Sumitomo Metal Mining Co., Ltd. Confidential

垂直ブリッジマン(VB)法による Fe-Ga 単結晶の育成

Single crystal growth of Fe-Ga alloys by vertical Bridgman method

○川村祥太郎 [1]、泉聖志 [1]、岡野勝彦 [1]、西村英一郎 [1]、太子敏則 [2]、干川圭吾 [2]
（住友金属鉱山(株)[1]、信州大学 [2]）
○Shotaro Kawamura[1], Kiyoshi Izumi[1], Katsuhiko Okano[1], Eiichiro Nishimura[1], Toshinori Taishi[2], Keigo Hoshikawa[2]
（1.Sumitomo Metal Mining CO., LTD. , 2.Shinshu University）
E-mail: Shotaro_Kawamura@ni.smm.co.jp

【背景および目的】

エネルギーハーベスティング技術は、光、振動、熱、電波など周りの環境から微小なエネルギーを収穫して電力に変換する技術である。IoT（Internet of Things）の発展に伴い、小型電子機器の電源として環境発電が注目されている。我々は光の次にエネルギー密度が高い振動発電に注目し、さらに単結晶材料とすることで特性改善が期待できる Fe-Ga 磁歪材料に着目し、垂直ブリッジマン(VB)法による単結晶育成技術を開発している。不一致溶融性結晶である Fe-Ga 合金について [1)]、Ga 濃度変動および磁歪特性を調査したので、その結果を報告する。

【実験方法】

Fe-Ga 結晶育成は、カーボンヒーターを用いた抵抗加熱式 VB 炉にて、内径 2 インチのアルミナ製坩堝を使用した。主面方位(100)の Fe-Ga 種子結晶を用い、Ar 雰囲気中で坩堝降下速度 2, 5, 10mm/hr.で結晶育成した。表面の粒界観察及び XRD 評価により、単結晶であるか否かを判定した。ICP による Fe-Ga インゴットの Ga 濃度分析を行い、固化率との関係、実効偏析係数(k_{eff}) [2)]を調査した。次に、Fe-Ga インゴット直胴部分を 1mm 厚に加工し、<100>方向に沿って歪みゲージを貼り付け、飽和磁歪測定を行った。飽和磁界での磁歪定数は、歪みゲージに平行方向と垂直方向の歪量の差によって計算した [3)]。

Fig.1 Photograph of 2”ϕ Fe-Ga grown crystal by VB method

【結果と考察】

VB 法では原料融液の 100%固化が可能であり、今回直胴長 100mm の Fe-Ga 単結晶を得た。成長結晶の一例を Fig.1 に示す。坩堝降下速度 2, 5, 10 mm/hr.いずれの場合でも単結晶が得られた [4)]。坩堝降下速度 5,10 mm/hr.では、結晶重量の 70%以上で Ga 濃度均一部分が得られることが分かった。Fig.2 に Ga 濃度均一部分での k_{eff} の計算結果を示す。融液対流の少ない VB 法の適用により k_{eff} は 1 に近い値となり、育成速度増加により k_{eff} は更に 1 に近づくと考えられる。坩堝降下速度 5 mm/hr.で育成した結晶の飽和磁歪定数は、Ga 濃度均一部分の 17.6～18.3at.%において、300ppm 以上となった。均一な Ga 濃度単結晶では、安定した磁歪特性の Fe-Ga 材料が得られると考える。

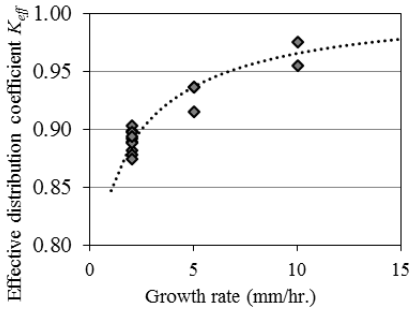

Fig.2 Calculated value of effective distribution coefficient of Fe-Ga crystal by

＜参考文献＞

1) H. Okamoto, in: T. B. Massalski (Ed.), Binary Alloy Phase Diagrams 2nd Edition, ASM, 1990, 1702-1704.
2) Merton C. Flemings, Solidification Processing, McGraw-Hill, 1974, New York.
3) A. E. Clark *et al*, *J. Appl. Phys*., Vol. 93, No.10, pp. 8621-8623, 2003.
4) 泉他：垂直ブリッジマン法による FeGa 単結晶の育成, 第 47 回結晶成長国内会議(JCCG-47)予稿 02a-D01.