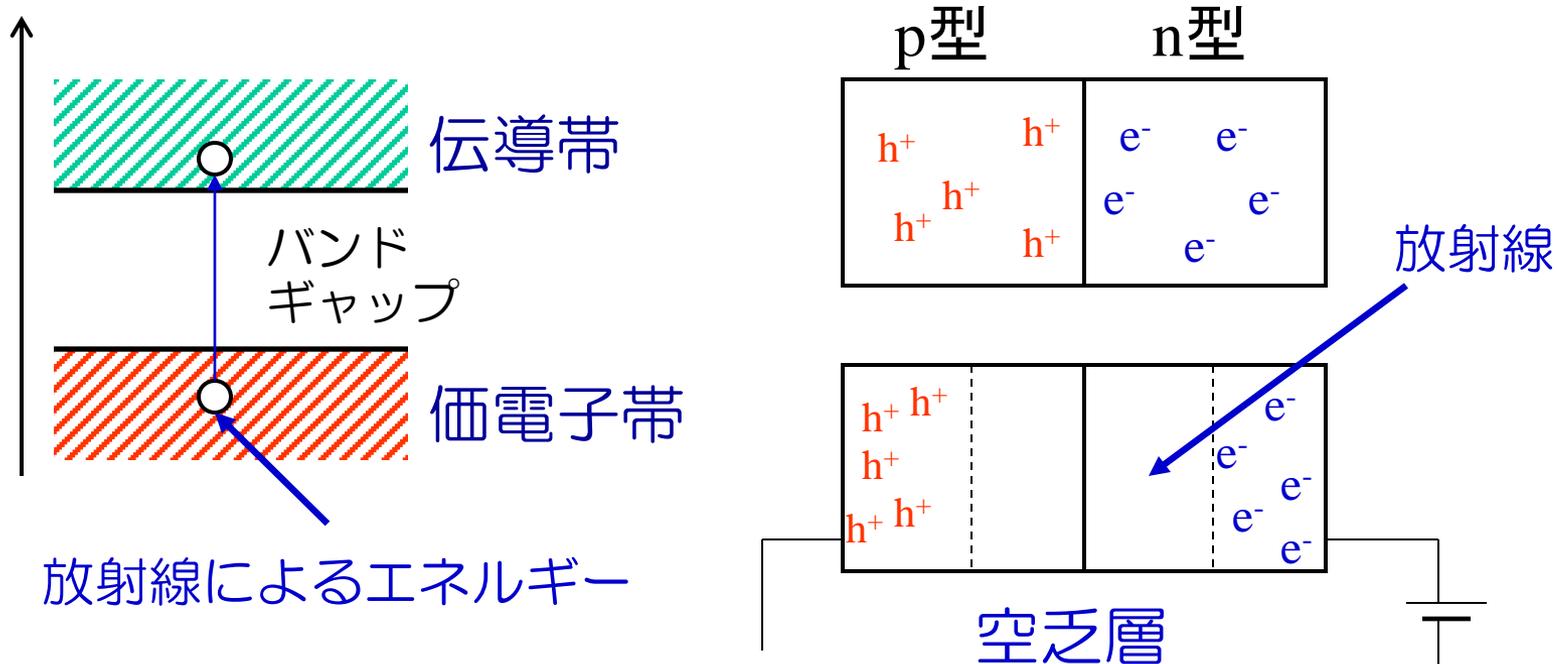


半導体検出器

Si検出器

半導体検出器の動作

- 放射線のエネルギーにより，伝導帯に電荷生成
- 励起エネルギー 数eV
- 空乏層を設ける必要がある。



様々な半導体の諸元

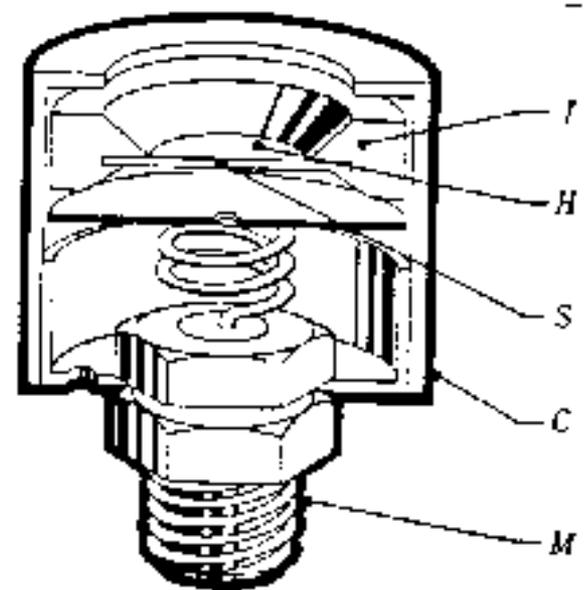
	Si	Ge	InSb	GaAs	CdTe	HgI ₂
Z	14	32	49,51	31,33	48,52	80,53
Band Gap (eV)	1.11	0.67	0.17	1.35	1.44	2.13
Density (gcm ⁻³)	2.33	5.32	5.78	5.32	5.86	6.36
Electron mobility (cm ² V ⁻¹ s ⁻¹)	1900	3800	78000	8800	1200	100
Hole mobility (cm ² V ⁻¹ s ⁻¹)	500	1820	750	400	50	10

Quiz 8

- 半導体中で電子・正孔対を生成するために必要なエネルギーがギャップエネルギーの3倍であるとする。
6keVのエネルギーが付与された場合について、エネルギー分解能をSi, Ge, およびInSbについて求めよ。
 - ここでは、統計精度だけでエネルギー分解能が決定されるとする。
- また、光電効果が原子番号の5乗に比例するとし、figure of merit γ を(光電効果)/(エネルギー分解能)とした場合、上記3種の半導体について γ を求めよ。

Si半導体検出器

- 小型，動作電圧 $\sim 100\text{V}$
- 市販品，自作 可.
- エネルギー分解能 良
- タイミング応答 速い
- 荷電粒子測定
- $\text{Si}(n,\alpha)\text{Mg}$ 反応で中性子測定
- X線測定の可能



pn接合における電場の強さ

- 電荷分布

$$\rho(x) = eN_D \cdots (-a \leq x \leq 0)$$
$$-eN_A \cdots (0 \leq x \leq b)$$

$$N_D a = N_A b$$

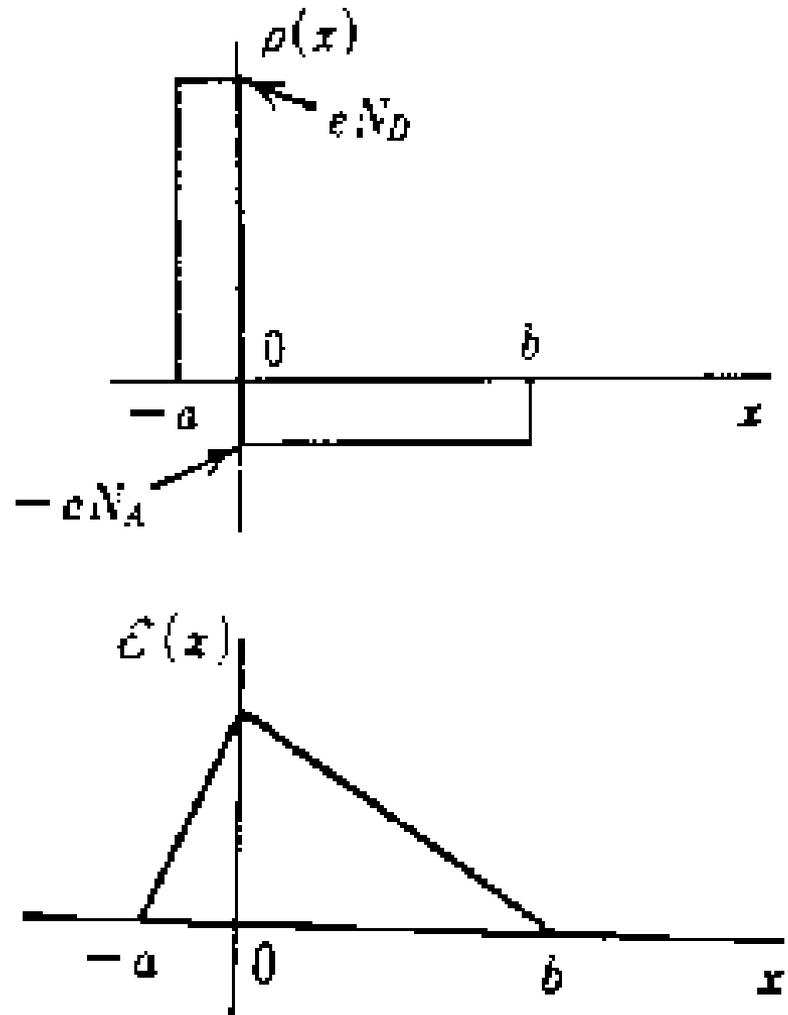
- ポアソンの式

$$\frac{d^2 \phi}{dx^2} = -\frac{\rho(x)}{\epsilon}$$

$$\frac{d\phi}{dx} = -\frac{eN_D}{\epsilon} (x+a)$$

$$-\frac{eN_A}{\epsilon} (x-b)$$

電場の強さ $F = -\frac{d\phi}{dx}$



空乏層の厚さ

$$\phi(x) = -\frac{eN_D}{2\varepsilon}(x+a)^2 + V \dots (-a \leq x \leq 0)$$

$$\frac{eN_A}{2\varepsilon}(x-b)^2 \dots \dots (0 \leq x \leq b)$$

$$N_D a = N_A b$$

$$x=0 \quad V - \frac{eN_D a^2}{2\varepsilon} = \frac{eN_A b^2}{2\varepsilon}$$

$$a \ll b$$

$$(a+b)b = \frac{2\varepsilon V}{eN_A}$$

$$d = (2\varepsilon V / eN_A)^{1/2} = (2\varepsilon V \mu \rho)^{1/2}$$

$$\rho = 1/e\mu N$$

- 実際の計算：電荷収集時間 $\tau = \rho \times 10^{-12} (s)$

$$d = (2\mu\tau V)^{1/2}$$

$$\mu = 1500 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Quiz 9

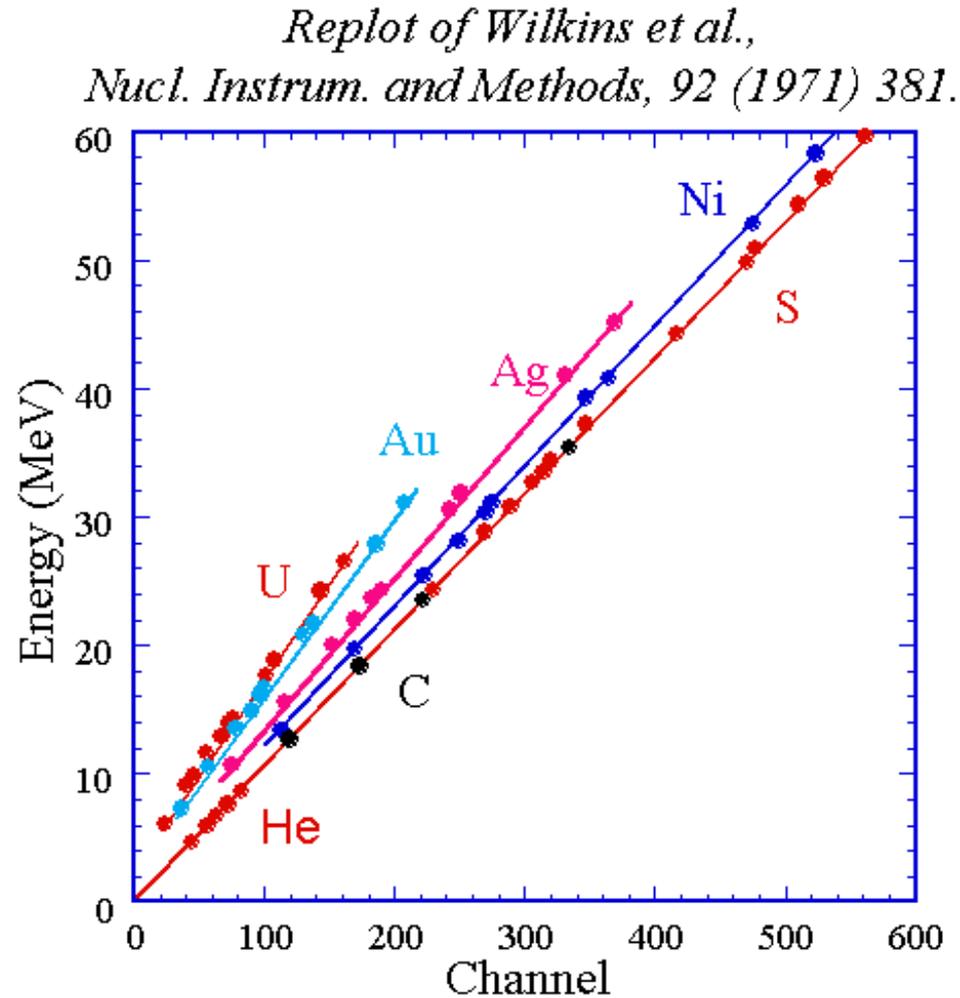
- 電子の速度が移動度 μ_e と電場の強さ F との積で与えられる。時刻 0 に位置 x_0 に生成された電子の位置を時刻の関数として導け。
- 同様に、正孔の移動度を μ_h として、正孔の位置を求めよ。
- 電極に誘起される電荷量は、電子および正孔のそれぞれの移動距離に比例して、

$$\Delta Q_i = e \frac{\Delta x_i}{d}, (i = e, h)$$

で与えられる。 Q_e および Q_h を図示せよ。

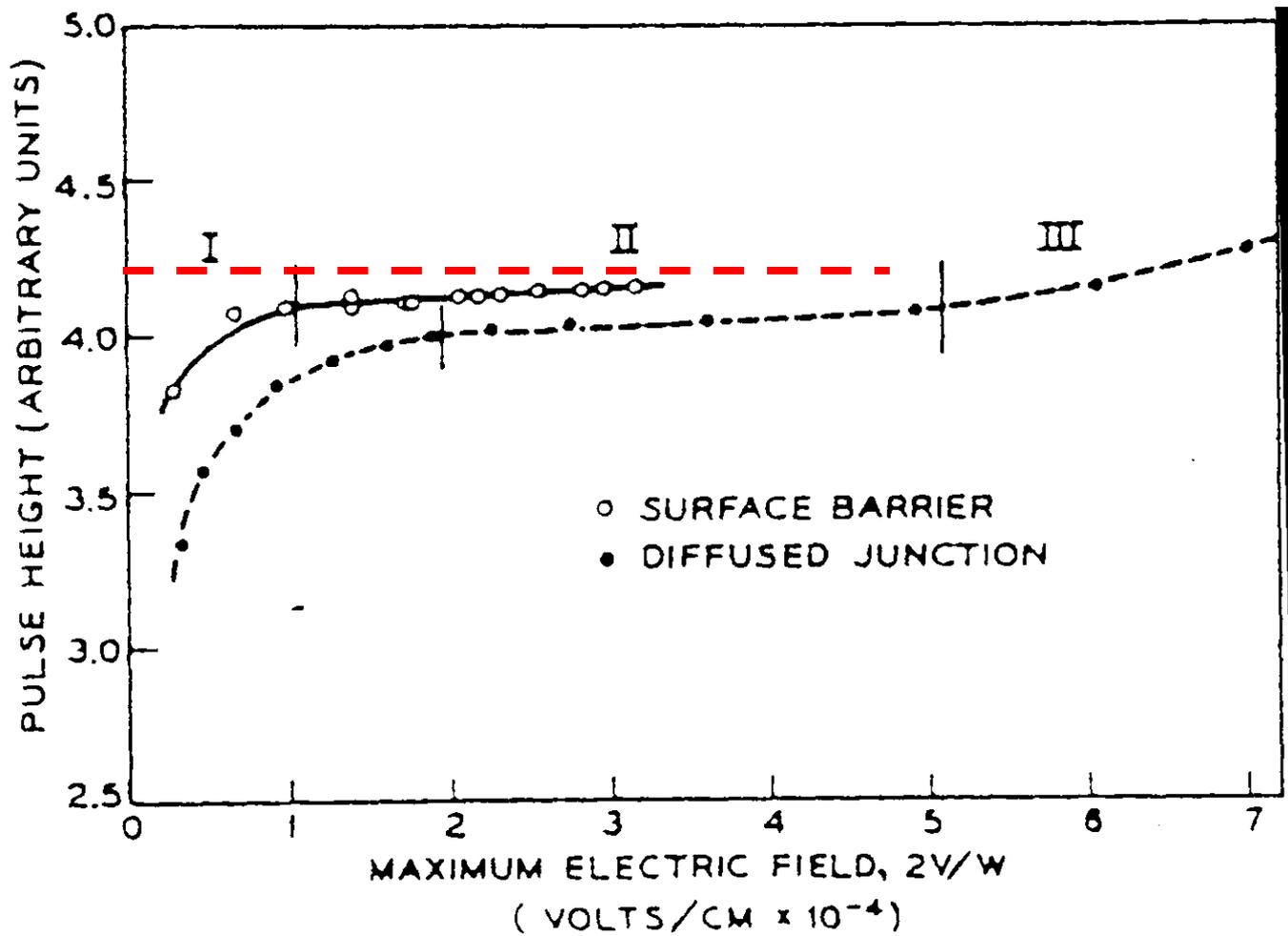
エネルギー特性1 出力波高欠損

- SSBDで重イオン測定
- 出力波高欠損
 - 入射エネルギーと波高の比例性の劣化
- 入射窓損失
- 原子核散乱損失
- これら二つ以外の損失
 - 残余損失



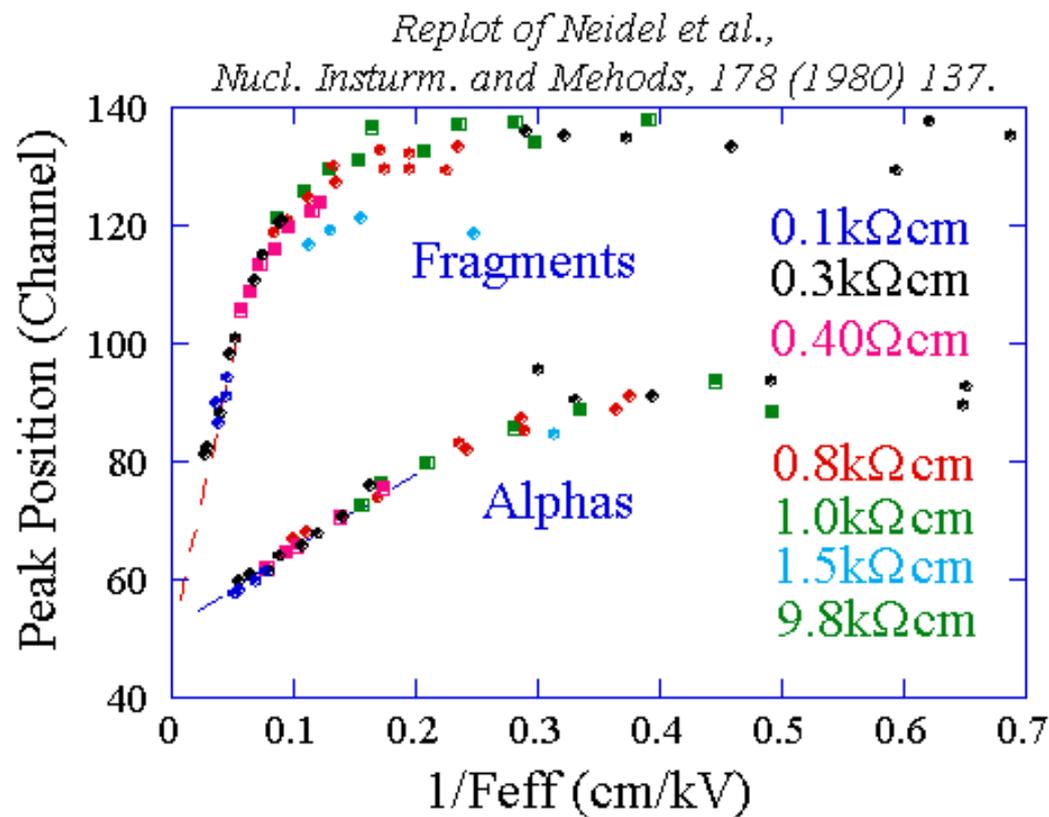
エネルギー特性2 残余損失

- 入射窓損失, 原子核散乱損失 一定
- 空乏層の厚さに従って, 一定値に近づく.



タイミング特性 プラズマディレイ1

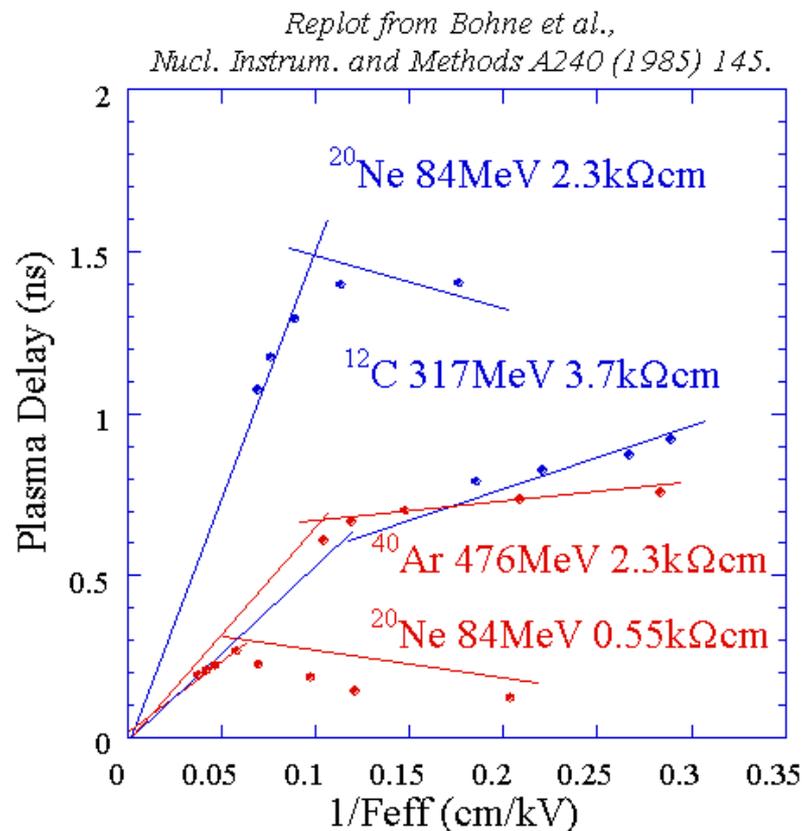
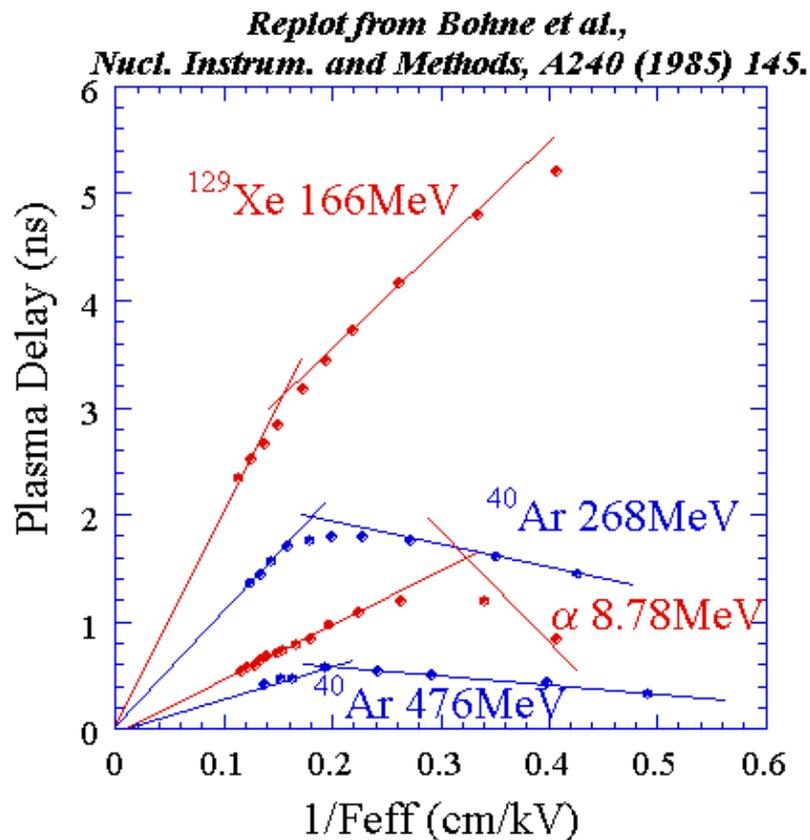
- 初期の実験
 $t_p = cE^a M^b / F$
 - 電場が強い領域で $1/F$
- SSBDの比抵抗値依存性
は無い



タイミング特性 プラズマディレイ1

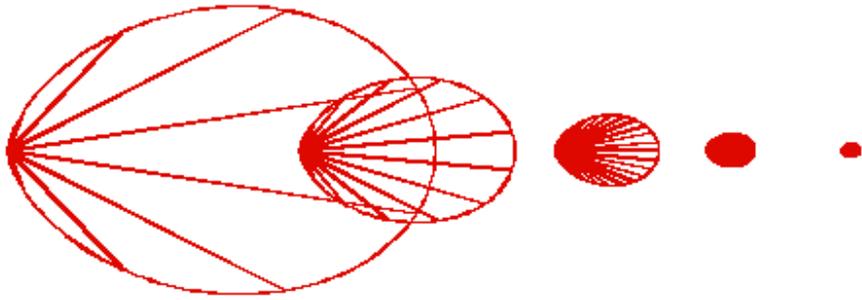
- 高エネルギー重イオン
– 電場に対してピーク

- SSBDの比抵抗値 大 ディレイ 大

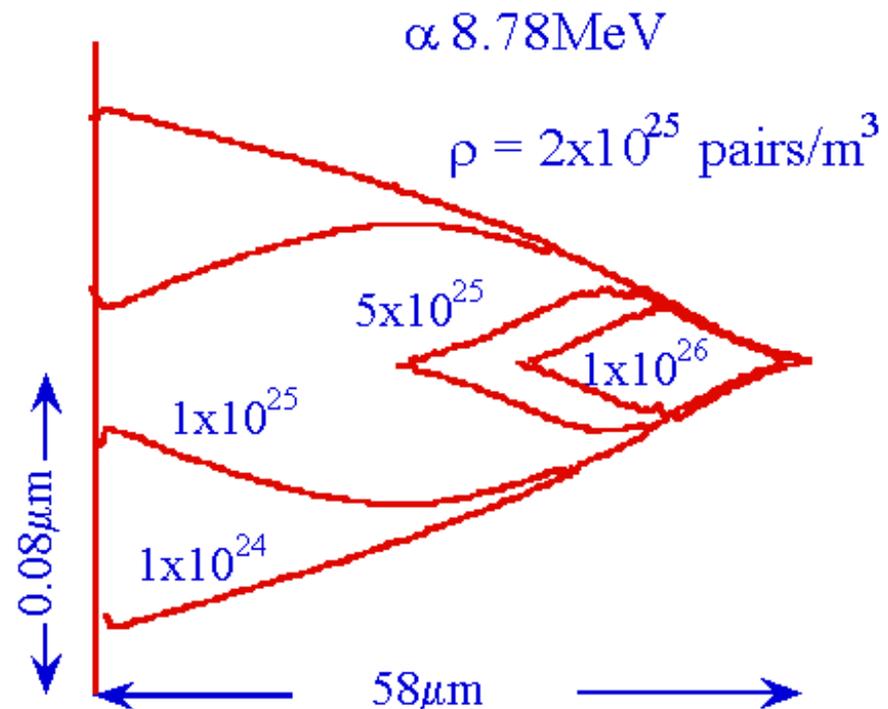


誘電体プラズマ柱モデル

- プラズマ柱の生成過程

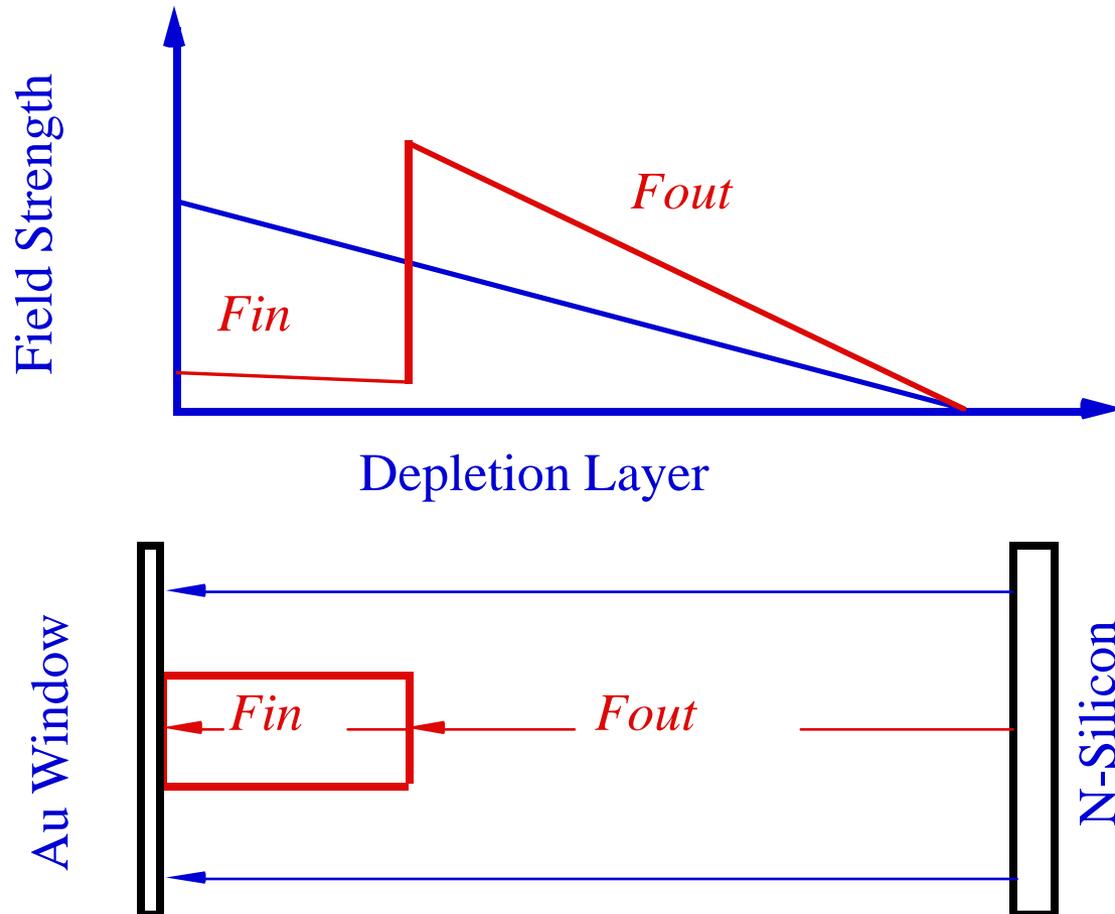


- 高密度の電子・正孔対
 - 誘電体の性質



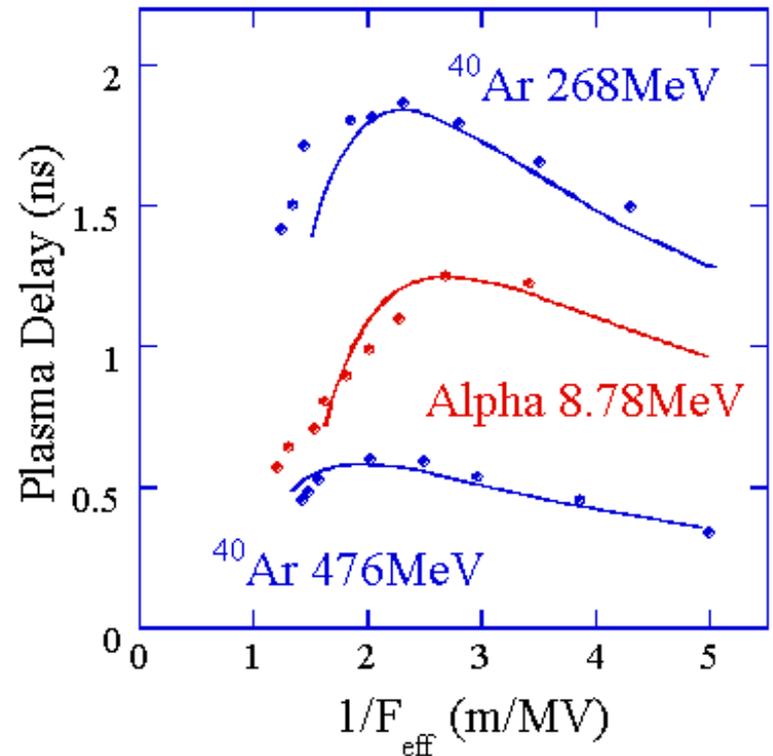
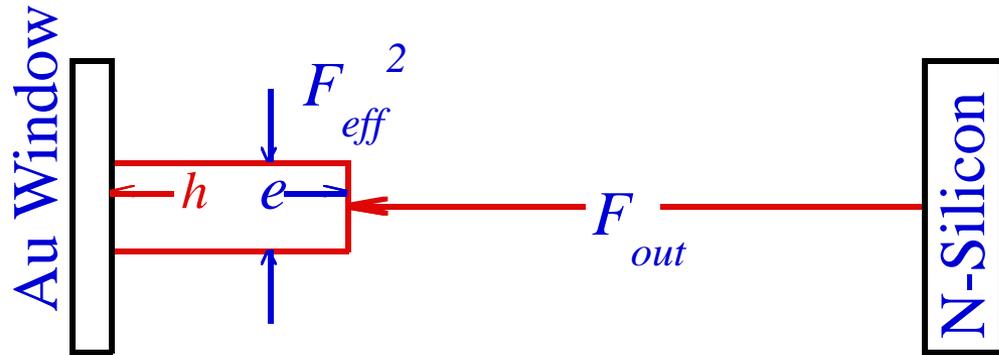
誘電体が電場に及ぼす影響

- プラズマ柱内部: $F_{in} = \epsilon / \epsilon' \cdot F_{out}$



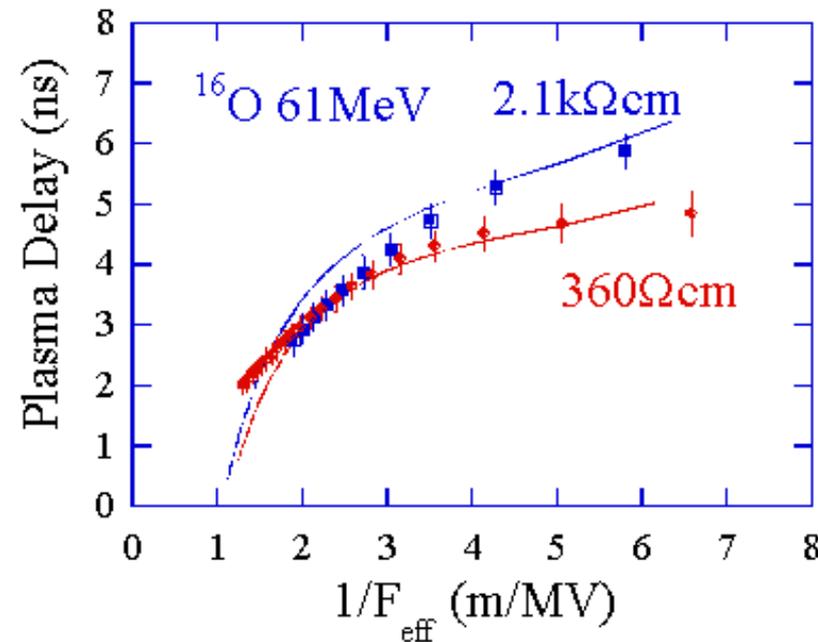
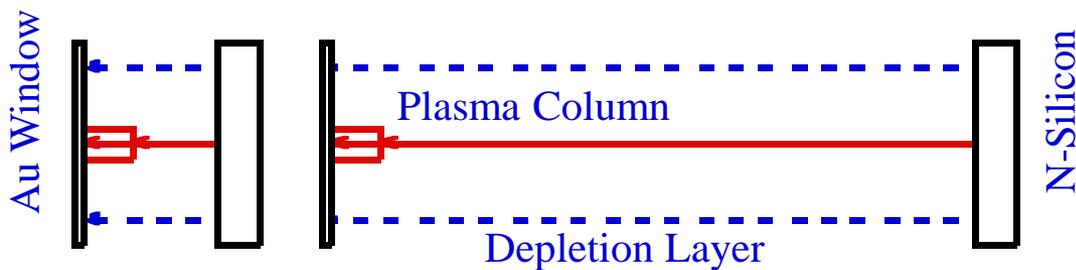
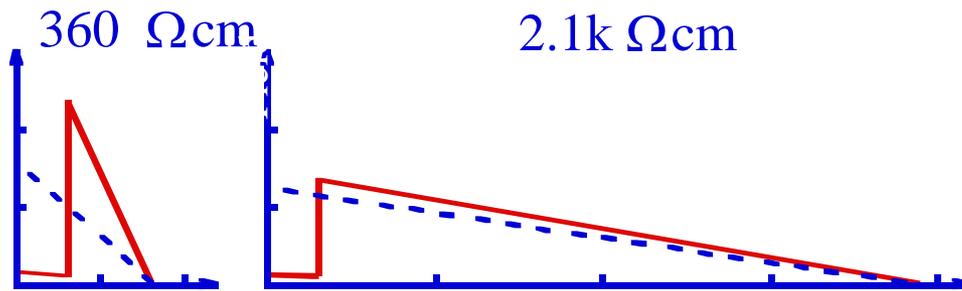
プラズマディレイの電場依存性

- プラズマディレイは二つの力の結果。
 - 電荷をひきつける力, 締め付ける力
 - どちらも電場の強さに起因する。



プラズマディレイの比抵抗値依存性

- 比抵抗値小 \rightarrow 強い引付力 \rightarrow 小さいディレイ



誘電体効果によるエネルギー特性

- プラズマ柱の誘電率・形状の変化
- 十分な電気ポテンシャルを受けられない。

