

2025年度 第1回 ARIM量子・電子マテリアル領域セミナー
施設共用におけるALD成膜のユーザー事例紹介

産総研NPFのALD実験環境

国立研究開発法人産業技術総合研究所
ナノプロセッシング施設(NPF) 山崎 将嗣

NPFでのALD成膜例

プリカーサー利用実績: 40 種類以上 緑字はNPF保有プリカーサー

Film	Precusor
Al ₂ O ₃	TMA, TMA_1, TMA_2, TMA_3
SiO ₂	3DMAS, BDEAS, DIPAS
HfO ₂	TEMAHf
ZrO ₂	TEMAZr, 他 2 件
TiO ₂	TTIP, TDMAT
GaOx	TMG, TEG, GaCp*
Ta ₂ O ₅	TBTDMT
ZnO	DEZ
InOx	TMI
NbOx	TBTDEN
SnOx	TDMASn
YOx	Arya
GeOx	TEOG
CeOx	Celine

Film	Precusor
AlN	TMA
SiN	3DMAS, BDEAS, HCDS, PCDS, BDMADMS, VSZ, CI-BSE-3, CI-BSE-4, DMA-BSE-4
HfN	TEMAHf
ZrN	TEMAZr
TiN	TDMAT, TiCl ₄
GaN	GaCp*
TaN	TBTDMT, PDMAT
NbN	TBTDEN
BN ⁺	TDMAB, JBN003, JBN004
Ru	Ru(EtCP) ₂ , TRuST, 他 1 件
Nb	NbCl ₅

*は、テスト中で成膜は成功していない

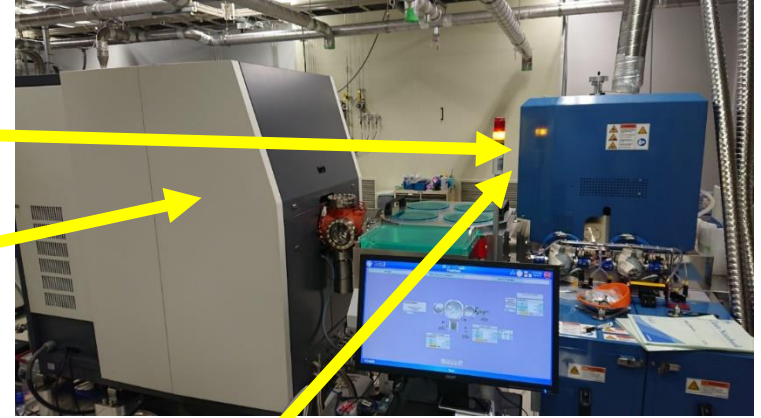
ALD装置のラインアップ



Oxford_ALD_1

in-situ
ellipsometry

in-situ XPS



Oxford_ALD_3

- プラズマ/サーマル
- 全材料供給ライン: 23系統
- 反応ガス: 酸素、水、水素、オゾン、窒素、アンモニア、重水素、重アンモニア、重水



Samco_ALD_2



ピュアオゾン発生器



Oxford_ALD_4

ヒーター式燃焼除害装置 (ALD1,3,4に接続)

新規プリカーサに対応するために
ヒーター式燃焼除害装置を導入

カンケンテクノ株式会社製

- ・機種：KT1000MFS
- ・処理温度：750℃

※ただし、フッ素が入っているものは処理できない（HF対策なし）。



塩素系・個体プリカーサへの対応

塩素系や個体プリカーサなどの高リスクプリカーサ対応のために、ALD4にプリカーサ供給設備を増設し、新規プリカーサ対応を強化。

2025年8月時点で塩素系 6 プリカーサ実施。

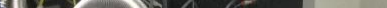
Oxford_ALD_4



ALD成膜装置

XPS分析装置

試料導入室

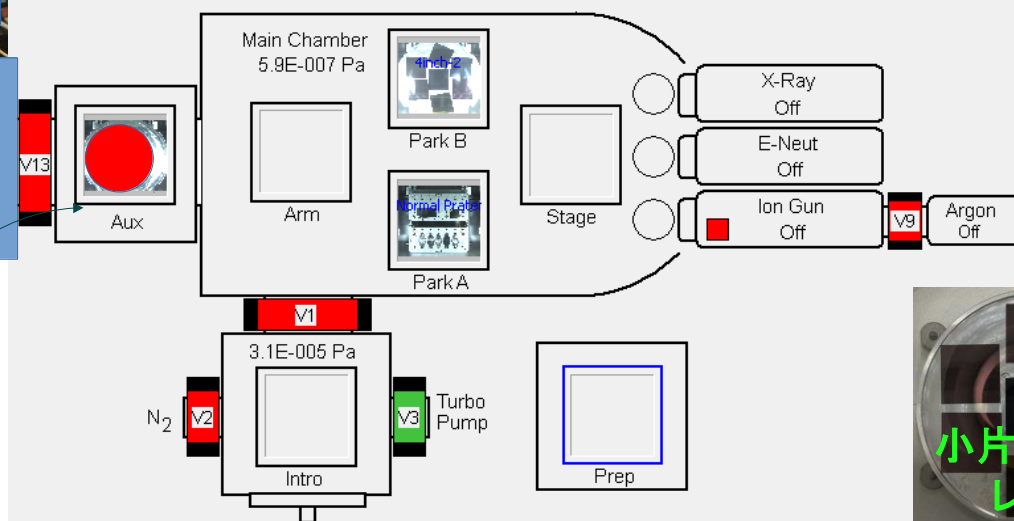


ALD

Oxford FlexAI

搬送室

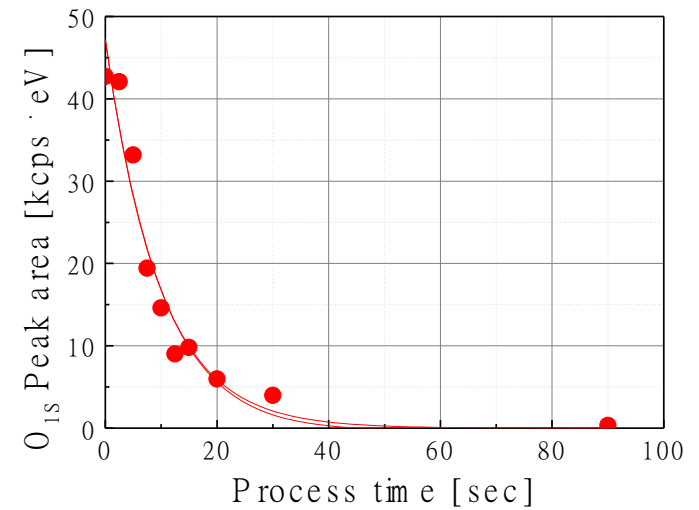
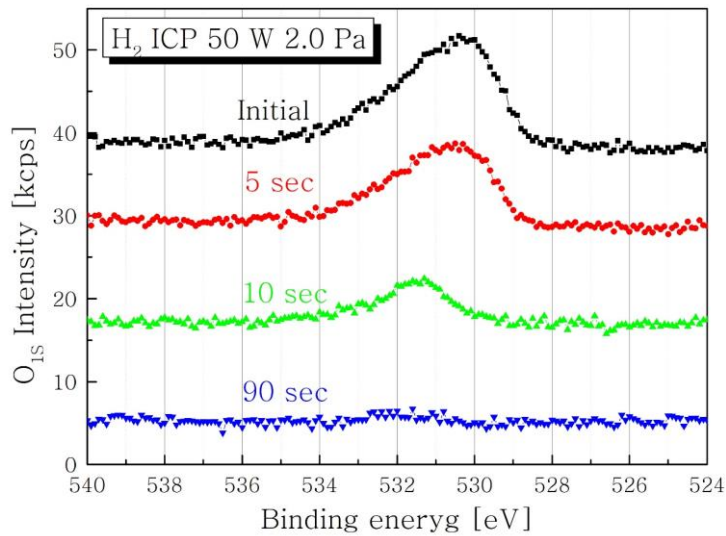
予備ポ一ト



小片試料プレート

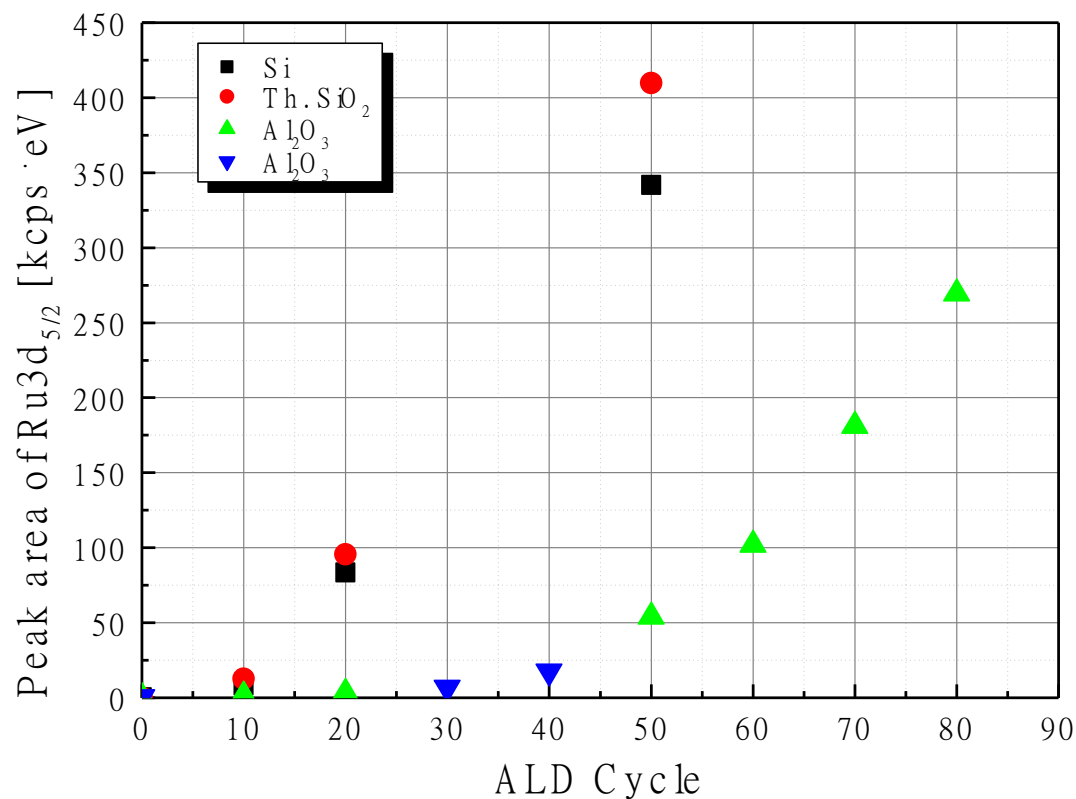
※上記図面は、ULVAC-Phi SmartSoftの画面を引用させていただきました。

水素プラズマによるRu表面のクリーニング

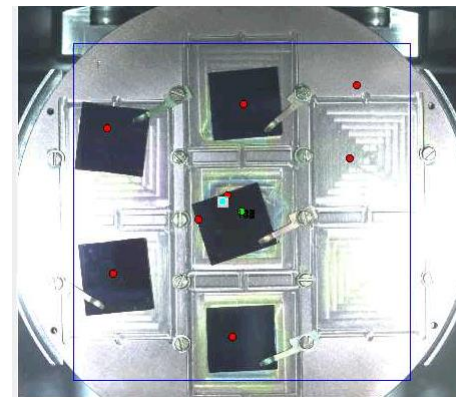


ALD成膜直前の下地状態確認が可能になる。

基板種による金属Ruインキュベーションの比較



TRuST 230°C O₂ Thermal

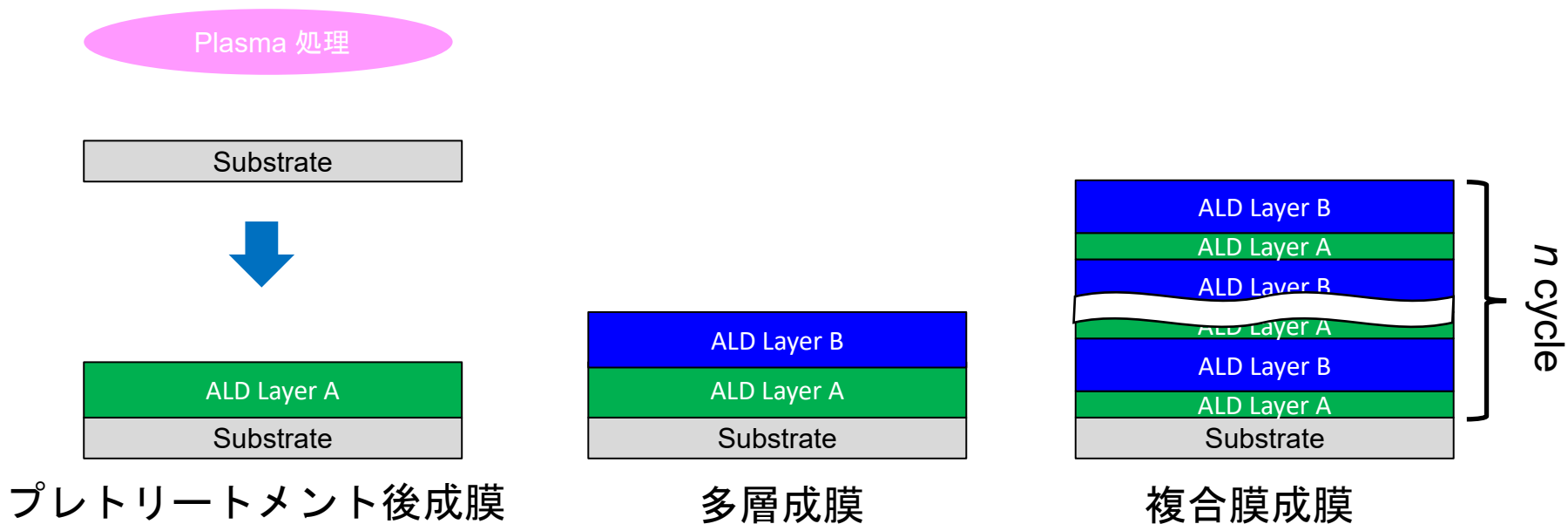


■, ●, ▲プロットは、多試料ホルダを使用して同時処理
※上記は別の試料の画像です。

10サイクルごとなど同じ試料をALD↔XPS間で繰り返し搬送して測定。

▲の不足分をいきなり30+10サイクル追加実験(▼)→再現することが確認されました。

例えば、NPFのALDではこのような成膜も可能です。



例えば、AZO, IGZOなど

in-situ分光エリプソメータによる

Al₂O₃ 膜GPCの重水酸化時間依存

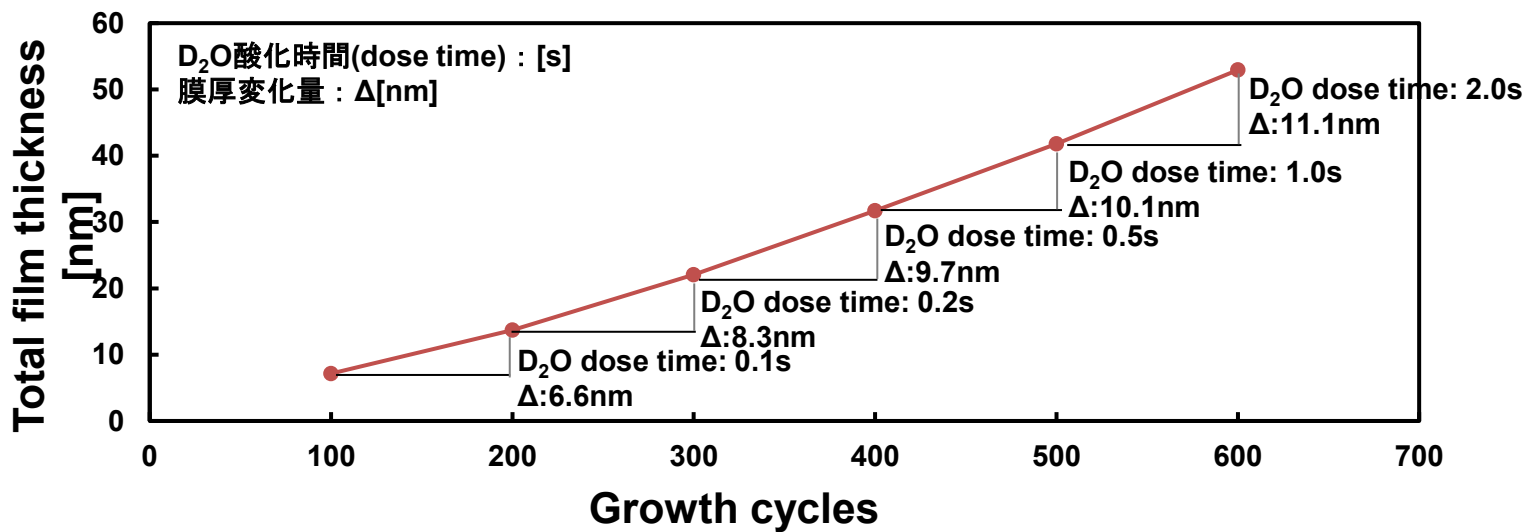
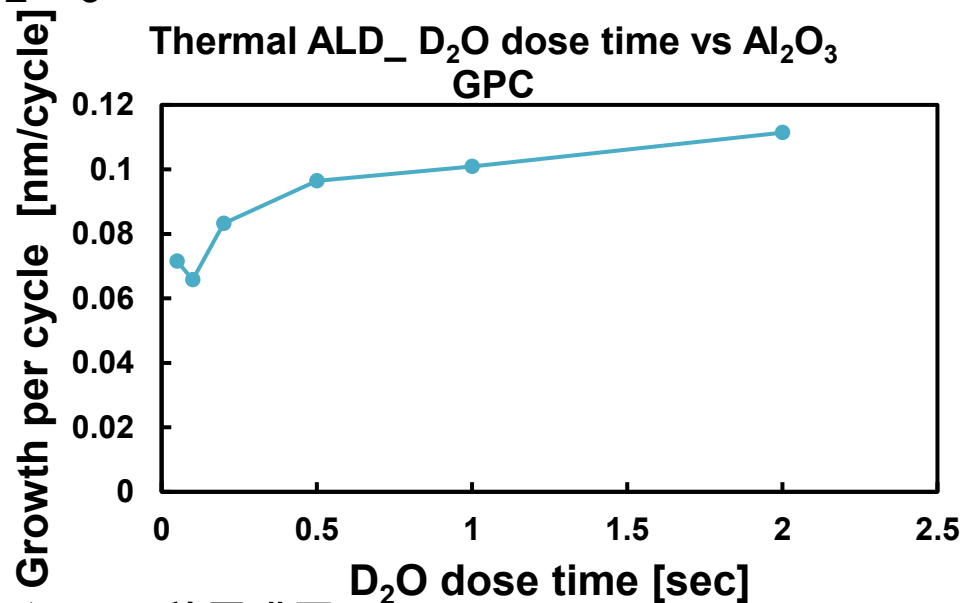


in-situ 分光エリプソメータ

【AT-102】原子層堆積装置_3[FlexAL]

付帯_分光エリプソメータ + XPS装置(アルバックφ)

重水(D₂O)熱酸化時間による Al₂O₃ 積層膜厚

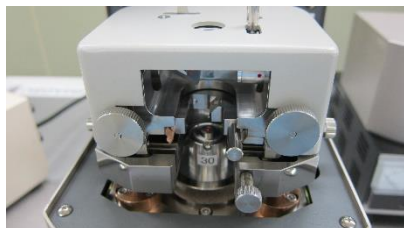


NPFの薄膜分析装置群



分光エリプソメトリー

- ・膜厚、屈折率、吸収係数



走査プローブ顕微鏡

- ・表面観察、初期島状成長



原子層堆積成膜装置 (ALD)



2次イオン質量分析装置 (Dynamic SIMS)

- ・不純物濃度分析



X線光電子分光分析装置 (XPS)

- ・組成分析
- ・結合状態評価



X線回折装置 (XRD)

- ・結晶性評価



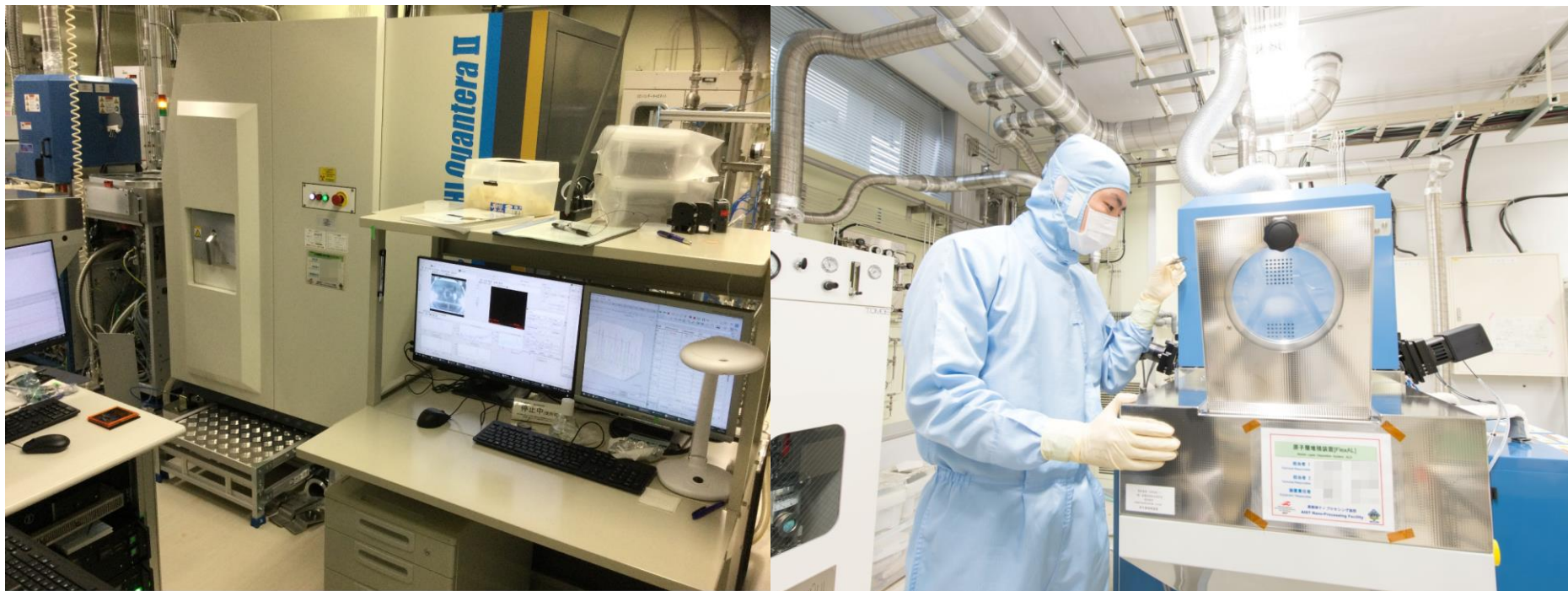
フーリエ変換赤外分光装置 (FT-IR)

- ・基板表面の分子終端評価

ARIMデータベース登録実績

Film	Precusor
Al ₂ O ₃	TMA, TMA_1, TMA_2, TMA_3
SiO ₂	3DMAS, BDEAS, DIPAS
HfO ₂	TEMAHf
ZrO ₂	TEMAZr, 他 2 件
TiO ₂	TTIP, TDMAT
GaOx	TMG, TEG, GaCp*
Ta ₂ O ₅	TBTDMT
ZnO	DEZ
InOx	TMI
NbOx	TBTDEN
SnOx	TDMASn
YOx	Arya
GeOx	TEOG
CeOx	Celine

Film	Precusor
AlN	TMA
SiN	3DMAS, BDEAS, HCDS, PCDS, BDMADMS, VSZ, CI-BSE-3, CI-BSE-4, DMA-BSE-4
HfN	TEMAHf
ZrN	TEMAZr
TiN	TDMAT, TiCl ₄
GaN	GaCp*
TaN	TBTDMT, PDMAT
NbN	TBTDEN
BN ⁺	TDMAB, JBN003, JBN004
Ru	Ru(EtCP) ₂ , TRuST, 他 1 件
Nb	NbCl ₅



～～皆様のご利用をお待ちしております～～

産総研ナノ プロセッシング施設(NPF)

<https://www.tia-kyoyo.jp/npf/>

マテリアル先端リサーチインフラ(ARIM Japan)

<https://nanonet.go.jp/>