

電子銃開発

西森信行
日本原子力研究開発機構

山本将博
高エネルギー加速器研究機構

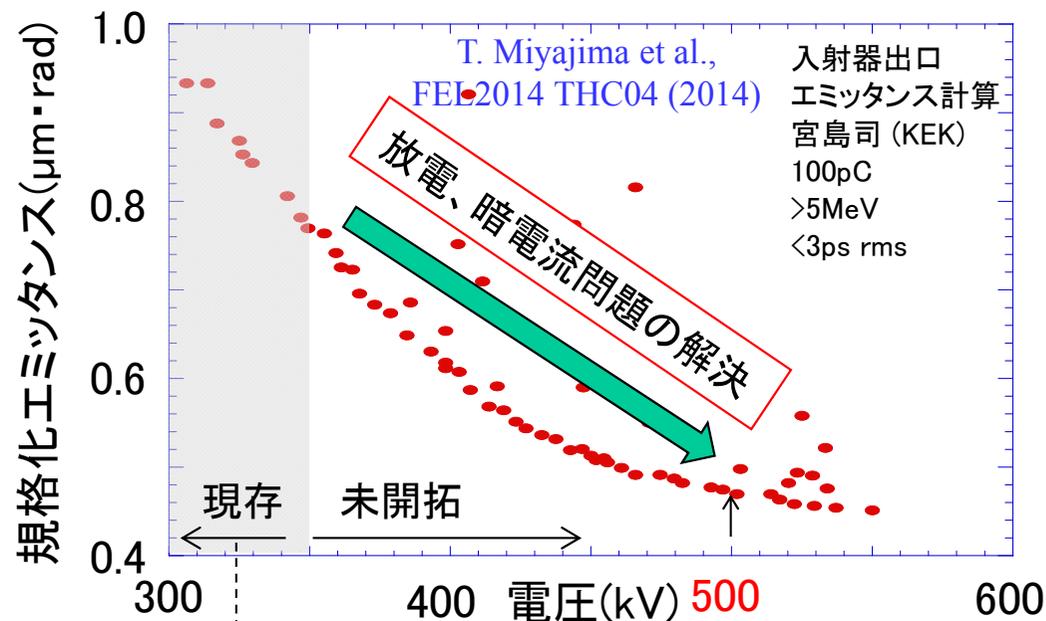
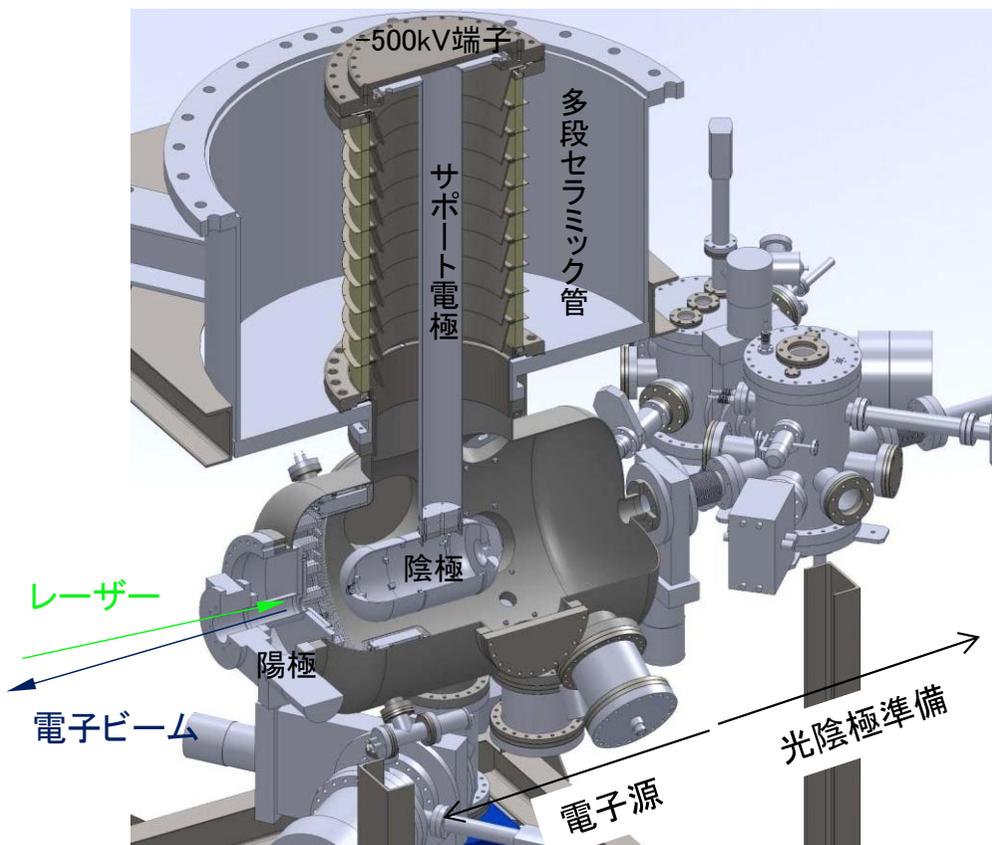
cERLミニワークショップ
平成26年12月19日 KEK

電子源開発目標

500kV直流光陰極電子銃

文科省 量子ビーム基盤技術開発プログラム 代表 浦川順治教授
(2008-2012年) JAEA、KEK、広大、名大 共同開発

高輝度・大電流ビーム生成



1991年の提案以来、20年以上進展なし

	高輝度	大電流
熱陰極パルス	○	×
光陰極高周波	○	×
光陰極直流	○	○

仕様	数値目標
光陰極	量子効率>1%、寿命>数カ月
電圧	500kV
電界	>5MV/m
電流	10mA
	規格化エミッタンス <0.5μm·rad

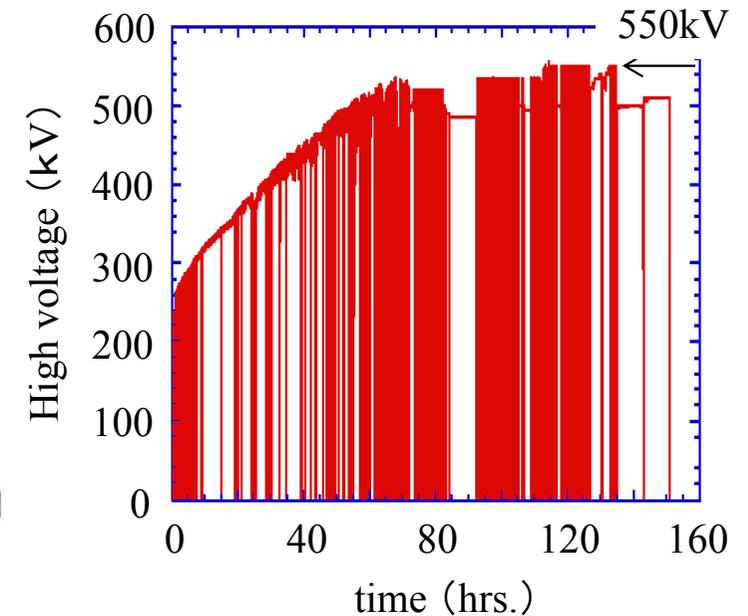
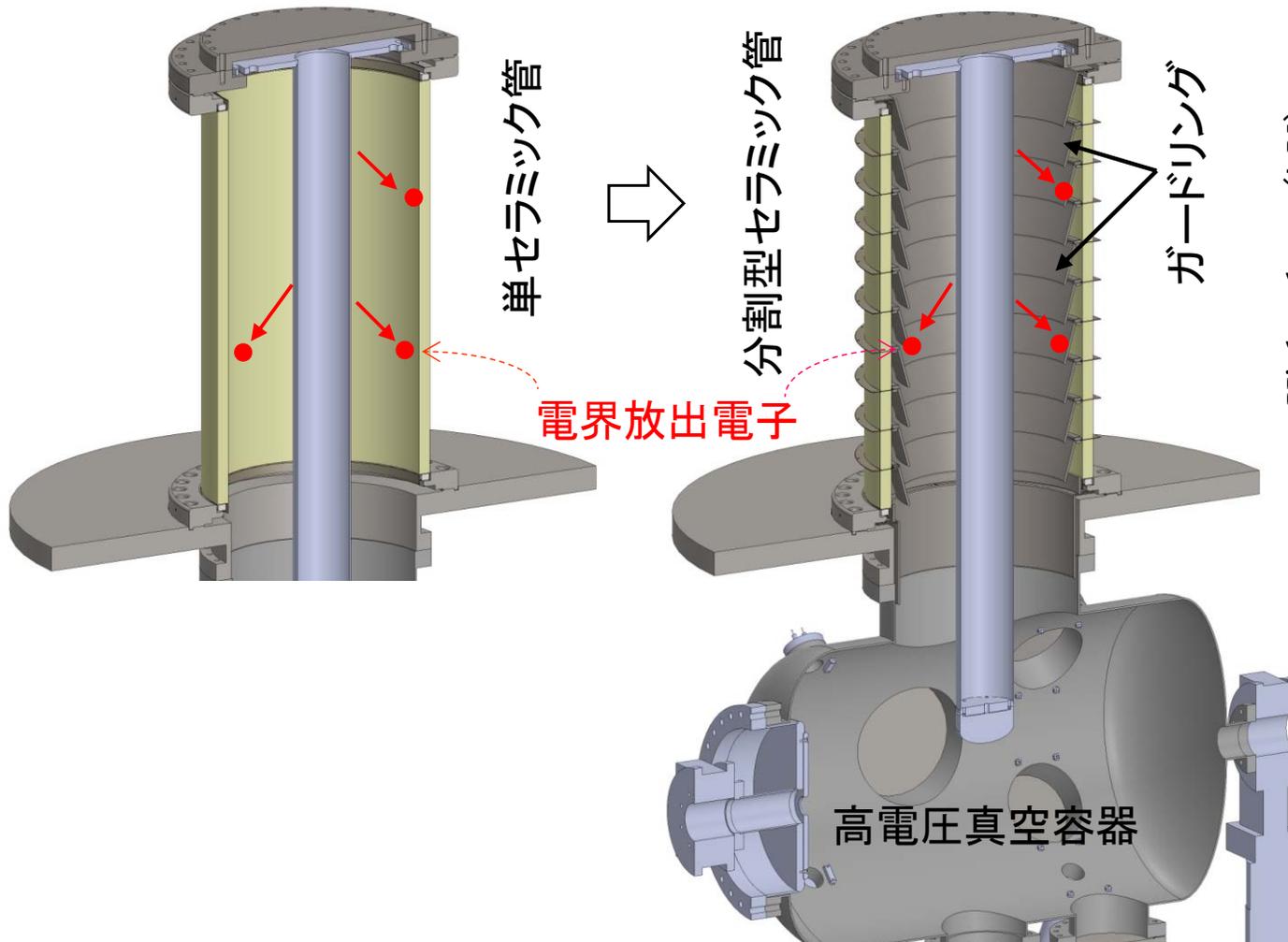
分割型セラミック管の開発

障害: サポート電極からの電界放出電子

対策: **多段セラミック管+ガードリングを採用**

→世界初の500kV印加を達成、世界中(コーネル大、JLab、IHEP)で採用

R. Nagai et al., Rev. Sci. Instrum. 81, 033304 (2010)



実験開始: 2009年6月
実験成功: 2009年11月

陽極効果に着目した暗電流対策

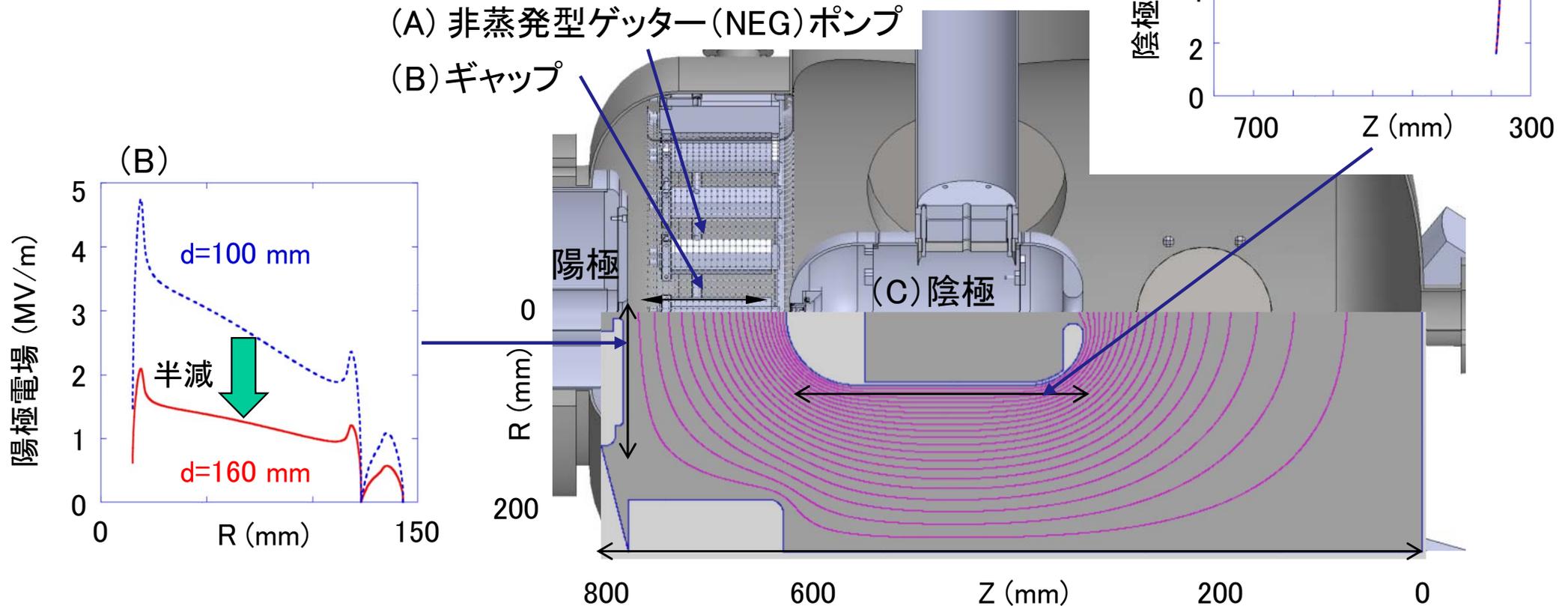
高電圧では陽極マイクロ放電効果も大きい

N. Nishimori et al., PRSTAB 17, 053401 (2014)

↓ 対策案

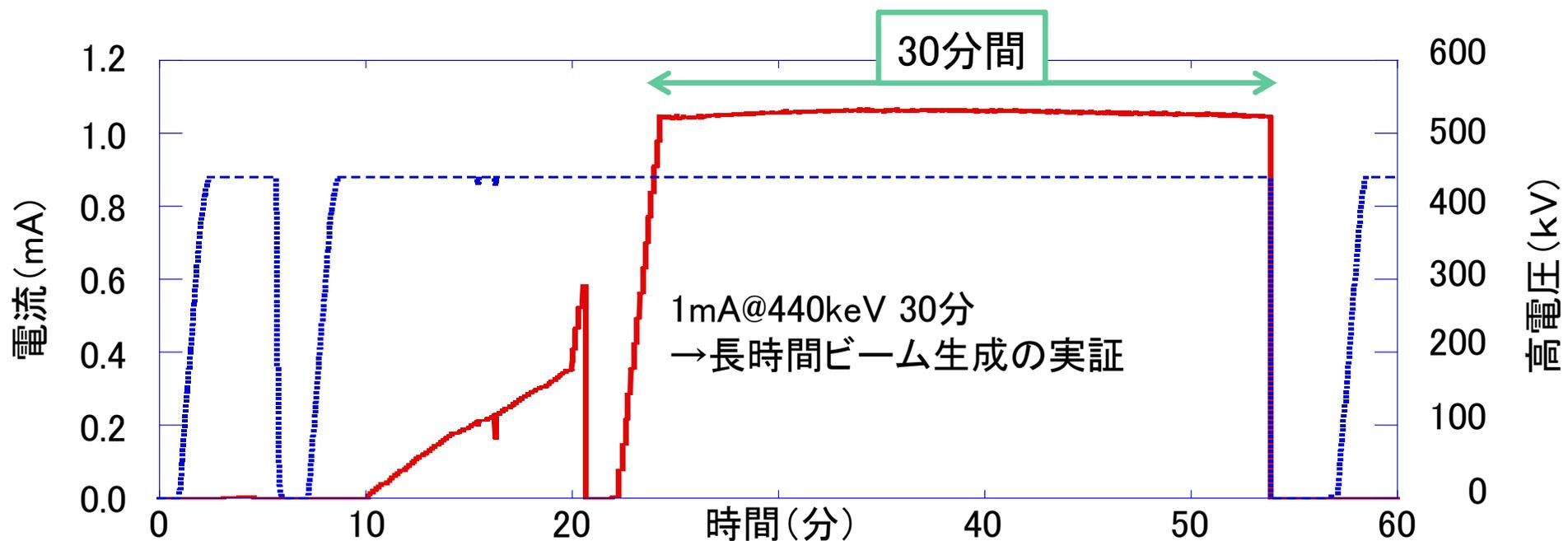
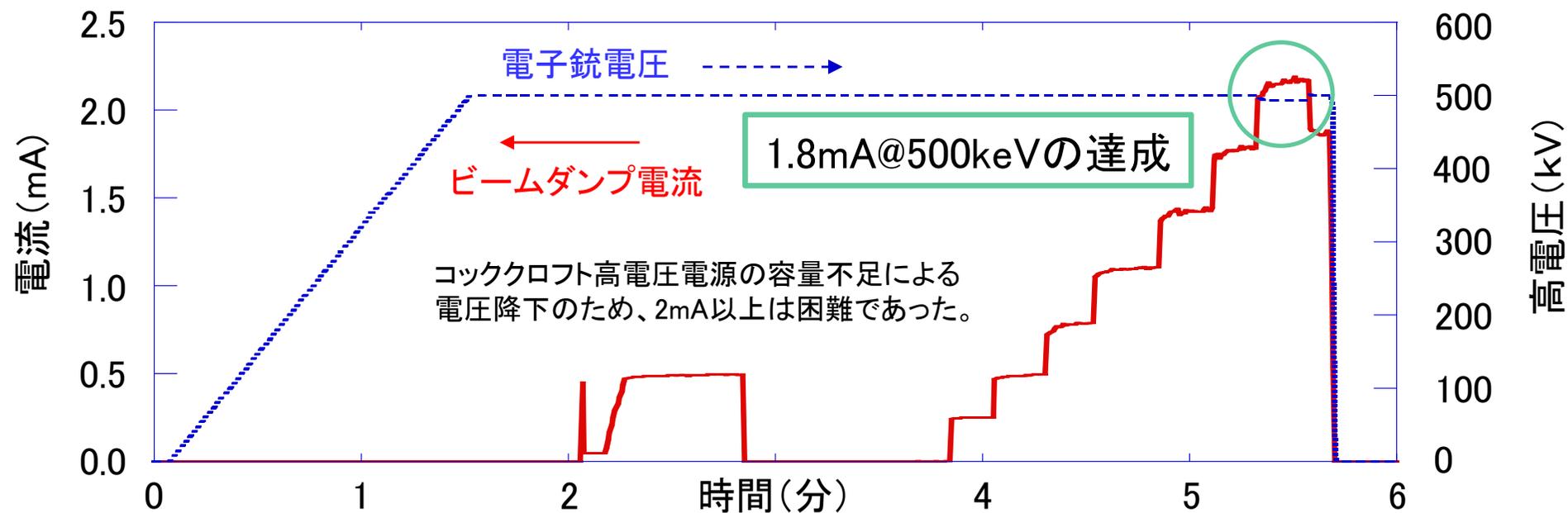
- (A) 陽極でのガス発生抑制: ギャップ周囲に複数の真空ポンプ配置
- (B) 陽極電場の半減: ギャップ長の拡大
- (C) エミッタンス劣化の抑制: 陰極電場強度の維持(1割減)

(B),(C)は同心球コンデンサで説明



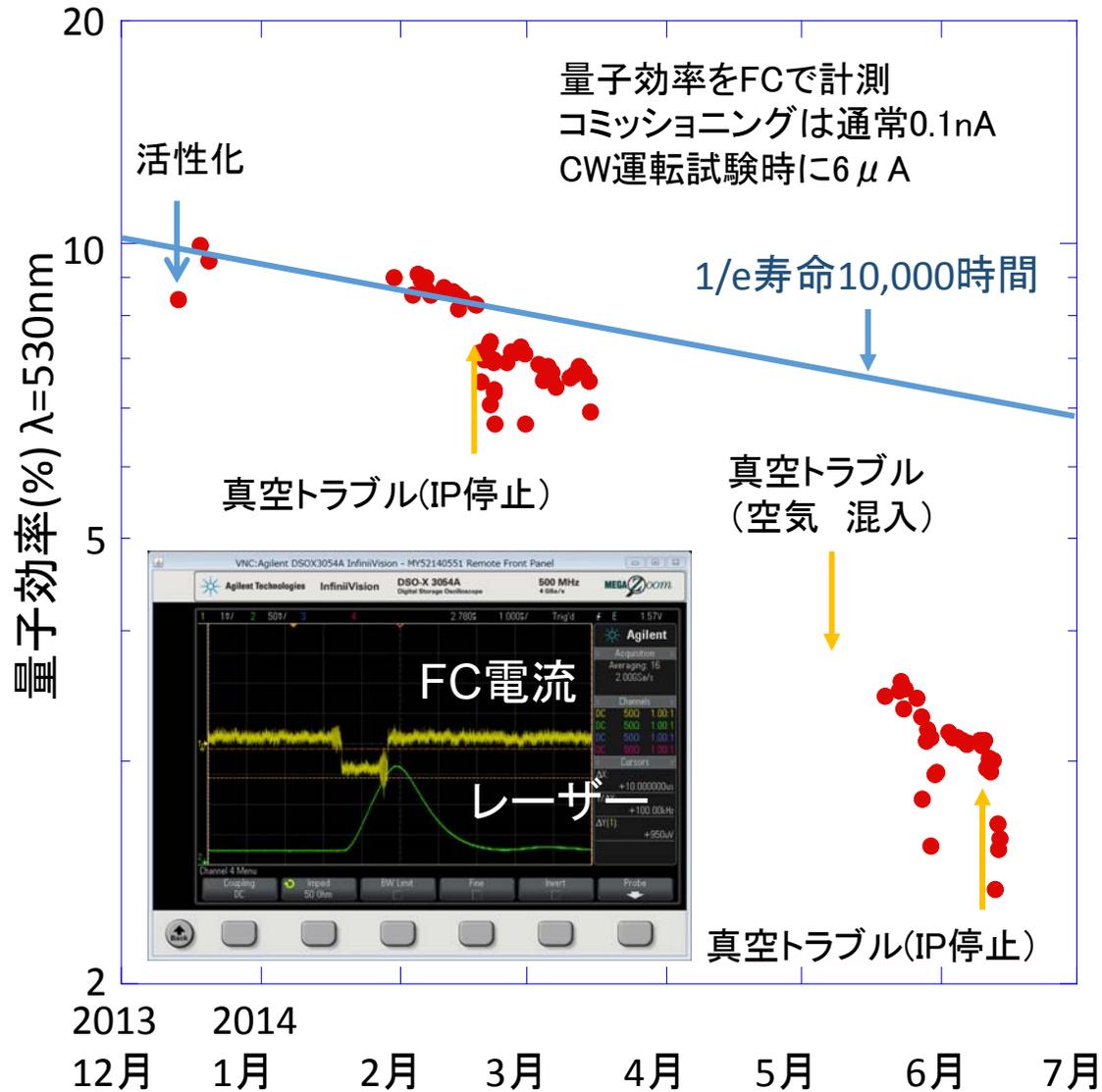
世界初500keV-mAビーム生成

N. Nishimori et al., APL 102, 234103 (2013)

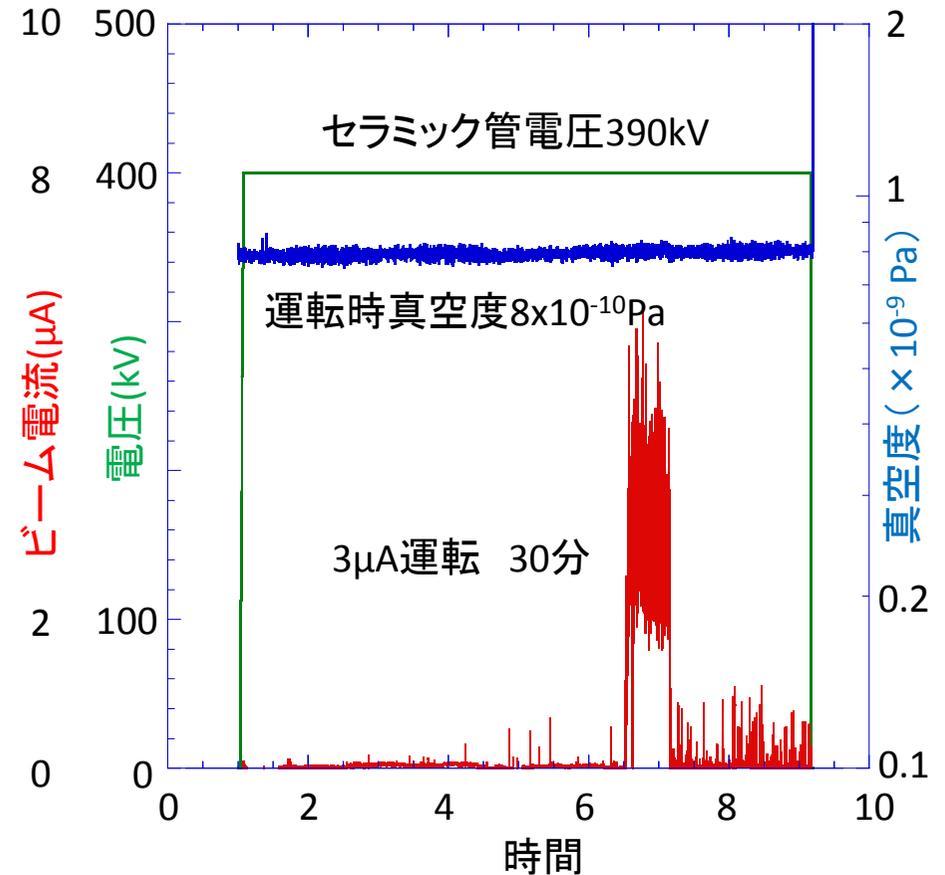


cERLでの電子銃運転状況

GaAs光陰極量子効率(周回部コミッショニング時)



電子銃電圧、真空



- ✓ 6カ月間交換無で、2%以上の量子効率
- ✓ 390kV運転(延べ500時間以上)
- ✓ 運転時極高真空の達成

今後: 移設後に判明したセラミック管トラブルを解決し500kV運転を目指す

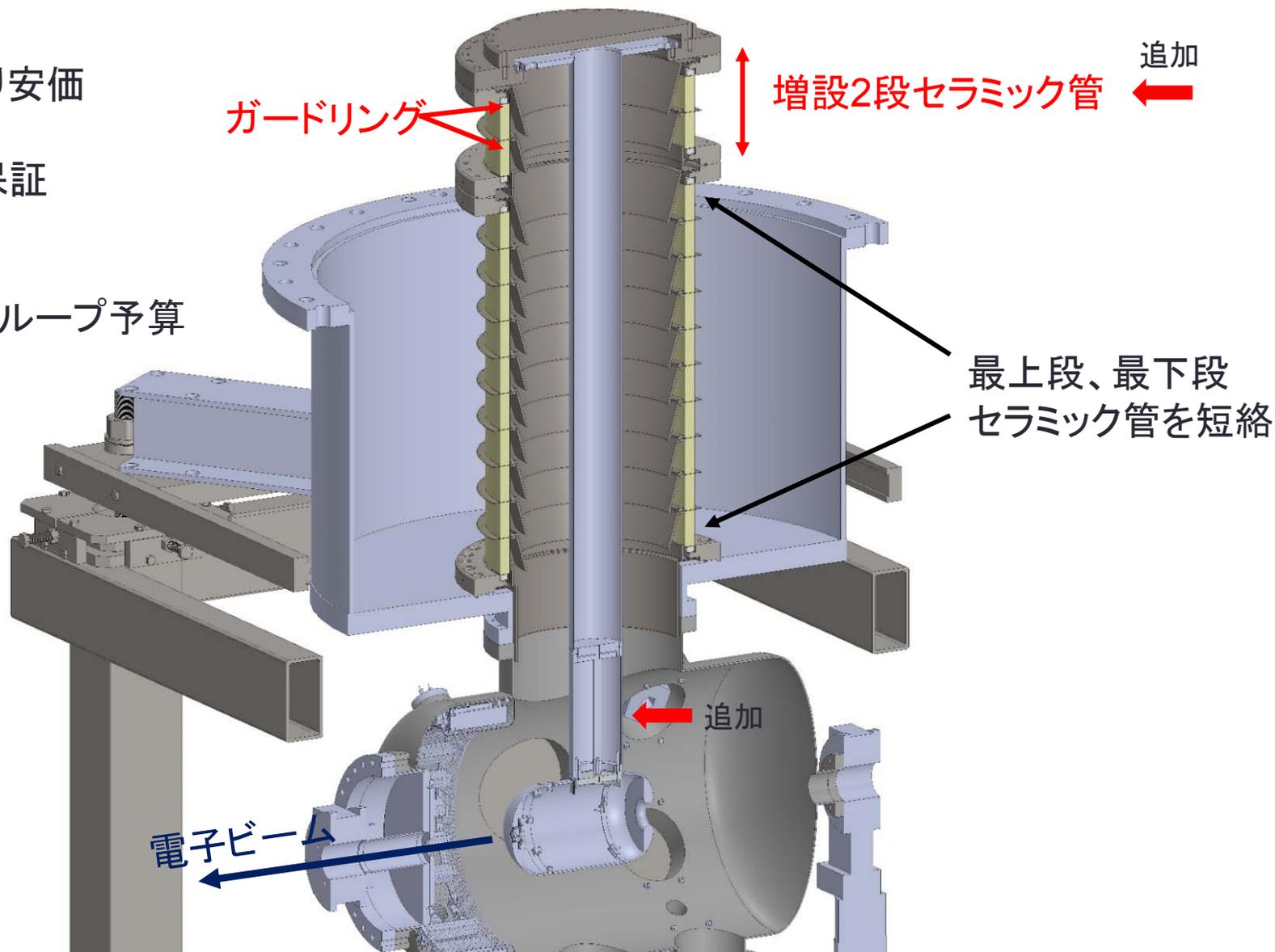
課題1: 500kV運転へ向けたセラミック管増設

問題点: セラミック管に不良が生じ、cERLで390kV運転

“2015年夏の改造を目指し、増設部品を準備中”

- ◎新セラミックより安価
- ◎短期作業
- ◎390kVはほぼ保証

予算
JAEAガンマ線グループ予算



課題2: 大電流運転用アルカリカソード開発(広大)

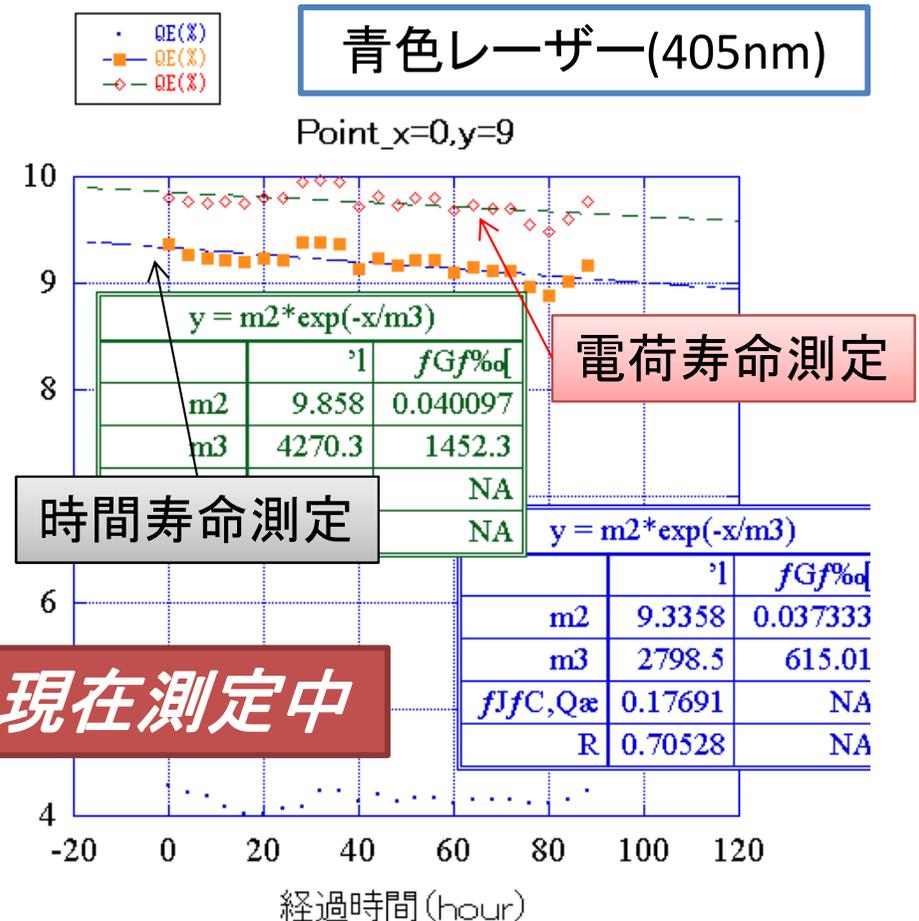
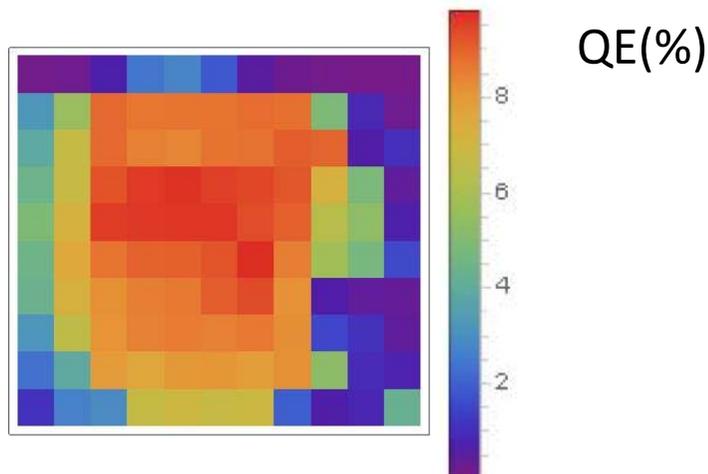
問題点: GaAsは大電流運転に適さない可能性大
 “cERLでアルカリアンチモンカソードの運転試験”

メンバー
 清宮 裕史, 栗木 雅夫, 山本 記史,
 郭 磊, 横田 温貴(広島大学),
 許斐 太郎(分子研)
 山本 将博、宮島 司(KEK)

- 高量子効率、高耐久を持つマルチアルカリカソードの生成に成功
 - 量子効率: 3%(532nm), 8%(472nm)、
 - 時間寿命: 5ヶ月(2.0×10^{-8} Pa)
 - 電荷密度寿命: > 1200 C/mm² (-100V, 90 μ A[連続運転], 2.8×10^{-8} Pa)
- 光電子分光測定をUVSORで実施。

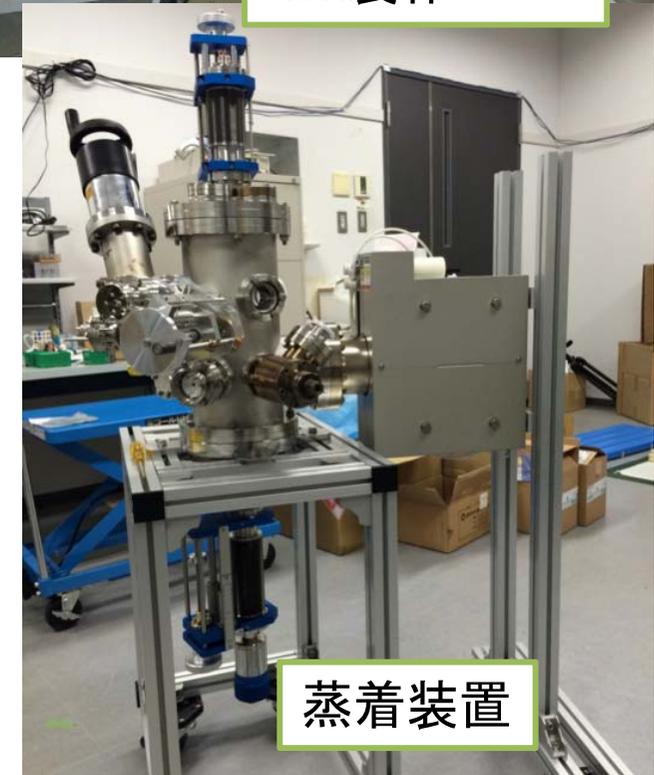
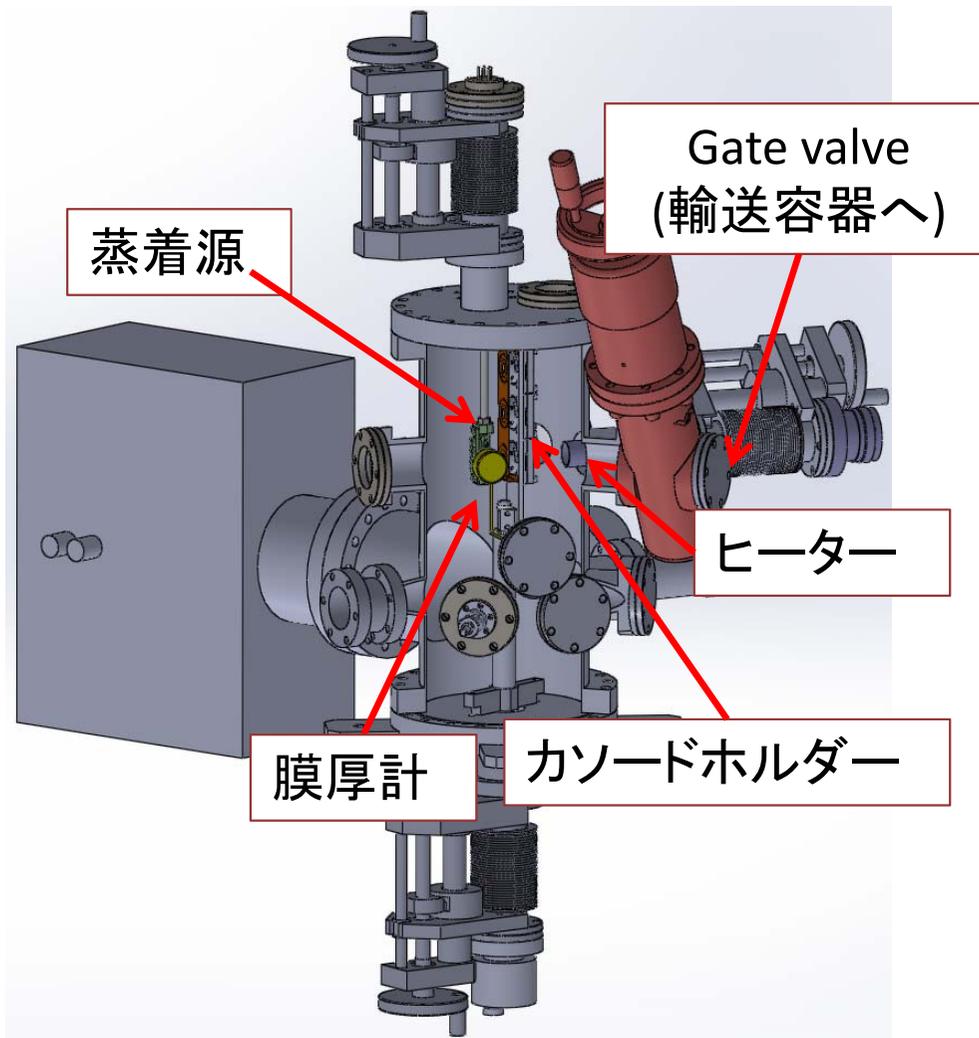
測定系の改良

- 時間寿命と電荷寿命の同時測定
- 二波長(青、緑)自動測定



マルチアルカリのcERLへの実装

- 広島大学で開発されたマルチアルカリカソード技術を、cERLへ実装。
- 真空輸送容器利用により、干渉を最小化。
- 現在、蒸着装置の立ち上げ中。



課題2-2: 大電流運転用アルカリカソード開発 (JAEA)

問題点: GaAsは大電流運転に適さない可能性大

“アルカリアンチモンカソードで50mA運転試験”

250kV-50mA電子銃

- 50mA運転のデモンストレーション
- 大電流運転時のカソード性能調査

予算

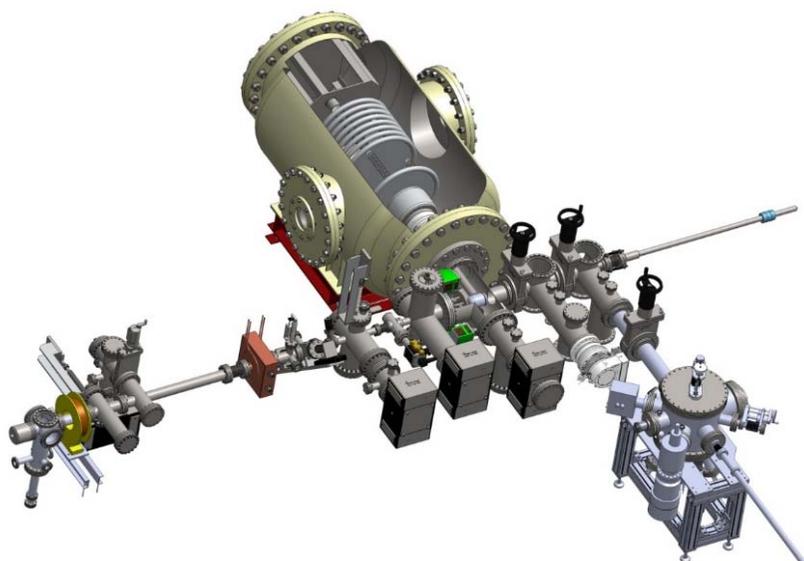
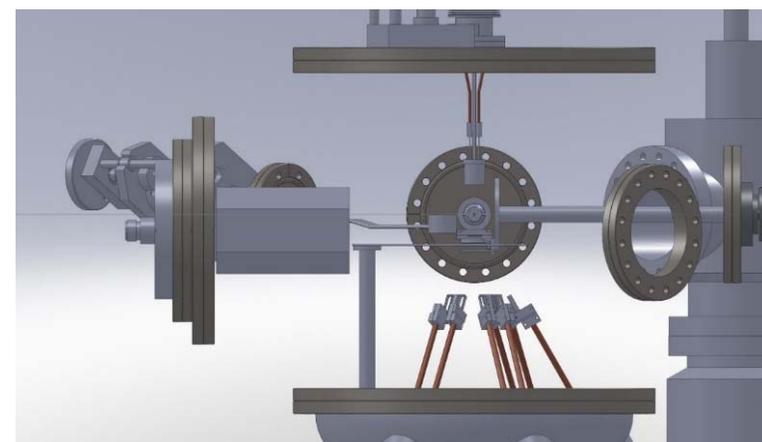
光・量子融合 代表者 KEK照沼教授

計画

2014年度 カソード試作

2015年度 電子銃ビーム生成

2016年度～ 大電流試験



- ✓ 蒸着源ホルダー、T-rod、回転テーブル、動作確認済
- ✓ ヒーター温度校正済
- ✓ 真空度 7×10^{-9} Pa

まとめ

成果

- ✓ 分割型セラミック管の有効性を実証
- ✓ 陽極に着目した暗電流対策の有効性を実証
- ✓ 世界初の500keV・mA電子ビーム生成を達成
- ✓ cERLで390keV・10 μ Aビーム生成を達成

今後の展望

- 低エミッタンスビーム生成
宮島司、本田洋介、他 cERLにて進行中
- 500keV-10mA運転
- 長寿命光陰極開発