

AESの本領発揮！

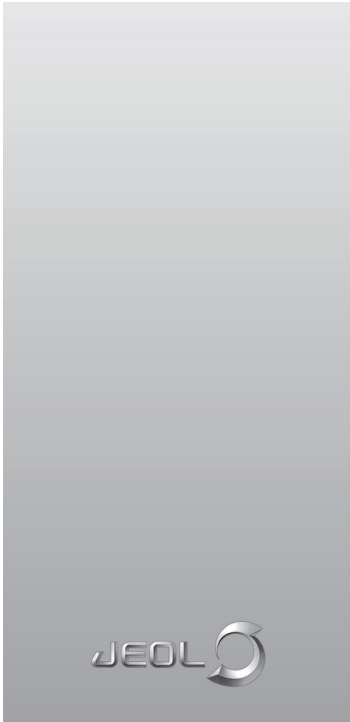
～Spectrum Imagingを用いた高エネルギー分解能な測定事例～

伊木田 木の実¹, 内田 達也¹, 横内 和城¹, 堤 建一¹, 池尾 信行¹, 田口 昇²

1.日本電子株式会社 2.国立研究開発法人 産業技術総合研究所

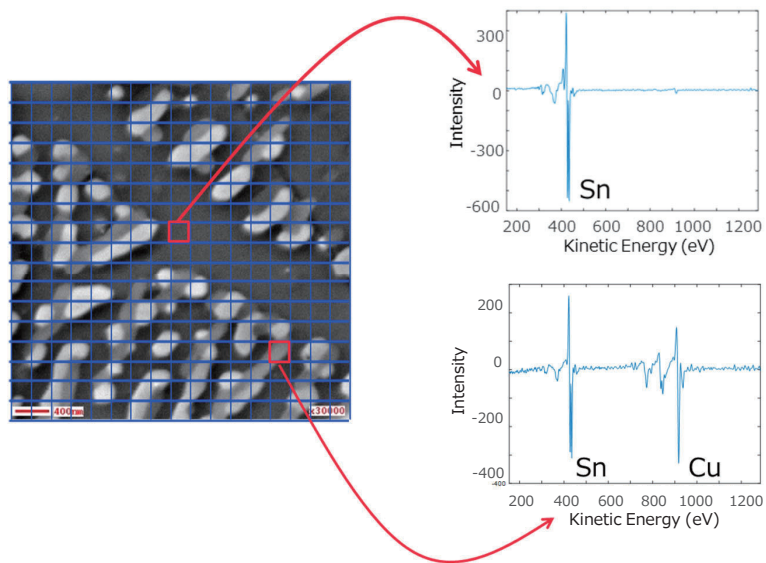
Outline

- Spectrum Imaging とは？
- Spectrum Imagingを可能とした技術
- FIB加工したMOSトランジスタの分析例
- pnpトランジスタの仕事関数差測定例
- IRフィルターのバンドギャップ測定例

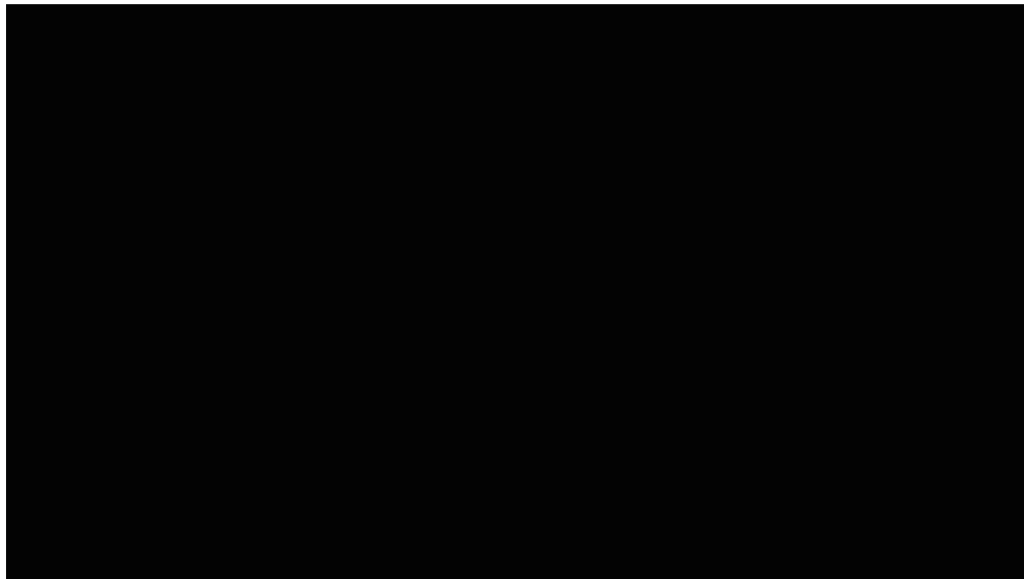


Spectrum Imaging とは？

各ピクセルにスペクトルが格納

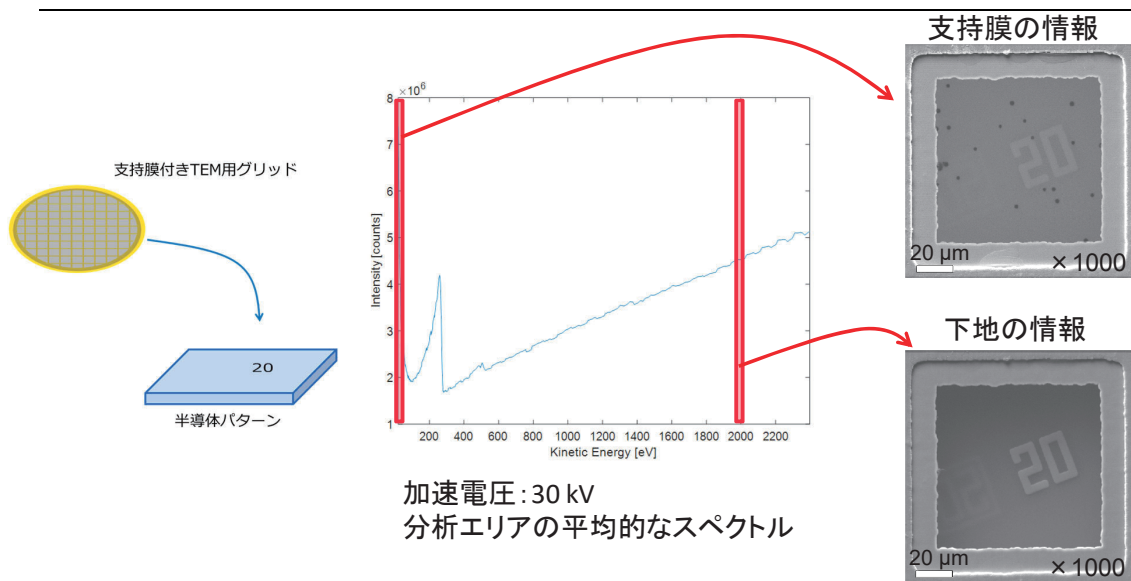


鉛フリーハンダの測定例

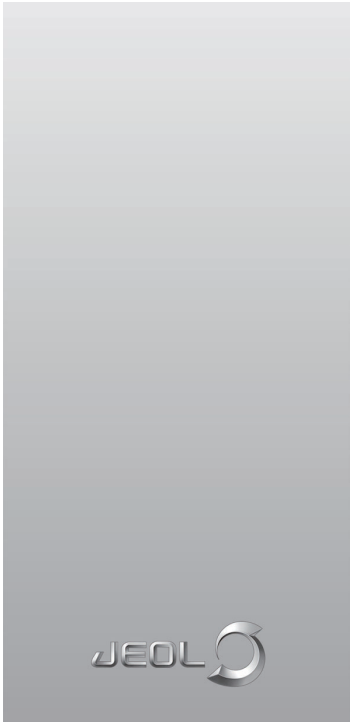


Solutions for Innovation JEOL

二次電子領域の電子分光例

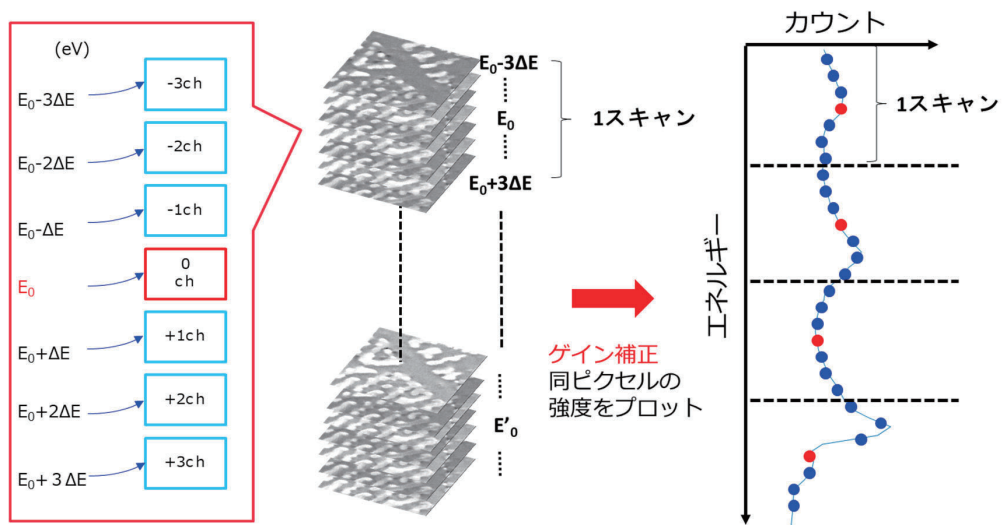


Solutions for Innovation JEOL

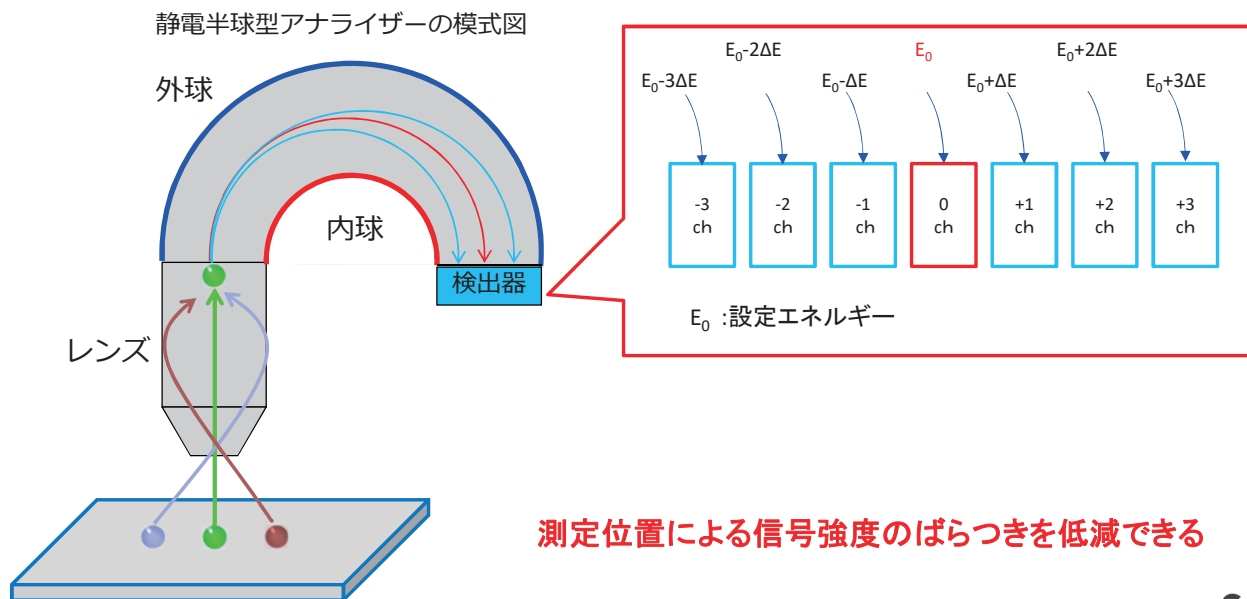


Spectrum Imagingを可能とした技術

Spectrum Imagingの取得スキーム

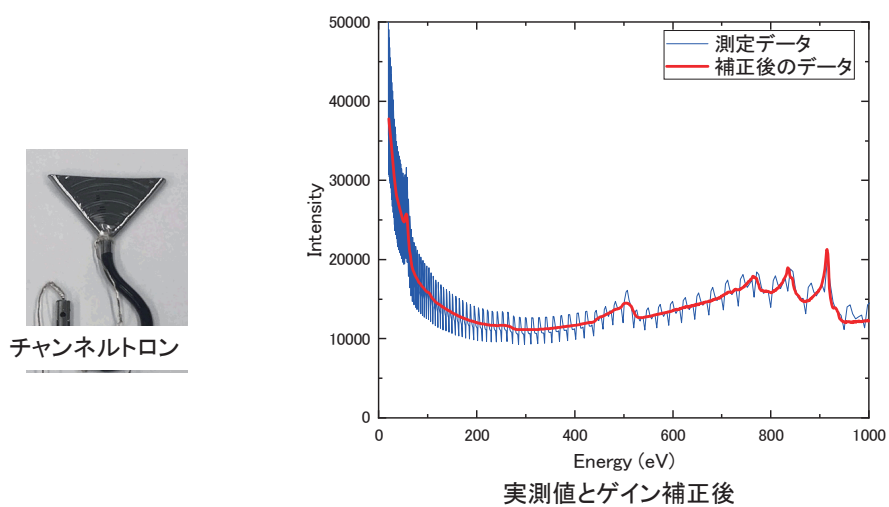


インプットレンズの役割



Solutions for Innovation JEOL

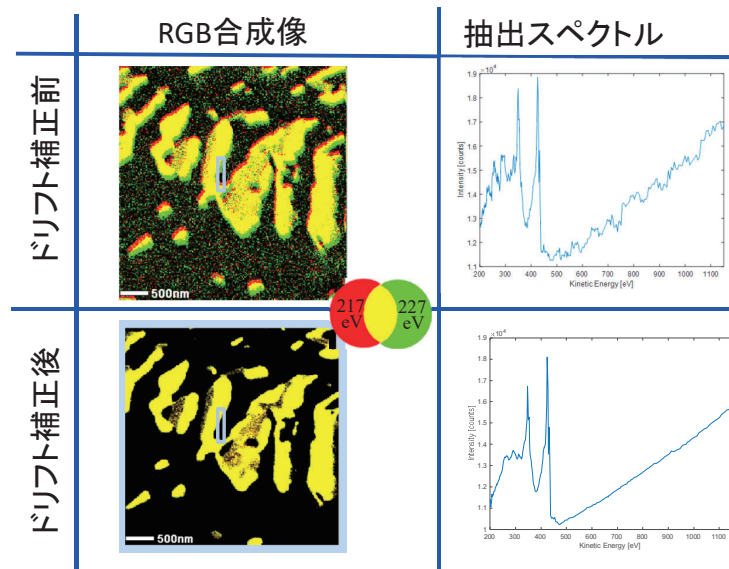
ゲイン補正技術



チャンネルトロン間の検出信号強度のばらつきを補正し、
スペクトルを滑らかにできる

Solutions for Innovation JEOL

ドリフト補正技術



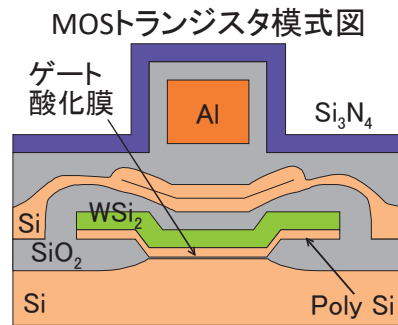
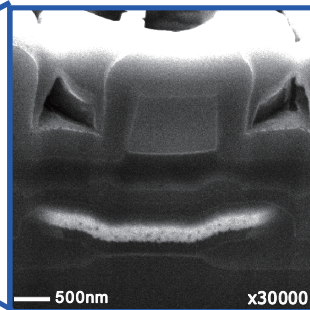
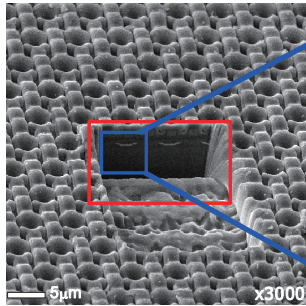
視野のずれを補正⇒スペクトルの強度変動も低減

Solutions for Innovation JEOL

FIB加工したMOSトランジスタの分析例

サンプルの概要

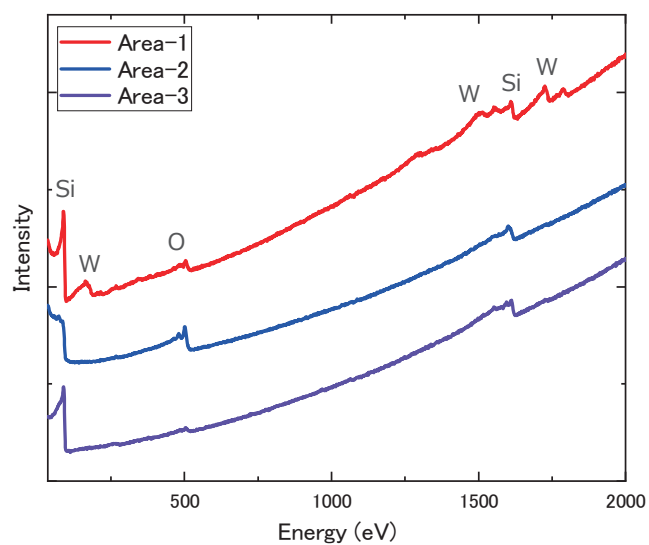
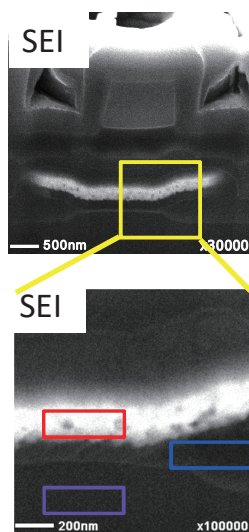
FIBによるBox加工面



45度傾斜ホルダにより
FIB-Box加工断面の観察が可能

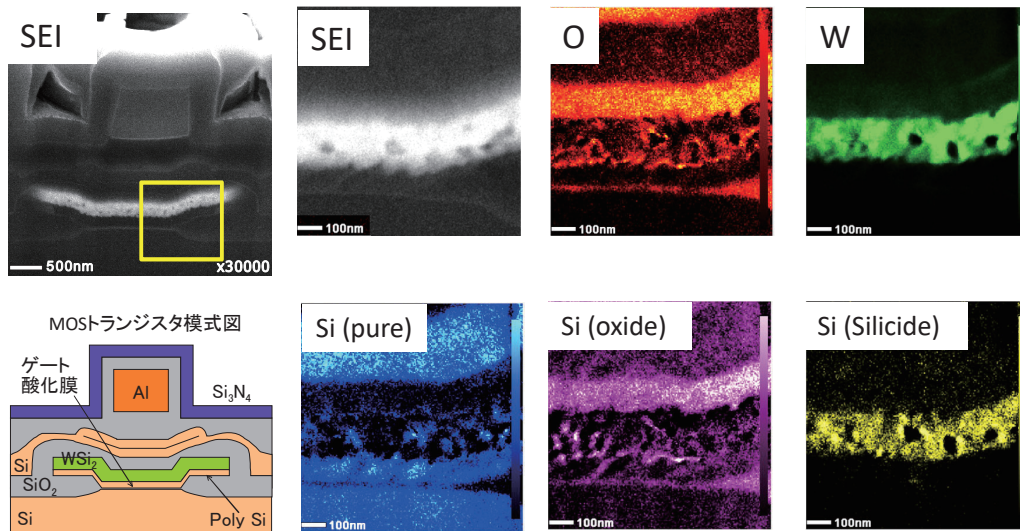
Solutions for Innovation JEOL

各領域におけるオージェ電子スペクトル



Solutions for Innovation JEOL

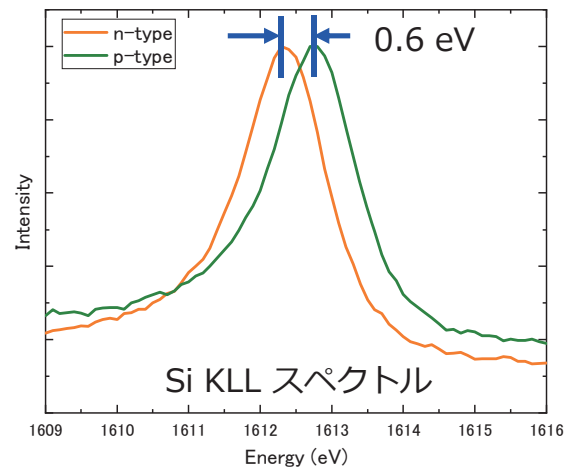
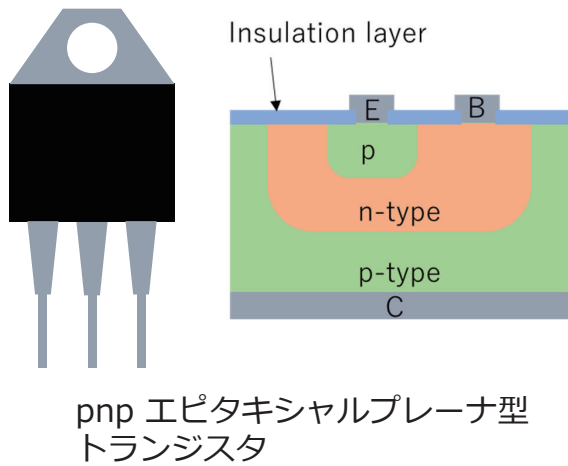
Spectrum Imagingから抽出した面分布



Solutions for Innovation JEOL

pnp トランジスタの分析例

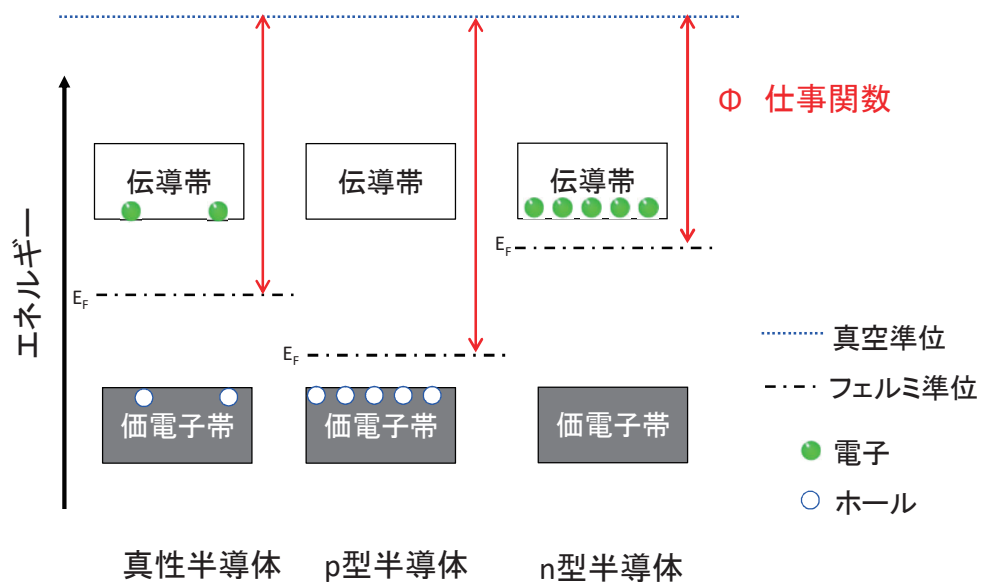
サンプルの概要



- [1] R. Pantel, F. Arnaud D'Avitaya, Ph. Ged and D. Bois: Scanning electron microscopy/1982/ II 548 SEM Inc., AMF O'hare(Chicago), IL 60666, USA
 [2] D. V. Klyacko, S.A. Kozikov and V.G. Krieger: Srf. Int. Anal. 18 (1992) 181
 [3] W.S.M. Werner, H. Lakatha, H.E. Smith, L.LeTarte, V. Ambrose and J. Barker: J. Vac. Sci. Technol. B16 (1998) 420

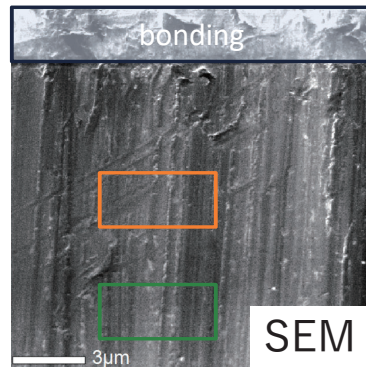
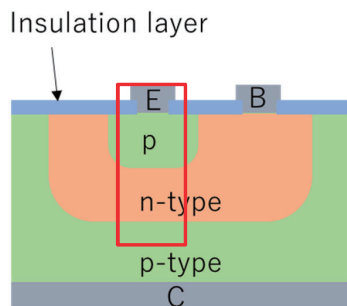
Solutions for Innovation JEOL

ドーパントによる仕事関数の変化

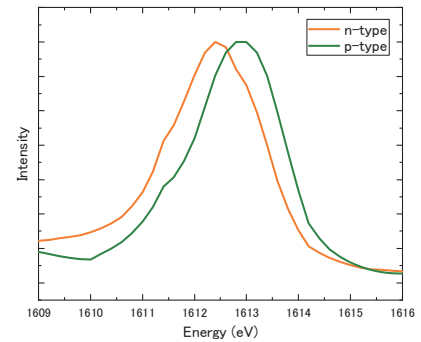


Solutions for Innovation JEOL

Spectrum Imagingから抽出したスペクトル

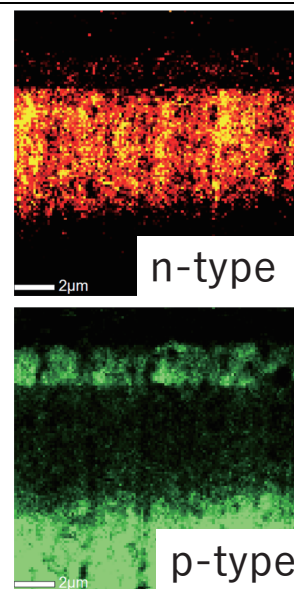
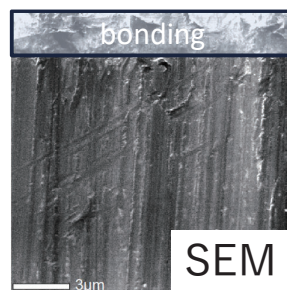
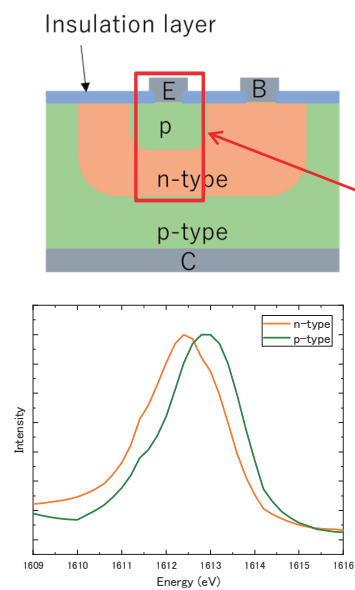


Spectrum Imaging
取得後に抜き出したスペクトル



SEM像では判別できないが
Spectrum Imagingにより後からスペクトルを確認し
領域の判別が可能となる

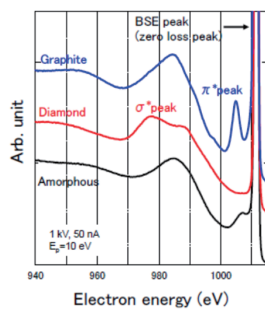
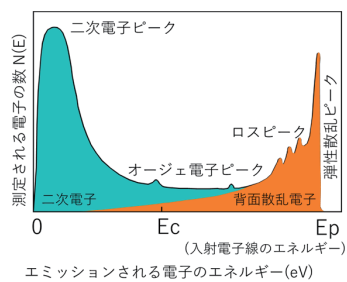
仕事関数差によるマッピング



IRフィルターのバンドギャップ



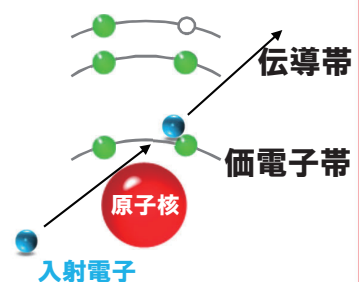
反射電子を用いたEELS測定



EELS

Electron
Energy-Loss
Spectroscopy

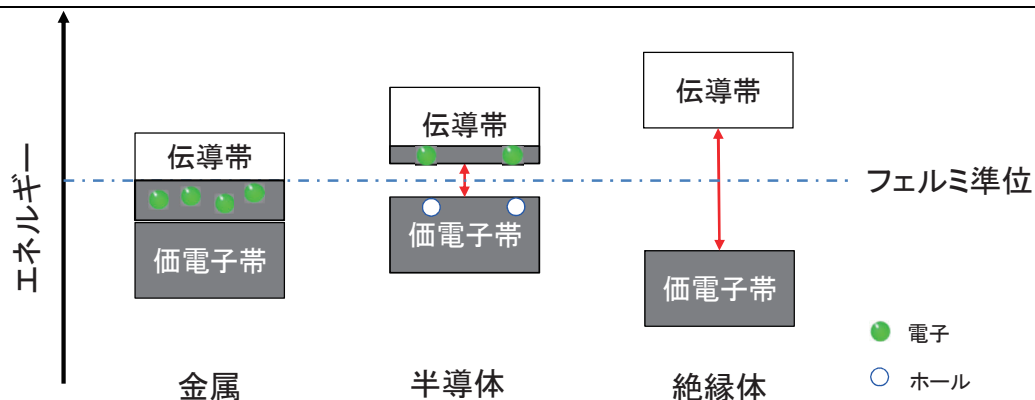
入射プローブ: 電子
検出信号: 電子



入射電子のエネルギー E_p
励起に使われたエネルギー ΔE
検出する電子のエネルギー E_{loss}

$$E_{loss} = E_p - \Delta E$$

バンドギャップとは



結晶	0 K	300 K
Diamond	5.4 eV	-
Si	1.17 eV	1.11 eV
GaP	2.32 eV	2.25 eV
SiO ₂		8.9 eV
TiO ₂		3.5 eV

固体のバンドギャップエネルギー: E_g

キッテル 固体物理入門 第8版

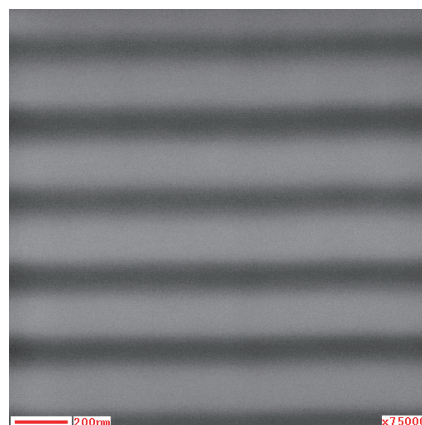
Solutions for Innovation JEOL

サンプルの概要

積層膜の模式図
(IRフィルター)



加速電圧 2 kV
二次電子像



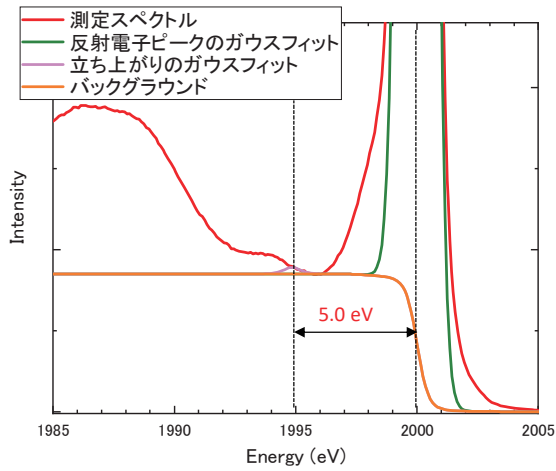
Solutions for Innovation JEOL

TiO₂とSiO₂のロススペクトル

加速電圧2 kV

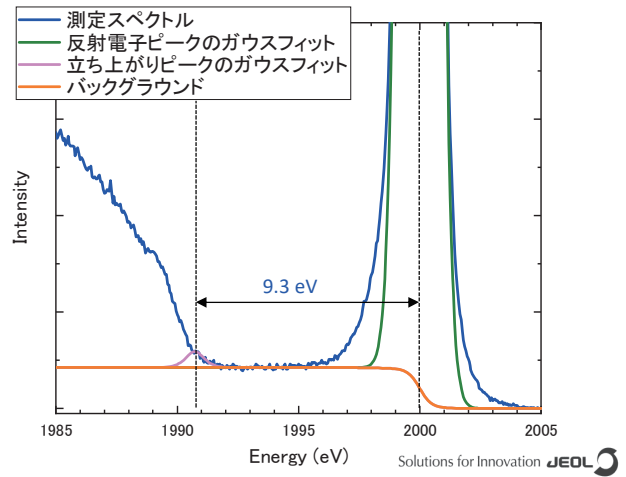
TiO₂のEELSスペクトル

FWHM:0.80 eV



SiO₂のEELSスペクトル

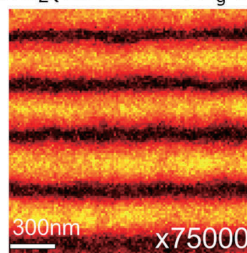
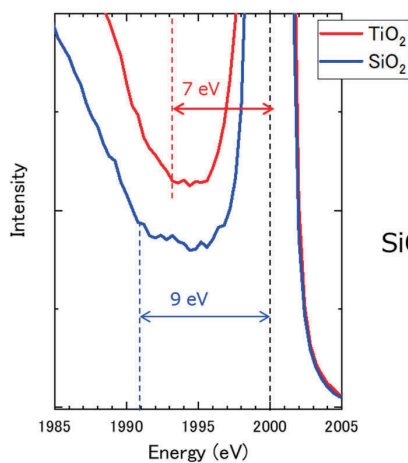
FWHM:0.86 eV



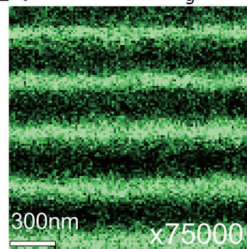
バンドギャップの違いによるマッピング

加速電圧2 kV

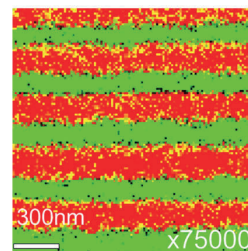
TiO₂(1993 eV : E_g 7 eV)



SiO₂ (1991 eV : E_g 9 eV)



合成



まとめ

Spectrum Imaging測定によりAESIにおけるアプリケーションが拡大

- ・ Siの化学状態の違いによる面分布の可視化が可能
- ・ 仕事関数の違いを利用したp型n型Siの領域を可視化することが可能
- ・ 反射電子領域でEELS測定を行うことでバンドギャップの違いによる面分布を可視化することが可能