層状ホウ化物結晶の熱伝導率：AlB_2の異方性と$TmAlB_4$における構造欠陥の影響

Thermal conductivity of layered boride crystals: Anisotropy of AlB_2 and effect of building defects on $TmAlB_4$

イリノイ大[1]，物材機構[2]，筑波大[3]，東北大金研[4]，国士舘大[5]　X. J. Wang[1]，○森　孝雄[2,3]，David Cahill[1]，湯蓋 邦夫[4]，宍戸 統悦[4]，岡田 繁[5]

Univ. Illinois[1], NIMS[2], Univ. Tsukuba[3], X. J. Wang[1], °Takao Mori[2,3], David Cahill[1], Kunio Yubuta[1], Toetsu Shishido[1], Shigeru Okada[1]

E-mail: MORI.Takao@nims.go.jp

希土類ホウ化物はクラスター化合物[1]から層状化合物[2]まで精力的に研究されてきた。$TmAlB_4$系などで興味深い物性が見出された[2-4]。α−$TmAlB_4$は、ホウ素の２次元面が金属原子（Tm, Al）の層を挟みこんだような$YCrB_4$型構造をしている。興味深いことにネール点T_N以下で更に複数の転移が観測されている。その起源については、詳細な単結晶構造解析により、2 次元面内に必然的に$ThMoB_4$型構造（β−型）の building defect が実は発生し（図 1 はβ−$TmAlB_4$中のα−型欠陥の TEM 像[5]）、複数転移という形で物性に影響を及ぼしていることが示唆されている[3]。

結晶のフラックス成長において、育成条件を極端に変えることによって、単結晶X線の詳細な解析と TEM 観察より building defect の無い、α-$TmAlB_4$の単結晶の成長に成功した[6]。言い換えると、結晶育成条件により、building defect の制御が可能になった。ピコ秒レーザーを活用したサーモリフレクタンス法(TDTR)により、ミクロ結晶の熱伝導率を測定した。α-$TmAlB_4$において、こうしたナノスケール building defect が熱伝導率を～30%低減する作用をしていることが明らかになった（図 2）[7]。最近熱電材料の研究開発において高性能化へ向けて、熱伝導率の制御が大きな鍵となっており[8]、今回の層状化合物における知見は欠陥の制御性においても興味深い。一方で、AlB_2の熱物性的な異方性が調べられて、簡単な直観に反して、c 軸の熱伝導率が、グラファイト的な[B]面内の熱伝導率の 2 倍近く大きいということが明らかになり、炭素系材料とホウ素系材料のボンディングの大きな違いを表した[7]。

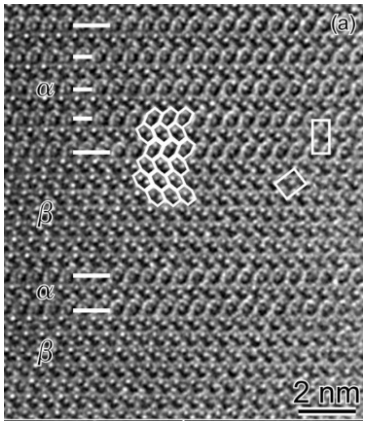

Fig.1 $TmAlB_4$系における building defect [5].

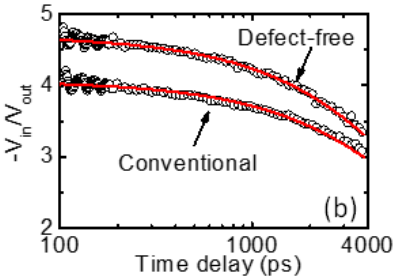

Fig.2 α-$TmAlB_4$の TDTR 信号[7].

[1] T. Mori, "Higher Borides", in: *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare-earths*, Vol. 38, ed. K. A. Gschneidner Jr., (North-Holland, Amsterdam), pp. 105-173 (2008).
[2] T. Mori, "Rare Earth Borides, Carbides and Nitrides", in: *The Rare Earth Elements: Fundamentals and Application*, ed. D. Atwood (John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 2012) pp.263-279.
[3] T. Mori, et al., Phys. Rev. B **76**, 064404 (2007).
[4] T. Mori, et al., J. Appl. Phys., **105**, 07E124 (2009).
[5] K. Yubuta, T. Mori, A. Leithe-Jasper, Y. Grin, S. Okada, and T. Shishido, Mat. Res. Bull., **44**, 1743 (2009).
[6] T. Mori, I. Kuzmych-Ianchuk, K. Yubuta, T. Shishido, S. Okada, K. Kudou, and Y. Grin, J. Appl. Phys., **111**, 07E127 (2012).
[7] X. J. Wang, T. Mori, I. Kuzmych-Ianchuk, Y. Michiue, K. Yubuta, T. Shishido, Y. Grin, S. Okada, and D. G. Cahill, APL Materials 2, 046113 (2014).
[8] *Thermoelectric Nanomaterials*, ed. K. Koumoto and T. Mori, (Springer, Heidelberg, 2013) pp. 1-375.

© 2016年 応用物理学会