

# 製品紹介 PHI GENESIS

## フルオート多機能走査型X線光電子分光分析装置

アルバック・ファイ株式会社

製品戦略部

宮山卓也

2023.7.4 (火)

## Outline

1. アルバック・ファイ製品ラインアップ
2. PHI GENESISの紹介
3. 応用事例

Time of Flight Secondary Ion  
Mass spectrometry(TOF-SIMS)

X-ray Photoelectron spectroscopy  
(XPS)

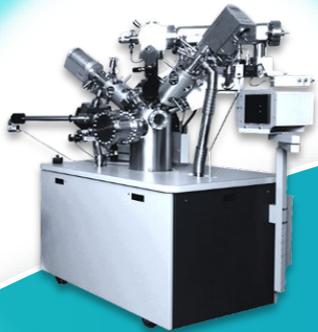
Quadrupole-  
Secondary ion Mass  
spectrometry



PHI nanoTOF 3



PHI GENESIS



PHI ADEPT1010



PHI 710

**XPS、AES、TOF-SIMS、D-SIMSの4製品**  
材料基礎研究からデバイスの故障解析、製品品質検査まで幅広く対応

## 全世界で400台以上の販売実績

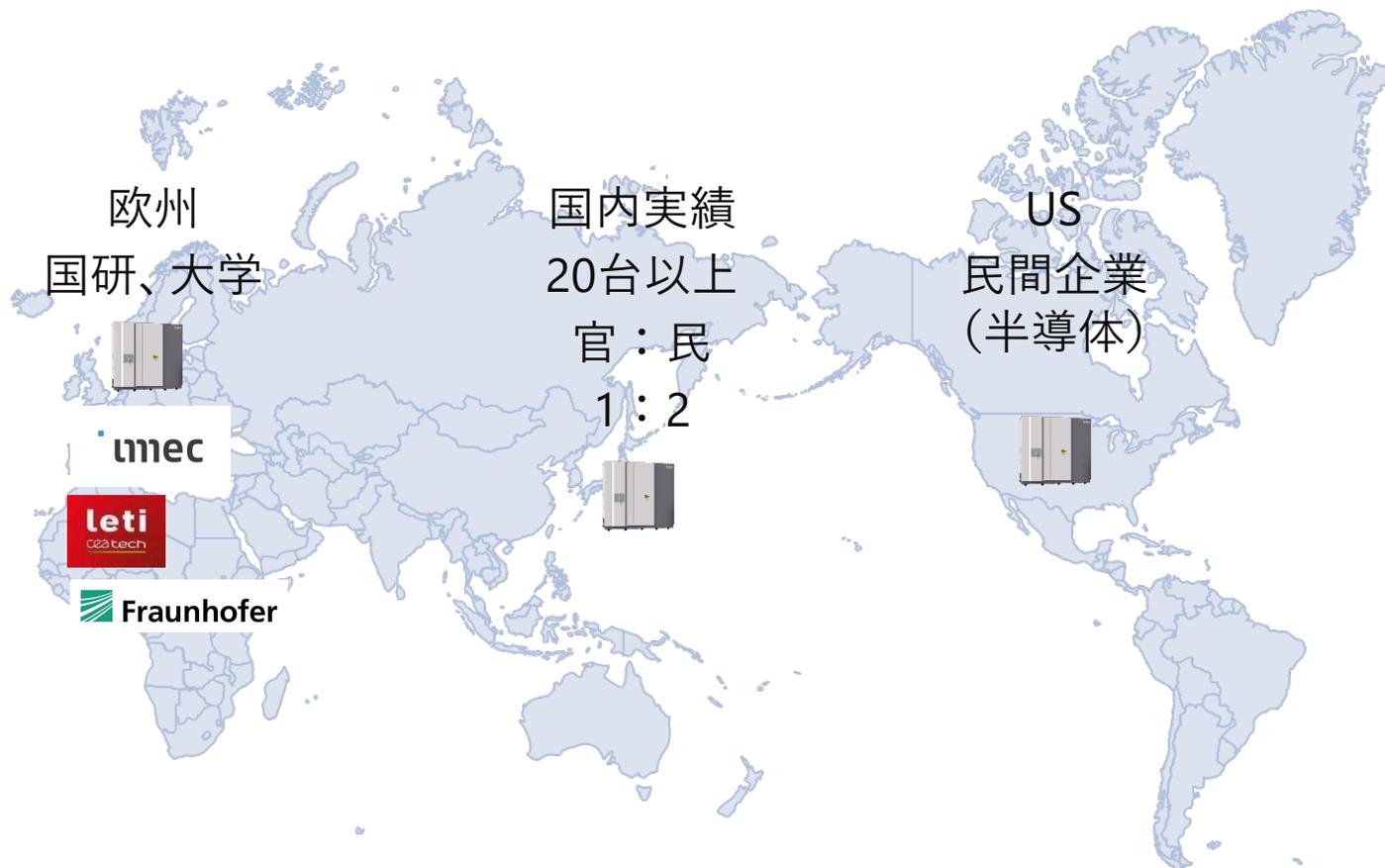
VersaProbe	2006~
VersaProbe II	2011~
VersaProbe III	2016~
VersaProbe III AD	2019~
VersaProbe 4	2021~



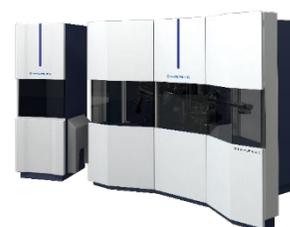
## 静電半球型分析器



走査型デュアルモノクロX線源の模式図



# XPS装置性能比較表



製品名	Quantes	Quantera II	VersaProbe 4	X-tool
最小X線ビームサイズ	7.5 μm	7.5 μm	10 μm	20 μm
最大感度	2,000,000 cps	2,000,000 cps	5,000,000 cps	2,000,000 cps
自動搬送	○	○		○
超高真空内パーキング	○	○		
HAXPES	○			
GCIB	○	△	○	
UPS			○	
LEIPS			○	
AES			○	
REELS			○	
試料加熱・冷却	○	○	○	
大気非暴露対応	△	△	○	
外部接続ポート	○	○	○	

# PHI GENESIS

Fully automated multi-technique scanning XPS/HAXPES microprobe

- シンプル操作とマルチテクニックの融合
- 自動搬送系、超高真空内パーキングによる多試料測定
- 大面積から微小部まで高感度、高スループット
- 高速XPS深さ方向分析
- 非破壊HAXPES深さ方向分析
- 試料加熱・冷却、電圧印加、大気非暴露測定、拡張性



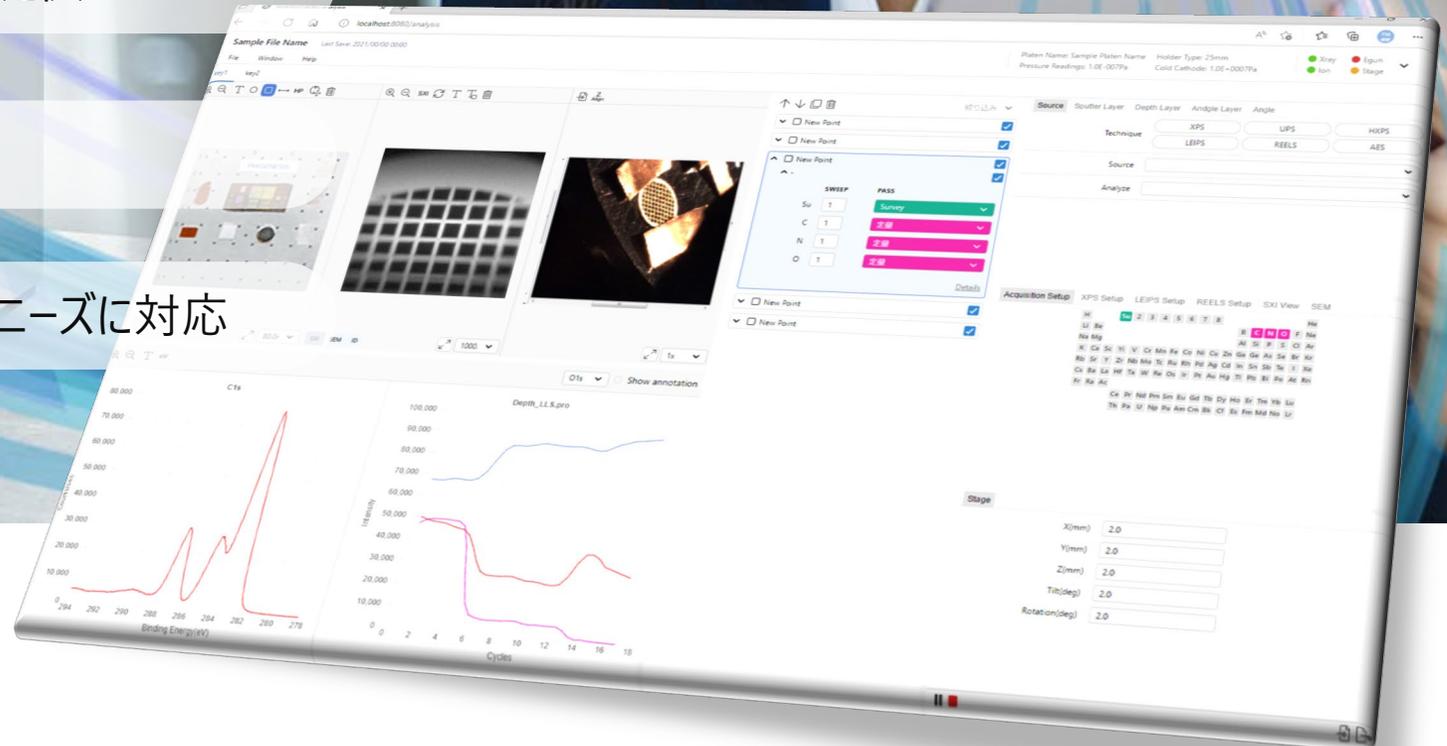
# シンプル・フルリモートオペレーション



ソフトウェアGUI刷新 快適な操作性を提供

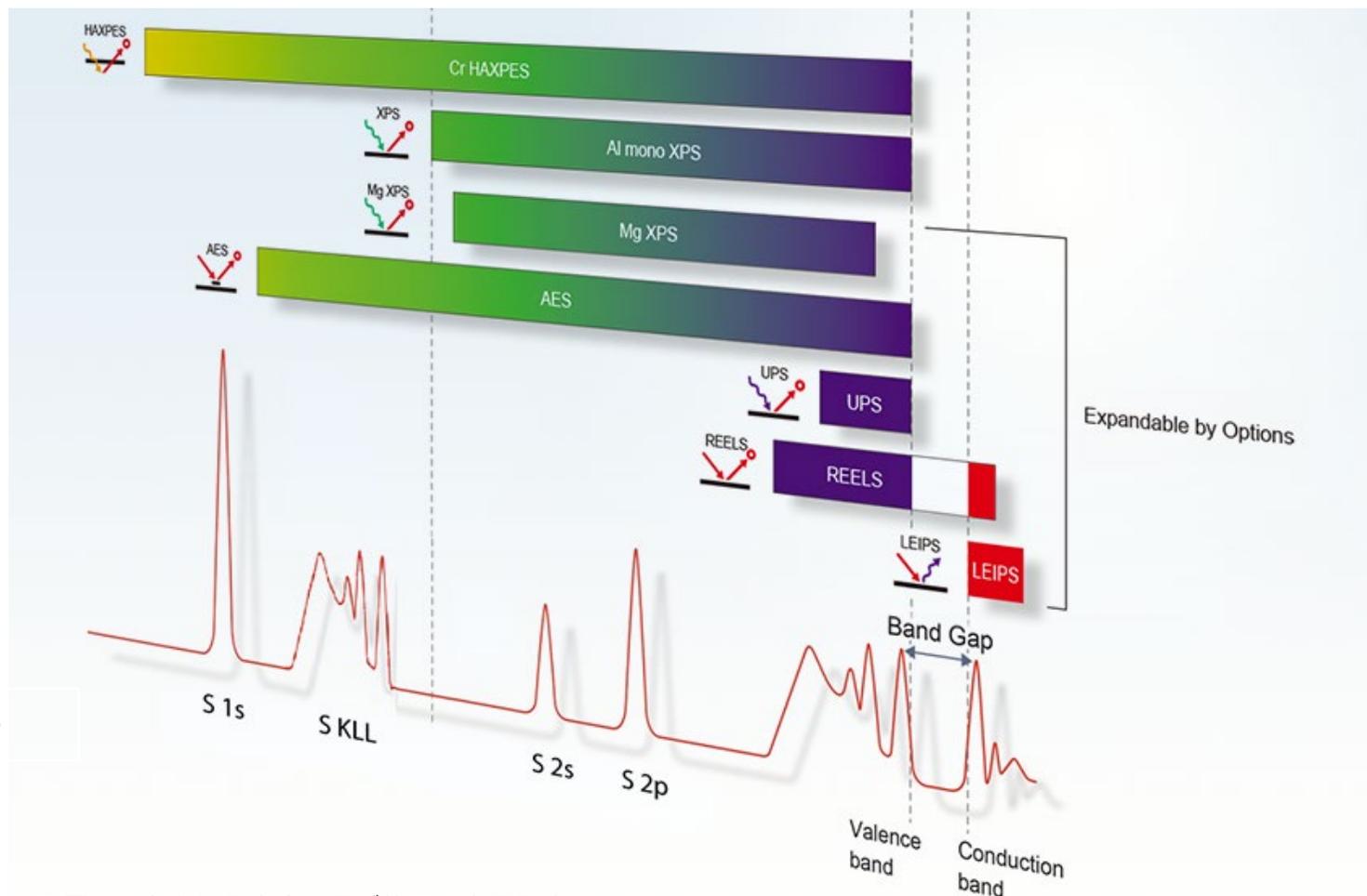
ハードウェアの機械的操作部を自動化

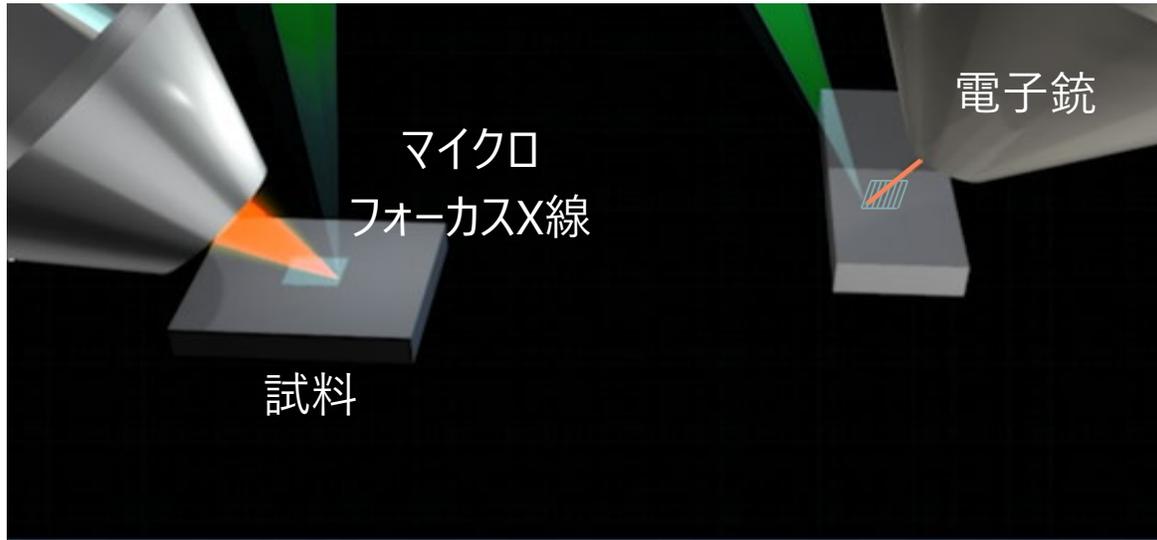
リモート操作 オフィス、在宅など様々なニーズに対応



XPSに加えて、HAXPES、UPS、LEIPS、AES、REELSと各種イオンビームまであらゆる手法を組み合わせることで多角的な材料解析が可能

- 1 | 単色化Al K $\alpha$  XPS
- 2 | 単色化Cr K $\alpha$  HAXPES
- 3 | 非単色化Mg/Al/Zr XPS
- 4 | UPS：紫外線光電子分光法
- 5 | LEIPS：低エネルギー逆光電子分光法
- 6 | AES：オーグメント電子分光法
- 7 | REELS：反射電子エネルギー損失分光法

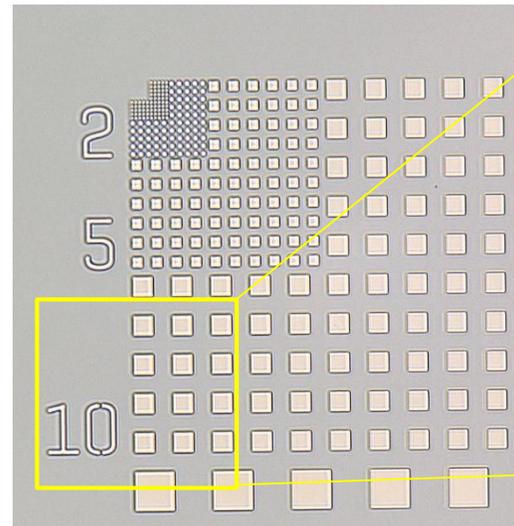




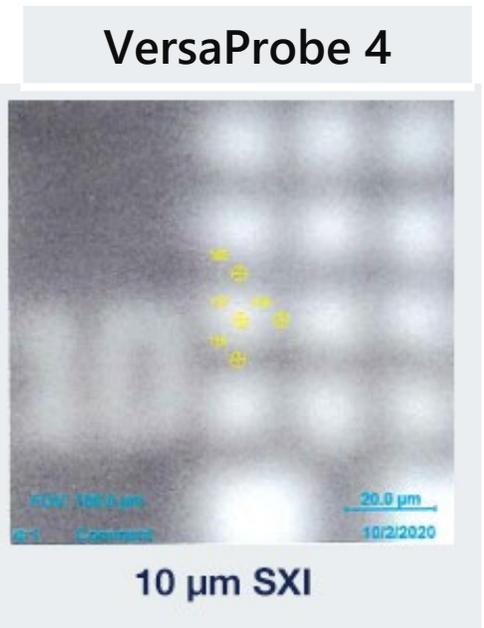
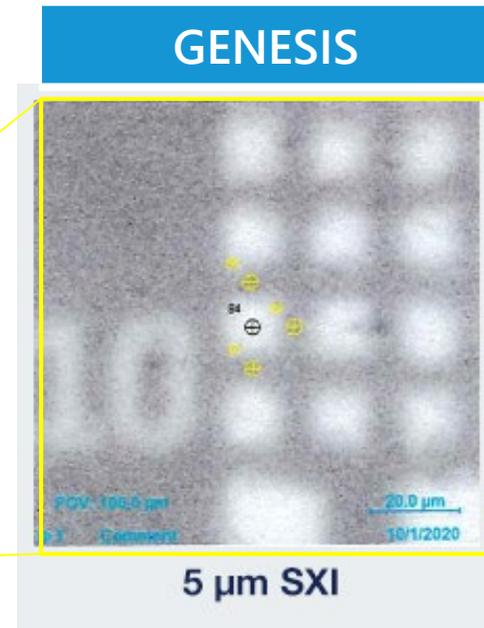
最小X線ビームサイズ **5  $\mu\text{m}$  以下**

20  $\mu\text{m}$ での感度は当社比2倍の 400,000 cps 以上  
(Ag 3d5 における強度)

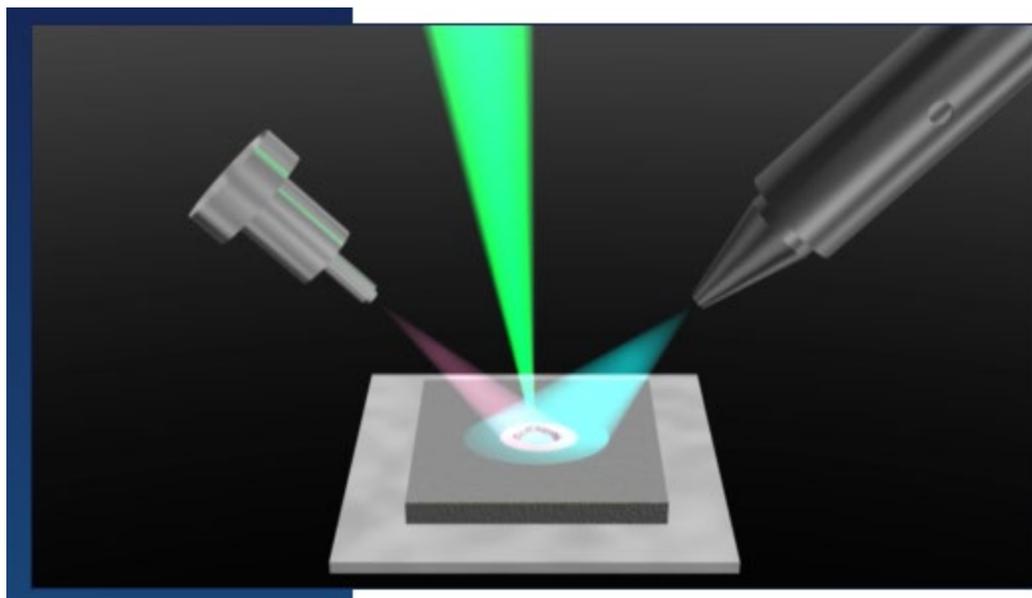
Ti/Siパターンの観察



光学顕微鏡像：キーエンス社VHX-5000







高輝度Arイオンビームによる**高速Depth profile**

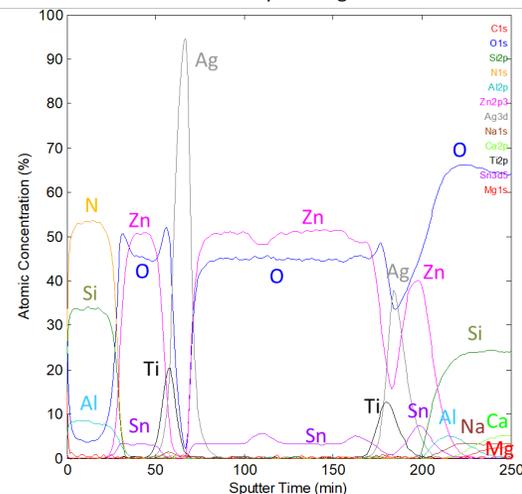
**GCIB** による低損傷深さ方向分析

**デュアルビーム帯電補正**による安定した多層膜深さ方向分析

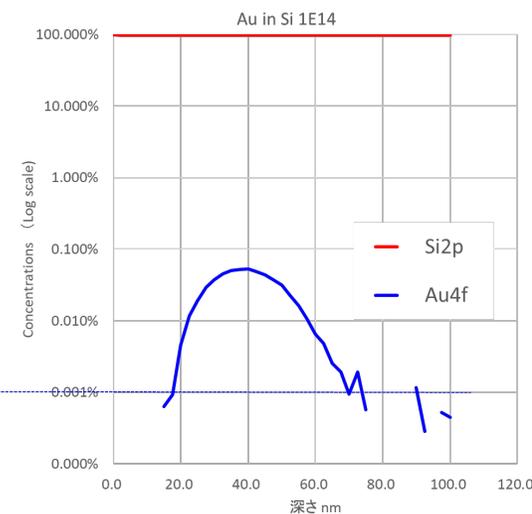
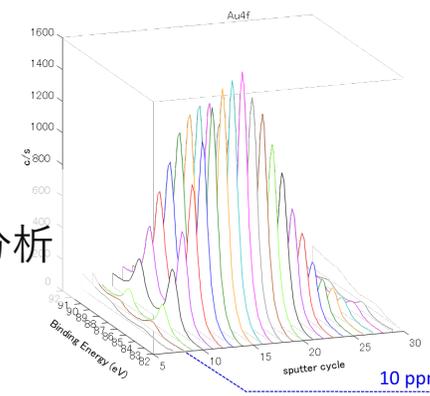
ppmレベルの**微量成分**の深さ方向分析

## ガラス表面多層コーティングの分析

Low Emissivity Coating on Glass



## Si中の微量Au検出



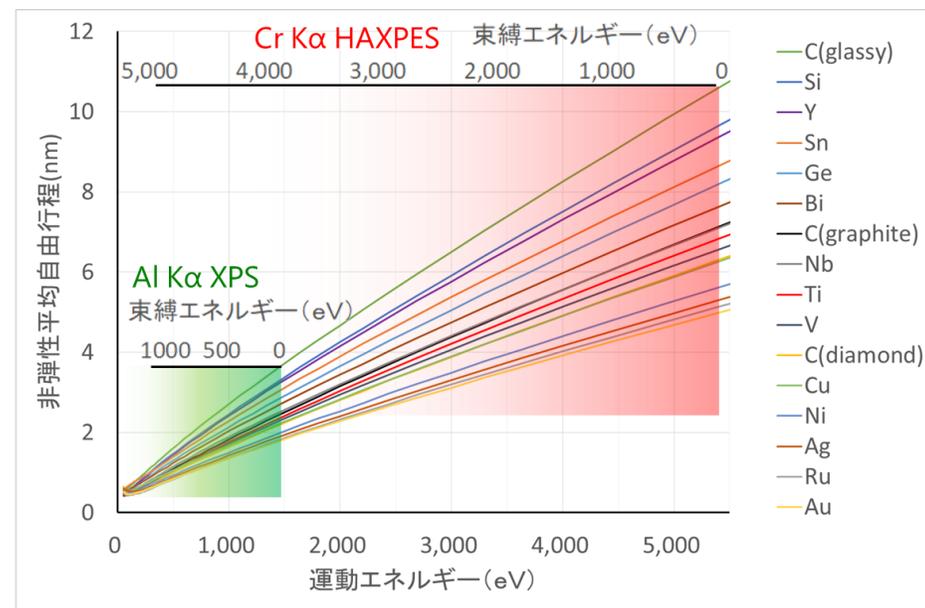


AlK $\alpha$ 線、CrK $\alpha$ 線の情報深さの違いを利用した

## 非破壊深さ方向分析

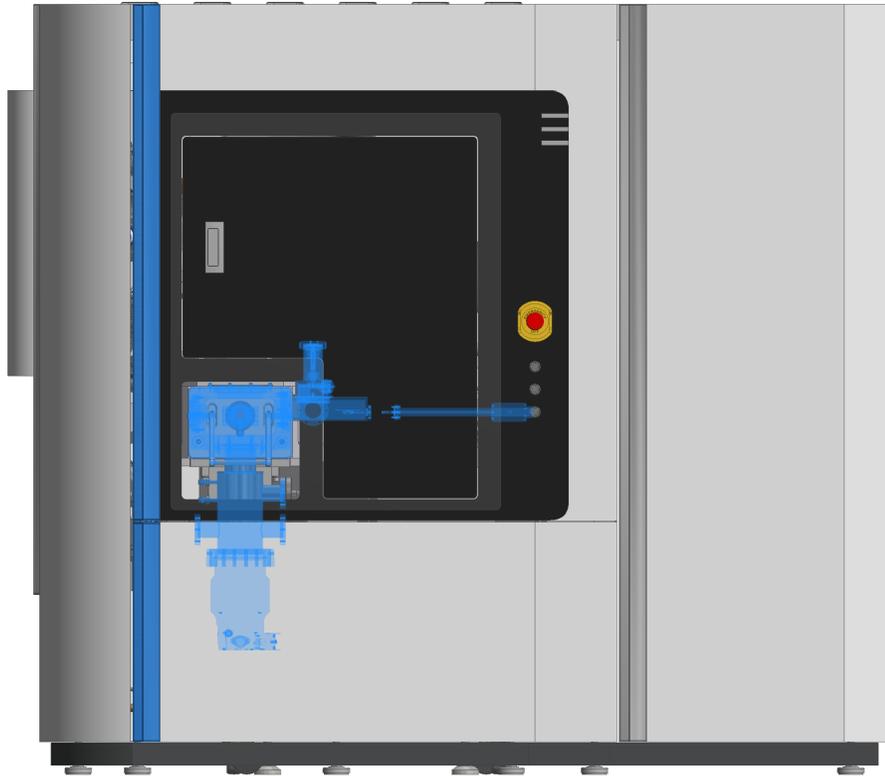
Cr K $\alpha$ 線の**情報深さ**は  
Al K $\alpha$ 線の約 **3倍**

電子の平均自由行程(IMFP)のエネルギー依存性



Shinotsuka, et al., Surface and Interface analysis, 47, 871 (2015)

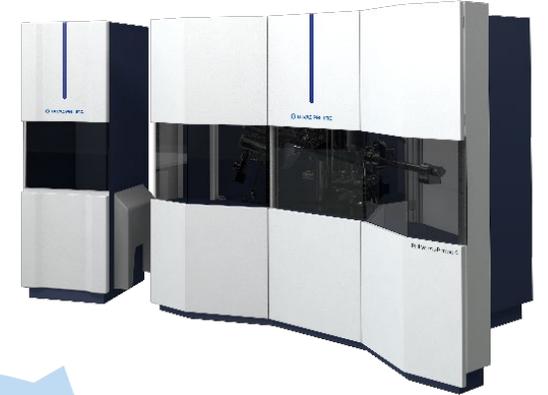
# PHI GENESIS



HAXPES system  
(PHI Quantes)



XPS system  
(PHI VersaProbe4)



互換トランスファーベッセル

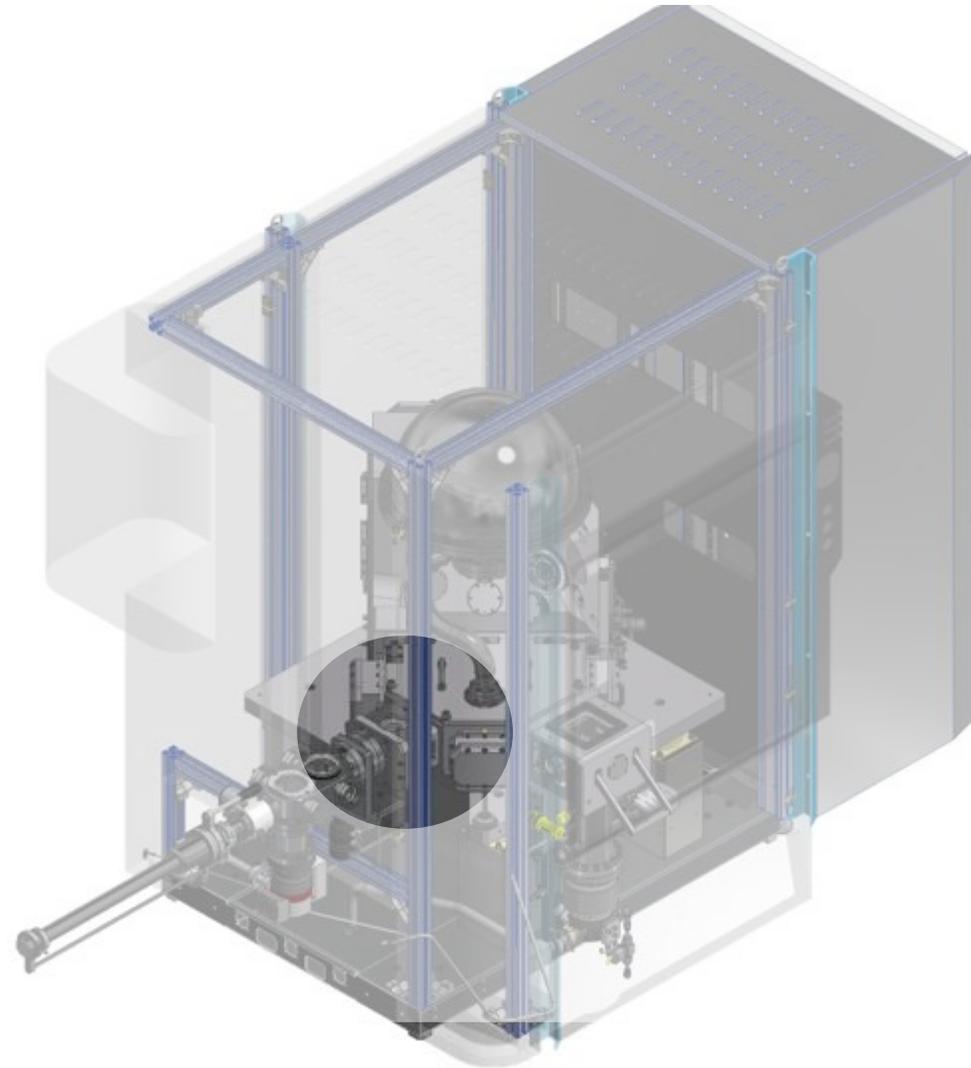
AES system  
(PHI 710)



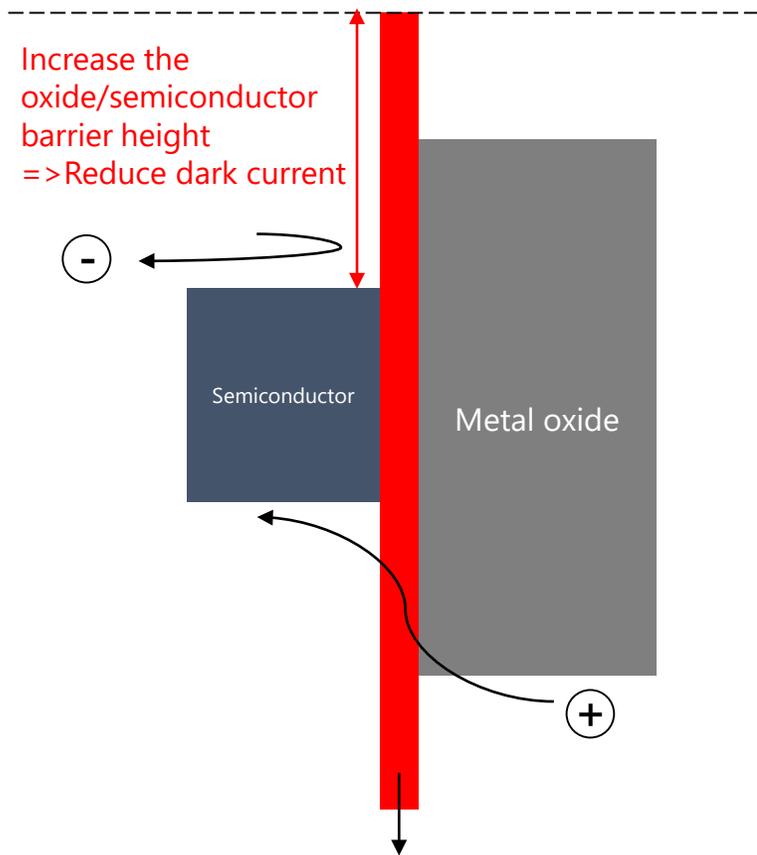
TOF-SIMS system  
(PHI nanoTOF 3)



- グローブボックス
- 成膜チャンバー
- 赤外加熱、ガス反応室など



# Field-assisted passivation

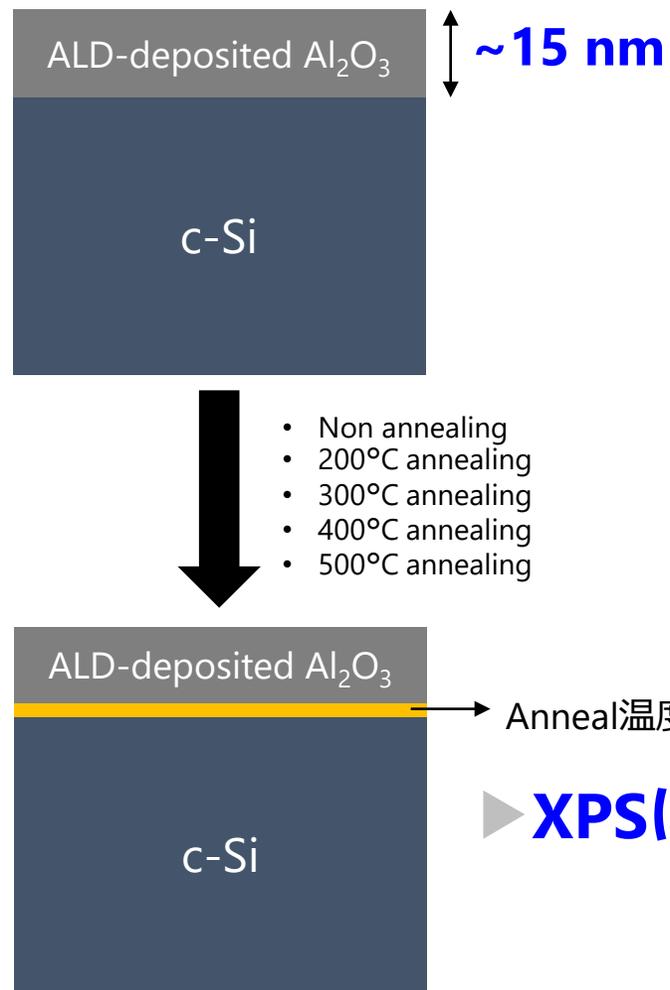


Increase the oxide/semiconductor barrier height  
=> Reduce dark current

Semiconductor

Metal oxide

The thickness of passivation layer affects the efficiency of reducing surface recombination



ALD-deposited  $\text{Al}_2\text{O}_3$

~15 nm

c-Si

- Non annealing
- 200°C annealing
- 300°C annealing
- 400°C annealing
- 500°C annealing

ALD-deposited  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Anneal温度による膜厚制御

c-Si

▶ XPSによる厚さの評価

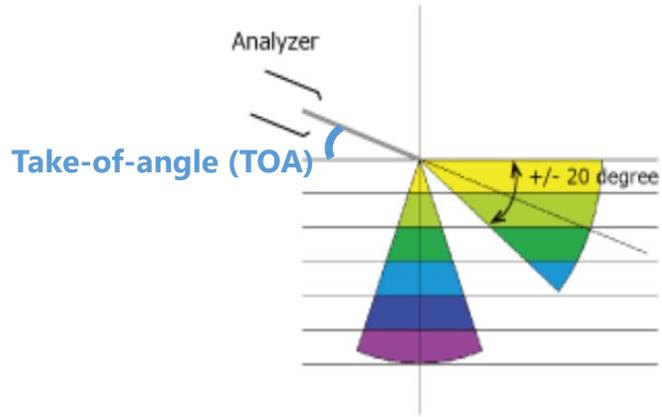


Prof. Wei-Chun Lin  
国立中山大学  
, Taiwan

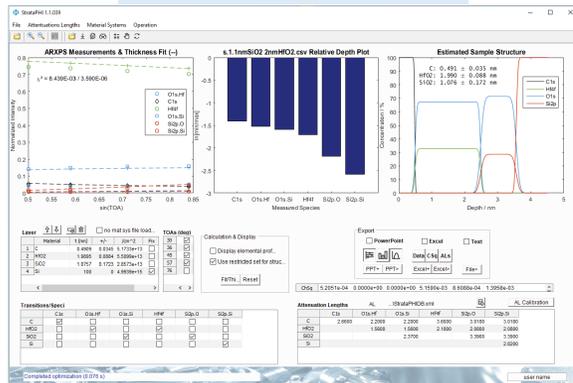
# Angle Resolved-XPS and HAXPES

Micro analysis mode

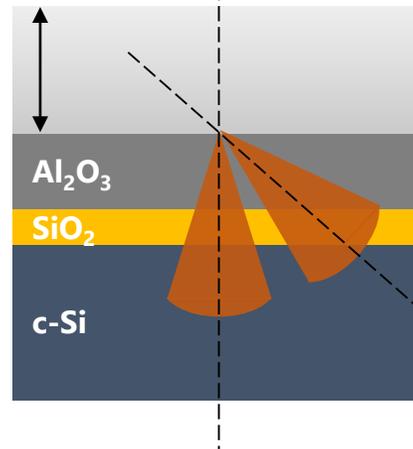
Solid angle ranges +/- 20 degree



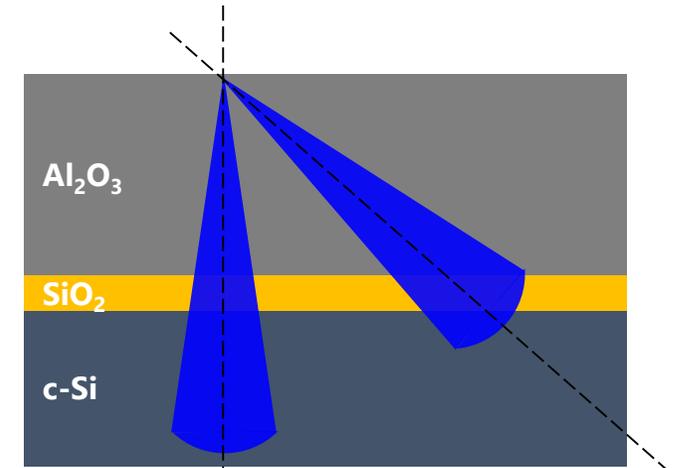
PHI StrataPHI



Al Kα X-ray  
+ Ar sputtering



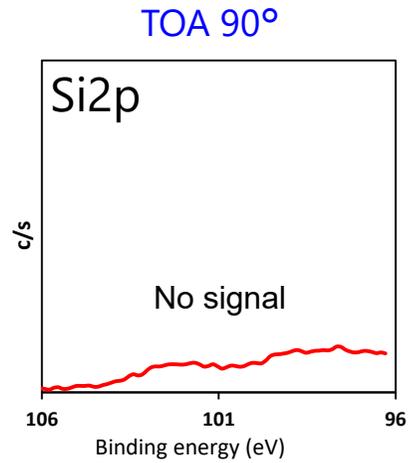
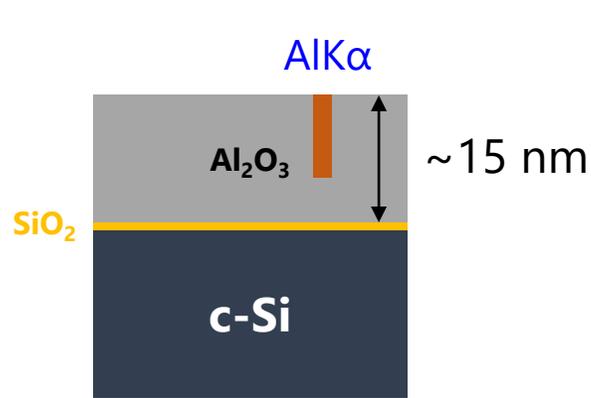
Cr Kα X-ray



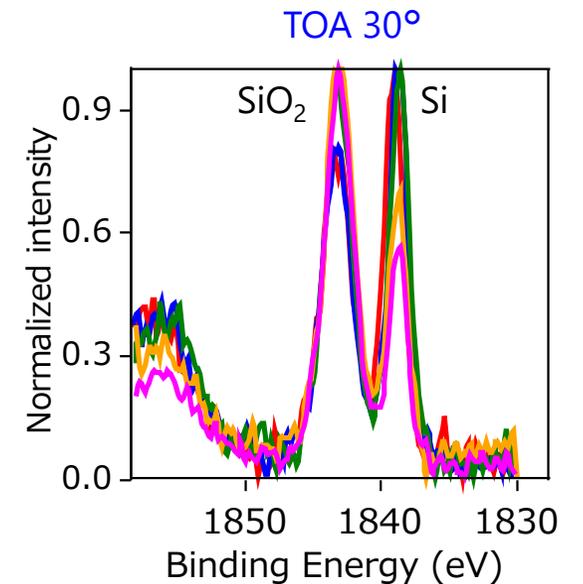
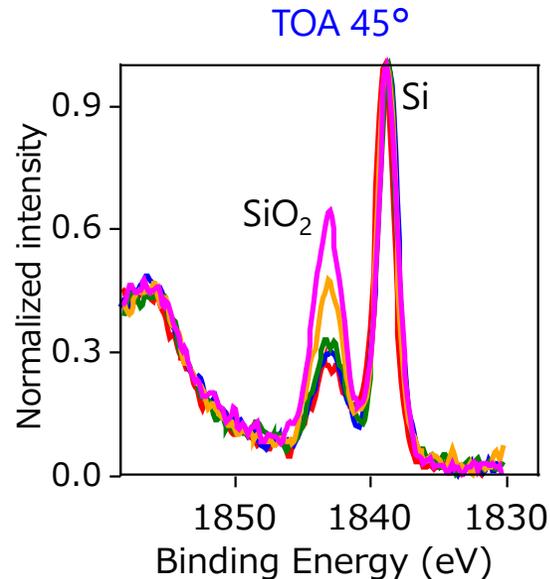
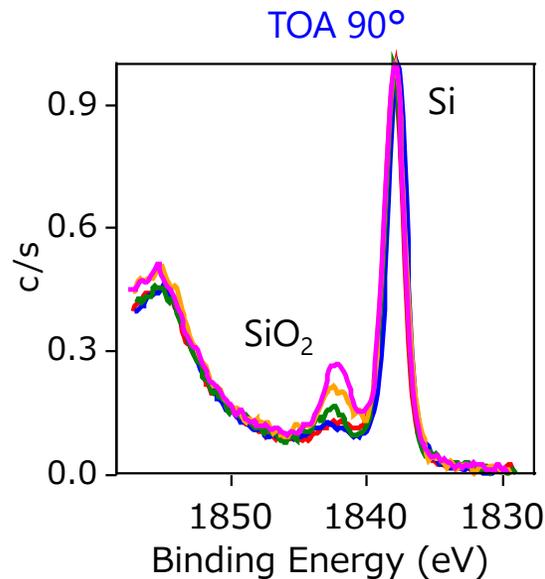
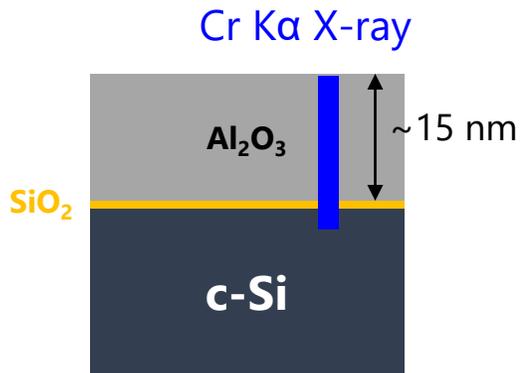
Angle resolved XPSを用いたSiO<sub>2</sub>層の膜厚評価

- Al Kα線は、Ar sputteringが必要
- Cr Kα線は、表面から直接観察が可能

# Si spectra of Angle resolved HAXPES (Cr K $\alpha$ )

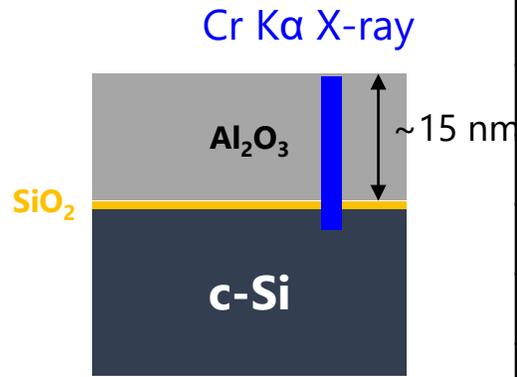


- Non annealing
- 200°C annealing
- 300°C annealing
- 400°C annealing
- 500°C annealing

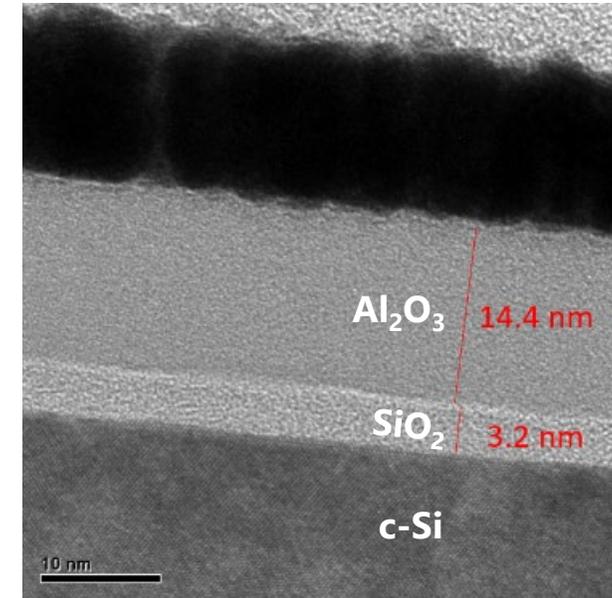


# Thickness calculation of thermally grown SiO<sub>2</sub> using StrataPHI

## Strata PHIによる膜厚算出結果

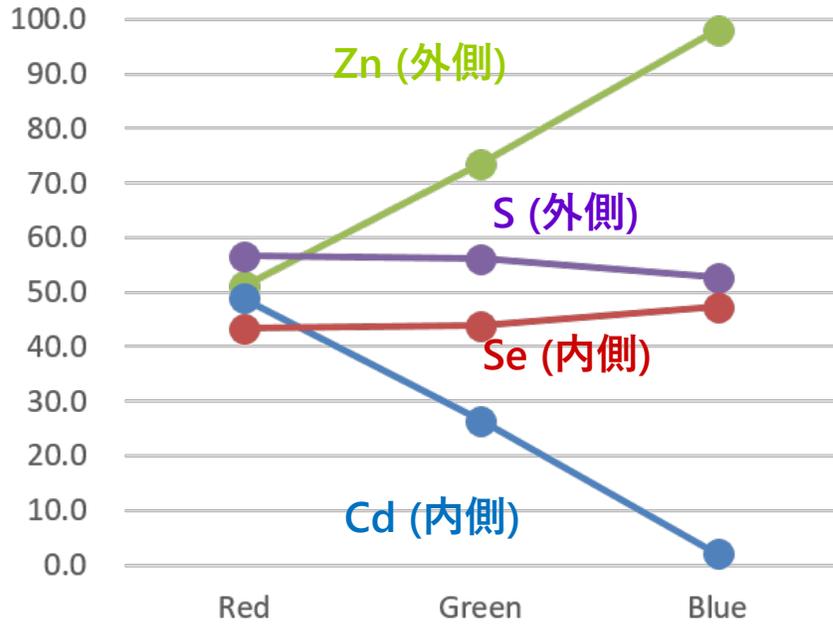


AR-HAXPES (Cr K $\alpha$ ) analysis on non-sputtered Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> surface with 3 TOAs (30°, 45°, 90°)		
Condition	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Non-annealing	16.06	0.871
200°C annealing	16.58	0.540
300°C annealing	15.59	1.80
400°C annealing	15.48	2.68
<b>500°C annealing</b>	<b>14.31</b>	<b>3.13</b>



TEM image of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-Si of **500°C annealing**

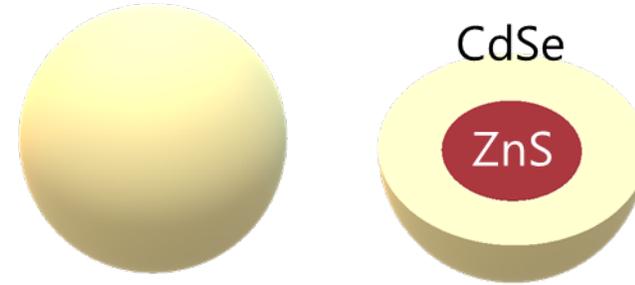
## 量子ドット (RGB) のコアシェル構造評価



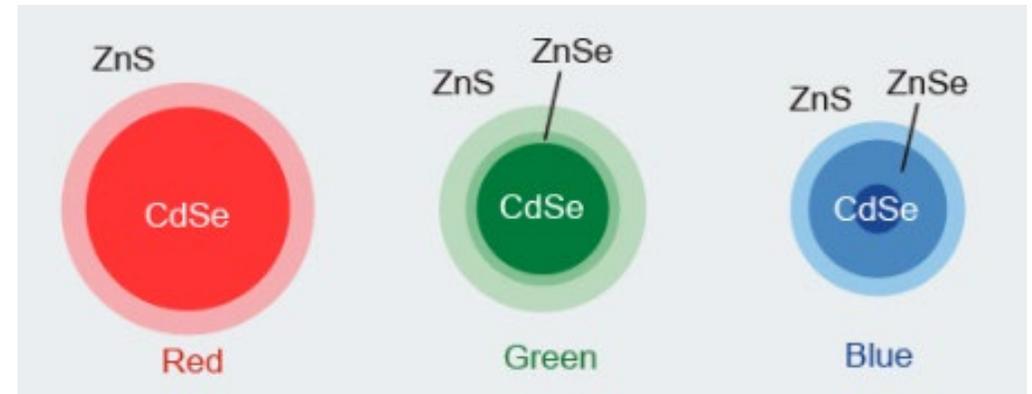
	Zn	S	Cd	Se
Red	51.1	56.7	48.9	43.3
Green	73.5	56.1	26.5	43.9
Blue	98.0	52.7	2.0	47.3

シェル  
(外側)

コア  
(内側)



組成の1:1からの違いは中間層の存在を示唆

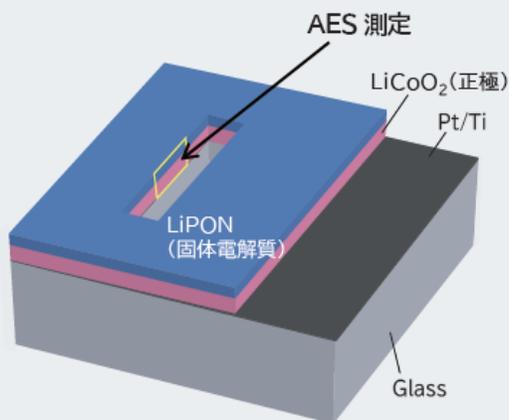


## pA-AES による全固体電池材料の Li 化学状態マップ

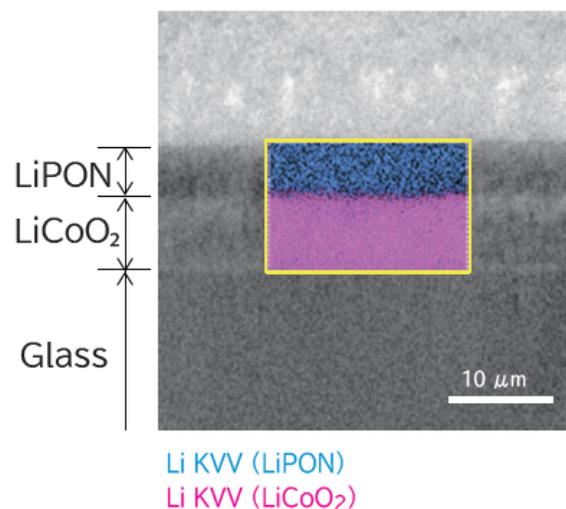
■ SAM オプション

XPS

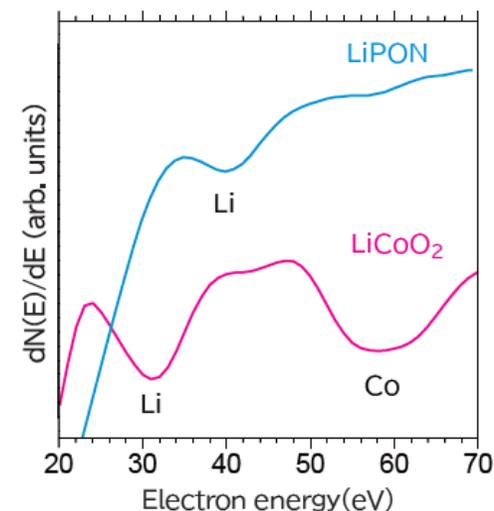
試料：全固体電池材料  
(FIB で断面加工)



Li 化学状態マップ  
(SEM 像に Overlay)



Li KVV スペクトル



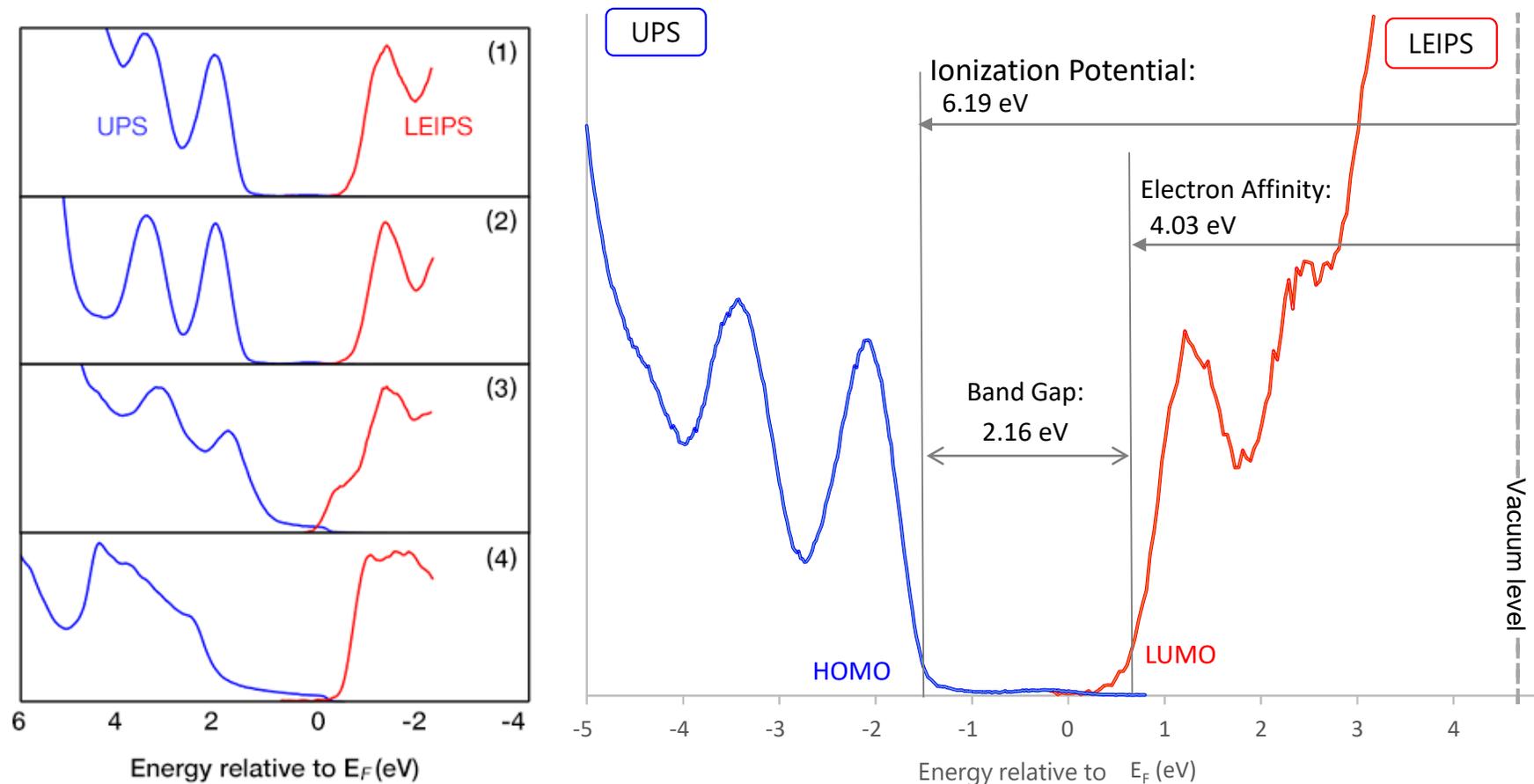
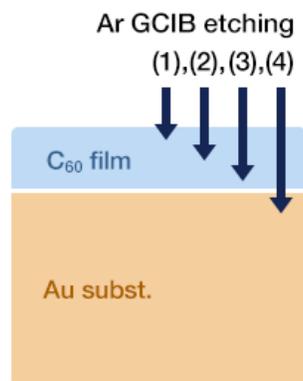
測定条件

	試料電流 (pA)	測定時間 (分)
LiPON	300	13
LiCoO <sub>2</sub>	300	9

LiPONなどの固体電解質は電子線ダメージが顕著。

最新の VersaProbe に搭載の高感度アナライザーにより、  
低電流・短時間でのAES化学状態マップが可能に。

## UPS、LEIPSによるバンドダイアグラム評価 + GCIB深さ方向分析



# XPS装置性能比較表



製品名	GENESIS	Quantes	Quantera II	VersaProbe 4	X-tool
最小X線ビームサイズ	5 $\mu\text{m}$	7.5 $\mu\text{m}$	7.5 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$
最大感度	6,000,000 cps	2,000,000 cps	2,000,000 cps	5,000,000 cps	2,000,000 cps
自動搬送	○	○	○		○
超高真空内パーキング	○	○	○		
HAXPES	○	○			
GCIB	○	○	△	○	
UPS	○			○	
LEIPS	○			○	
AES	○			○	
REELS	○			○	
試料加熱・冷却	○	○	○	○	
大気非暴露対応	○	△	△	○	
外部接続ポート	○	○	○	○	

## PHI GENESIS

Fully automated multi-technique scanning XPS/HAXPES microprobe

- シンプル操作とマルチテクニックの融合
- 自動搬送系、超高真空内パーキングによる多試料測定
- 大面積から微小部まで高感度、高スループット
- 高速XPS深さ方向分析
- 非破壊HAXPES深さ方向分析
- 試料加熱・冷却、電圧印加、大気非暴露測定、拡張性

