

# CsTe薄膜によるGaAsフォトカソード NEA活性化の研究

"Study for activation of NEA-GaAs  
photo-cathode with CsTe thin film"

広島大学 根岸 健太郎

# ILC実験のためのGaAsフォトカソード

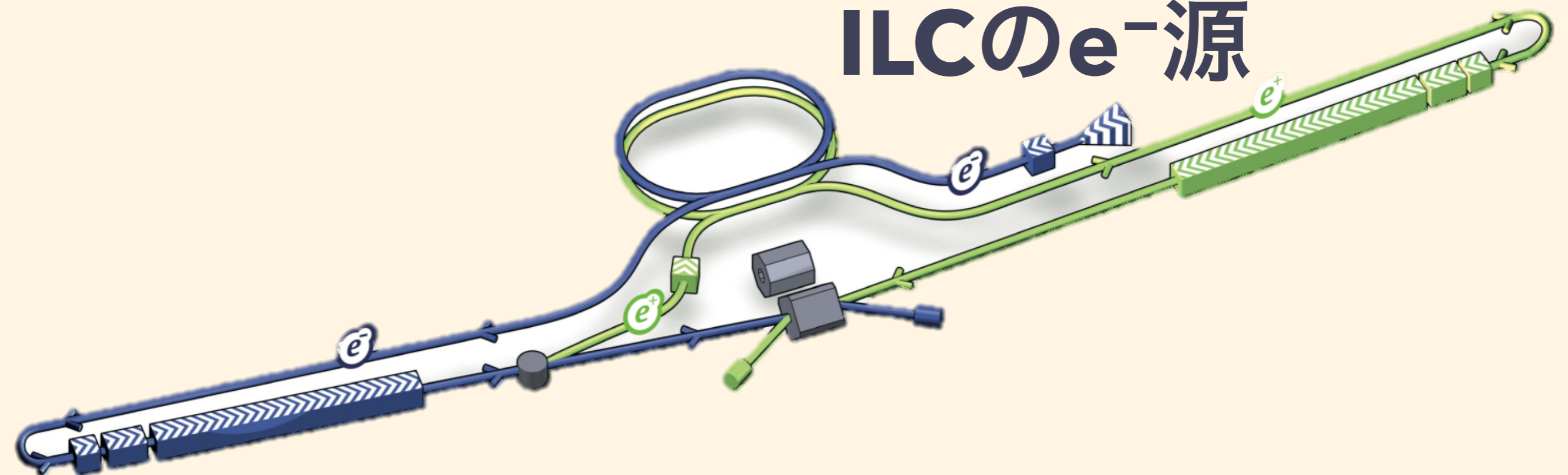
## 利点

- 高い量子効率 (> 6%)
- 赤色レーザーによる電子引き出し
- **高スピン偏極電子**

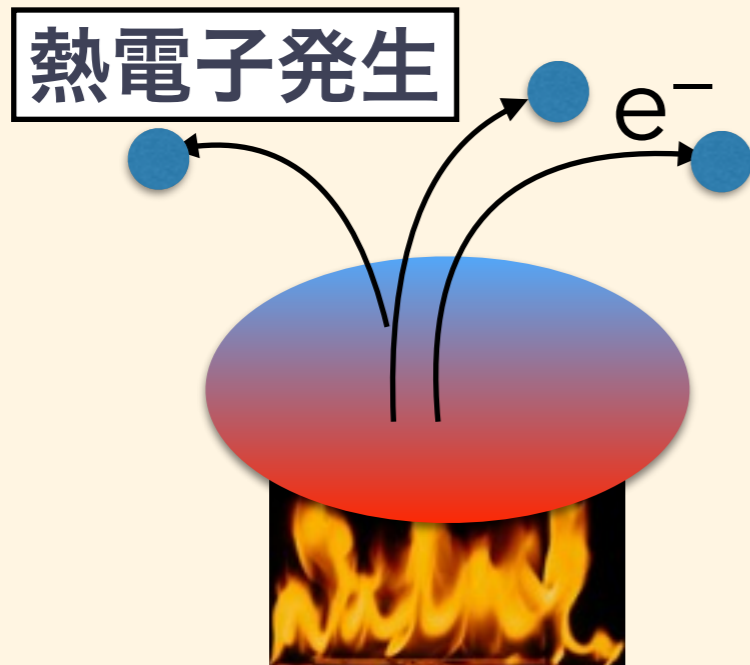
## 欠点

- 短寿命
- **低耐久**

## ILCの $e^-$ 源

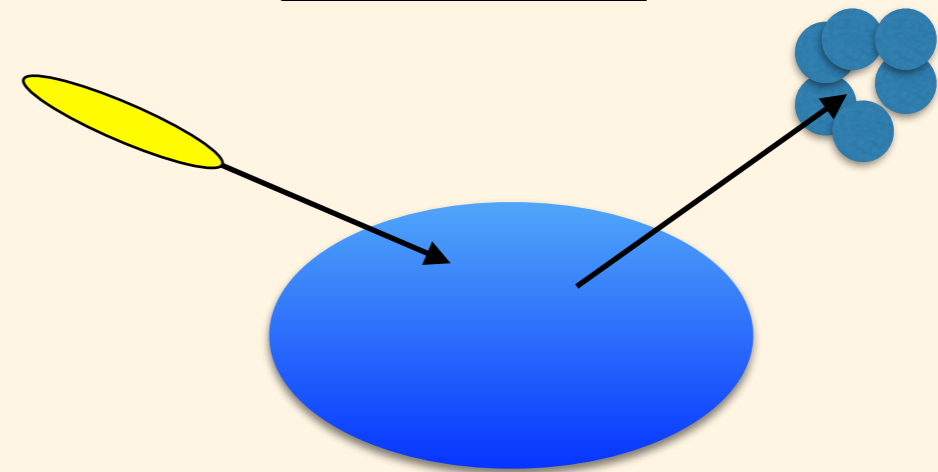


# 電子発生プロセスと特徴



- 技術的に成熟
- (スポット径、パルス長)制御性が悪い
  - ▶ バンチングの必要

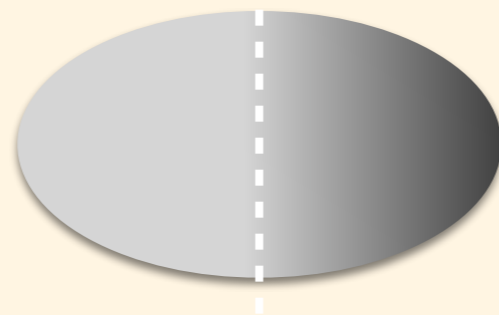
## 光電効果



- 比較的新しい技術
- (スポット径、パルス長)制御性が高い
  - ▶ パルスレーザーによる短パルス生成

## 純金属カソード

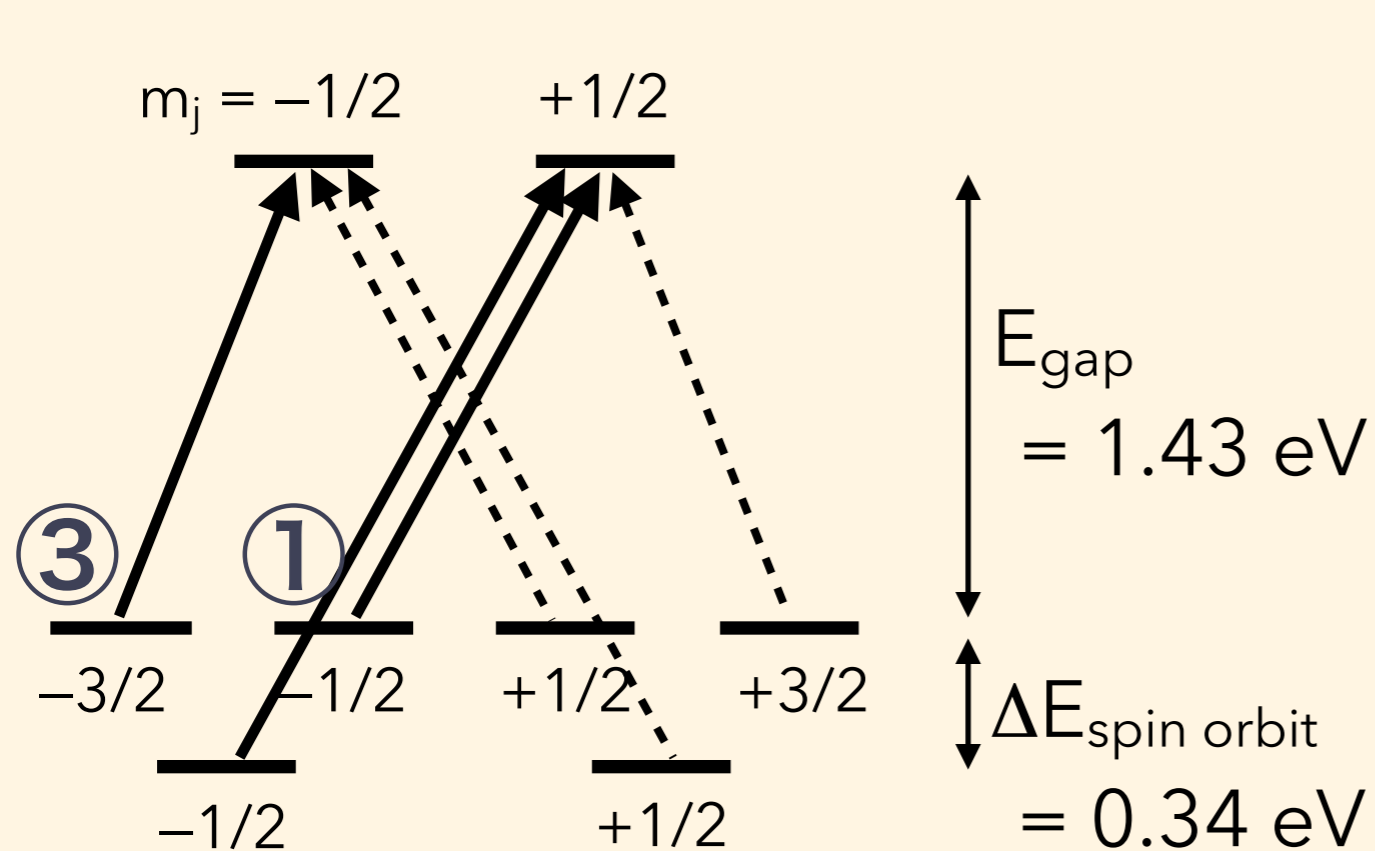
- 高耐久
- 低量子効率
- UVが励起に必要



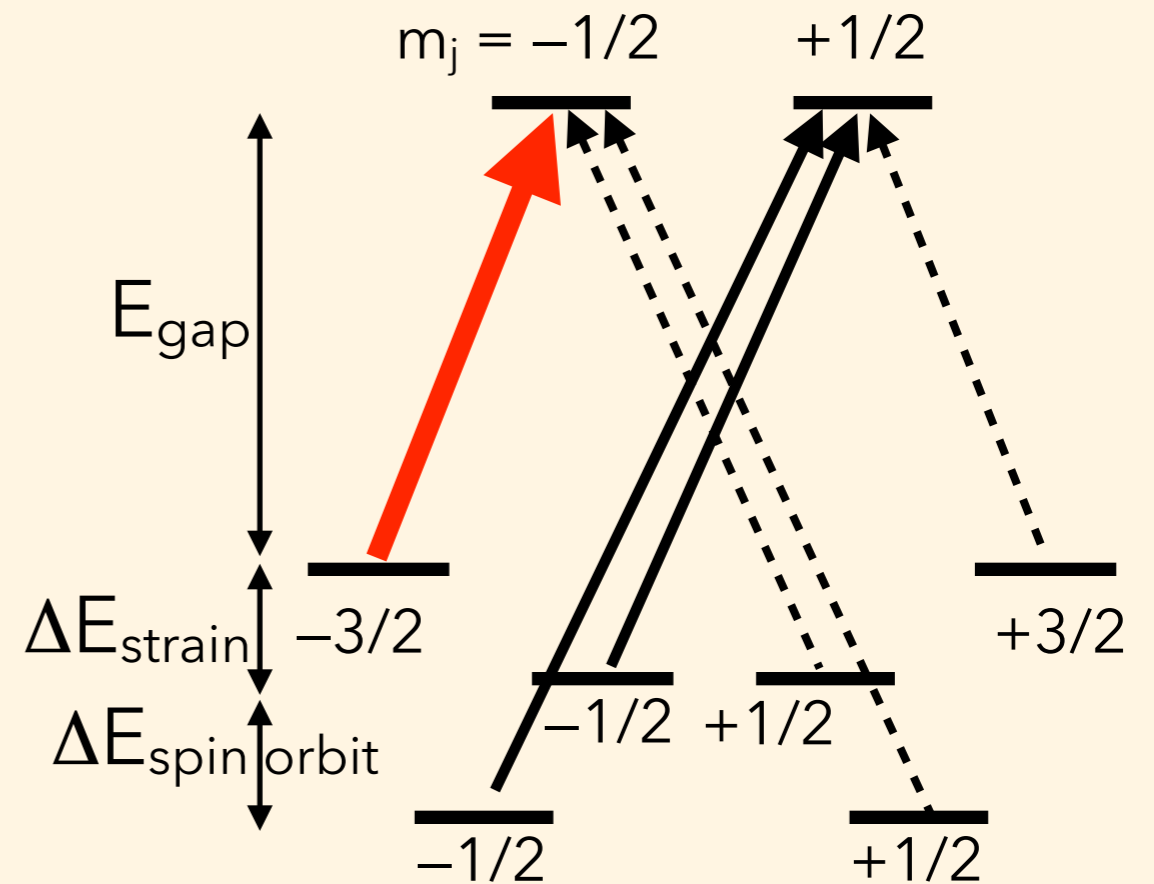
## 半導体カソード

- 低耐久
- 高量子効率・低エミッタンス
- **偏極電子**

# スピン偏極



$e^-$ 偏極度  $\leq 50\%$



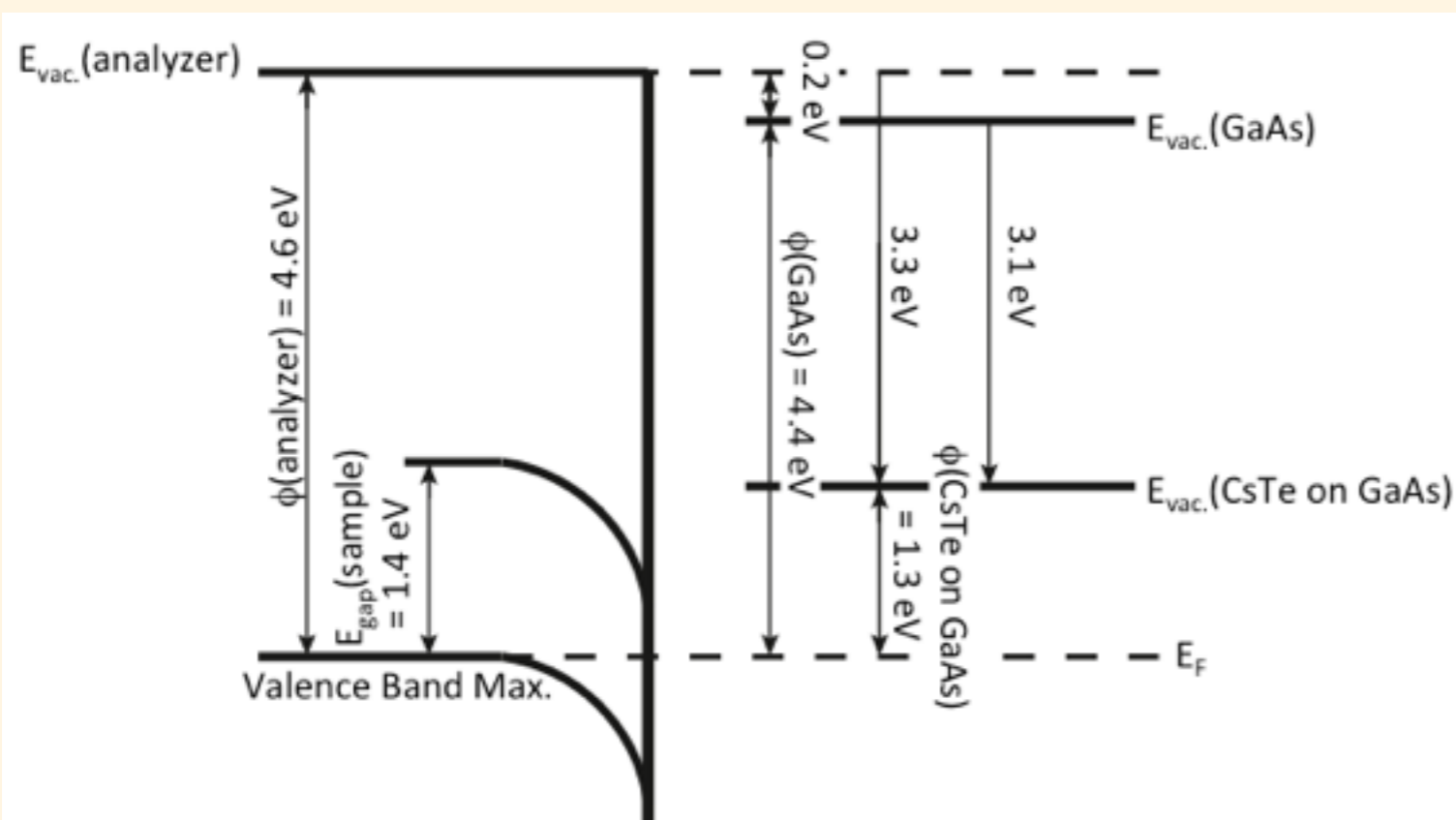
偏極度 **100%** 到達可能

$E_{\text{gap}}(1.43 \text{ eV})$  付近のQEが重要となる。

# NEA(負の電子親和)表面

真空準位が伝導帯より低い状態

- 異種半導体のヘテロ接合によるNEA活性化
  - ▶ Cs-Oに替わるNEA活性化の手法を開発
  - ▶ Cs<sub>2</sub>Te-GaAs接合で真空準位を制御
- 高耐久半導体をGaAs基板上に成膜することで、**高耐久NEAカソード**を実現



## Cs<sub>2</sub>Te フォトカソード 高耐久半導体フォトカソード

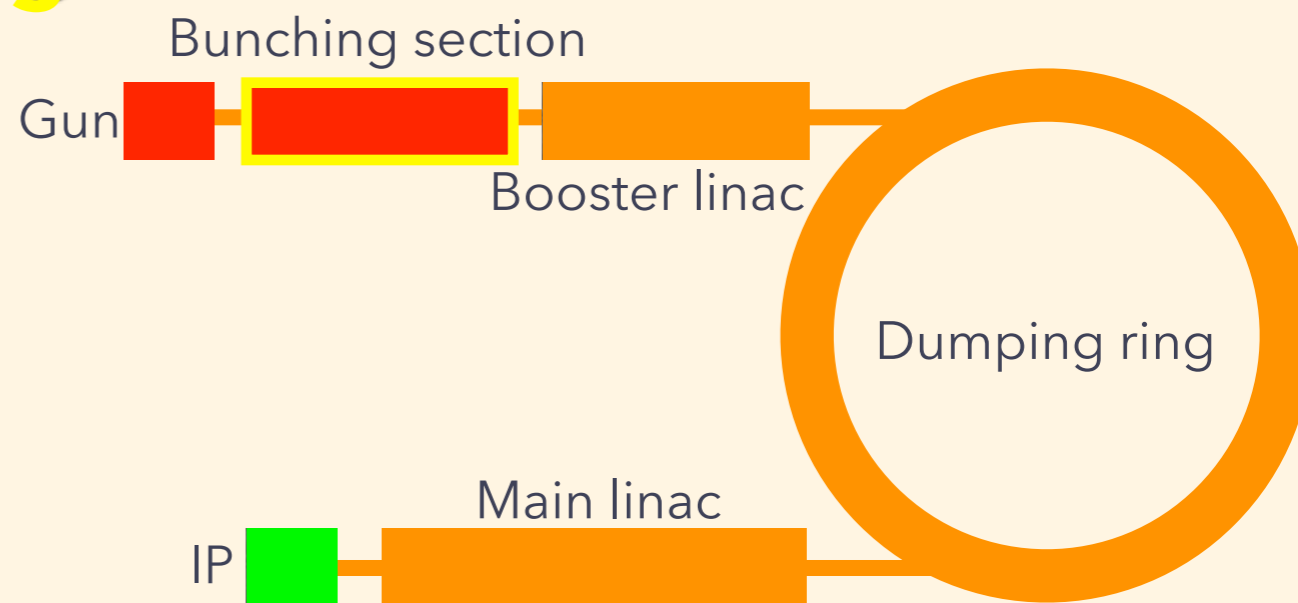
- 量子効率 ~ 10 %
- UV励起
- RF電子銃で運転可能
- 寿命 ~ O(1) months

# GaAsが丈夫になると...

## Baseline Configuration

### Conventional activation with Cs-O

DCフォトカソード電子銃 (20 MV/m)  
大きなサイズで、長いバンチ長で発生  
バンチングが必要  
DRによる放射減衰



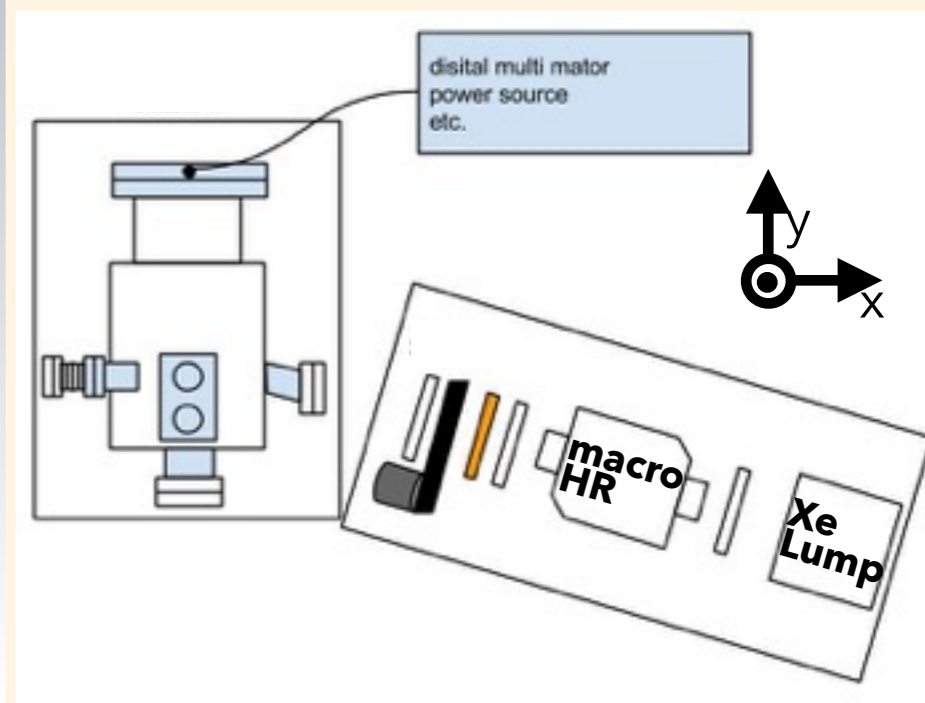
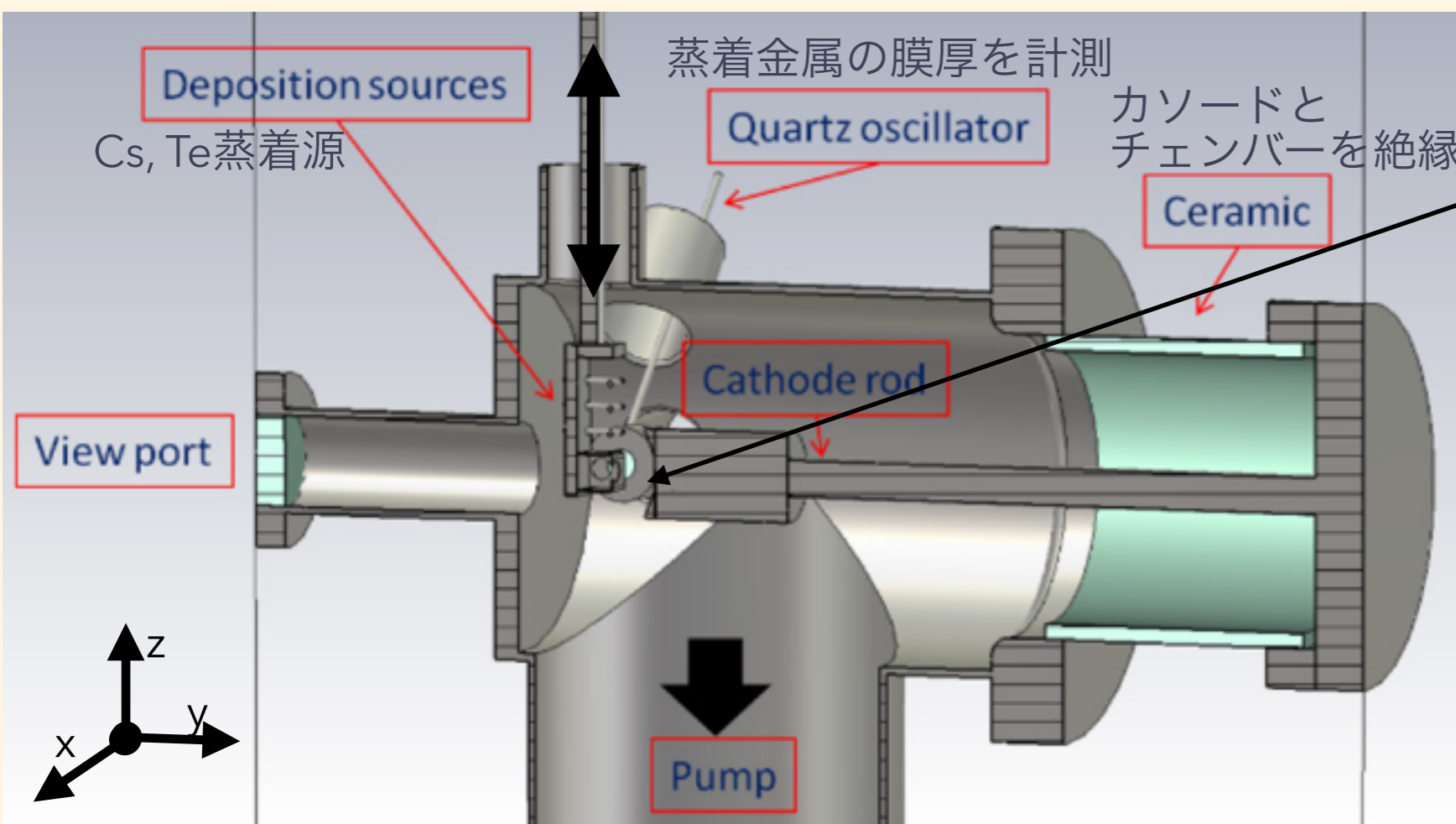
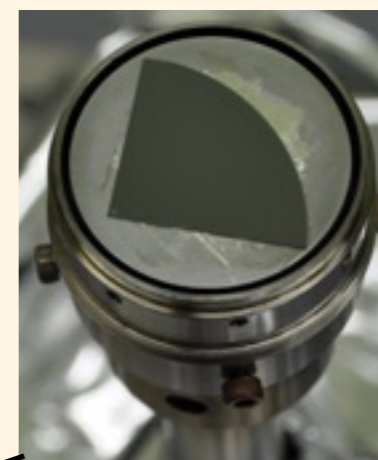
### Activation with robust surface layer

RFフォトカソード電子銃 (150 MV/m)  
小さいサイズで、短いバンチ長で生成  
位相空間回転によるエミッタンス交換(EEX)  
バンチングセクション、DR不要

## Ambitious Configuration



# 実験装置

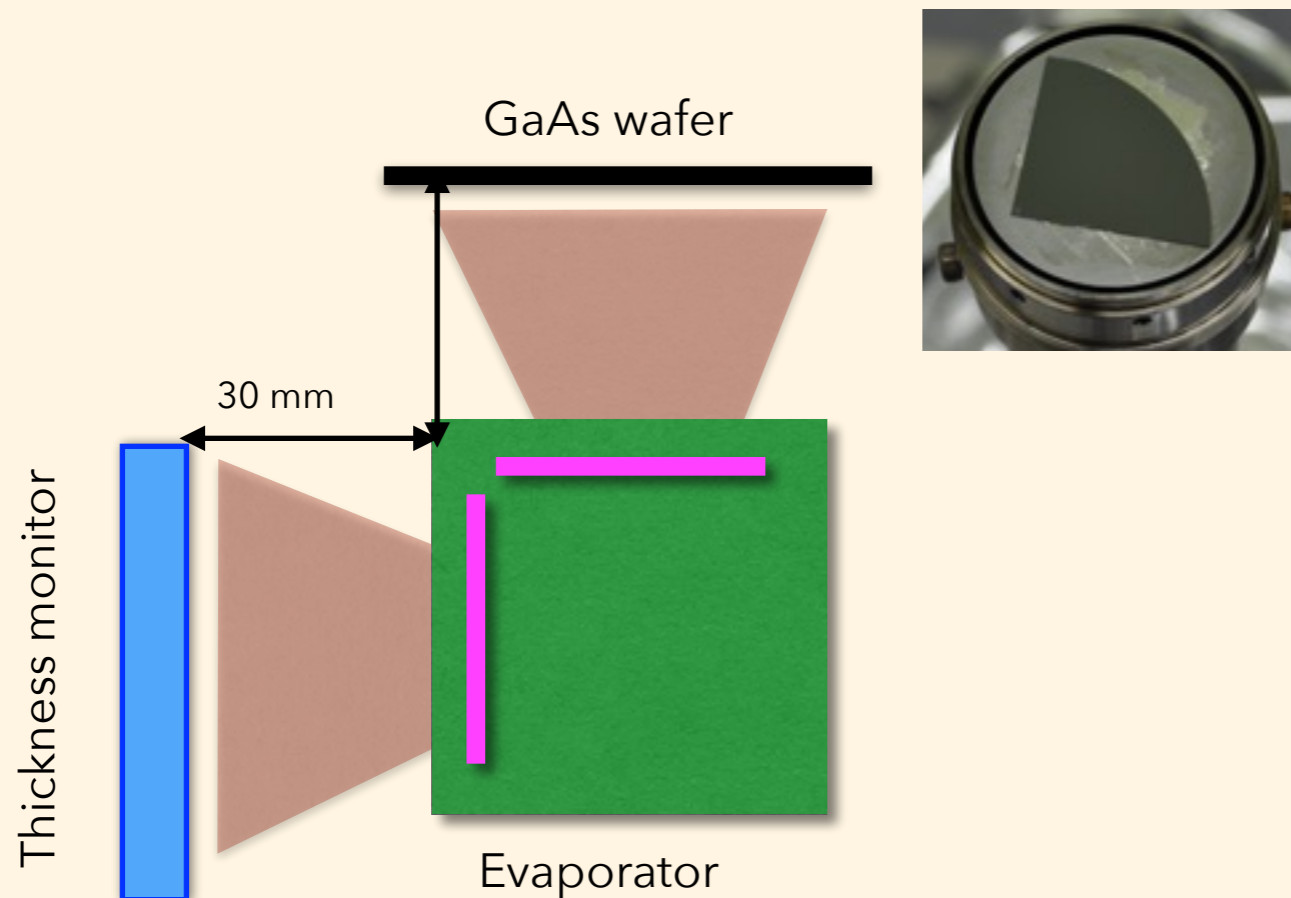


イオンポンプ(160 l/s)  
NEGポンプ(310 l/s)

蒸着・測定チャンバー  
超高真空( $1 \times 10^{-8}$  Pa)

光学系 (手前ビューポートから)  
300-1000 nm 線幅 7 nm  
スポット径(数  $\text{mm}^2$ )

# Cs-Te薄膜蒸着

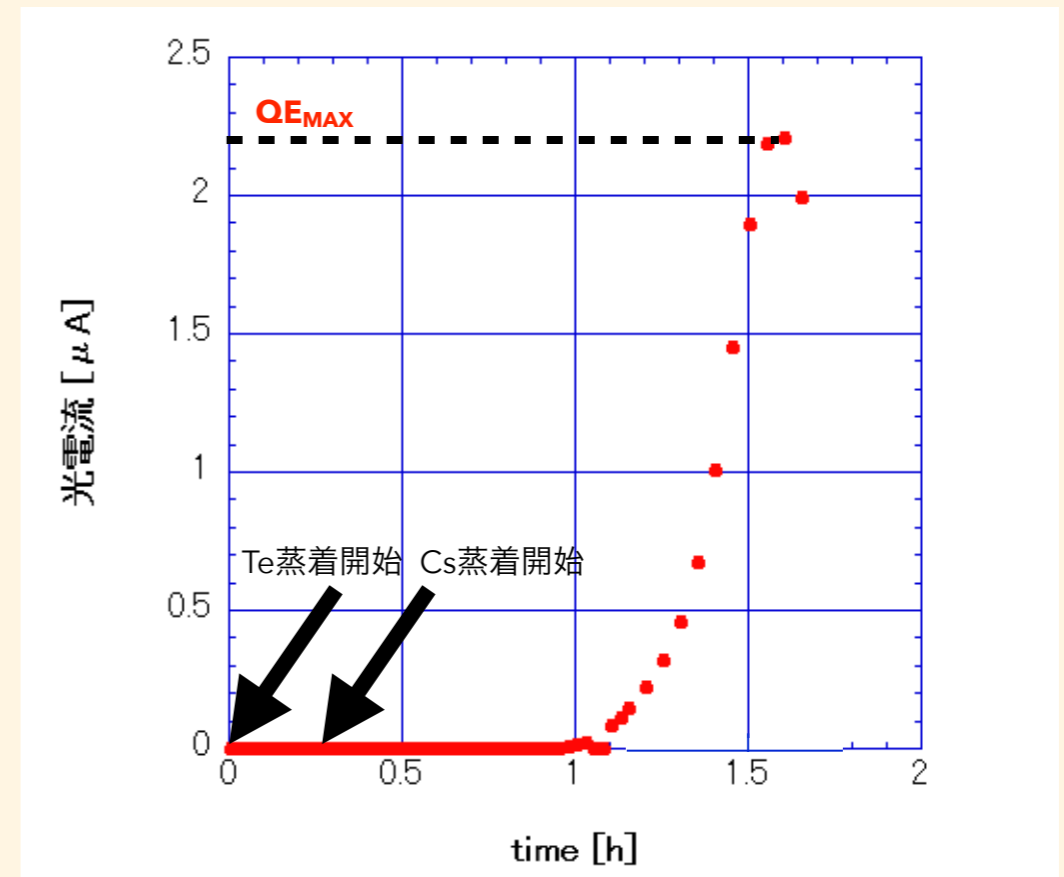


GaAs上にCs-Te薄膜を蒸着生成  
蒸着時量子効率を  
リアルタイムモニタ

Cs蒸着時にQE上昇を確認

▶ QE飽和時のQEを $QE_{MAX}$ と仮定

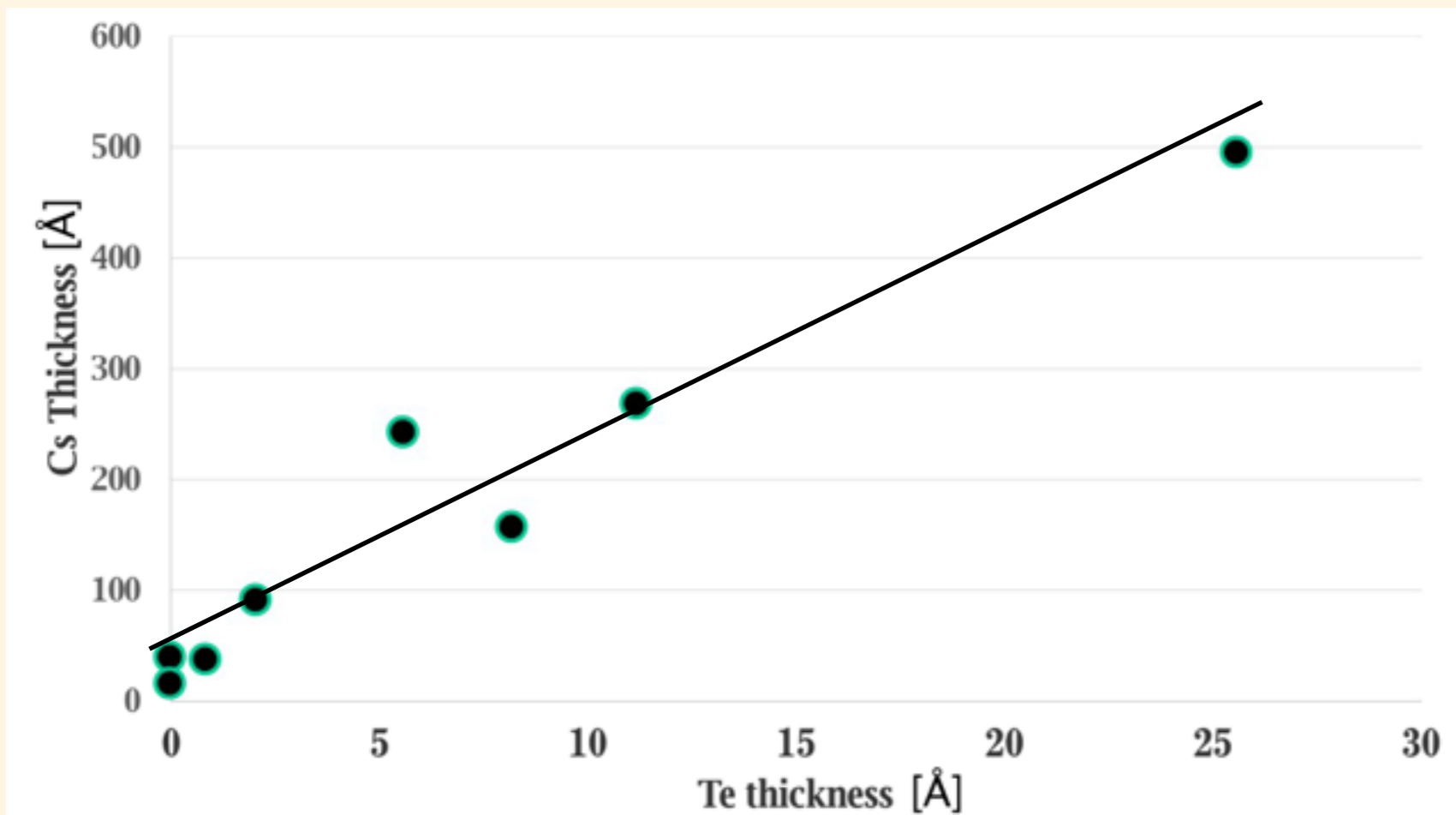
$QE_{MAX}$ 観測後蒸着終了





# Cs-Te薄膜蒸着

Te厚によるCs厚依存性



bias ~ 18

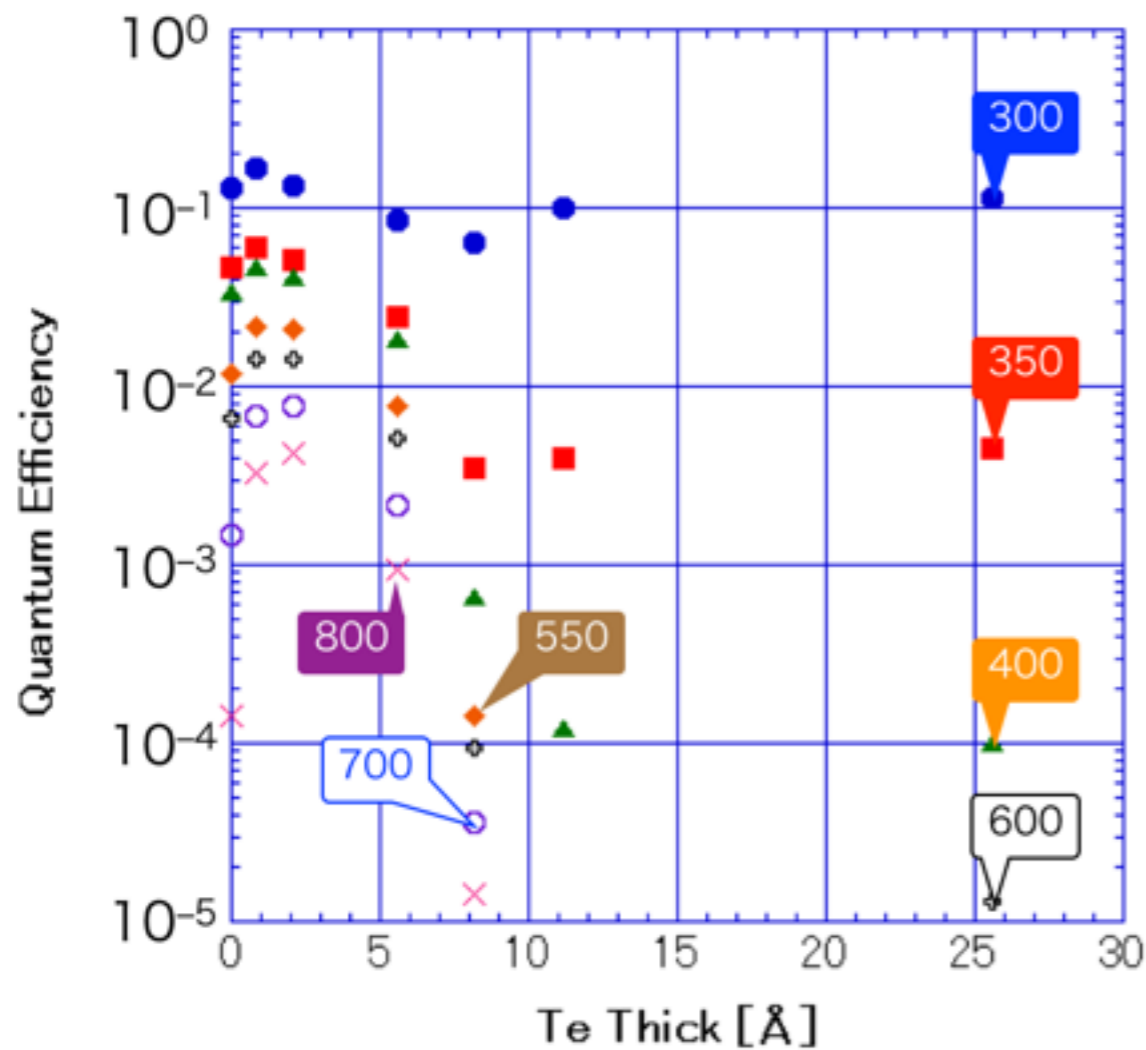
Cs : Te = 5 : 1

一次の相関が見える

**Cs-Teの何らかの化合物( $\text{Cs}_2\text{Te}$ )が生成**

# 作成カソードの性能評価 (1)

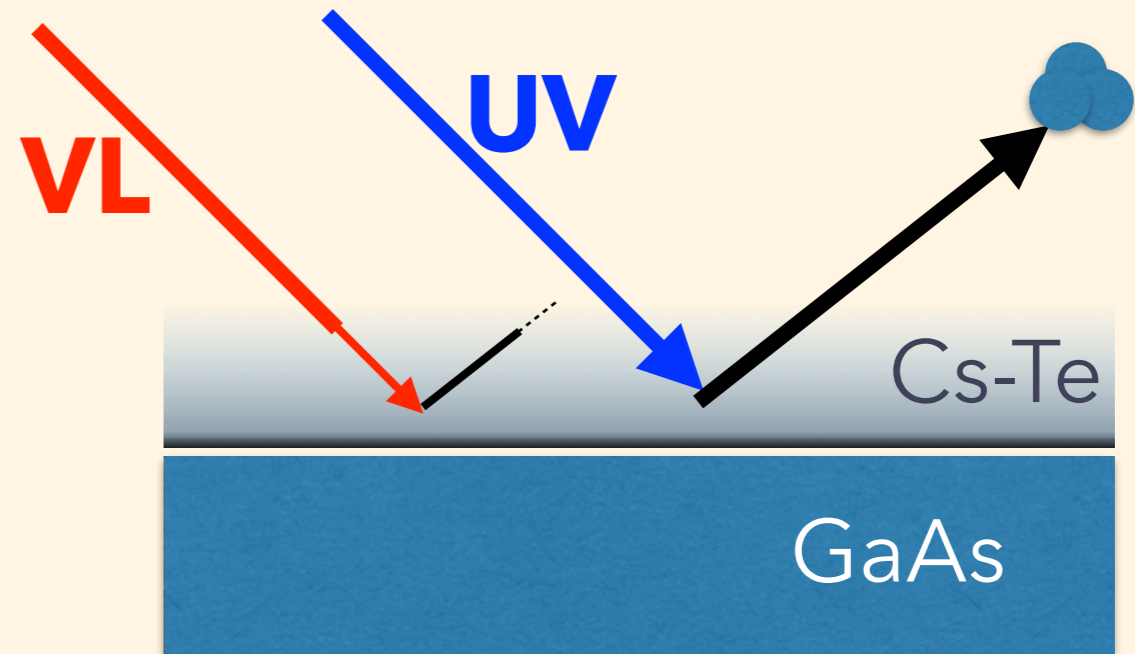
## 量子効率のTe膜厚依存性



- UV領域(300 nm) : 膜厚依存性は小さい

## ▶ $\text{Cs}_2\text{Te}$ フォトカソード

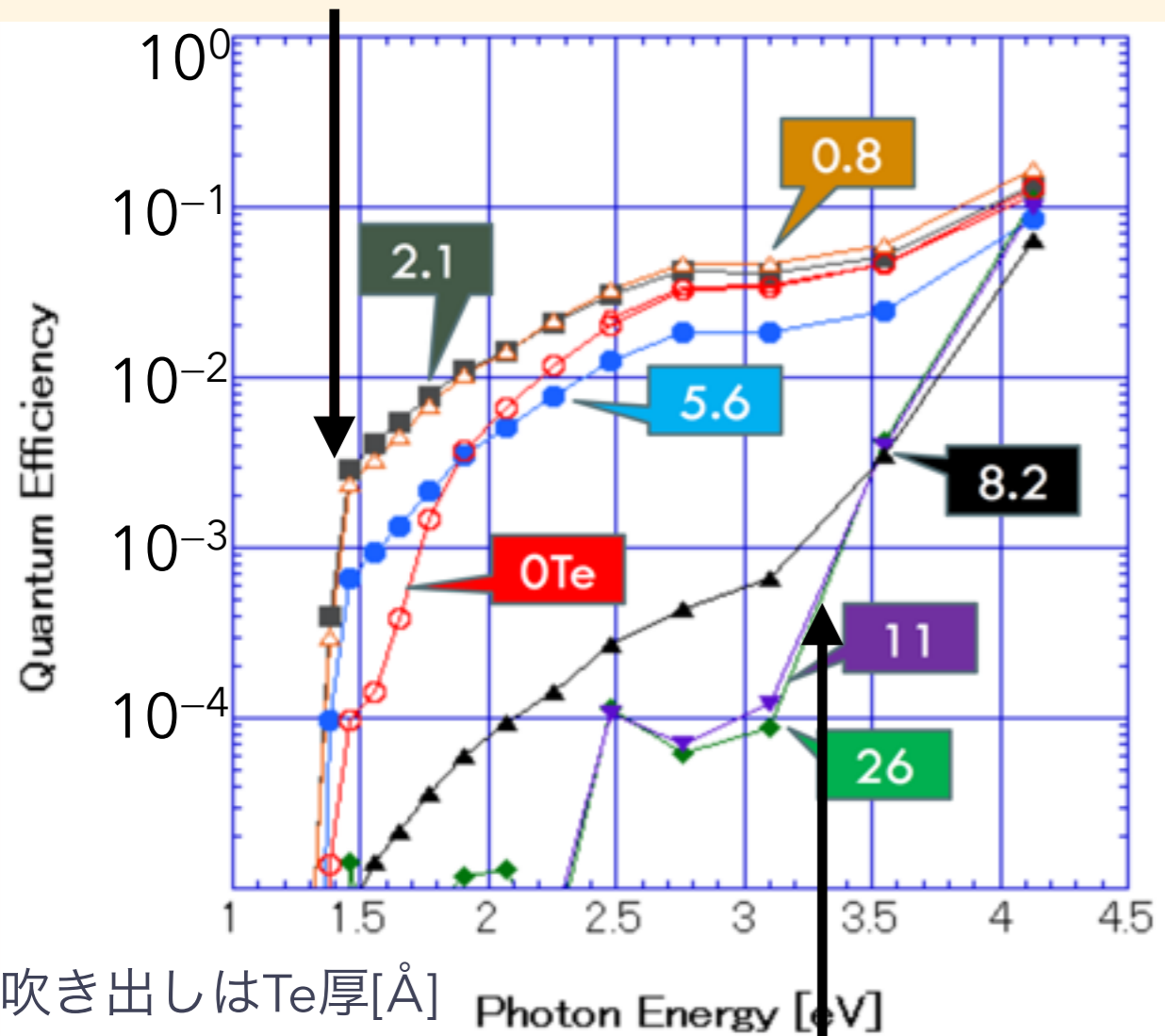
- 可視光領域 : 膜厚増加に従い、急激減少



## ▶ $\text{Cs}_2\text{Te}$ 膜による減衰

# 作成カソードの性能評価 (2)

1.4 eV付近の光に対し0.3%程度のQE



3.3 eV付近でのQEの増加

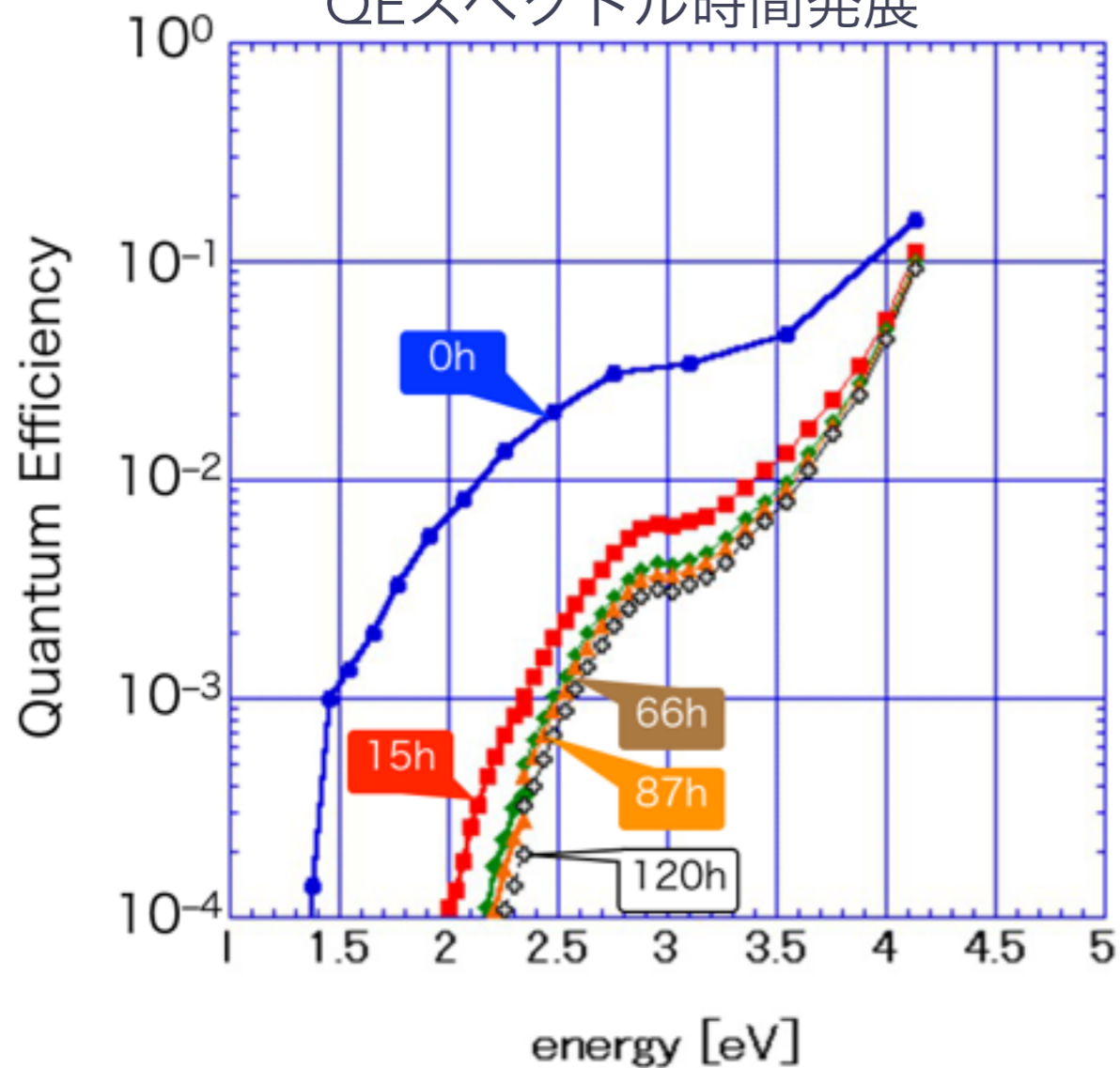
Cs<sub>2</sub>Teを示唆

- GaAsバンドギャップ相当で光電効果を観測

▶ **表面のNEA活性を示唆**

# 作成カソードの性能評価 (寿命測定)

Te厚5.6 Åカソードでの  
QEスペクトル時間発展



## 寿命

QEが1/eに減少する時間

**2.0 eV : 100 h**

**3.5 eV : 1000 h**

Cs-OによるNEA活性GaAsと比較し

特別長寿命とは言えない

- ▶ 寿命は真空度に非常にセンシティブなので、一概に比べられない

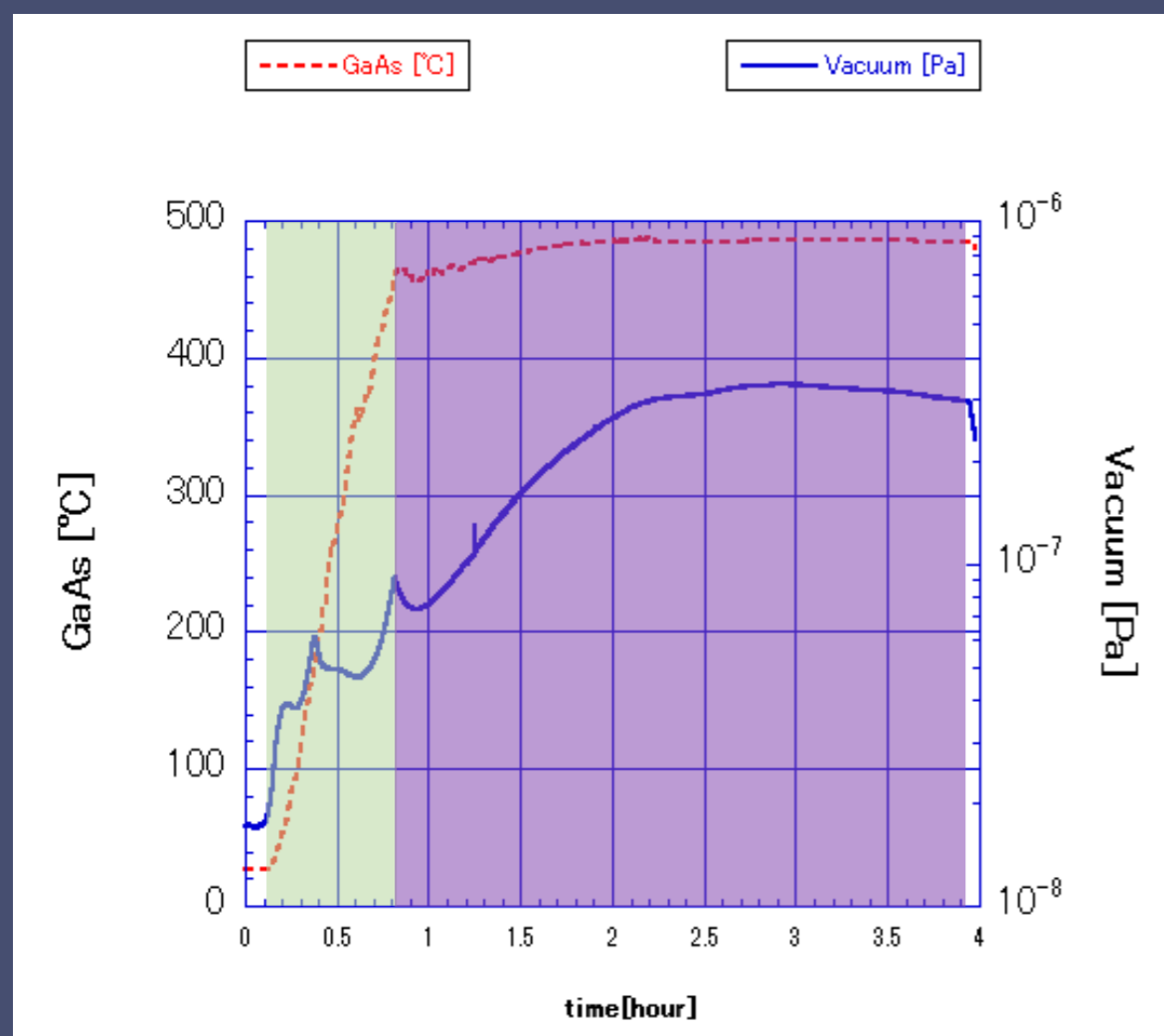
# まとめ

- NEA-GaAsカソードによるスピン偏極 $e^-$ は ILCの電子源として必須
- ヘテロ結合モデルに基づき、  
Cs<sub>2</sub>Te半導体薄膜によるGaAsカソードのNEA活性化を目指した
  - ▶ Cs<sub>2</sub>Te薄膜をGaAsカソード上に蒸着、QEを確認
  - ▶ **GaAsのNEA活性の兆候を確認**
- 高耐久薄膜・条件の探索

***Backup***

# GaAs基板の処理：加熱洗浄

昇温 45min., 470°Cまで → 一定温度3h → 自然冷却



- CsTeによる活性化は同一GaAs基板を用い複数回行う
- 加熱により基板上不純物・古いCsTeを取り除く
- Csのみ用いた活性化で600nm波長の光に対し0.5%程度のQEを確認

# 昇温脱離スペクトル 残留ガスによる活性化では無い

