

産総研NPFのALD実験環境 — XPS付きALD装置の紹介を中心に —

産業技術総合研究所 ナノプロセッシング施設

有本 宏

NPFでのALD成膜利用例

ALD膜	プリカーサ	利用例
Al ₂ O ₃	TMA	(Ge,SiC,GaN,・・・)ゲート絶縁膜、水蒸気バリア膜、張合わせ下地、太陽電池
AlN	TMA	保護膜、キャップ層
ZnO	DEZ	透明導電膜、太陽電池
SiO ₂	3DMAS	ゲート絶縁膜、エッチング保護膜、張り合わせ下地、埋め戻しパターン作成
SiN	3DMAS	保護膜
TiO ₂	TTIP	酸化物ランジスタ、太陽電池、触媒・電池関連
TiN	TDMAT	導電性窒化物、ゲート電極、めっきシード層
ZrO ₂	TEMAZr	ゲート絶縁膜、強誘電体デバイス
ZrN	TEMAZr	保護膜
HfO ₂	TEMAHf	ゲート絶縁膜、強誘電体デバイス、酸化物メモリ
HfN	TEMAHf	アニール保護膜
Ta ₂ O ₅	TBTDMN	high-k絶縁膜
TaN	TBTDMN	超伝導膜
NbN	TBTDEN	超伝導膜、保護膜
Ru	Ru(EtCP) ₂	めっきシード層
AZO(Al doped ZnO)	DEZ,TMA	透明導電膜
ZrHfO	TEMAZr,TEMAHf	強誘電体デバイス
SiO ₂ /TiN	3DMAS,TDMAT	エッチング保護膜/ゲートメタル
Al ₂ O ₃ /TiO ₂ /HfO ₂ /TiO ₂		メモリ用酸化物多層膜
AZO/TiO ₂		水分解用光電極

プリカーサー利用実績: 17種類

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



X線光電子分光分析装置(XPS)
・組成分析
・原子結合力評価



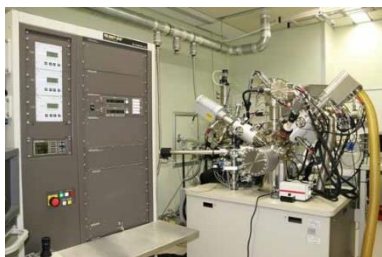
走査プローブ顕微鏡
・表面観察、初期島状成長



原子層堆積成膜装置(ALD)



X線回折装置(XRD)
・結晶性評価



2次イオン質量分析装置(SIMS)
・不純物濃度分析



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

ALD装置のラインアップ



ALD1号機 (Oxford Inst. FlexAL)

- 材料ガス: 8系統
- ダウンフロープラズマ
- in-situ 分光エリプソ

ALD2号機 (サムコ AD-100LP)

- 材料ガス: 2系統
- 高濃度オゾン (低温サーマルALD)
- リモートプラズマ (プラズマUV光の抑制)



2022年度から利用開始

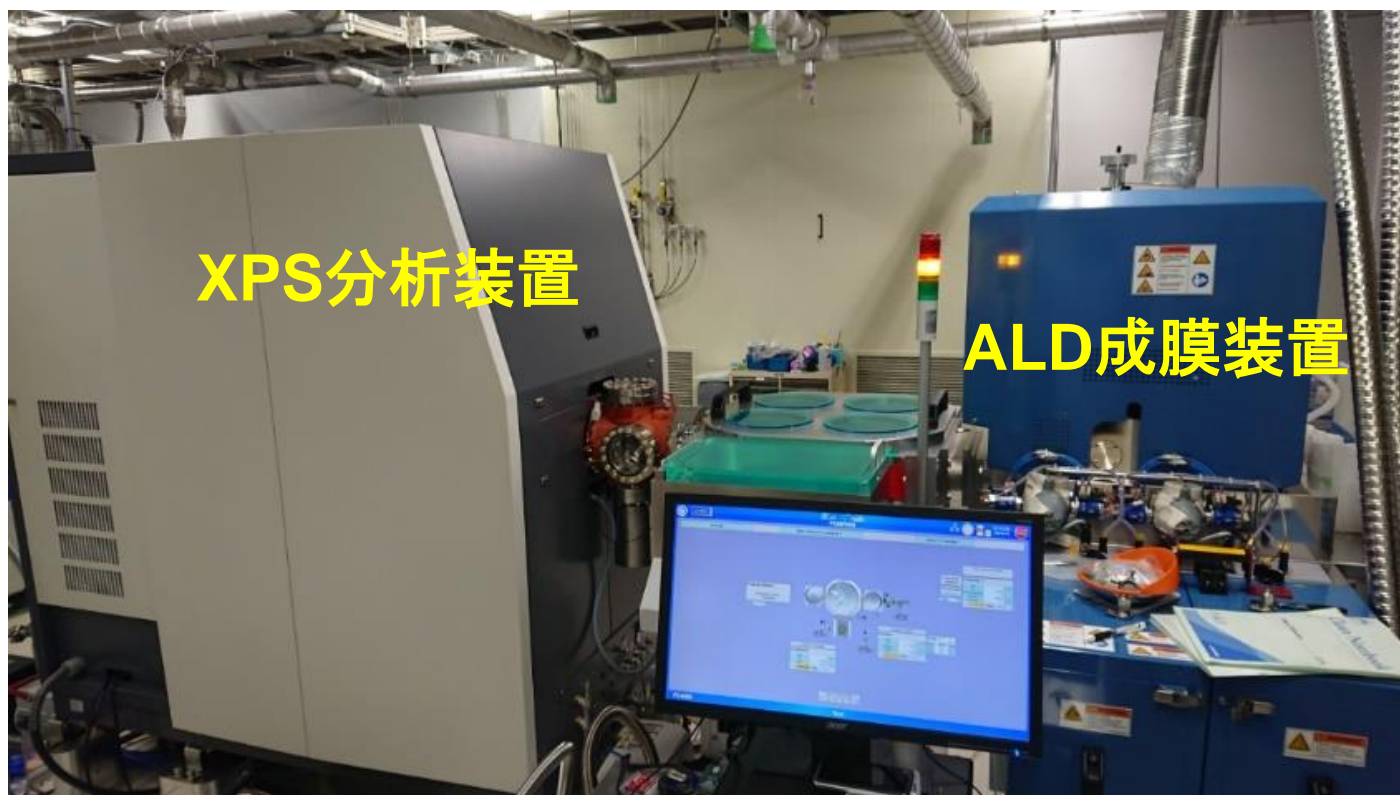
ALD3号機 (Oxford Inst. FlexAL)

- 材料ガス: 8系統
- 高濃度オゾン (低温サーマルALD)
- 重水、D2ガス、ND3ガス
- in-situ XPS

ALD4号機 (Oxford Inst. FlexAL)

- 材料ガス: 3系統
- 将来的に個体材料、塩素系材料
- D2ガス、ND3ガス
- in-situ 分光エリプソ

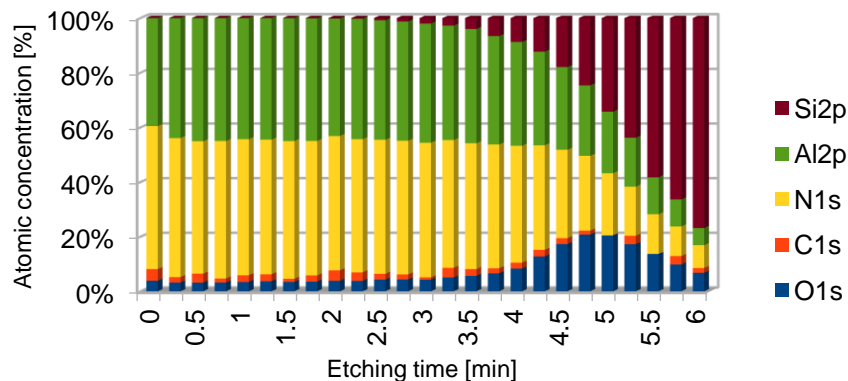
XPS付きALD装置の外観



AIN膜のXPSによる深さ方向の組成分析

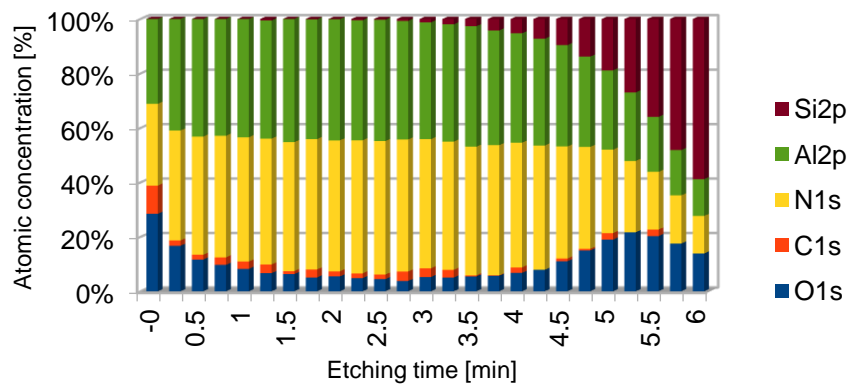
AIN 550°C N₂H₂プラズマ 高真空搬送

in-situ XPS分析

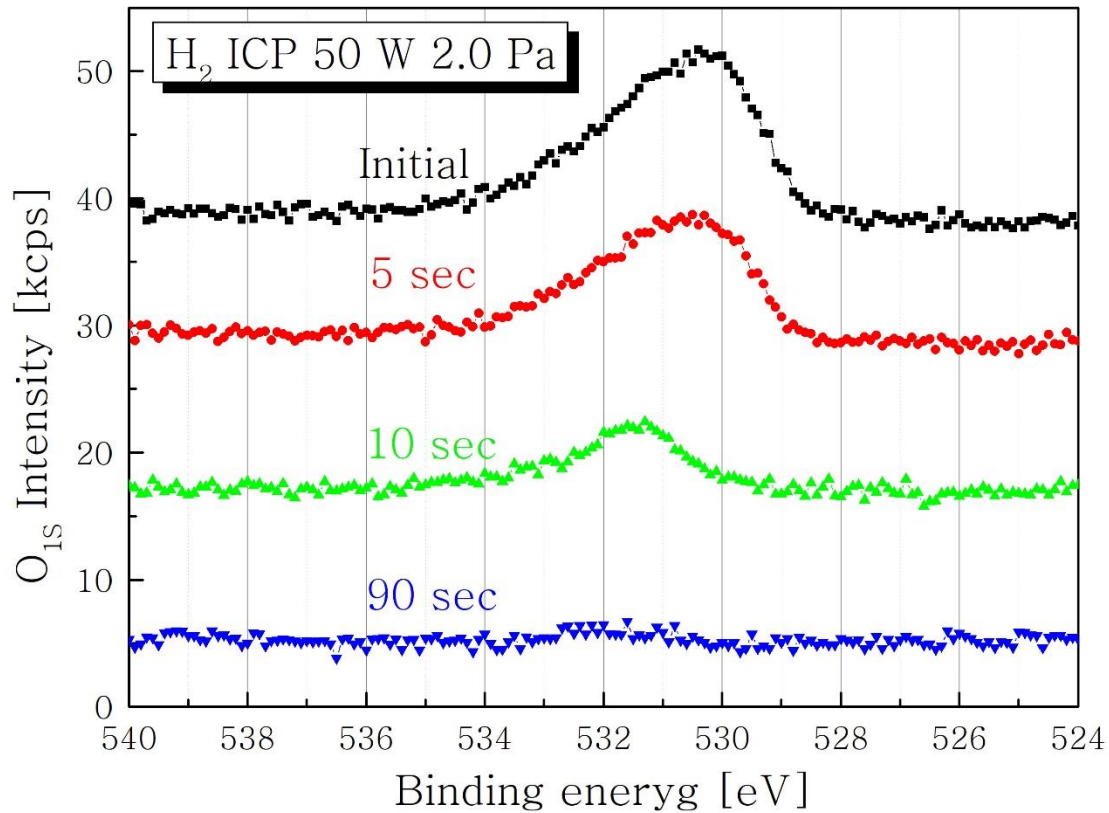


AIN 550°C N₂H₂プラズマ 大気暴露

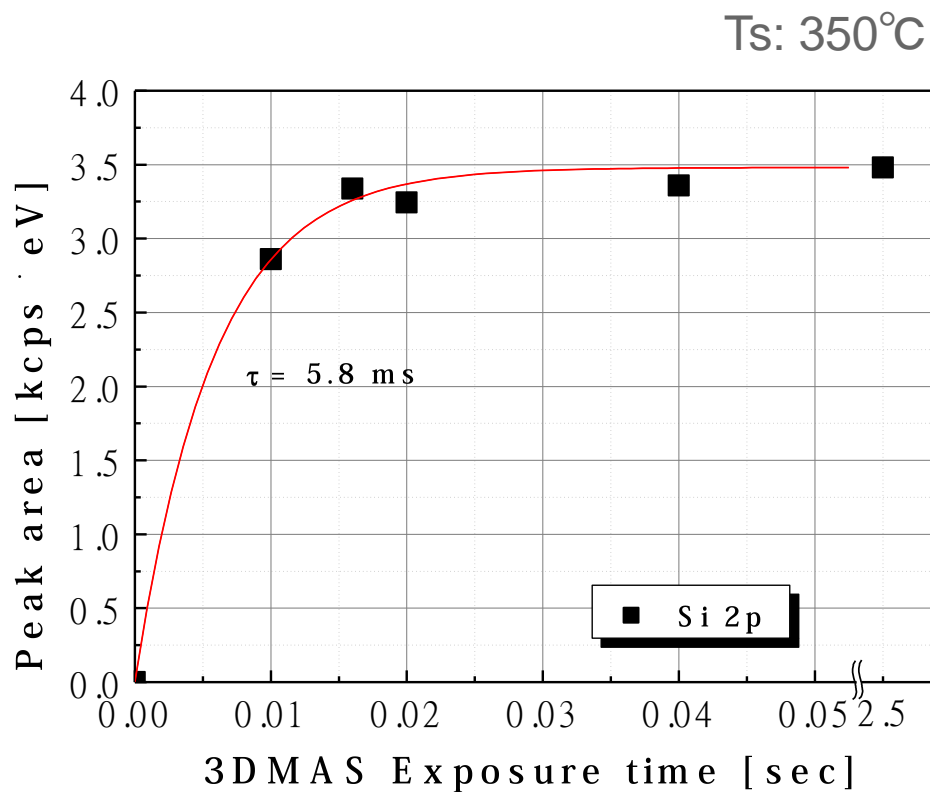
ex-situ XPS分析



水素プラズマによるRu自然酸化物の除去

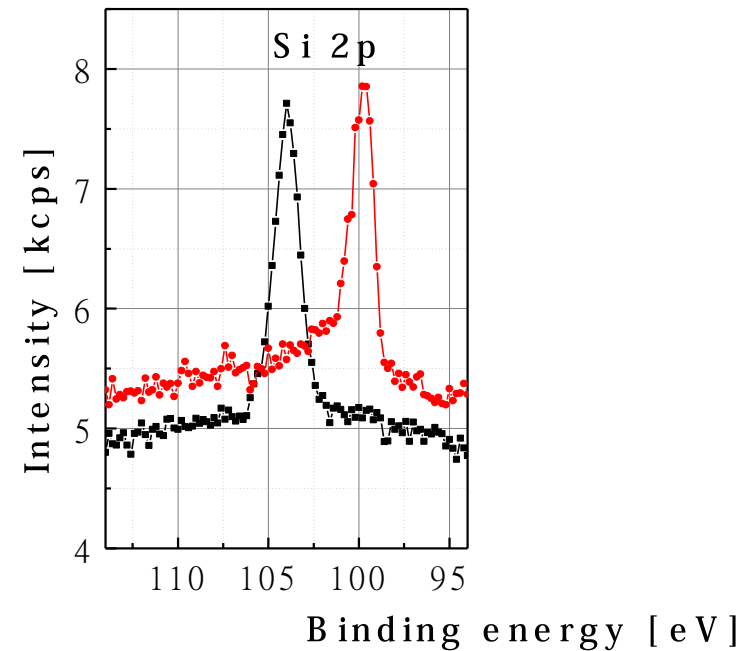
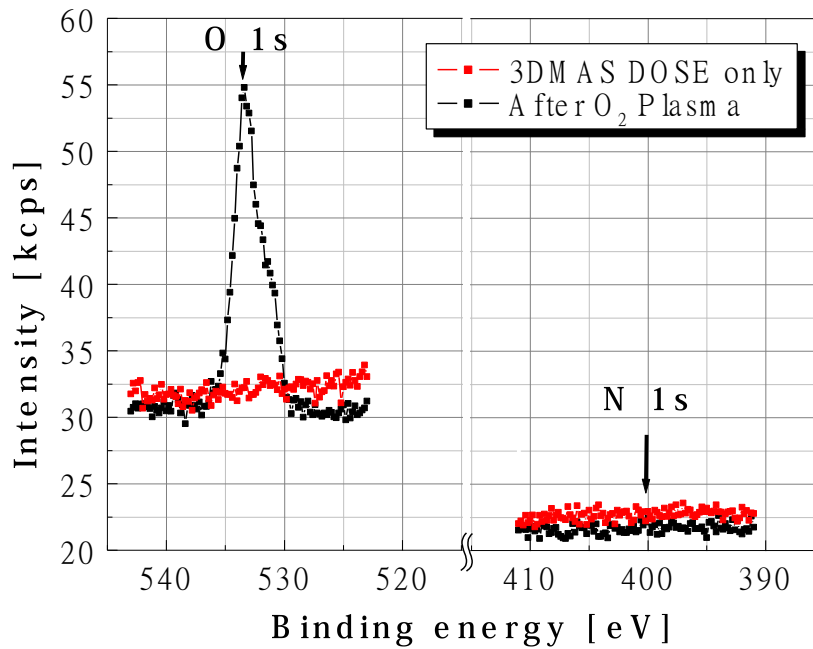


Ru表面での3DMASの飽和吸着の様子



Ru表面での3DMASの解離吸着とSi酸化の様子

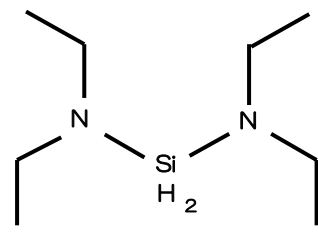
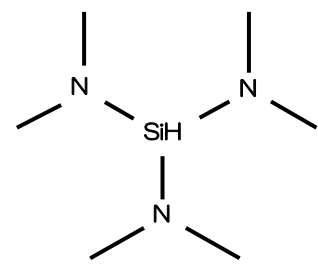
O₂プラズマ酸化
Ts: 350°C



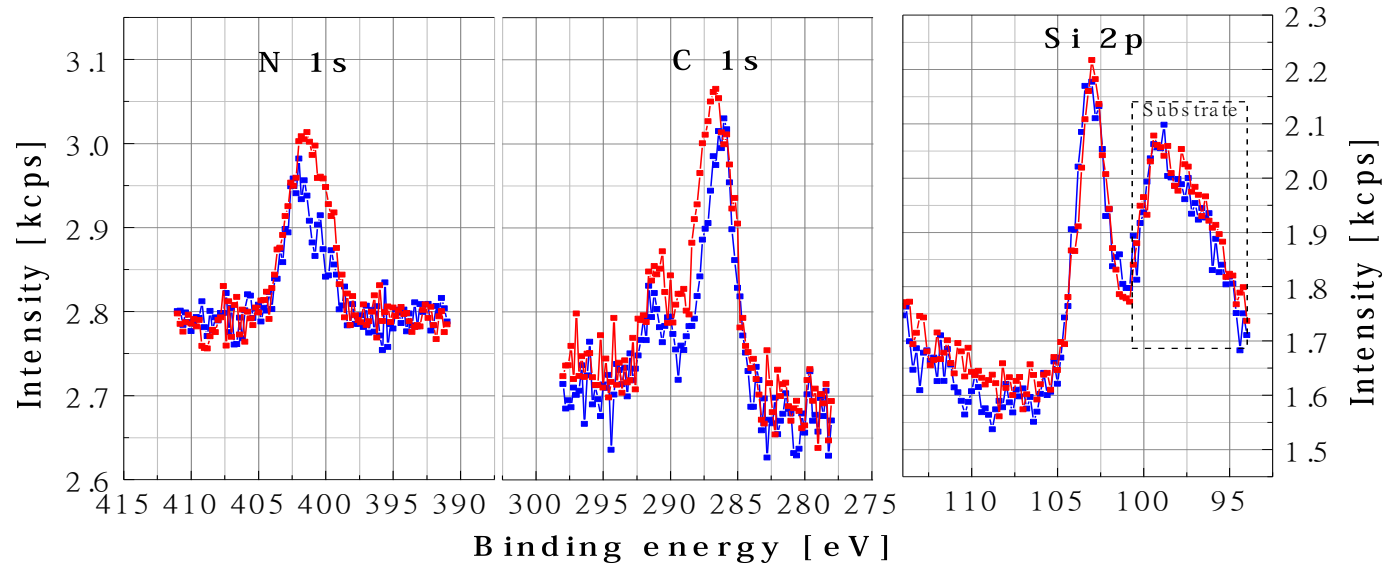
Al₂O₃表面でのSiプリカーサーの吸着解離の様子

TDMAS

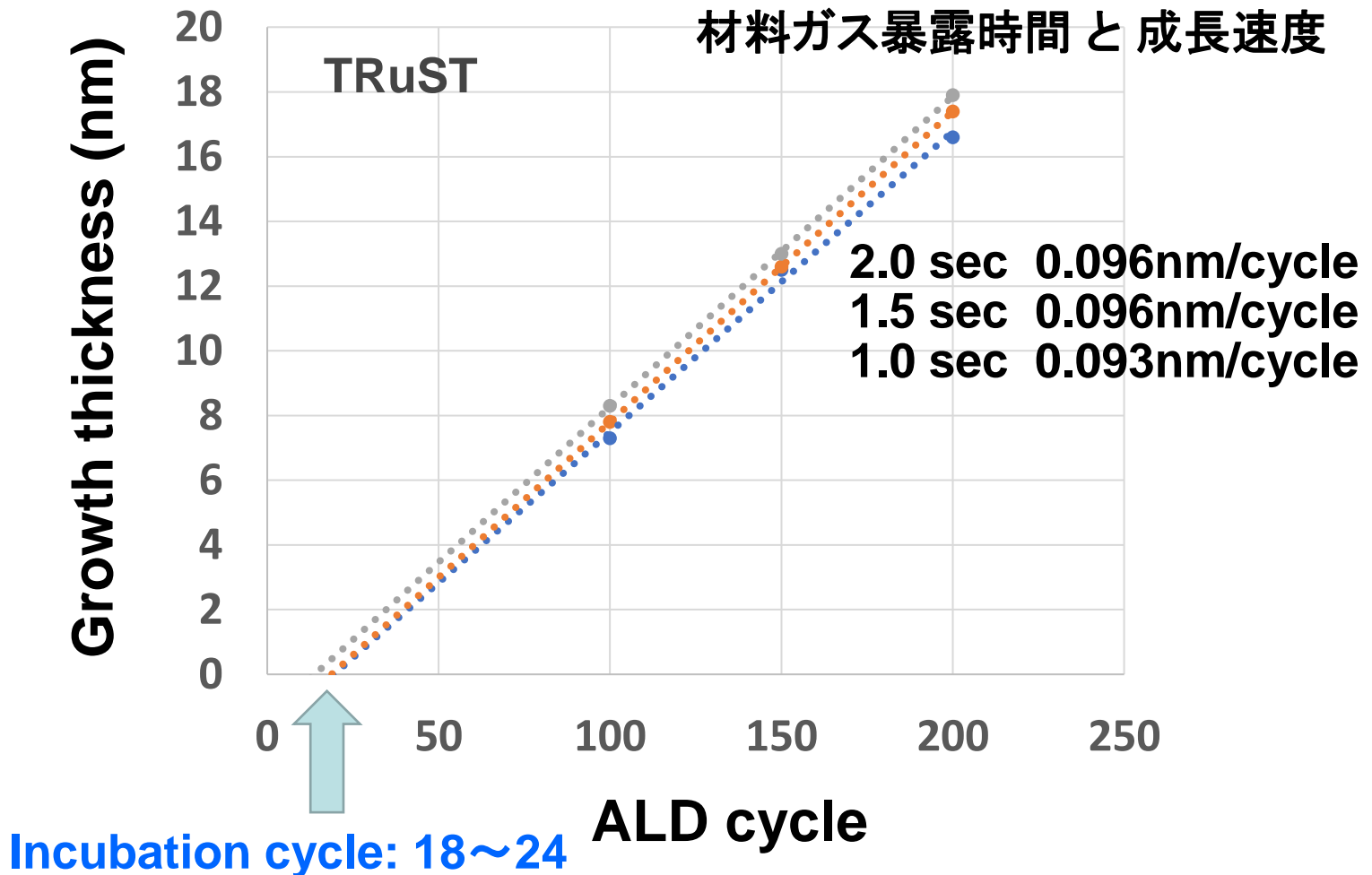
BDEAS



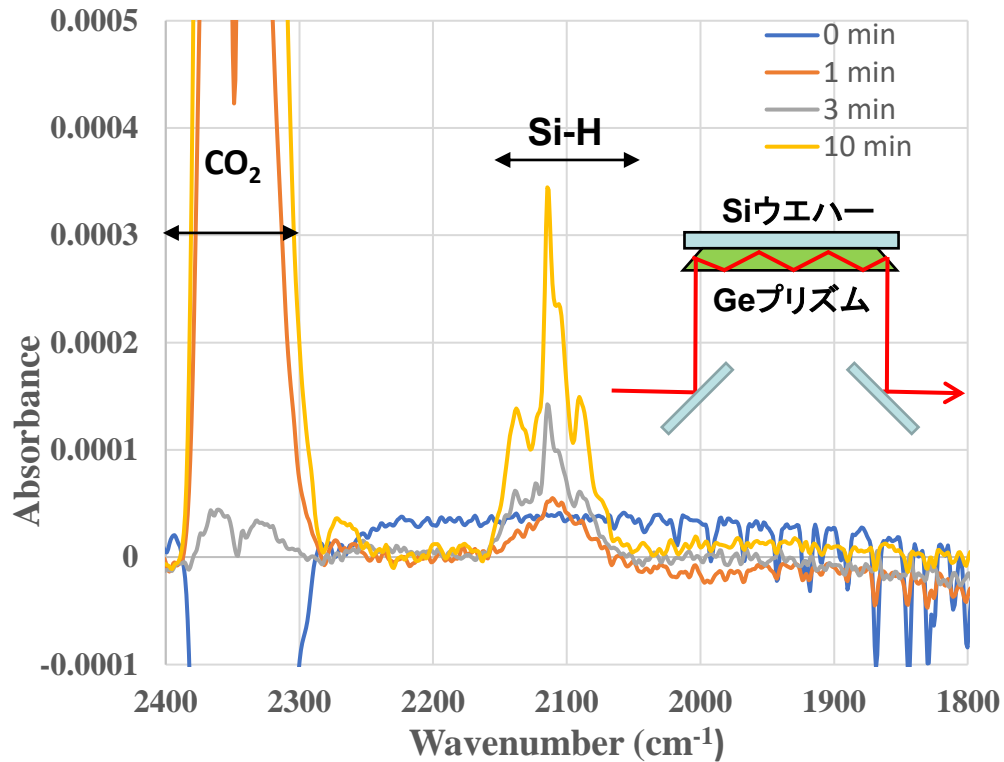
Ts: 350°C



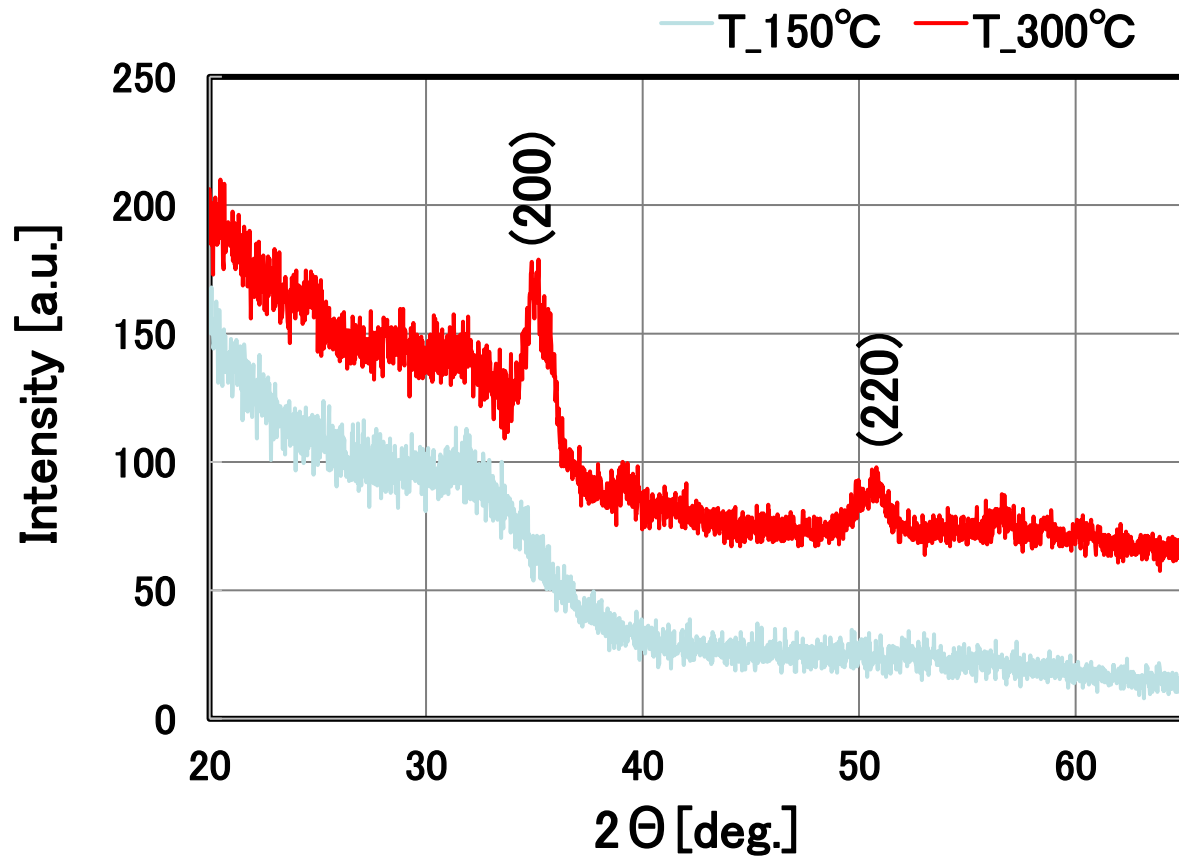
In-situ エリプソによる成長速度と インキュベーション時間



FT/IR ATRによるSi表面の水素終端の様子



ALD成膜温度によるHfO₂膜の結晶性



ナノプロセッシング施設 (NPF)

つくばエクスプレス終点つくばセンターから
連絡バスで15分



登録装置台数: 99台
クリーンルーム: 600m²

リソグラフィ: 電子ビーム描画装置
マスクレス露光装置
i線露光装置

加工: 成膜装置 (スパッタ、蒸着、ALD)
各種エッチング装置

計測: 走査電子顕微鏡 (SEM)
走査型プローブ顕微鏡