

研究成果報告書

研究テーマ (和文) AB		酸化物半導体ナノ粒子間界面のフォノン伝導制御とクロミック機能			
研究テーマ (欧文) AZ		Phonon conductivity and chromic control at particle interfaces based on oxide semiconductors			
研究氏 代表 者	カタカナ CC	姓) マツイ	名) ヒロアキ	研究期間 B	2018 ~ 2019 年
	漢字 CB	松井	裕章	報告年度 YR	2019 年
	ローマ字 CZ	Matsui	Hiroaki	研究機関名	東京大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		松井裕章・東京大学・准教授			
概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)					
<p>近年、可視透明な遮熱・断熱技術に関する技術開発が省エネの観点から注視されている。住宅や自動車等のウインドウ応用に向けて、「可視透明性」と「断熱」が社会的に要求されている。本研究は、透明酸化物半導体 (Sn-doped <math>\text{In}_2\text{O}_3</math>:ITO) ナノ粒子に着目し、ナノ粒子間界面の熱輸送過程に着目して、高い断熱性能を実現するための設計指針を得ることにある。特に、パルス光加熱サーモリフレクタンス法の高速時間分解計測を用い、ナノ粒子間界面の熱物性や熱輸送の理解及びそれらの理論的考察に基づき、酸化物半導体ナノ粒子間界面の熱伝導性を評価する。</p> <p>ITO ナノ粒子薄膜内の熱輸送過程はパルス光加熱法による熱反射計測法を用いて評価した。熱拡散率の計測に向けて、金属 (Pt)・ITO ナノ粒子薄膜・金属 (Pt) の 3 層構造試料を採用し、加熱部位と熱検出部位が異なる RF 方式を採用した。時間分解熱反射計測から、<math>2.7 \times 10^{-7}</math> [<math>\text{m}^2/\text{s}</math>] の低い熱拡散率が観測され、それは、非定常熱伝導ダイナミックスの理論計算 (<math>2.4 \times 10^{-7}</math> [<math>\text{m}^2/\text{s}</math>]) と一致した。更に、ナノ粒子薄膜の密度及び比熱から算出される熱伝導率は、0.3 [<math>\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}</math>] 程度を示し、有機材料に近い数値を与えた。ITO ナノ粒子の薄膜内の占有密度は、<math>3.05</math> [<math>\text{g}/\text{cm}^3</math>] を示し、一般的な ITO 薄膜の密度 (<math>6.42</math> [<math>\text{g}/\text{cm}^3</math>]) よりも低い値を持つ。それ故、ナノ粒子薄膜の低い熱拡散率は、ナノ粒子の低い占有密度に関係し、低い熱伝導性 (高い断熱性能) に繋がる。次に、金属・ITO ナノ粒子薄膜界面における熱抵抗の影響を考察した。熱反射計測において、ポンプ光とプローブ光を同一面上で行うことで界面熱抵抗の特性を評価し、<math>3.5 \times 10^{-9}</math> [<math>\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}</math>] の熱抵抗を得た。この結果は、ITO ナノ粒子薄膜の低い熱拡散率は、ナノ粒子薄膜それ自体の熱輸送過程に起因すること示した。故に、断熱性能の向上 (低い熱拡散率の実現) に向けて、ナノ粒子制御や膜密度制御が重要な役割を果たすことを明らかにした。</p>					
キーワード FA	酸化物半導体	ナノ粒子	熱制御	外場制御	

(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 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	

#### 欧文概要

Recently, research and development of thermal-shielding and heat insulating have attracted much attention from viewpoint of energy-saving. In particular, visible transmittance and heat-insulating are required for window applications of automobiles and houses. This study realizes high heat-insulating by thermal transport at interparticles based on oxide semiconductors (Sn-doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: ITO). In particular, we evaluate thermal properties (thermal conductivity and diffusivity) at particle interfaces using ultrafast time-resolved measurements based on thermo-reflectance.

Thermal transport of the ITO nanoparticle (NP) film was investigated by thermo-reflectance using a pulsed light heating method. We used tri-layer samples comprising metal-ITO NP film-metal. Pt was chosen as a metal layer. Thermo-reflectance was employed a RF method in which the heating and detection parts were different. From the result of time-resolved thermo-reflectance, the NP film showed low thermal diffusivity of  $2.7 \times 10^{-7}$  [m<sup>2</sup>/s], which was consistent with theoretical calculations based on transient heat conduction analysis. Furthermore, the ITO NP film showed low thermal conductivity of 0.3 [W/m.K], which was estimated using the density and specific heat of the NP film. The low thermal diffusivity of the NP film was related to the low particle density in the film, contributing to low thermal conductance (high heat-insulating). We further identified low thermal resistance of  $3.5 \times 10^{-9}$  [m<sup>2</sup>.K/W], which revealed that the NP film had intrinsically low thermal diffusivity. In this work, we found that nanoparticle alignment and its stacking control played an important role in determining thermal transport of the NP film.