

【基盤研究(S)】  
理工系(工学)



研究課題名 高圧アマトロピーを利用した新組織制御法の確立

九州大学・大学院工学研究院・主幹教授

ほりた ぜんじ  
堀田 善治

研究課題番号: 26220909 研究者番号: 20173643

研究分野: 工学

キーワード: 巨大ひずみ加工、同素変態

【研究の背景・目的】

Ti や Zr は室温で最密六方晶 (hcp) 構造をとり、高圧を印加することで hcp 構造 ( $\alpha$ 相) から六方晶系構造 ( $\omega$ 相) へ同素変態する[1,2]。この $\omega$ 相は硬くて脆いが、 $\alpha$ 相中に微細かつ均一に分散させることができれば、強化相として利用できることになる。稀少で高価な合金元素(V, Nb, Mo など)をあえて添加しなくても純元素のみで高強度の Ti や Zr が作製できることになる。

Si, Ge, GaAs も高圧を印加することで同素変態し、いずれも金属的結晶構造を示す [3,4]。室温常圧では塑性変形が不可能なこれらの半導体は、高圧で金属状態に変態することで塑性変形が可能となり、加工を利用した組織制御が期待できることになる。

本研究は高圧印加とひずみ導入の組み合わせで新たな組織制御技術(高圧アマトロピー制御)を構築し、添加元素不要の高強度材や高機能半導体材料を開発することを目的とする。

【研究の方法】

本研究では、図1(左)に示す高圧印加と巨大ひずみの導入が同時に実現できる高圧ねじり変形(HPT: High-Pressure Torsion)装置を改良し、電気抵抗測定が図2(右)に示すようにその場でできるようにする。昇圧・減圧中およびひずみ導入中に電気抵抗測定を行い、高圧印加のもとにひずみ導入中の動的な場合や、高圧印加したままひずみ導入を行わない静的な条件での電気抵抗をその場で計測し、高圧印加と変態量との関係やひずみ導入が変態量に及ぼす影響について調べる。

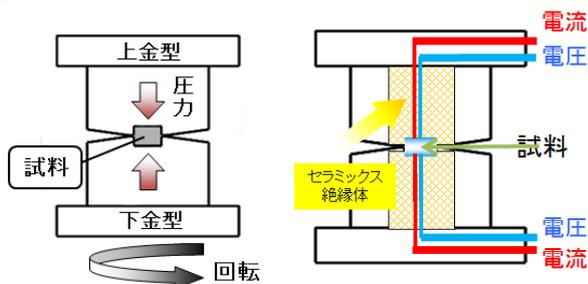


図1 HPTの概略図(左)従来型、(右)改良型(電気抵抗測定用)

本研究では、さらに同素変態の有効性を第一原理計算を使って評価し、同素変態組織を図2に示すような Rotation DFI 法[5]を利用して解析する。

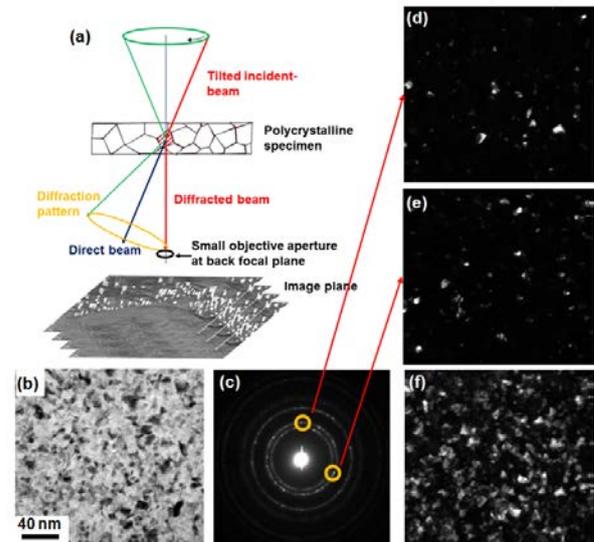


図2 (a) Rodation DFI の原理[5], (b) 明視野象、(c) 制限視野回折パターン、(d)-(f) Rotation DFI で撮影した暗視野象。

【期待される成果と意義】

本研究で構築する組織制御技術は、Ti や Zr の純金属にあつては稀少で高価な V, Nb, Mo などの合金元素を添加せずとも純金属のみで高強度化できる新たな組織制御技術となる。Si, Ge, GaAs の半導体にあつては高圧下で存在する金属的構造を利用して塑性変形させナノ結晶粒組織を作りだし、発光特性機能を高めようとする試みとなる。Ti, Zr は医療用のインプラント材料として、また Si, Ge, GaAs は太陽電池の高効率化に繋がる基礎研究として重要となる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- [1] G. Gu *et al.*, *Scripta Metall. Mater.* **31**, 167, (1994).
- [2] M.T. Pérez-Prado *et al.*, *Scripta Mater.*, **58**, 219, (2008).
- [3] A. Mujica *et al.*, *Rev. Mod. Phys.* **75**, 863 (2003).
- [4] B. D. Malone *et al.*, *Phys. Rev. B.* **86**, 054101 (2012).
- [5] M. Watanabe, *et al.*, *Microscopy and Microanalysis*, **17**, Suppl. 2, 1104 (2011).

【研究期間と研究経費】

平成 26 年度 - 30 年度  
140,000 千円

【ホームページ等】

<http://zaiko6.zaiko.kyushu-u.ac.jp/>