

2004年9月16日 精密工学会秋季大会

# 多価Arビームを用いたマイクロ加工 - 多価イオン効果 -

Micro Manufacturing by Use of Highly Charged Ar  
Ion Beams  
- Highly Charge Effect -

百田 佐多生<sup>A</sup> , 浜川 恒圭<sup>A</sup> , 濱口 顕典<sup>A</sup> , 野尻 洋一<sup>A</sup> ,  
谷口 淳<sup>B</sup> , 大野 博久<sup>B</sup>

A 高知工科大学 知能機械システム工学科

B 東京理科大学 基礎工学研究科

# 目的

- 多価イオンビームを使った微細加工

加工の効率化, 特徴的な構造の実現

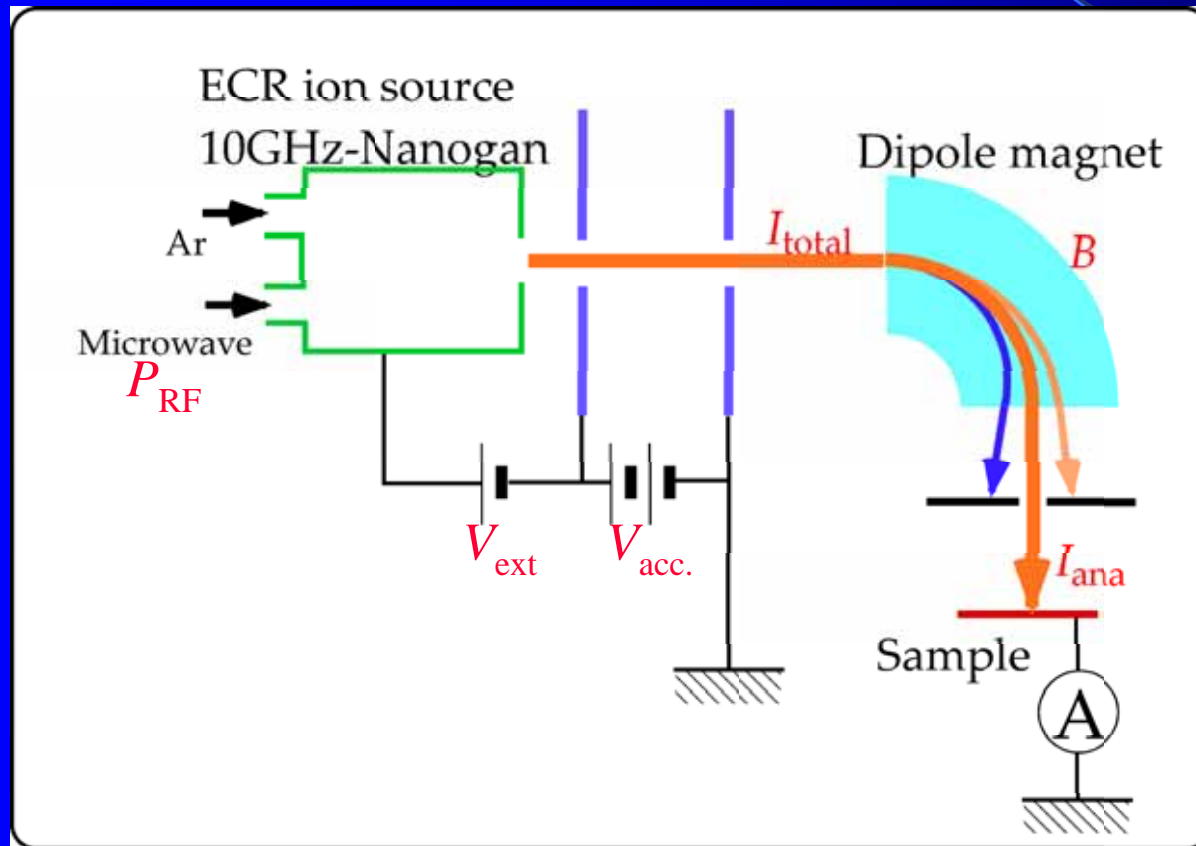
- イオンビームリソグラフィー (IBL) への多価イオンビームの適用

$\text{Ar}^{9+}$ をSpin-on-glassに照射  $\text{Ar}^{1+}$ と比較

# 多価イオン効果とその応用

- 多価イオンと物質の相互作用の特徴
  1. 大きなポテンシャルエネルギー  $q^3$
  2. 大きな相互作用断面積
- 多価イオン入射によって起こる特徴的な現象
  1. クーロン爆発  
ポテンシャルスパッタリング
  2. 阻止能 ( $-dE/dx$ ) の増大  
価数による阻止能の制御

# 実験装置1:概略



マイクロ波出力( $P_{RF}$ )

: 0 ~ 80 W

引き出し電圧

( $V_{ext.}$ )

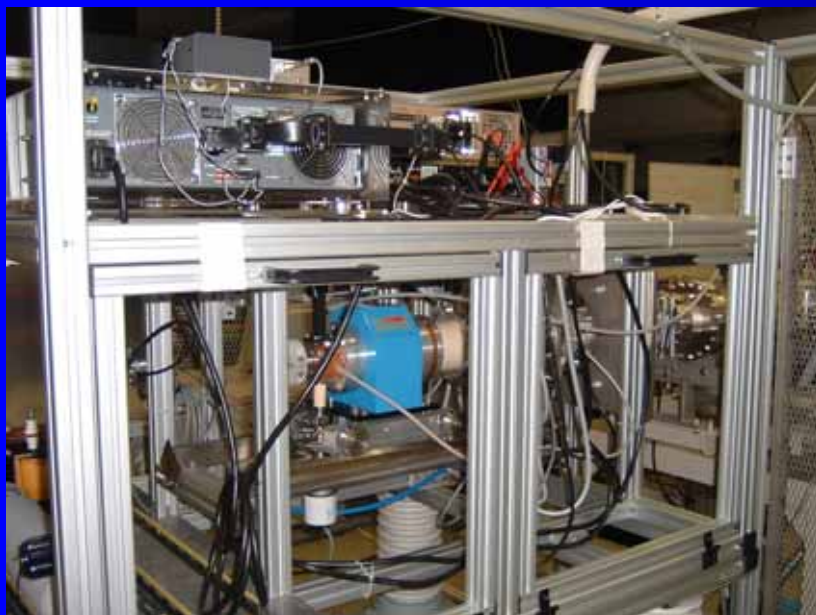
: 0 ~ 30 kV

加速電圧 ( $V_{acc.}$ )

: 0 ~ 100 kV

# 実験装置2: イオンビームの生成と分析

多価イオン生成装置



ECR ION SOURCE  
10GHz-NANOGAN  
made by PANTECHNIK Co.

ビーム輸送および分析装置

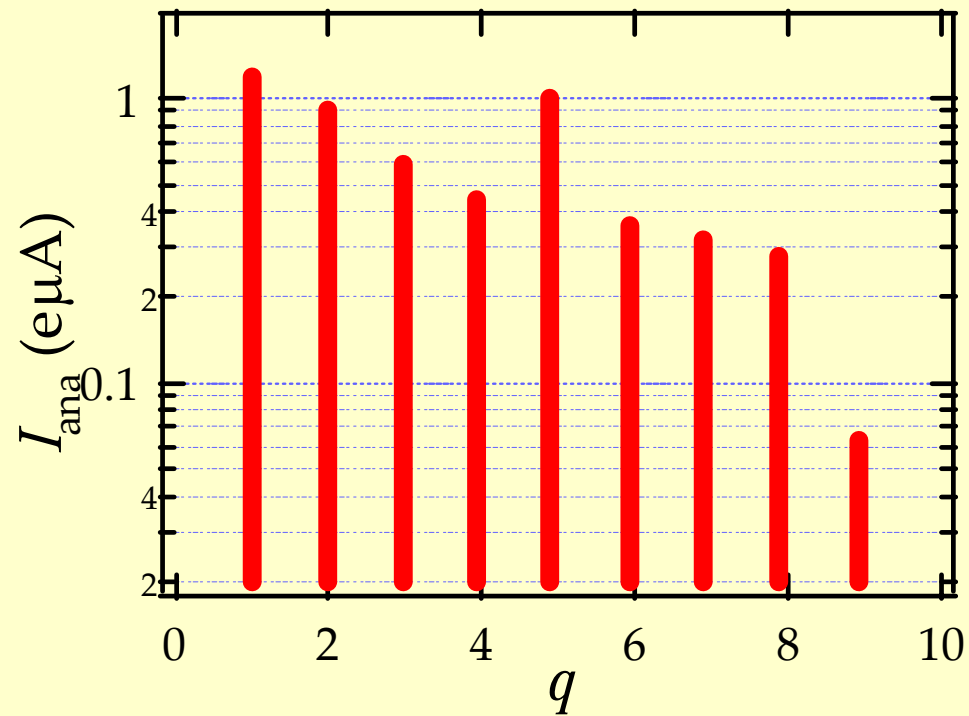


輸送: アインツェルレンズ  
静電4重極レンズ

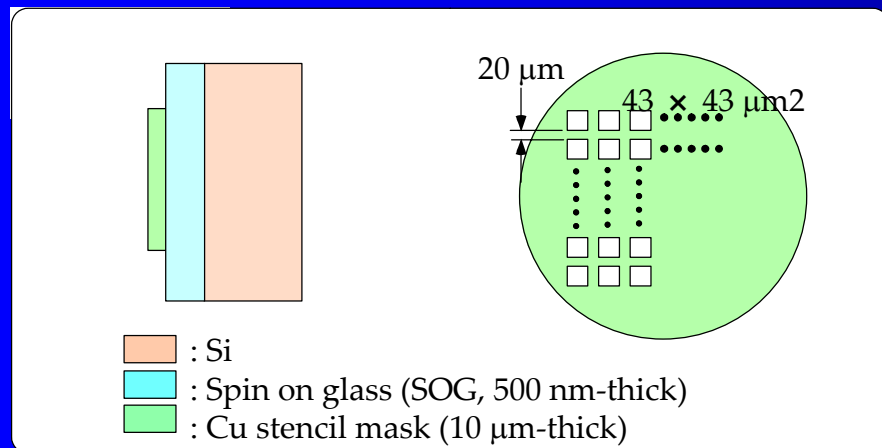
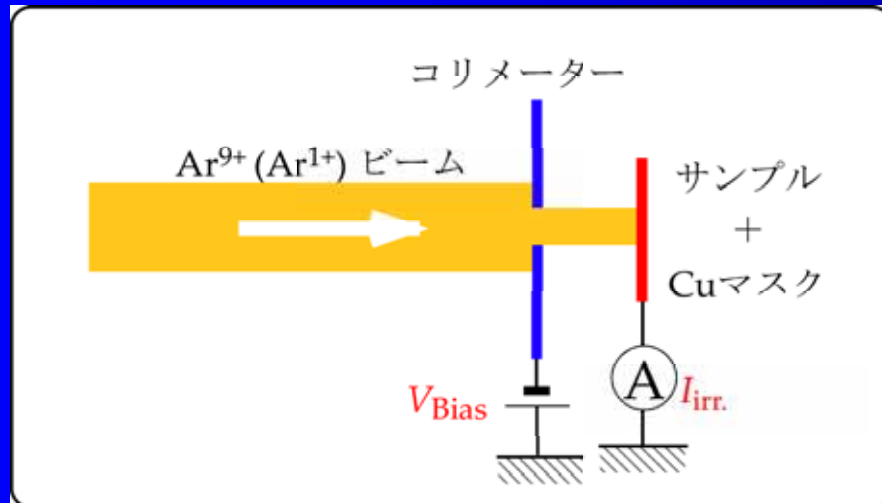
分析: 分析電磁石による $q/A$ 分析

# 実験装置3：イオン源の性能

A/q分析後のArイオンの電流量： $I_{\text{ana.}}(\text{Ar})$



# 実験方法1: Arイオンの照射



照射イオン	Ar
価数	1+, 9+
エネルギー [keV]	90
照射量 [× q μC/cm <sup>2</sup> ]	200 - 500

# 実験方法2: エッチングと表面形状の測定

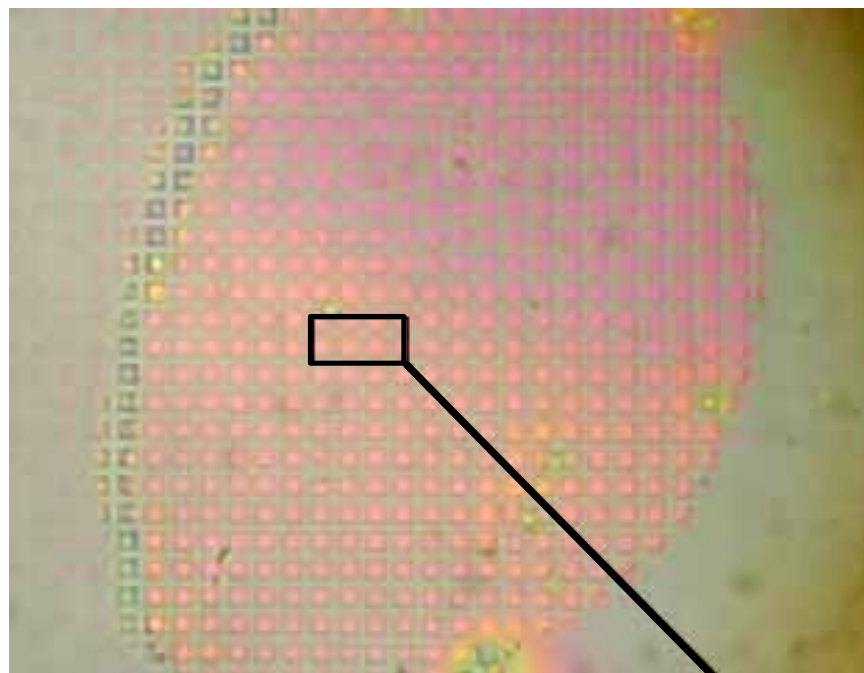
- エッチング
  - A) HF水溶液中で1分間エッチング
  - B) 純水で洗浄
  
- SOGの表面形状の測定
  - A) 光学顕微鏡による測定
  - B) 段差測定器による測定

alpha-step IQ, KLA Tencor Co.



# 結果1：光学顕微鏡による測定

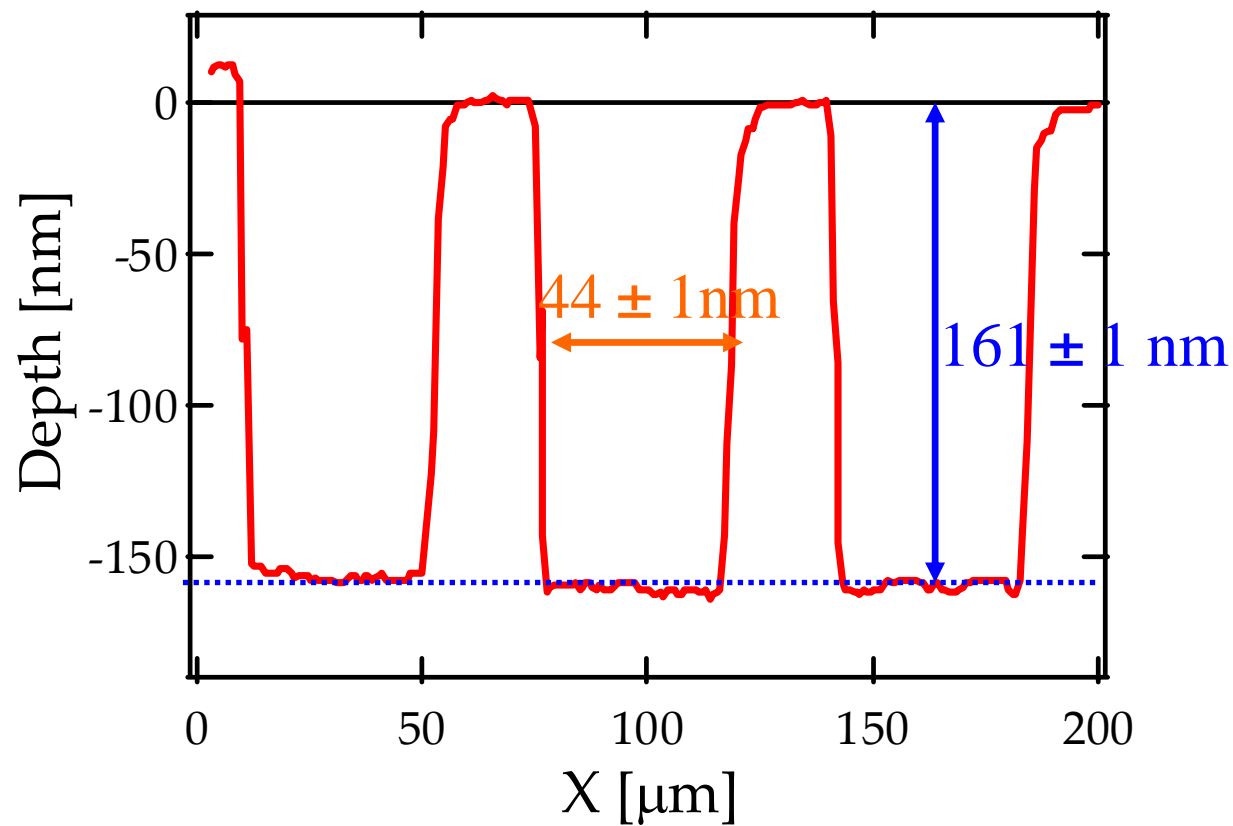
$\text{Ar}^{9+}$  ( $400 \times 9 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ )を照射した試料



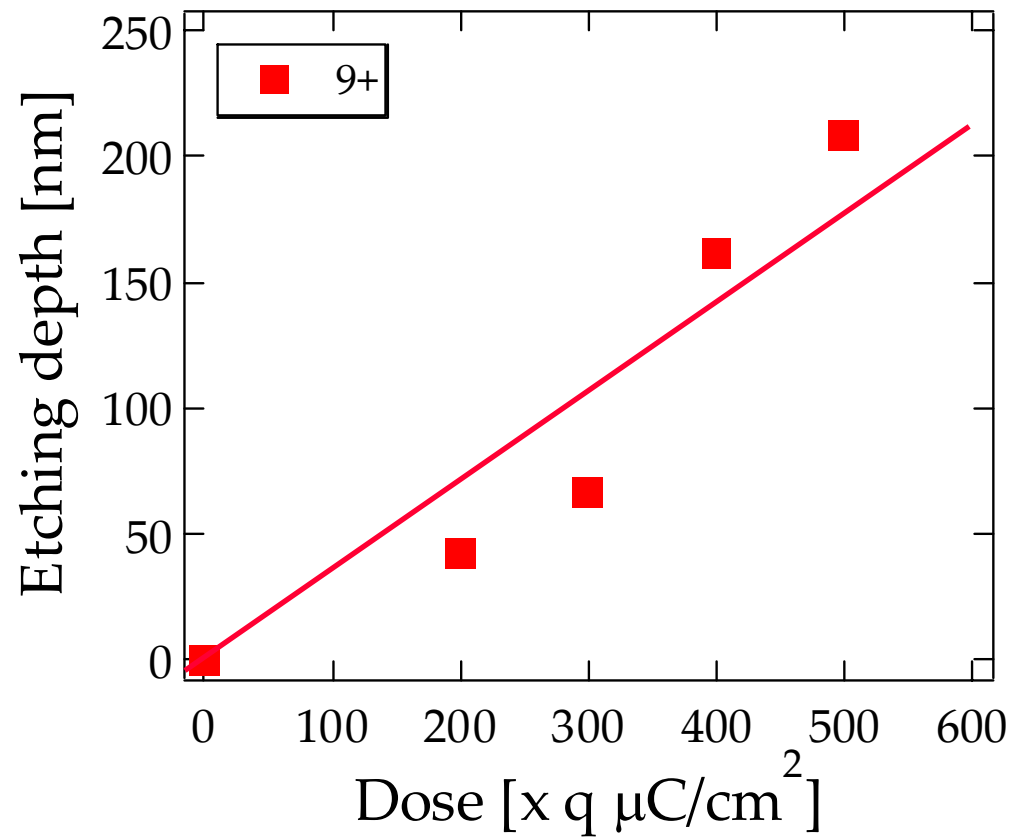
この部分の段差構造を測定

# 結果2：段差測定器による測定

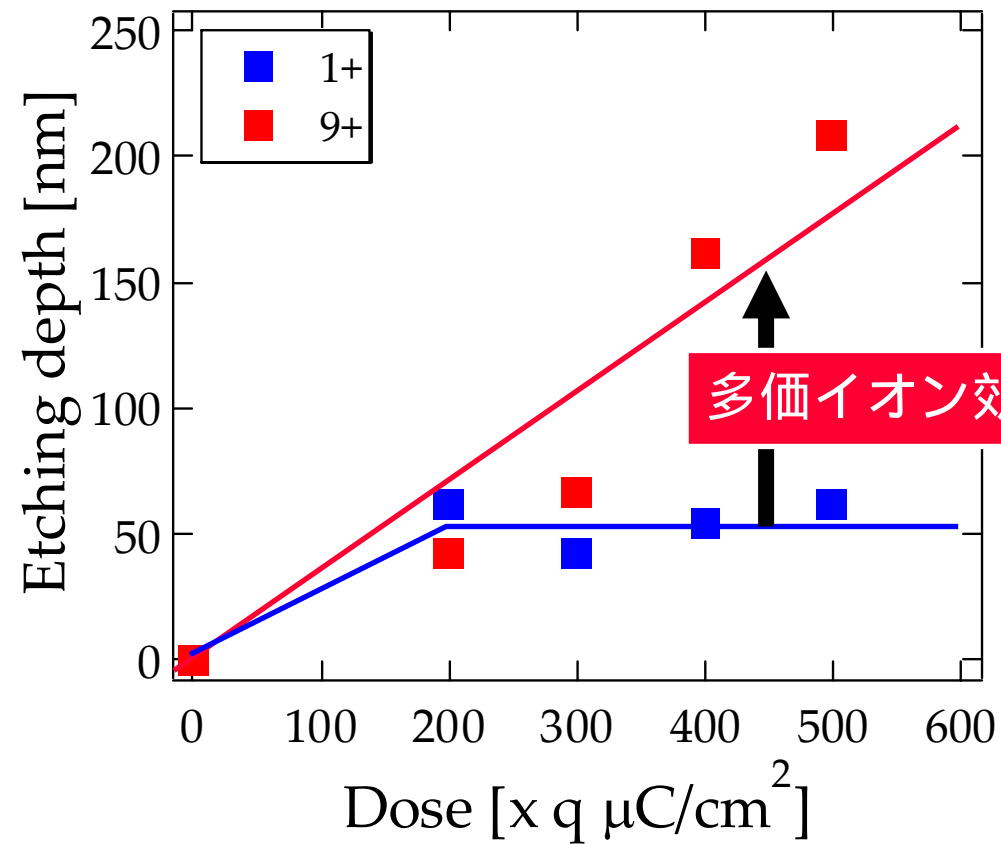
Ar<sup>9+</sup> (400 × 9 μC/cm<sup>2</sup>)を照射した試料



## 結果3 : エッチング深さの照射量依存性



## 結果4: エッチング深さの価数依存性



# 議論 1

- Arビーム照射によるSOGのエッチング速度の変化

Ar<sup>1+</sup>, Ar<sup>9+</sup>の両者で増加

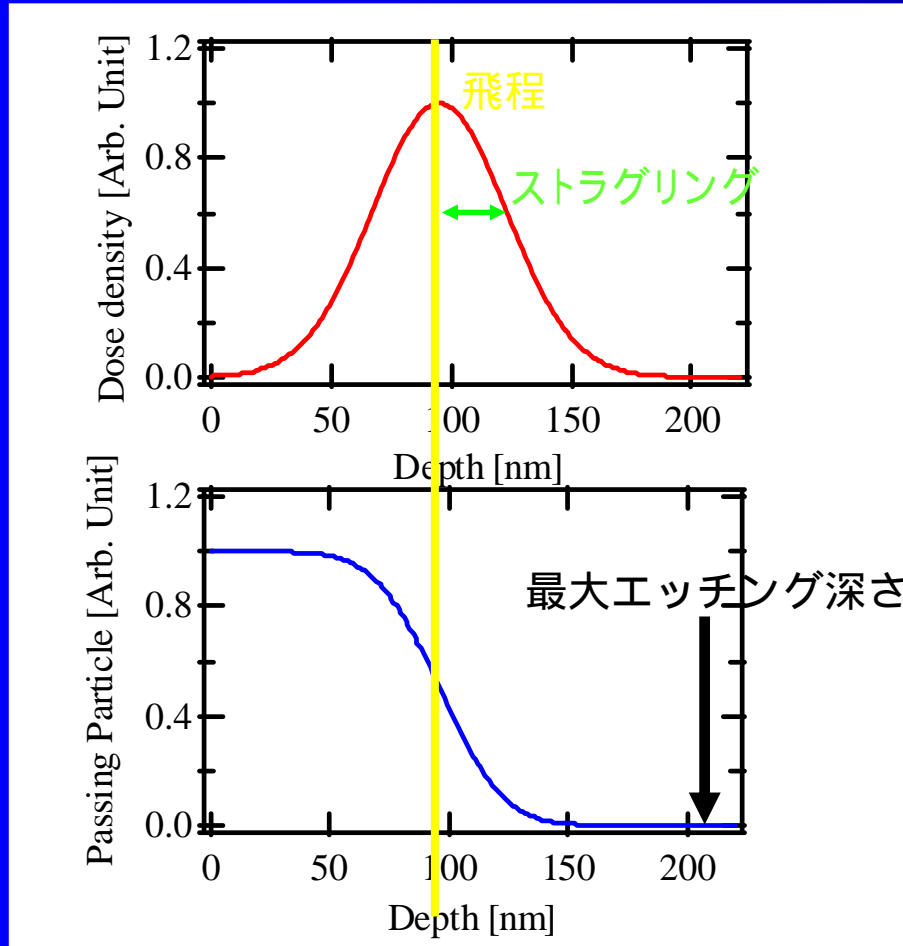
- エッチング深さの照射量, 価数依存性  
照射量, 価数とともに深くなる

照射量と価数によるエッチング深さの制御

多価イオン効果の検証に成功

# 議論2

## Arイオンの飛程とエッチング深さの関係



多価イオン効果による阻止能の増加 飛程の現象

Arイオンによって直接生成される欠陥の深さ 100 nm

最大エッチング深さ = 208 nm

Arイオンによって**間接的に**生成される欠陥が関与

内部応力, 電子など

SRIM2003による計算値 (照射物をSiO<sub>2</sub>として計算)

# 結論

- Ar<sup>9+</sup>を用いたSOGのIBLに成功した。
- SOGの構造深さの制御
  - 1) 照射量
  - 2) イオンの価数
- 多価イオン効果の検証
- エッチングへの間接的過程(内部応力, 電子)の寄与を示唆

# エッチングについて

- HF水溶液によるエッチング  
0.43 [mol/L] × 1 [min.]
- 純水によるリンス  
2 [sec]



# SOGについて

- Honeywell社製 Accuglass 512B
- SOGの回転塗布
  - Pre : 300 [rpm] × 3 [sec]
  - Main : 3000 × 10 [sec]
- ベイク
  - 80 × 30 [min]
- キュア
  - 300 × 60 [min]