

課題番号 : F-17-NU-0088
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 酸化物薄膜へのイオン挿入脱離による熱伝導率の変化を利用した熱スイッチ材料の提案
 Program Title (English) : Heat switching by the intercalation to oxide thin film.
 利用者名(日本語) : 小林竜大¹⁾, 原田俊太^{1,2)}, 宇治原徹^{1,2)}
 Username (English) : R. Kobayashi¹⁾, S. Harada^{1,2)}, T. Ujihara^{1,2)}
 所属名(日本語) : 1) 名古屋大学大学院工学研究科, 2) 名古屋大学 未来材料・システム研究所
 Affiliation (English) : 1) Department of Materials Science and Engineering, Nagoya University,
 2) Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University
 キーワード/Keyword : セラミックス、薄膜、熱伝導率、成膜・膜堆積

1. 概要(Summary)

我々は熱伝導率を可逆的に変化させることができる「熱スイッチ材料」の開発を試みている。Fig. 1 に熱スイッチのコンセプトを示す。熱スイッチは熱伝導率が高い状態と低い状態を切り替えることができ、熱流のコントロールを可能にする。我々のグループではアモルファス WO₃ 薄膜への水素挿入により、熱伝導率が変化することを見出してきた [1]。この変化は格子熱伝導率の変化によるものである。それに対して本研究では電子熱伝導率の変化に注目した。WO₃ 薄膜には水素と同様に Li を挿入することができ、それに伴い電気伝導率が大きく変化することが報告されている [2]。つまり、電子熱伝導率も大きく変化することが期待される。そこで本研究では WO₃ 薄膜に Li を挿入し、それに伴う熱伝導率の変化を調べた。

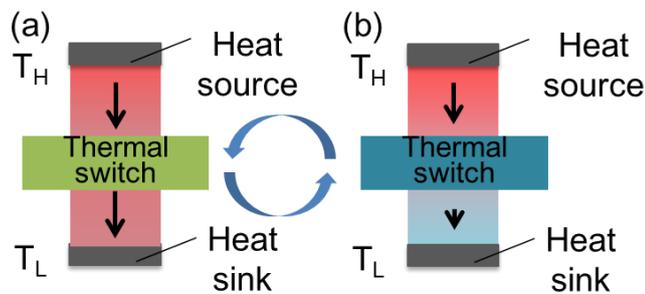


Fig. 1 Schematic of Thermal switch, (a)High thermal conductivity (b)Low thermal conductivity.

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 段差計、走査型電子顕微鏡

【実験方法】

RF マグネトロンスパッタリング法により、ITO (Indium Tin Oxide) をコートしたガラス上に室温で WO₃ 薄膜を成膜した。ターゲットには金属 W (フルウチ化学, 純度 3N) を用いた。成膜時の圧力は 4.0 Pa (Ar:O₂=10:1.5) とした。WO₃ の膜厚は触針段差計を用いて測定した。WO₃ への Li 挿入は電気化学反応を用いた。Ar 雰囲気中で密閉された電解セル内で、作用電極に WO₃ 薄膜、対向電極と参照電極には金属 Li (本城金属, 純度 99.8%) を用いた。電解液には 1M LiClO₄ in PC (プロピレンカーボネート) を

用いた。100 μA/cm² の定電流条件で Li 挿入を行った。Li 挿入量 x (Li _{x} WO₃) は充電量によって制御した。本実験では Li 挿入量は $x=0.2$ とした。WO₃ 薄膜の結晶性の評価には XRD を用いた。熱伝導率測定は光交流法を用いて行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

XRD 測定の結果から成膜した WO₃ 薄膜はアモルファスであることがわかった。Li 挿入前の WO₃ 薄膜の膜厚は 590 nm であったが Li 挿入後には 720 nm に増加していたため、膜厚の変化を考慮して熱伝導率を算出した。 $x=0$ から $x=0.2$ において熱伝導率は 0.83 W/mK から 1.5 W/mK に増加した。Li _{x} WO₃ 単結晶の電気伝導率は $x<0.1$ において急激に増加し、 $x=0$ から $x=0.2$ にかけて電気伝導率が $5.0 \times 10^{-2} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ から $2.5 \times 10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ まで増加することが報告されている [2]。Wiedemann-Franz 則により電子熱伝導率を見積もると、1.7 W/mK の変化が予想される。このことから、Li 挿入に伴う熱伝導率の変化は、電子熱伝導率の増加によるものと考えられる。

4. 参考文献

- [1] 中村彩乃 ほか, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 15p-F206-12
 [2] K. Yoshimatsu, *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **9**, (2016) 075802

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 小林竜大, 中村彩乃, 原田俊太, 田川美穂, 宇治原徹, 応用物理学会第 78 回秋期学術講演会, 平成 29 年 9 月 7 日.

6. 関連特許(Patent)

なし。