

# イオンビームを用いたナノサイズ の3次元加工技術の開発

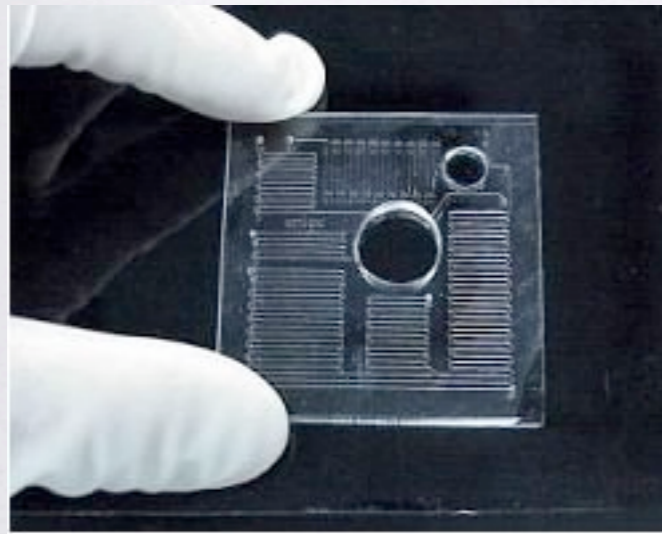
- 3D-nanofabrication by Using Ion Beam -

高知工科大学	百田 佐多生, 野尻 洋一, 岩満 慎吾, 五藤 聖悟
東京理科大学	宮本 岩男, 谷口 淳
富山大学	森田 昇, 川堰 宣隆

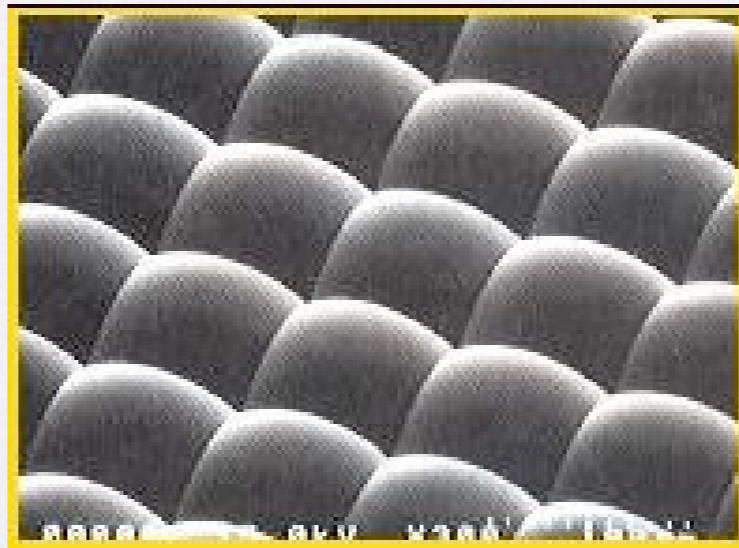
# 研究開発の背景

3次元微細構造  
3次元加工技術  
が必要とされる分野

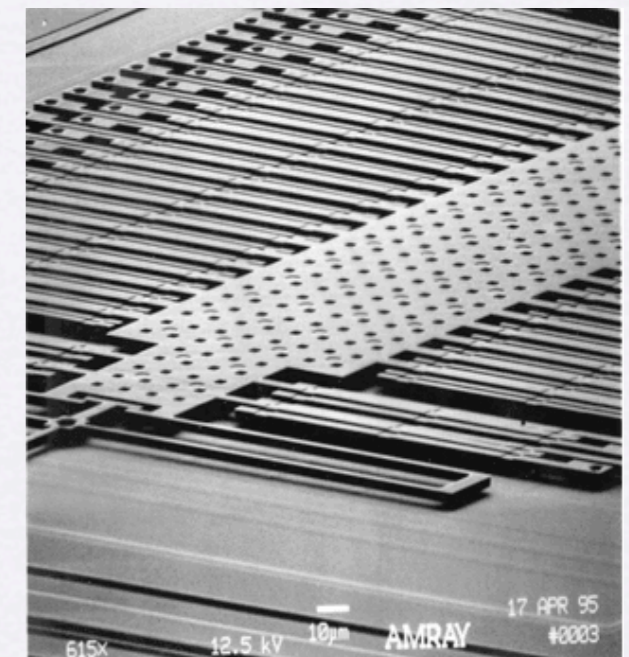
超精密, 光学, 医療, バイオ, IT



マイクロ検査チップ  
(日立製作所)



マイクロレンズアレイ  
(日本板硝子)



iMEMS  
(ANALOG DEVICES社)

# 研究の目的

新しい **3次元微細加工** プロセスの開発

1. 多価イオンビームによる露光

多価イオンビームの照射技術

2. 酸やアルカリによるエッチング

化学リソグラフィ技術

3. インプリント・金型等による大量生産

大量生産技術

# 3 大学による共同研究

多価イオンビームの照射技術  
高知工科大学  
百田グループ

化学リソグラフィ技術  
東京理科大学  
宮本・谷口グループ

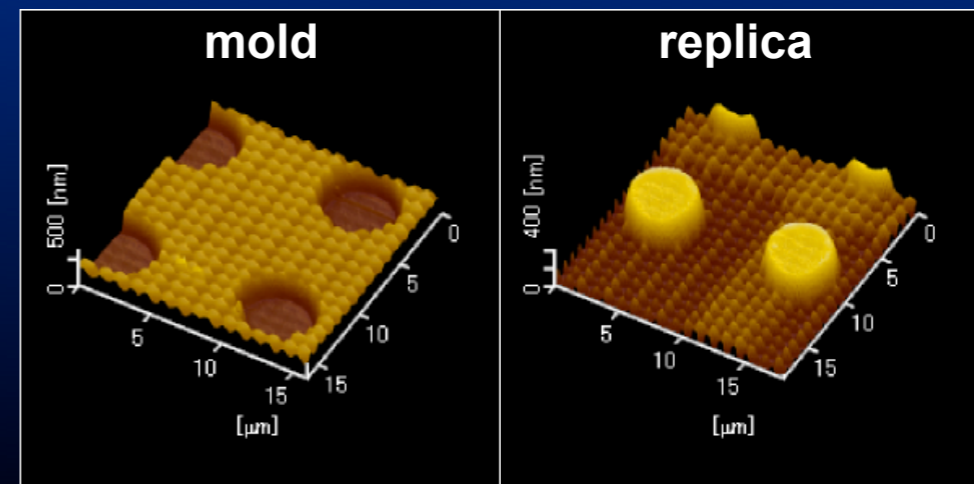
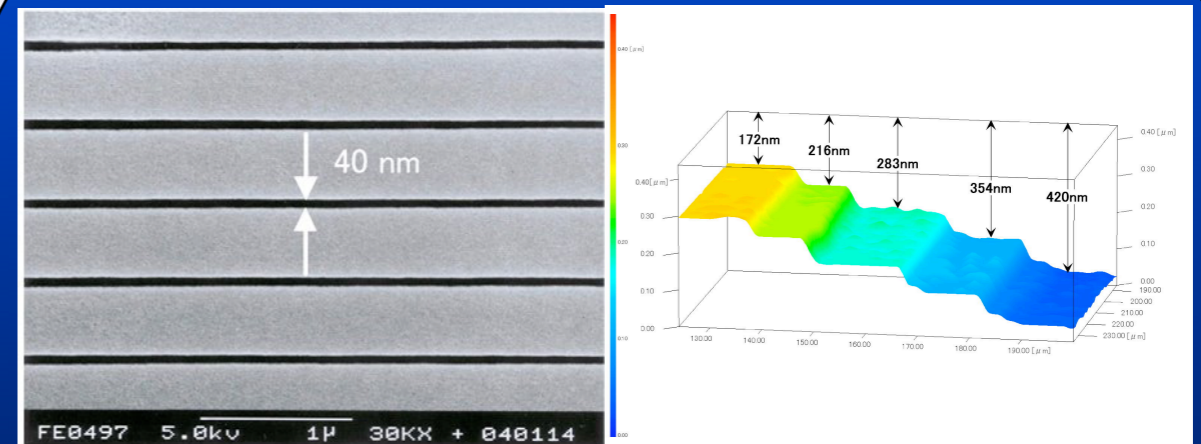
大量生産技術  
富山大学  
森田グループ

# 東京理科大学 基礎工学部

## 電子応用工学科 宮本・谷口研究室

### 超微細加工工学

- 電子ビーム露光
- 三次元ナノ金型作製
- 三次元ナノインプリント技術
- ダイヤモンドの超微細加工
- MEMS/NEMS
- 半導体プロセス
- イオンビーム加工

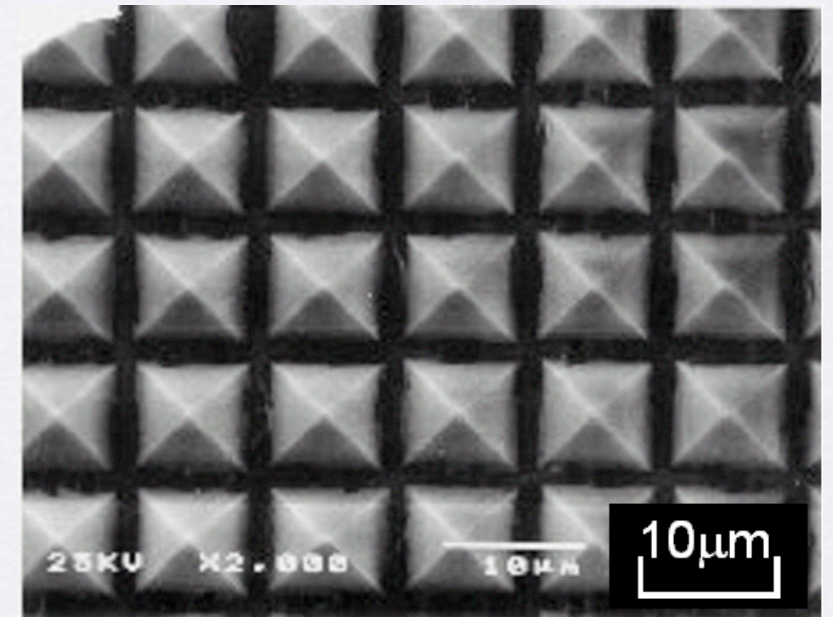
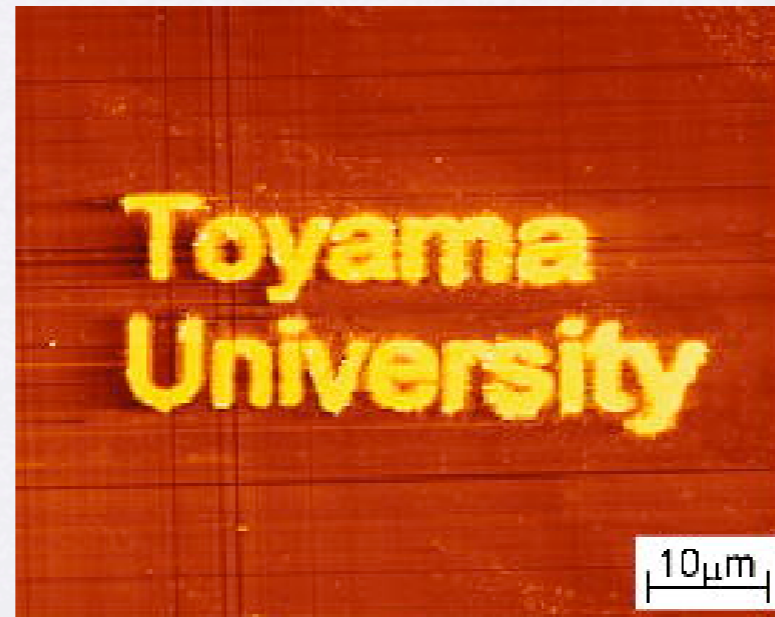
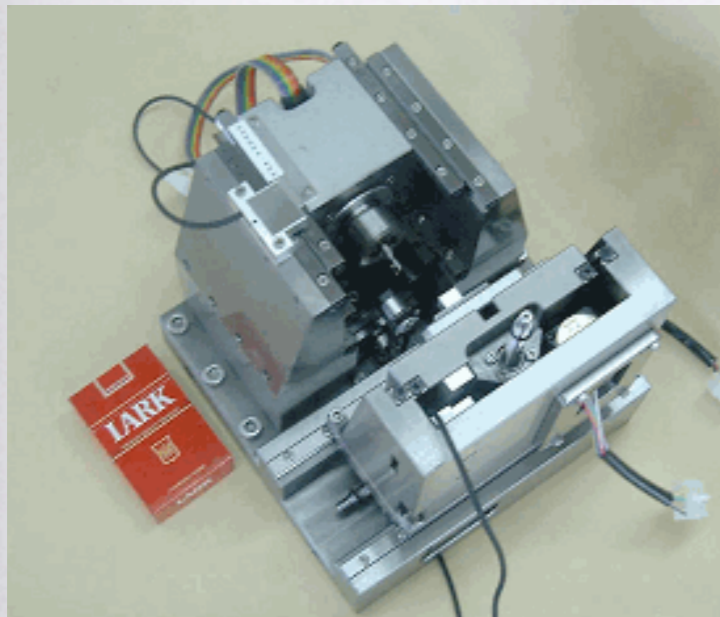


# 富山大学 工学部

## 機械知能システム工学科

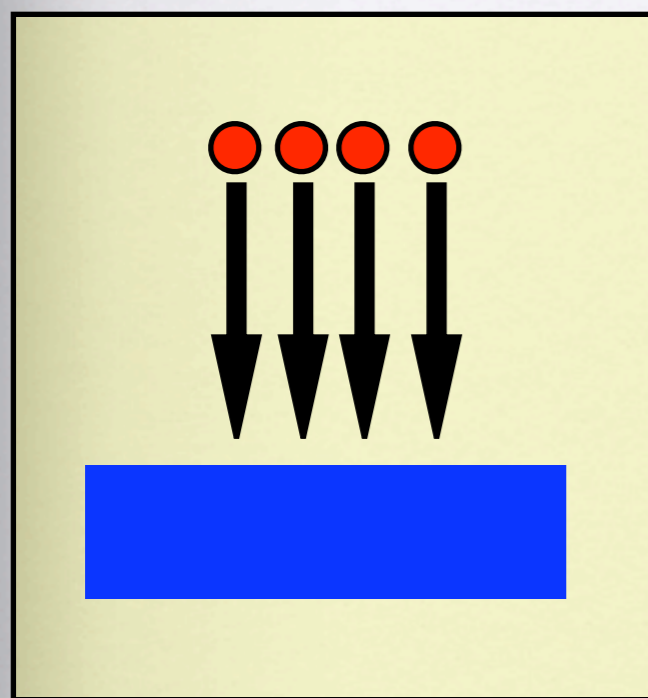
### 生産精密加工学研究室

- Machine Tool (工作機械技術)
- Machining (加工技術)
- Measuring (計測評価技術)

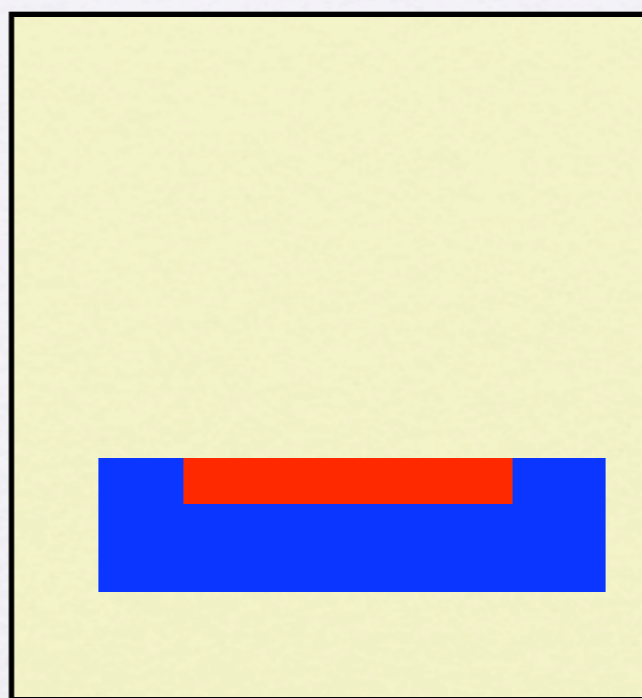


# イオンビームによる加工

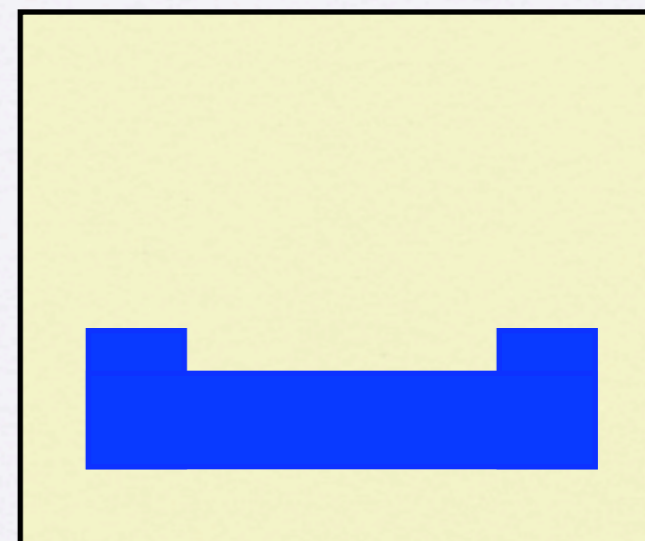
イオンビームの照射



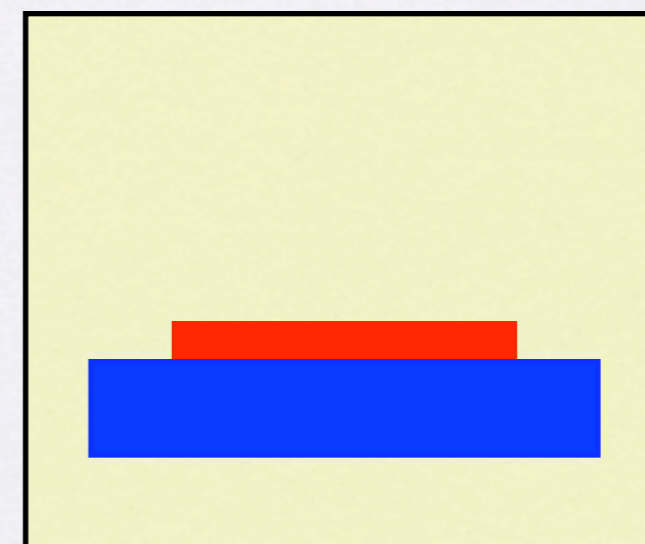
照射部の改質



照射部の除去



照射部以外の除去

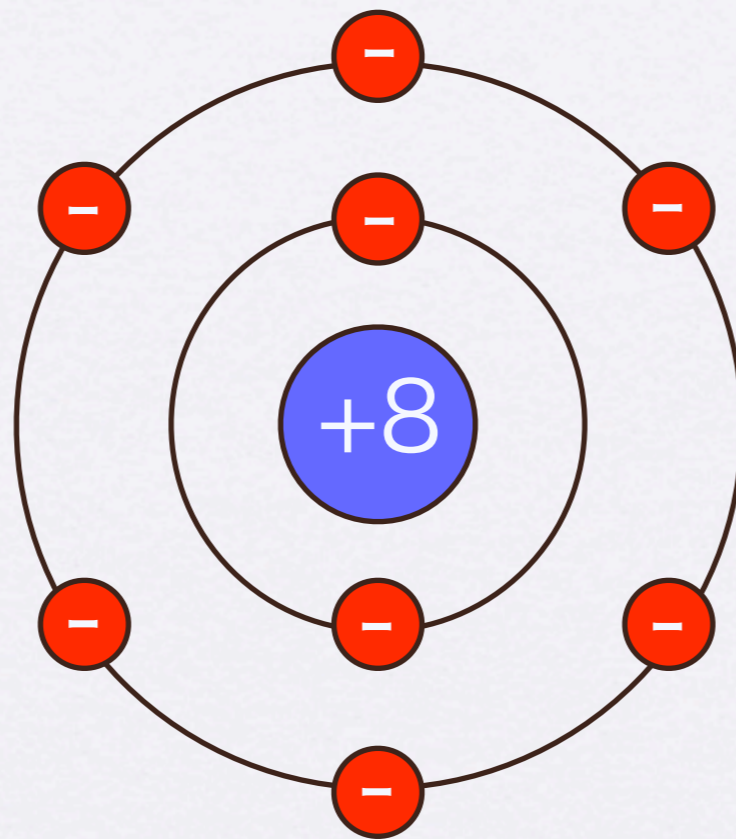


# 多価イオンとは

中性原子から2個以上の軌道電子を  
はぎ取ったもの

酸素原子

2価(2+)





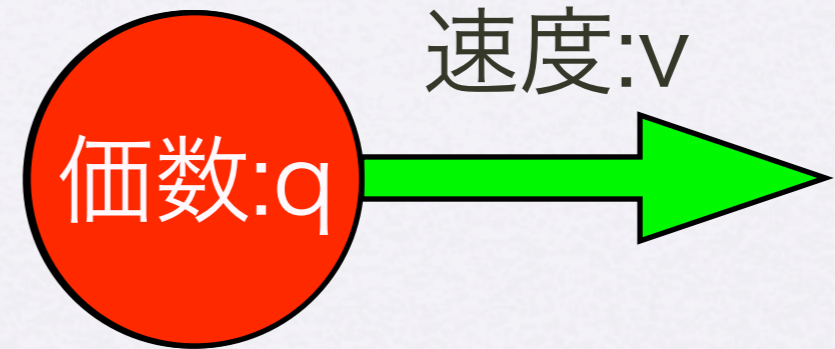
# イオンが持つエネルギー

イオンが持つエネルギー = 運動E + クーロンE

運動E

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \propto qV$$

多価イオン



クーロンE

はがされた電子の個数 (価数:q) とともに増加

# 照射条件による加工の制御

● 加工深さ

● 加工速度



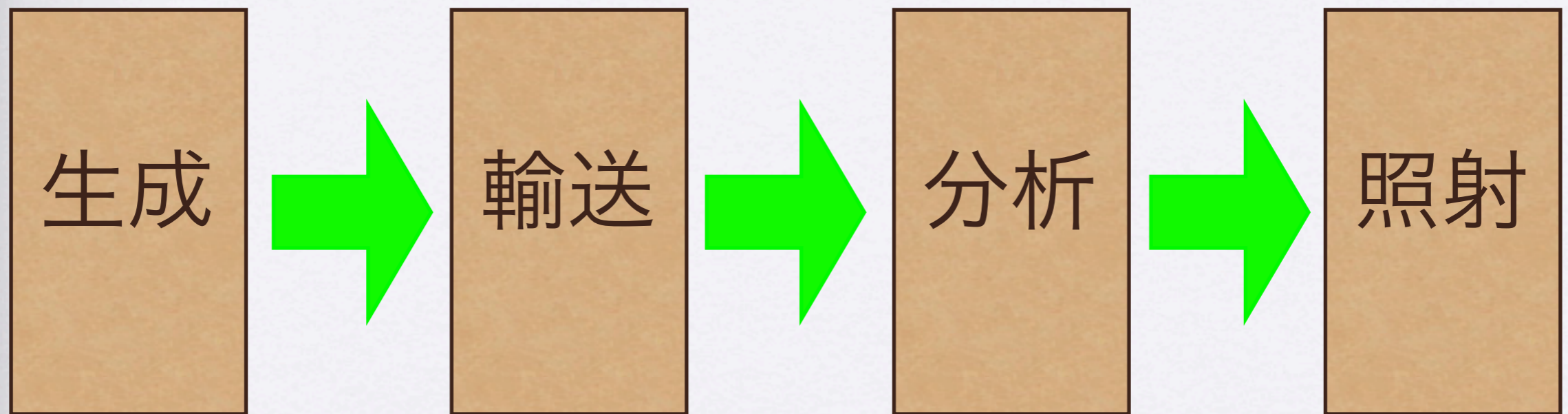
価数 :  $+q$

運動E :  $E$  [keV]  $\sim q \times V$

照射量 :  $n$  [ions/cm<sup>2</sup>]

# 多価イオンビーム照射装置

## 装置の概要



イオンの生成  
ビーム化

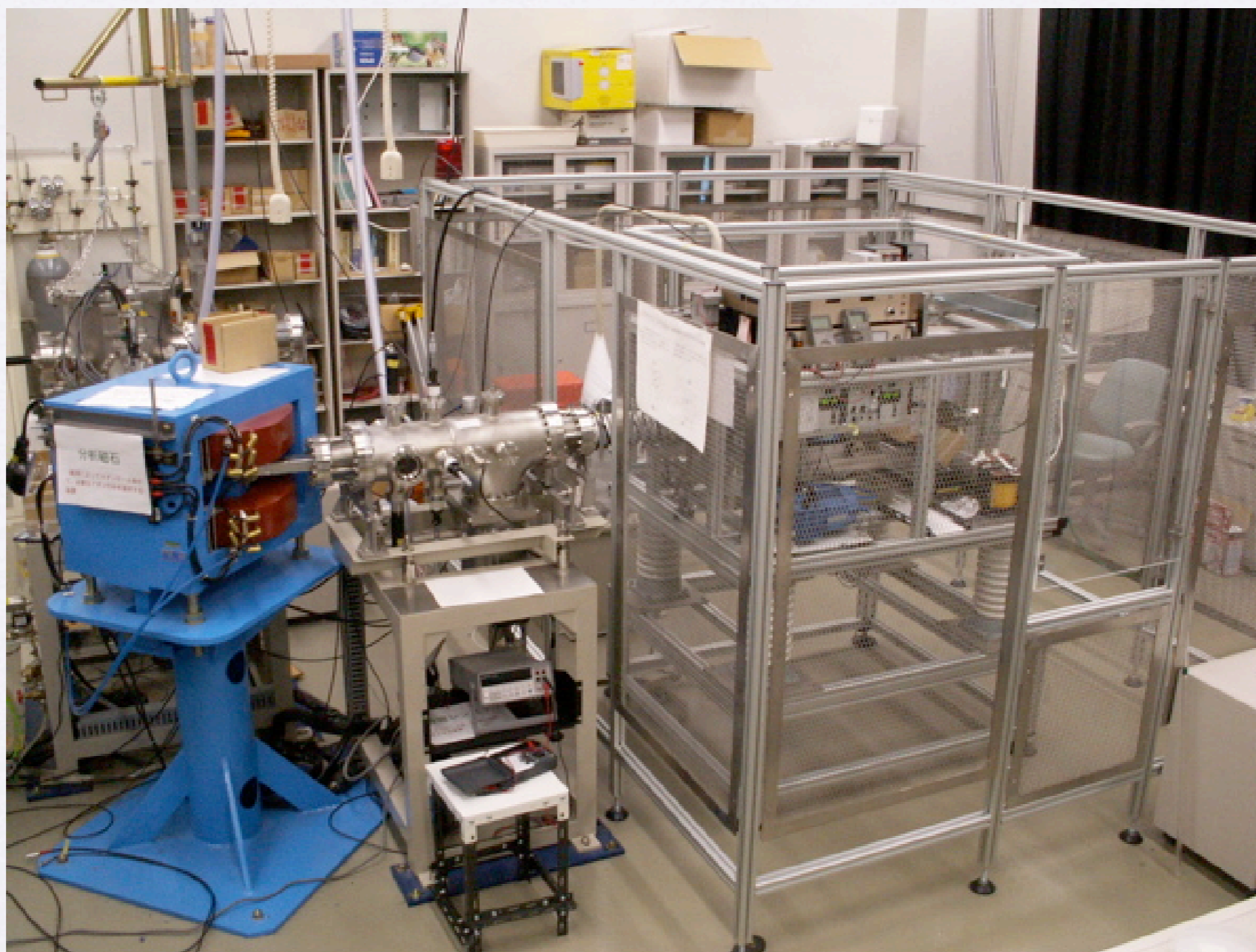
収束  
形状の成形

元素, 価数の  
選択

照射角度,  
位置の制御

# 多価イオンビーム照射装置

現有施設



# 実験手順

## I. 照射試料 (SOG, Si) の製作

Si基板上にスピノングラス(SOG)を塗布

## II. Arイオンビームの照射

## III. 化学エッチング

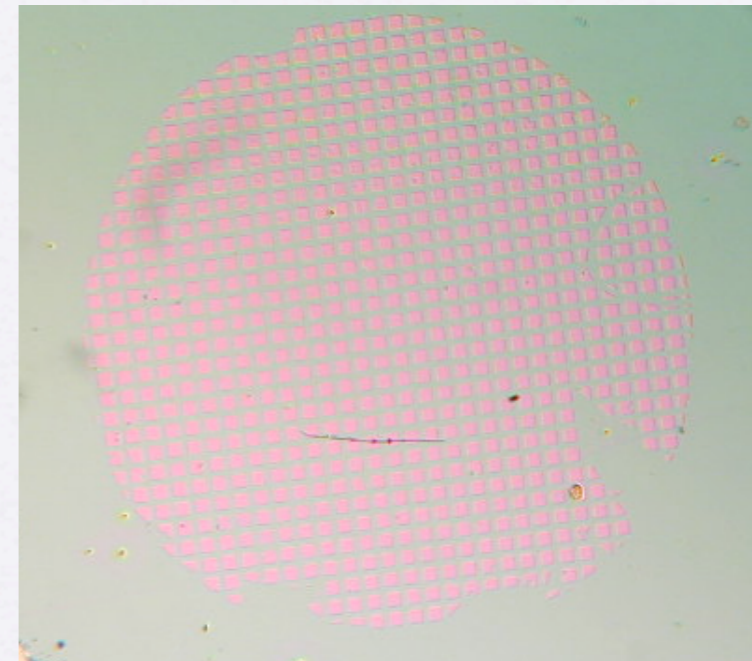
HF水溶液

## IV. 試料表面の凹凸を観測

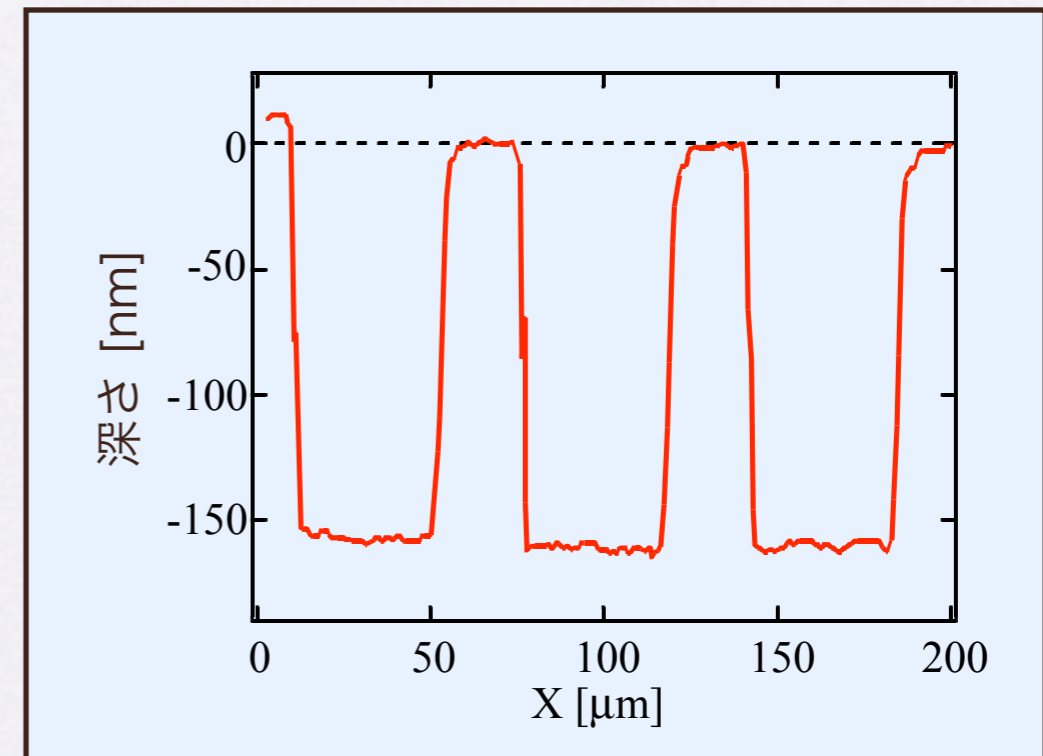
光学顕微鏡,  $\alpha$ -ステップ, AFM

# 試料表面の観測 (SOG)

- マスクパターンの転写



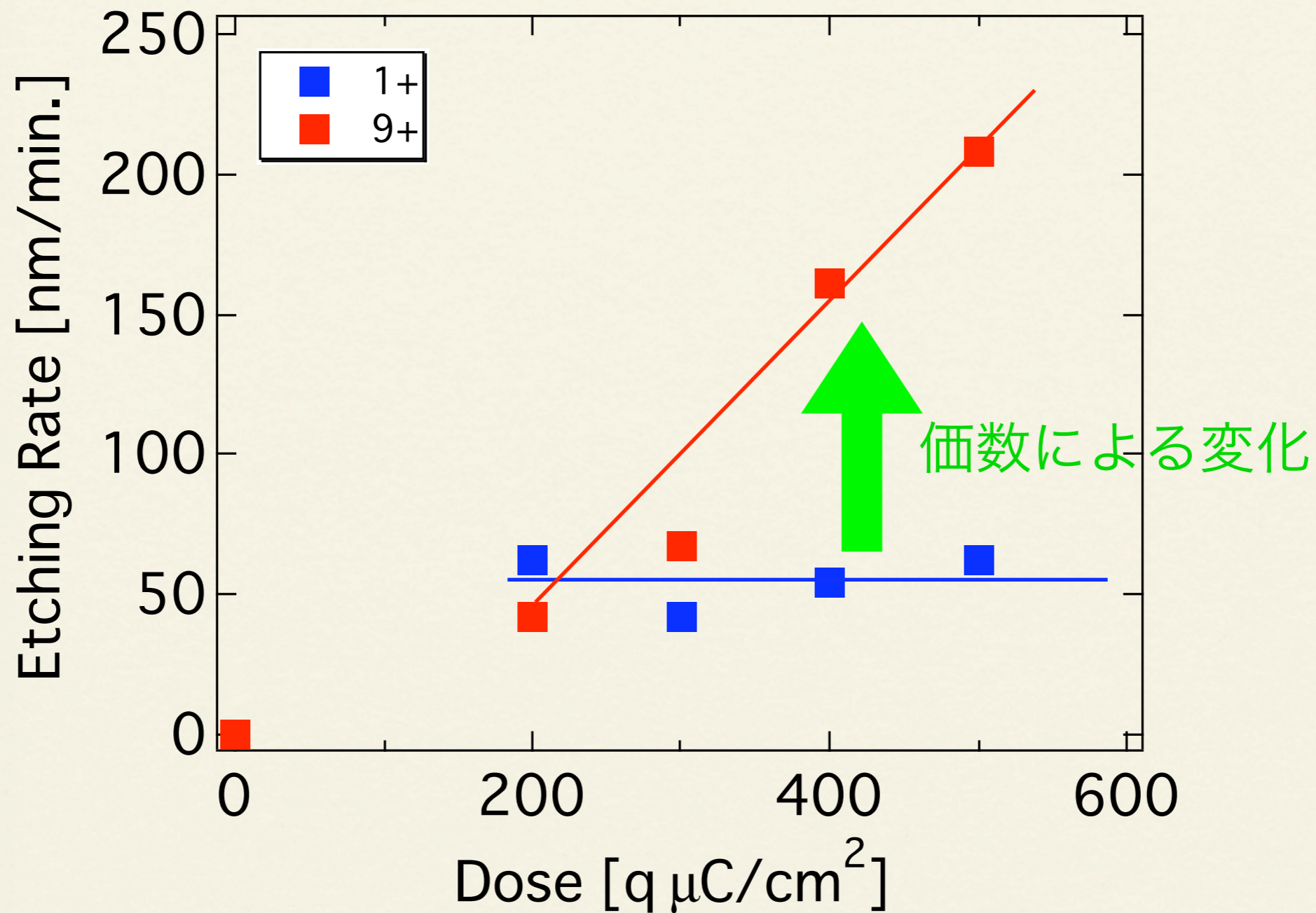
- 段差構造の形成



# 価数による加工速度の制御

Ar<sup>1+, 9+</sup> on SOG

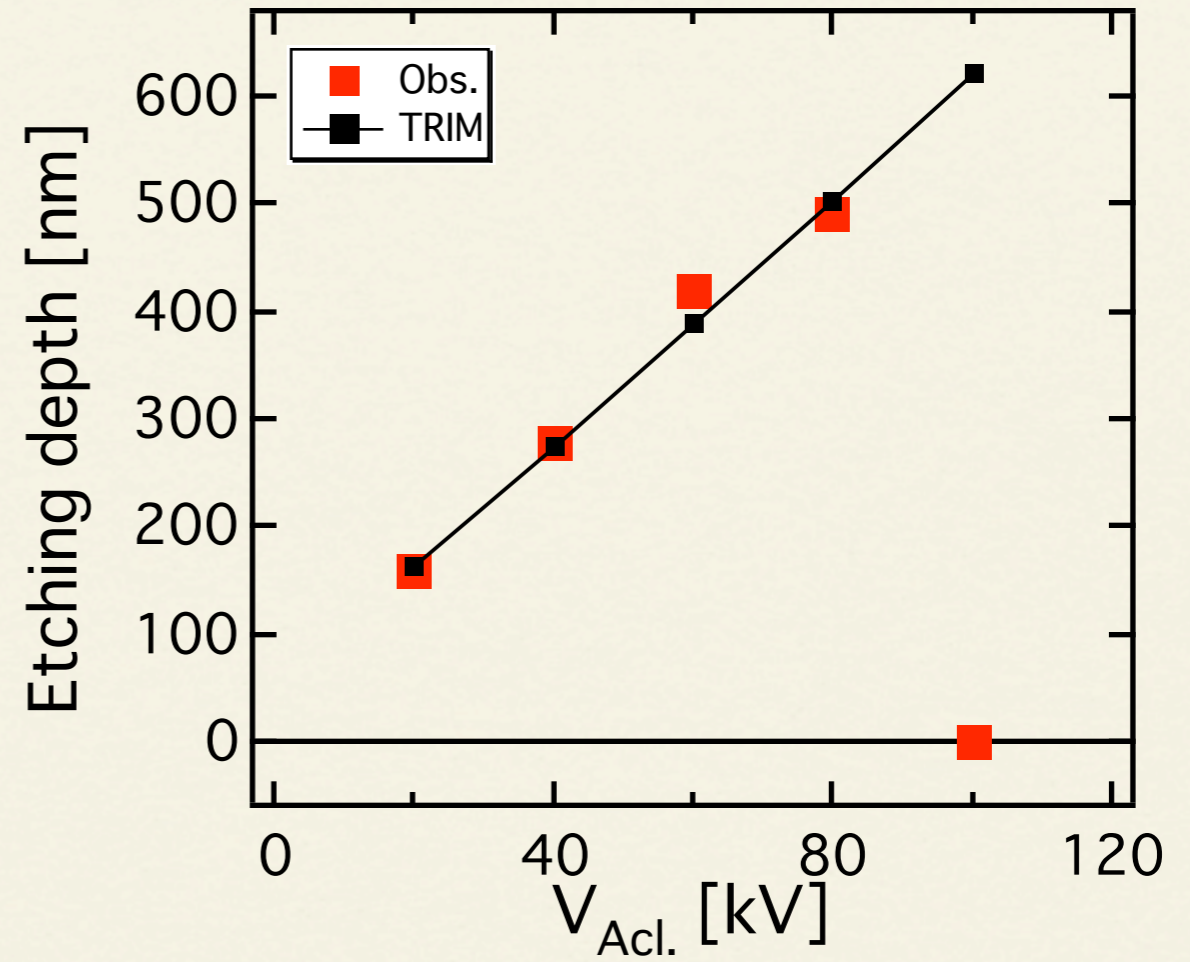
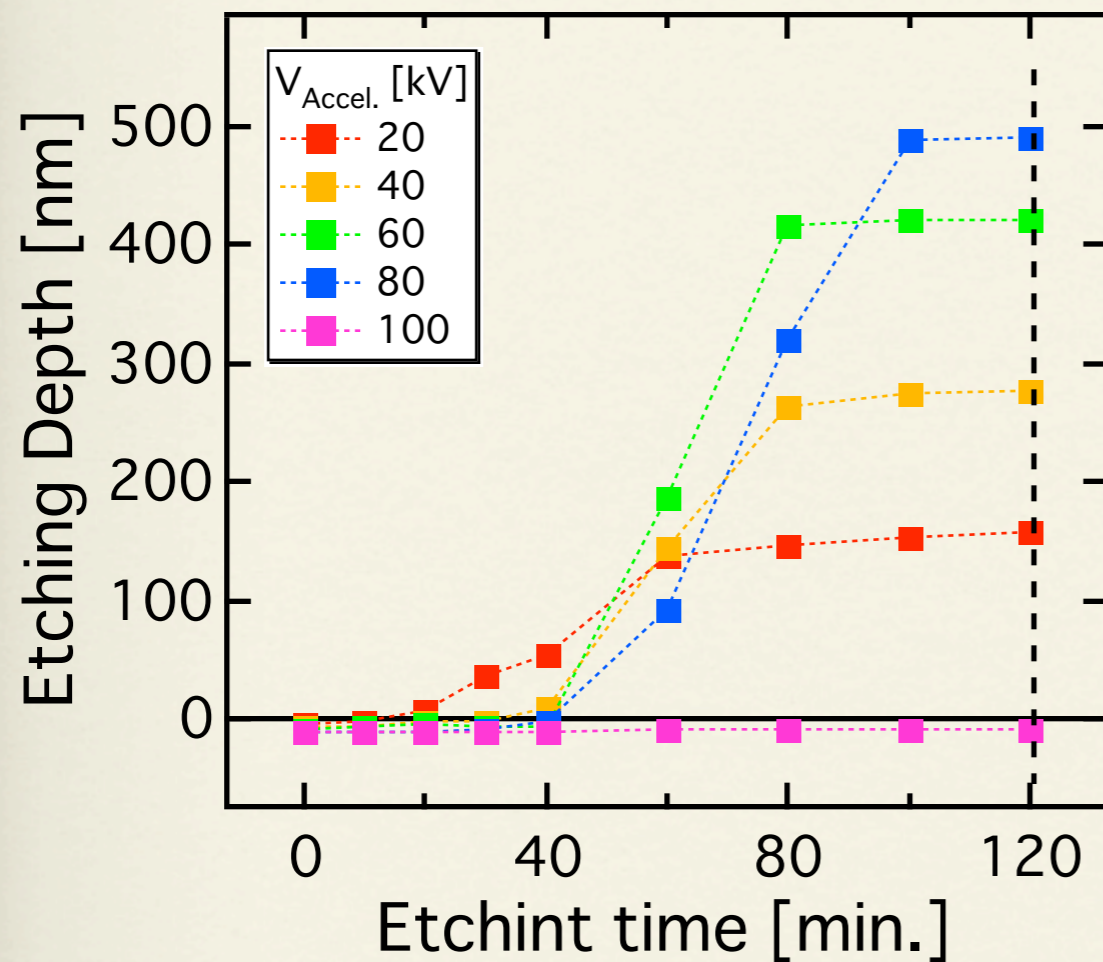
E = 90 keV, Etchant : HF



# 入射エネルギーによる 加工深さの制御

Ar<sup>4+</sup> on Si

$n = 800 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , Etchant : 46 mass% HF

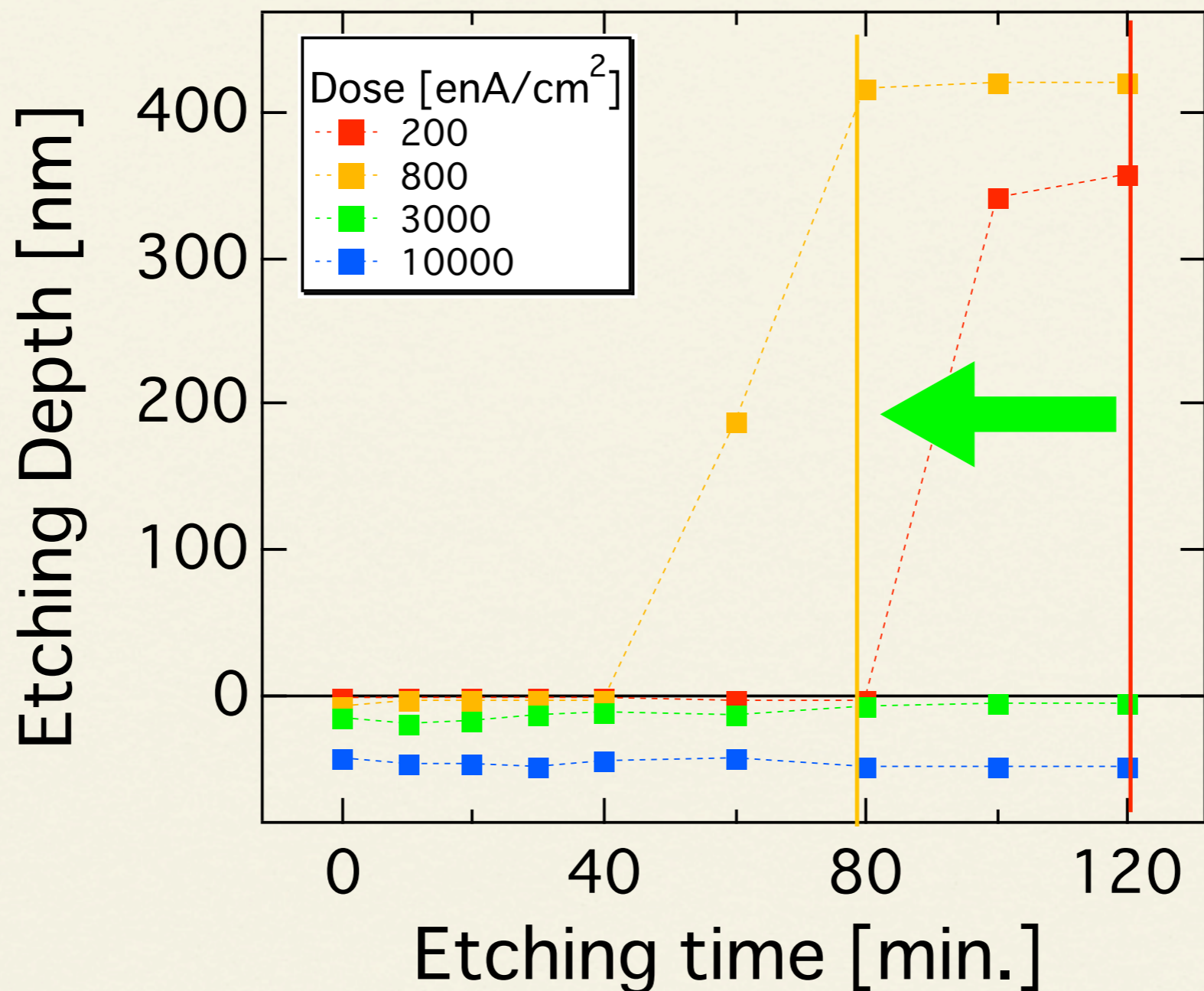




# 照射量による加工速度の制御

Ar<sup>4+</sup> on Si

E = 240 keV, Etchant : 46 mass% HF



# まとめ

- 多価イオンビームを用いた3次元加工技術を開発するために、3大学（高知工科大学，東京理科大学，富山大学）で共同研究を開始
- イオンビームリソグラフィ法において $q$ ,  $E$ ,  $n$ による加工深さ，加工速度の変化  
→ 加工深さ，速度の制御
- 今後、産官学の協力体制（地域コンソーシアム等）による加工技術の開発と実用化