

Fe₂VAl 系薄膜熱電材料の熱電特性

Thermoelectric properties of Fe₂VAl-based thin films

○竹内 恒博^{1,2,3}, 廣井 慧¹, 三上祐史⁴

(1. 豊田工大, 2. JST-さががけ, 3. 名大 GREMO, 4. 産総研)

○Tsunehiro Takeuchi^{1,2,3}, Satoshi Hiroi¹, Masashi Mikami¹

(1. Toyota Tech. Inst., 2. JST-PRESTO, 3. GREMO, Nagoya Univ., 4. AIST)

E-mail: t_takeuchi@toyota-ti.ac.jp

Fe₂VAl 系熱電材料は、安価で安全な構成元素、Bi₂Te₃ 系材料を凌駕する大きな出力因子、良好な耐腐食性と耐酸化性、および、優れた機械強度で特徴づけられ、次世代の環境調和型熱電材料として期待されている。しかし、格子熱伝導度が $15 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ を超えるために、無次元性能指数が小さい値で抑えられてしまっている。Fe₂VAl 系熱電材料を実用化材料として利用するためには、電子物性の特徴を維持したまま、格子熱伝導度のみを著しく低減する必要がある。

我々の研究グループでは、構成元素を化学ポテンシャル近傍に不純物準位を形成しない重元素で部分置換する方法、および、薄膜化・超格子化により、上記の目的を達成することを目指している。前者では、V を Ta で部分置換することで、格子熱伝導度を $6\sim7 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 程度まで低減し、 $ZT=0.25$ を達成した。[1]しかし、この値は十分ではなく、さらなる性能の向上が必要である。後者では、RF スパッタ法を利用した薄膜化により、格子熱伝導度を $1\sim2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ を実現したが、同時に電子物性の著しい低下により、 ZT を増大させるに至らなかった。[2]電子物性の著しい低下は、組成の制御が不十分であること、あるいは、化学的不規則性に起因していると考えた。

本研究では、組成が精密制御され、かつ、構造内に化学的不規則性を含有しない Fe₂VAl 系薄膜熱電材料の創製を目指した。RF スパッタに用いたターゲットはメカニカルアロイング法およびパルス通電焼結法により作製した。薄膜試料の構造および組成は X 線回折, SEM-EDX, AFM を用いて評価した。作製した試料に対して、ゼーベック係数および比抵抗を 300K から 600K の温度領域で評価した。また、サーモ・リフレクタンス法を用いて室温の熱伝導度を評価した。

図 1 に基板温度 600°C で製膜した試料 (膜厚 1 μm) の AFM 像を示す。RMS 粗さは 1nm 程度であり、極めて平坦性の高い試料ができていることがわかる。また、基板温度 500°C 以下では化学的不規則性が顕著となり、基板温度 700°C 以上では数十～数百 nm の結晶組織が形成されることがわかった。基板温度 600°C で作製した試料のゼーベック係数は $|S| > 100 \mu\text{VK}^{-1}$ を示し、かつ、バルクと同程度の比抵抗を示すことがわかった。得られた試料の詳細な物性や ZT の値については、講演にて報告する。

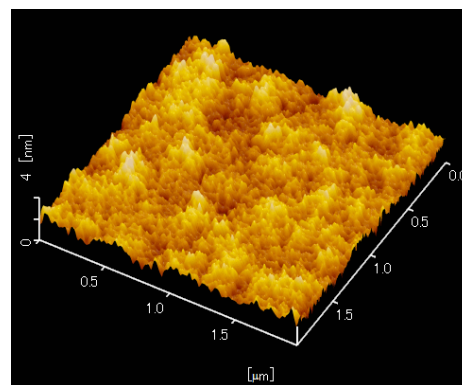


Fig.1 基板温度 600°C で製膜した Fe₂VAl 系薄膜の AFM 像

[1] T. Takeuchi *et al.*: J. Elec. Mater. **42**, 2084 (2013). [2] Y. Furuta *et al.*: J. Elec. Mater. **43**, 2157 (2014).