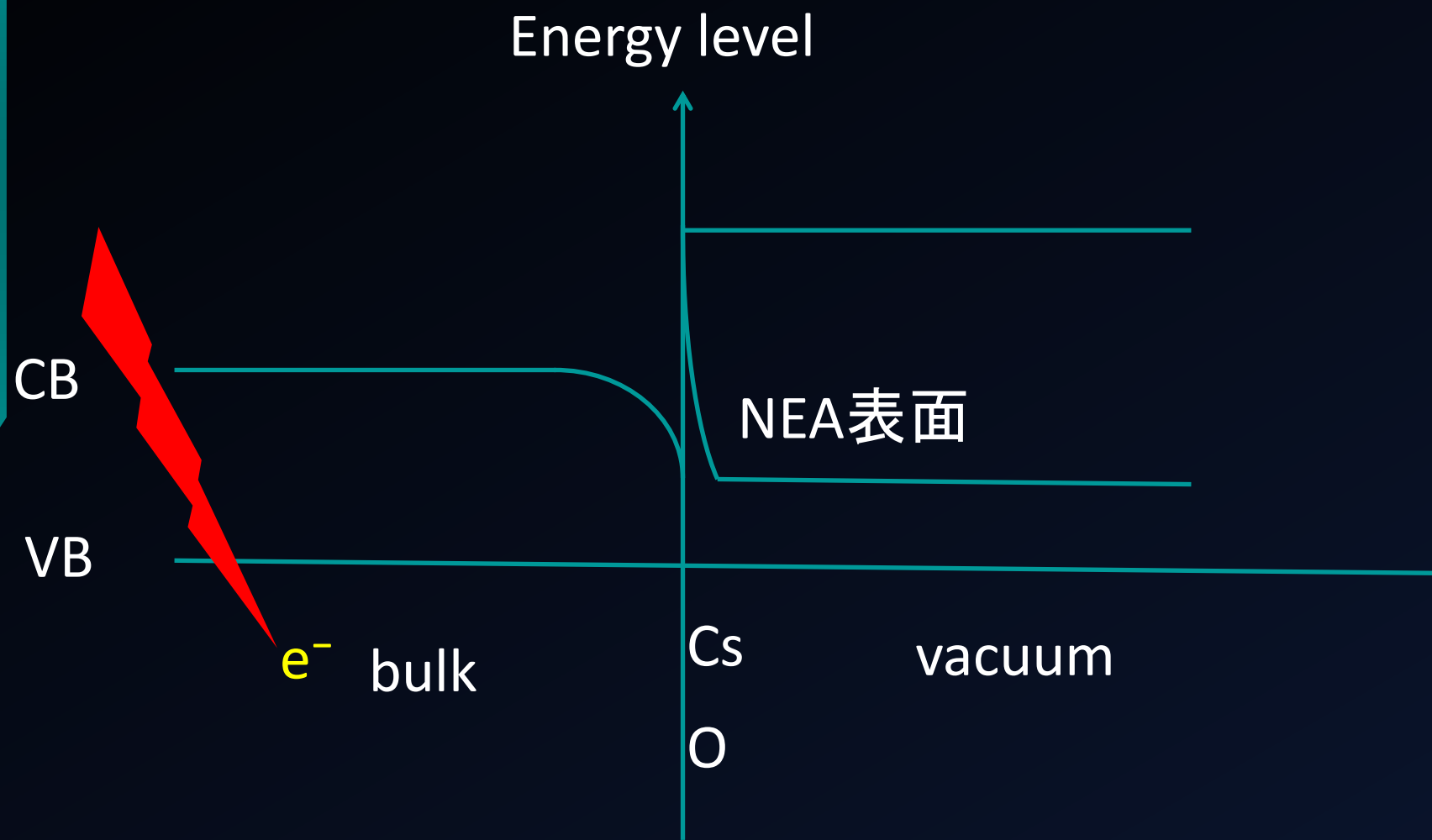


# NEA – GaAsの寿命研究

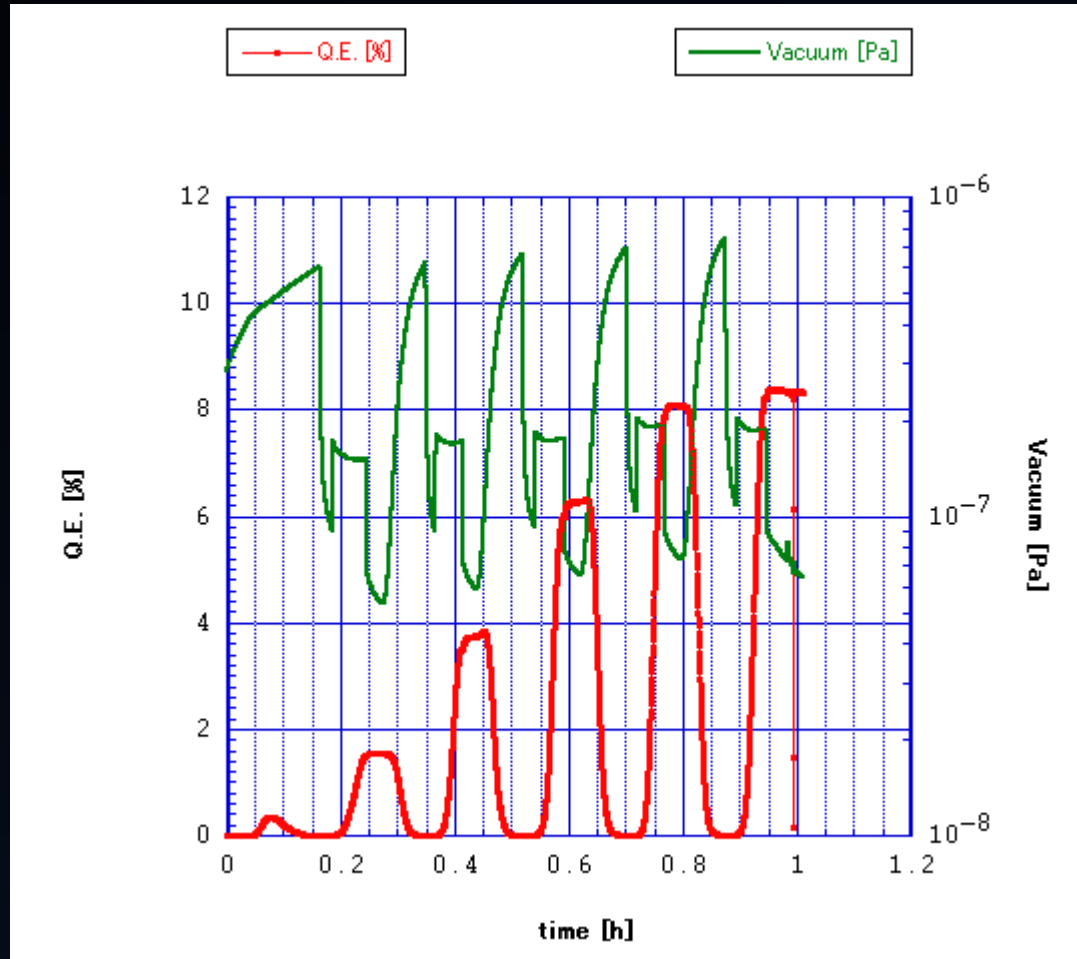
広島大学 先端物質科学研究科

ビーム物理・加速器研究室 M1 内田和秀

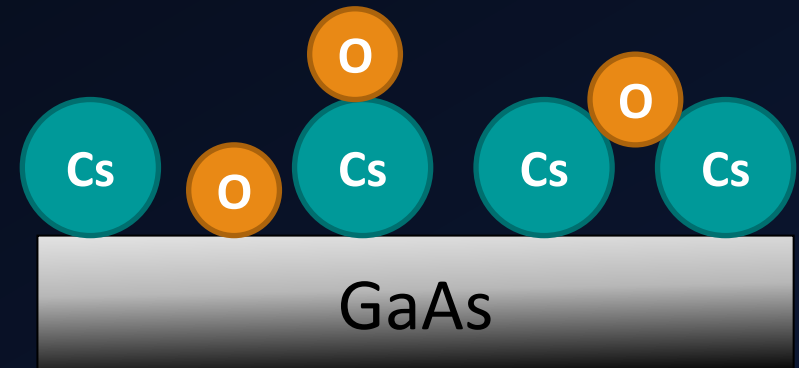
# NEA-GaAs光陰極



# NEA-GaAsの作製過程



Csと酸素(またはNF<sub>3</sub>)を交互に導入していくと、導入回数に応じて量子効率が上昇し、最高で十数%ほどに成る。広大では最高14%



## NEA – GaAs光陰極の特徴と問題点

- 偏極電子が取り出せる
- 赤色のレーザーで電子を取り出せる
- 量子効率(光電子数/入射光子数)が高い
  
- 寿命が短い

理学研究科

先端物質科学研究科

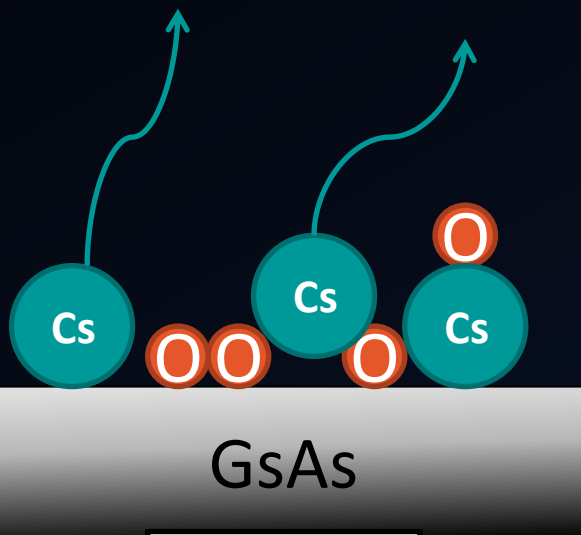
何故か土足禁止の廊下

広大で行っているNEA-GaAs  
寿命研究について

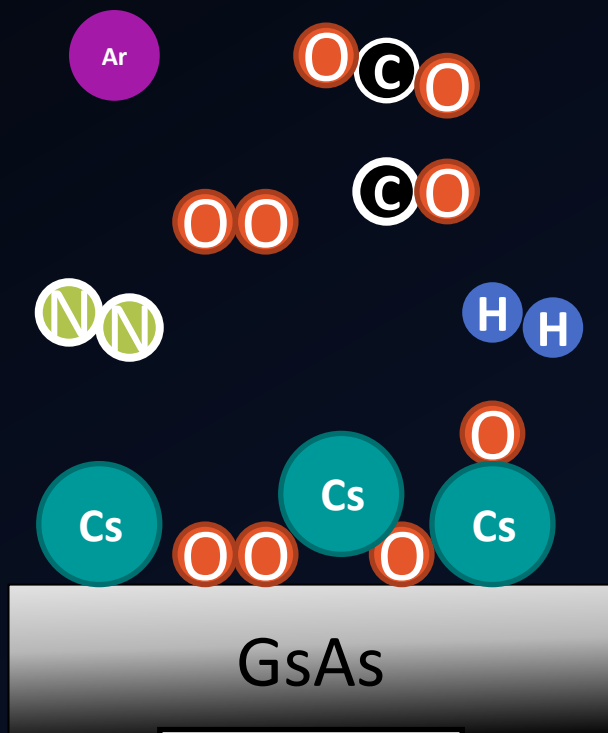
# NEA – GaAs 光陰極の寿命を決めている要因

Beam lifetime

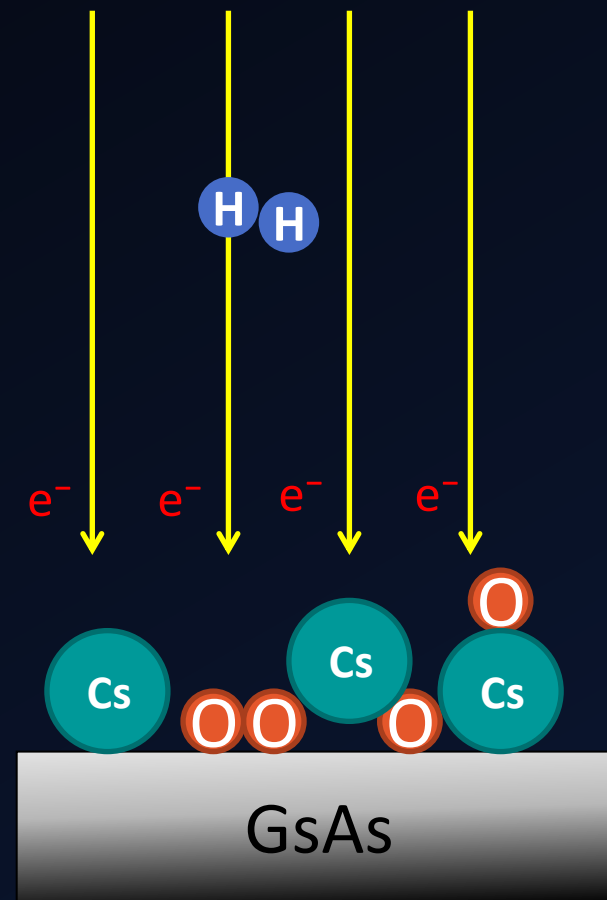
Dark lifetime



熱脱離



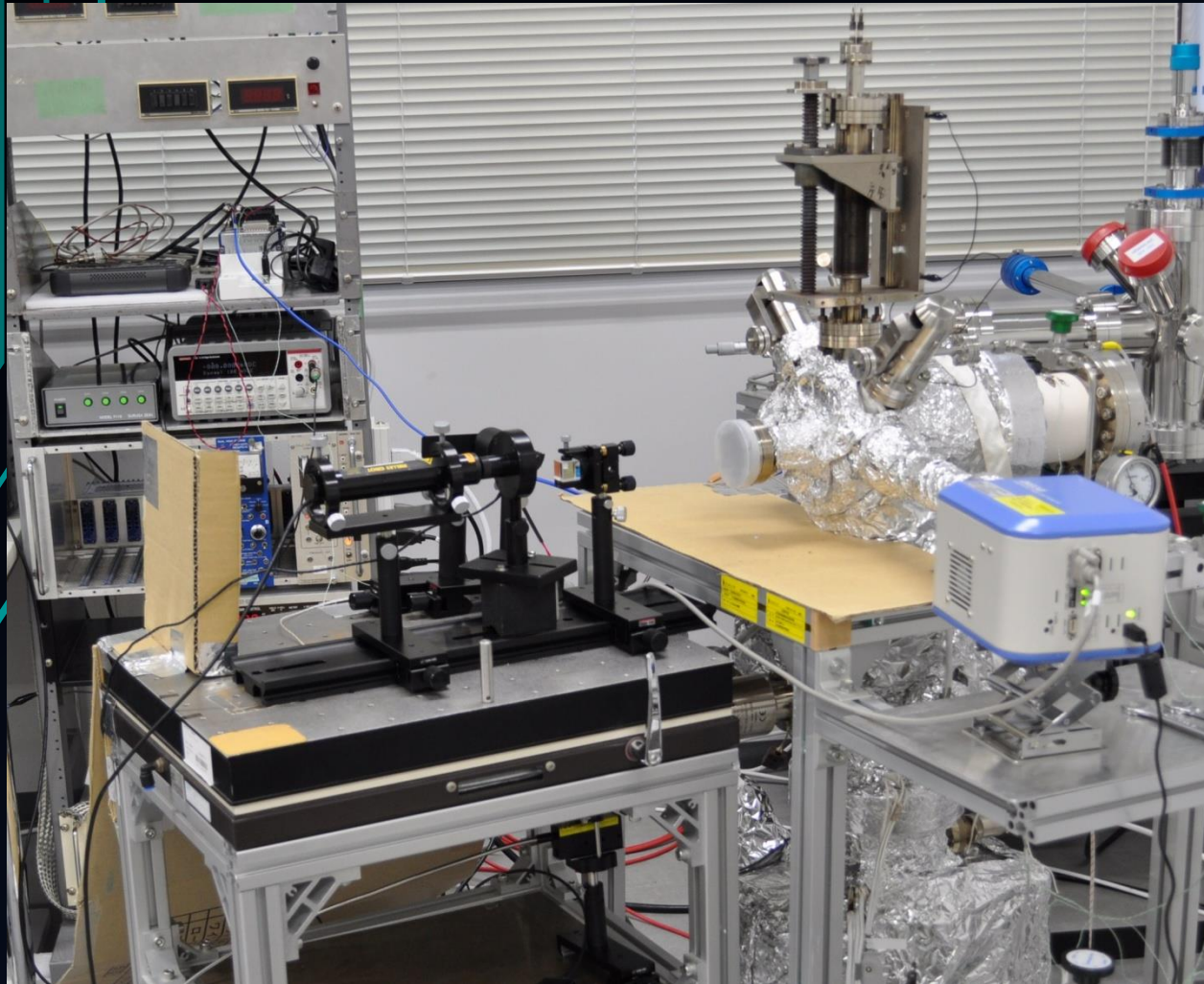
ガス吸着



Ion Bombardment



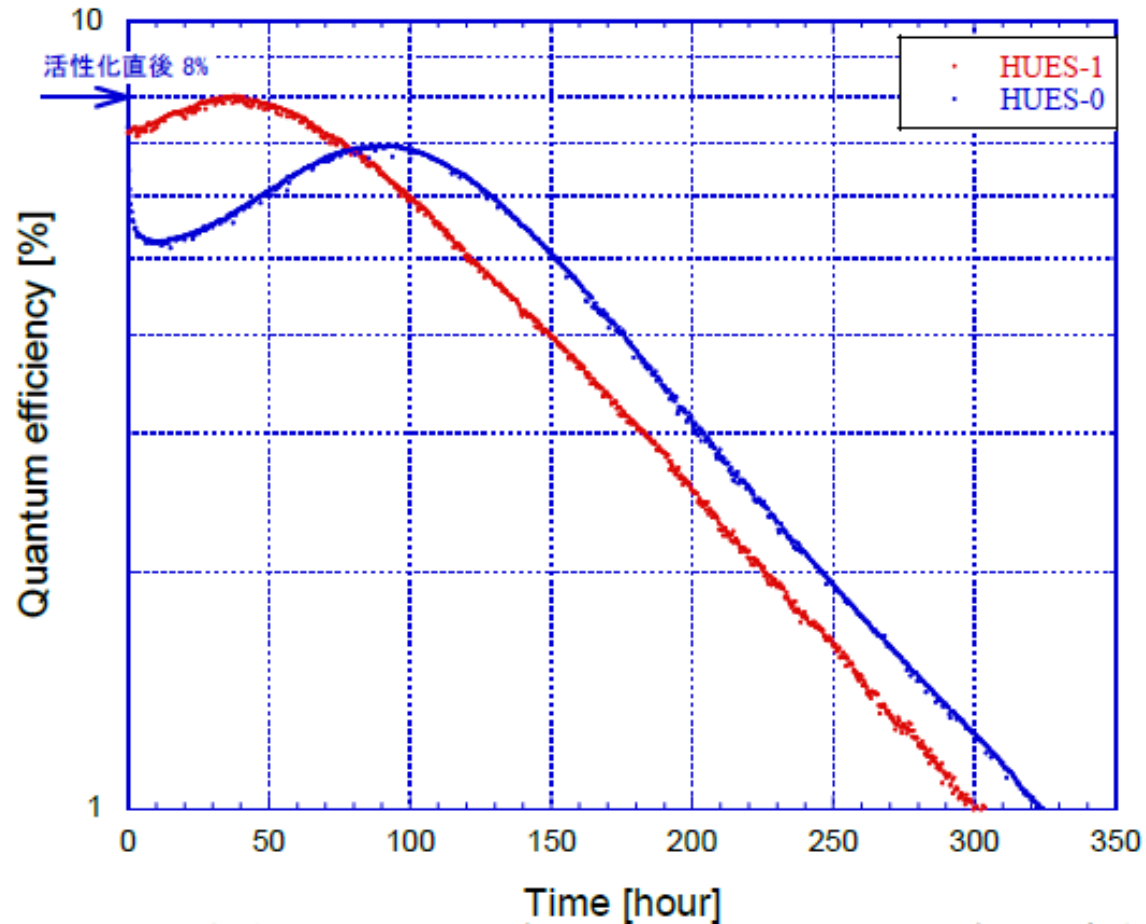
# HUES0



# HUES 1



# 寿命の評価



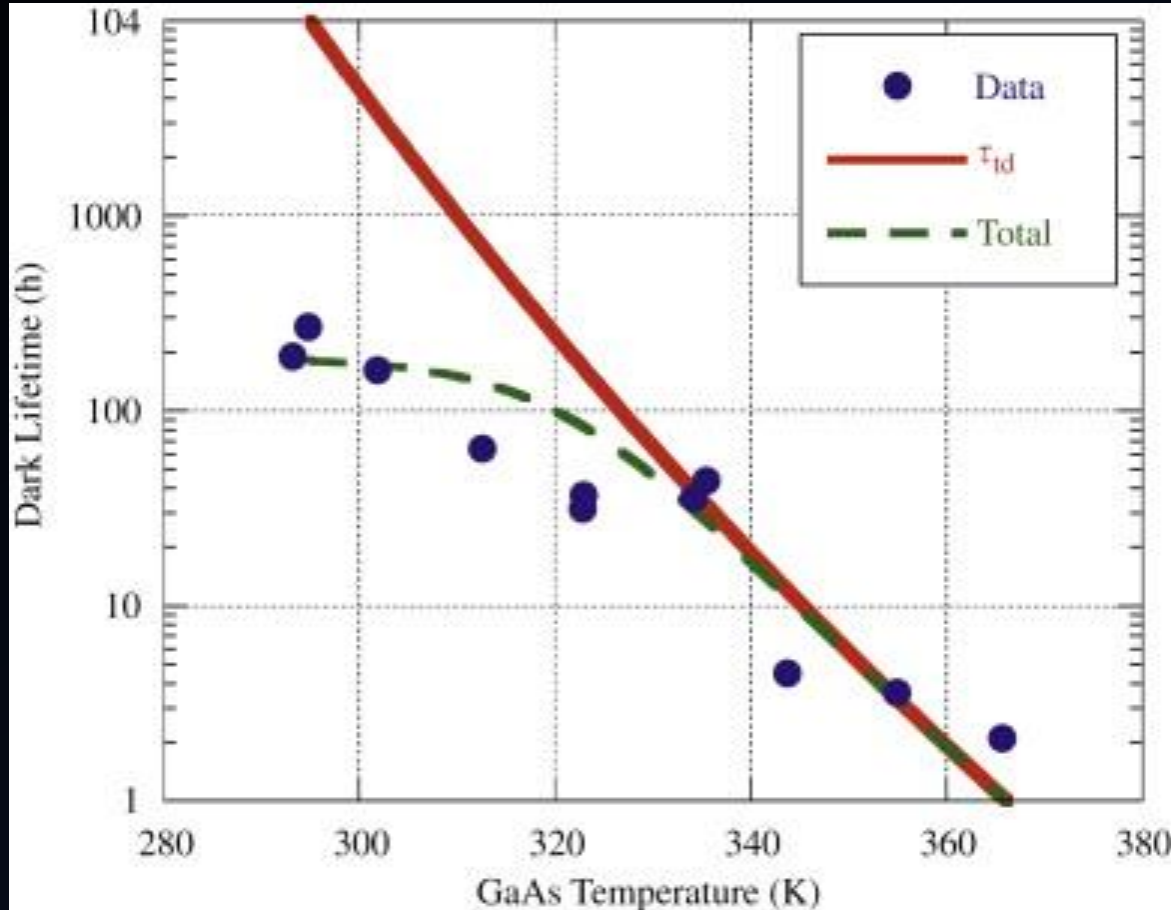
$$\eta_{(t)} = \eta_0 \exp \left[ -\frac{\int dt P}{\tau_c} \right] \exp \left[ -\frac{t}{\tau_{td}} \right] \exp \left[ -\frac{\int dt PJ}{\Theta} \right]$$

電子取り出し時には3つのNEA劣化プロセスが同時進行している。

寿命測定ではそれぞれの寄与が大きい場合で実験し、差から単独の寄与を見積もる。



# ダーク寿命について



## 熱脱離

$$\frac{dn}{dt} = -n\nu e^{-E/(kT)}$$

$$\tau_{id} = 1/\nu e^{E/kT}$$

$$\eta(t) = \eta_0 \exp\left[-\frac{t}{\tau_{id}} - \frac{t}{\tau_c}\right] = \eta_0 \exp[-t/\tau_d]$$

## ガス吸着

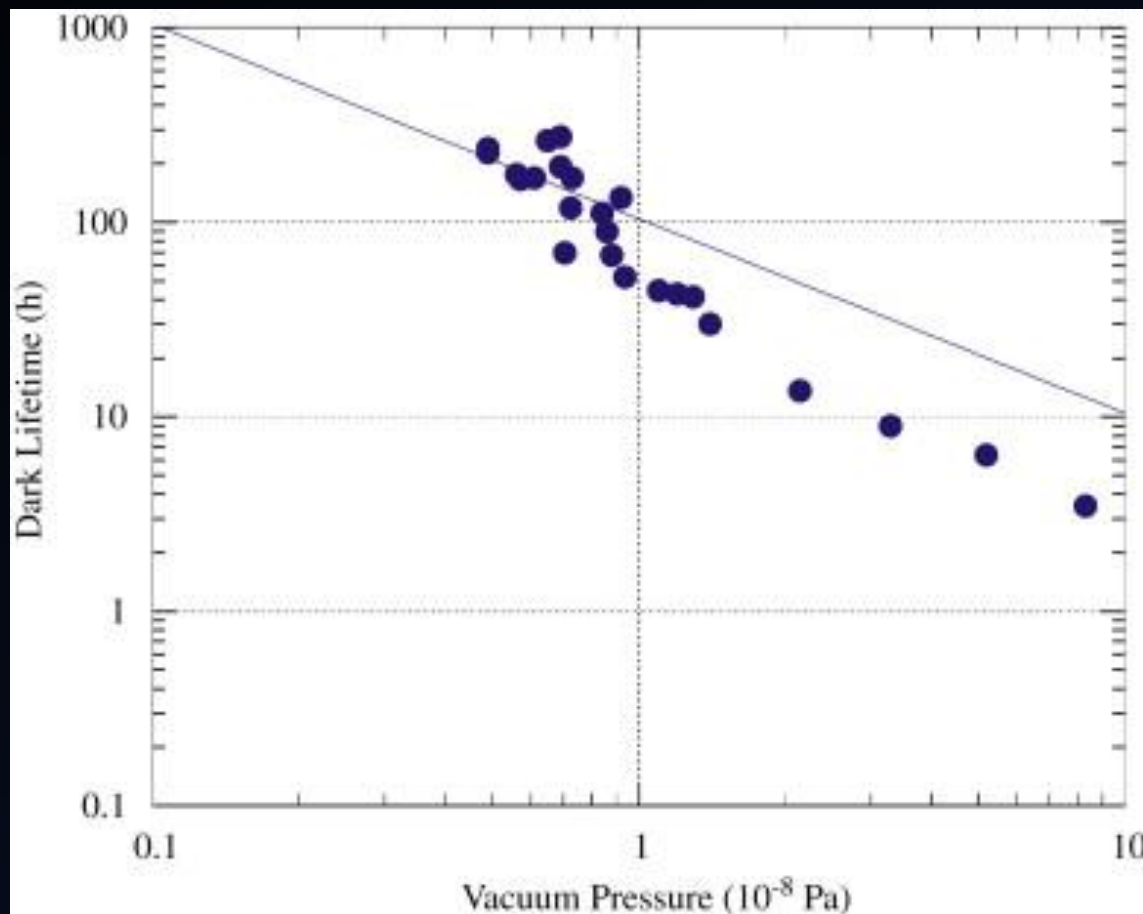
$$\frac{d\eta}{dt} = -N_m e_c \eta$$

$$\tau_c = 1/(N_m e_c)$$

室温程度では熱脱の効果は寄与が小さい。

NEA molecule binding energy=1.2eV < Cs/GaAs

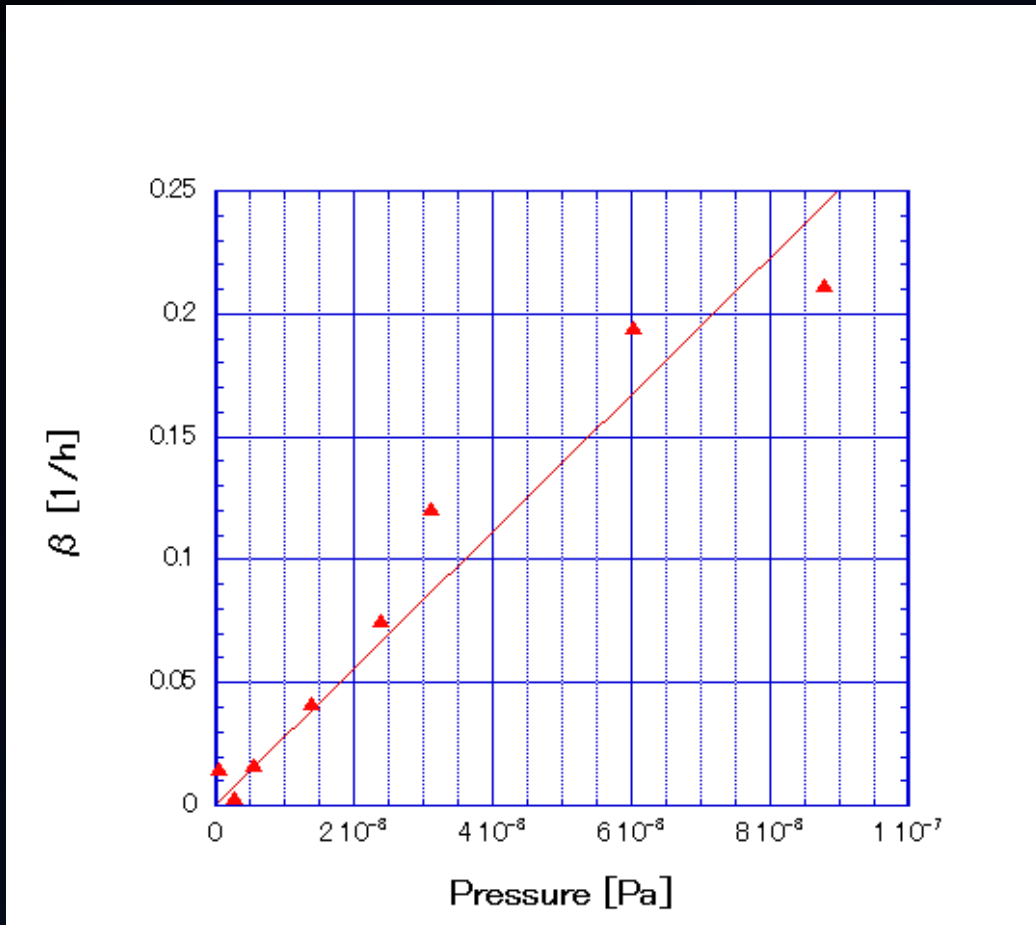
# ガス吸着・・・寿命の全圧依存性



$$\tau_c(P) = \tau_{c0}/P$$

チェンバー本体を加熱して真空度を変化させ、寿命の全圧依存性を調べた。ガスの組成が変わることやGaAsが加熱されてしまう。

# ガス吸着による量子効率の劣化をガスの成分ごとに評価



$$\eta_{(t)} = \eta_0 \exp[-\beta t]$$

$$\beta = \sum \alpha_i P_i = \alpha_{sample} P_{tot}$$

O <sub>2</sub>	5.2e+8 ± 2e+8	[/h.Pa]
CO <sub>2</sub>	3.9e+7 ± 1.3e+7	[/h.Pa]
CO	1.8e+6 ± 4e+6	[/h.Pa]
N <sub>2</sub>	-8e+5 ± 9e+6	[/h.Pa]

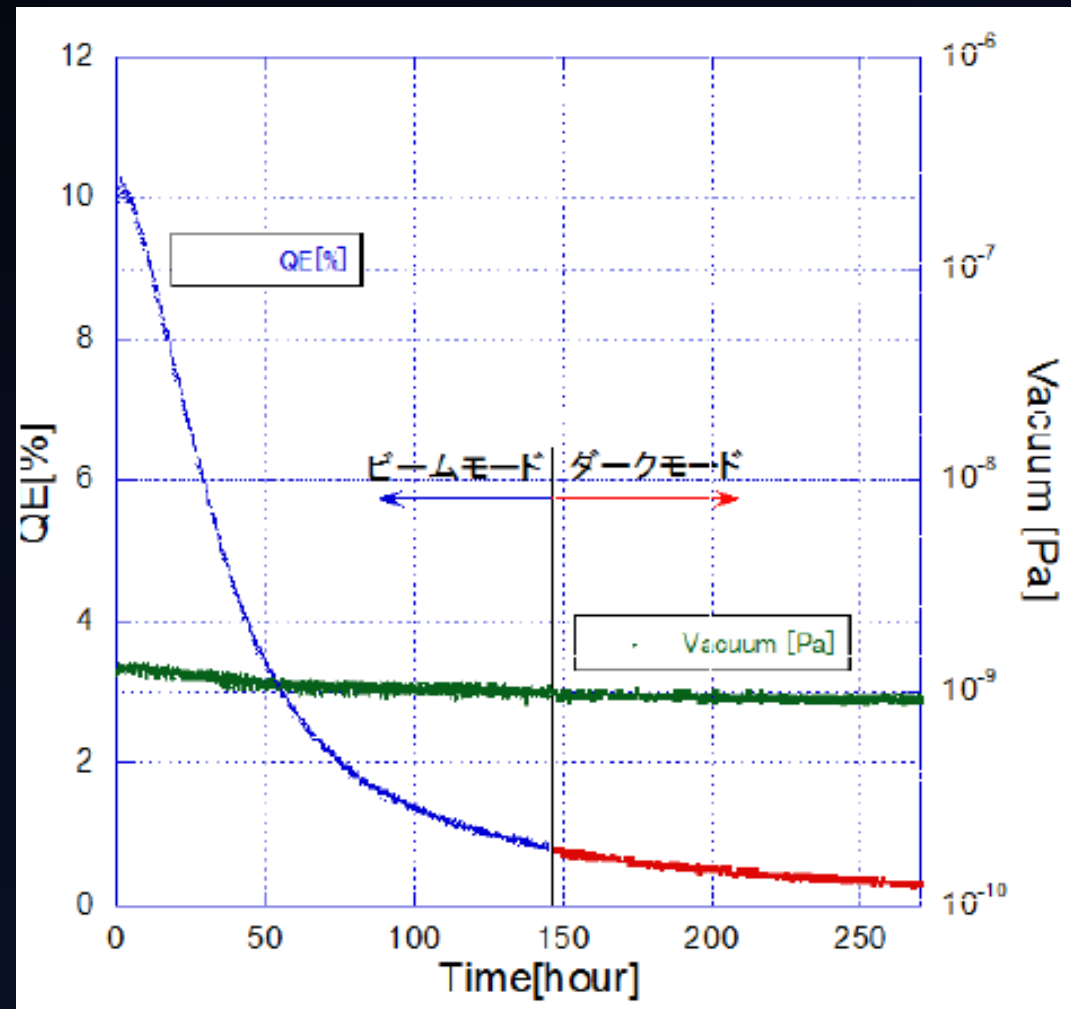
# Ion Back Bombardment の評価

$$\frac{d\eta}{dt} = -\sigma_{NEA} \frac{N_B}{S} \eta$$

$$N_B = N_e n_{res} \int \rho_{(z)} \sigma_{(E)} dz$$

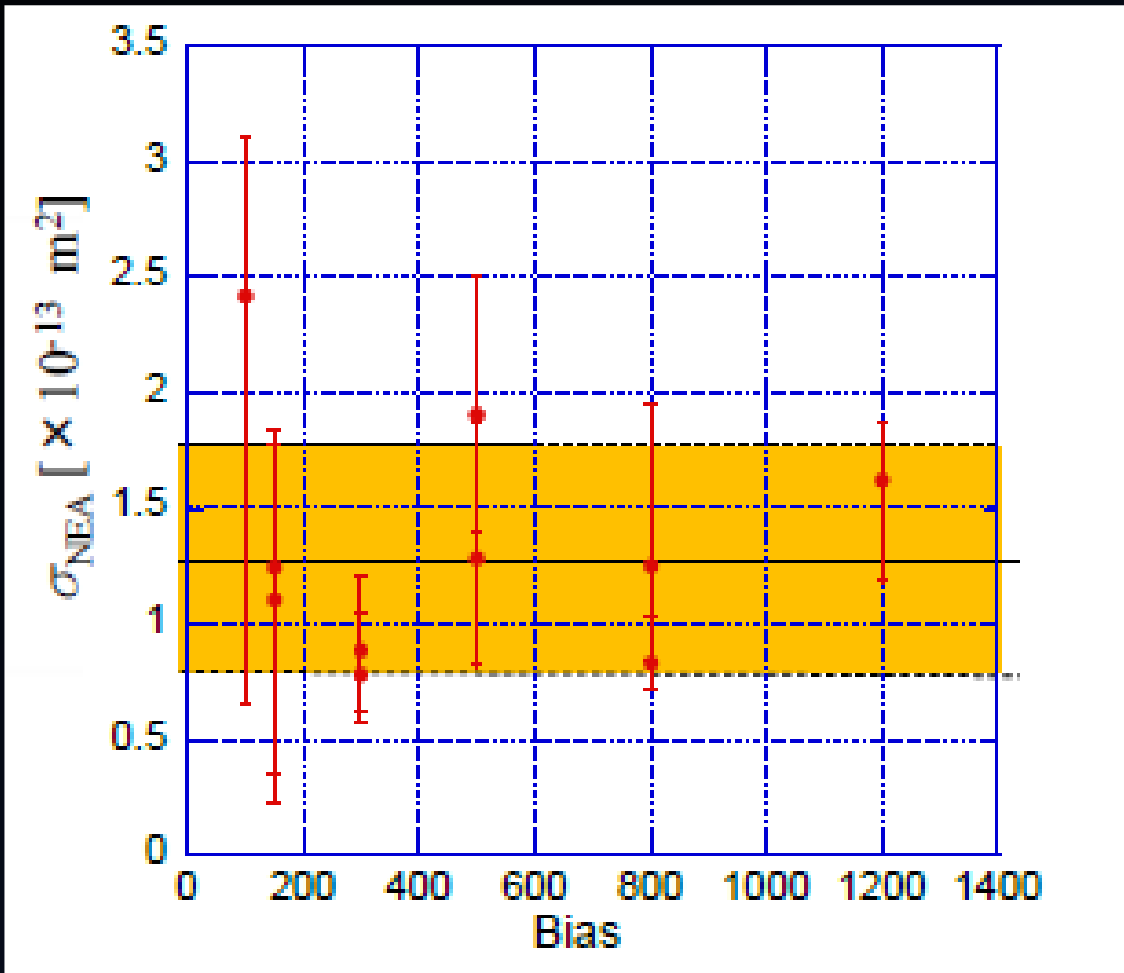
$$\eta = \eta_0 \exp \left[ -\frac{\int PJ dt}{\Theta} \right]$$

$$\Theta = ekT / \sigma_{NEA} \int \rho_{(z)} \sigma_{(E)} dz$$





# イオンバックボンバードメンの影響係数は？



- ビーム取り出しに伴って、チャンバー内にビームが当たって真空度が悪くなる。残留ガスの組成も変化する。
- イオン種類の依存性や電子引き出し電圧が大きいところでの影響などは不明
- $\sigma_{NEA} = 1.25 \times 10^{-13} [\text{m}^2]$

# ILCのパラメーターでの寿命見積もり

- ILCの電子銃のパラメーターはパルス長0.9ns、繰り返し5Hz、マイクロバンチ内電子数 $3 \times 10^{10}$ 、マイクロバンチ数2625→平均電流63 $\mu$ A
- 真空度は水素を除いて $< 1 \times 10^{-10}$ Pa
- →運転時間は $P_{CO_2} = 1 \times 10^{-11}$ Pa $\Rightarrow \tau_{gas} = \tau_{CO_2} = 9.2 \times 10^6$  [sec],
- $\theta = 8.56 \times 10^{-9}$  [Cpa/mm<sup>2</sup>],  $P = 1 \times 10^{-10}$  [Pa],  $S = 78.5$  [mm<sup>2</sup>]

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_{gas}} + \frac{1}{\Theta S/P}$$

$$\tau = 1400 \text{ [h]} \sim 2 \text{ か月}$$

CO<sub>2</sub>真空度が1ケタ落ちると230[h]~10days

# まとめ

- ILCでは偏極電子生成ができるNEA-GaAs/GaAsP超格子フォトカソードが使われる。
- NEAはガス吸着やイオンバックボンドメントで壊れやすい。
- ILCでは、 $O_2$ 、 $H_2O$ 、 $CO_2$ などのガス分圧を十分下げると数週間の運転時間を確保できる。