

A Study for Robustness of CsK₂Sb Cathode

**M. KURIKI , G. Lei,A. Yokota,
M. Urano (Hiroshima U.)
Y. Seimiya, T. Konomi(KEK)
K. Negishi (Iwate U.)
M. Katoh (UVSOR)**



Cathode Degradation Model

(Two components model)

Cathode QE is degraded by two components

- Regarding to time (Gas adsorption, etc)
- Regarding to charge density (Ion back, etc)

$$\eta(t, \rho) = \eta_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \exp\left(-\frac{\rho}{\zeta}\right)$$

Temporal

Charge Density

η : Quantum Efficiency

t : elapsed time

τ : temporal life

ρ : Extracted charge density

ζ : Charge density life

Temporal Life

Preliminary

- Temporal life was evaluated as a function of pressure.
- It was inversely proportional to P as expected.
- In a nominal environment, expected life is even long for accelerator operation.

Laser Wave length	405 nm	532 nm
N. temp. life (h.Pa)	$(8.3 \pm 0.06)e-5$	$(3.7 \pm 0.02)e-5$
Temp. life at $1e-8$ Pa (h)	8300	3700

Charge Density Life

$$\frac{d\eta(t)}{dt} = -\frac{J}{\xi} \eta$$

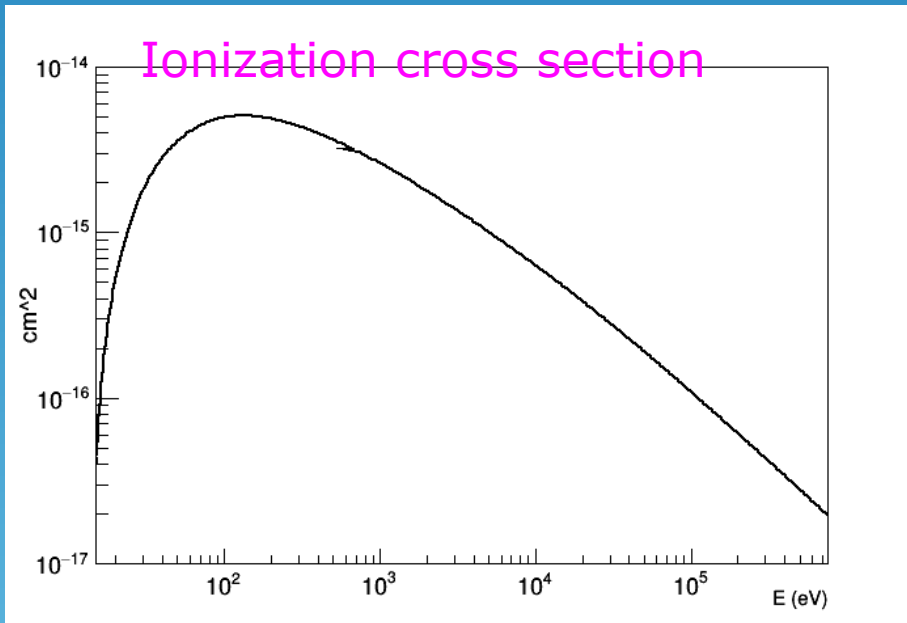
$$\xi \equiv \left[\sigma_d \int n_g \sigma_i(E) dz \right]^{-1}$$

σ_d : Cathode degradation cross section.

J : Beam intensity

n_g : Residual gas density

σ_i : Ionization cross section

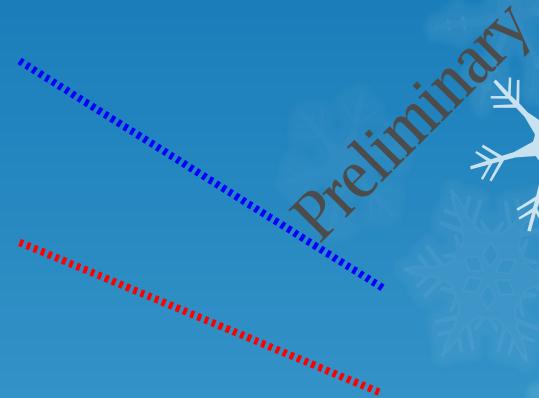


CD life

Preliminary

Charge Density Life (cont.)

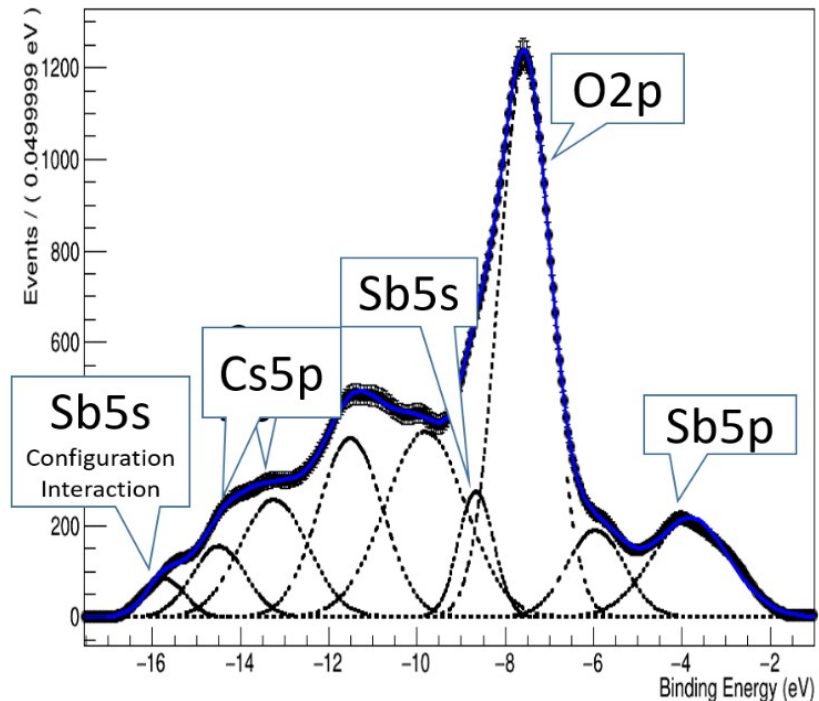
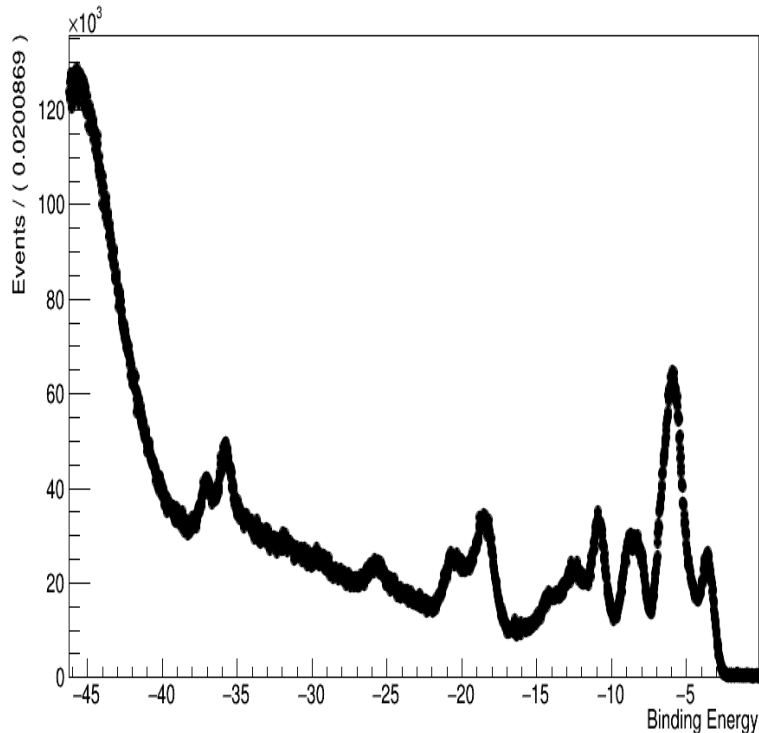
- The Bias dependence and the pressure dependence are consistent to the model.
- σ_d was in order of $1.0e-17$ cm^2 .
- Charge density life is $3.1e+6$ C/mm^2 by assuming 150kV bias and $1.0e-8Pa$. That corresponds to **10 year** with 10mA from $1mm^2$ spot.



UPS Analysis

- UPS Experiment was carried out at UVSOR, BL2B.
 - 750MeV SR facility at Okazaki, Japan.
 - UPS ($h\nu=59\text{eV}$) was performed.
 - Background analysis : Shirley method.

KCsSb0013



Cs5s/5p ratio

- The ratio of amplitudes of Cs5s/Cs5p was increased for lower QE.
- The similar phenomena was observed for Cs₃Sb by XPS (Betes).
- The low (high) ratio is interpreted as Cs in ionization (simple) state.
- The cathode shows an high QE, when Cs is in ionic compound state.

Preliminary

Sb5p peak

Preliminary

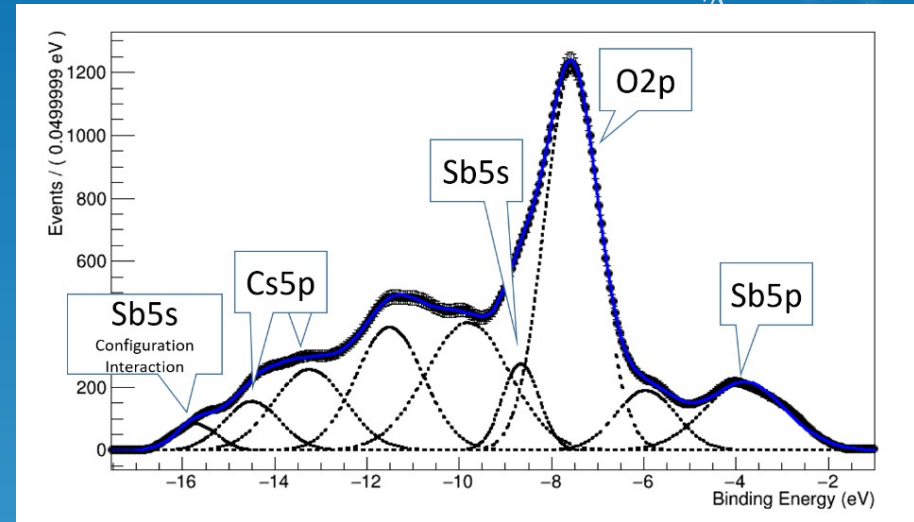
Sb5p alone
2eV

Preliminary

- Sb5p peak is the highest state. Electron in this state contribute to Photo-electron effect by laser light.
- As QE decreased, the cross section(amplitude) is decreased and the energy is increased.
- The peak is approaching to that of simple Sb.
- The high QE of CsK₂Sb is due to the larger cross section and less bound energy of the Sb5p state.

Configuration Interaction (CI)

- When there are several states with a similar energy, a new state is formed by mixing.
- This is one of the reasons making a satellite peak.
- The CI peaks were disappeared for <0.005 QE.



Cs5s CI peak

Sb5s CI peak

Cs5s

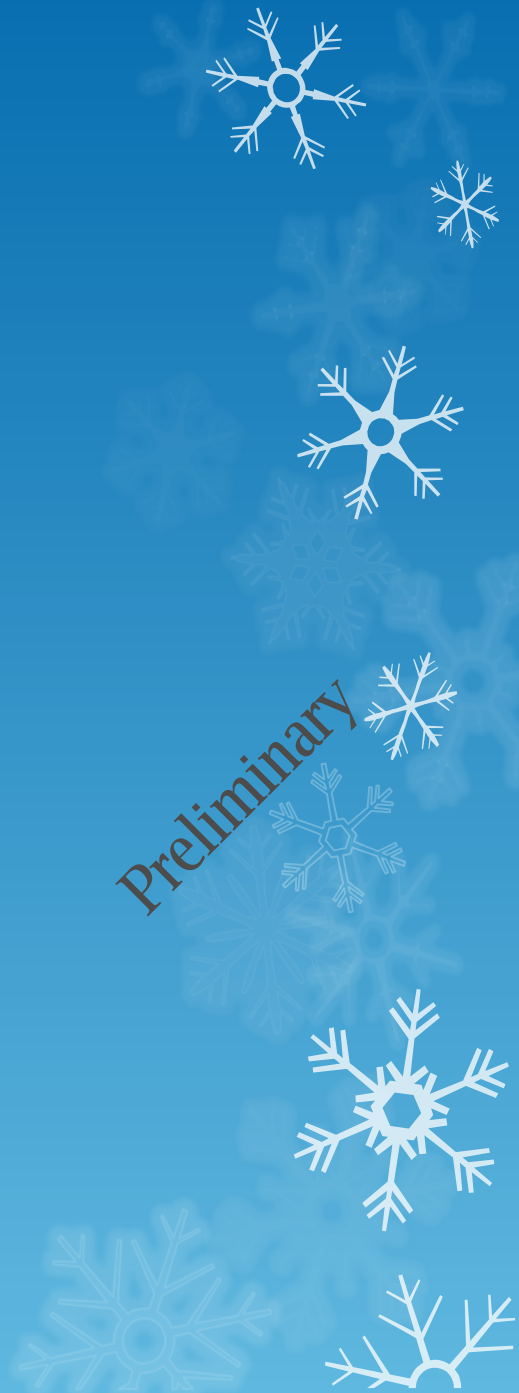
Preliminary

Preliminary

Degradation process

- Cathode degradation process is observed by looking O2p peak area.
- Phase I : O2p peak area is constant.
 - O is adsorbed and diffused.
- Phase II: O2p peak was increased.
 - O + alkali (Cs and K):
 - Valence electron is provided by the alkali metal.
- Phase III: O2p peak was decreased.
 - O + Sb interaction.
 - O2p density is decreased by forming an orbital hybridization.

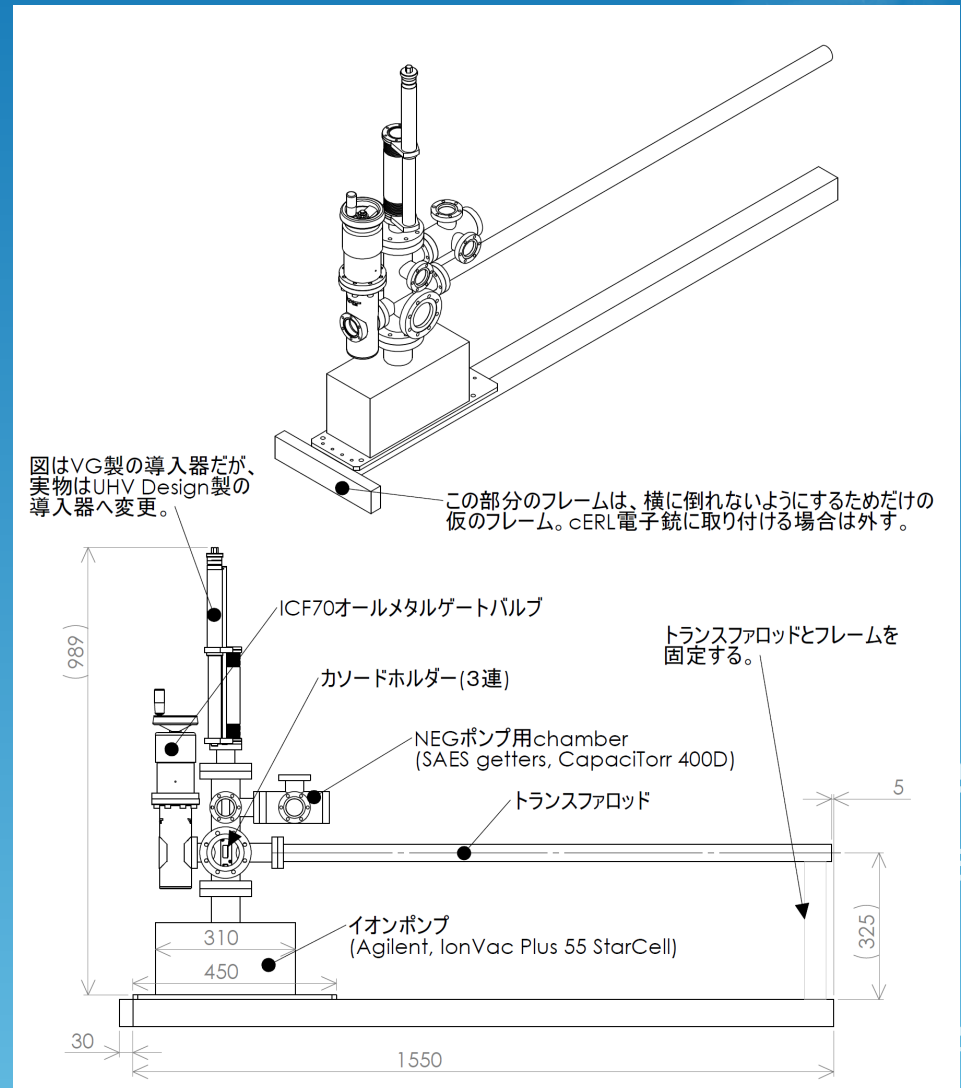
Preliminary



VSCによるカソード輸送試験

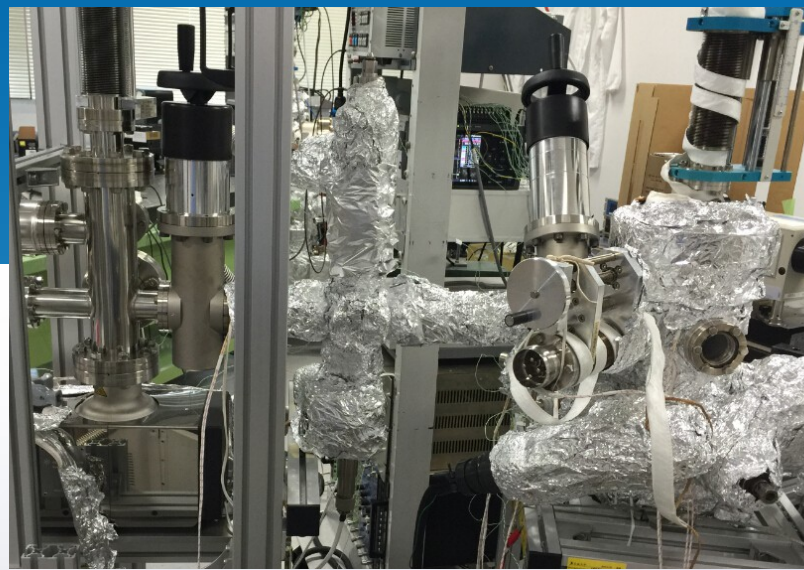


- 広島大学で作成したカソードを、VSC(Vacuum Suit Case)にて、KEKへ輸送試験を行った。
- VSC(Vacuum Suit Case)
 - 自動車用バッテリー2台でIP電源約2週間 駆動可能。
 - 到達圧力: 1×10^{-8} Pa以下。
 - 最大3個のカソードを保管、輸送可能。



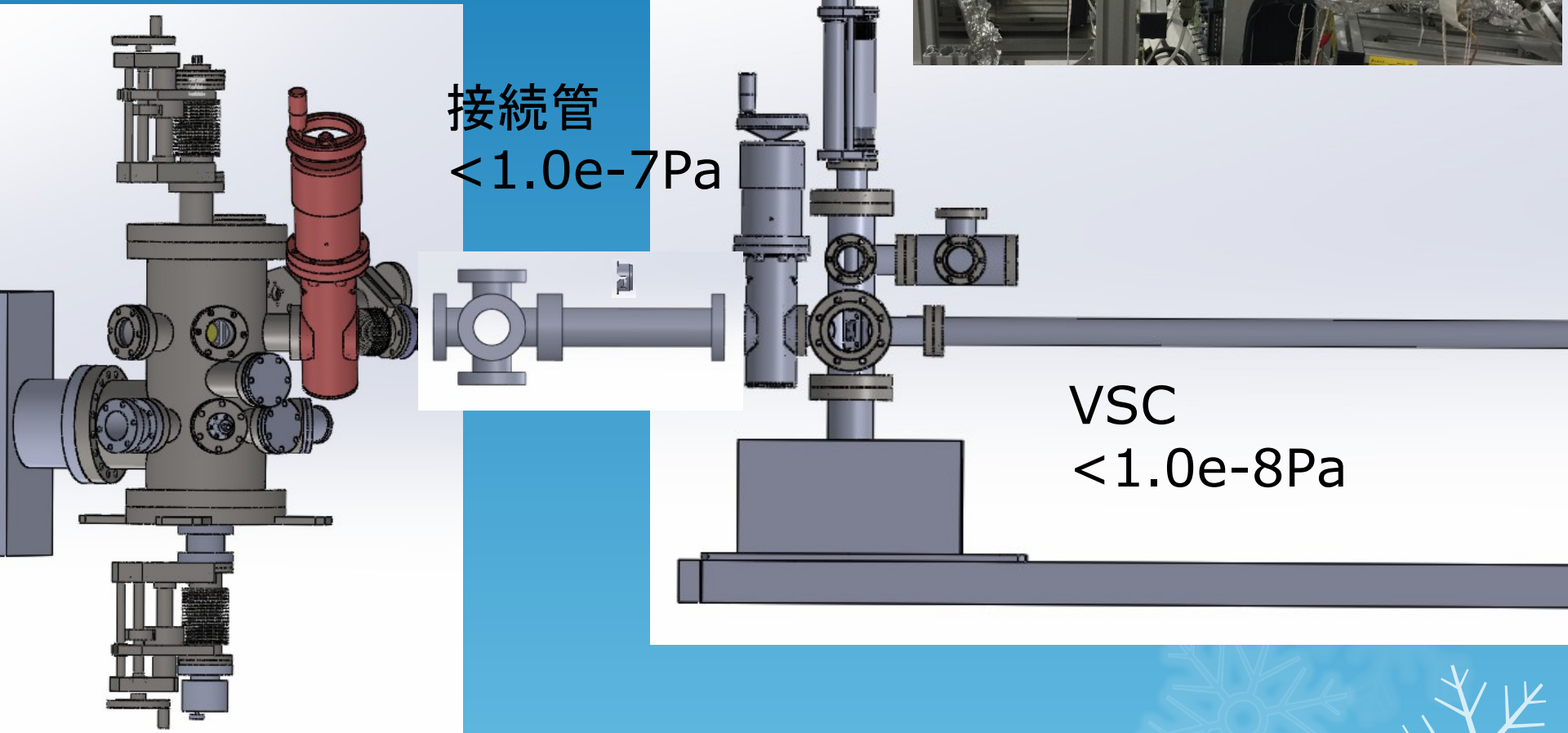
カソードの移動

Evaporation chamber
 $\sim 2.0 \times 10^{-8} \text{Pa}$



接続管
 $< 1.0 \times 10^{-7} \text{Pa}$

VSC
 $< 1.0 \times 10^{-8} \text{Pa}$



蒸着装置とVSC間の移動試験

- トランスファーロードを迅速に移動した場合、ゆっくりと移動した場合にはみられない、真空圧力の有意な上昇が見られる。
- 真空度を $2e-7\text{Pa}$ 以下に保持、
QE:5.5%→5.5%
- 真空度が $1e-6\text{Pa}$ まで悪化、
QE:5.5%→2.3%

カソードのVSC保管試験

- 2016年10月21日に5.5%QEのカソードを、蒸着チャンバーからVSCへと移動し、そのまま保管した。
- 移動中の真空度は $2.0e-7$ Pa以下。
- GVを閉じ、カソードをVSCに保存。
- 2016年11月11日に、カソードを蒸着装置に戻し、5.4%のQEを確認。
- VSCに保存してもQEの減少は非常に限定的。

VSC輸送（広島大→KEK）



2017年1月6日

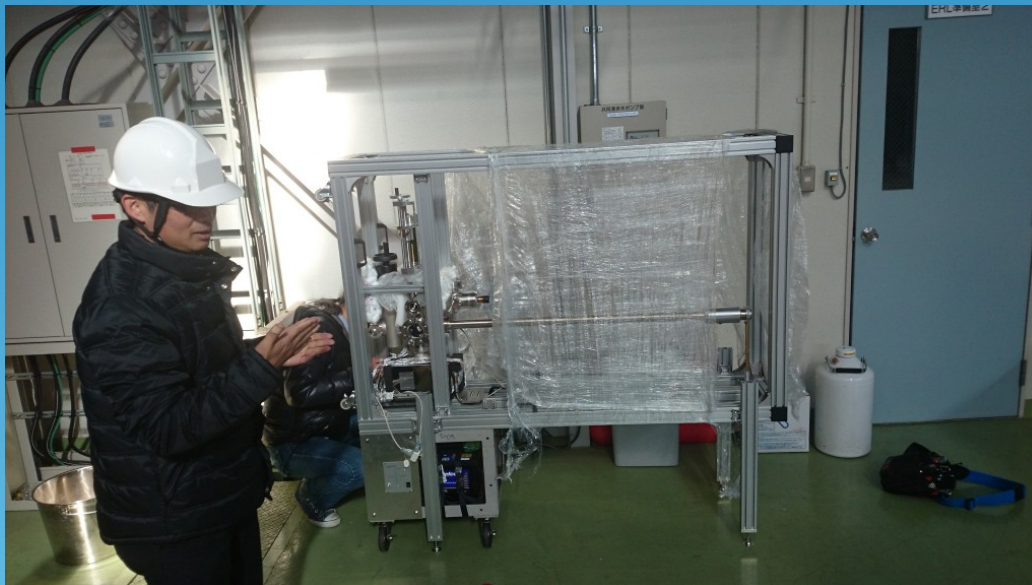
- ・カソードをVSCへ輸送

2017年1月12日

- ・VSCをKEKに向けて発送。
- ・輸送は防振付きトラックを利用。

2017年1月16日

- ・KEK到着時、IP電源動作を確認。（約4日間）
- ・cERL電子銃系との接続作業までは、準備室2の前の壁コンセントより電源供給で仮置き。



作業協力：
飯島さん、内山さん、野上さん

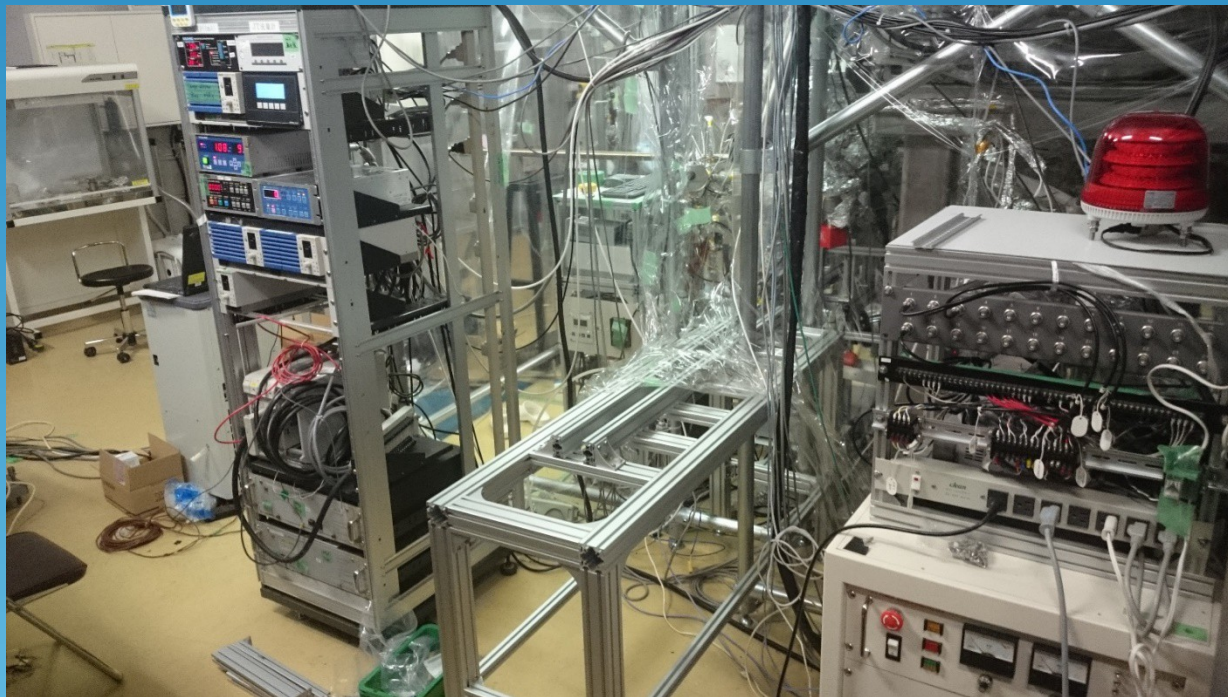
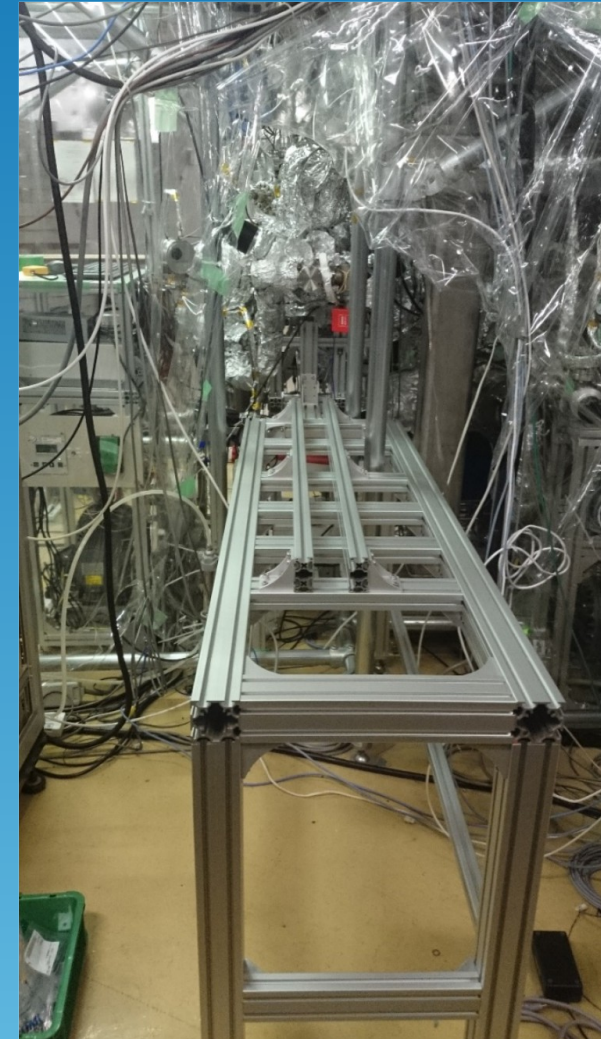
VSC接続部の準備



協力：内山氏、飯島氏

2017年2月6日

- ・ VSC接続部の場所確保。
- ・ アルミフレームでVSC接続部の架台を構築。
架台の中にブースの柱を抱え込むような状態で設置。



VSCとcERL電子銃系の接続



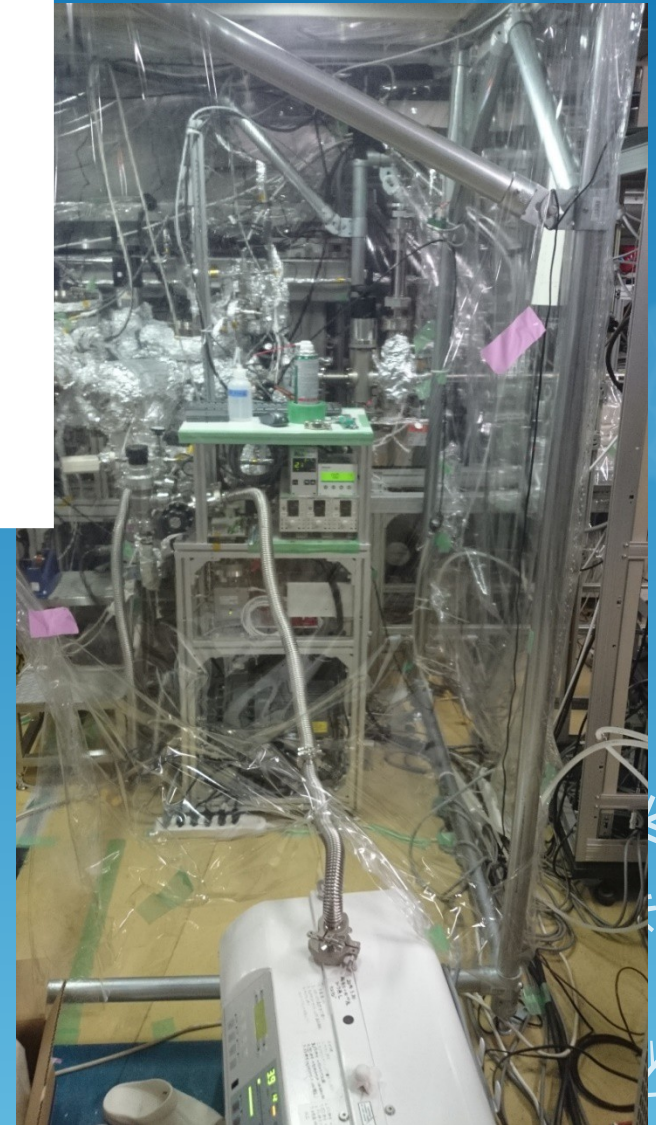
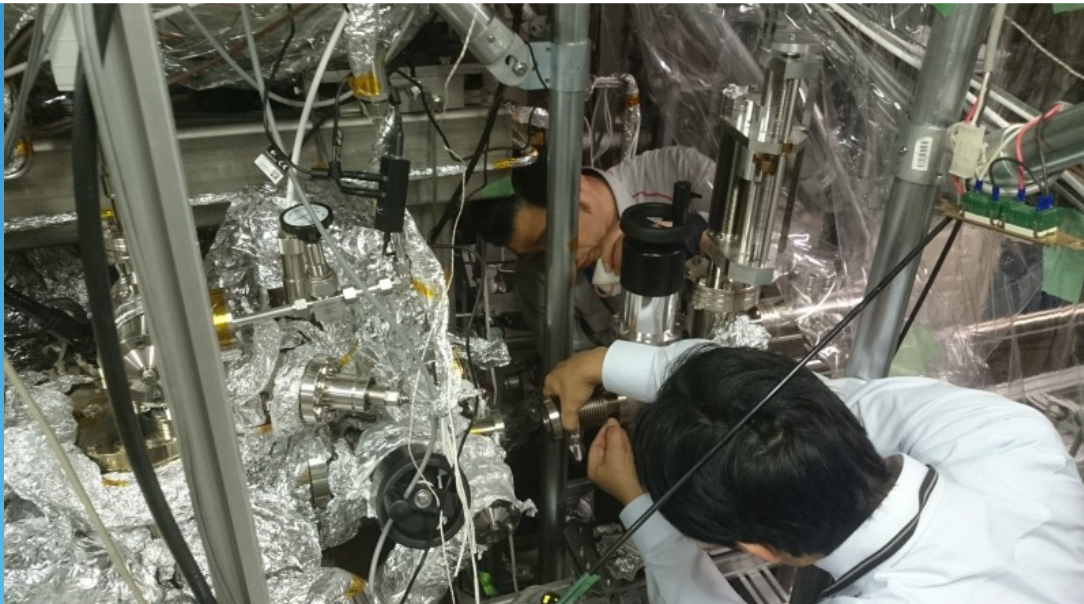
協力：内山氏、飯島氏

2017年2月7日

- ・ VSC本体を架台上に設置。
- ・ ガイドフレームで接続位置を調整。

2017年2月14日

- ・ 接続部のベーキングを実施。（9～19時）
- ・ ベーキング中のVSCの圧力上昇分は 1×10^{-7} Pa以下
-
- ・ 接続部の排気はTMPとNexTorr。
- ・ 到達圧力は約 1×10^{-8} Pa。

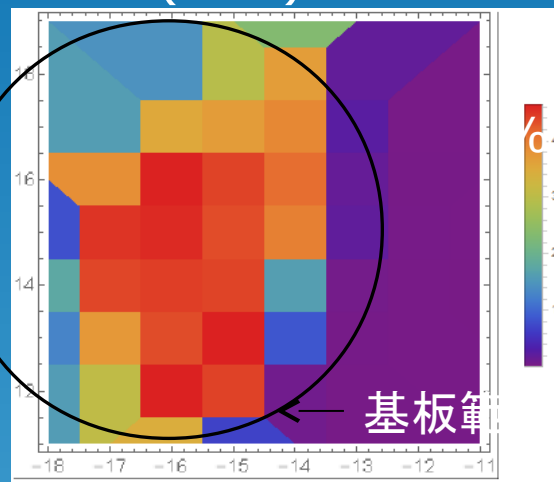
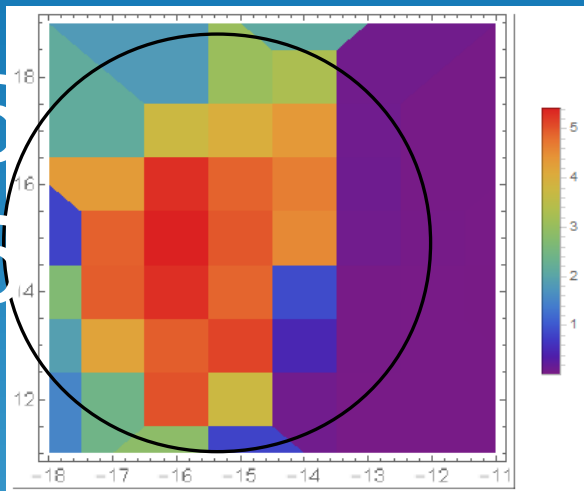


輸送前後のQE mapping

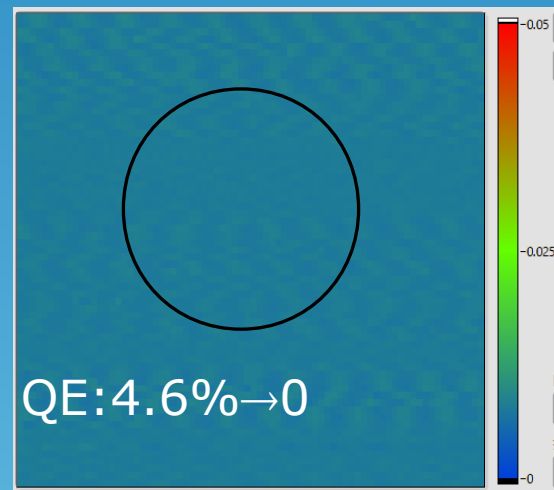
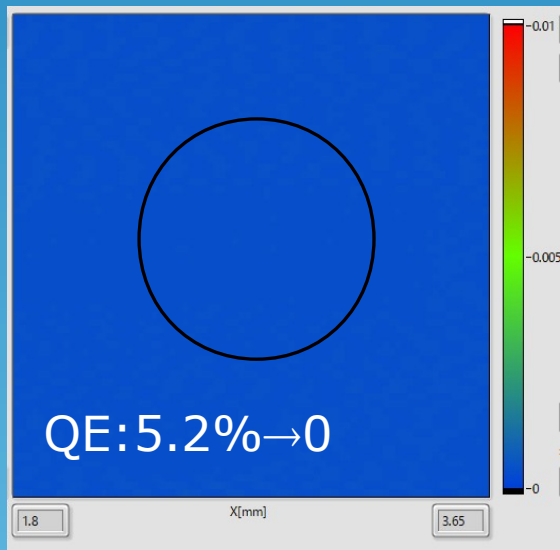
GaAs(100)基板

Si(100)基板

2016
1226



2017
0221



この測定で使用したQE分布測定システムの詳細については、2016年加速器学会 亀田吉郎 他、「光陰極の2次元高解像度QE分布測定装置の開発」を参照。

問題点

- 広大→KEKへ輸送中にVSCでリークが発生した可能性
- 車の振動によりトランスファーロードからアウトガスあるいはリークの可能性
- 人工的振動による擬似的な輸送試験
- 輸送中にIPの電流値のモニター

Summary

- High performance cathode : 10%(532nm), 3650 hours, $3.1e+6$ C/mm² at $1.0e-8$ Pa.
- UPS experiment was carried out.
 - The crystal quality is essential for good performance.
 - Sb5p state contributes to photo-electron effect by laser.
 - Oxygen degrades the cathode.
 - Cathode in situ transport test → failed. Vacuum leak trouble?