

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」

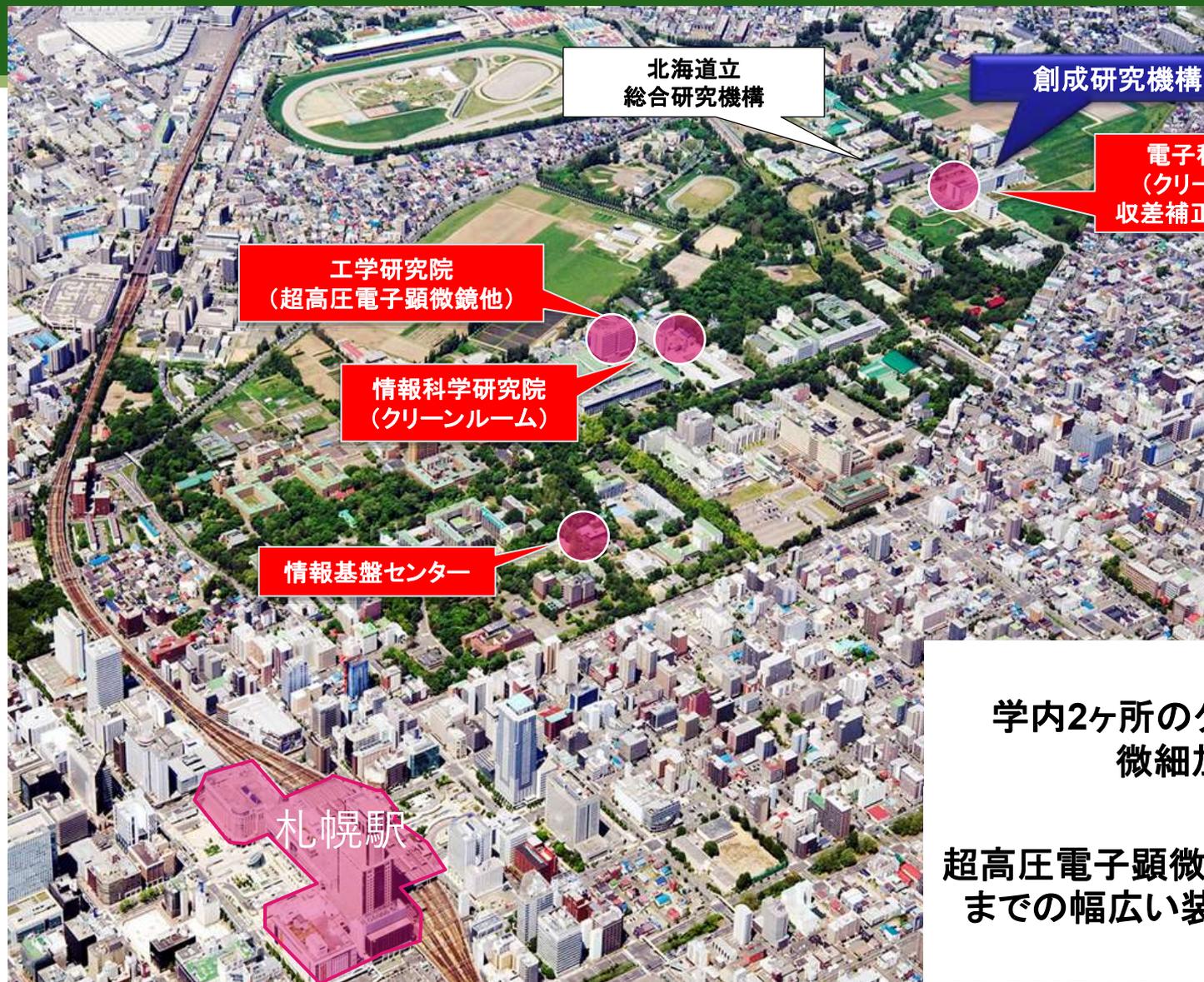
北海道大学施設紹介
(ALDおよび分析技術)

2025年8月6日

北海道大学 創成研究機構 ナノテクノロジー連携研究推進室

松尾 保孝

北海道大学 機関紹介



北海道立
総合研究機構

創成研究機構

電子科学研究所
(クリーンルーム、
収差補正電子顕微鏡)

工学研究院
(超高圧電子顕微鏡他)

情報科学研究院
(クリーンルーム)

情報基盤センター

札幌駅

学内2ヶ所のクリーンルームで
微細加工支援

超高圧電子顕微鏡から表面分析機器
までの幅広い装置で構造解析支援

北海道大学マテリアル先端リサーチインフラ支援体制

微細加工装置群 (35台以上)



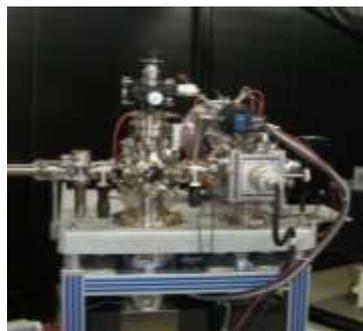
超高精度電子線描画やレーザー描画装置による微細加工



加熱・ラジカル銃による
反応性スパッタ



プラズマALD
(R2 補正装置)



時間分解光電子顕微鏡
による状態解析



紫外可視近赤外顕微分光装置
による基礎データ収集

構造解析装置群 (25台以上)



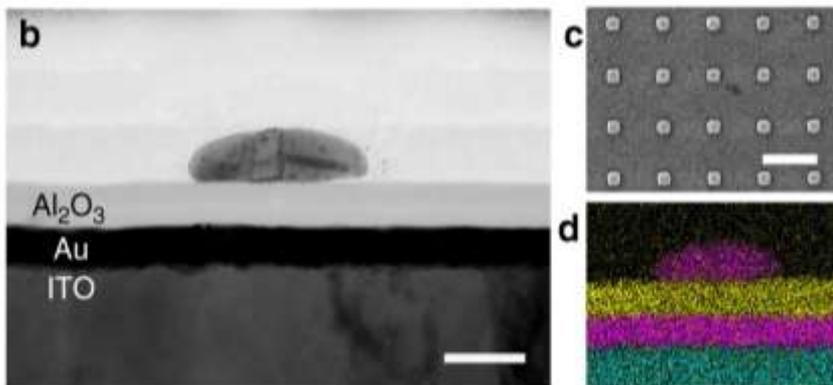
収差補正電子顕微鏡やFIB-SEMによる構造解析

60台を超える装置で加工・分析の一体的支援

支援技術例



超高速スキャン
電子線描画装置



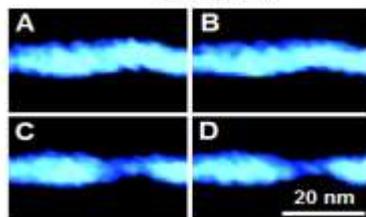
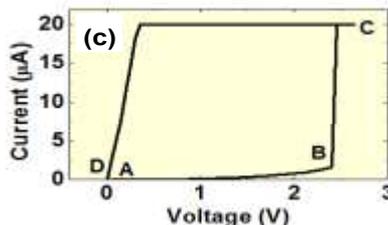
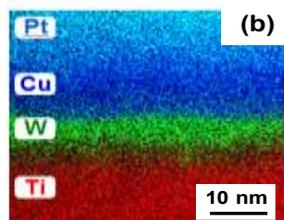
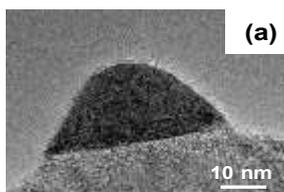
強結合プラズモンデバイス作製
金ナノ構造を数10nmの誘電体層を
挟んで積層したデバイスにおいて、
光との特異な強結合状態が誘起さ
れることを明らかに。
アンモニア合成などへも応用が進む。

Nature Comm., 9, 4858 (2018)
Nature Nanotech., 13, 953–958 (2018)

フォトリソグラフィ支援



収差補正TEM・STEM



ReRAMの動作原理検証

実用ReRAMと同等の100nm以下の
デバイスをFIB装置で効率良く作製。
In-situ TEM観察によってReRAMの
絶縁層中のナノフィラメント形成やス
イッチング動作詳細を明らかに。

電子デバイス解析支援

北海道大学の支援装置(原子層堆積装置)

【仕様】

サンプルサイズ:6インチφ

ソースライン:6ライン

内訳

酸化剤ライン(H_2O 、 O_3)

液体ソースライン(4つ)、固体ソースライン(1つ)

タッチパネル式による操作

キャリアガス: N_2

【特徴】

(1)トップフロー式

(2)600度までチャンバー加熱可能

(3)固体ソース用加熱ヒーターにより200度まで加熱できるソースライン装備



粉末に対応した原子層堆積装置の紹介

粉末対応 原子層堆積装置



成膜材料: Al_2O_3 、 TiO_2 (酸化剤 H_2O)

小片～8インチウエハまで可能

粉末材料への成膜可能

成膜量 1g～15g程度 (粒径に依存します。)

粒子への均一性を向上させる
超音波分散システム搭載

多孔体への成膜精度を向上させるフローモードレシピ搭載

実績: 200nm程度のナノ粒子へ10nm程度の均一な成膜は可能
(ただし、粉体量の制約などあり)

プラズマ原子層堆積装置の紹介



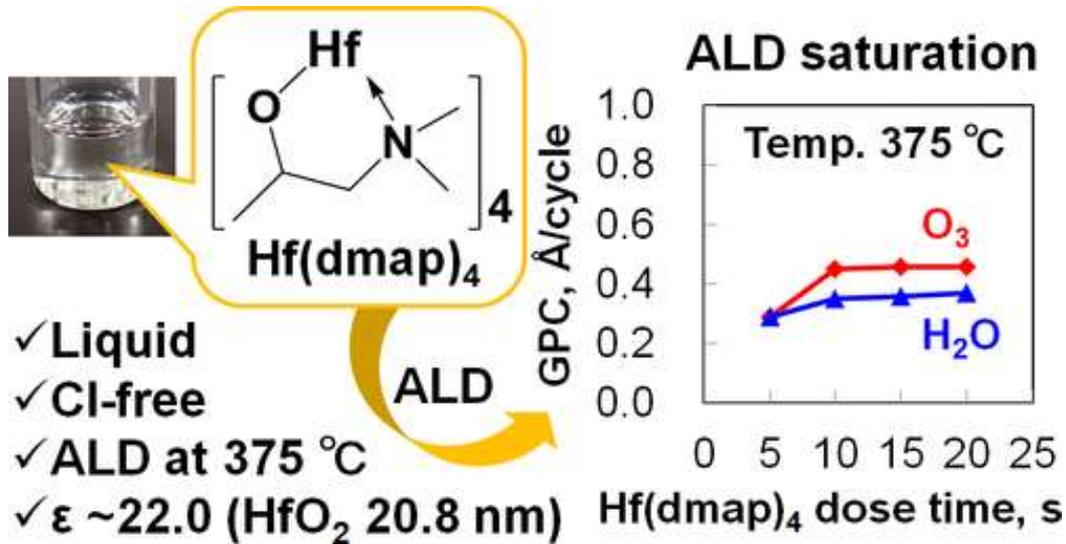
サムコ AD-230LP

- ・8インチウエハ対応(ロードロック式)
- ・プラズマALD
- ・ H_2 、 NH_3 ガス導入
- ・酸化剤は H_2O 、 O_3 利用可能
- ・キャリアガスは N_2 、Arの切り替え可能

今まで以上に多様な材料へ対応

北海道大学支援成果(量子・電子制御領域)

新規ALD材料による成膜プロセス構築



ハロゲンフリーの高誘電材料成膜

支援:ALDによるプロセス支援

持ち込み材料による成膜現

ACS Appl. Nano Mater. 2023, 6, 19, 18029-

先端材料のプロセス開発を積極的にサポートします。

様々な材料・構造への成膜

【これまでに試した成膜基板・材料】

・シリコン

・ITO基板

基板配置により、表面のみでなく裏面まで成膜可能

・FTO基板

空中に浮かせる、立てかけるなどの工夫をすれば・・・

・STO基板

逆に、保護をしないと回り込んであらゆる部分に製膜される恐れも。

・TiO₂基板

様々な素材へ成膜可能ですが反応温度
(100度以上、材料によっては300度以上)
に耐えられるかが重要になります。

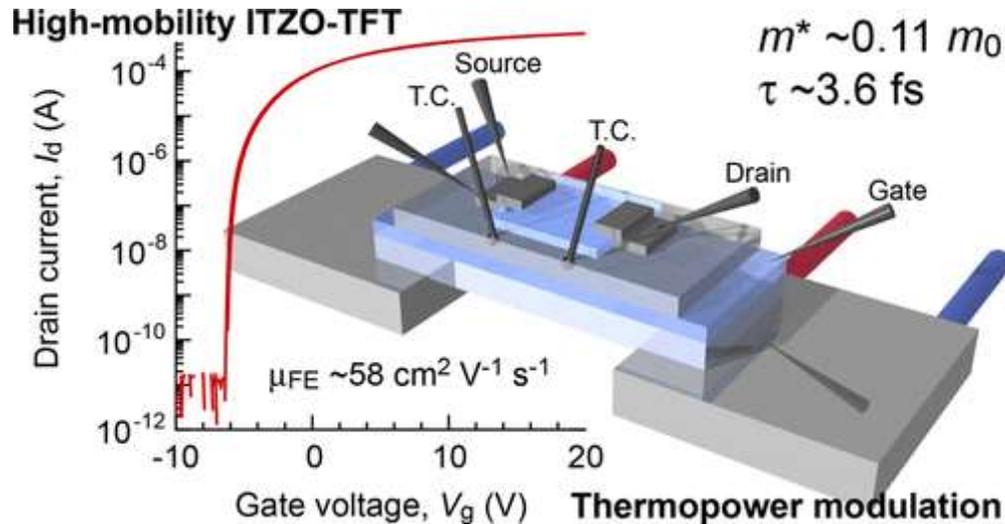
・高分子フィルム

基板以外にも、生物試料、MEMSデバイス、3次元構造体(容器)、特殊部品

北海道大学支援成果(量子・電子制御領域)

透明酸化物半導体ITZOの高移動度の解明

北大電子研(太田教授、曲助教)



ITZO薄膜及びITZO薄膜トランジスタの機能解明

支援:ALDによる絶縁膜作製
安定したデバイス稼働を実現

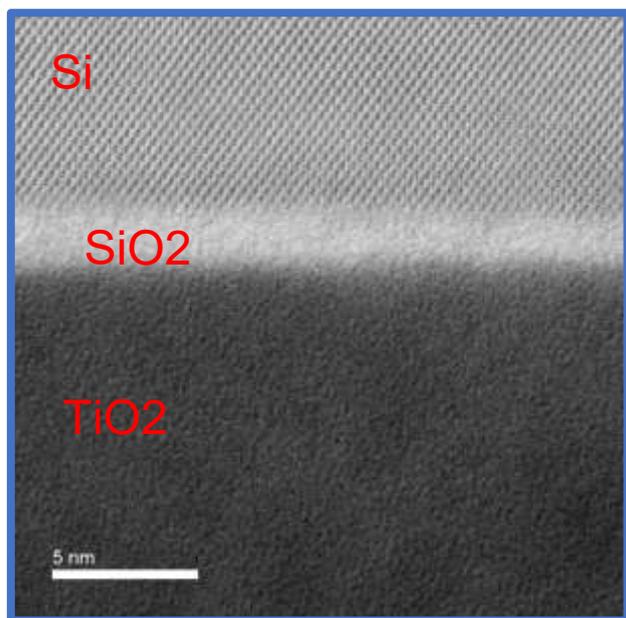
ACS Appl. Electron. Mater. 2022, 4, 10, 5081–5086

研究グループ独自の熱電能電界変調法により、ITZO薄膜及びITZO薄膜トランジスタの熱電能を計測・解析、優れた特性を見いだす

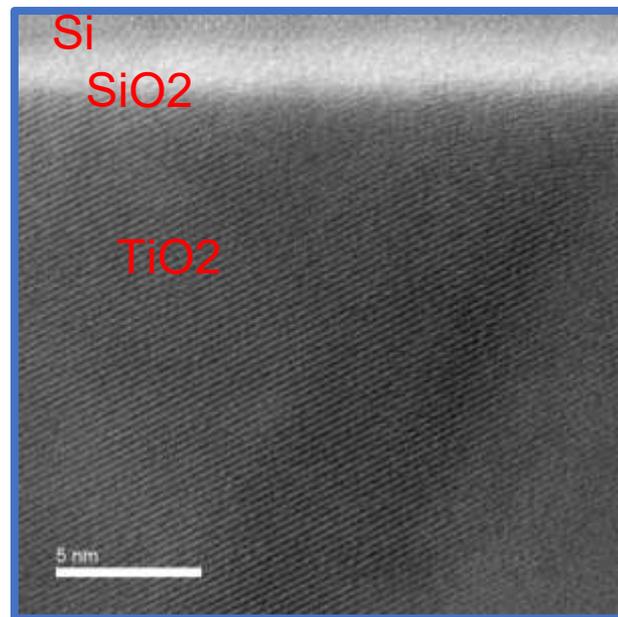
成膜評価技術

成膜温度が膜質に影響を与えるケース

TiO₂成膜



100度



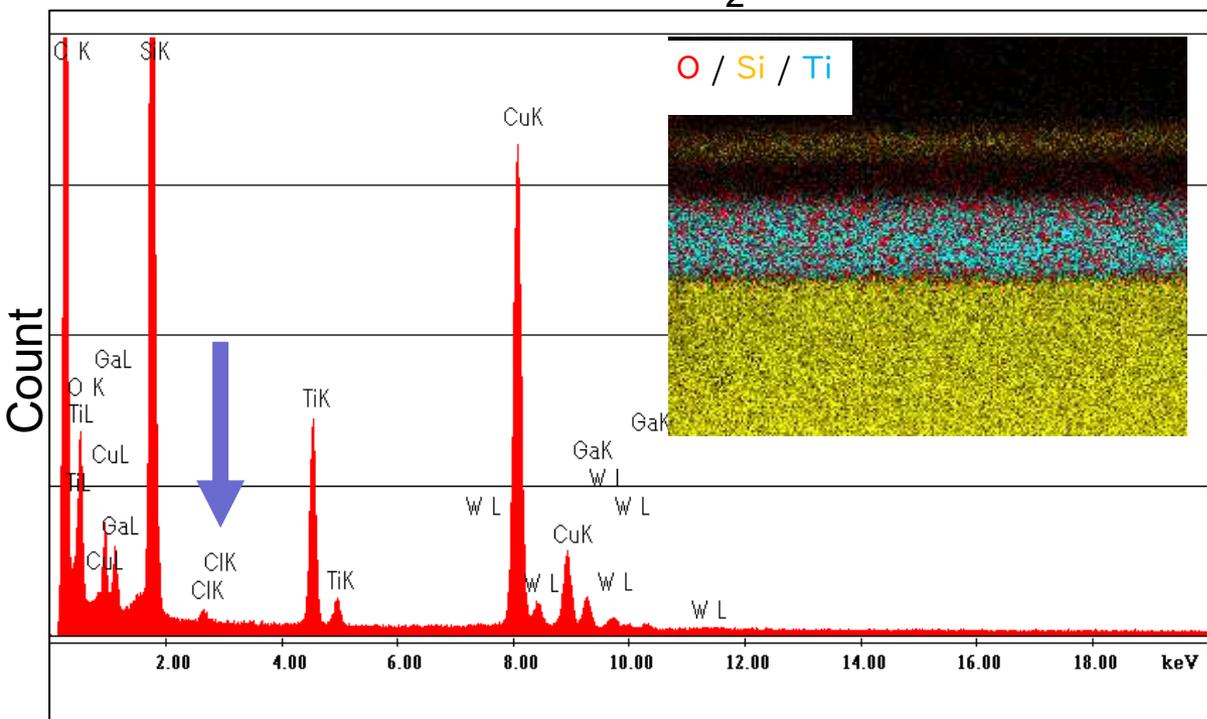
300度

TEM観察の結果、高温で結晶性が向上 (GPCも異なっている)

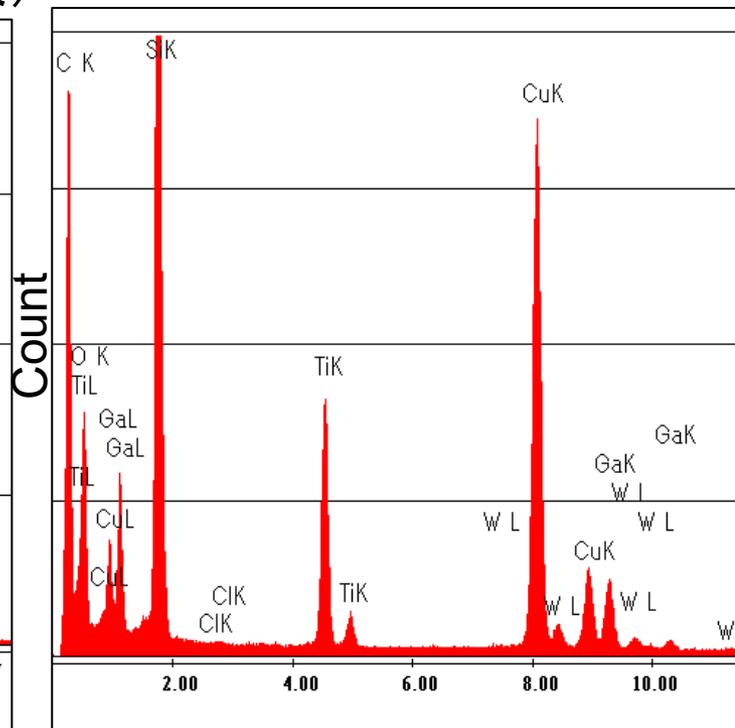
成膜評価技術

成膜温度が膜質に影響を与えるケース

TiO₂成膜(EDS分析結果)



100度

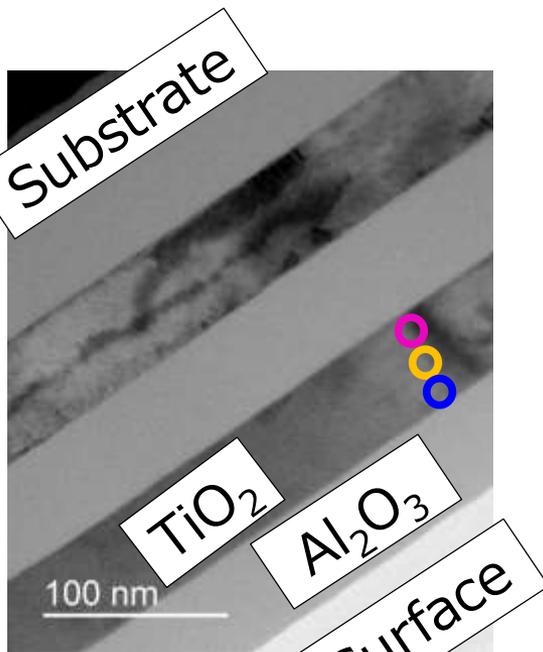


300度

高温ではClのコンタミネーションが現象(原料がTiCl₄)

成膜評価技術

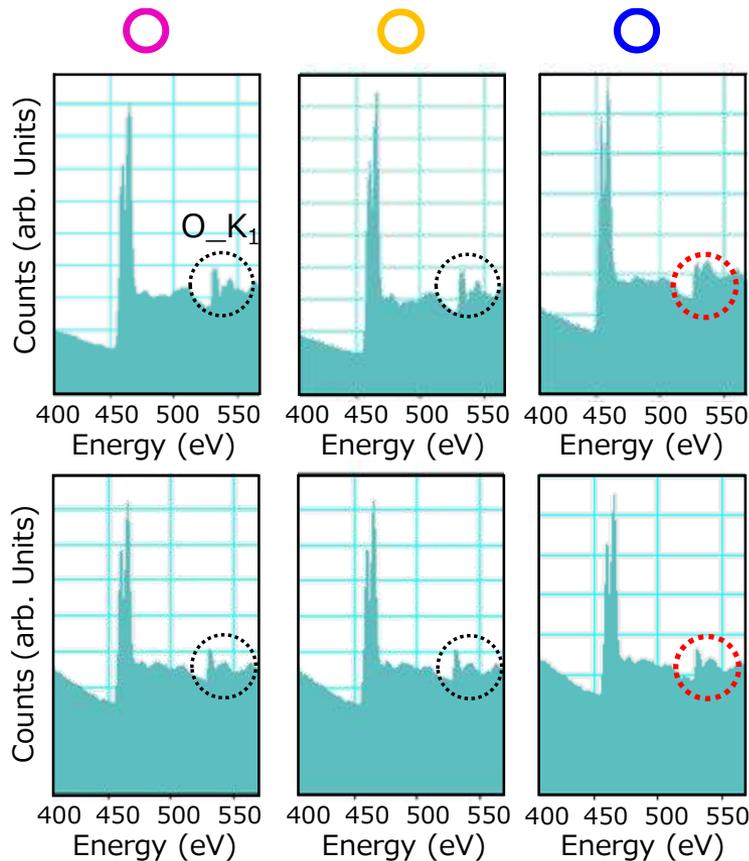
STEM-EELSによる酸素欠損の解析(積層構造膜)



TEM image of samples for EELS

水

オゾン



収差補正透過電子顕微鏡

TiO₂層からAl₂O₃へ酸素が拡散

成膜装置の紹介

多元スパッタ装置

ヘリコンカソードを用いたスパッタ

(誘導結合RFプラズマ支援マグネトロンスパッタ)



(アルバック:QAM4-ST5)

チャンバー1:4元(RF/DC、2元はヘリコン対応)

チャンバー2:3元(RF2/DC1)

ラジカルイオンガン+700°C加熱で
窒化物・酸化物も実現

自動成膜レシピで、多層膜へも対応

サンプルサイズ:ウエハ4インチまで
(対向成膜は25ミリ角まで)

パルスレーザー堆積装置



エキシマーレーザーを用いて1~2cm角
基板への高品質酸化物薄膜作製

RHEED装備

800度までの基板加熱機構有り

成膜材料については応相談

ALDプロセスを含めた加工・解析支援



ご希望の成膜材料などを考慮の上、
ご相談ください。

北海道大学 ナノテクノロジー連携研究推進室
E-mail: material-dx@cris.hokudai.ac.jp
Phone: 011-706-9340
<http://arim.cris.hokudai.ac.jp/>