

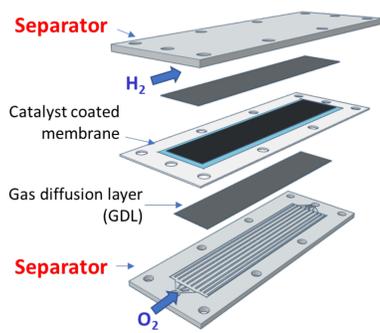
# アナターゼ型TiO<sub>2</sub>薄膜を活用した低接触抵抗・高耐久性セパレータ表面処理技術の開発

団体名：国立大学法人東京大学, 学校法人中部大学  
発表日：2024年7月19日

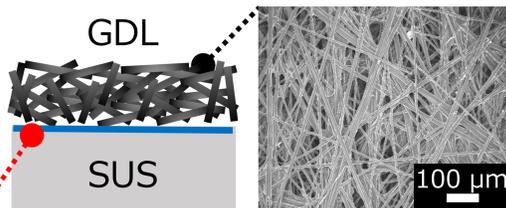
## 1. 序論

### ■ 燃料電池の総コストの28%を占めるセパレーター

(2017. Oct. United States Department of Energy: DOE)



### ステンレス鋼 (SUS) の活用



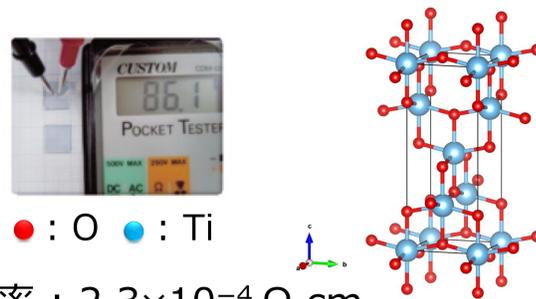
**問題：高い接触抵抗 ~ 200 mΩ cm<sup>2</sup>**

Au: 3.0 mΩ cm<sup>2</sup>, Nb: 10.5 mΩ cm<sup>2</sup>  
F-SnO<sub>2</sub>: 40 mΩ cm<sup>2</sup>, TiAlN: 7.5 mΩ cm<sup>2</sup>  
炭素: 10 mΩ cm<sup>2</sup>  
導電性ポリマー: 80 mΩ cm<sup>2</sup>

**目標値\* : < 3.0 mΩ cm<sup>2</sup>**

\*Japan's New Energy and Industrial Technology Development Organization : NEDO

### ■ アナターゼ型NbドーピングTiO<sub>2</sub> (TNO)



● : O ● : Ti  
• 抵抗率 :  $2.3 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$   
Y. Furubayashi et al., *Appl. Phys. Lett.* **86**, 252101 (2005)  
• 化学的安定性 : ~0.06 nm/min  
(95°C, 95 wt% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)  
Ohkubo et al. *Jpn. J. Appl. Phys.* **50** 018002 (2011)

**目的 導電性TNOのSUSセパレータ保護膜への成膜手法の確立と接触抵抗の低減**

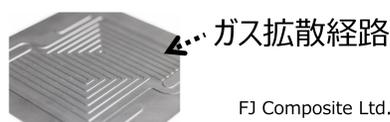
## 2. 実験方法

### ■ ミスト化学気相堆積法 (CVD) によるTNOのコーティング

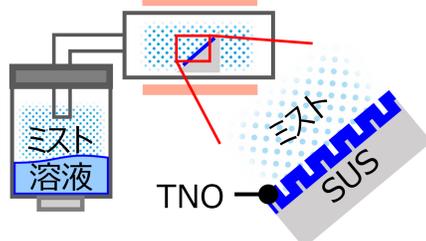
#### SUS セパレーター

#### ミストCVD

電気炉



FJ Composite Ltd.



- 高い被覆率
- 高い成膜レート
- 大気プロセス

**ミストCVDで成膜したTNOの接触抵抗低減の指導原理は未解明**

**課題：凹凸表面への成膜**

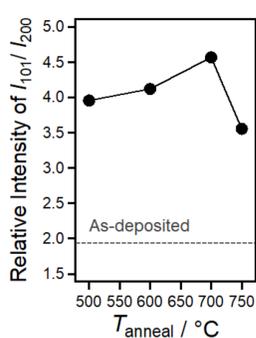
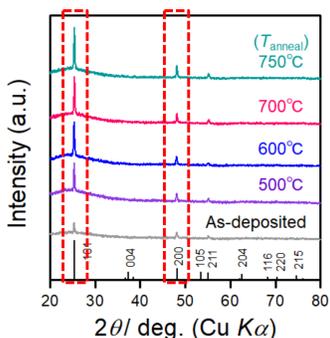
#### ■ 特性評価

結晶構造 (X線回折: XRD), 化学組成 (ラザフォード後方散乱: RBS)  
表面構造観察 (原子間力顕微鏡), 電気伝導性 (van der Pauw法), 接触抵抗 (四端子法)

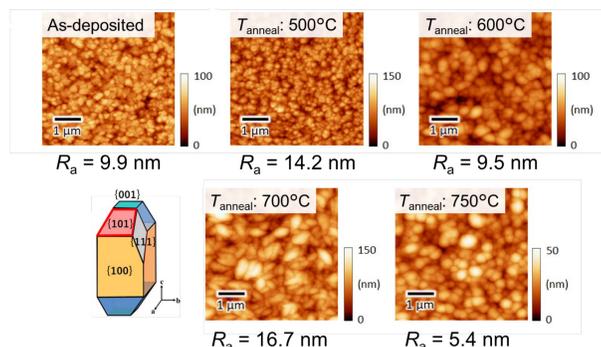
溶質	TTIP + Nb ethoxide
溶媒	ヘキサン
溶質濃度	0.2 mol/L (Nb 40 at%)
成膜温度	500°C
基板 (10×10 mm)	ガラス (Corning EAGLE XG) SUS 304
ガス(キャリア, 希釈)	N <sub>2</sub> (2.5, 4.5 L/min)
膜厚	150 nm (glass)
ポストデポジション アニール温度 (T <sub>p</sub> )	<b>500-750°C</b> (真空条件)

## 3. 結晶構造と表面構造(ガラス基板へ成膜して評価)

### ■ XRDパターン



### ■ AFM像



- ✓ TNO薄膜は、T<sub>p</sub> = 700°Cにおいて(101)面の配向性が最も向上
- ✓ T<sub>p</sub> = 700°Cにおいて、異方性の高い粒子形状へ変化：(101)面の露出を示唆

## 4. 電気伝導性(ガラス基板)

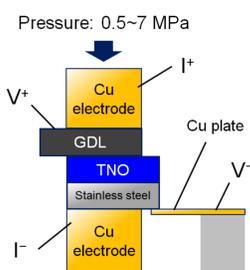
### ■ van der Pauw法

T <sub>p</sub> / °C	低効率 / Ω cm
アニール処理なし	絶縁体
500	6.9
600	7.5 × 10 <sup>-3</sup>
700	6.5 × 10 <sup>-3</sup>
750	6.2 × 10 <sup>-3</sup>

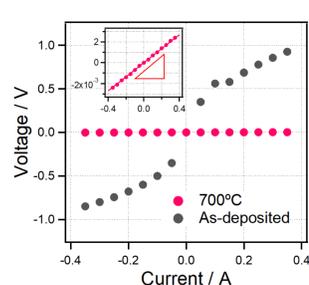
**T<sub>p</sub> > 600°Cにおいて  
抵抗率 ρ ~ 10<sup>-3</sup> Ω cmを達成**

## 5. 接触抵抗(SUS基板へ成膜して評価)

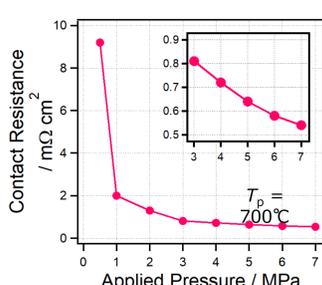
### ■ セットアップ



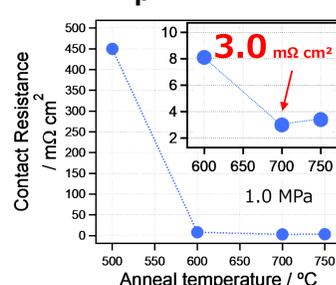
### ■ I-V 曲線



### ■ 印加圧力依存性



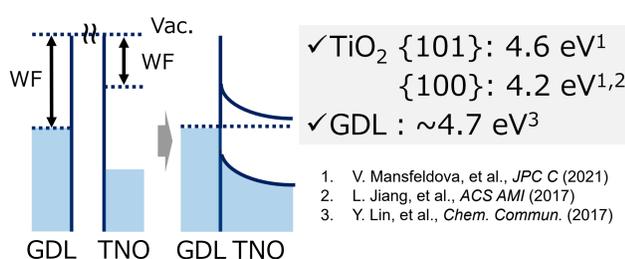
### ■ T<sub>p</sub>依存性



**薄膜はオーミック接触を示し、T<sub>p</sub> = 700°Cで接触抵抗~3.0 mΩ cm<sup>2</sup>を達成**

## 6. 考察

### ■ 仕事関数 (WF)



**TNOとGDLのWF差を低下する  
表面状態の構築が低抵抗化を実現**

## 7. 結論

**アニール温度を最適化することでTNO/GDL界面の接触抵抗~3.0 mΩ cm<sup>2</sup>を達成した**