

水系前駆体溶液とエキシマ光を用いた酸化インジウム薄膜トランジスタの作製と特性評価

○(M1)笠原 綾祐¹, (M2)駒井 伯成¹, 和田 英男¹, 小山 政俊¹, 藤井 彰彦¹,
清水 昭宏², 竹添 法隆², 山口 紫苑², 伊藤 寛泰², 前元 利彦¹

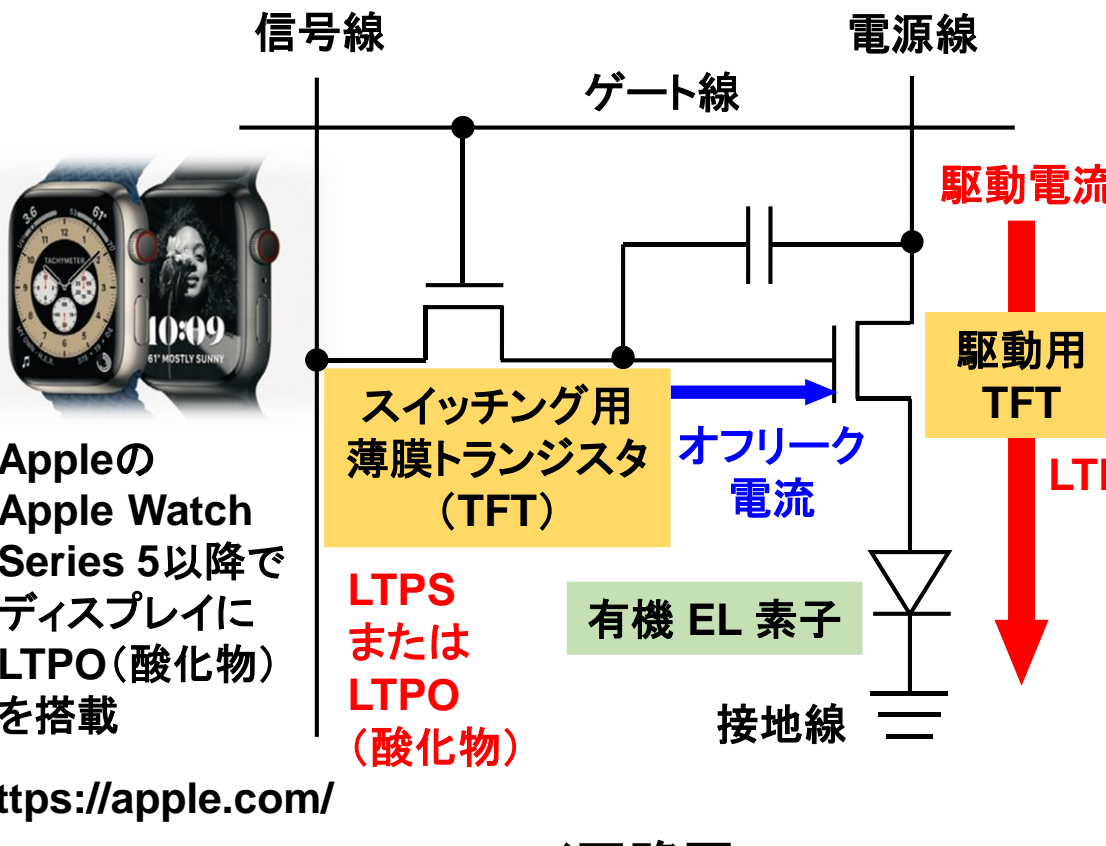
¹ 大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイス研究センター

² ウシオ電機株式会社 Industrial Process 事業部 光プロセスGBU

E-mail: m1m23308@oit.ac.jp, toshihiko.maemoto@oit.ac.jp

研究背景

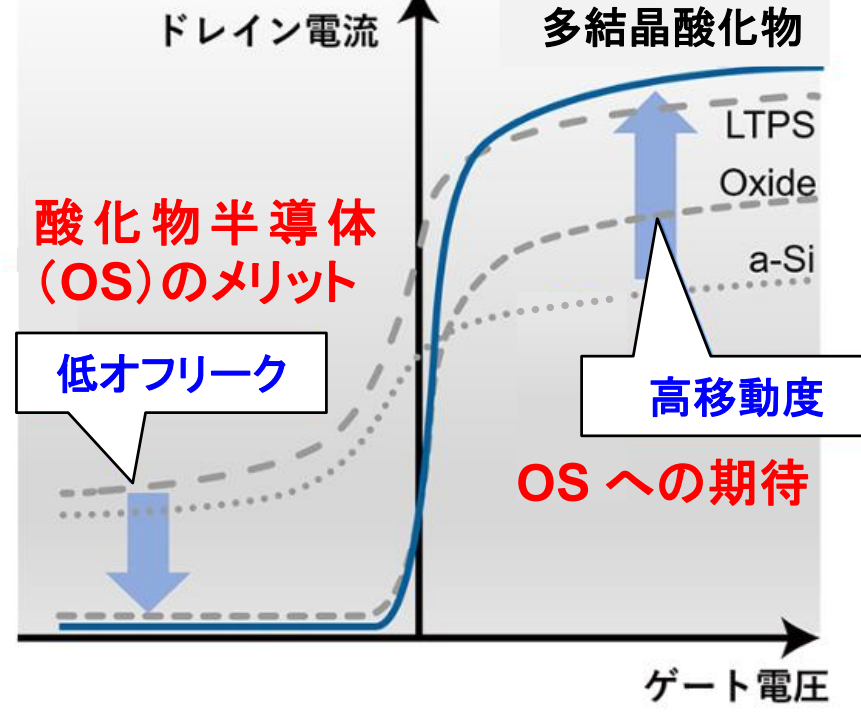
酸化半導体の OLED への応用



酸化半導体はLTPSよりオフ電流が小さく、消費電力低減につながる。一方、移動度はLTPSに劣るため、TFTアレイのうちスイッチングTFT(LTPO)に用いられる。
→ 駆動用TFTには移動度向上が重要。

酸化インジウム(In₂O₃)

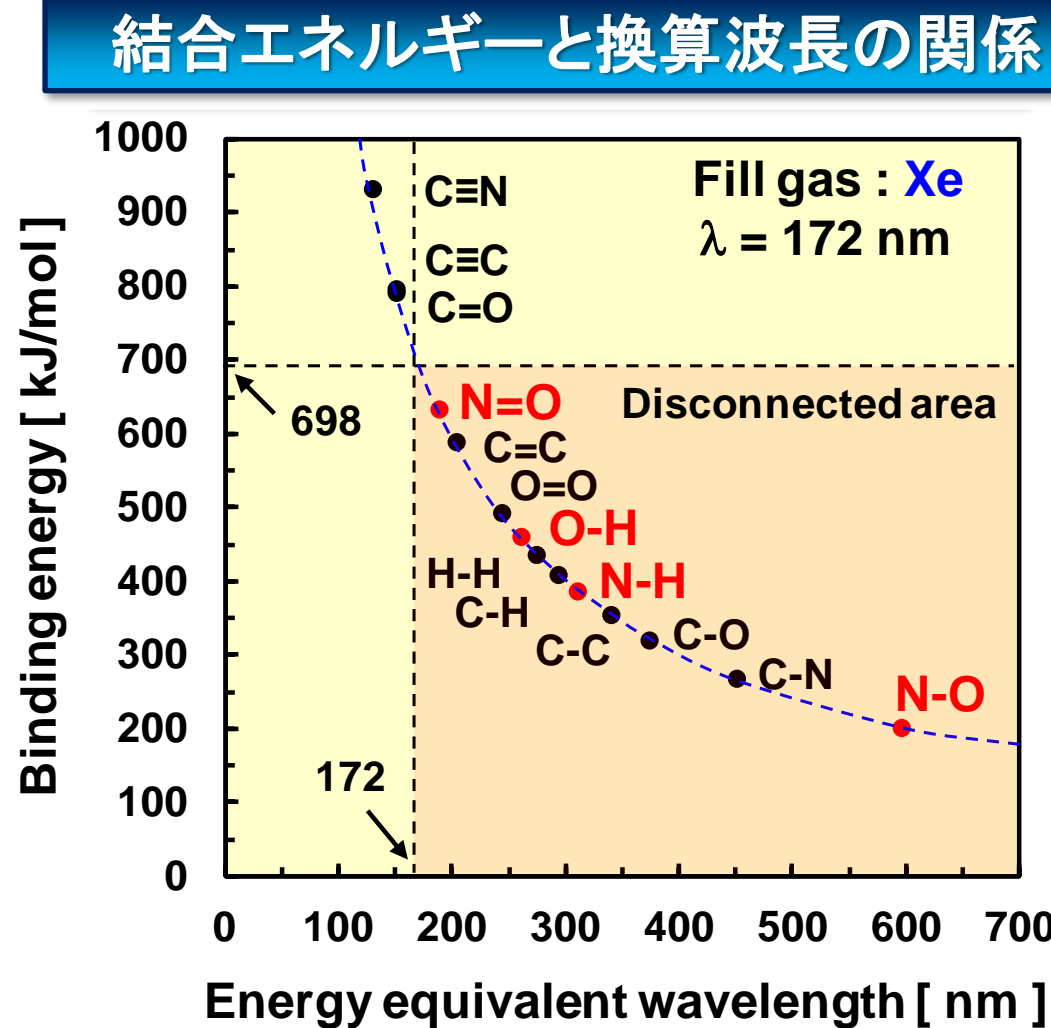
- 単結晶: 160 cm²/Vs (R. L. Weither, J. Appl. Phys. 33, 2834-2839 (1962).)
- 水素添加多結晶: 139 cm²/Vs (Y. Magari et al, Nature. Com. 13, 1078 (2022).)



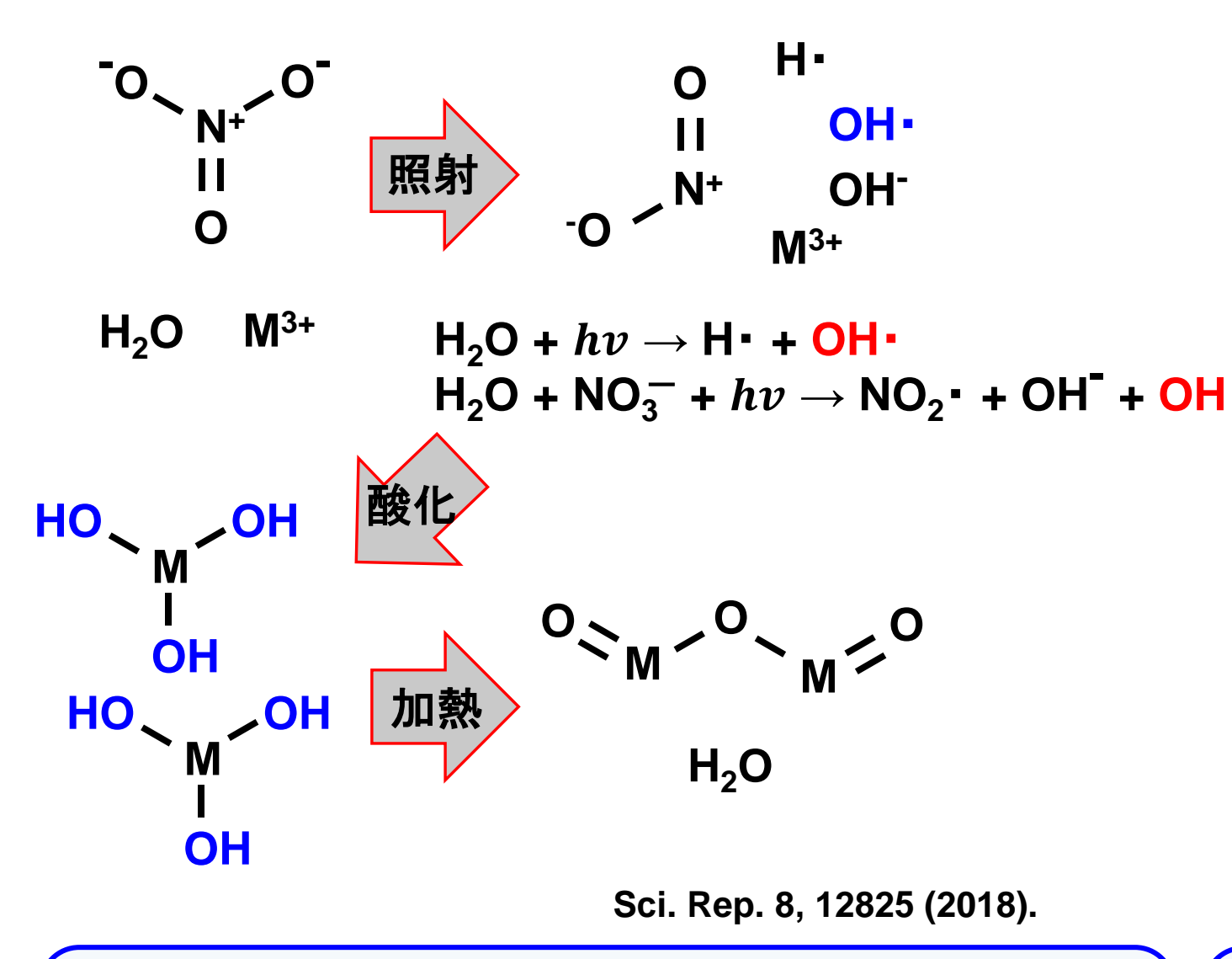
低リーク、高移動度を有することから、スイッチング用および駆動用TFTの両方を担える特性を持つ。

エキシマ光について

- 充填希ガスが放電プラズマにより励起されて瞬間的にエキシマ状態となる。
- エキシマ状態から基底状態に戻るときに特有のスペクトルを発光する。

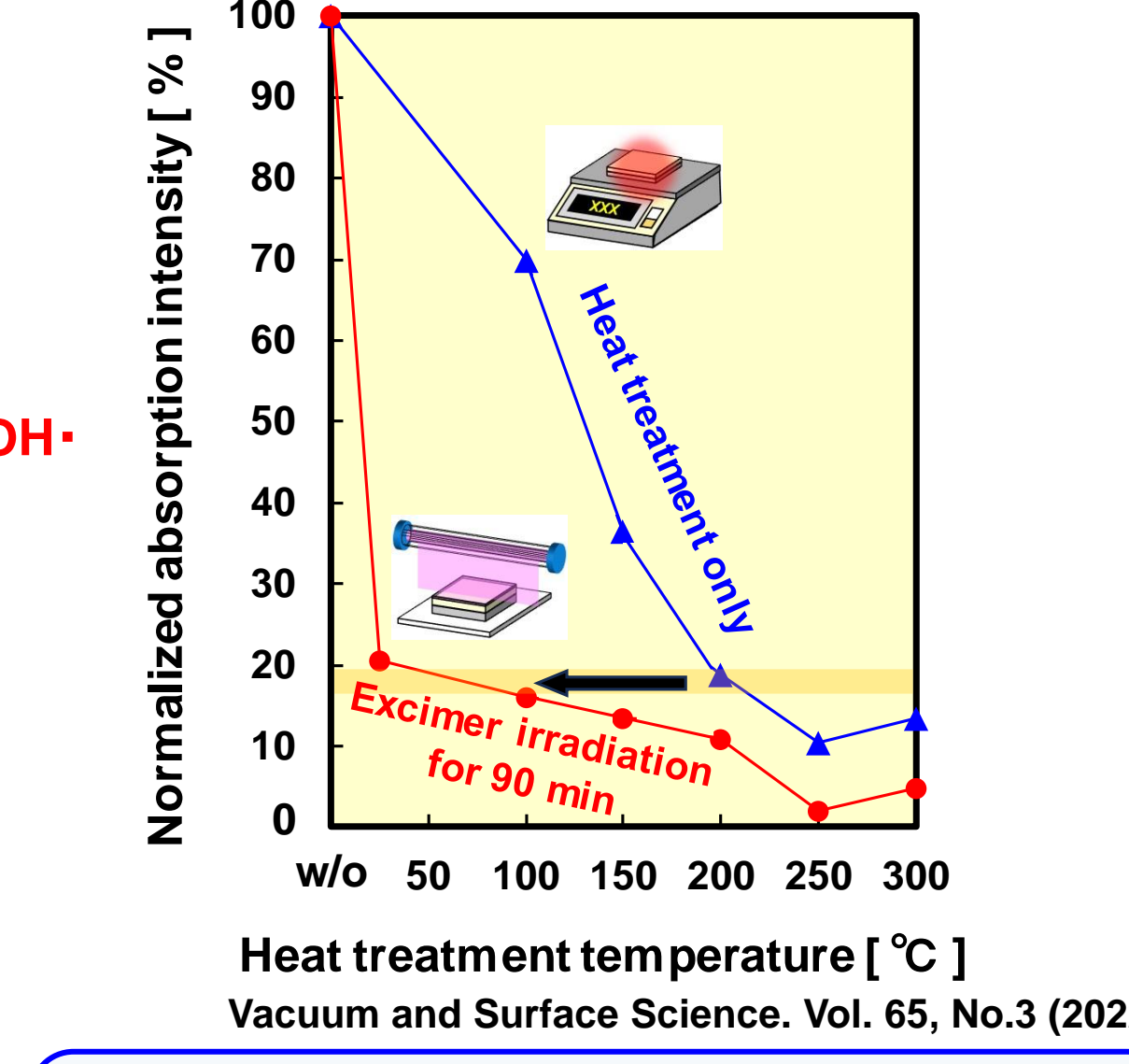


エキシマ光アシストプロセス



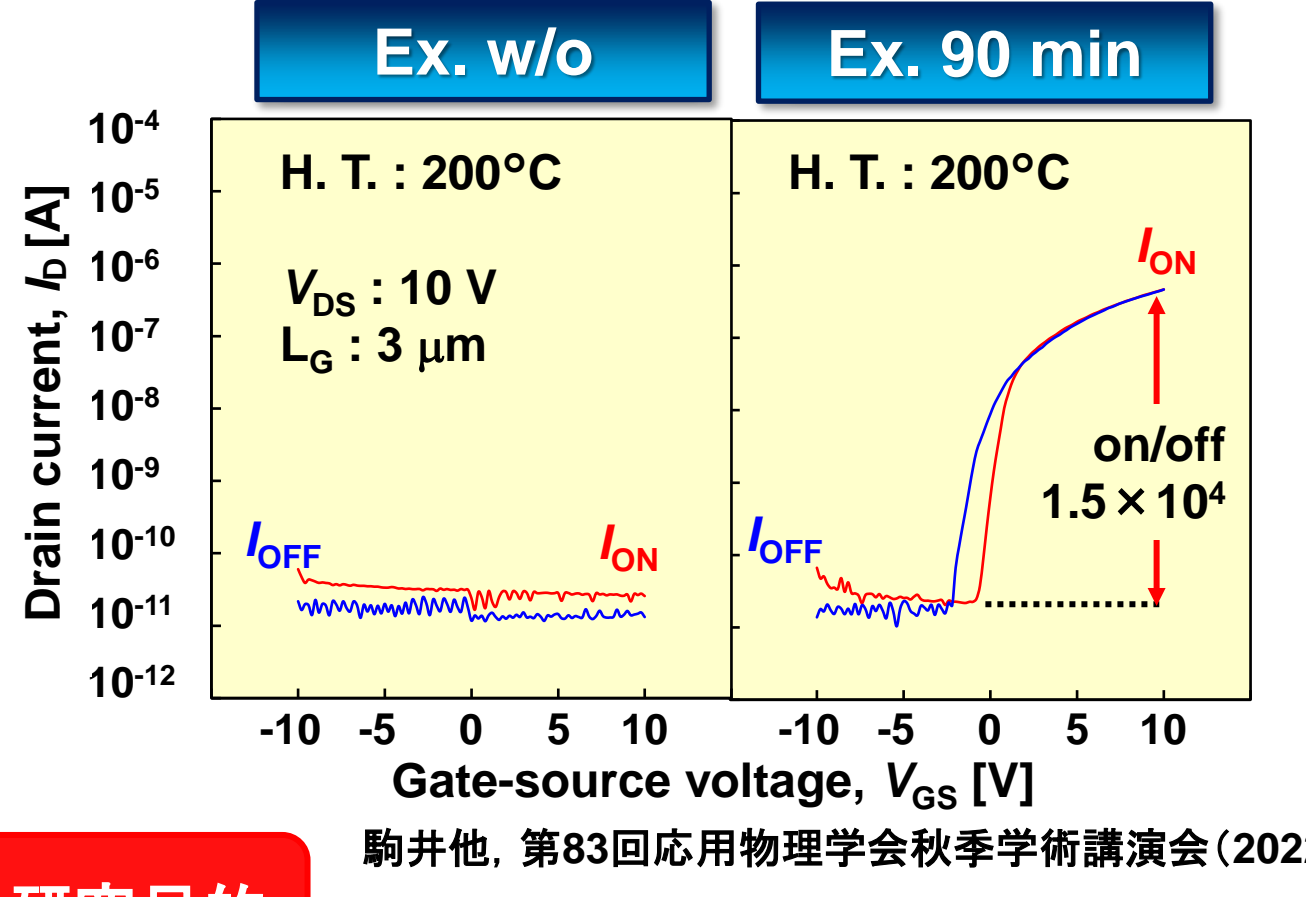
成膜後、基板上的の前駆体溶液にエキシマ光を照射し、不要な分子を分解。その後の熱処理によって酸化物(In₂O₃)が結晶化しやすくなる。

FTIR測定結果(OH基の減少効率)



従来の熱処理のみのプロセスに比べて、エキシマ光を照射することで100°C程度のプロセス低温化を実現できることを示唆。

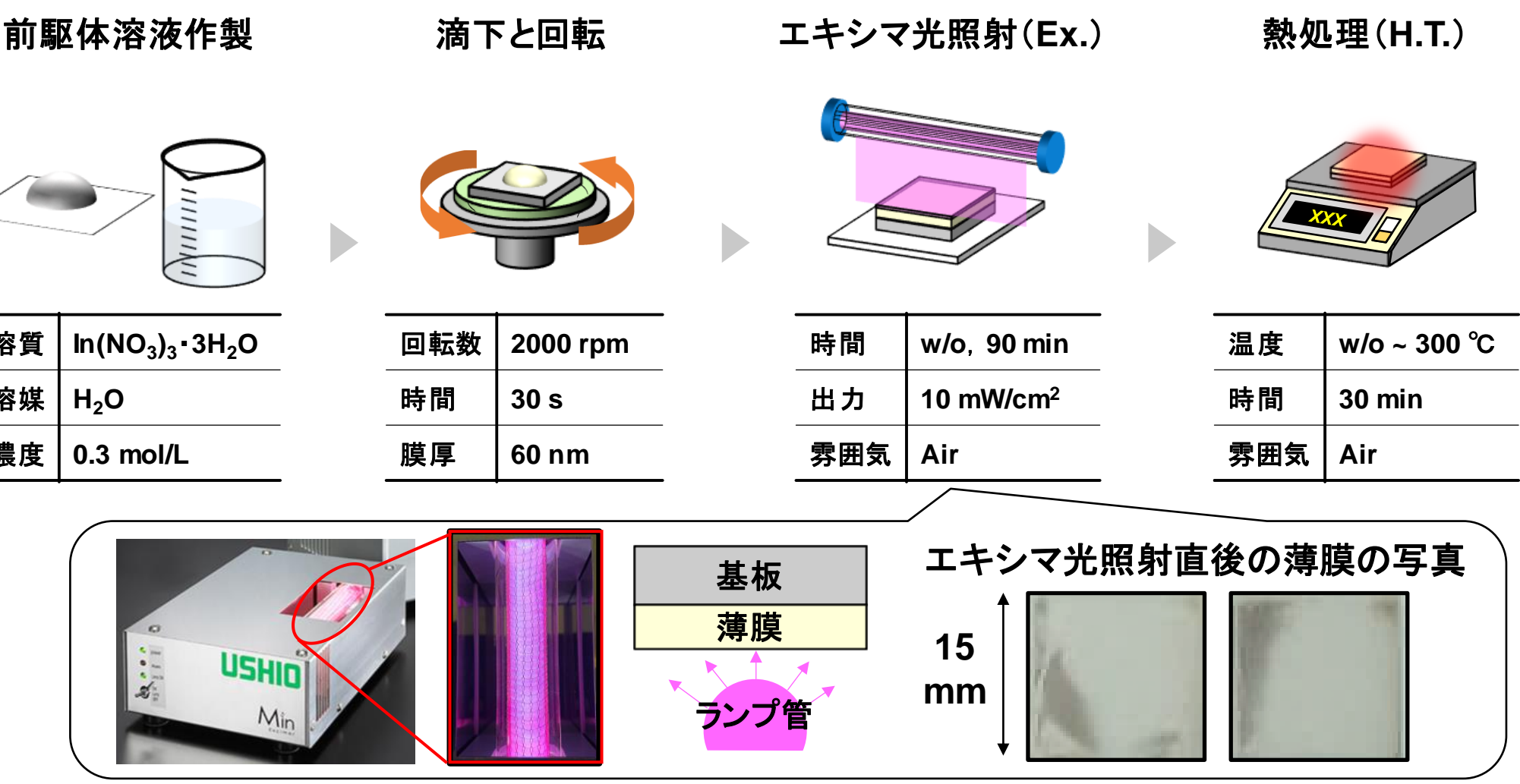
今までの研究成果と目的



- 研究目的**
- 溶液塗布プロセスとエキシマ光を用いて作製した酸化薄膜とTFTの特性評価を行うことで、プロセスにおけるエキシマ光の有用性を明らかにする。
 - 300°C以下のプロセスで、LTPSに匹敵する電界効果移動度 (60~100 cm²/Vs) を持つ実用レベルのTFTの実現を目指す。

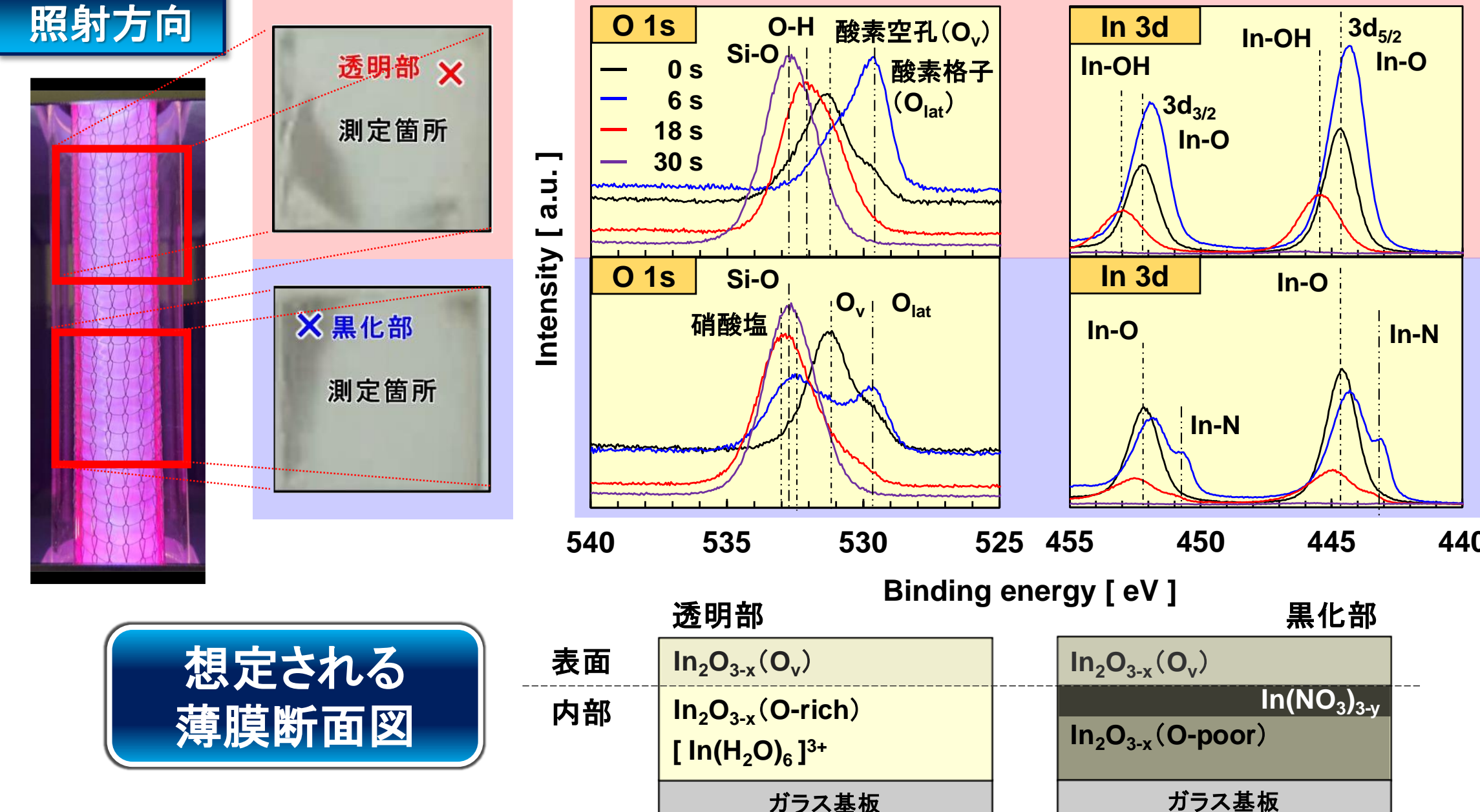
成膜方法

エキシマ光を用いた成膜プロセス



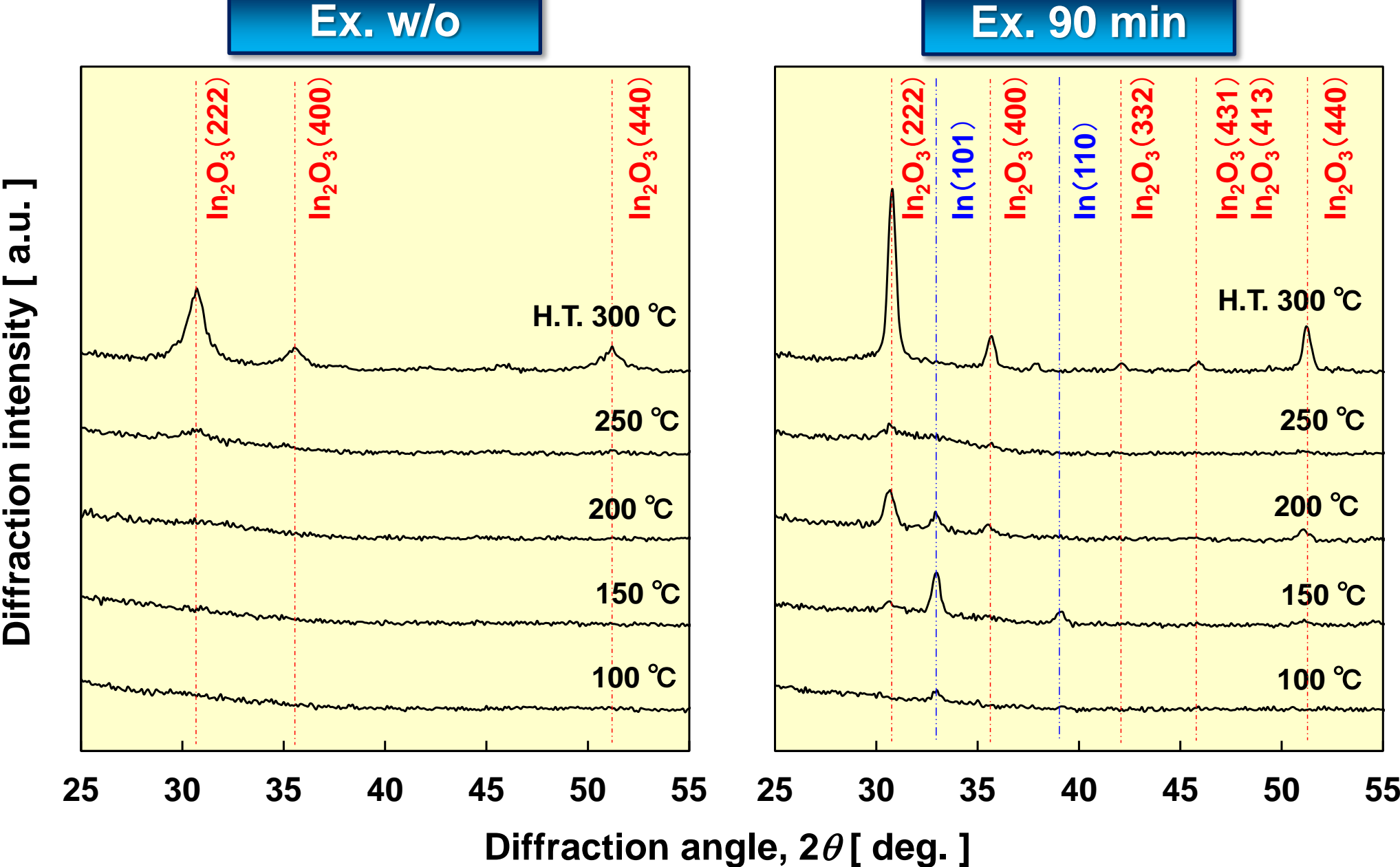
- 薄膜の OH 基の存在量 → フーリエ変換赤外分光 (FTIR) 測定
 薄膜の元素組成, 結合状態 → X線光電子分光 (XPS) 測定
 薄膜の結晶構造 → 微小角入射 X線回折 (GI-XRD) 測定

XPS測定結果



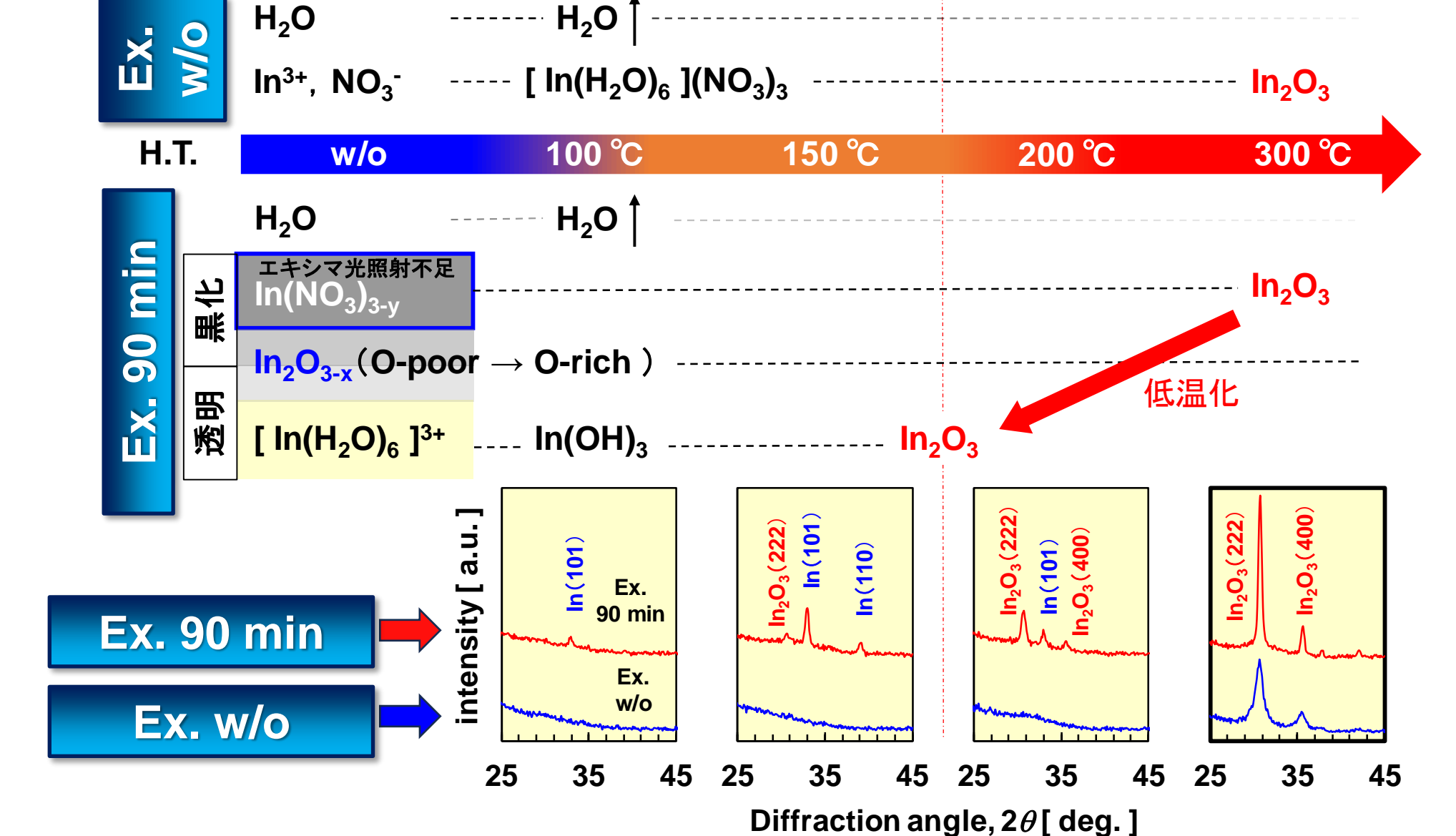
最表面はどちらもアモルファスIn₂O₃。透明部分の膜内側ではNは含まれず格子構造。黒い部分は酸素欠損が多いアモルファスのIn₂O₃が形成、In-Nのピークも観測された。

GI-XRD測定結果



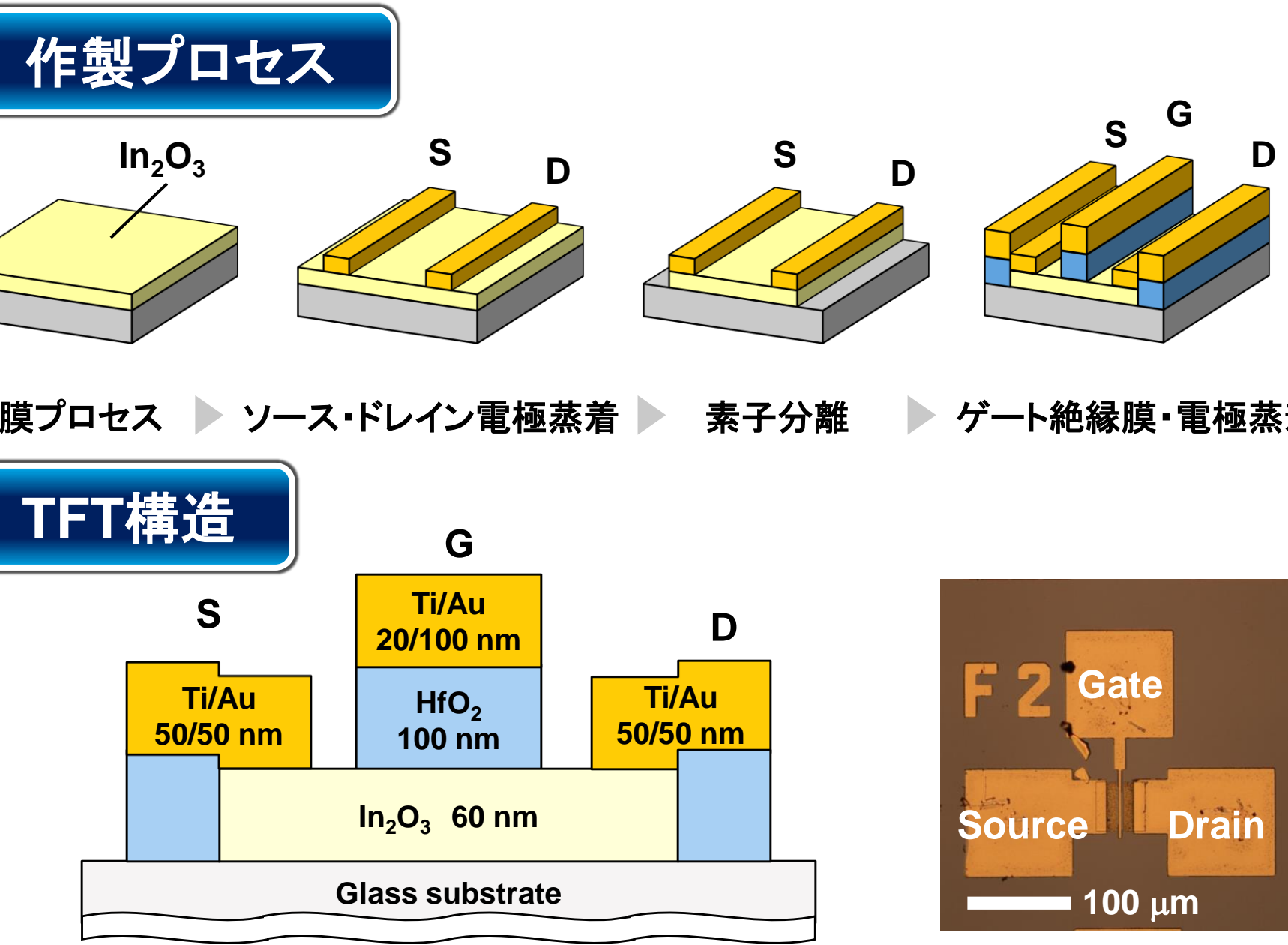
エキシマ光照射によって前駆体溶液中の分子が分解、熱処理によってIn₂O₃の結晶化が進行していることが分かった。300°Cの熱処理で残存していた硝酸イオンも分解され、In₂O₃(222)からの回折ピーク強度が増加。

想定される硝酸塩の分解・酸化



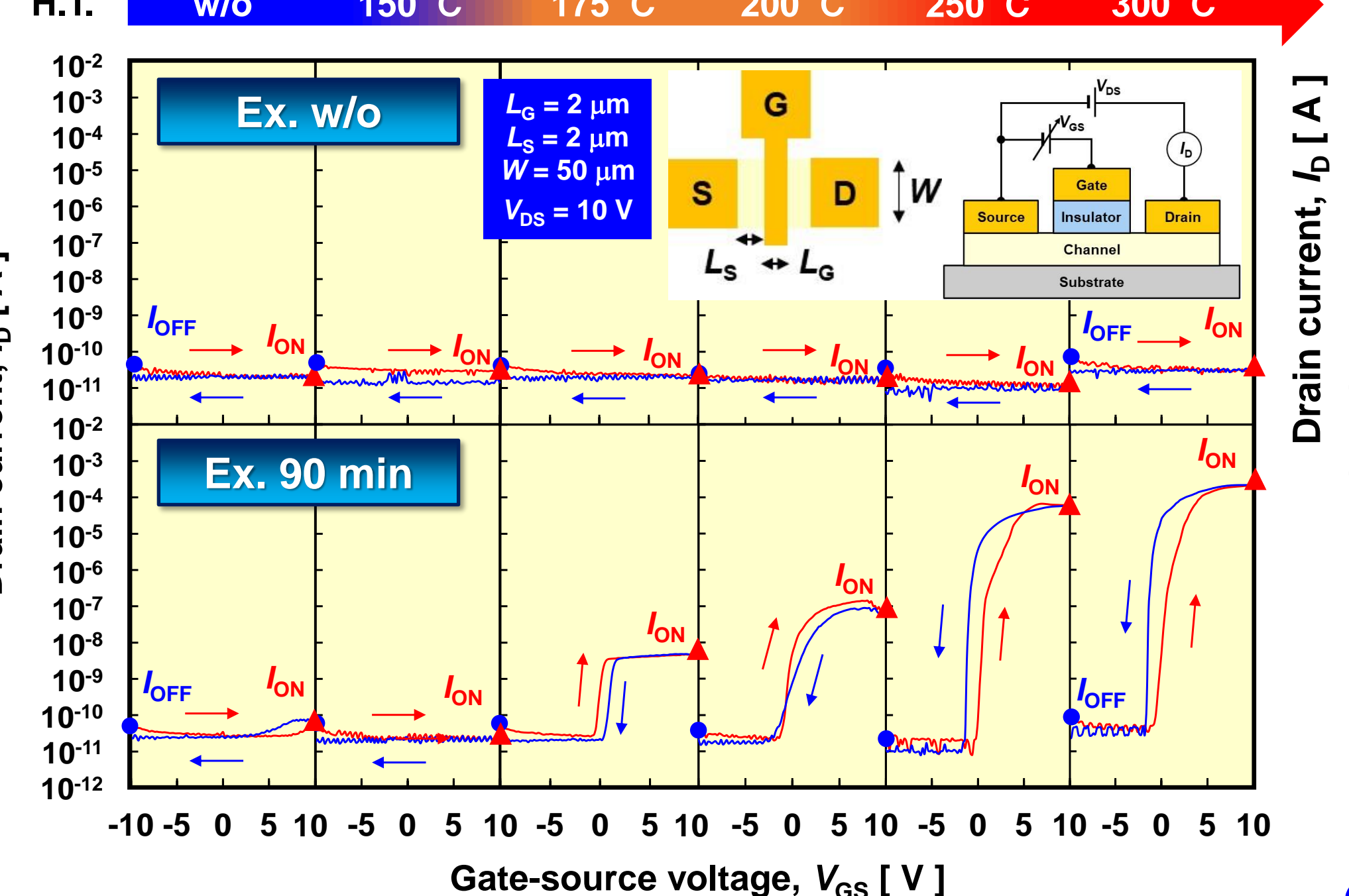
XPSのスペクトルも併せて考察すると、エキシマ光照射した試料では分解が進行、窒素が膜中から揮発することでIn(OH)₃が形成され、その結果、In₂O₃の形成温度を175°Cから200°Cに低温化できると考えられる。

TFTの作製プロセスと構造

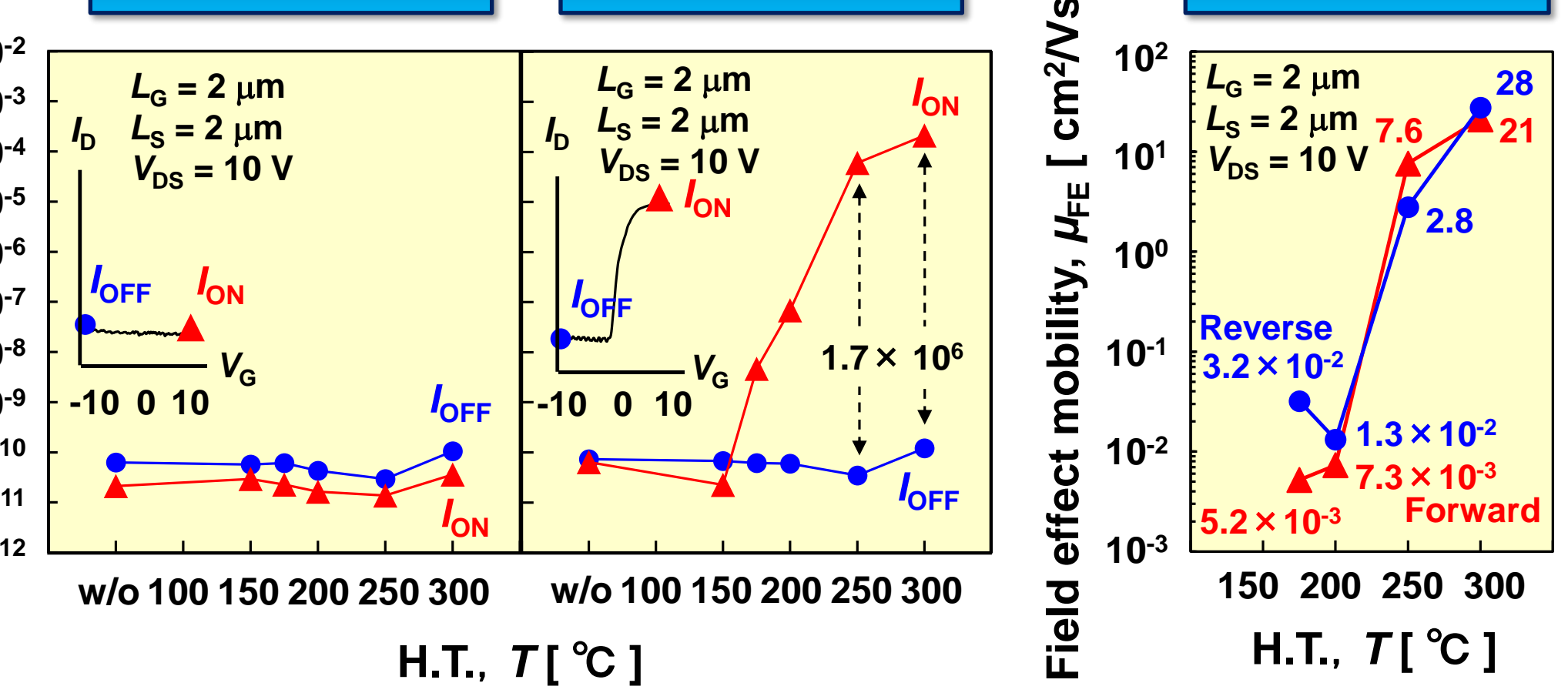


ボトムゲート型に比べて、トップゲート型は素子面積が小さい。⇒ 容量が小さく、応答速度の点からOLEDに有利な構造。また電流制御が求められるOLEDには高い電流を流すことができる。

TFTの伝達特性と電界移動度



熱処理温度175°Cから明瞭なドレイン電流 ID の変調が観測された。



In ₂ O ₃ -TFT 研究	報告年	成膜手法	μFE [cm ² /Vs]
韓国科学技術院 ^[1]	2023	プラズマ原子層堆積法	129 (H.T. 280 °C)
高知科学大学・島根大学 ^[2]	2022	低温固相結晶化プロセス(水素添加)	139 (H.T. 300 °C)
本研究		溶液塗布プロセス × エキシマ光照射	16 (H.T. 300 °C) (LG = 3 μm)
		(トップゲート型)	28 (H.T. 300 °C) (LG = 2 μm)

LG = 3 μm のとき on/off 比 1.5 × 10⁶, μFE = 16 cm²/Vs, LG = 2 μm で on/off 比 1.7 × 10⁶, μFE = 28 cm²/Vs と高い電界移動度が得られた。

まとめ

- | 従来の技術 | 本研究の成果 (In ₂ O ₃) | |
|-------|------------------------------------------|---------------------------------|
| a-Si | 大面積加工, 低コスト | 硝酸系金属粉末, 水, エキシマ光 |
| LTPS | 高移動度化 | プロセス温度 300 °C |
| Oxide | 低オフリーク電流 | ON/OFF 比 1.76 × 10 ⁶ |

TFT 作製プロセスにおけるエキシマ光の有用性を明らかにし、300°C以下の新規薄膜作製プロセスで実用的なLTPOに匹敵する高い移動度を有する多結晶In₂O₃-TFT を得ることに成功した。

- 今後の展望**
- 構造微細化 (L_{DS}, L_G), 異種接合 (ヘテロ構造) ⇒ 高移動度化 (Appl. Phys. Lett. 121, 233503 (2022).)
 - 成膜プロセス最適化 (照射 & 熱処理雰囲気) ⇒ 低オフリーク化