

# マテリアル先端リサーチインフラ利用報告書

## ARIM User's Report

[Release : 2024.07.25] [Update : 2024.04.19]

### 課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	23HK0102
利用課題名 Title	酸化インジウム薄膜の結晶性評価
利用した実施機関 Support Institute	北海道大学 / Hokkaido Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	外部利用/External Use
横断技術領域 Cross-Technology Area	計測・分析/Advanced Characterization
重要技術領域 Important Technology Area	量子・電子制御により革新的な機能を発現するマテリアル/Materials using quantum and electronic control to perform innovative functions 高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル/Materials allowing high-level device functions to be performed
キーワード Keywords	薄膜、表面・界面、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、電子顕微鏡/ Electronic microscope,表面・界面・粒界制御/ Surface/interface/grain boundary control,集束イオンビーム/ Focused ion beam,X線回折/ X-ray diffraction,電子回折/ Electron diffraction,エレクトロデバイス/ Electronic device,電子顕微鏡/ Electronic microscope,表面・界面・粒界制御/ Surface/interface/grain boundary control

### 利用者と利用形態 / User and Support Type

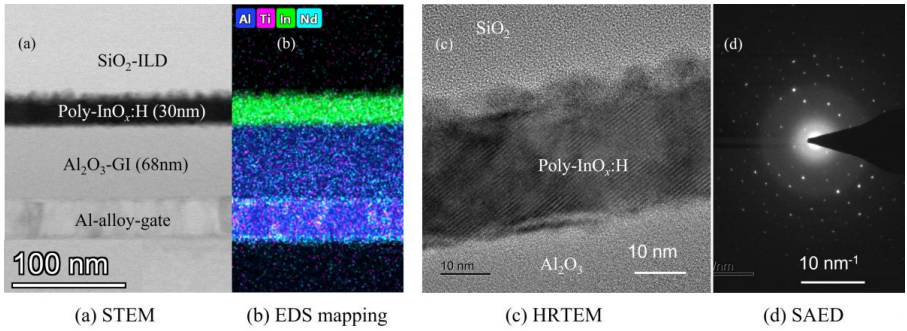
利用者名（課題申請者） User Name (Project Applicant)	古田 守
所属名 Affiliation	高知工科大学 ナノテクノロジー研究所
共同利用者氏名 Names of Collaborators in Other Institutes Than Hub and Spoke Institutes	曲 勇作
ARIM実施機関支援担当者 Names of Collaborators in The Hub and Spoke Institutes	遠堂 敬史,松尾 保孝,森 有子,平井 直美,澤厚貴,内田悠
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization

### 利用した主な設備 / Equipment Used in This Project

<b>利用した主な設備 Equipment ID &amp; Name</b>	HK-107：量子・電子制御ナノマテリアル顕微物性測定装置 HK-401：収差補正走査型透過電子顕微鏡 HK-402：走査型透過電子顕微鏡 HK-403：集束イオンビーム加工装置 HK-302：電界放出形走査電子顕微鏡
---	---

## 報告書データ / Report

<b>概要（目的・用途・実施内容） Abstract (Aim, Use Applications and Contents)</b>	<p>金属酸化物半導体はこれまで透明導電膜としてディスプレイや太陽電池に広く用いられてきた。我々はキャリア濃度を制御した半導体酸化物半導体を用いた高移動度薄膜トランジスタ (TFT) に関する研究を行っている。酸化インジウムは200℃程度の比較的低温で非晶質から多結晶への相転移（固相結晶化, SPC）が生じることが知られている。我々は酸化インジウム成膜時に水素をドーピングすることにより、結晶粒径の増大ならびにHall移動度の向上を確認している。今回、水素ドーピングした酸化インジウム薄膜の固相結晶化過程の観察により、結晶化過程の詳細、特に核形成密度に及ぼす影響を検討した。</p>
<b>実験 Experimental</b>	<p>1) 結晶化メカニズムの解析においては設備ID：HK-302 電界放出形走査電子顕微鏡のEBSD分析機能を用い、熱処理時間を変化させた際の結晶粒径変化を観察し、水素ドーピングの有無による結晶核密度ならびに結晶粒径を評価した。          2) 上記1)で観察した膜を用いた薄膜トランジスタを作成し、MOS界面における結晶性を透過電子顕微鏡 (STEM)高分解観察、制限視野電子線回折、EDSマッピングにより評価した（設備ID：HK-107, HK-401, HK-402, HK-403, HK-304）。</p>
<b>結果と考察 Results and Discussion</b>	<p>実験1) 水素添加有無による結晶核密度影響ならびに固相結晶化後の結晶粒径の時間変化を評価（Fig. 1）し、水素添加による結晶核密度の低減ならび結晶粒径の拡大を確認した。結晶粒径の拡大は電気特性（Hall移動度）の向上と対応していることも確認した。また固相結晶化の時間変化観察より、結晶核密度ならびに横方向結晶加速度を抽出し、詳細を論文化（DOI:10.35848/1347-4065/ad21ba）した。          実験2) 多結晶酸化インジウムを活性層に用いたボトムゲート型薄膜トランジスタMOS界面の透過電子顕微鏡観察（Fig. 2）を通じ、界面に非晶質層の残存がなく膜厚方向全体に均一な結晶化が生じていることを確認した。</p>
<b>図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1</b>	<div style="text-align: center;"> <p>The figure displays six EBSD maps arranged in two rows and three columns. The top row is labeled <math>InO_x</math> and the bottom row is labeled <math>InO_x:H</math>. The columns represent different conditions: (a) As-deposited, (b) Hold 0 min, and (c) Hold 3 min for <math>InO_x</math>; and (d) As-deposited, (e) Hold 0 min, and (f) Hold 3 min for <math>InO_x:H</math>. Each map shows a different grain structure, with (f) showing significantly larger grains compared to (c). A color scale legend and a 3 μm scale bar are included in the bottom-left map (a).</p> </div> <p>Fig.1 水素添加有無による酸化インジウム結晶状態の差 (a)-(c) 水素添加なし、(d)-(f)水素添加あり、(a)(d) as-deposited, (b)(e) 250℃昇温後保持時間なし、(c)(f)250℃昇温後保持時間3min</p>

<p>図・表・数式 2 Figures, Tables and Equations 2</p>	 <p>(a) STEM (b) EDS mapping (c) HRTEM (d) SAED</p> <p>Fig. 2 固相結晶化酸化インジウム薄膜トランジスタ断面の(a)STEM像、(b)EDS元素マッピング、(c)高分解TEM像、(d)制限視野電子線回折像</p>
<p>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	<p>サンプル加工ならびにTEM観察にご協力いただいた北海道大学 創成研究機構 ナノテクノロジー連携研究推進室 松尾 保孝様、遠堂 敬史様、森 有子様、平井 直美様、北海道大学工学研究院全学共同利用施設ナノ・マイクロマテリアル分析研究室の澤厚貴様と内田 悠様に感謝致します。</p>

### 成果発表・成果利用 / Publication and Patents

<p>DOI (論文・プロシーディング) [1] DOI (Publication and Proceedings)</p>	<p>Xiaoqian Wang, Nucleation and grain growth in low-temperature rapid solid-phase crystallization of hydrogen-doped indium oxide, <i>Japanese Journal of Applied Physics</i>, <b>63</b>, 03SP38(2024). <a href="https://doi.org/10.35848/1347-4065/ad21ba">DOI: 10.35848/1347-4065/ad21ba</a></p>
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.</p>	<p>X. Wang et al., "Rapid Thermal Crystallization of H-doped InOx for Thin Film Transistors" SSDM2023, 5-8 Sep. 2023</p>
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[2] Oral Presentations etc.</p>	<p>X. Wang et al., "Rapid Thermal Crystallization of H-doped InOx for Thin Film Transistors" MRM2023, 11-16 Dec. 2023</p>
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[3] Oral Presentations etc.</p>	<p>M. Furuta, " High-mobility polycrystalline indium oxide (InOx:H) thin-film transistors" ITC2024, 27-29 March 2024</p>
<p>特許出願件数 Number of Patent Applications</p>	<p>0件</p>
<p>特許登録件数 Number of Registered Patents</p>	<p>0件</p>