

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB	液体プロセス中に出現するハイブリッドクラスターに注目した高性能酸化物材料の開発				
研究テーマ (欧文) AZ	Development of High-Performance Oxide Materials by Focusing on Hybrid Clusters Observed in Solution Processes				
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓) リ	名) ジンワン	研究期間 B	2014 ~ 2016 年
	漢字 CB	李	金望	報告年度 YR	2016 年
	ローマ字 CZ	Li	Jinwang	研究機関名	北陸先端科学技術大学院大学
研究代表者 CD 所属機関・職名	北陸先端科学技術大学院大学グリーンデバイス研究センター・特任准教授(2015 年 3 月まで)及び研究員(2015 年 4 月~2017 年 3 月)				
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>酸化物材料の溶液プロセスにおいて、溶液から固体化までに基本単位構造としてハイブリッドクラスター(HBC)が現れている。溶液から固体までの変化を HBC の構造変化とその秩序性の変遷としてとらえると、材料の形成過程が明確に把握でき、材料の高性能化や成形性の向上に明確な指針になると期待した。</p> <p>本研究では、代表的な酸化物電子材料を対象として、HBC の構造及びその変化を解明し、それを材料の高性能化に生かすことを目的とした。具体的には、絶縁体材料 LaZrO₃ 及び半導体材料 In₂O₃ (InO) を中心に研究してきた。</p> <p>その結果、溶液前駆体を溶媒の沸点以上での加熱・加圧調製(オートクレーブ(AC)処理)は HBC の構造調整、安定化、均一化に高い効果があることが分かった。例えば、LaZrO₃ 材料の HBC 前駆体を AC 処理すると、La 及び Zr 原子が一つのクラスターのコアに入って、均一性の高いクラスタになった。AC 処理によって、焼成した膜の絶縁性が二桁以上高くなった。さらに、AC 処理した前駆体は UV 光の吸光度が顕著に高くなって、吸光波長が長波長側にシフトしたので、UV 照射及び加熱を併用して(UV 焼成)200℃の低温で優れたゲート絶縁膜の製膜に成功した。また、HPC の構造及び固体までの変化を放射線散乱等の分析手段で明らかにした。</p> <p>リガンド種については、LaZrO₃ は有機酸リガンドの方が無機(硝酸)リガンドより膜の特性が高かった。半導体 InO 材料に関しては無機(硝酸)リガンドのほうが膜の特性が高かった。</p> <p>以上の研究結果を踏まえて InO/LaZrO₃ を用いて 200℃の UV 焼成による酸化物トランジスタの作製に成功した。得たトランジスタの電界効果移動度が 0.5~2 cm² V⁻¹ s⁻¹、On/Off 比が 10⁶、SS ファクターが 0.6V decade⁻¹ 程度でした。</p> <p>本研究によって、HBC に着目してクラスターの設計から出発した研究は酸化物材料の高性能化・低温プロセス化に有用であることを確認した。</p>					
キーワード FA	金属酸化物	溶液プロセス	ハイブリッドクラスター	低温プロセス	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 _{GB}	Hybrid Cluster Precursors of the LaZrO Insulator for Transistors: Properties of High-Temperature-Processed Films and Structures of Solutions, Gels, and Solids.							
	著者名 _{GA}	Jinwang Li, <i>et al.</i>	雑誌名 _{GC}	Scientific Reports					
	ページ _{GF}	29682-1~29682-15	発行年 _{GE}	2	0	1	6	巻号 _{GD}	6
雑誌	論文標題 _{GB}	Hybrid Cluster Precursors of the LaZrO Insulator for Transistors: Lowering the Processing Temperature（最終版を作成中）							
	著者名 _{GA}	Peixin Zhu, <i>et al.</i>	雑誌名 _{GC}	Scientific Reports に投稿予定					
	ページ _{GF}	~	発行年 _{GE}					巻号 _{GD}	
雑誌	論文標題 _{GB}								
	著者名 _{GA}		雑誌名 _{GC}						
	ページ _{GF}	~	発行年 _{GE}					巻号 _{GD}	
図書	著者名 _{HA}								
	書名 _{HC}								
	出版者 _{HB}		発行年 _{HD}					総ページ _{HE}	
図書	著者名 _{HA}								
	書名 _{HC}								
	出版者 _{HB}		発行年 _{HD}					総ページ _{HE}	

欧文概要 EZ

We have observed that hybrid clusters (HBC) are the typical form of metal-organic precursor structures. The analysis of the structural change and the evolution of ordering of HBCs would result in guidance for designing high-performance oxide materials.

In this study, we selected representative oxide electronic materials, i.e., insulating LaZrO and semiconducting In₂O₃ (InO), and investigated the preparation and structures of their HPC precursors as well as their solidification into oxide films and the application in transistors.

We found that solvothermal synthesis of the precursor led to structural adjustment toward higher stability and unification. For example, solvothermal treatment of LaZrO precursors resulted in co-existing of La and Zr atoms in a single cluster with high structural unification, and the resulted film have two-orders improved insulating properties. Further, the solvothermal treatment led to significantly improved absorption of UV light with widened wavelength range. This allowed us to prepare high-quality LaZrO films at a low temperature of 200°C through UV irradiation with the assistance of heating (UV annealing). In addition, we clarified the structures of the precursors and solids using various methods including synchrotron scattering analyses.

For the LaZrO material, the carboxylate ligand was preferred for high film quality, while for the InO material, the nitrate ligand in water was favored.

Based on these results, we succeeded in the fabrication of InO/LaZrO transistors at 200°C. The transistors exhibited field-effect mobility of 0.5~2 cm² V⁻¹ s⁻¹, On/Off ratios of ~10⁶, and SS factors of ~0.6 V decade⁻¹.

Accordingly, the design of HBC precursors is an effective starting step toward high-performance and low-temperature processing of oxide materials.