

# 炭素熱還元を用いた MOD 法による Ti-doped VO<sub>2</sub> 薄膜の作製

## Fabrication of Ti-doped VO<sub>2</sub> thin films by MOD using carbon thermal reduction

防衛大 電気電子<sup>1</sup>, 高純度化学研究所<sup>2</sup>

○ヴァン・ニュ・ハイ<sup>1</sup>, 河原正美<sup>2</sup>, 佐村剛<sup>2</sup>, 立木隆<sup>1</sup>, 内田貴司<sup>1</sup>

National Defense Academy<sup>1</sup>, Kojundo Chemical Lab<sup>2</sup>

○Van Nhu Hai<sup>1</sup>, Masami Kawahara<sup>2</sup>, Tsuyoshi Samura<sup>2</sup>, Takashi Tachiki<sup>1</sup>, Takashi Uchida<sup>1</sup>

E-mail: hailua\_93@yahoo.com.vn

はじめに 二酸化バナジウム (VO<sub>2</sub>) は、室温付近にて高い抵抗温度係数(TCR)をもつため高感度なボロメータ素子への応用が期待されている。しかし、その抵抗-温度(*R-T*)特性において、おおよそ 50-70 °C で相転移に伴うヒステリシスおよび数桁にわたる急激な抵抗変化を示す。そのため、広い温度範囲で安定なボロメータ動作を得るためには、高い TCR を維持しつつ、ヒステリシスならびに急激な抵抗変化のない抑制された *R-T* 特性が必要である。これまで、有機金属分解 (MOD) 法による TiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> プリカーサを用い TiO<sub>2</sub> 分散型 VO<sub>2</sub> 薄膜を作製し、ヒステリシス温度幅( $\Delta T_{MI}$ )ならびに抵抗変化が減少した *R-T* 特性が得られた[1]。

本研究では、さらに抑制された *R-T* 特性を得るため、これまでとは異なり MOD 法による TiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> プリカーサを直接炭素熱還元することにより Ti がドーパされた VO<sub>2</sub> 薄膜を作製し、その特性を評価することを目的とした。

**実験および結果** 実験には V に対する Ti のモル比( $x_m$ )を変化させて合成した MOD 溶液を用いた。まず、MOD 溶液をスピンドコーティングにより Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si 基板上に塗布し、プリベークした。その後、窒素雰囲気、 $T_p = 300^\circ\text{C}$ ,  $t_p = 15 \text{ min}$  で焼成し、TiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> プリカーサ薄膜を作製した。その後、窒素雰囲気、 $T_f = 580\text{-}600^\circ\text{C}$ ,  $t_f = 15 \text{ min}$  の条件で本焼成を行い、薄膜を作製した。 $x_m = 0\text{-}25\%$  で作製した全試料において、VO<sub>2</sub>(M)(011)による回折が得られ、 $x_m$  が増加するにつれて回折角が低角度側にシフトした。このことから、VO<sub>2</sub>(M)(011)の面間隔  $d_{011}$  は  $x_m$  にほぼ比例して広がっており、V に比べて Ti のイオン半径が大きいことを考え合わせると、本実験で得られた薄膜は Ti が V サイトに入り込んだ Ti-doped VO<sub>2</sub> であると考えられる。次に、得られた薄膜の *R-T* 特性を Fig. 1 に示す。実線は昇温時の、点線は降温時の特性を示している。 $x_m = 0\%$  では、絶縁相から金属相への相転移前後において約 3 桁にわたる急激な抵抗変化を示し、 $\Delta T_{MI}$  は約 10 °C であった。 $x_m$  を 0-15 % まで増加すると  $\Delta T_{MI}$  は徐々に小さくなり、 $x_m = 15\%$  では、ヒステリシスはほとんど観測されなかった。そして、 $x_m$  の増加とともに高温側の金属相での抵抗は急激に高くなり、 $x_m = 25\%$  ではヒステリシスは消滅し、相転移にともなう急激な抵抗変化がなくなった。また、室温における TCR は -5.0 %/K であった。以上により、 $x_m = 25\%$  で作製した薄膜において高い TCR を維持しつつ、ヒステリシスならびに急激な抵抗変化のない大幅に抑制された *R-T* 特性が得られた。

### 【参考文献】

[1] ヴァン・ニュ・ハイ 他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会(2018.9) 19a-212B-4.

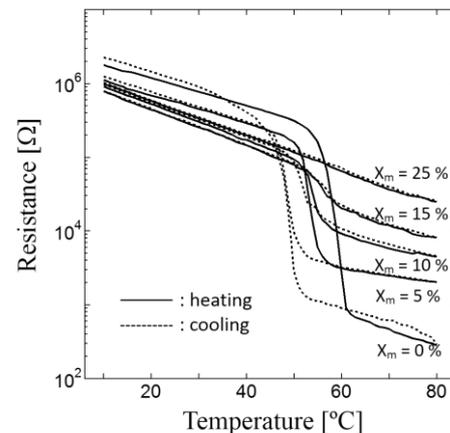


Fig. 1 R-T characteristics of Ti-doped VO<sub>2</sub> thin films.