

電子銃開発状況



原子力機構

西森信行、永井良治、松葉俊哉、羽島良一



高エネルギー研

山本将博、宮島司、本田洋介



広島大

飯島北斗、栗木雅夫



名古屋大

桑原真人

ERL計画推進委員会

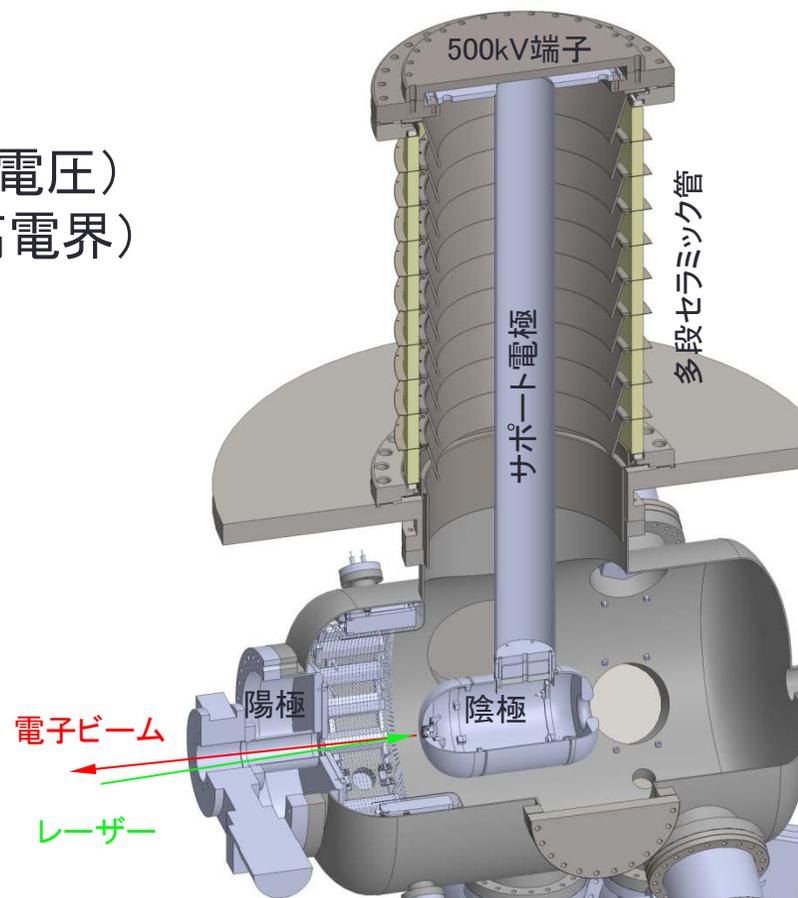
2013年6月10日

次世代光源電子銃開発の目的

低エミッタンス大電流ビーム生成を実現

- 電子銃下流でのエミッタンス劣化を抑制(高電圧)
- カソード表面でのエミッタンス劣化を抑制(高電界)
- 大強度X、 γ 線を生成(大電流)

光陰極直流電子銃仕様	目標値
電圧	500kV
電界	>5MV/m
電流	100mA
規格化エミッタンス	0.1-1 μ mrad



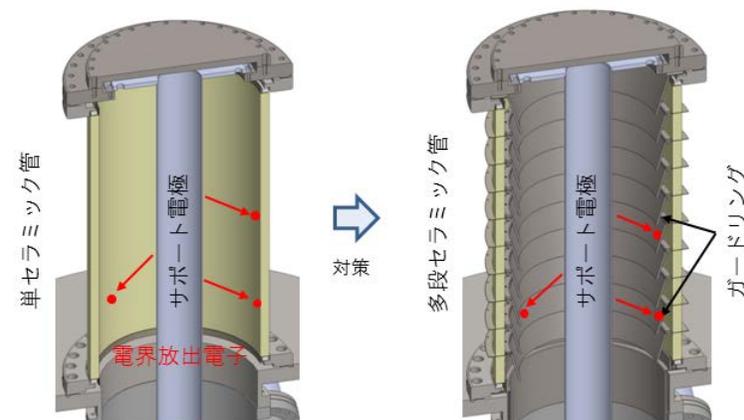
500kV光陰極直流電子銃は1991年に提案され、日米欧中で開発中。放電問題のため、長らく運転電圧は350kVに留まっていた。そこで、高電圧実現による低エミッタンス化を最優先に開発を開始

高電圧化の課題：放電問題を独自技術で解決

1: サポート電極からの表面電界放出電子対策

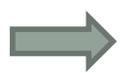
- 多段セラミック管の採用

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

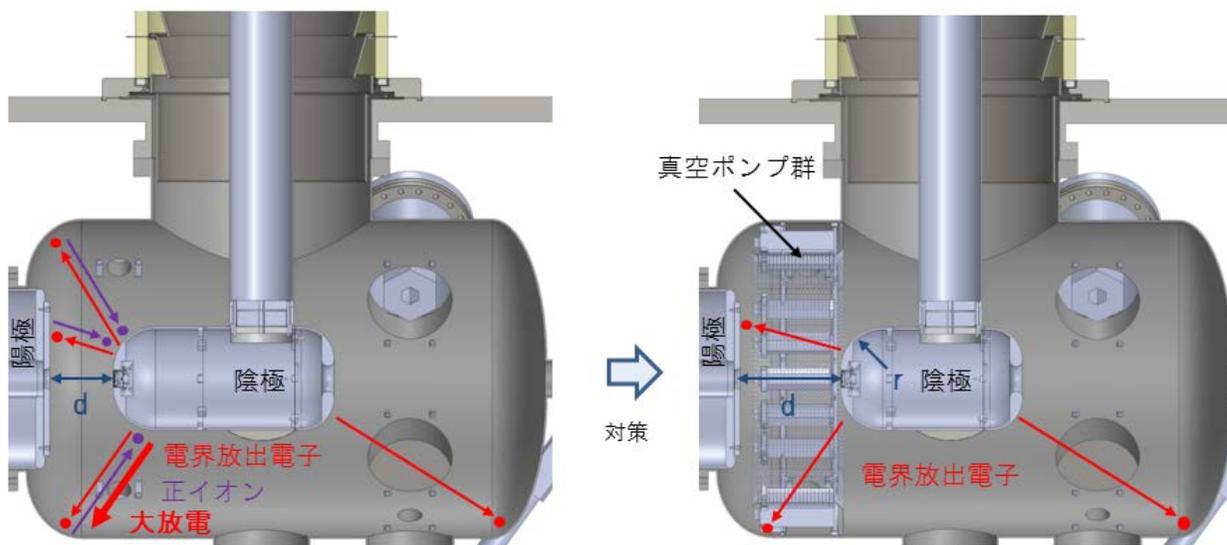


2: 陰極からの表面電界放出電子→ガス(イオン)生成→大放電 対策

- 真空ポンプ設置によるガス生成減
- 電極距離増で陽極電場を半減しイオン生成を減(d調整)
- 光陰極電場減を $6.7 \rightarrow 5.8 \text{ MV/m}$ にとどめエミッタンス劣化防止(r調整)

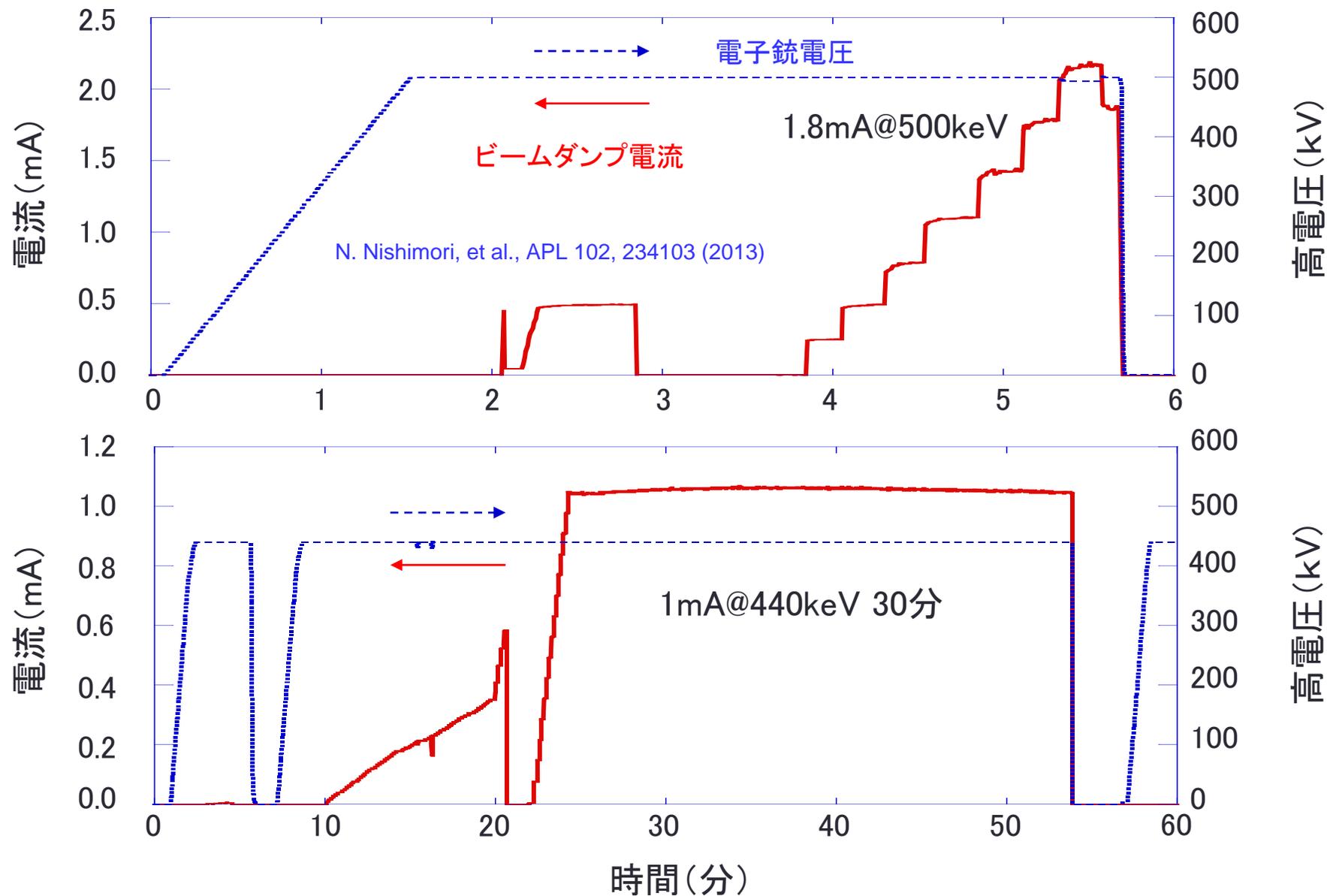


ビーム生成条件下で
500kV安定印加に成功



N. Nishimori, et al., Appl. Phys. Lett. 102, 234103 (2013)

500keVビーム生成試験



第一電子銃開発状況

JAEAでの試験結果

- ✓ ビーム生成条件で500kV安定印加、光陰極表面電界5.8MV/mを達成し、高電圧技術を確立
- ✓ 世界に先駆け500keV-1.8mA ビーム生成に成功

cERLでの試験結果

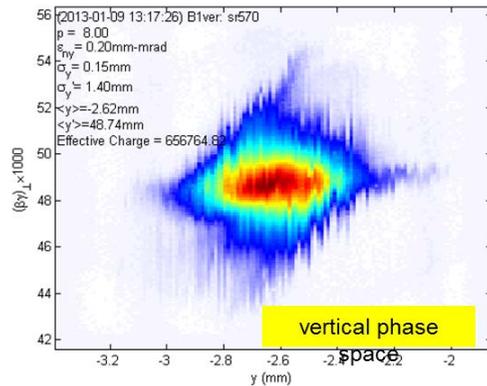
- ✓ 390keVビームを安定に供給(無放電、光陰極無交換)

残された課題

- 高電圧電源の能力不足の解消(500kV-10mAを目指す)
- 多段セラミック管の修理(10段を8段で使用している。来春修理しcERLで500keVビーム生成)

コーネル大学での電子銃開発

極低エミッタンス電子ビームの発生

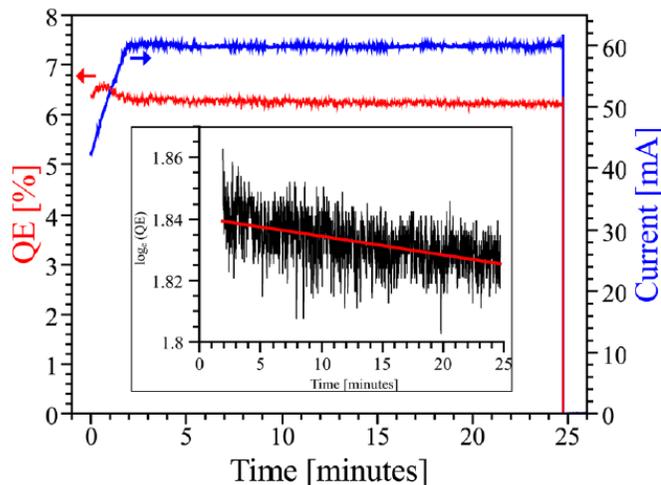


GaAs + 350kV 電子銃 + 8 MeV 入射器 + 合流部
(レーザー直径2mm)

rms emittance 90%	x (mm-mrad)	y (mm-mrad)
77 pC	0.51	0.29

C. Gulliford et al., submitted to Phys. Rev. ST-AB (2013)

大電流(60mA)電子ビームの発生



CsK₂Sb + 350kV* 電子銃 + 8 MeV 入射器 + 合流部
(レーザー直径2.5mm、6mmオフセンター※)

※ 3mmオフセンターで5%のエミッタンス劣化
* この実験は250kVで実施

1/e life time = 30 hours

B. Dunham et al., Appl. Phys. Lett. (2013)

(最新情報では、72 mA まで達成)

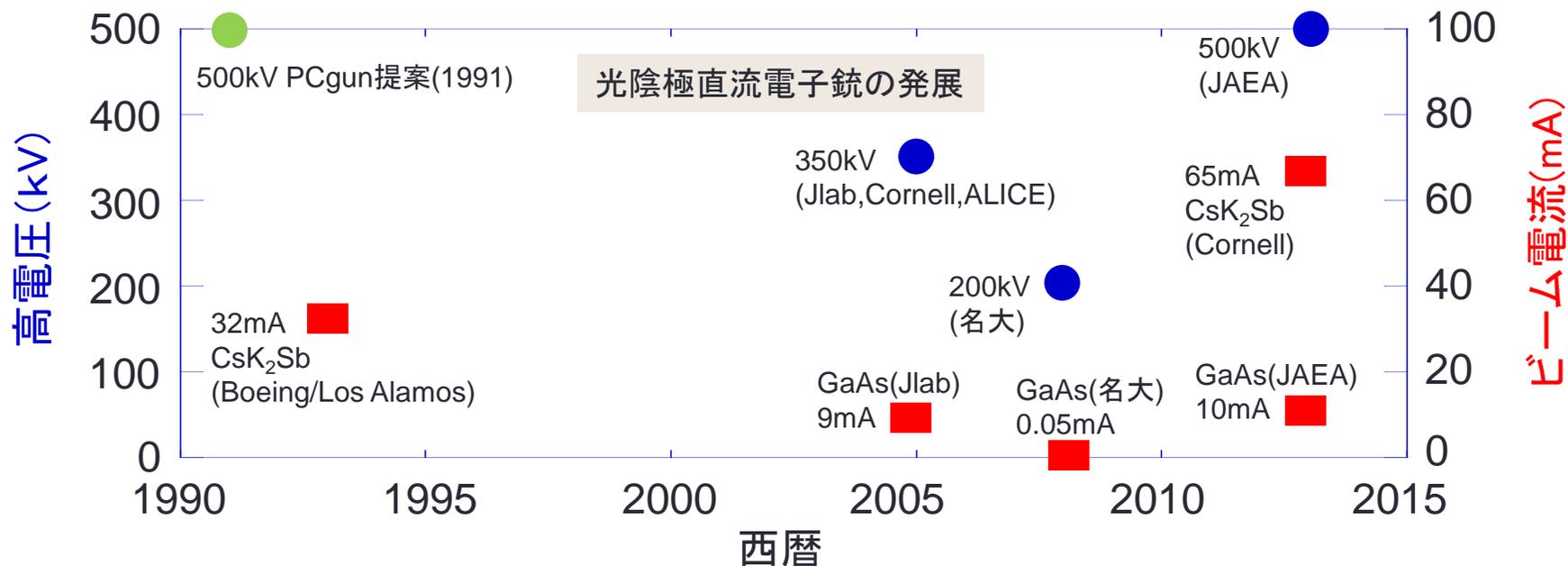
今後の取り組み

カソード開発: 熱エミッタンス $\varepsilon_{n,x} = \sigma_x \sqrt{\frac{k_B T_{\perp}}{mc^2}}$ はGaAs、アルカリでほぼ同じ @ $\lambda = 530\text{nm}$

	GaAs	CsK ₂ Sb, Cs ₃ Sb
$k_B T_{\perp}$ (meV)	120-130	160

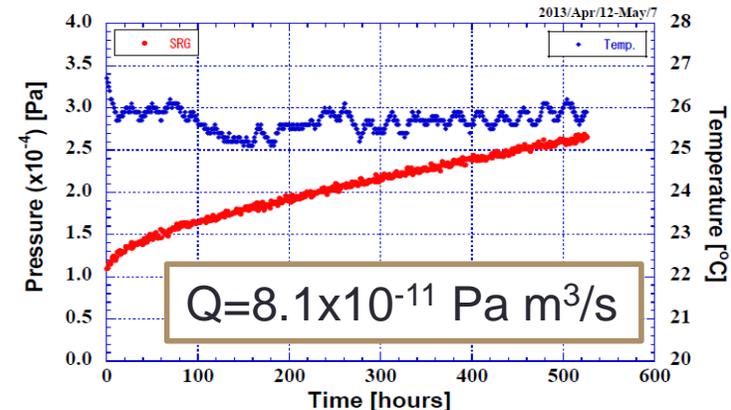
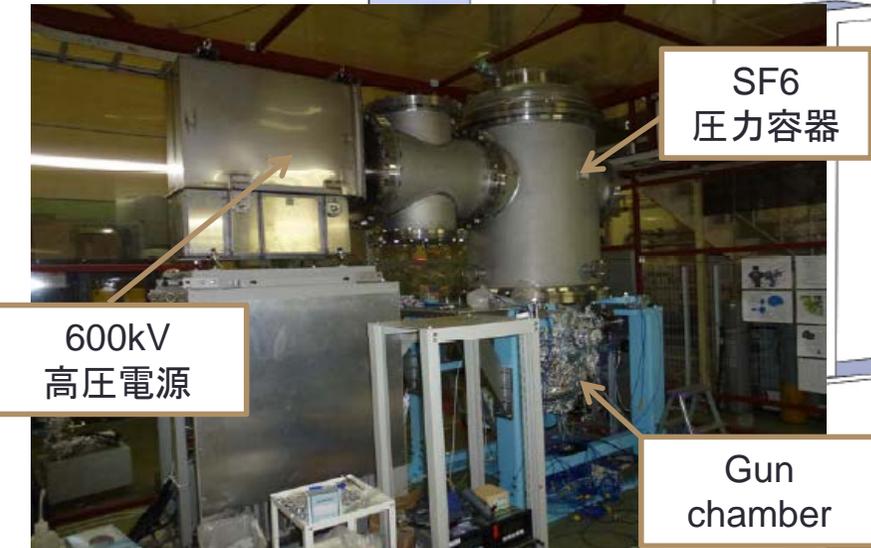
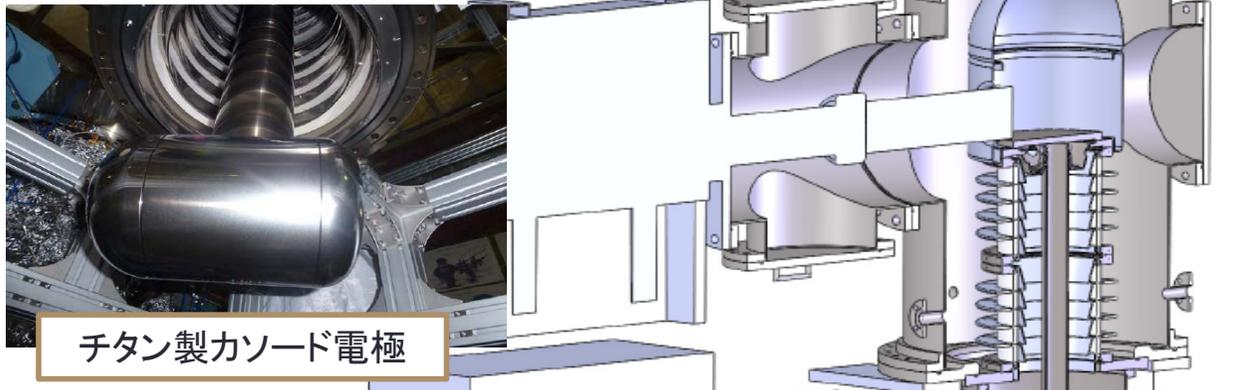
I.V. Bazarov et al., J. Appl. Phys. 103, 054901 (2008)
 S. Matsuba et al., JJAP 51, 046402 (2012)
 I. Bazarov APL 98, 224101 (2011)
 L. Cultrera, APL 99, 152110 (2011)

- CsK₂SbカソードをcERLで試験(広大)、50mAを目指した大電流試験(JAEA)
- 100mA用 高電圧電源、レーザー開発も必要

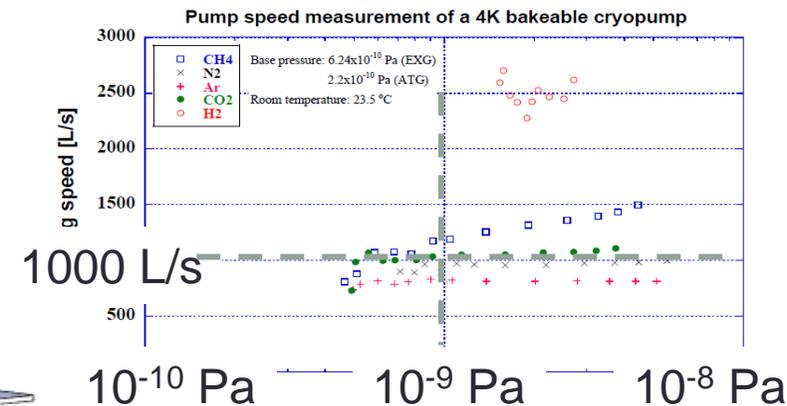


第二電子銃開発状況

高圧電源単体で580kV印加確認。
 現在、電子銃の高電圧コンディショニング実施中。



電子銃システム全体で極低アウトガスであることを確認。



ベーカブルクライオポンプが極高真空環境下で高い排気速度があることを実測。
 (産総研との共同研究)