

半導体物理解析における 球面収差補正電子顕微鏡への期待

(株)ルネサステクノロジ 解析技術開発部
朝山 匡一郎

1. 球面収差(Cs)補正とは・・・
2. 収差補正の効果
3. 物理解析技術としての期待

用語集

- **3次元アトムプローブ**

電界イオン顕微鏡(FIM)を発展させた顕微分析法。針状試料の先端からイオン化された原子の飛行時間と位置測定によりイオンの質量と2次元座標を決定する。

- **電子線ホログラフィー**

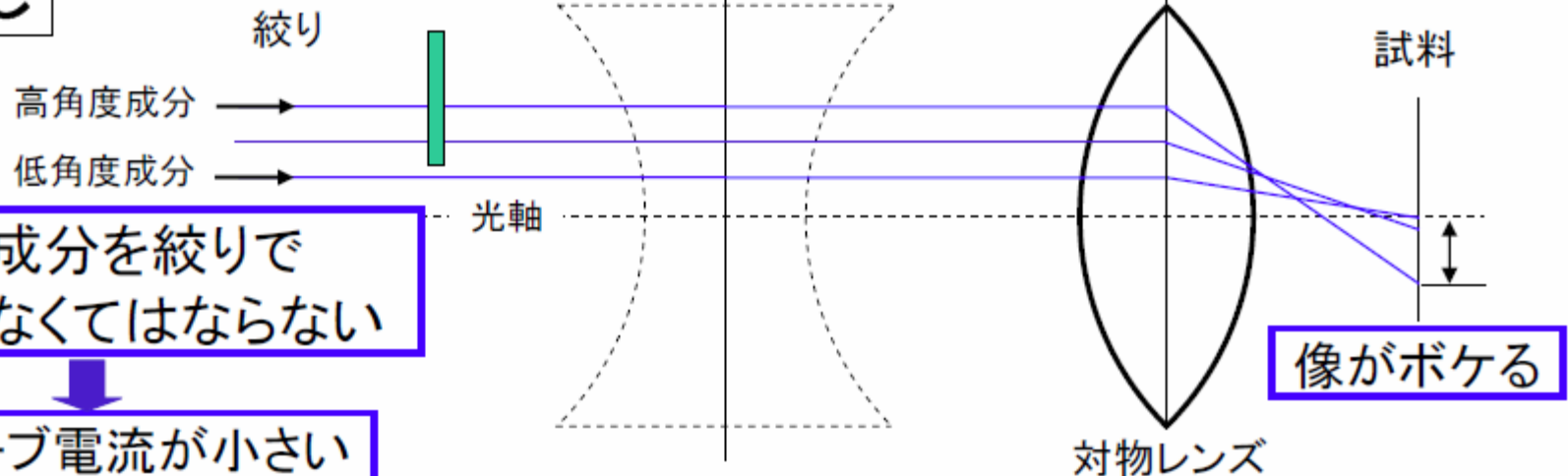
コヒーレントな電子線が試料中の電場・磁場ポテンシャルに感応して生じる位相差を検出する内部電位やポテンシャルの評価方法。

- **SCM(Scanning Capacitance Microscopy)走査型容量顕微鏡**

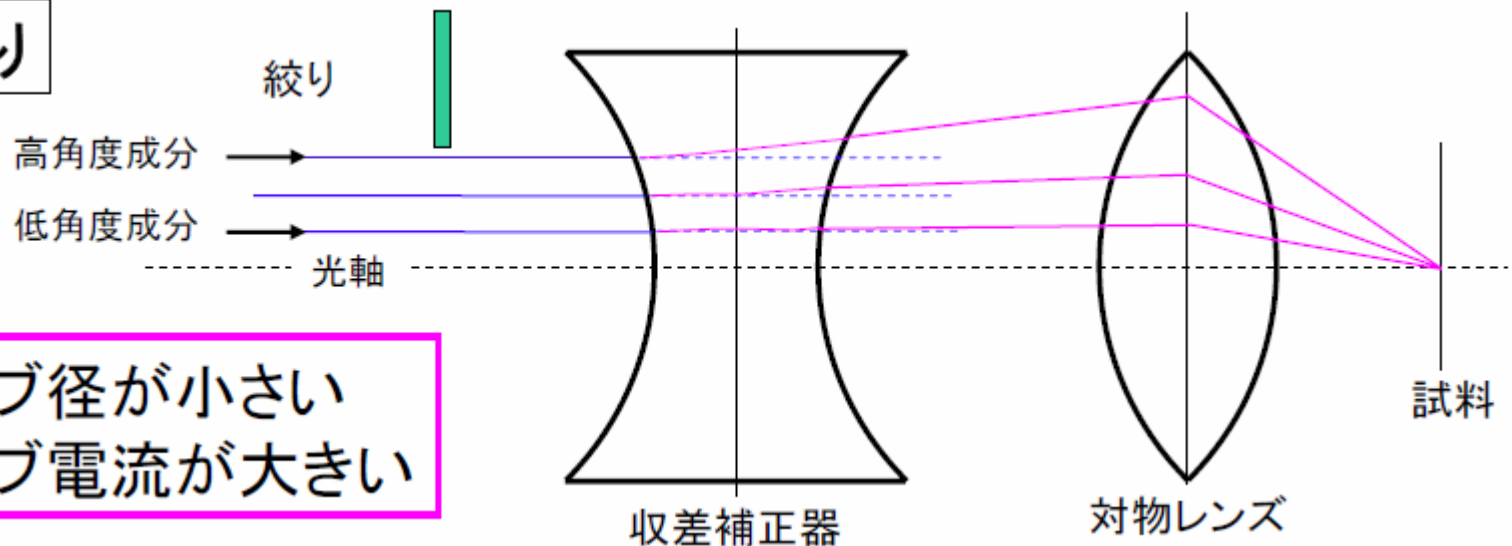
プローブの先端と被測定物の間の電気的容量を測定することにより、測定物に含まれる不純物濃度を評価する手段。

1. 球面収差補正とは・・・

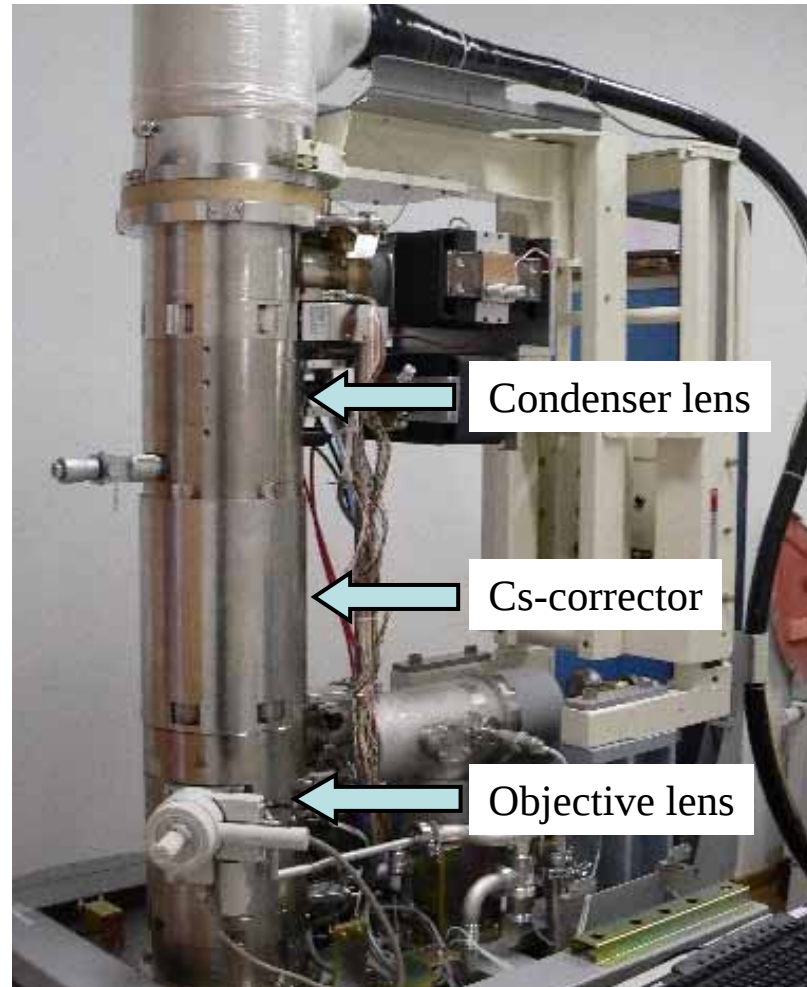
補正なし



補正あり



Cs-corrected STEM

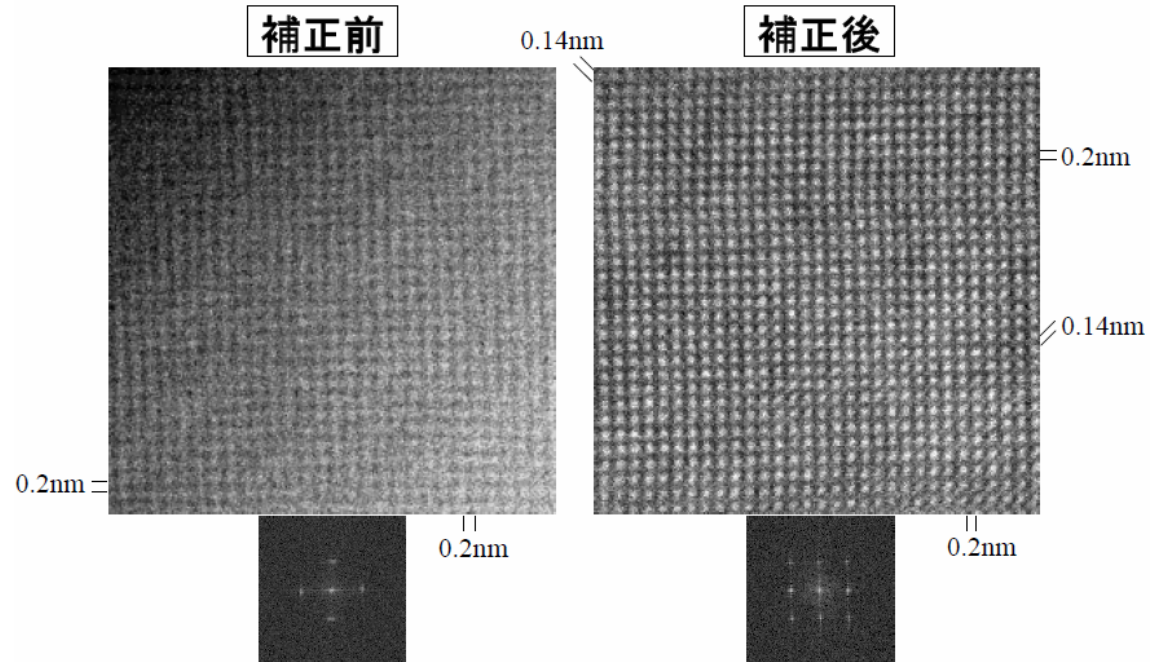


The appearance of the proto-type Cs-corrected STEM HD-2300 at CEOS GmbH Heidelberg, Germany. The corrector is attached between the original condenser and objective lens.

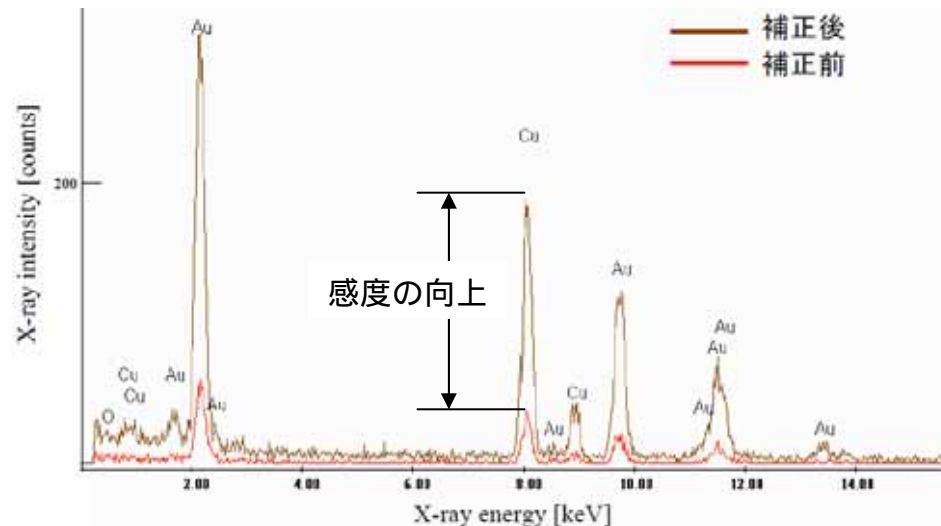
Photo :Hitachi High-Technologies

2. 球面収差補正の効果

像分解能の向上



分析感度の向上



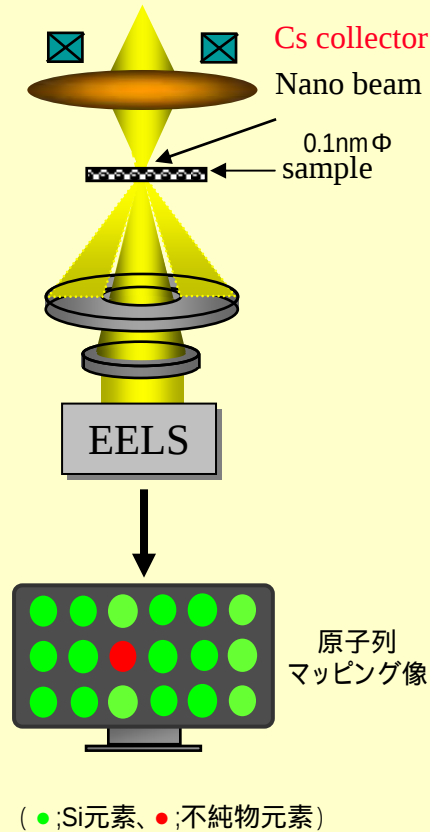
データ: 日立ハイテクノロジーズ

球面収差補正技術は半導体解析技術の 第5のBreak Throughとなるか？

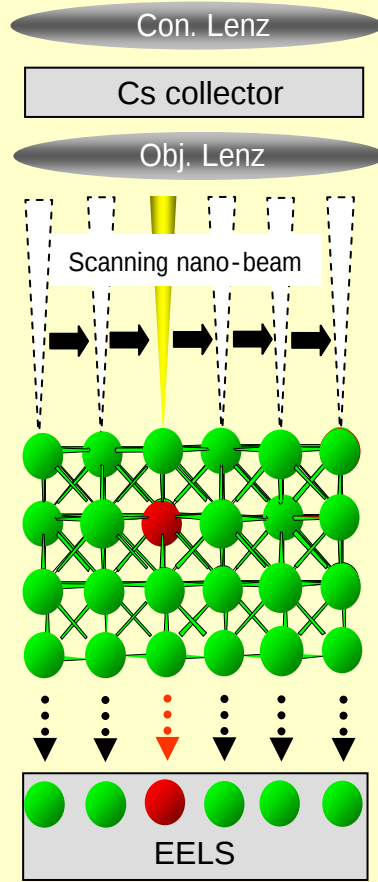
年代	技術	応用
1980年	Cold - FEG 冷陰極電界放射型電子銃	コヒーレント電子線による高分解能観察 高いエネルギー分解能による高感度分析 位相情報の可視化(電子線ホログラフィー)
1985年	FIBによる試料作製技術 Focused Ga ion beam	不良ヶ所そのものの断面試料作製 試料作製の自動化
1995年	電子顕微鏡のデジタル化 ネットワーク化	観察結果・分析データの電子化
2000年	観察技術の多様化	3次元トモグラフィー・電位コントラストの観察
200X年	球面収差補正技術	高分解能観察 不純物原子の可視化

3. 球面収差補正効果への期待

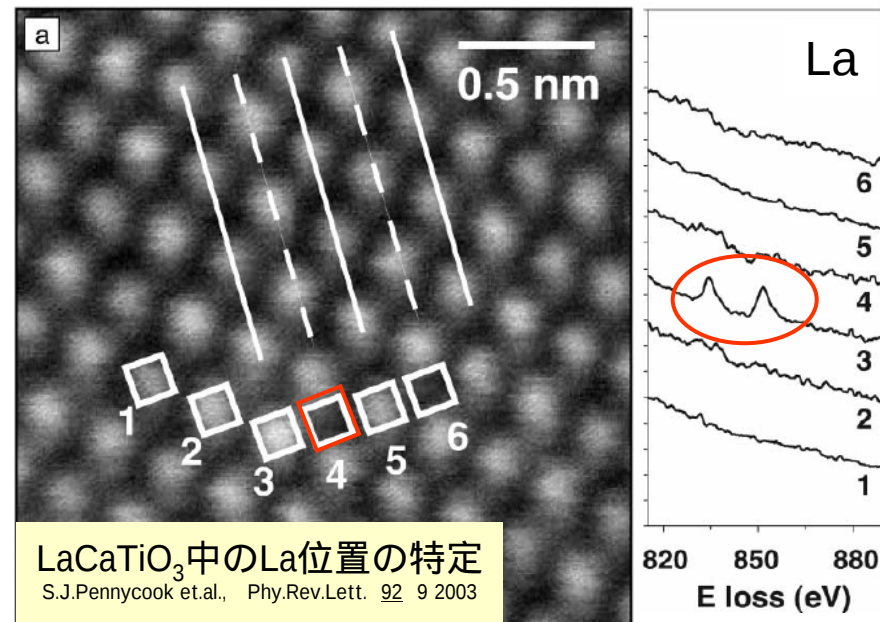
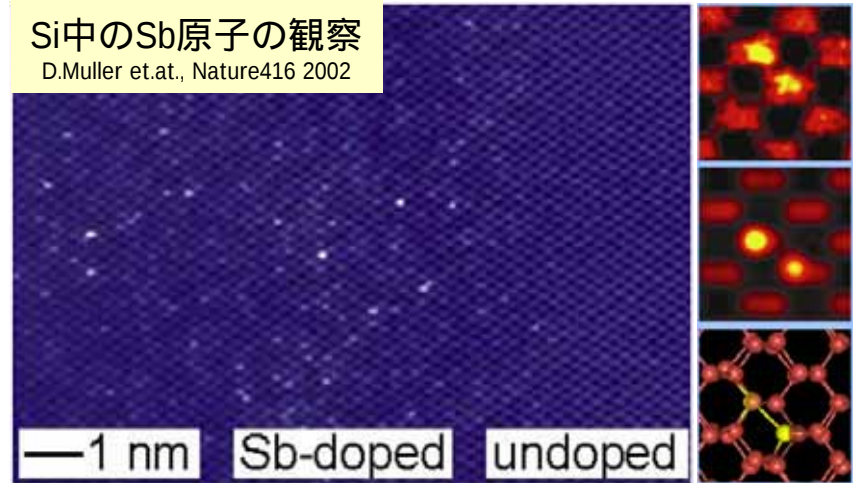
観察と分析によるドーパント可視化



0.1nm ϕ の電子ビームは原子列に収束して伝播
特定の原子列情報だけを持って、結像またはEELS分析
原子列毎の観察と分析



Si中のSb原子の観察
D.Muller et.al., Nature416 2002

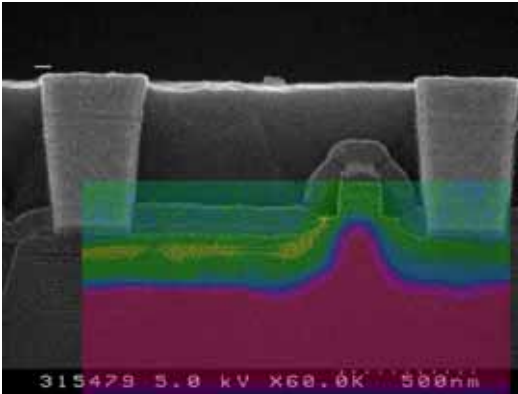
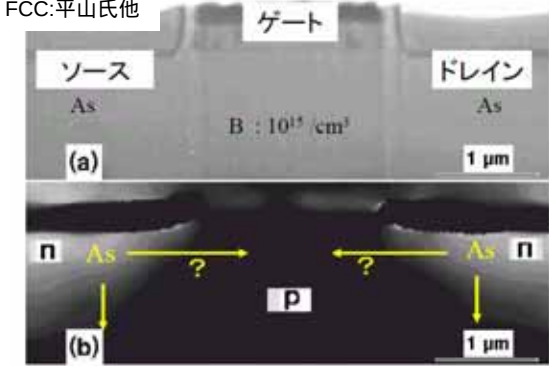


収差補正の特徴	電子顕微鏡的な効果	半導体解析への期待
原子直視性	原子列分解能像とEELS情報	ドーパント可視化
電子線量の向上	分析感度の向上、短時間評価	高効率な評価
低加速(80kV)で 高分解能像	試料ダメージの低減	Low-Kなどの低ダメージ観察分析 分析中のダメージ低減

課題

1. 試料作成技術: ダメージレスで50nm以下, FIB加工ダメージの除去手法
2. 鏡体の最適化: 照射系、結像系 / TEM-STEM, STEMの選択
3. 像シミュレーション技術: プローブファンクションによる像修正、多重回折コントラスト

主な不純物・ドーパント可視化手法

SCM Scanning Capacitance Microscopy	電子線ホログラフィー	3次元アトムプローブ
	FCC: 平山氏他 	Imago 社 H.Pから 