

# 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 : 2025.05.21]

### 課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	23WS0321
利用課題名 Title	ミストCVD法による金属酸化膜の作製とデバイス応用
利用した実施機関 Support Institute	早稲田大学 / Waseda Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	外部利用/External Use
ARIM半導体基盤PF 関連課題 Related to ARIM-SETI	指定なし / No Designation
横断技術領域 Cross-Technology Area	物質・材料合成プロセス/Molecule & Material Synthesis
重要技術領域 Important Technology Area	革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル/Materials enabling innovative energy conversion
キーワード Keywords	ミストCVD法,二次電池/ Secondary battery,太陽電池/ Solar cell,赤外・可視・紫外分光/ Infrared/visible/ultraviolet spectroscopy

### 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)	白井 肇
所属名 Affiliation	埼玉大学 理工学研究科 物質科学部門
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	
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

利用した主な設備 Equipment ID & Name	WS-026 : 高性能分光エリプソメータ
---------------------------------	-----------------------

## 報告書データ / Report

<b>概要 (目的・用途・実施内容)</b> <b>Abstract (Aim, Use Applications and Contents)</b>	金属アルコキシド溶液原料からの気相成長法としてミストCVD法を採用し、アモルファスTiO <sub>2</sub> , AlO <sub>x</sub> およびその合金系AlTiO <sub>y</sub> (ATO) 薄膜の作製とSi太陽電池のキャリア選択層およびリチウムイオン電池 (LIB)の負極材料としての可能性を検討した。具体的には、Ti(acac) <sub>2</sub> OiPr <sub>2</sub> およびAl(acac) <sub>3</sub> のCH <sub>3</sub> OH/H <sub>2</sub> O溶媒をアトマイザー上に設置し、N <sub>2</sub> をミスト生成用・輸送用ガスに用いて管状炉内に設置した基板上にミストを輸送し成膜した。この際ミスト輸送経路にメッシュ電極を設けて直流バイアスを印加することで、ミストの微細化を実現し、緻密な膜の作製およびSi界面の欠陥密度の低減に寄与することを明らかにした。更に2D遷移金属ダイカルコゲナイド (MoS <sub>2</sub> , WS <sub>x</sub> , WSSe)層状物質をATO上に形成し、CMOS駆動を実証した。
<b>実験</b> <b>Experimental</b>	金属アルコキシド溶液原料からの気相成長法であるミストCVD法を採用し、金属アルコキシド系溶液からアモルファスTiO <sub>2</sub> , AlO <sub>x</sub> およびその合金系AlTiO <sub>y</sub> (ATO) 薄膜の作製をN <sub>2</sub> 流量、溶質濃度、キャリアガス流量、管状炉温度およびメッシュ電圧V <sub>m</sub> を変数として成膜し、分光エリプソメータにより膜厚、屈折率およびバンドギャップの評価を行った。また各成膜条件でのミスト輸送時の粒度分布を静電分球法および質量分析法で診断した。
<b>結果と考察</b> <b>Results and Discussion</b>	メッシュ電圧印加がアモルファスTiO <sub>2</sub> , AlO <sub>x</sub> およびその合金系AlTiO <sub>y</sub> (ATO) 薄膜の屈折率の増大、平坦性の向上に寄与し、Si界面接合特性の向上に寄与することを明らかにした。またWS <sub>2</sub> , WSSe層状物質をミストCVD法で形成し、CMOSの駆動を実証した。また局所表面酸化により下部WSSe層への正孔注入を行いPチャネリ化動作のFETを実現した。更にFETソース・ドレイン電極SD電極間にWS <sub>2</sub> /WSSe面内pn接合を形成し、空乏層の形成および光起電力効果を確認した。
<b>図・表・数式</b> <b>Figures, Tables and Equations</b>	
<b>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等)</b> <b>Remarks(References and Acknowledgements)</b>	1) Abdul Kuddus, Kojun Yokoyama, Wenbo Fan, Keiji Ueno and Hajime Shirai, Carrier Transport Properties in Few-Layer WS <sub>0.3</sub> Se <sub>1.7</sub> /(WO <sub>x</sub> )WS <sub>0.3</sub> Se <sub>1.7</sub> Lateral p <sup>+</sup> -n Junctions Using a Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor (MOSFET) Structure, ACS Applied Electronic Materials, 5, 1546-1557(2023). DOI: 10.1021/acsaelm.2c01598 2) Abdul Kuddus, Kojun Yokoyama and Hajime Shirai, Direct synthesis of submillimeter-sized few-layer WS <sub>2</sub> and WS <sub>0.3</sub> Se <sub>1.7</sub> by mist chemical vapor deposition and its application to complementary MOS inverter, Semiconductor Science and Technology, 37, 095020(2022). DOI: 10.1088/1361-6641/ac84fb 3) Abdul Kuddus, Arifuzzaman Rajib, Kojun Yokoyama, Tomohiro Shida, Keiji Ueno and Hajime Shirai, Mist chemical vapor deposition of crystalline MoS <sub>2</sub> atomic layer films using sequential mist supply mode and its application in field-effect transistors, Nanotechnology, 33, 045601(2021). DOI: 10.1088/1361-6528/ac30f4

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

<b>DOI (論文・プロシーディング) [1]</b> <b>DOI (Publication and Proceedings)</b>	Abdul Kuddus, Spatial and Size Distributions of Ti(C <sub>5</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHO] <sub>2</sub> Mist Particles in a Tubular Furnace for Conformal and Uniform Deposition of Amorphous TiO <sub>2</sub> Thin Films, <i>physica status solidi (a)</i> , <b>221</b> , (2024). <a href="https://doi.org/10.1002/pssa.202400383">DOI: https://doi.org/10.1002/pssa.202400383</a>
<b>口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1]</b> <b>Oral Presentations etc.</b>	福島 響生、白井 肇、曾根 宏隆、栗原 英紀、大野 俊典、渡邊 卓哉、”ミストCVD法によるアモルファスTiO <sub>x</sub> 薄膜のLiB負極材料および固体電解質への応用” 第71回応用物理学会春季学術講演会(東京)、2024年3月24日

<b>特許出願件数</b> <b>Number of Patent Applications</b>	0件
<b>特許登録件数</b> <b>Number of Registered Patents</b>	0件