

# アルカリアンチモン光陰極高電圧電子銃から mAビーム生成

---

東北大学 多元研  
量研

西森信行  
永井良治、沢村勝、羽島良一

# 概要

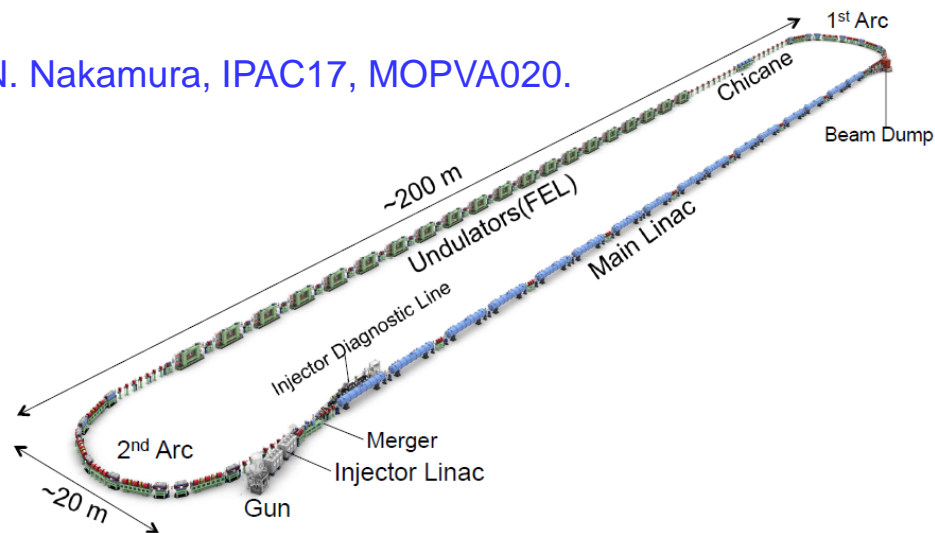
- 大電流光陰極電子銃
- QSTにおける光陰極電子銃開発
- $QE=5.8\%$ の $Cs_3Sb$ 光陰極の成膜
- mA級ビーム生成
- まとめ

# 大電流電子ビームによる応用

## 800MeV ERL-FEL

- 10kW EUVリソグラフィ光源

N. Nakamura, IPAC17, MOPVA020.



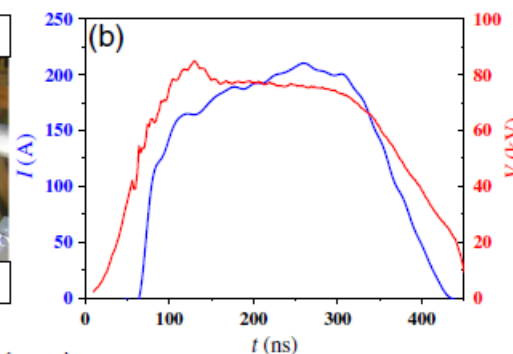
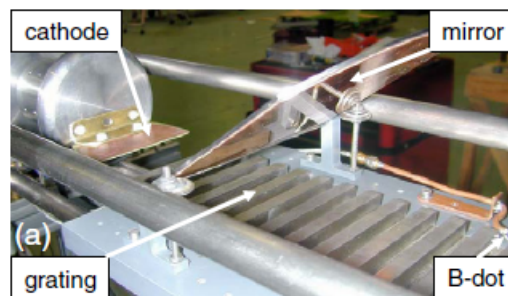
## スミスパーセル FEL

- コンパクトテラヘルツ光源

CEA-CESTA, France

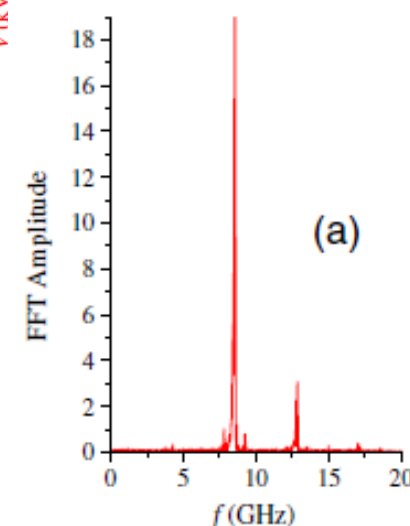
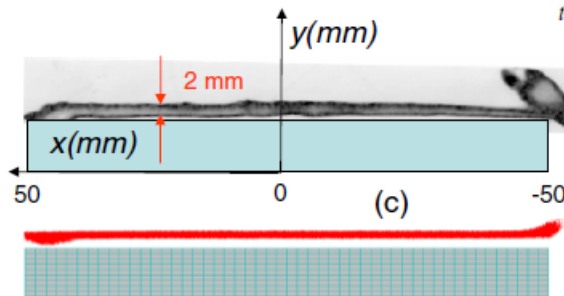
J. Gardelle et al., PRSTAB12, 110701 (2012)

Parameters	Value
Applied voltage	$(85 \pm 5)$ kV
Current	$(180 \pm 30)$ A
Current pulse duration (FWHM)	300 ns
Beam thickness	2 mm
Beam-grating distance	2 mm
Beam width	10 cm
Grating period	2 cm
Grating groove depth	1 cm
Grating groove width	1 cm
Grating width	10 cm
Number of periods	20
External magnetic field	Variable from 0 to 1 T



## 入射器要求性能

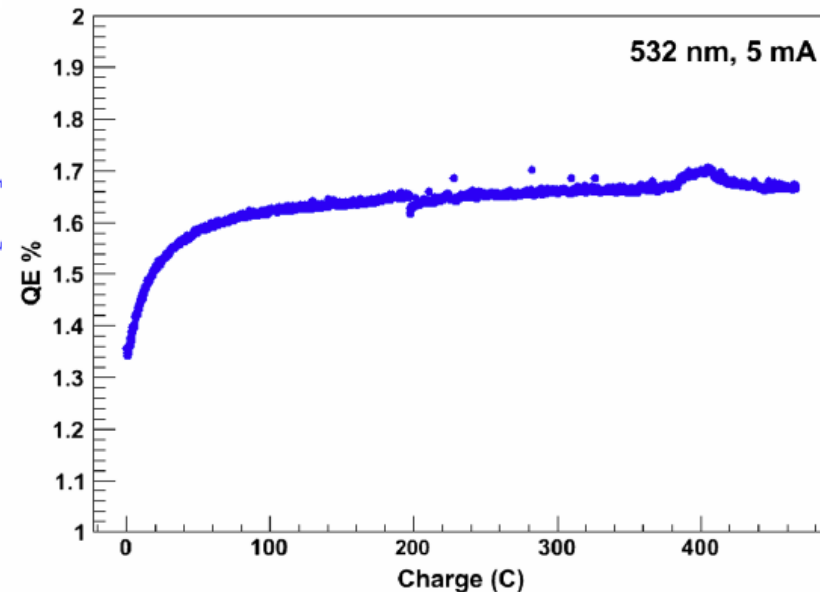
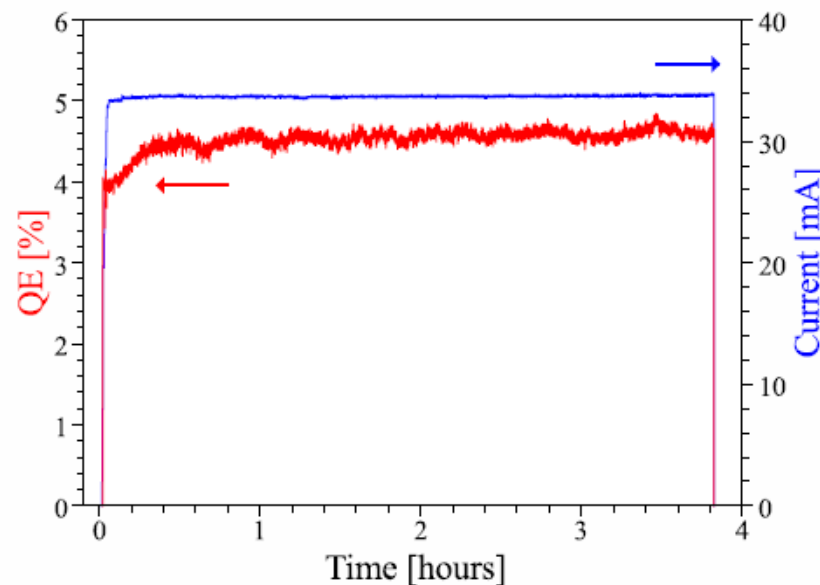
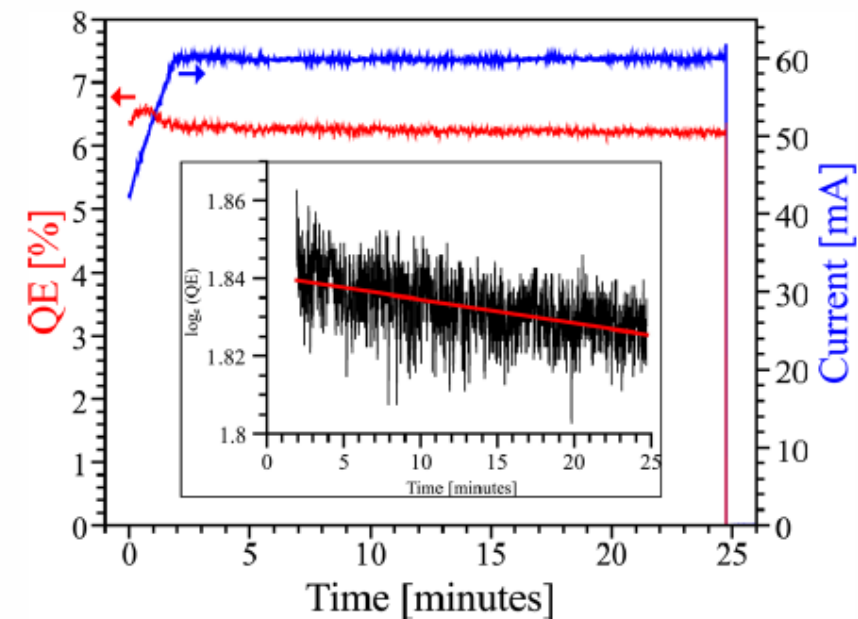
Charge	$\epsilon_n$ ( $\mu\text{m}$ )	$I_{\text{peak}}$ (A)	$I_{\text{ave.}}$ (mA)
60 pC	0.60	30	10



# アルカリ光陰極からの大電流発生例

コーネル大

JLab



研究所	電子銃	光陰極	電流 mA	レーザー	QE %	寿命 h
ロスアラモス	433MHz RF	$K_2CsSb$	32	527nm	3	2.3
コーネル	250kV dc	$K_2CsSb$	60	520	6	30
	250kV dc	$Cs_3Sb$	34	520	4.5	long
	350kV dc	NaKSb	75	520	4.5	66
JLab	200kV dc	$K_2CsSb$	5	532	1.7	

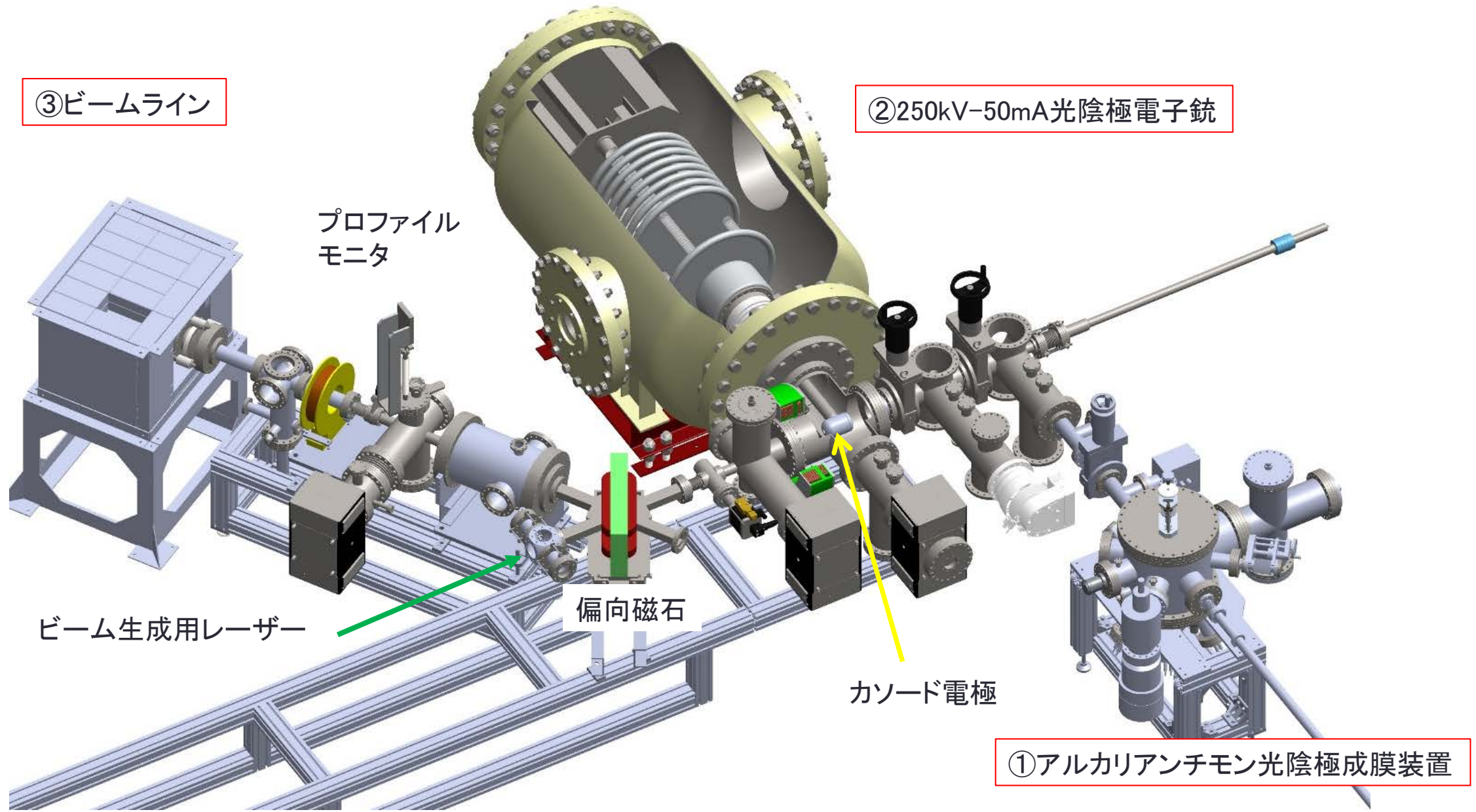
D. H. Dowell et al., APL 63, 2035 (1993)

B. Dunham et al., APL 102, 034105 (2013)

L. Cultera et al., APL 103, 103504 (2013)

R. R. Mammei et al., PRSTAB 16, 033401 (2013)

# QST光陰極電子銃開発



③ビームライン

②250kV-50mA光陰極電子銃

プロフィール  
モニター

ビーム生成用レーザー

偏向磁石

カソード電極

①アルカリアンチモン光陰極成膜装置

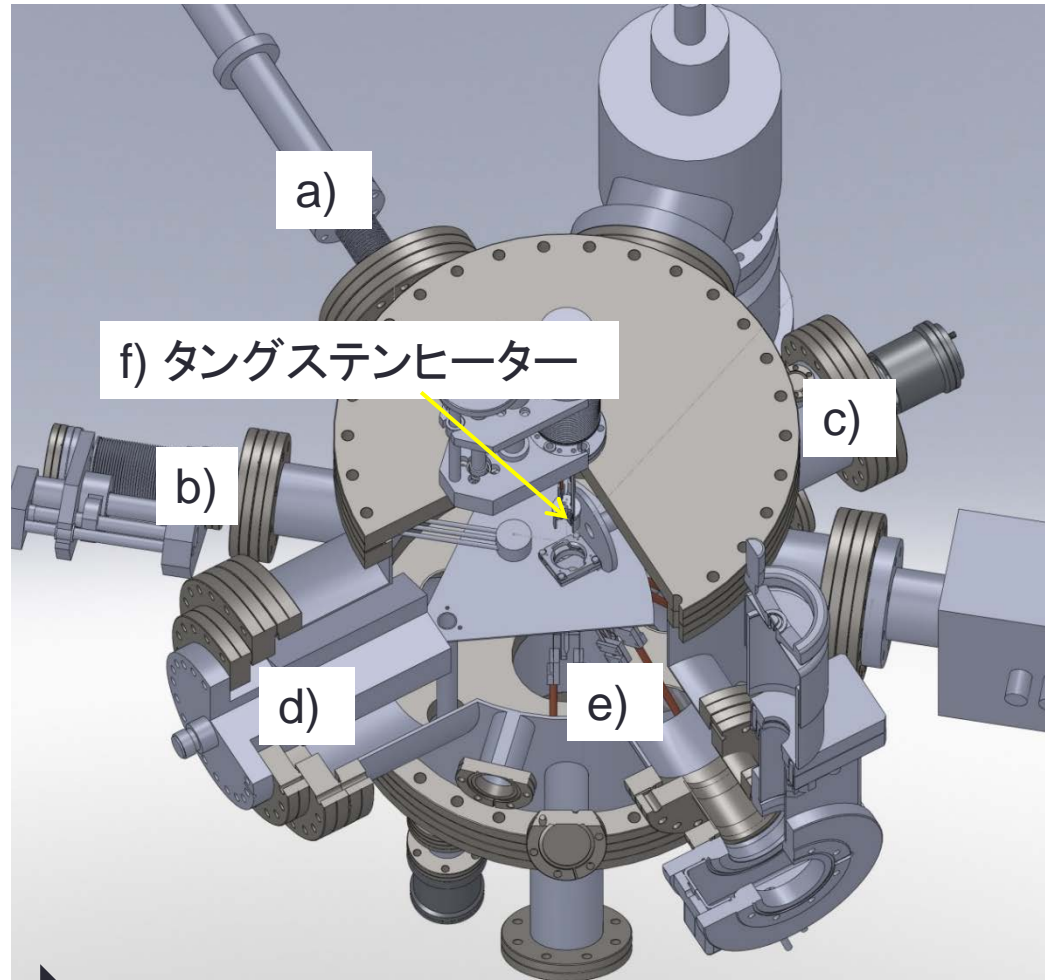
# 1. アルカリアンチモン光陰極成膜装置開発 (2013~)

コーネル大学の手法を参考

L. Cultera, "Fabrication, characterization and use of alkali antimonides in a dc gun", P3 Workshop 2012.



MBE容器



アルカリアンチモン光陰極成膜装置



a) トランスファーロッド

b) 膜厚計  
CRTS-4 (ULVAC)

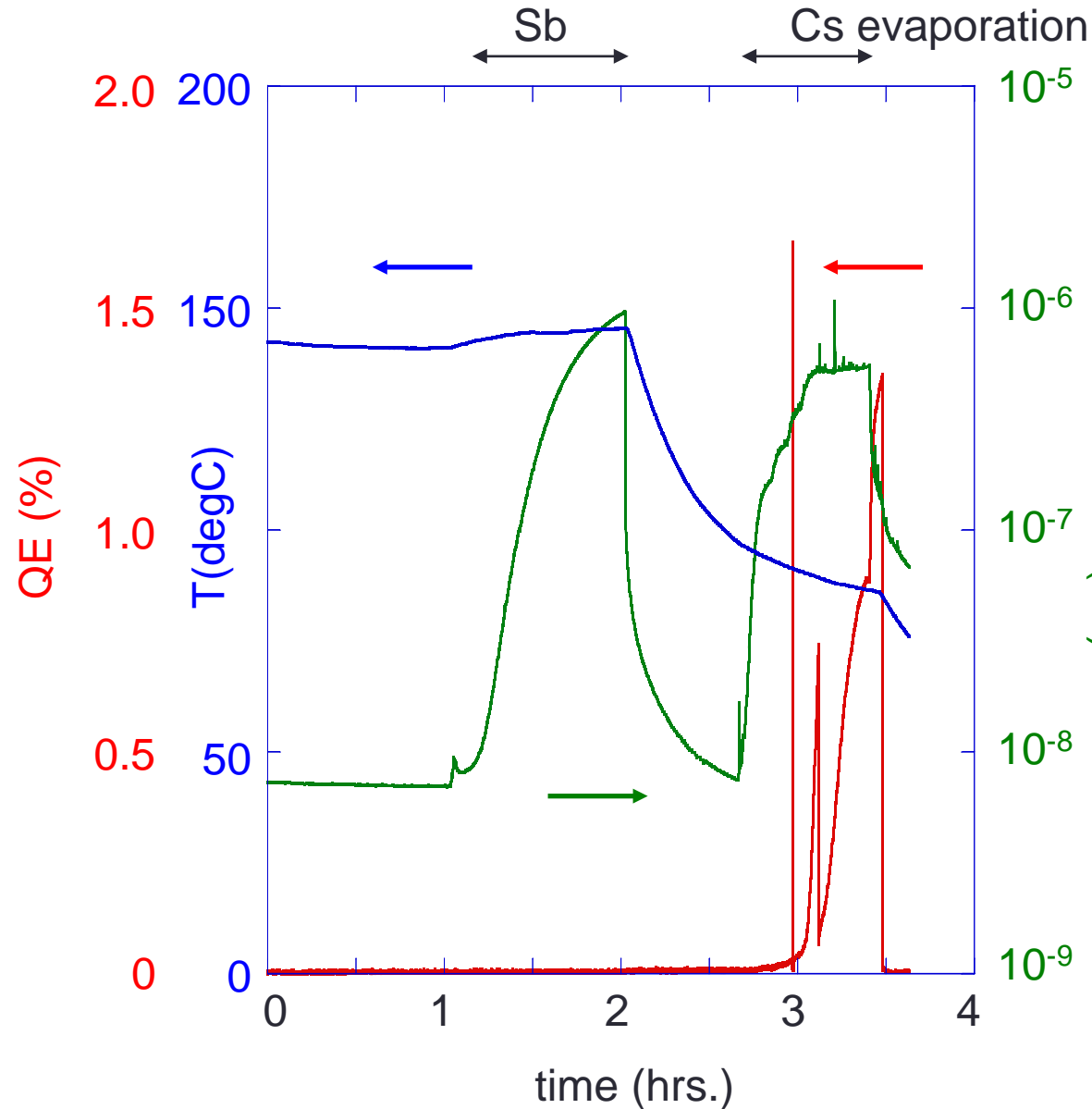
c) 回転  
パックホルダー

d) NEGポンプ

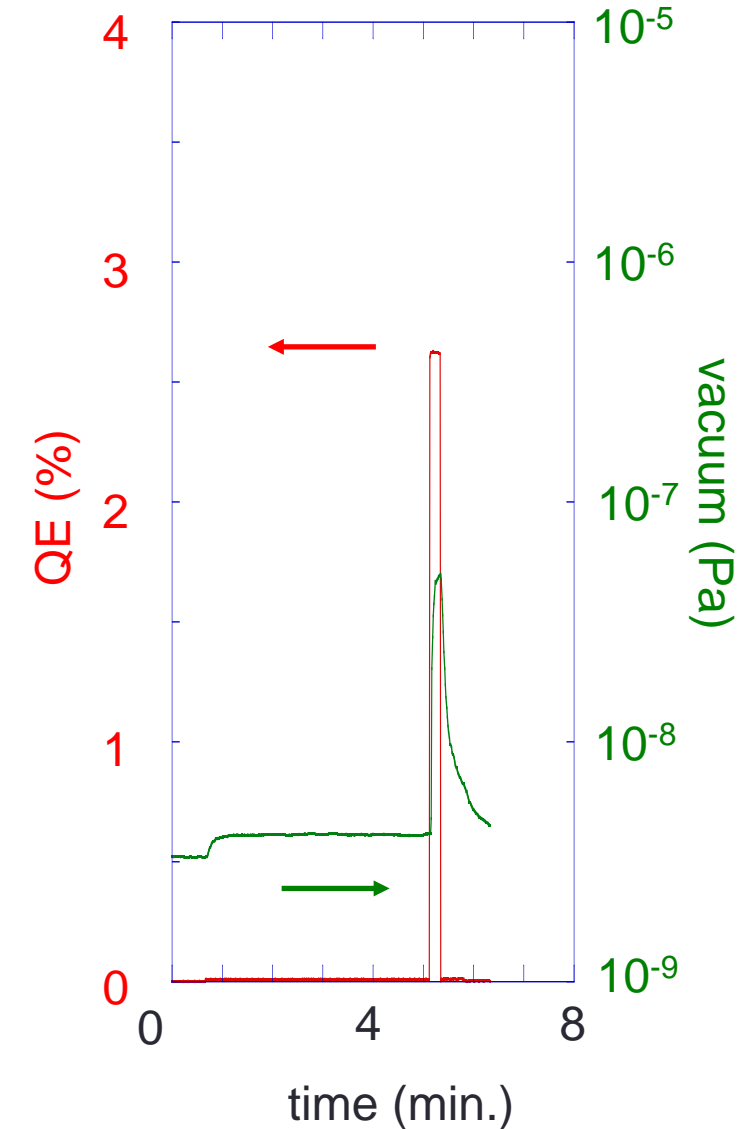
e) AS-6-Cs-415-V  
(ALVATEC)  
Mo boat  
Sb 99.9999%

# Cs<sub>3</sub>Sb光陰極の成膜 (2016春)

Mo パック  
(cERL 互換)  
Si(100) 基板



2日後にQE増



## 2. 光陰極直流電子銃開発 @QST

開発開始は2006年頃

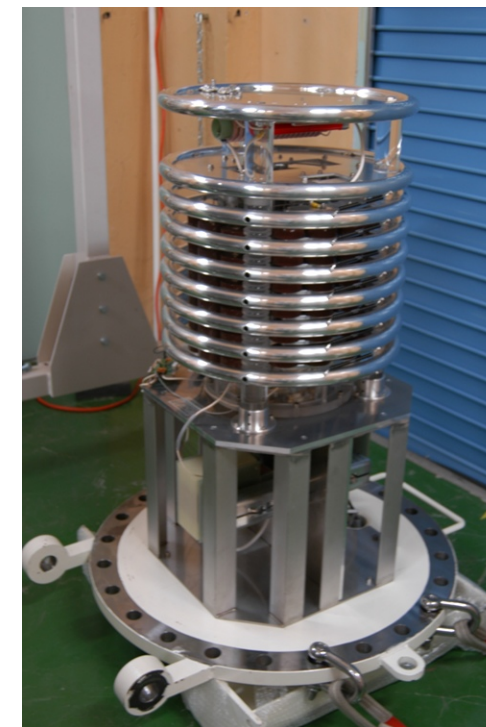
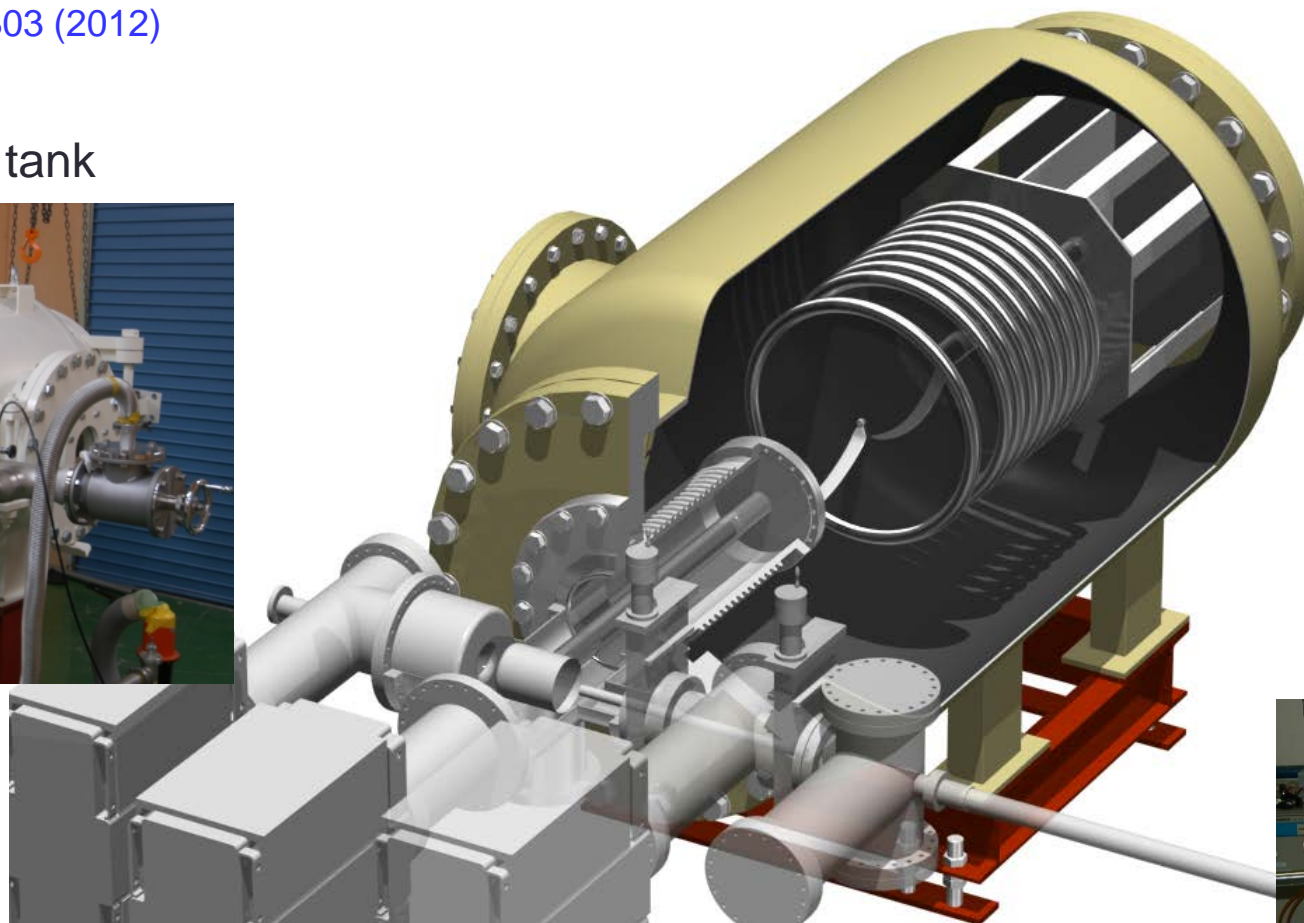
R. Nagai et al., Proc. Of PAC09, 545 (2009)

R. Nagai et al., RSI 83, 123303 (2012)

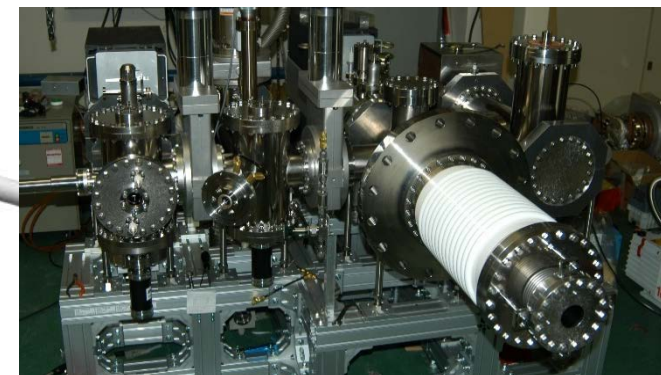
- ✓ 180kV-1 $\mu$ A ビーム生成  
ガリウムヒ素光陰極

250kV-50 mA HV 高電圧電源

SF6 insulator gas tank

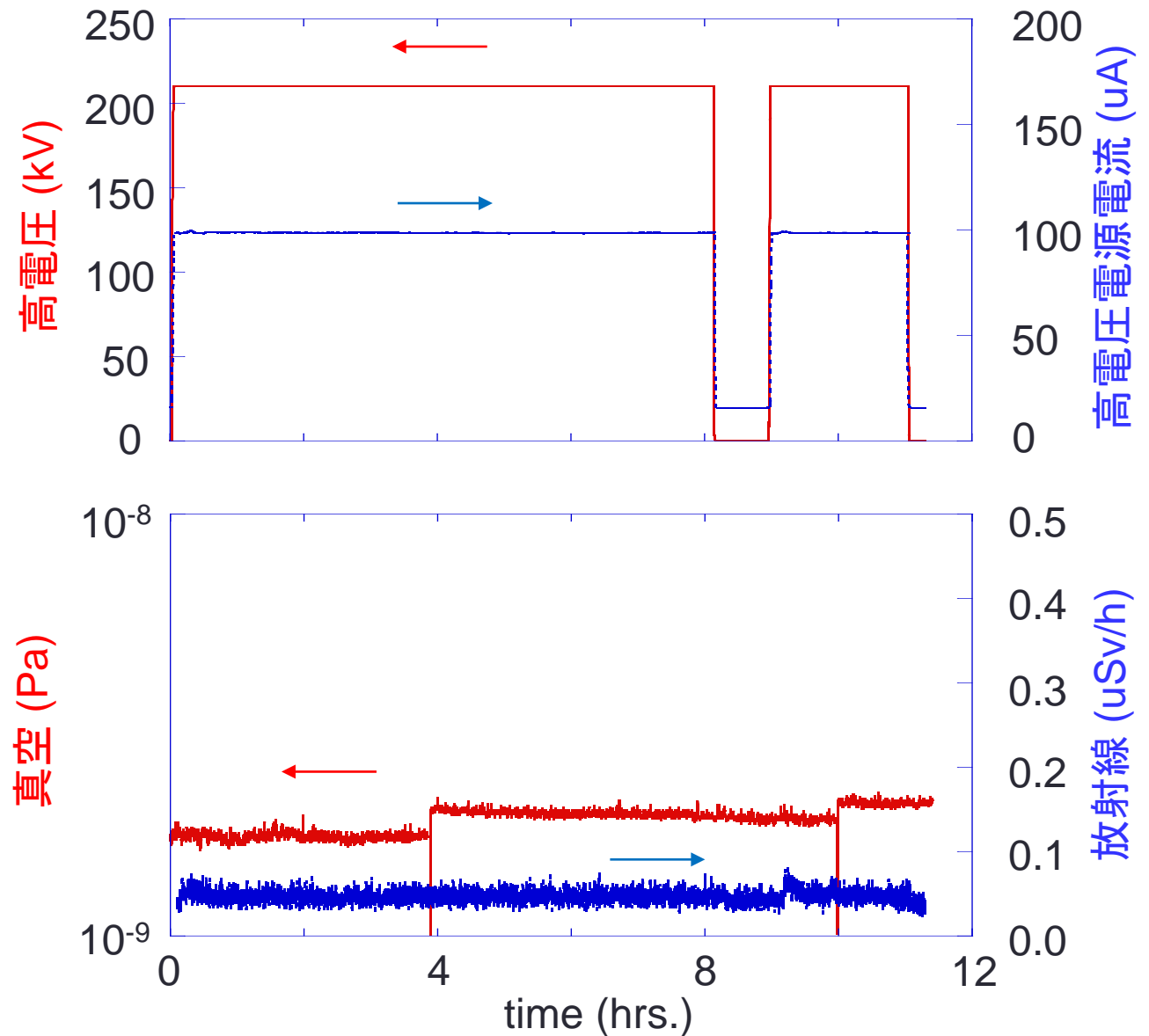
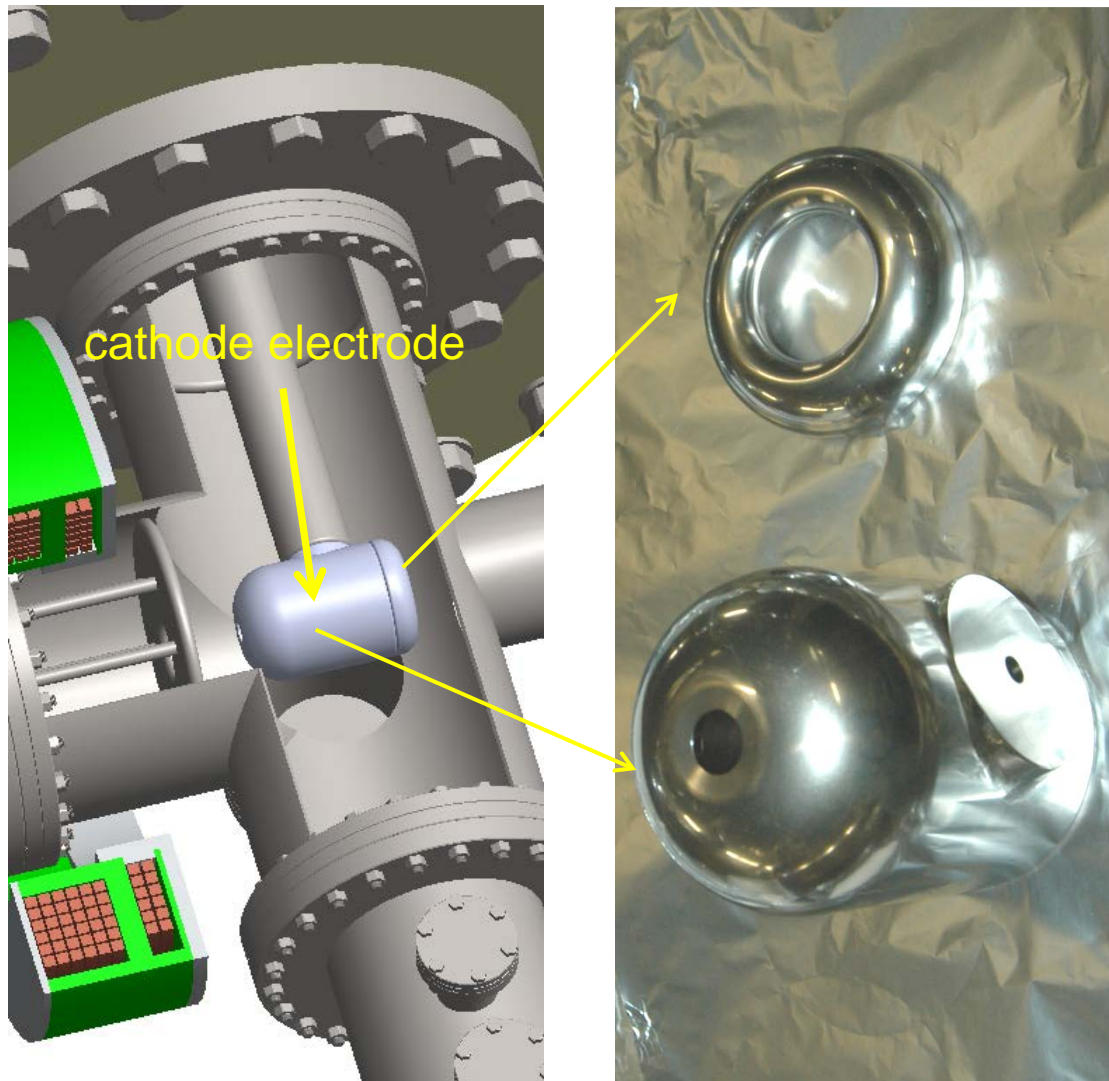


ガリウムヒ素光陰極準備容器

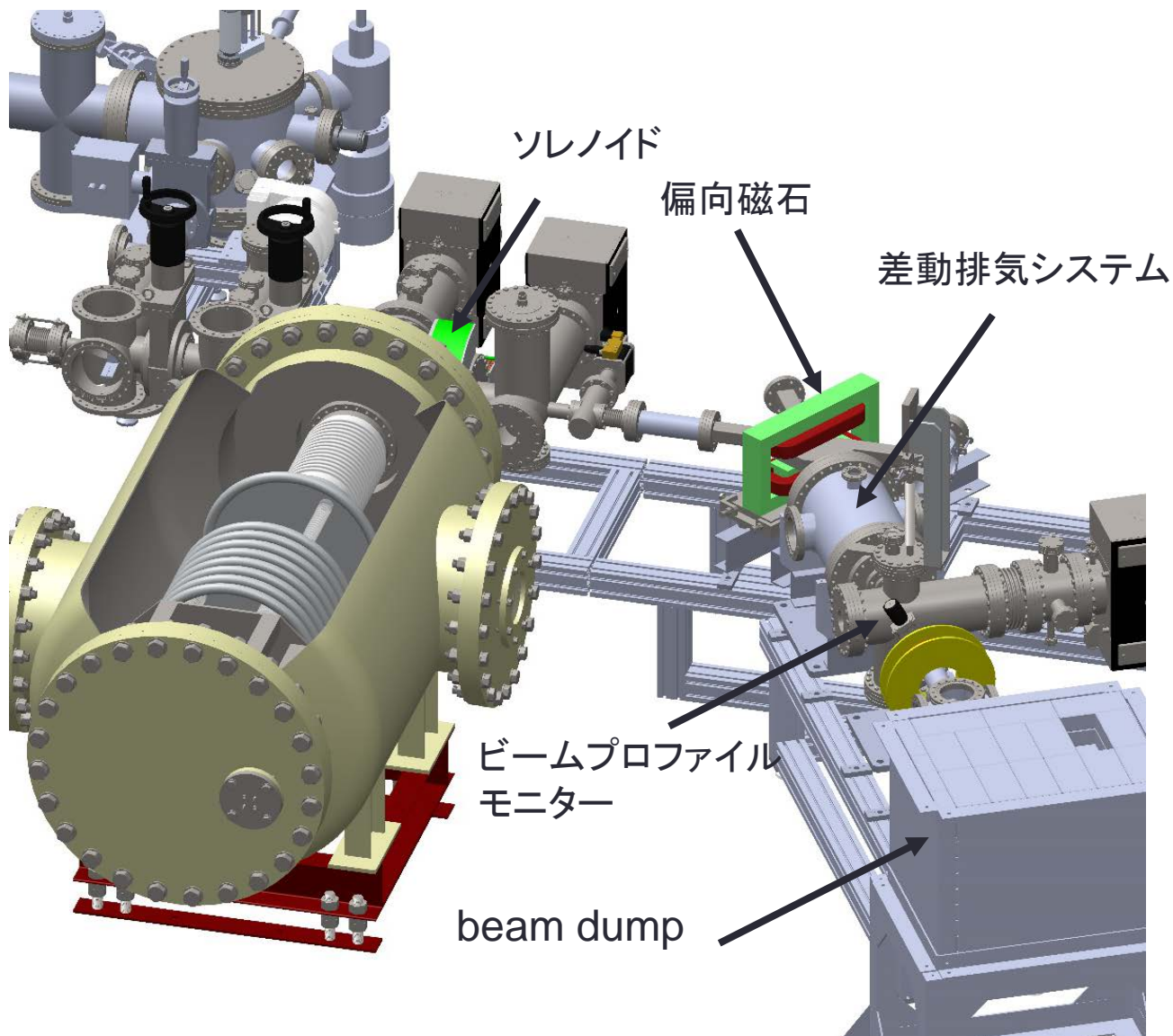




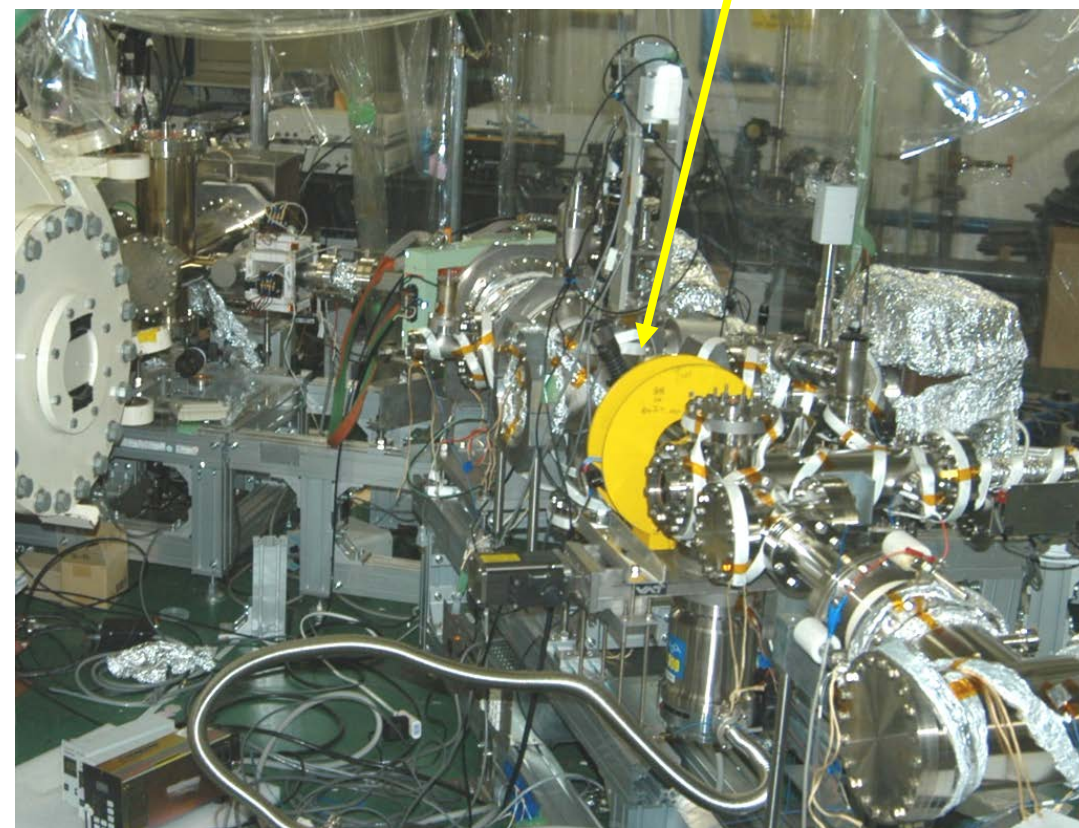
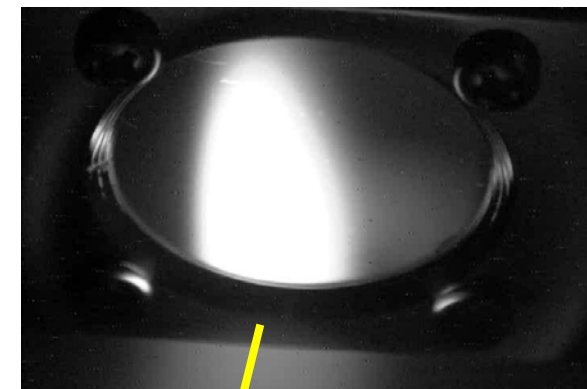
# カソード電極有の高電圧印加試験



# 3. ビームライン



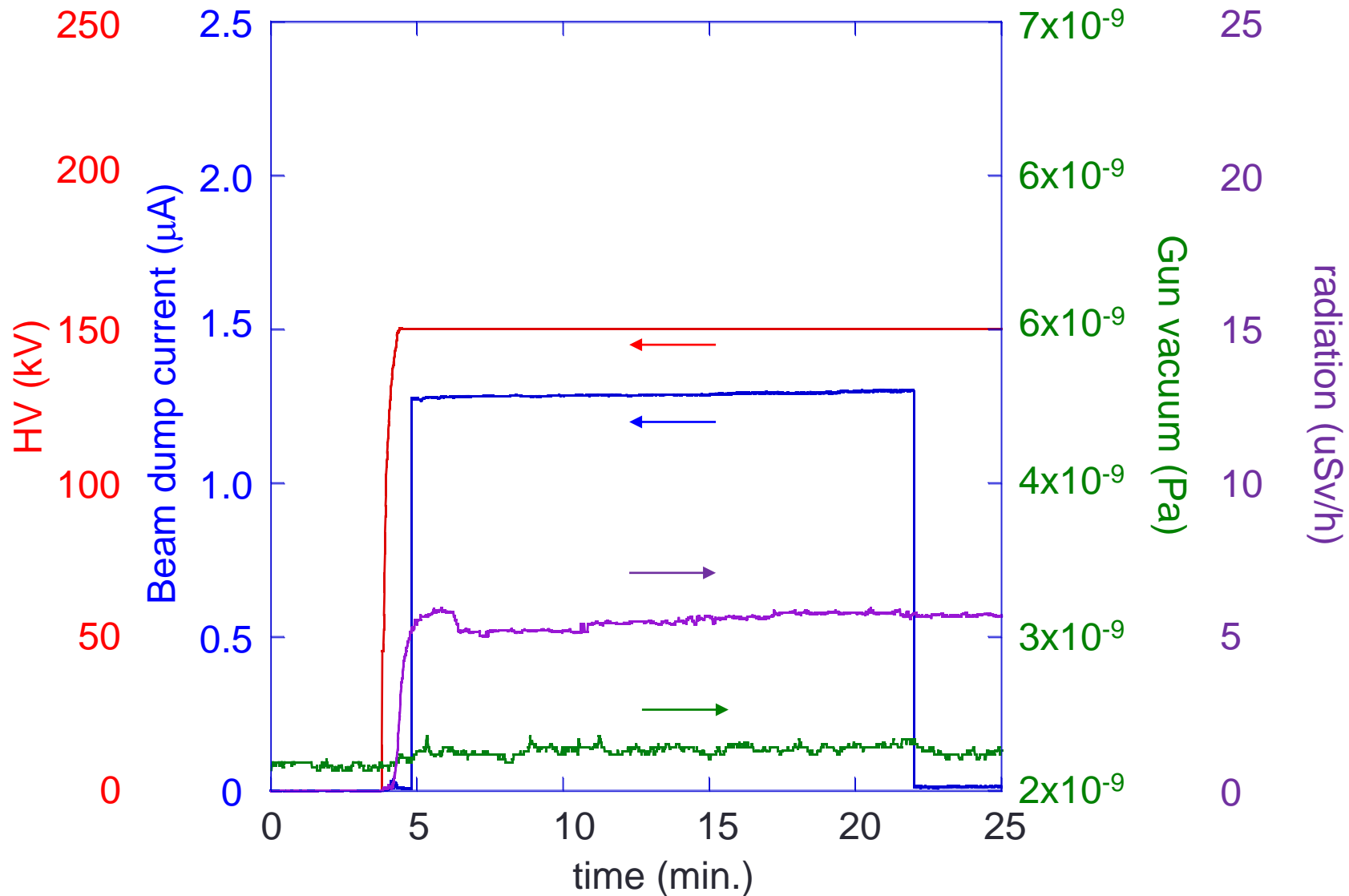
ビームプロファイル



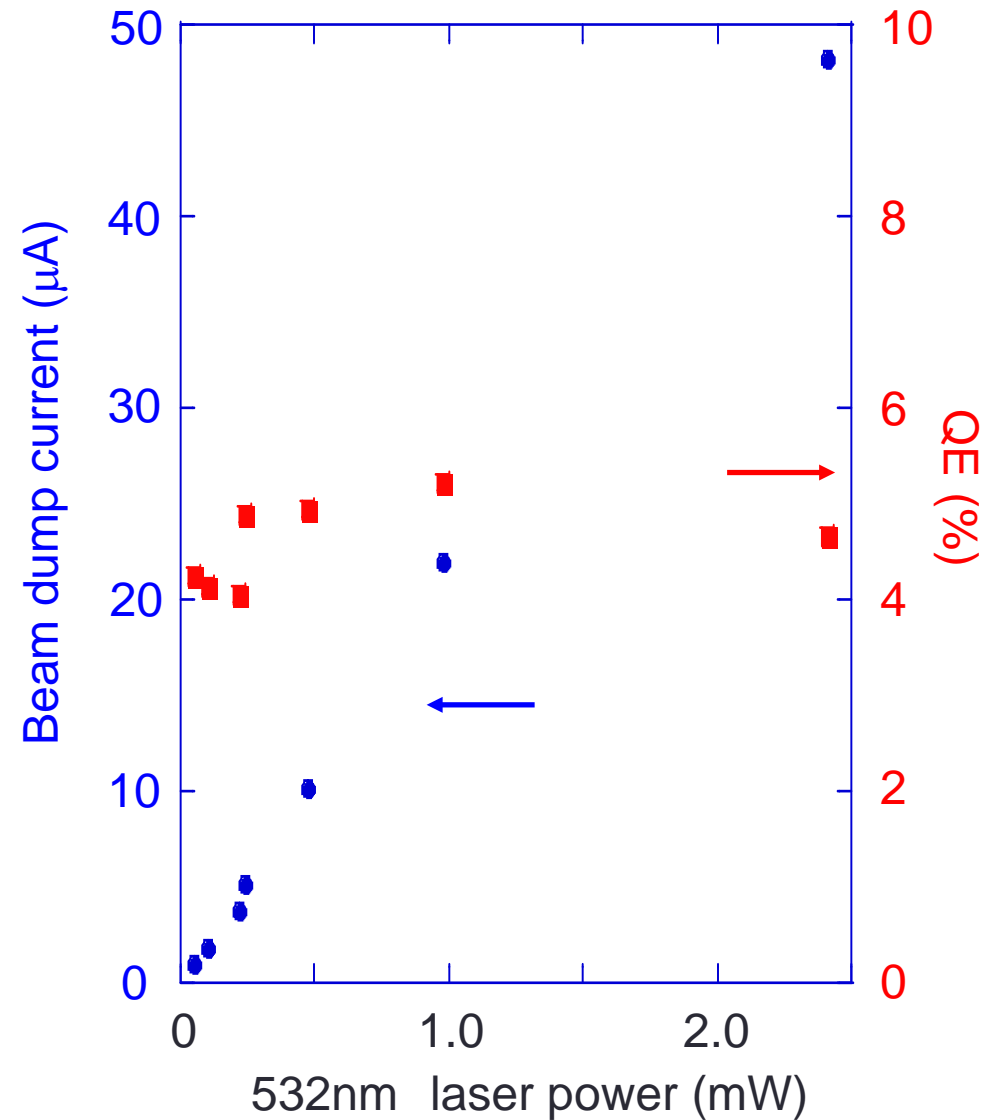
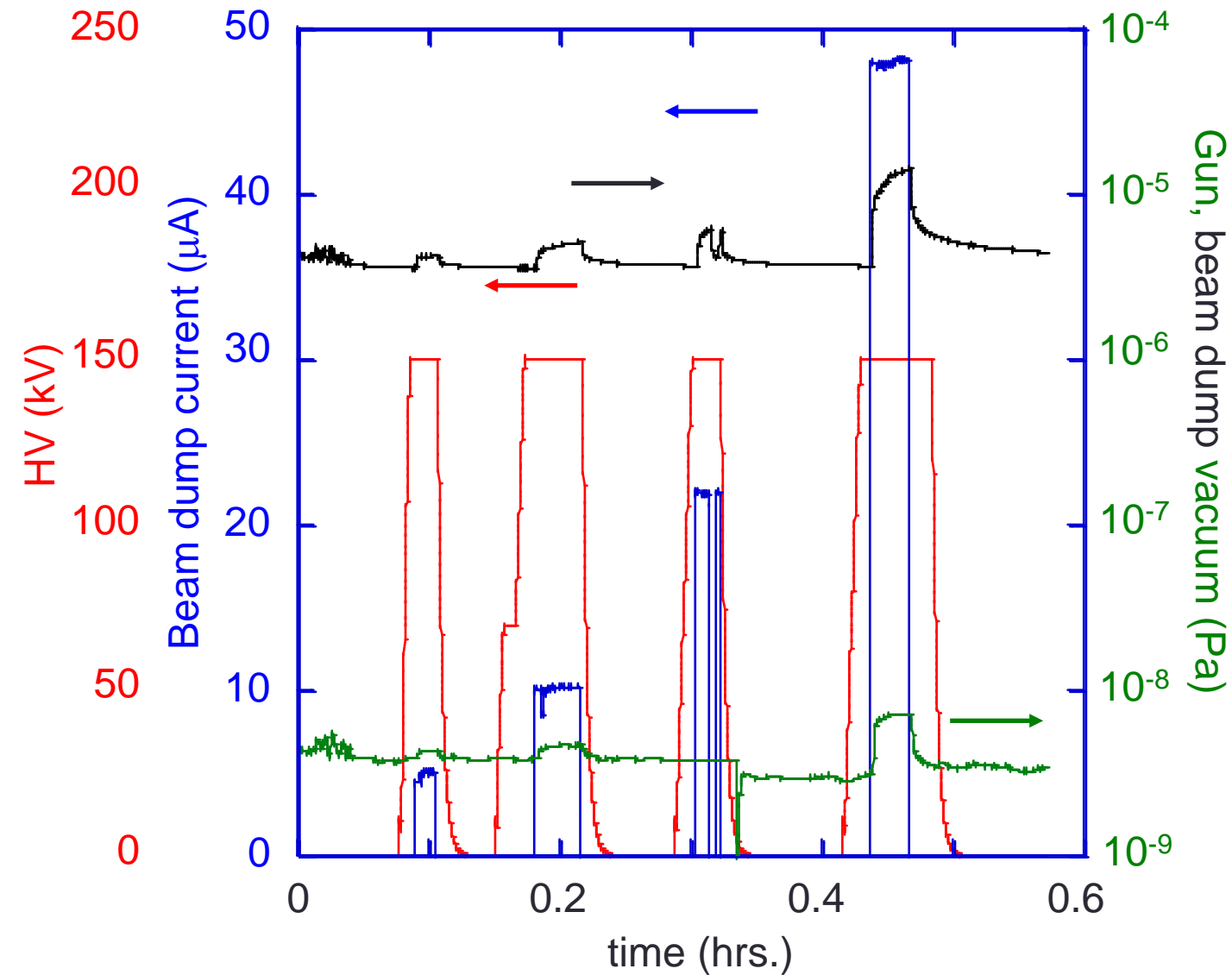
# 初ビーム生成 (成膜1週間後)

150kV運転。

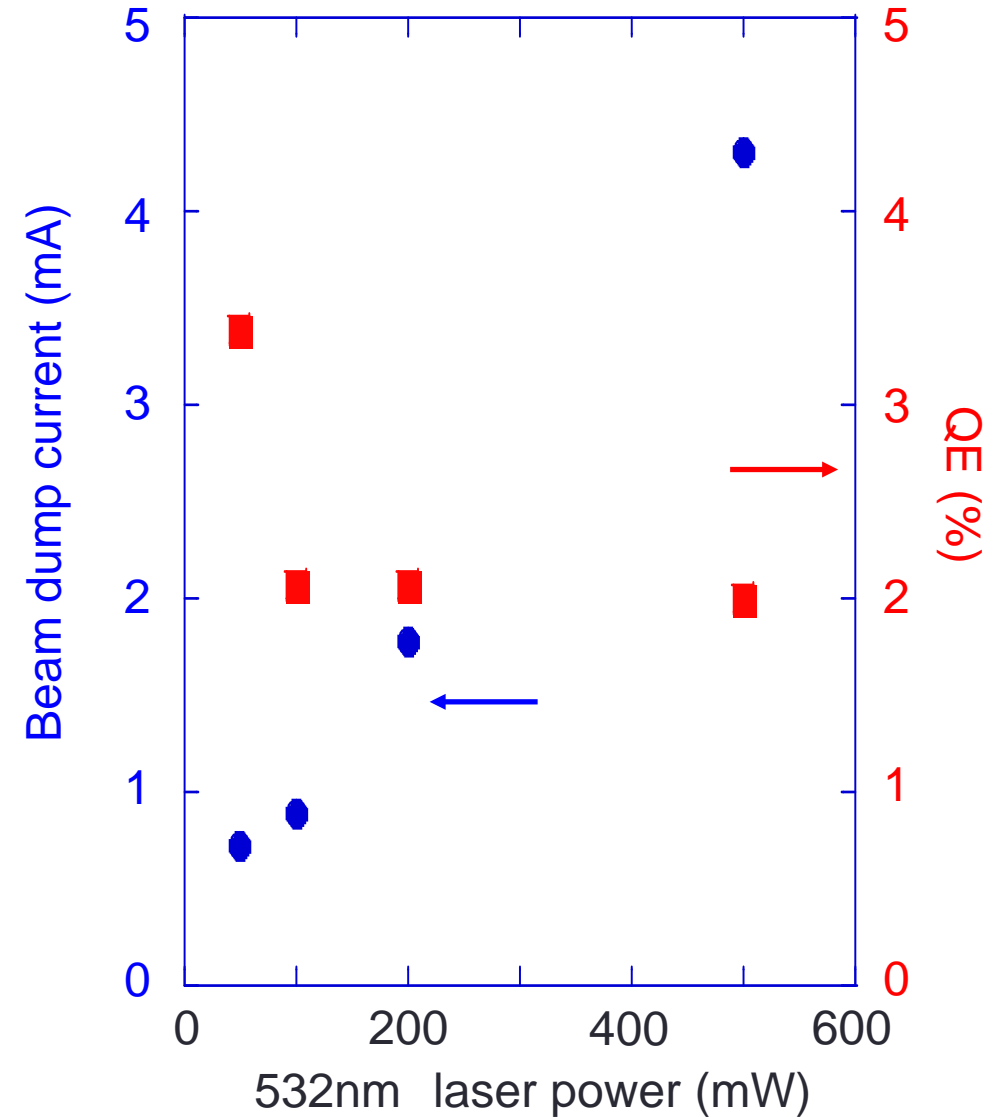
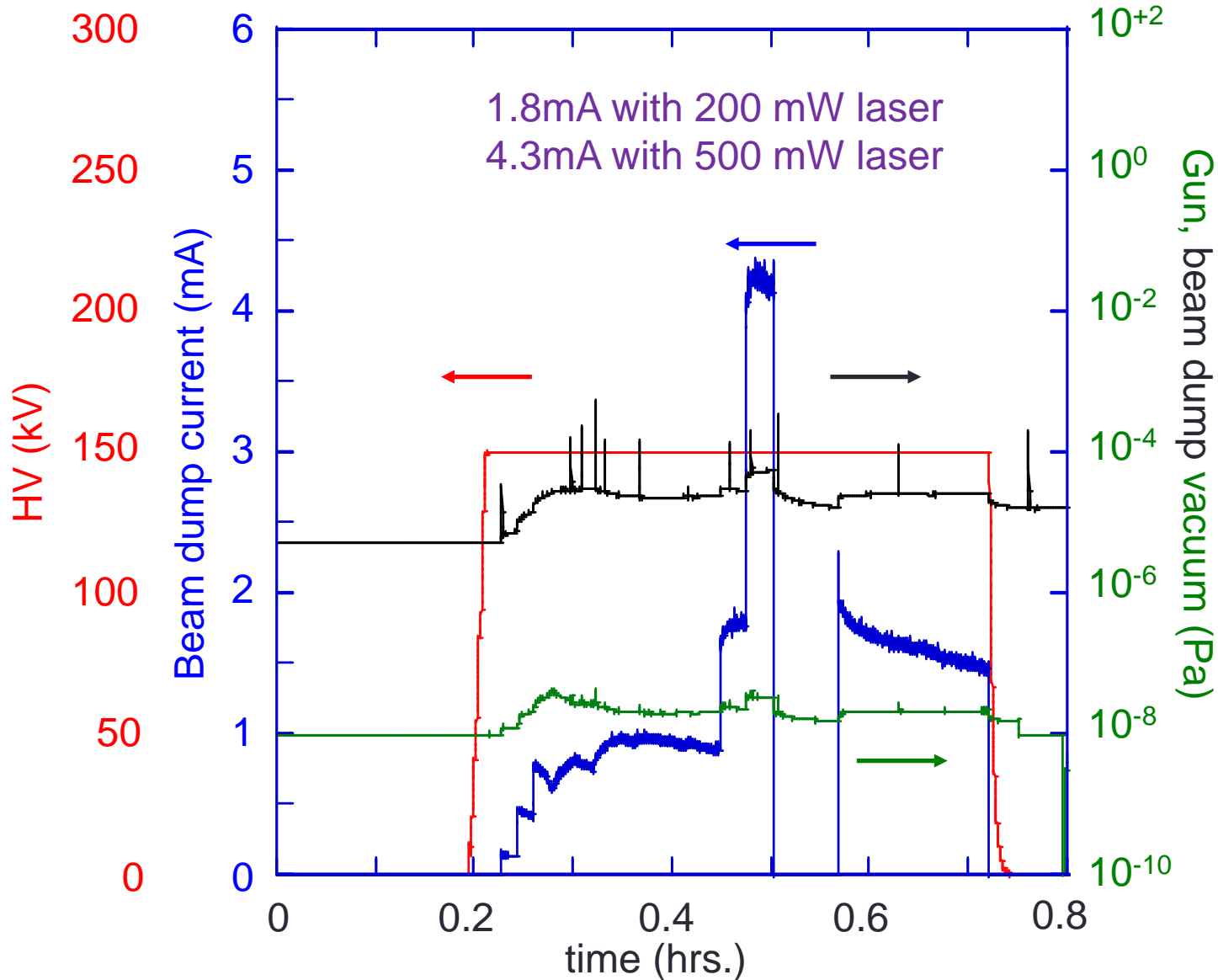
1.26 $\mu$ A@51 $\mu$ W@532nm  $\rightarrow$  QE=5.8%



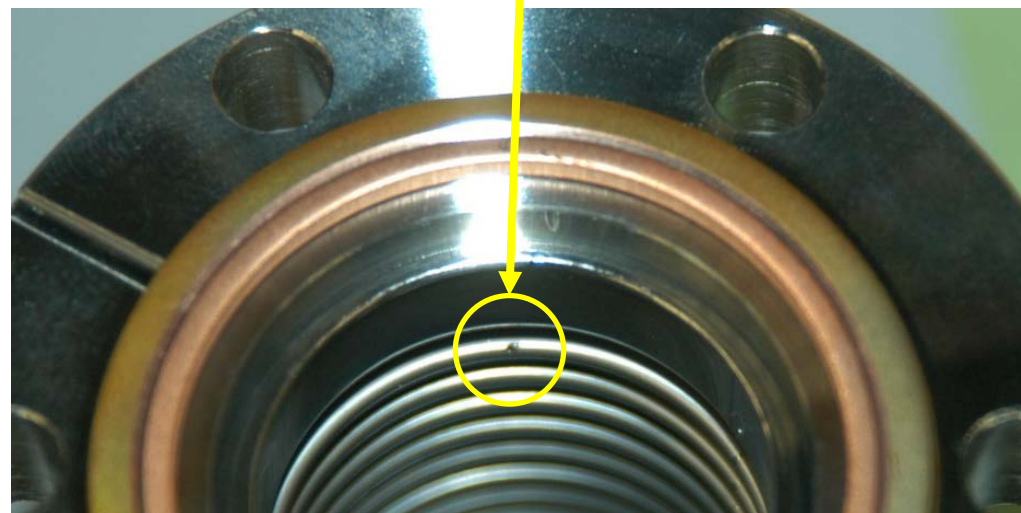
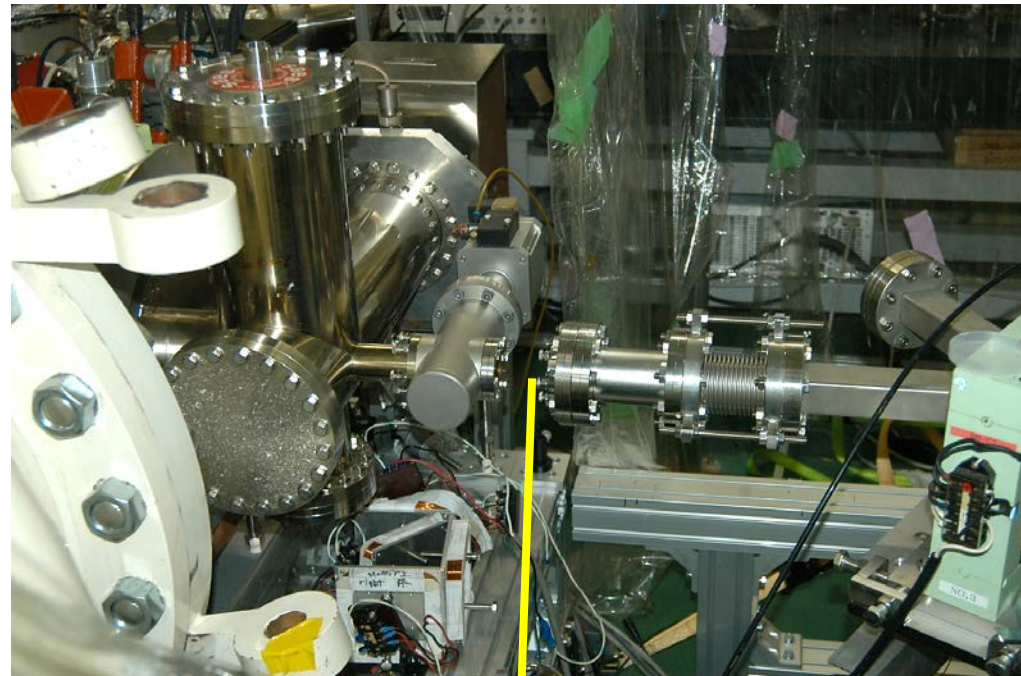
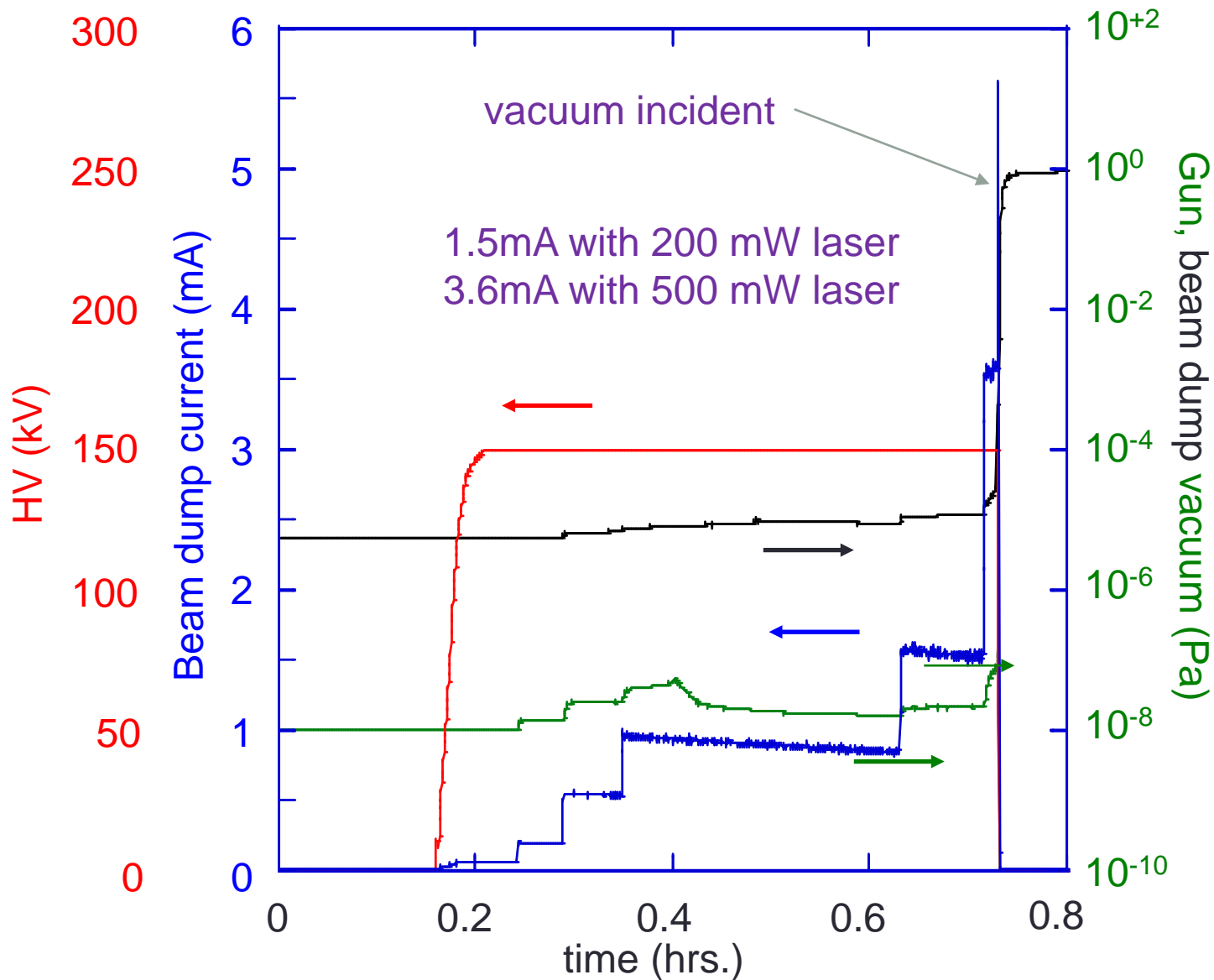
# 50 $\mu$ A ビーム生成 (成膜4.5ヶ月後)



# mA ビーム生成 (成膜7ヶ月後)



# 真空事故



# まとめ

- ✓ QE=5.8%のCs<sub>3</sub>Sb光陰極を成膜(電子銃移送後の値)
- ✓ 150kV - 4.3 mAビームを生成

## 今後

- 真空作業、ベーキング、高電圧コンディショニング、光陰極成膜、ビーム生成

## 謝辞

本研究の一部は科研費(15K13412)の助成を受けたものである。