

マルチアルカリ高量子効率・ 長寿命カソード開発

2015年3月5日 高エネルギー加速器研究機構

広島大学 加速器物理研究室

栗木雅夫、清宮裕史、郭磊、内田和秀、横田温貴、浦野正洋

分子研 UVSOR

許斐太郎、加藤正博

レーザーコンプトン散乱による疑単色X線源



X線フラックス

$$N_X = L\sigma \propto \frac{I}{S}\sigma$$

X線の数を増やすには、
電流密度を最大化する

電子発生的には、

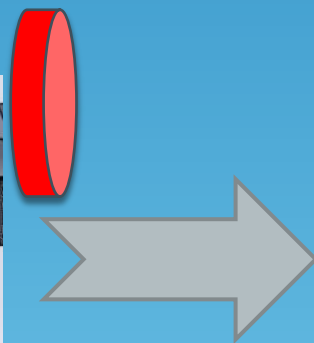
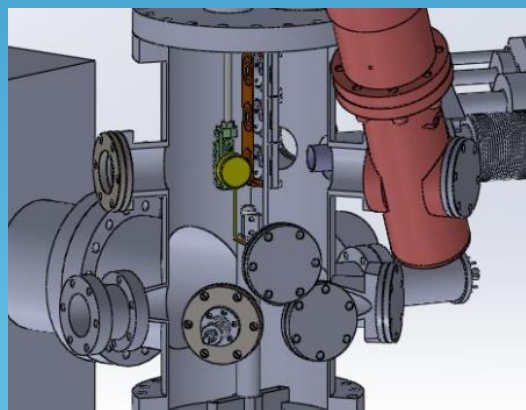
- 小さいスポットから
- 大きな電流

課題

- 量子効率
- 耐久性(寿命)

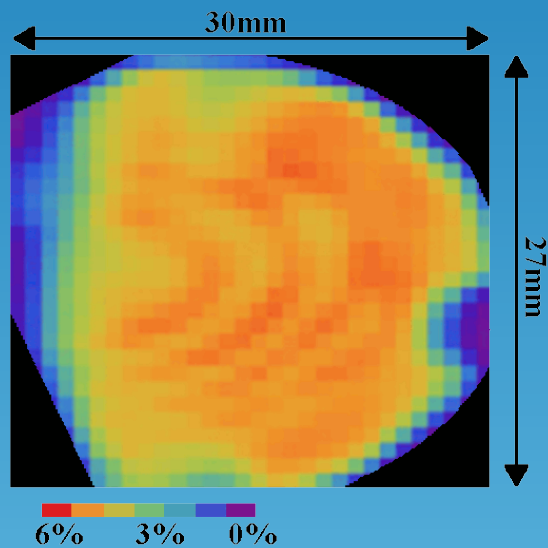


広島大学先端研
カソード成膜

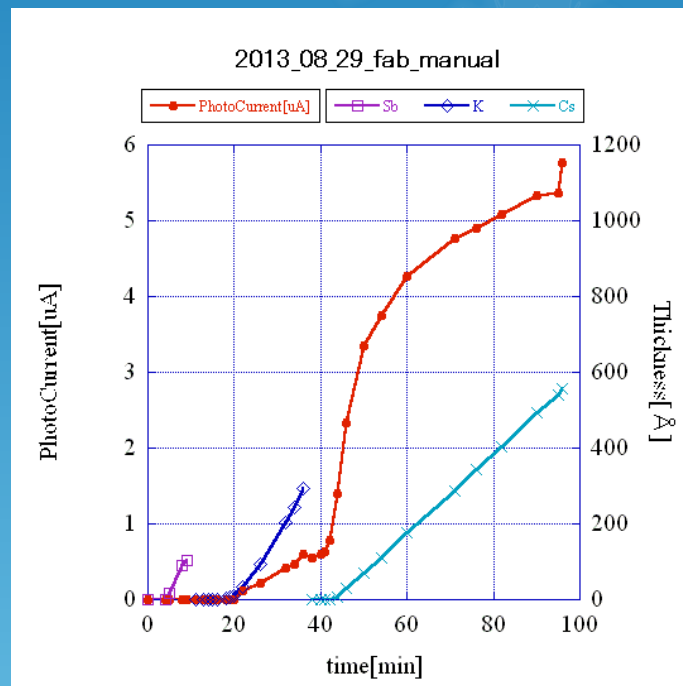


マルチアルカリ陰極(CsK₂Sb)

- 緑色励起 (532nm) 可能な、光電陰極物質。
- 高耐久加速器用電子源として期待
- 既存GaAsカソードの10倍以上の耐久性を期待



基板温度	100°C
Sb膜厚	102 Å
K膜厚	292 Å
Cs膜厚	558 Å
QE at 473nm	5.6 ±0.4%
QE at 532nm	3.6 ±0.03%

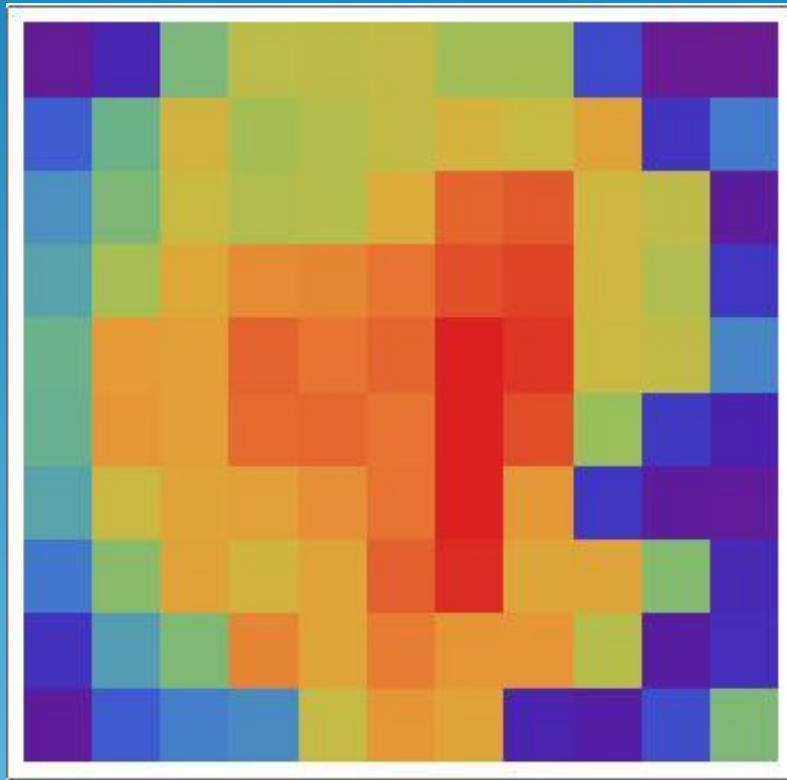


カソード生成手順

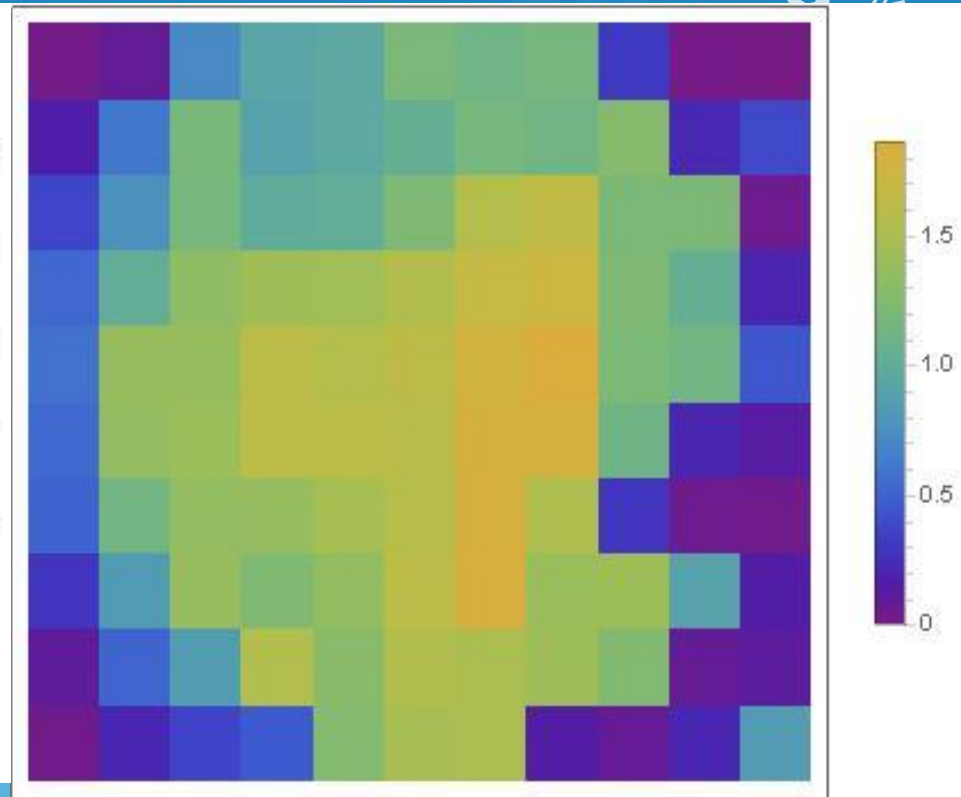
- 1) 基板加熱洗浄 (600°C)
- 2) Sb蒸着 (膜厚制御)
- 3) K蒸着 (膜厚制御)
- 4) Cs蒸着 (QE Max)

QE mapping @ 532nm

t=0時間



t=258時間



カソード劣化モデル

量子効率には二つのプロセスにより劣化

- ・ 時間による劣化（ガス吸着等）
- ・ 引出電荷密度による劣化（イオン逆流等）

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

時間成分

電荷密度成分

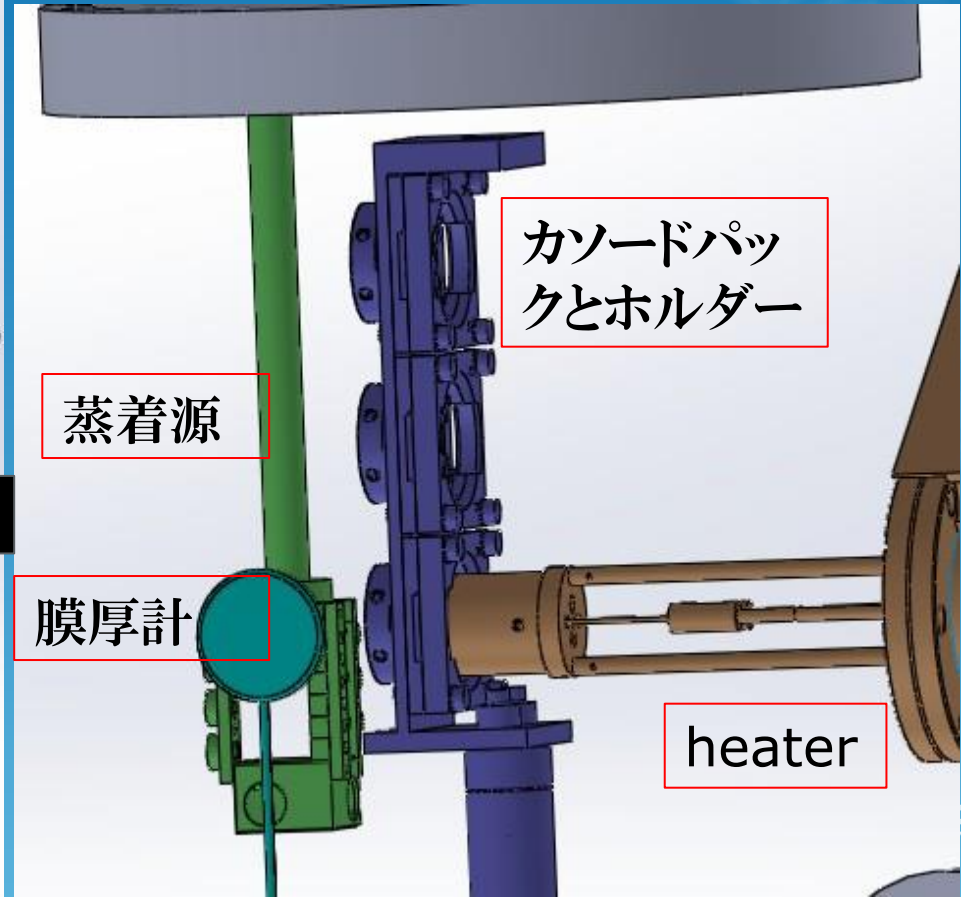
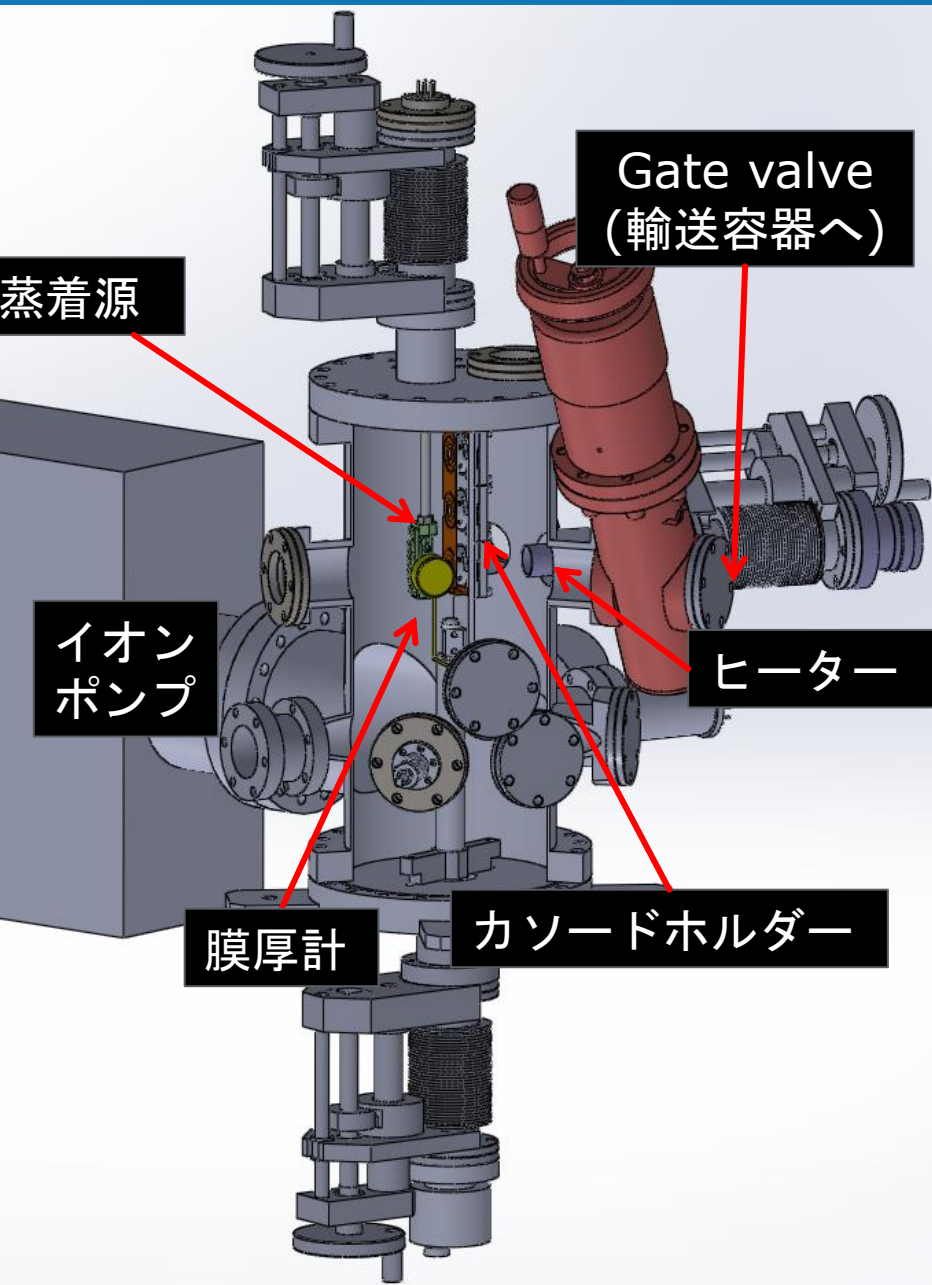
$\eta(t)$: 量子効率

τ : 時間寿命

Θ : 電荷密度寿命

ρ : 積算電荷密度

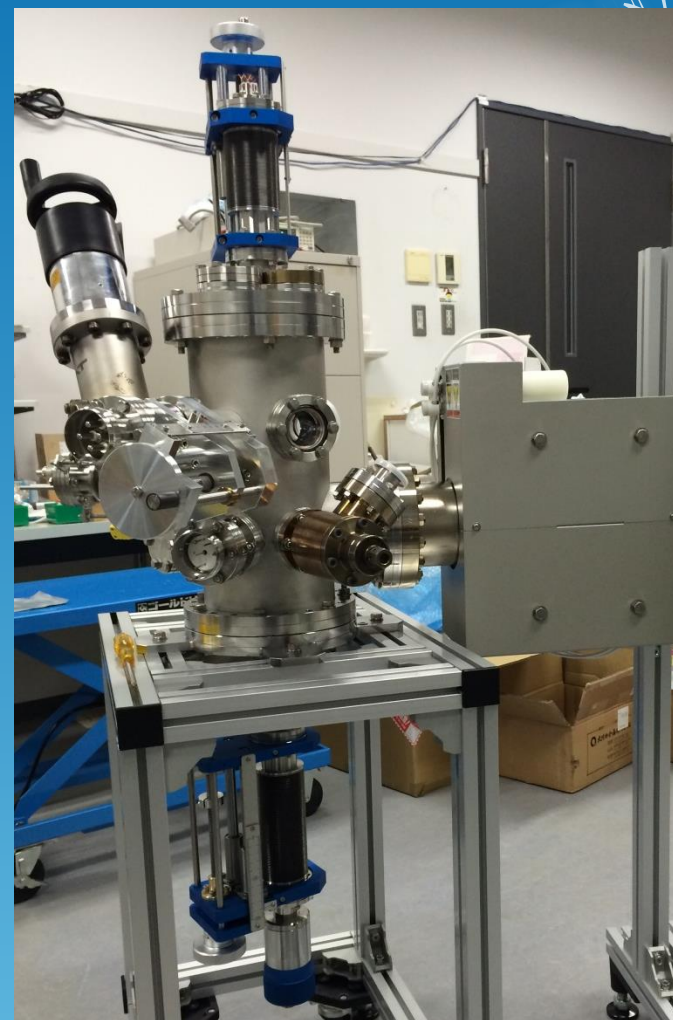
マルチアルカリ蒸着槽 (真空輸送容器対応)



真空輸送容器対応蒸着装置



- 広島大学で作成したマルチアルカリカソードをKEKに輸送し、cERL他の加速器で利用。
- 真空輸送容器(KEK-cERLグループ製作)に対応したカソード蒸着容器。
- 現在真空立ち上げ作業中。
- 3月中に蒸着試験開始予定。

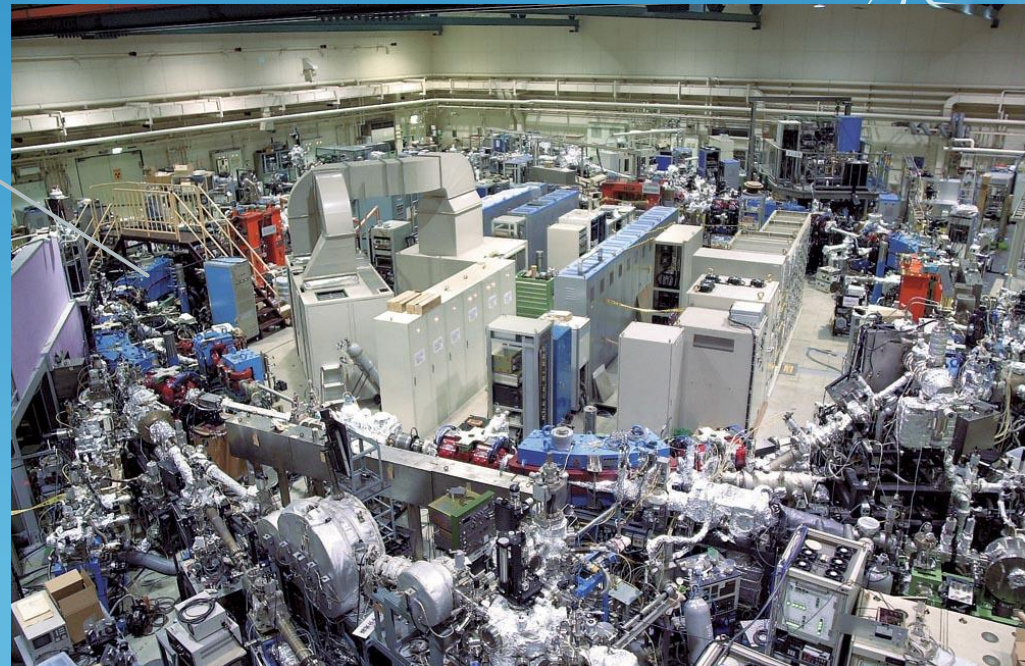
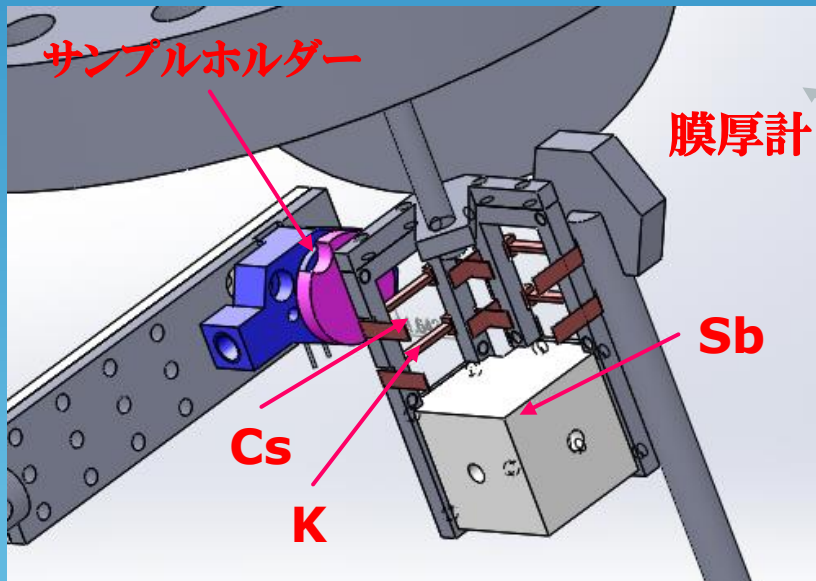


表面分析

清宮、許斐



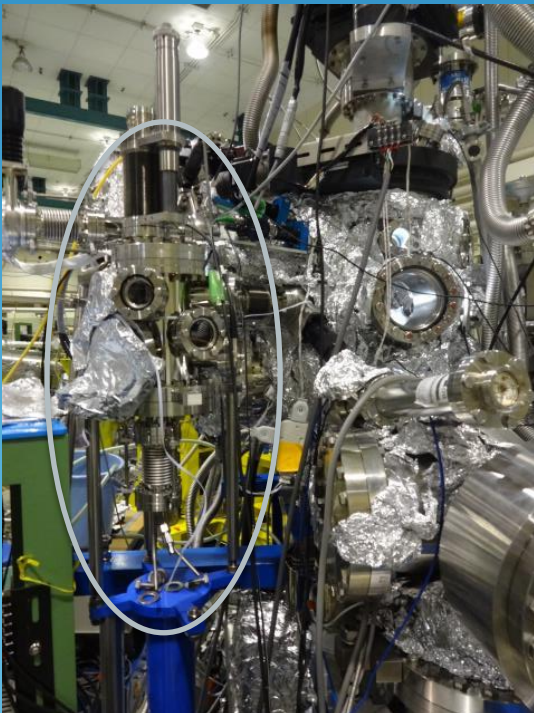
- マルチアルカリカソードの生成条件の最適化のため、XPS/UPS, LEEDによる表面評価
 - XPS/UPS: 元素分析、結合状態分析
 - LEED: 結晶性分析
- UVSOR-BL2Bを利用



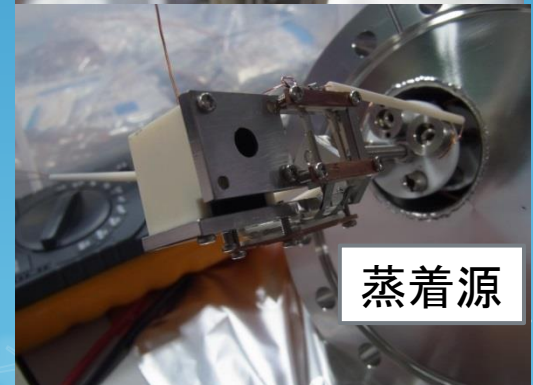
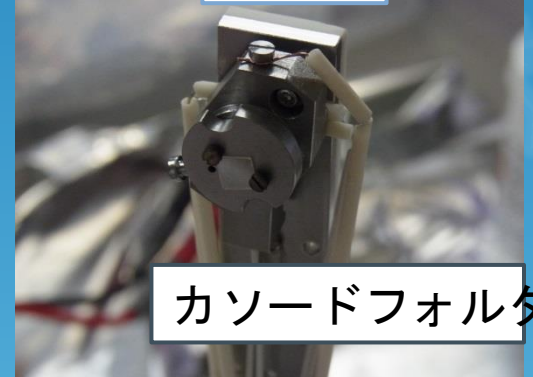
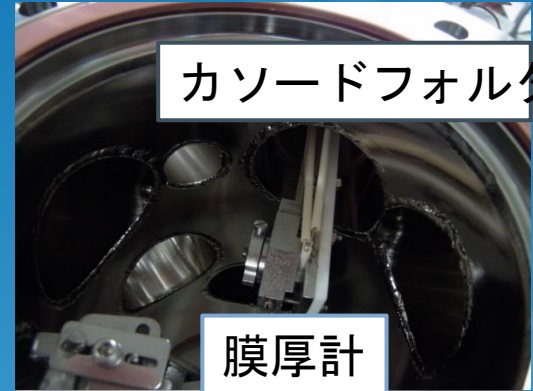
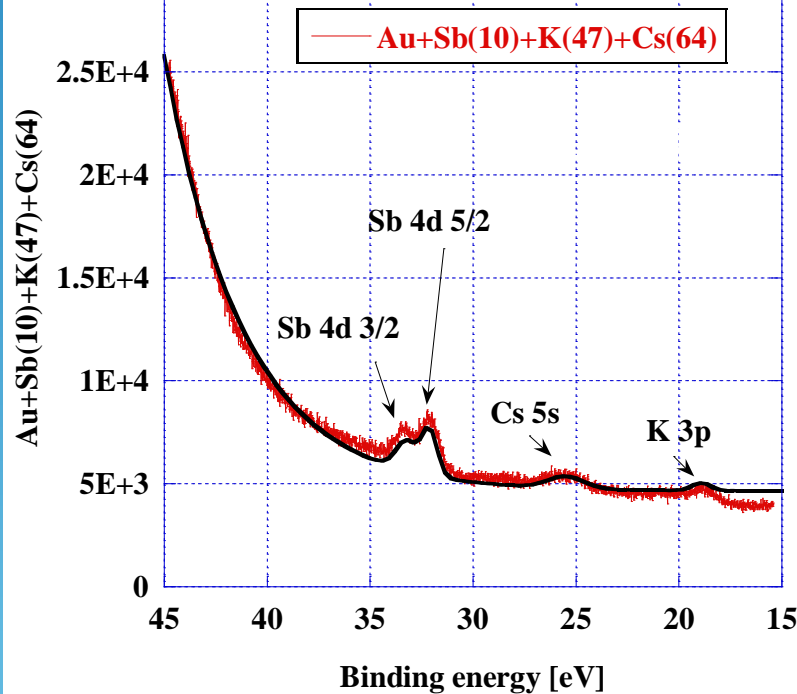
光電子分光解析



- ケミカルシフト
- 電子のMFPのユニバーサルカーブを用いた深さ方向の元素分布解析。
- 劣化プロセスの観察



Sb : K : Cs = 3.8 : 1 : 1.75



Summary

- 広島大でCsKSbカソードの蒸着技術確立。量子効率3% (532nm) , 1500時間寿命、300-2600C/mm².
- 課題：
 - 高量子効率化 (>6%) , 再現性、均一性、寿命モデルの検証。
 - 量子効率と表面状態（元素比、結晶性、化学状態）の理解：UPS, XPS, LEED
 - カソード輸送システムの構築、実証。