

p 型 $\text{Fe}_2\text{TiSi}_{1-x}\text{Al}_x/\text{W}$ ナノコンポジットにおける低熱伝導率化

Reduction of thermal conductivity in p-type $\text{Fe}_2\text{TiSi}_{1-x}\text{Al}_x/\text{W}$ nanocomposite

(株)日立製作所¹ ○深谷 直人¹, 西出 聡悟¹, 黒崎 洋輔¹, 藪内 真¹, 早川 純¹

Hitachi Ltd.¹, ○Naoto Fukatani¹, Akinori Nishide¹, Yosuke Kurosaki¹, Shin Yabuuchi¹, and Jun

Hayakawa¹.

E-mail: naoto.fukatani.ct@hitachi.com

緒言

近年、未利用熱の約 70%が存在する 200°C 以下の低温域における排熱回収が注目を集めている。フルホイスラー合金 Fe_2TiSi は無毒、安価な元素で構成されており、また第一原理計算から低温域で高いゼーベック係数を示すと予測されることから、低温向け材料への適用が期待される¹。これまで我々は Fe_2TiSi 薄膜の単相化に成功しており、n 型で $-150 \mu\text{V/K}$ 、p 型で $100 \mu\text{V/K}$ を超える高い S を示すことを報告した²。しかし Fe_2TiSi は単純かつ対称性の高い結晶構造を持つためその格子熱伝導率(κ_{lat})は同じ低温向け材料である BiTe 系と比較して高い。本研究では p 型 Fe_2TiSi バルクにおいて、その母相中にナノサイズの W を形成することにより κ_{lat} の低減を試みた。

実験方法

メカニカルアロイング法(MA)により $(\text{Fe-Ti-Si-Al})\text{W}$ 合金粉末を作製し、その後放電プラズマ焼結法(SPS)を用いて 660°C で 1 時間焼結し $(\text{Fe}_{2.04}\text{Ti}_{0.94}\text{Si}_{0.87}\text{Al}_{0.15})_{1-x}\text{W}_x$ ($0 \leq x \leq 0.025$)を得た。構造解析は X 線回折法(XRD)、透過電子顕微鏡(TEM)、エネルギー分散型 X 線分析(EDX)を用いて行った。 S 、電気抵抗率(ρ)は 2 端子法、または直流 4 端子法、また熱伝導率(κ)はレーザーフラッシュ法を用いて評価した。

結果と考察

焼結前後の試料について XRD により構造解析を行った。焼結前の合金粉末はアモルファス構造を有する Fe-Ti-Si-Al 合金と、多結晶 W により構成されていた。焼結後は Fe-Ti-Si-Al 合金がアモルファス構造からフルホイスラー合金に結晶化する一方で、W は第 2 相として焼結前と同じ結晶構造を維持していた。シェラーの式を用いて各相の平均粒径を評価したところ、 $\text{Fe}_{2.04}\text{Ti}_{0.94}\text{Si}_{0.87}\text{Al}_{0.15}$ 、W の平均粒径はそれぞれ約 70 nm、20nm であった。TEM、EDX による局所構造観察の結果、W ナノ粒子はフルホイスラー合金中に一様に分布していた(Fig.

1)。次に Wiedemann-Franz 則から算出した電子熱伝導率と κ を用いて κ_{lat} を評価した。W 添加量 x の増加に従い κ_{lat} は大幅に減少し、200°C において無添加時($x = 0$)の 5.7 W/Km から 3.5 W/Km ($x = 0.02$)まで減少した(Fig. 2)。また x の増加に従い S は微減、 ρ は微増した。200°C における性能指数 ZT は $x = 0.01$ で最大で 0.17 と p 型フルホイスラー合金で最高値を示した。

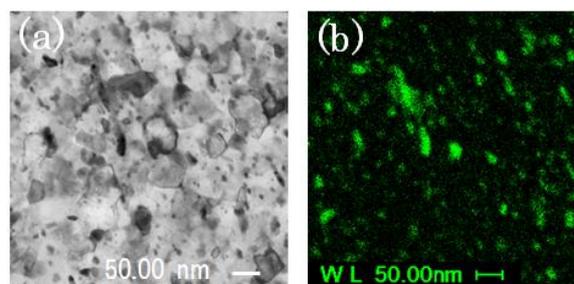


Fig. 1 (a) A TEM image of the composite and (b) a TEM-EDX mapping image of W.

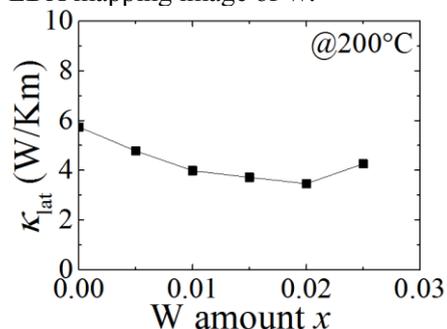


Fig. 2 W amount dependence of the κ_{lat} .

結言

κ_{lat} 低減のためフルホイスラー合金 $\text{Fe}_{2.04}\text{Ti}_{0.94}\text{Si}_{0.87}\text{Al}_{0.15}$ と W ナノ粒子のコンポジットを作製した。その結果、 κ_{lat} は最大で約 39% 減少し、p 型フルホイスラー合金で最大の $ZT = 0.17$ を得た。

参考文献

- 1) S. Yabuuchi et al, Appl. Phys. Expr., 6, 025504 (2013).
- 2) A. Nishide et al, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会 14p-F206-13.