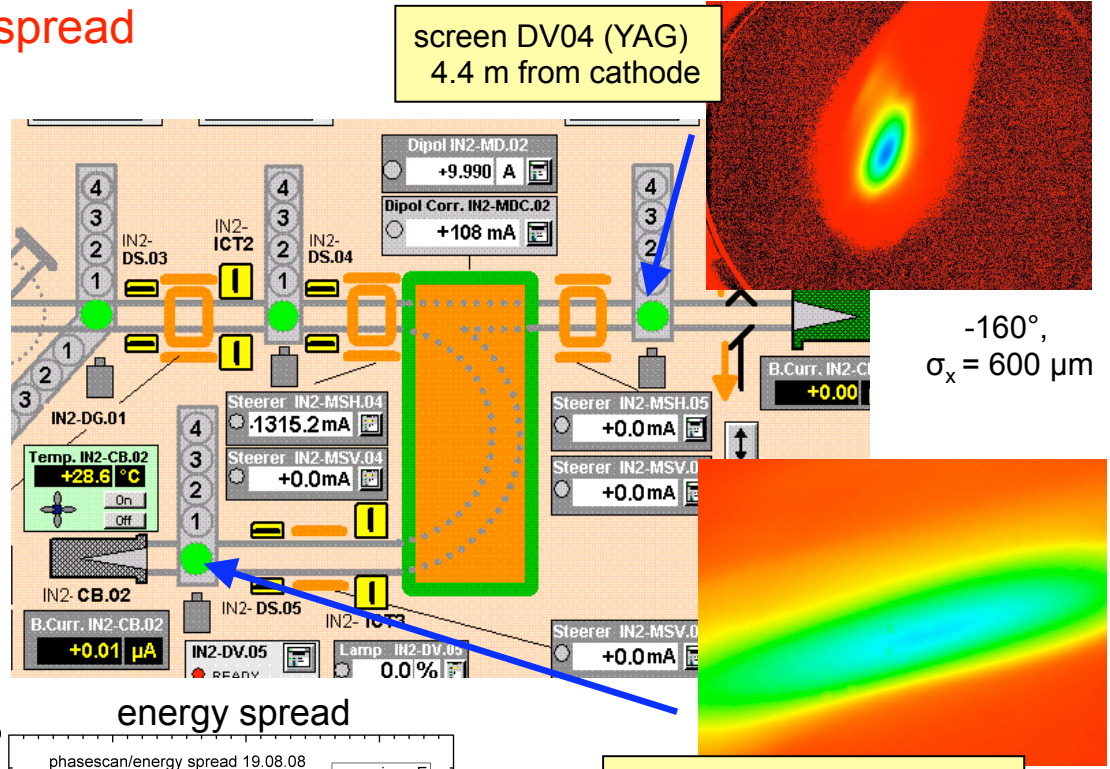
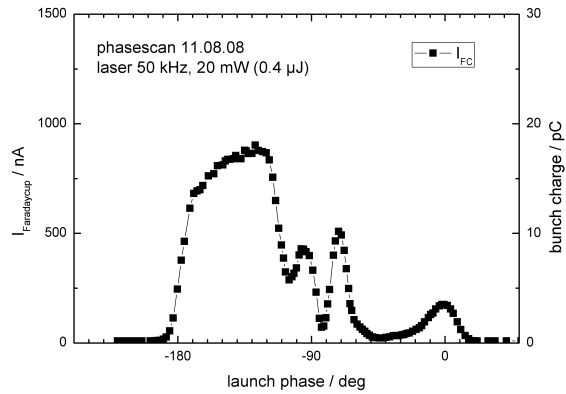
主加速部 (SC) へ

# BEAM PARAMETER MEASUREMENT

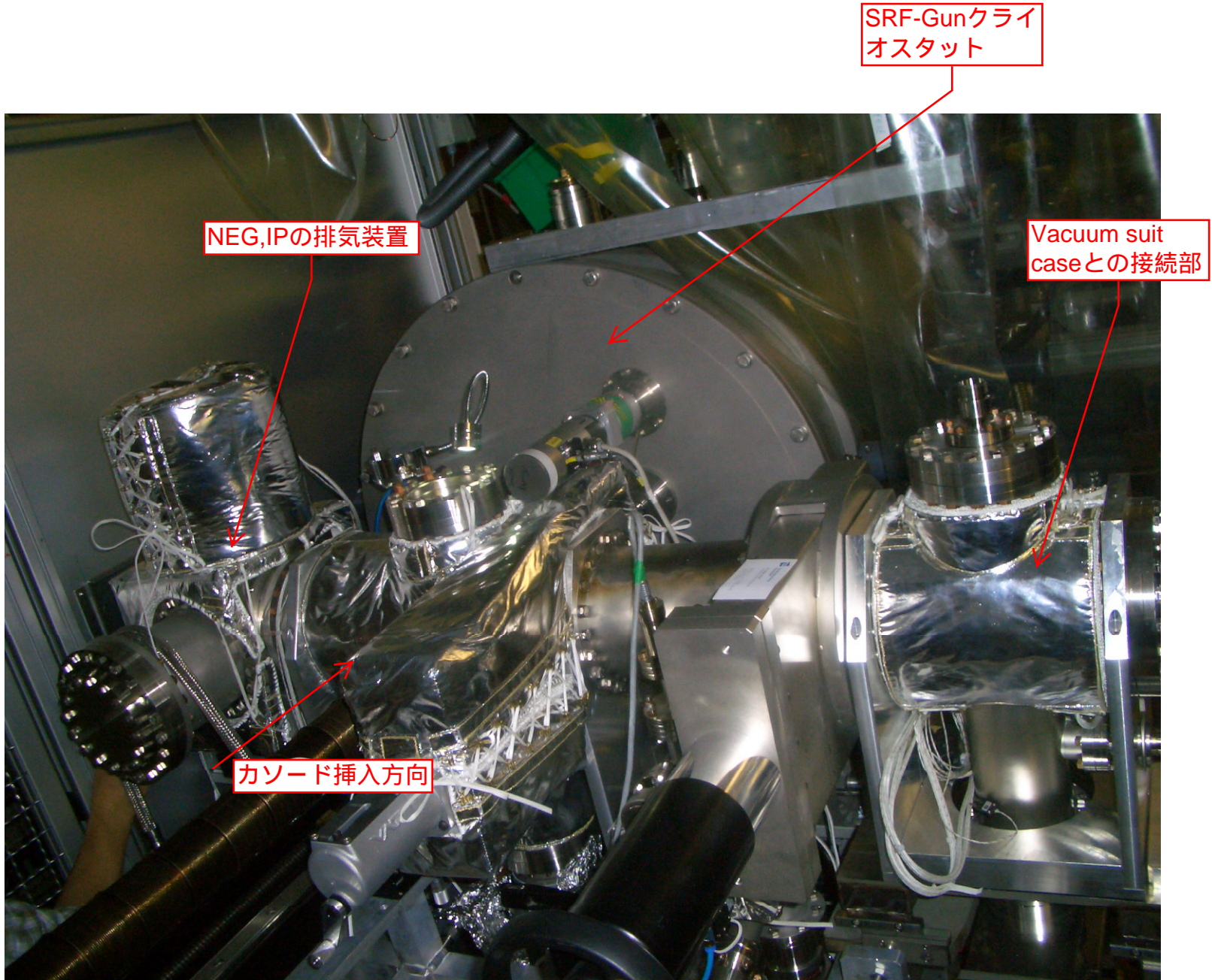


Radiation Source ELBE

## Schottky scan – energy & energy spread



screen DV05  
 same optical path as DV04



SRF-Gunクライオ  
スタート

NEG, IPの排気装置

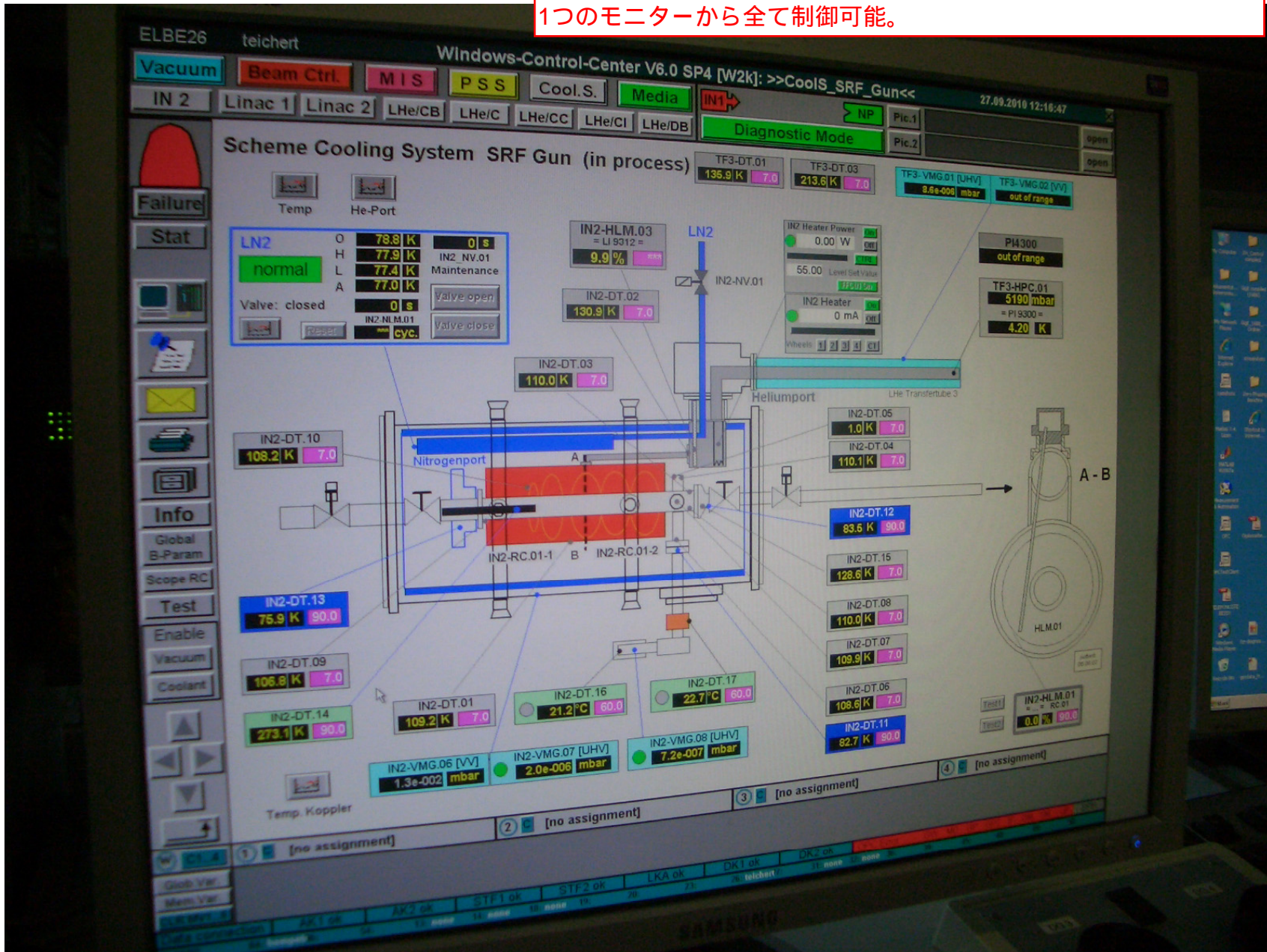
Vacuum suit  
caseとの接続部

カソード挿入方向





真空モニター、ビーム制御、冷却関係、インターロック関係など、1つのモニターから全て制御可能。



カソード膜作製は、ELBE棟とは別の建屋で行っている。製膜後、Vacuum suit caseにて真空保管環境で移動し、電子銃へ接続。

