

課題番号 : F-20-AT-0105
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 酸化物半導体ナノ粒子間界面と熱輸送制御
 Program Title (English) : Thermal control at nanoparticle interfaces on oxide semiconductors
 利用者名(日本語) : 松井裕章
 Username (English) : H. Matsui
 所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科
 Affiliation (English) : The University of Tokyo, School of Engineering
 キーワード/Keyword : 成膜・膜堆積、酸化物半導体、熱輸送

1. 概要(Summary)

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ルギー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。本研究では、透明酸化物半導体 (Sn-doped In_2O_3 : ITO) ナノ粒子 (Nano-Particle: NP) に着目し、ナノ粒子内や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フレクタンズ法を活用し、ナノ粒子間界面の熱物性や熱輸送過程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。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

電子ビーム真空蒸着装置

【実験方法】

パルス光加熱サーモフレクタンズ測定に向けて Pt-ITO NP-Pt の 3 層構造を作製する。Pt 層と ITO NP 薄膜層は、それぞれスパッタリング及びスピンコーティング法を用いて形成した。そして、パルスレーザー照射に対する防御層 (Pt) を、電子ビーム蒸着装置を用いて作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1b の断面 SEM 像から、金属とナノ粒子薄膜の界面は 7 nm 程度の小さな表面ラフネスで接合された。時間分解熱反射計測から、 2.7×10^{-7} [m^2/s] 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 (2.4×10^{-7} [m^2/s]) と一致した (Fig. 1a)。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 (κ) は、 $\kappa = 0.3$ [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$] 程度を示し、有機材

料に近い数値を与えた。

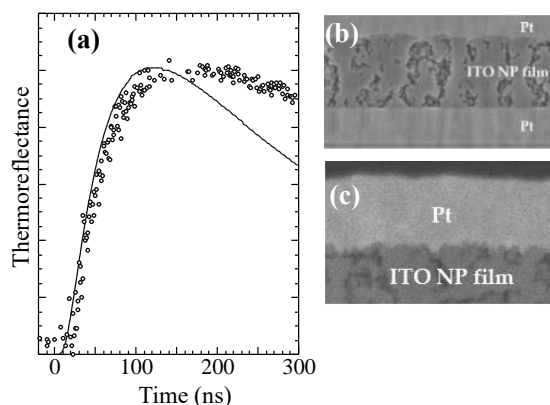


Fig. 1 (a) Time-dependent thermoreflectance of ITO NP films. (b) X-SEM image of Pt-ITO NP film-Pt tri-layer films. (c) X-SEM image at an interface of Pt-ITO NP film.

ITO ナノ粒子の薄膜内の占有密度 (ρ) は、 $\rho = 3.05$ [g/cm^3] を示し、一般的な ITO 薄膜の密度 ($\rho = 6.42$ [g/cm^3]) 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) に繋がった。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

・松井裕章、田畑仁 「遮熱応用に向けた透明酸化物半導体のナノ粒子間界面と熱輸送制御」 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 2021 年 3 月 16 日 (オンライン)。

6. 関連特許(Patent)

なし。