

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^A , 浜川 恒圭^A , 濱口 顕典^A , 野尻 洋一^A ,
谷口 淳^B , 大野 博久^B

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

Ar^{9+} をSpin-on-glassに照射 Ar^{1+} と比較

多価イオン効果とその応用

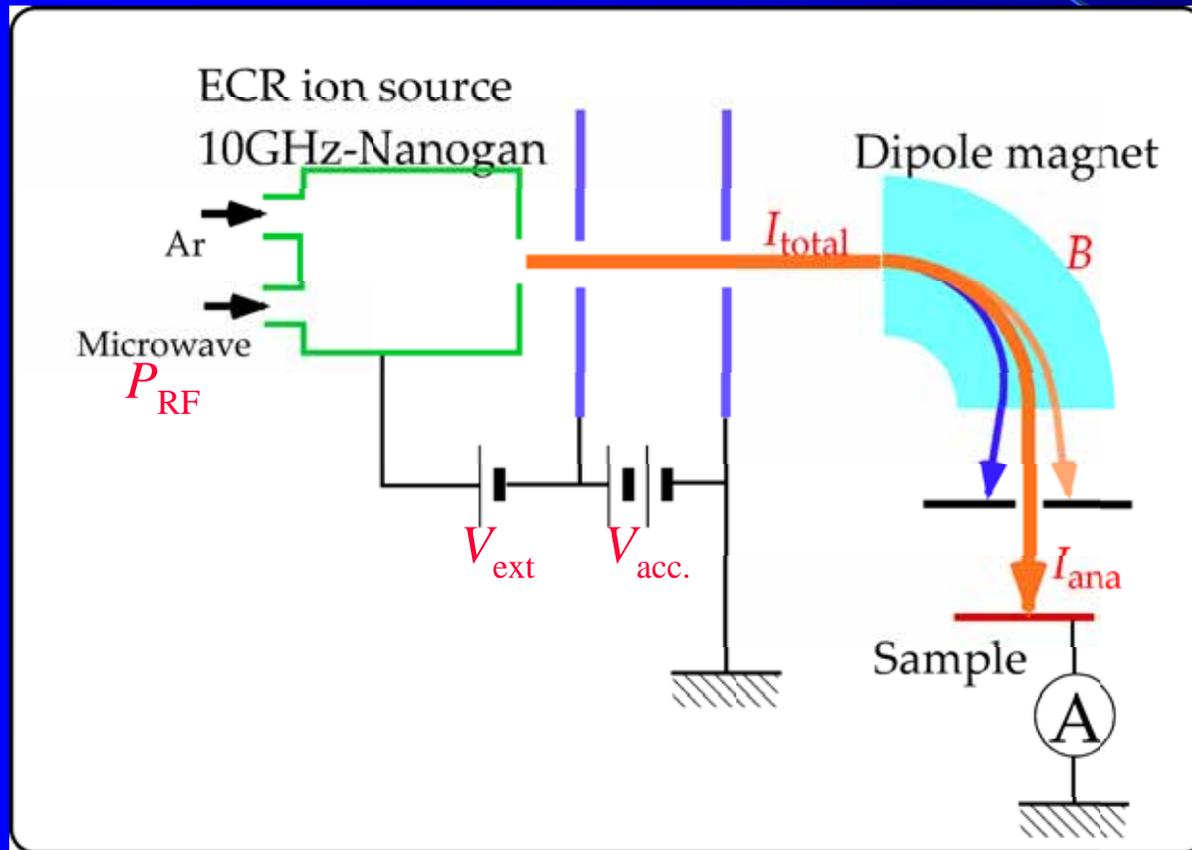
- 多価イオンと物質の相互作用の特徴

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

($V_{ext.}$)

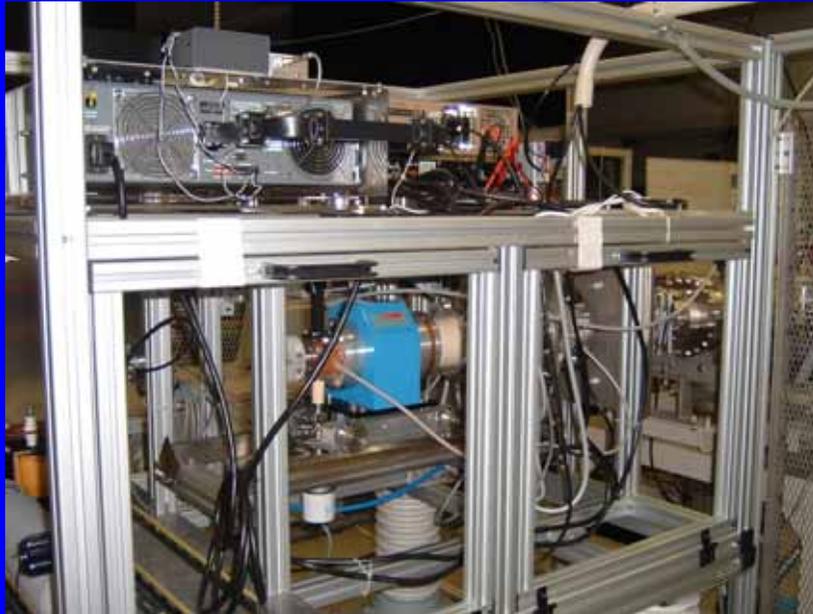
: 0 ~ 30 kV

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

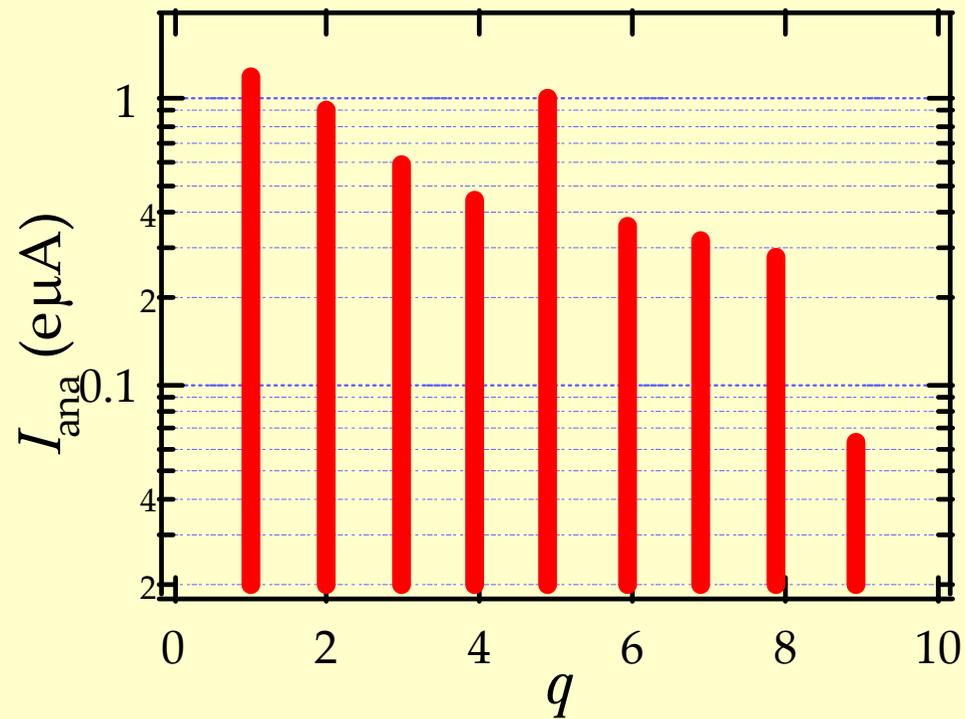


輸送: アインツェルレンズ
静電4重極レンズ

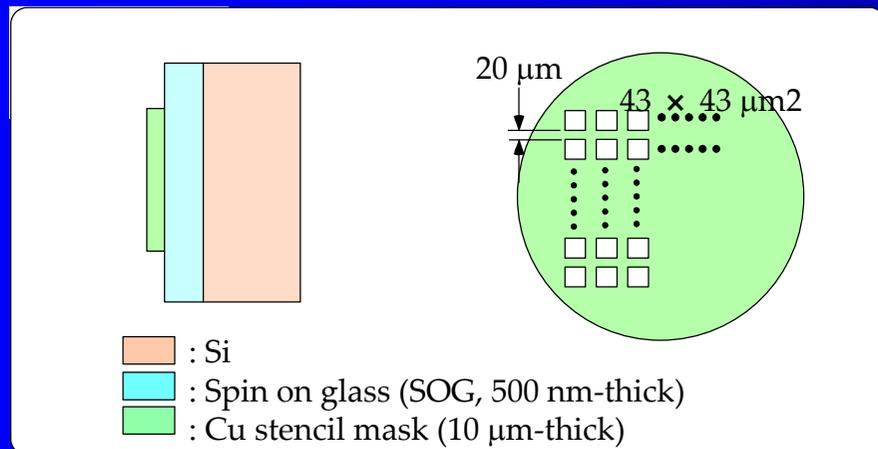
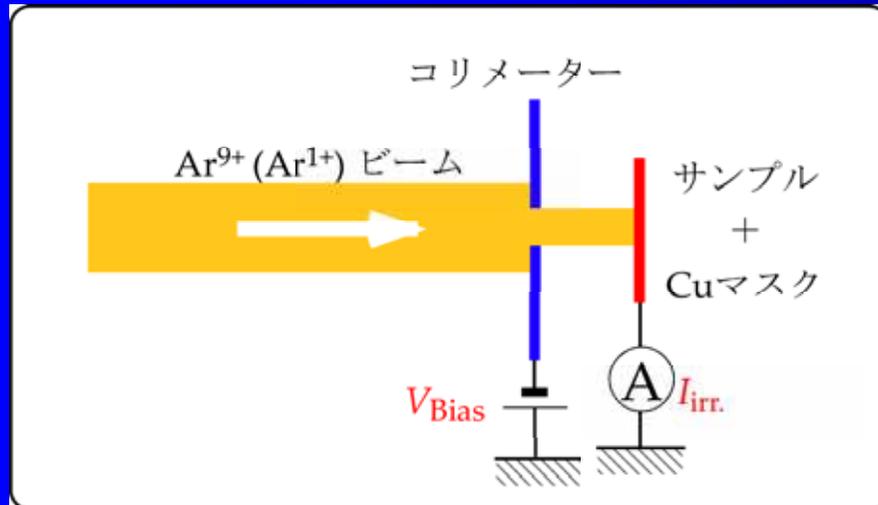
分析: 分析電磁石による q/A 分析

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 ²]	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

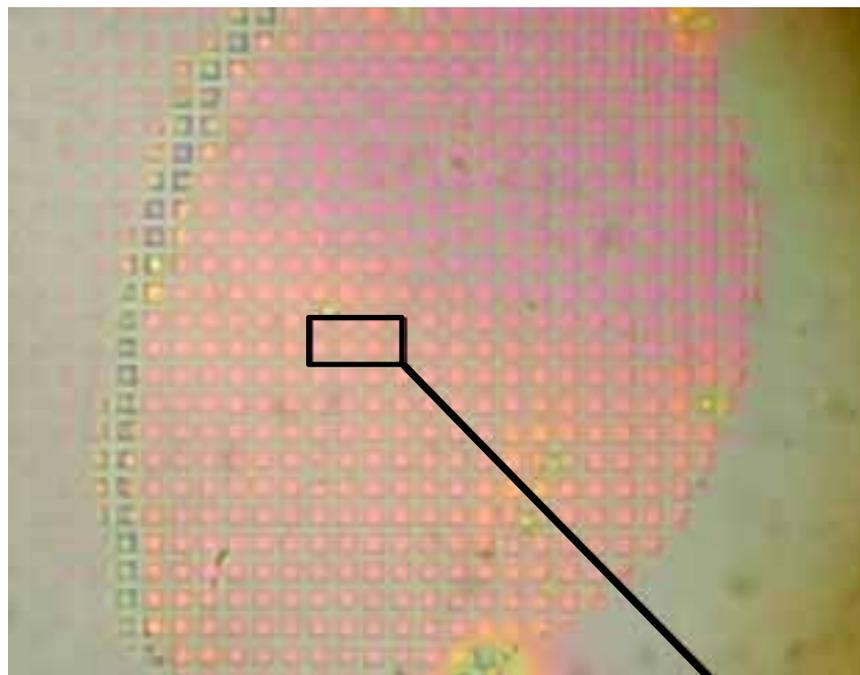
- SOGの表面形状の測定

- 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

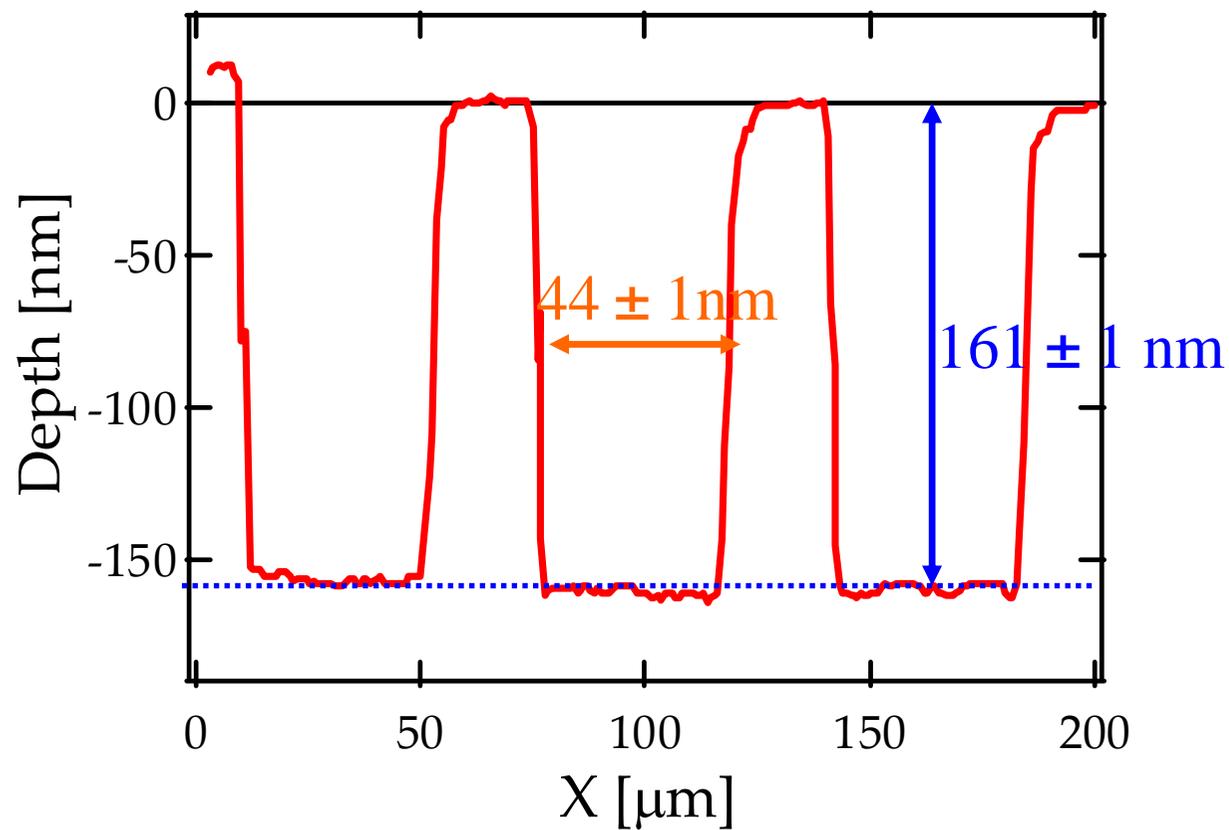
Ar⁹⁺ (400 × 9 μC/cm²)を照射した試料



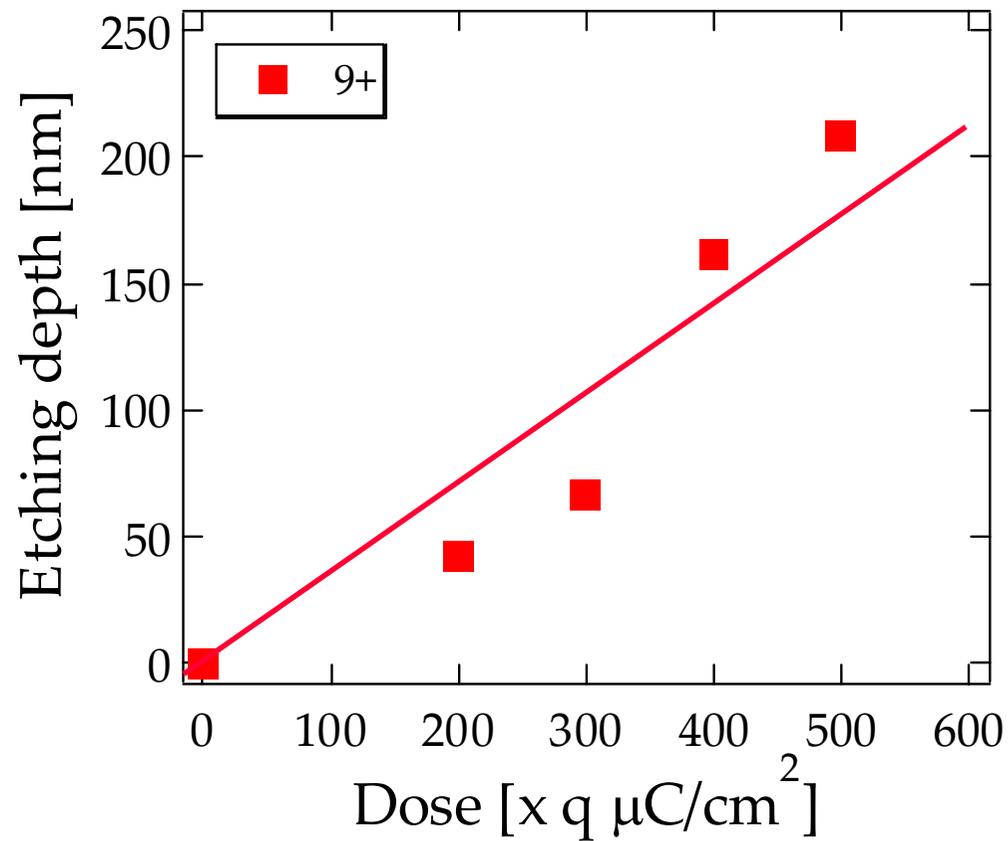
この部分の段差構造を測定

結果2：段差測定器による測定

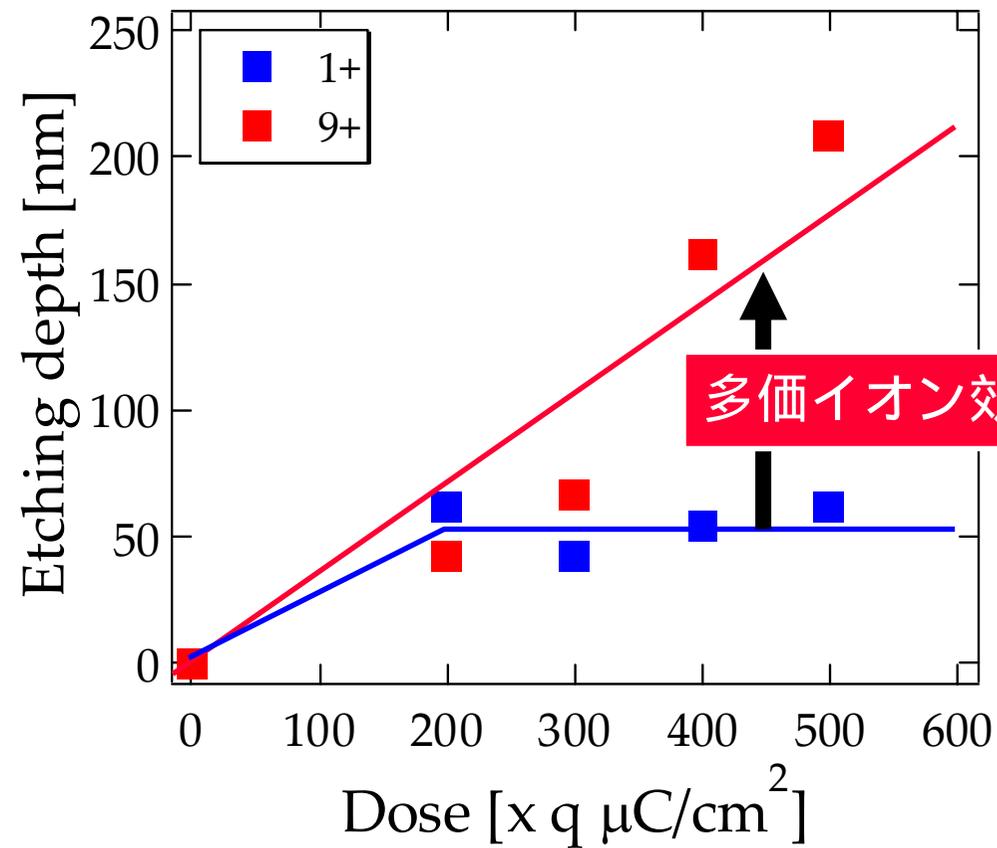
Ar⁹⁺ (400 × 9 μC/cm²)を照射した試料



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

Ar¹⁺, Ar⁹⁺の両者で増加

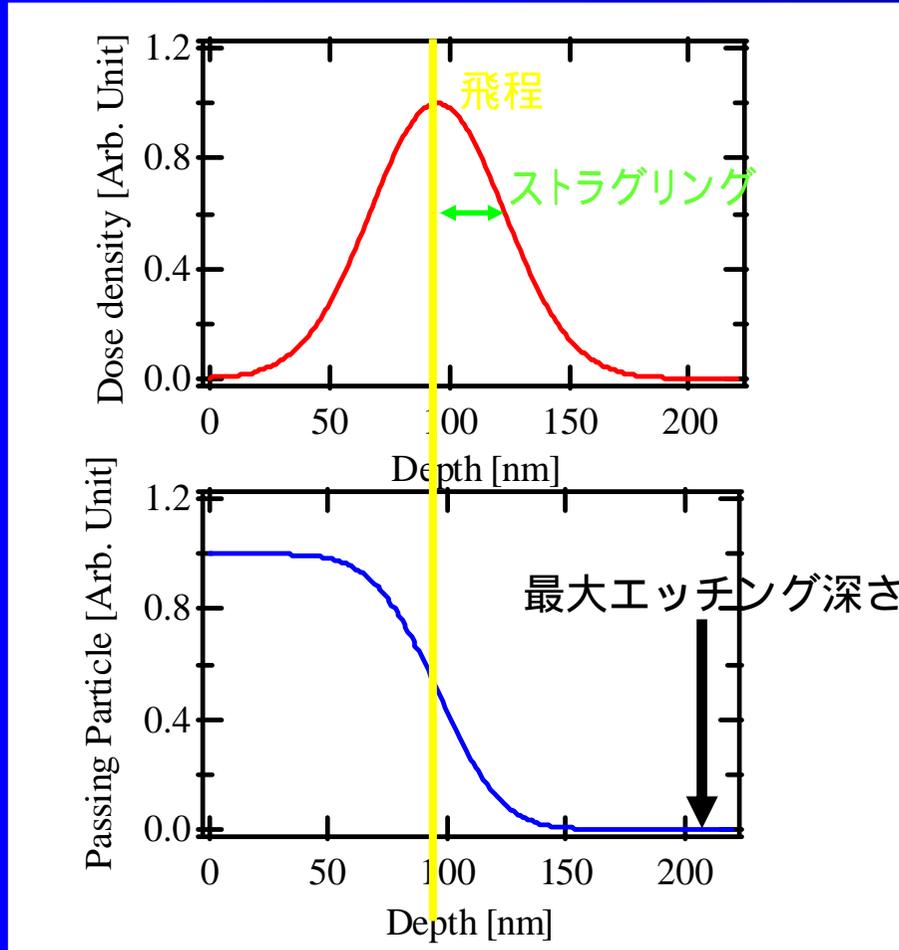
- エッチング深さの照射量, 価数依存性
照射量, 価数とともに深くなる

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SiO₂として計算)

結論

- Ar⁹⁺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]