

EM-09100IS

イオンスライサ™による TEM試料のダメージについて

日本電子株式会社

フィールドソリューション事業部
サービス企画推進本部 河原 尚

目次

- ・ イオンスライサ™について
- ・ 薄膜化のプロセス
- ・ イオンビームの効果
- ・ 試料ダメージについて
- ・ 角度を上げる意味
- ・ まとめ

理想的なのはダメージの少ない試料

ダメージを少なくする最終工程が『仕上げ』

一般的な仕上げの条件は

・ 加速電圧を下げる

・ 入射角度を上げる

今回はこの条件について検証してみます

イオンスライサ™について



イオンスライサ™

EM-09100IS

「TEM試料が熟練技術なしに簡単に作れる」を
コンセプトに開発されたイオンミリング装置

SPEC

加 速 電 圧 : 1kV~最大8.0kV(0.5kVステップ)

傾 斜 角 度 : 最大6.0° (0.1°ステップ)

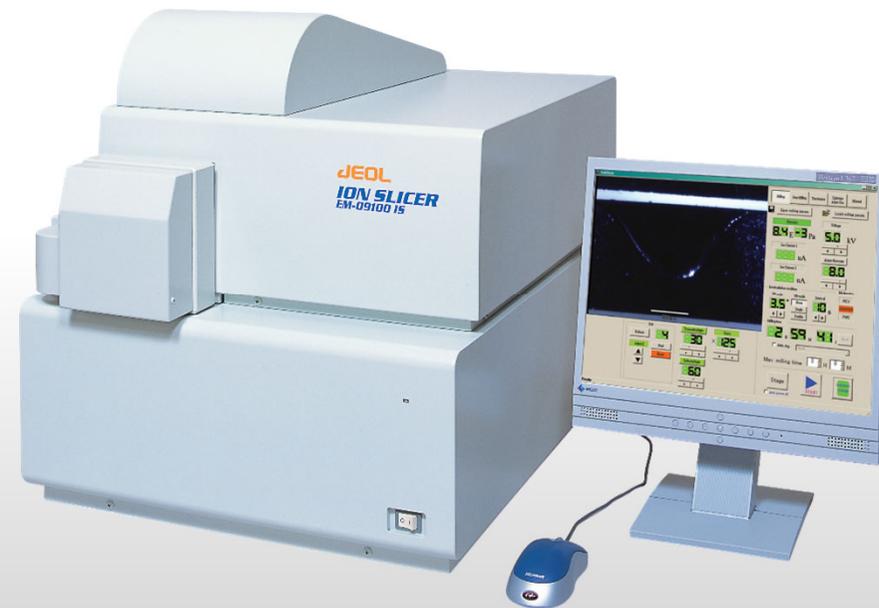
ビ ー ム 径 : 500 μ m(FWHM)

エッチングレート : 5 μ m/min(加速電圧8kV / Si換算)

イ オ ン 源 : Arガス

マスクングベルト : 10 μ m厚(30回使用可)

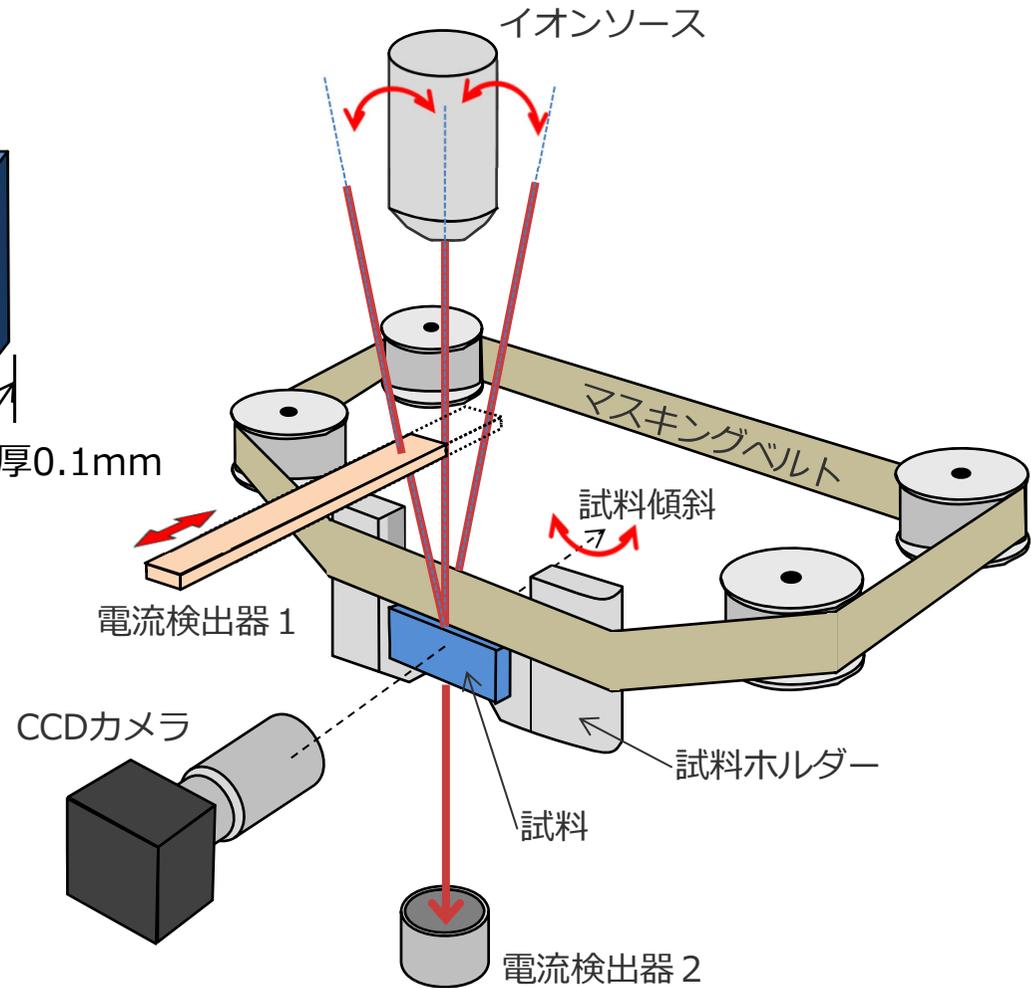
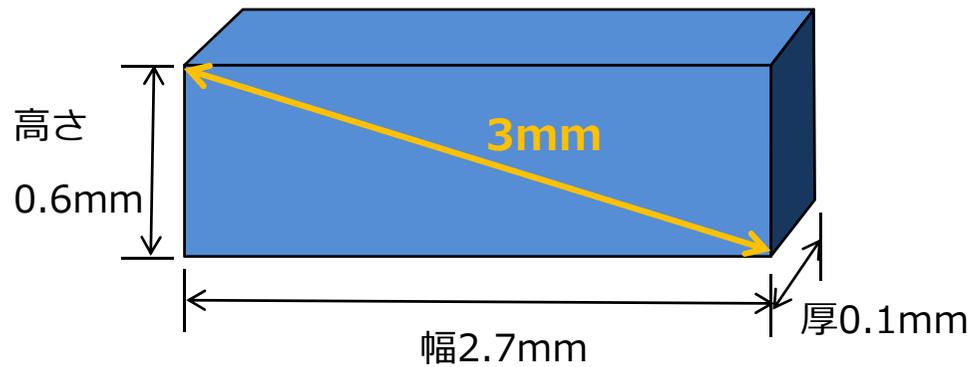
C C Dカメラ : X32~X170



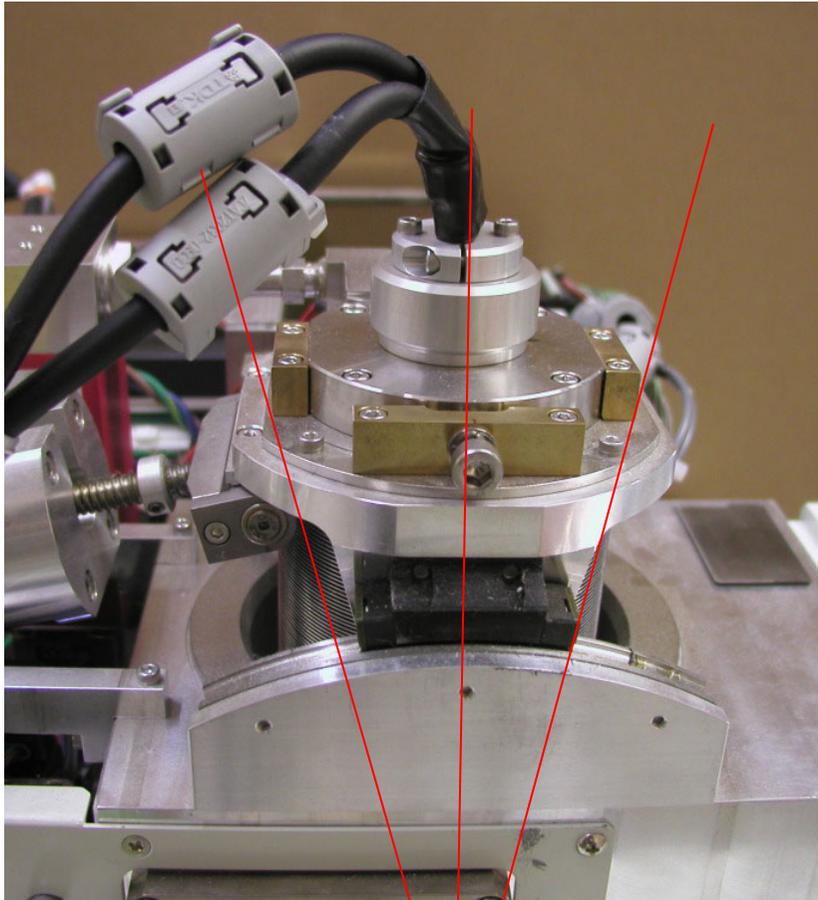
イオンスライサ™の構造

加工できる試料の大きさ

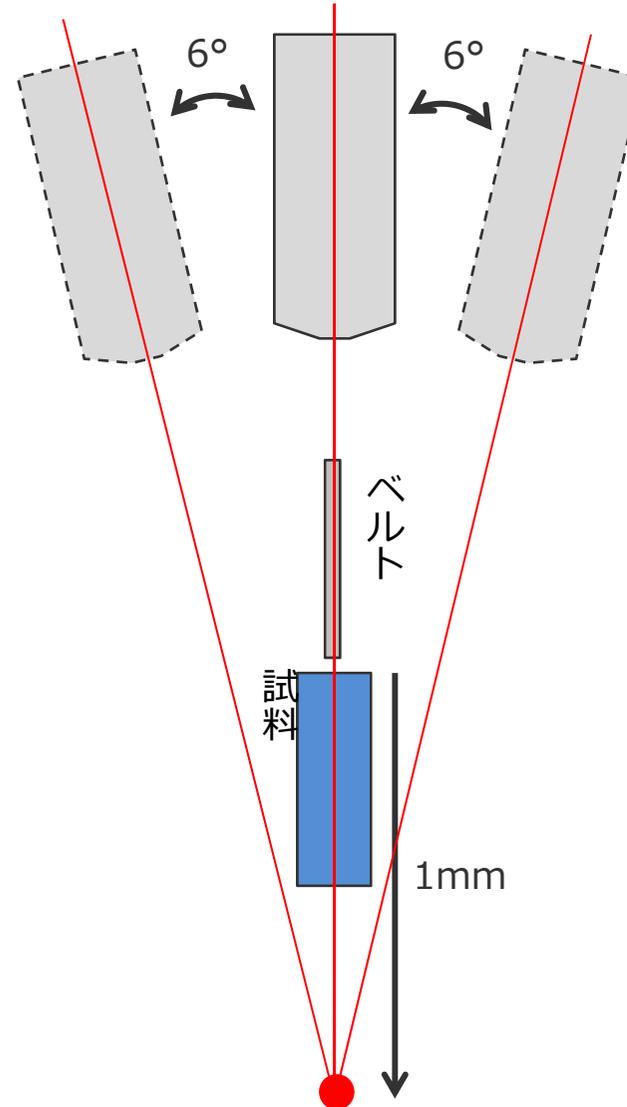
- ・幅2.7mm×高さ0.6mm×厚さ0.1mm



イオンスライサ™の構造



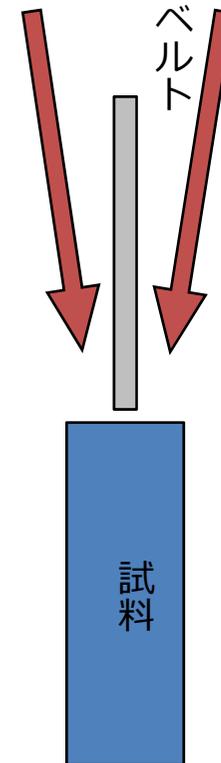
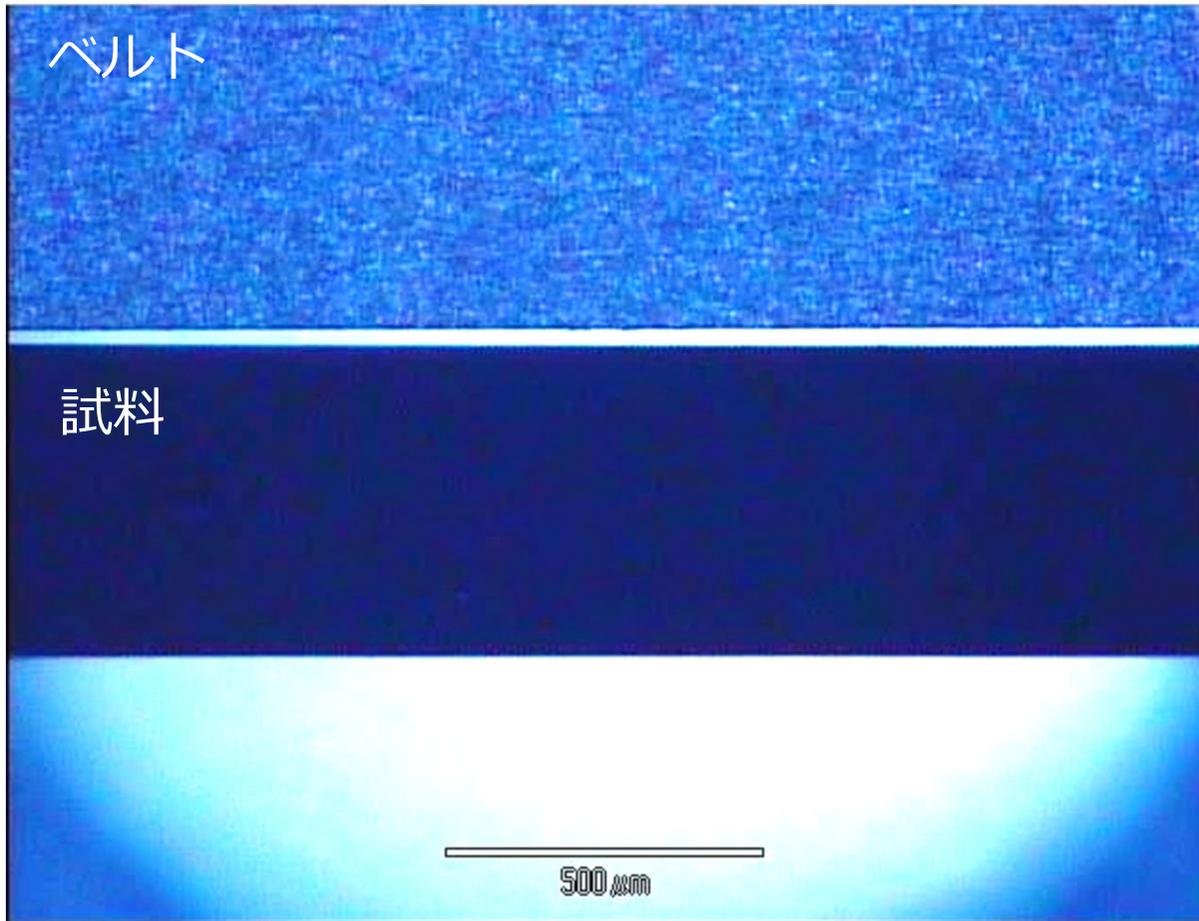
イオンビームが試料の直下1mmの位置を中心傾斜するようにイオンソースが傾斜する



薄膜化のプロセス

薄膜化のプロセス（前面から）

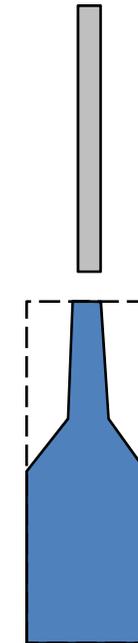
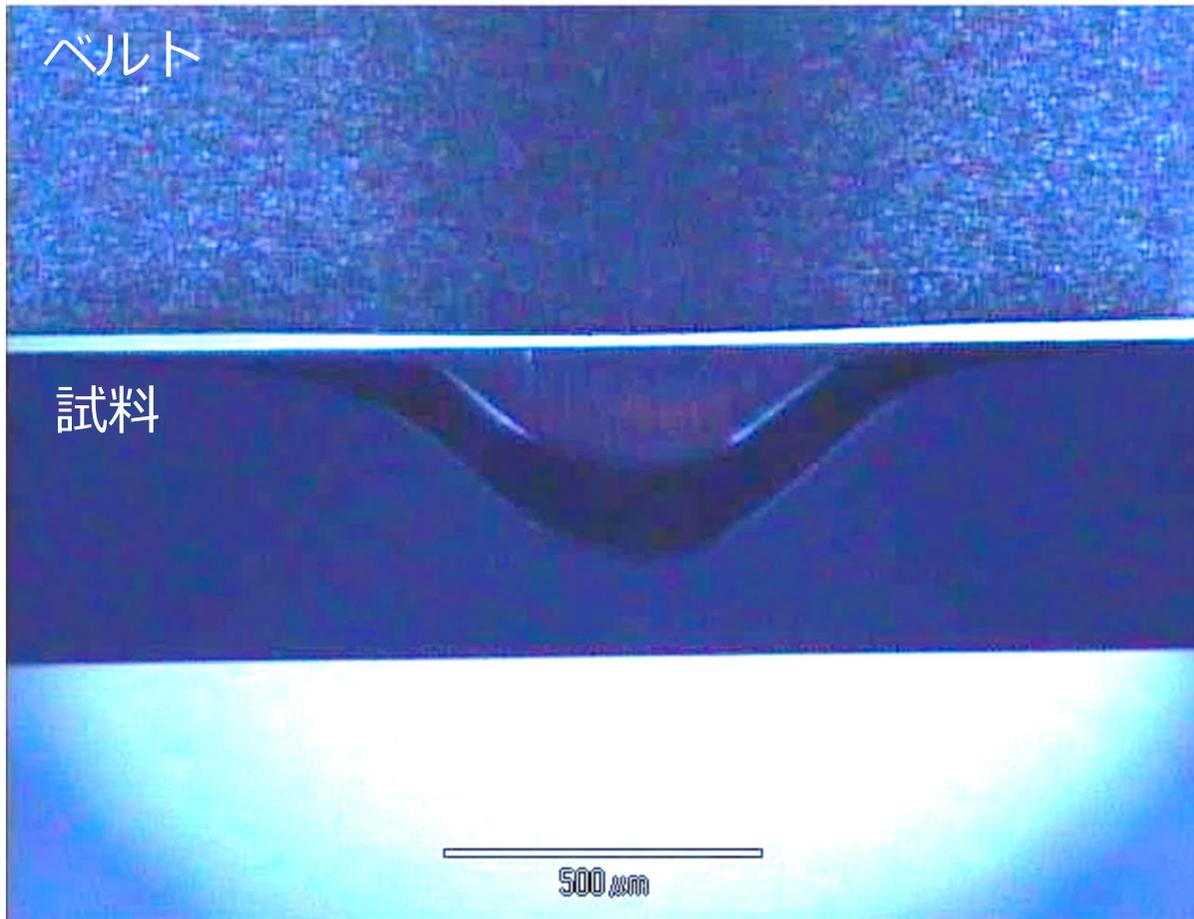
試料：シリコンウエハー
加速電圧：6 kV
入射角度：2.5度



マスキングベルトの上より
傾斜しながらイオンビーム
を照射する

薄膜化のプロセス（前面から）

試料：シリコンウエハー
加速電圧：6 kV
入射角度：2.5度



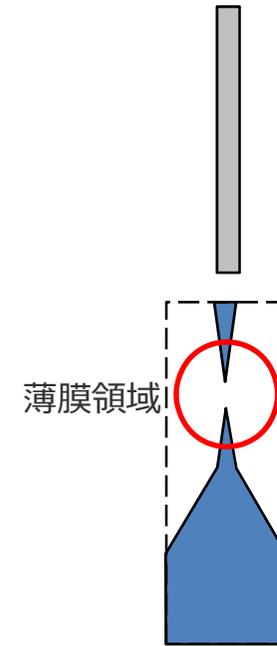
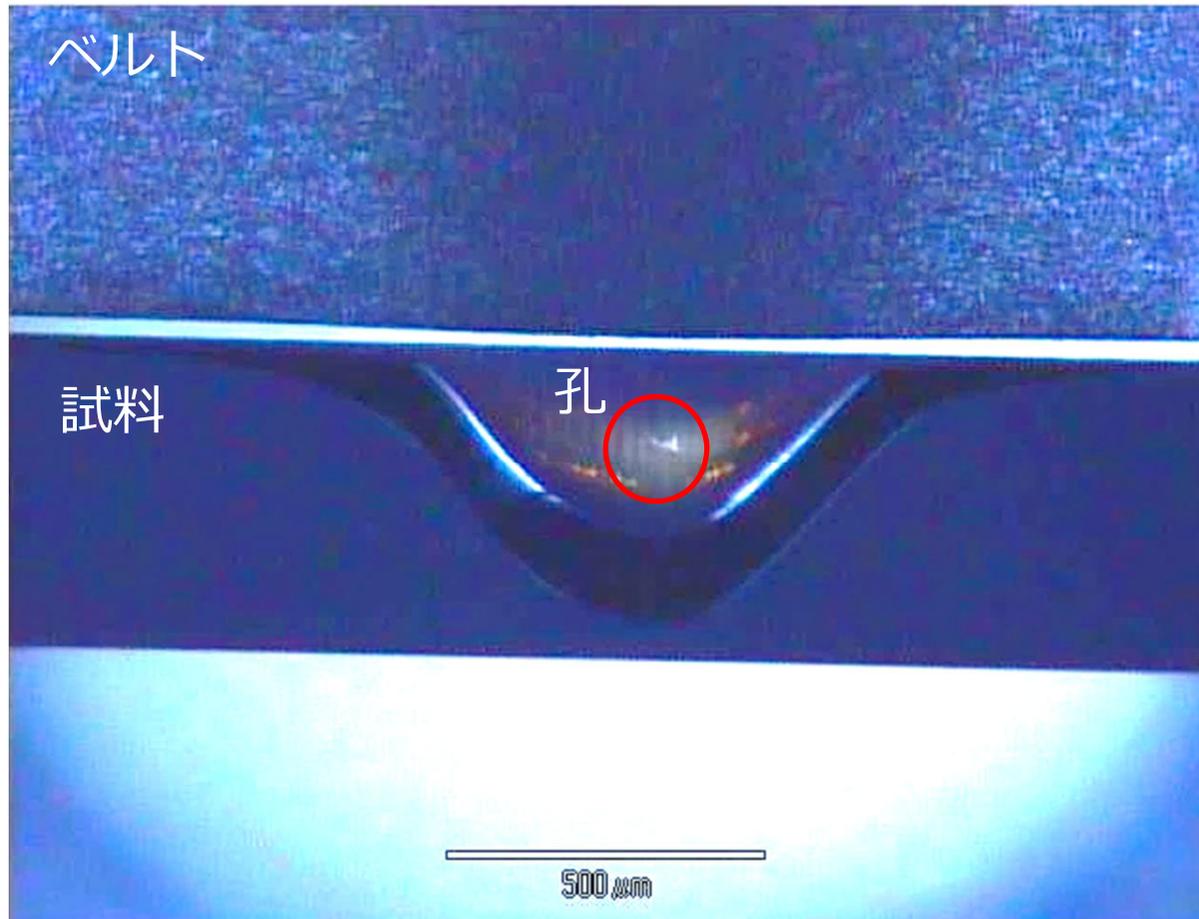
マスクングベルトの直下部分が残り、はみ出た部分が削れる

薄膜化のプロセス（前面から）

試料：シリコンウエハー

加速電圧：6kV (仕上げ加速電圧2kV)

入射角度：2.5度 (仕上げ入射角度3.5°)



試料に孔が開く

実際の試料の観察例

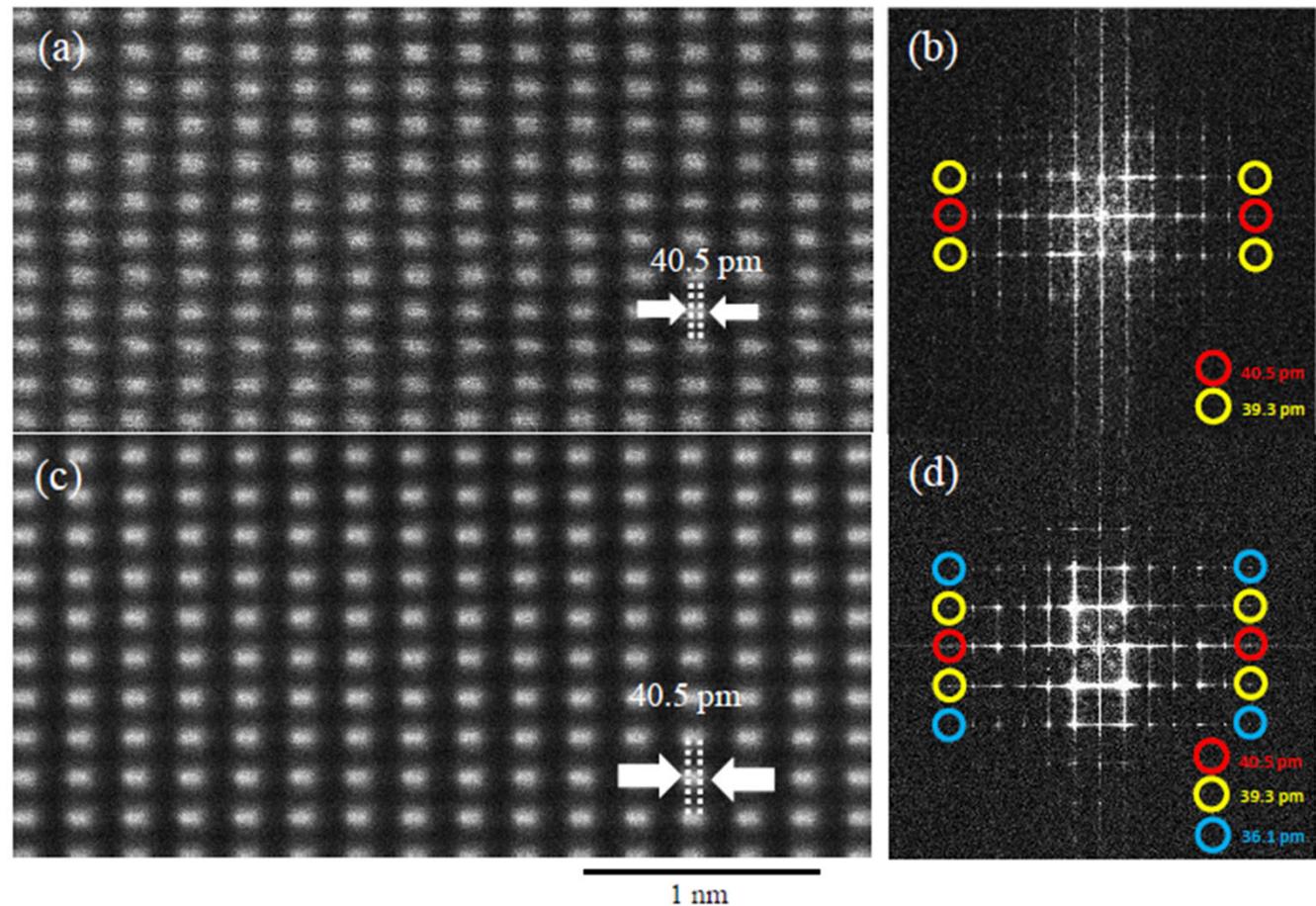
STEM世界最高レベルの分解能40.5pmの実現にイオンスライサが活躍しました。

JEM-ARM300F2 GRAND ARM™2



試料：GaN[212]

イオンスライサ条件
使用加速電圧：6kV
最終加速電圧：1kV

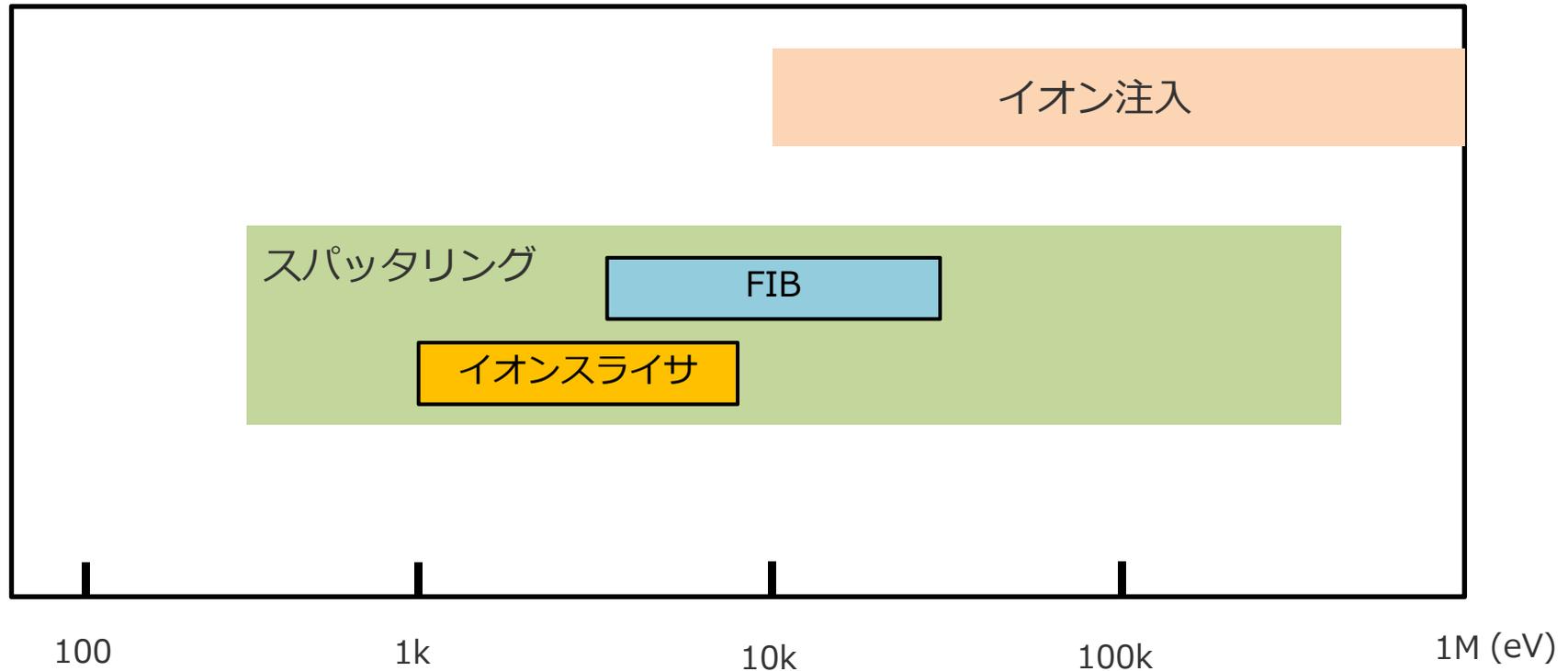


イオンビームの効果



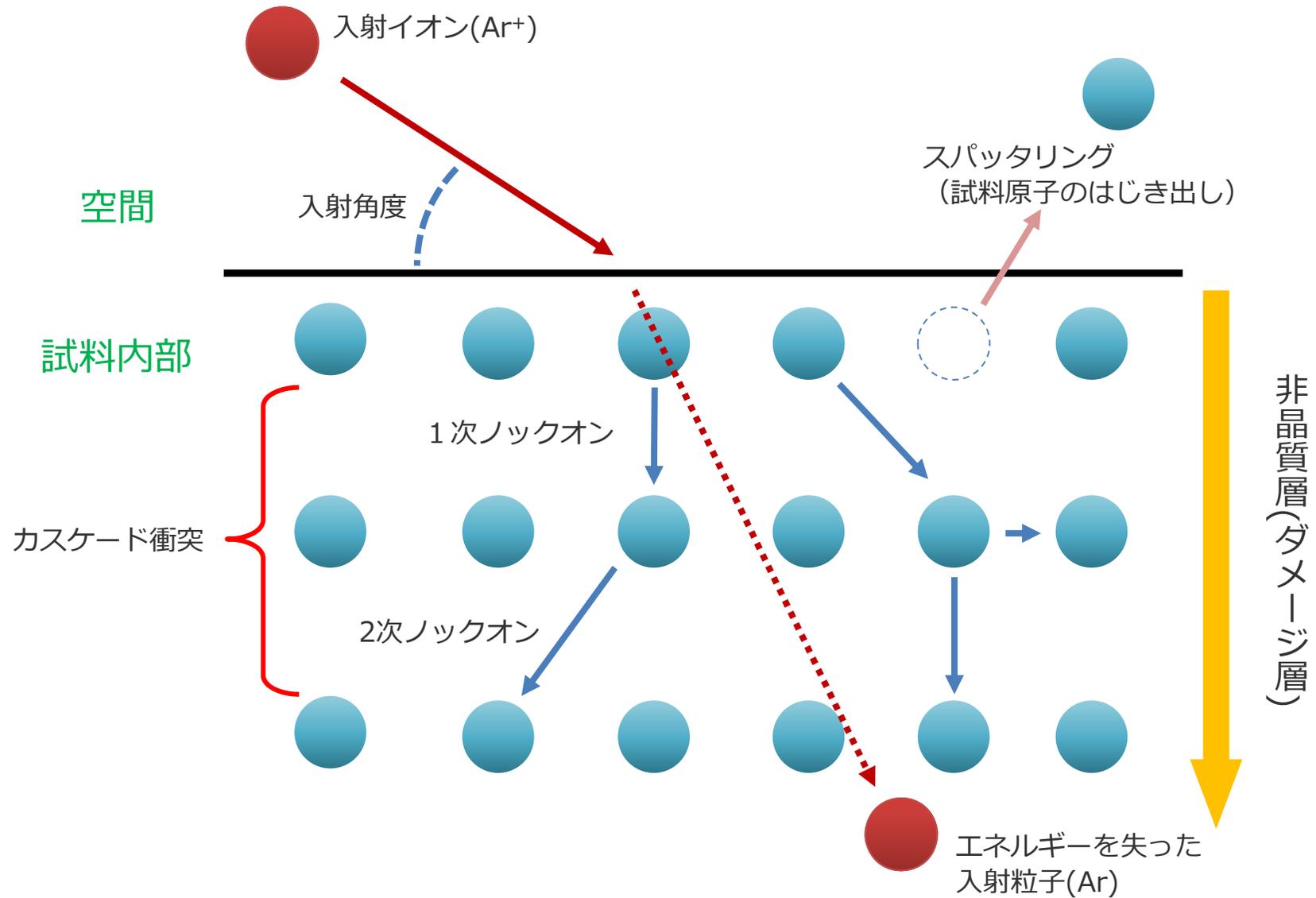
イオンビームの効果：スパッタリング

イオンビームはエネルギーの大きさによって効果が変わる



イオンスライサ™は加速電圧1kVから8kVの範囲で使用する。

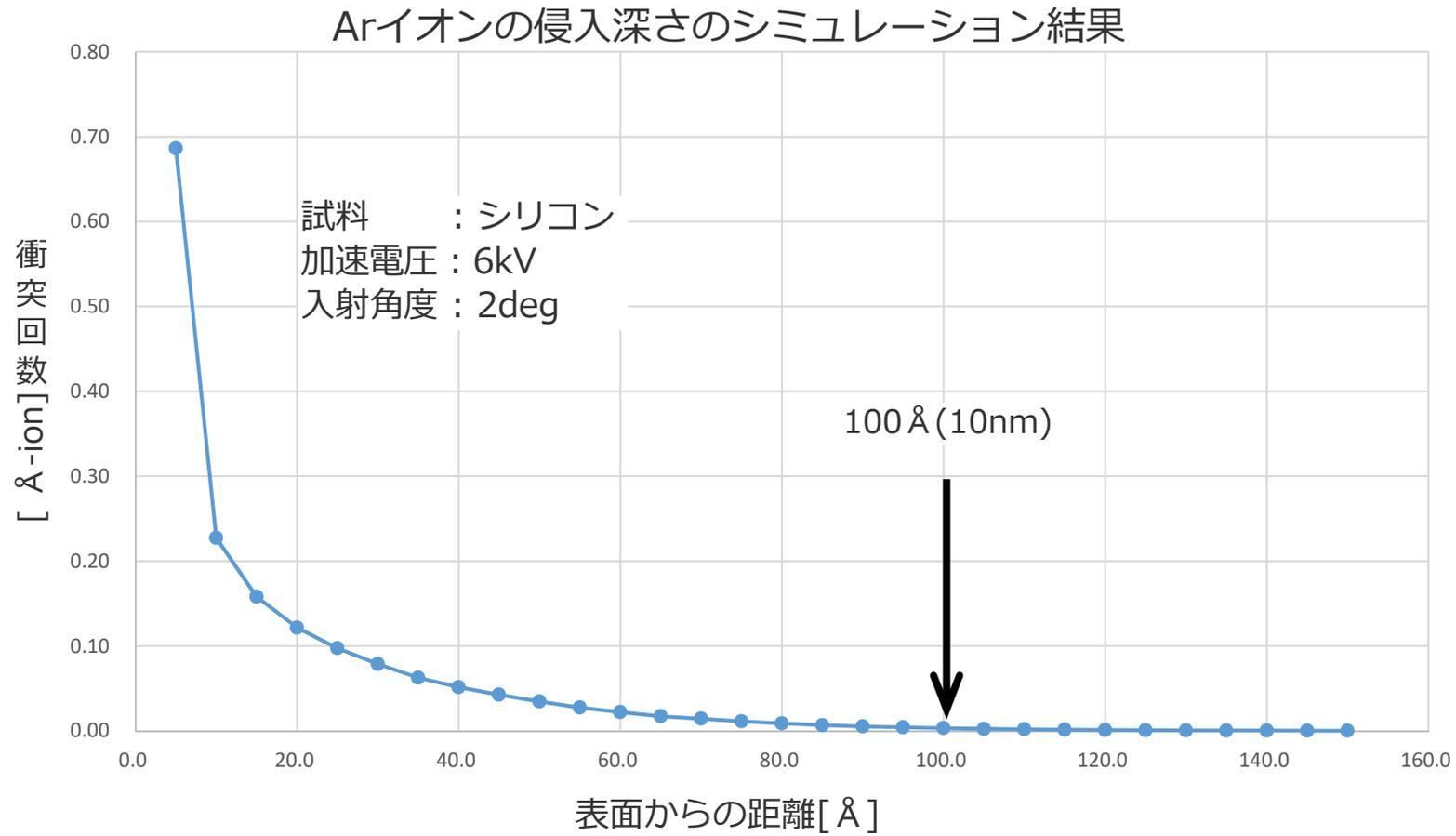
イオンビームの効果：イオンが入ると



試料のダメージについて



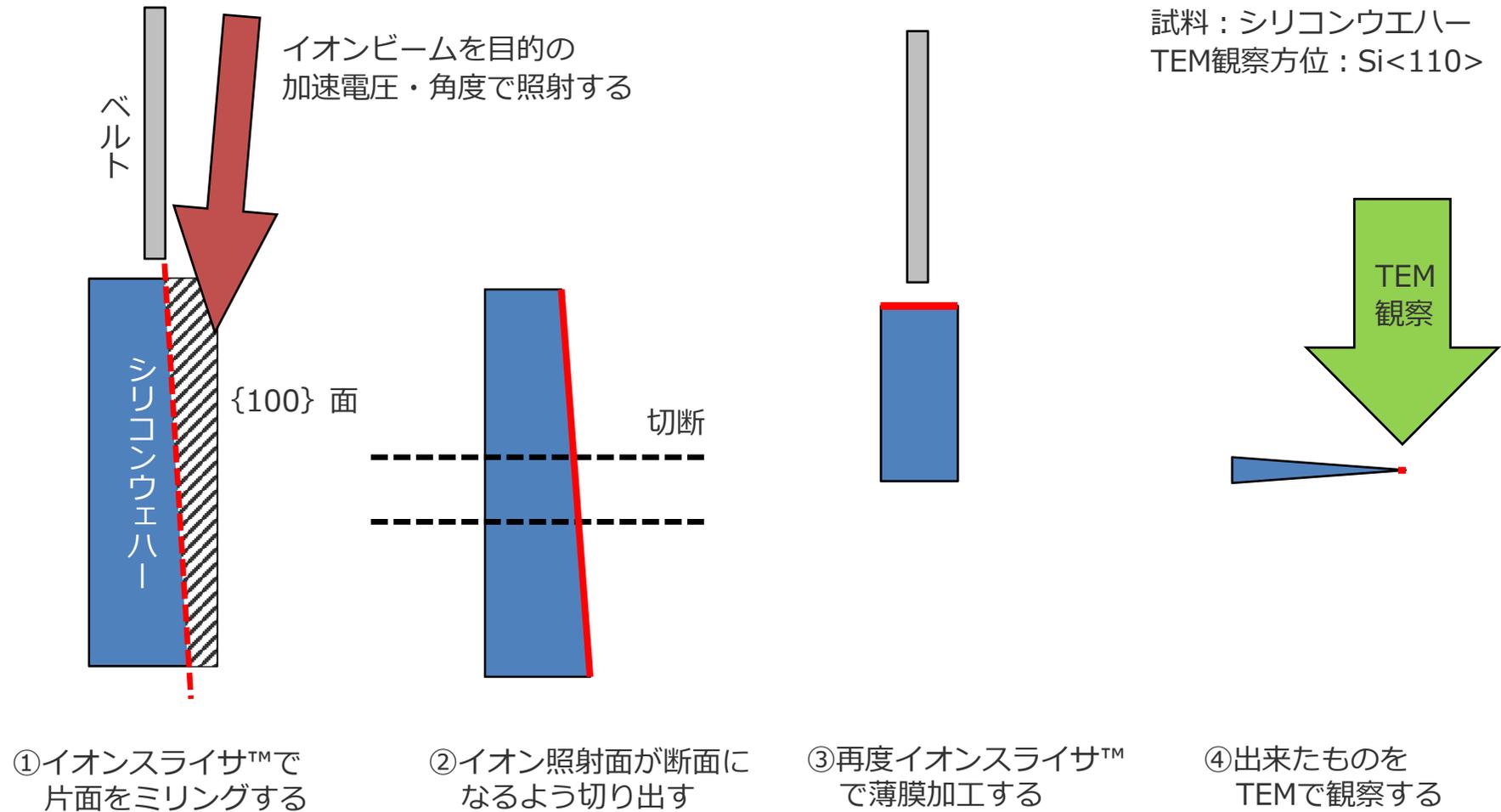
シミュレーションによるダメージ評価



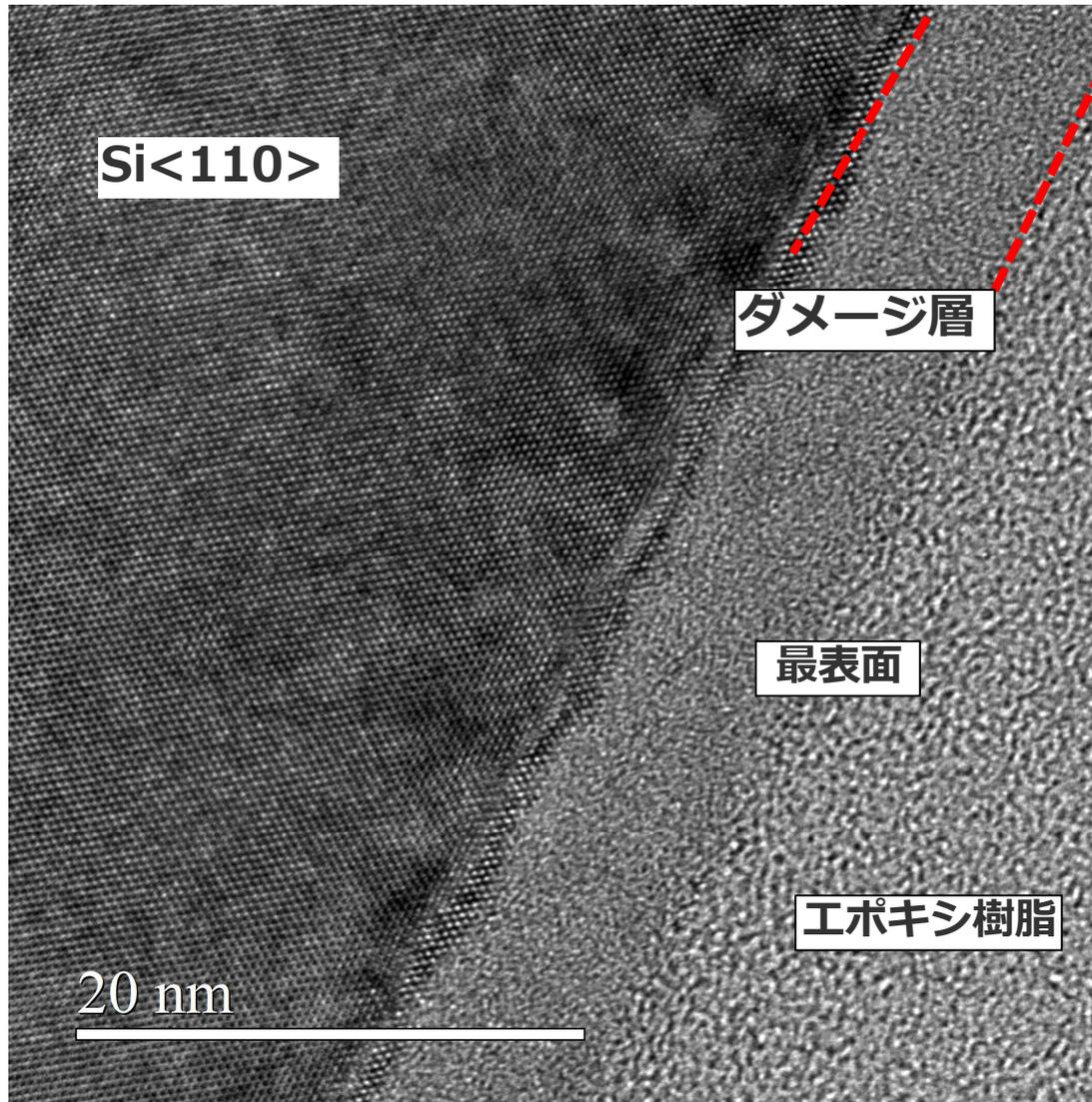
シミュレーションではイオンの衝突回数は約10nmでゼロになる

ここまでがイオン入射の影響が及ぶ範囲とみなせる

試料ダメージの計測：実験手法



イオンビーム照射による非晶質化



加工条件

- ・ 加速電圧：6kV
- ・ 入射角度：6度

イオン照射により
結晶構造が壊れる



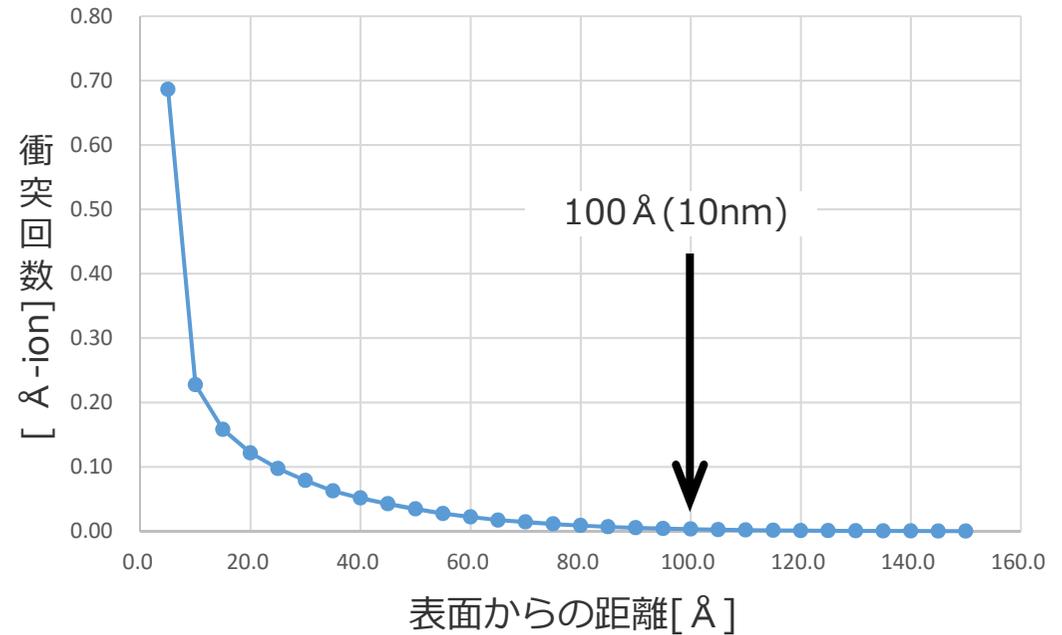
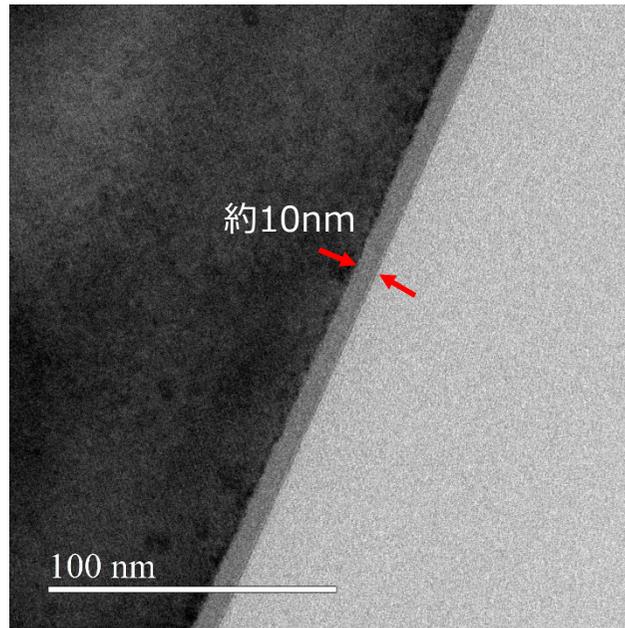
最表面に非晶質層が
形成され、断面で低い
コントラストの層とし
て観察される

シミュレーションと実測によるダメージ評価の比較

試料 : シリコン

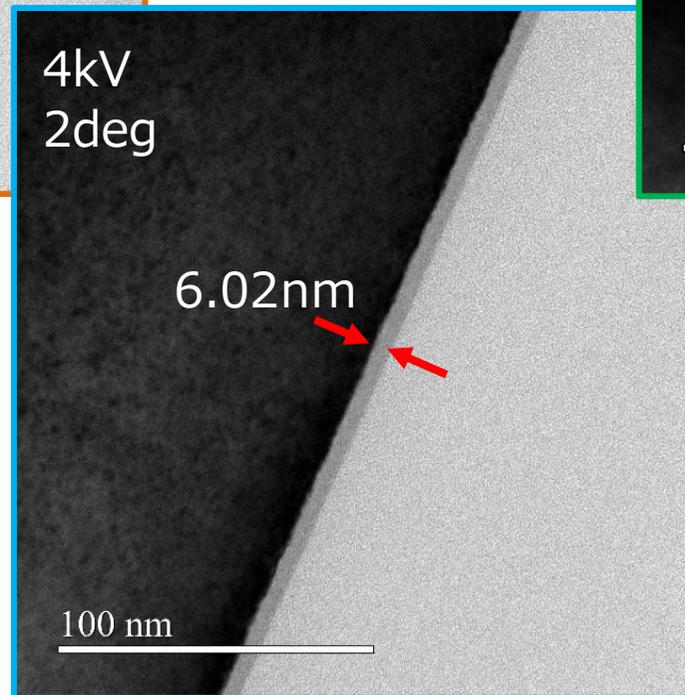
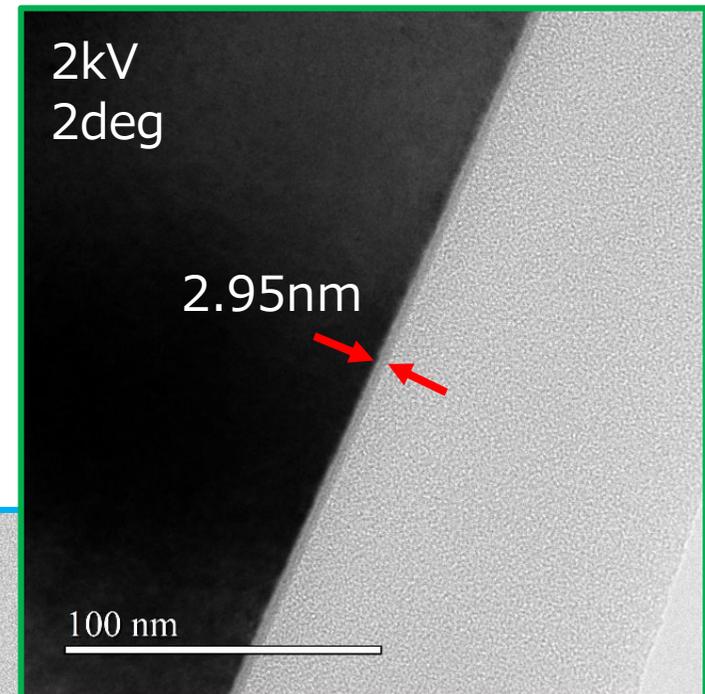
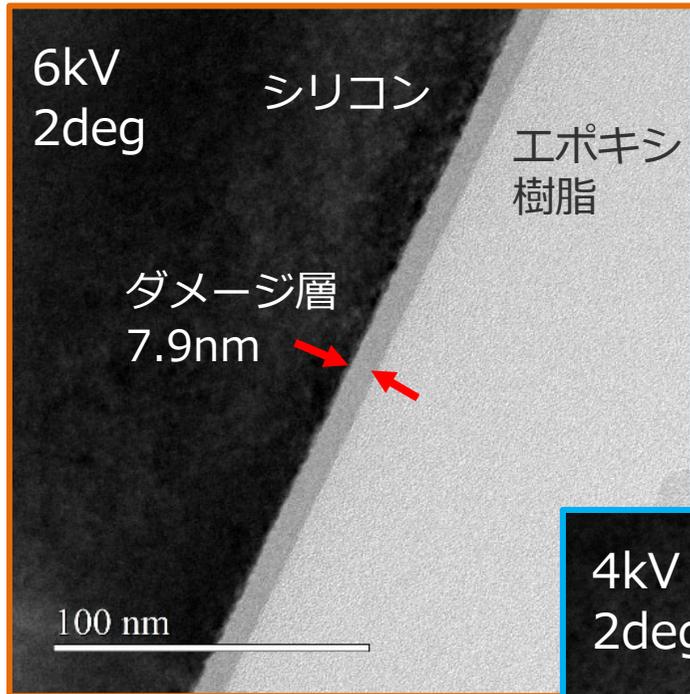
加速電圧 : 6kV

入射角度 : 2deg



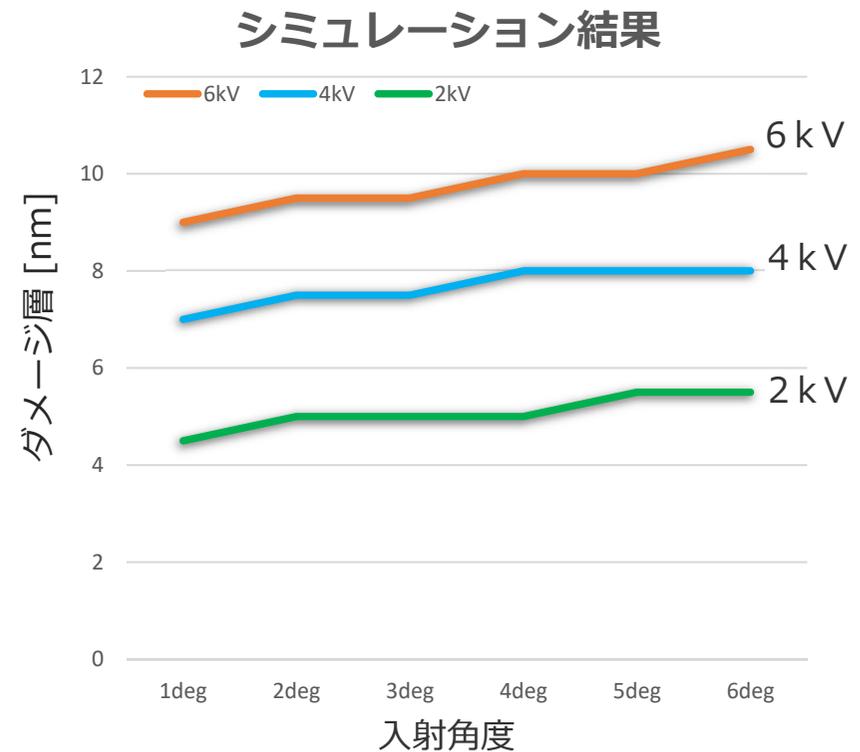
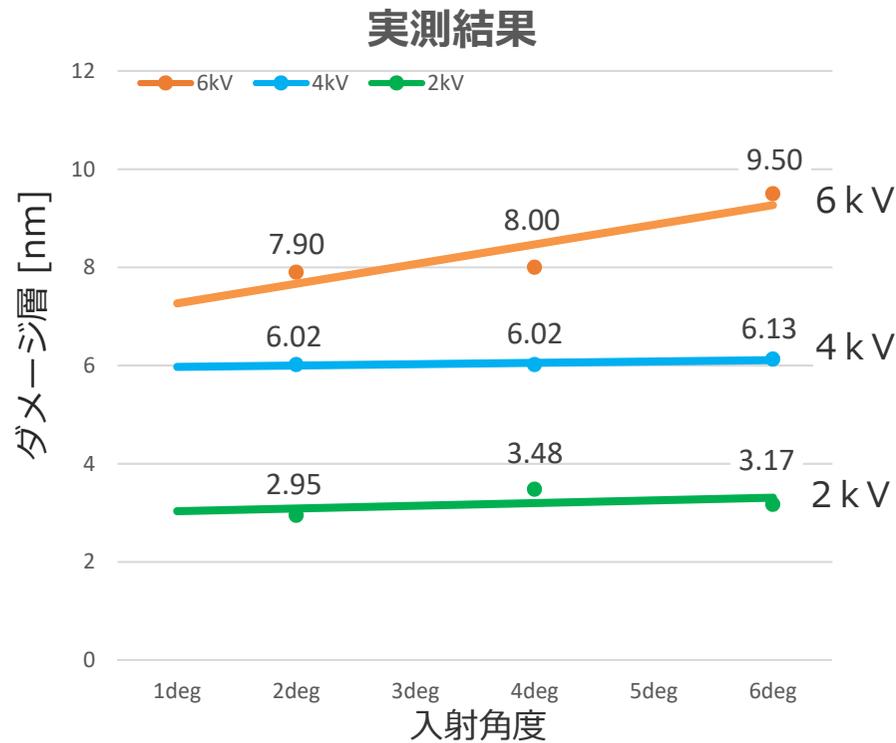
実測値とシミュレーションの結果はほぼ一致する

試料ダメージの測定：実際のダメージ層の厚さ



観察装置：JEM-2100F
加速電圧：200kV

試料ダメージの測定：加速電圧とダメージ層の関係



加速電圧を下げるにしたがって、ダメージ層は薄くなる

高加速電圧では入射角度の影響が大きくなる

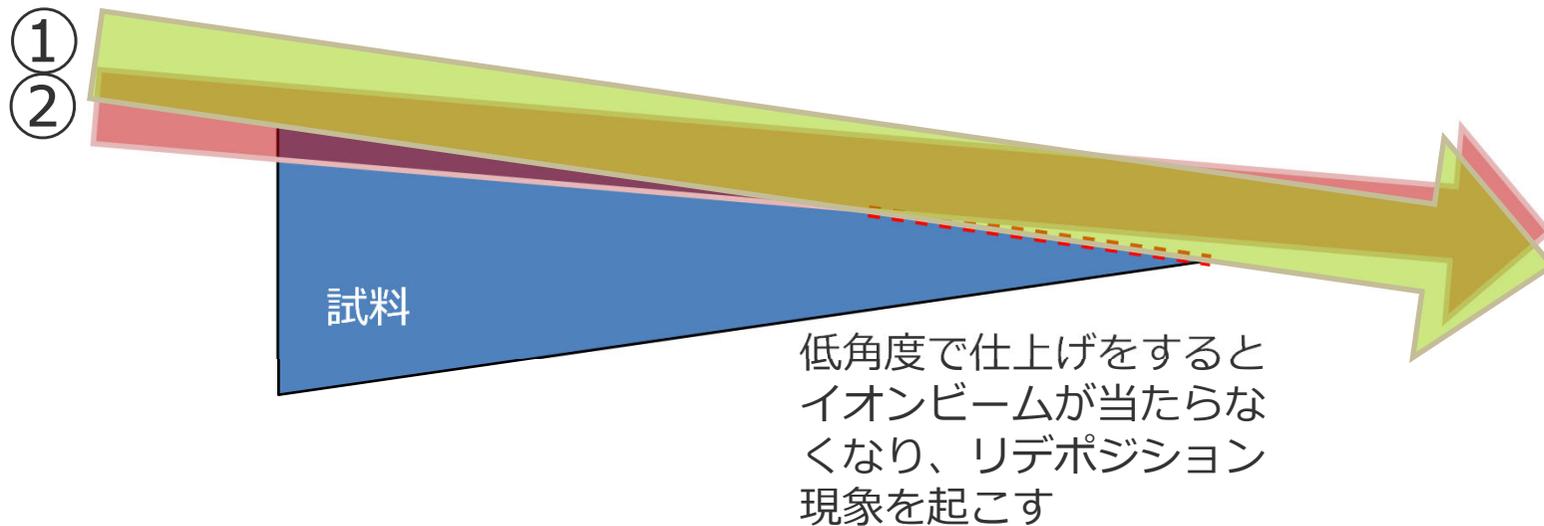
低加速電圧では入射角度による影響は小さい

角度を上げる意味



低角度仕上げで発生するリデポジション

- ① 角度変更なし
- ② 低角度仕上げ

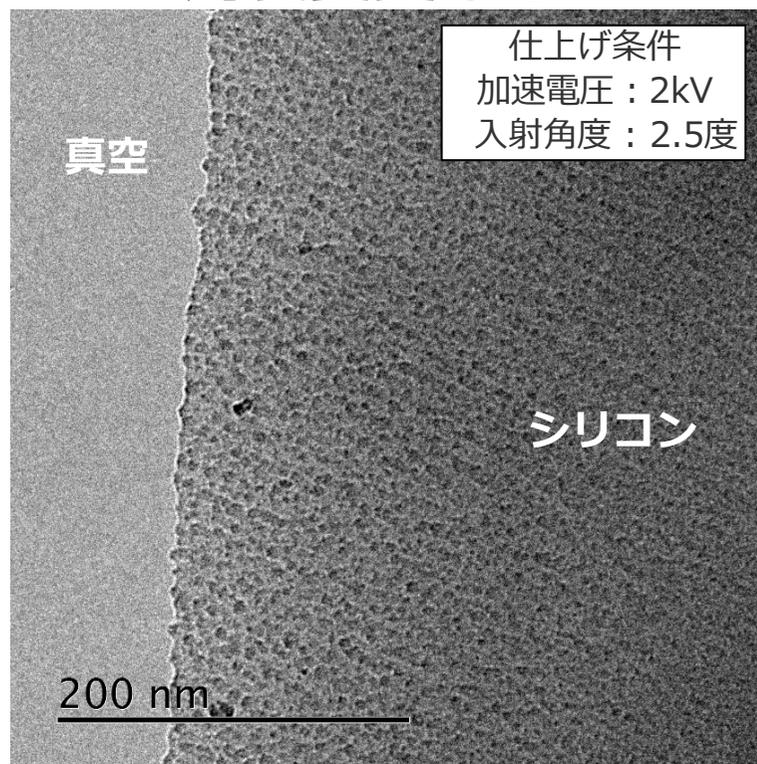


リデポジション（再付着）：
イオンビームでスパッタされた試料が試料に付着する現象

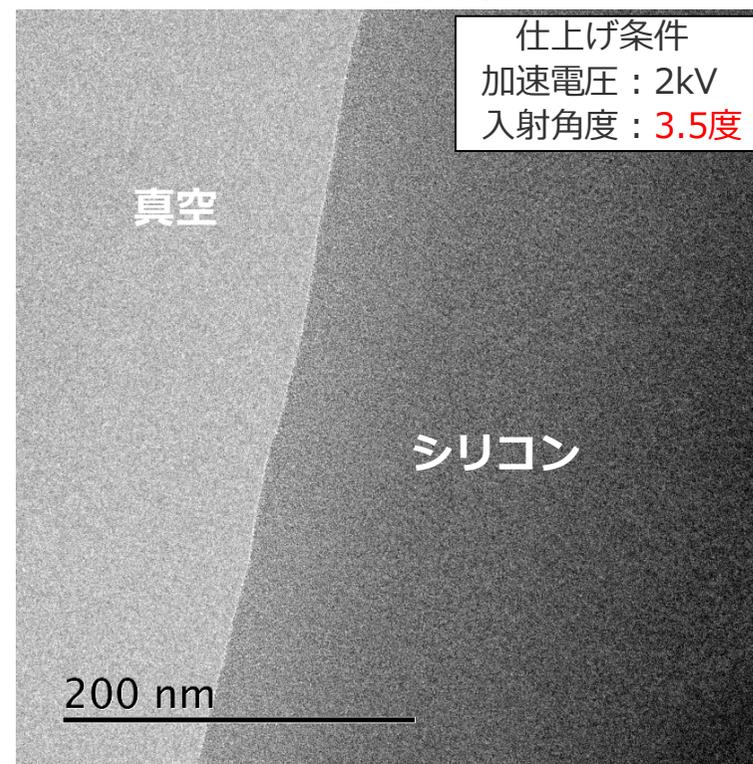
入射角度を上げる意味

開始条件 加速電圧：6kV
入射角度：2.5度

角度変更なし



+ 1°高角度仕上げ

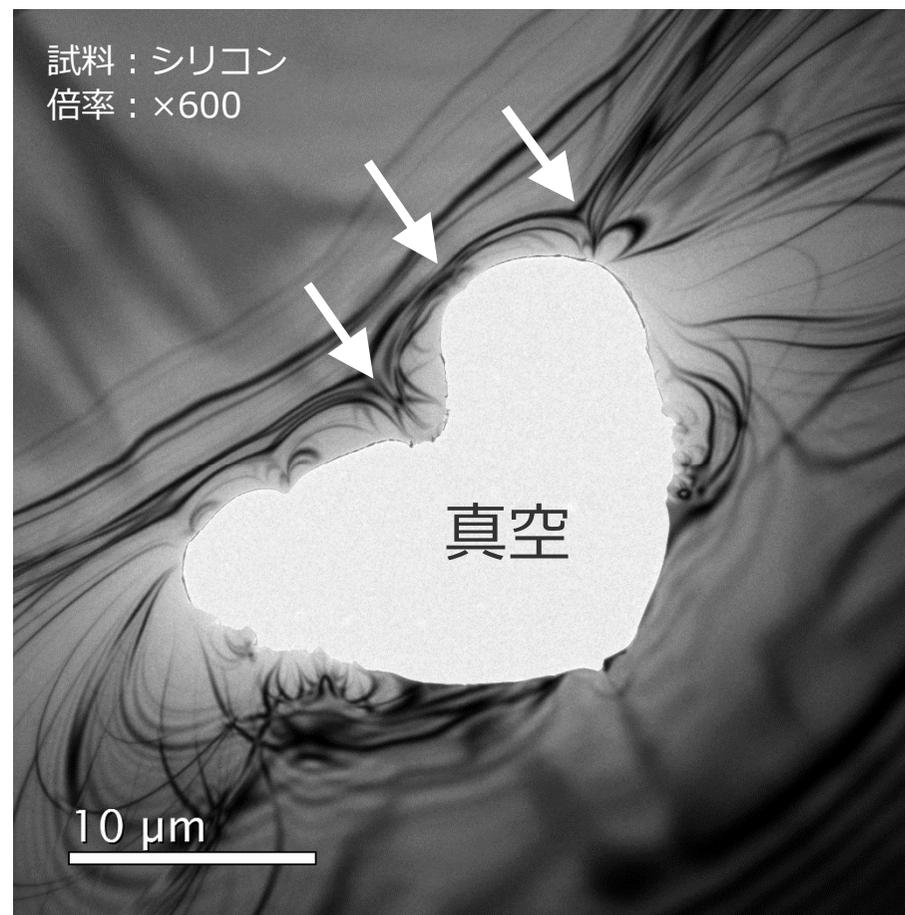


角度を変更しないと、試料表面にリデポジションが起こっている
高角度 (+ 1°) 仕上げをするとリデポジションが起こっていない

試料は曲がる

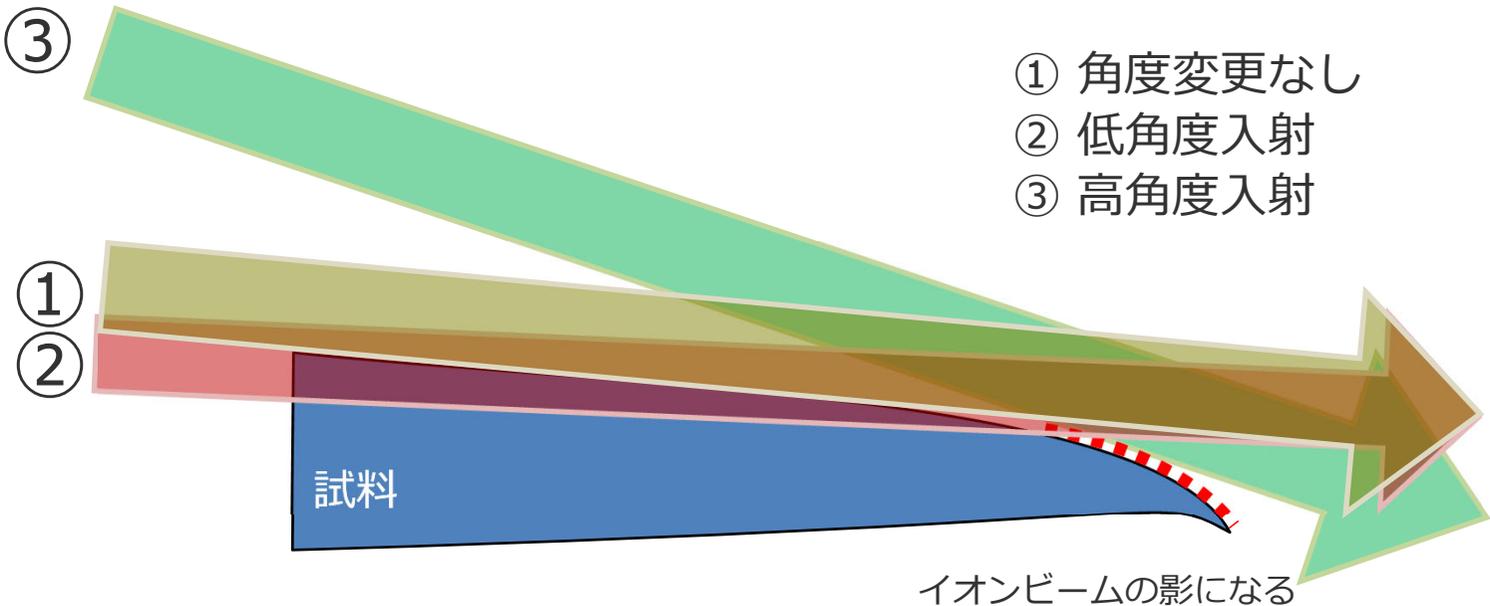
試料は薄膜化の工程で湾曲する。
⇒コントラスト（ベントコンター）
として現れる。

ベントコンター(等傾角干渉縞)：
結晶が湾曲していた場合、ブラック条件を
満たす箇所から発生するコントラスト



仕上げの条件：曲がったその先へ・・・

仕上げの角度を高くしてリデポジションを除去する



まとめ

加速電圧と入射角度の影響

加速電圧を下げるにしたがって、ダメージ層は薄くなる

高加速電圧では入射角度の影響が大きくなる

低加速電圧では入射角度による影響は小さい

仕上げの条件

ダメージ低減のために低加速電圧（1～2 kV程度）

リデポジション除去のために高角度（+1°程度）入射