

Title	常磁性磁化率の異方性を利用した3軸配向バルク体作製プロセスの確立と β -FeSi ₂ への応用
Author(s)	中塚, 憲章
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/52121
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (中塚 憲章)	
論文題名	常磁性磁化率の異方性を利用した3軸配向バルク体作製プロセスの確立と $\beta\text{-FeSi}_2$ への応用
論文内容の要旨 結晶の配向組織制御により、物質の持つ異方的な物性を積極的に利用し、材料特性の向上を図る試みは多く成されてきたが、現在においてもその手法は限られている。本研究では、常磁性体の磁化率の異方性に着目し、磁場との相互作用を利用することで、結晶方位が3次的に制御された単結晶微粒子から構成される3軸配向バルク体の作製プロセスの確立を目指した。磁場と物質の相互作用は本質的にすべての物質に存在することから、本手法は金属、セラミックス、タンパク質など、非常に広範な物質への応用が可能であり、その適用範囲の広さも魅力の1つである。また、本手法は、作製されるバルク体の結晶方位分布の特徴から、新たな単結晶作製プロセスとしても期待される。 本論文では発光素子や熱電材料として注目される$\beta\text{-FeSi}_2$（斜方晶）を対象として、静磁場中で回転方向を周期的に変化させる首振り磁場における最適な磁場環境の設計指針を明らかにするとともに、首振り磁場下でのスリップキャストニングおよび通電焼結にて3軸配向バルク体の作製を達成した。 第1章では、緒言として本研究の背景と目的について述べた。 第2章では、保持流体として硬化性樹脂を用いた場合において、3軸配向に適した磁場環境を実験と磁気エネルギーの解析の両面から検討した。$\beta\text{-FeSi}_2$の静磁場および回転磁場に対する配向の様子から、磁化率の大小関係は$\chi_a < \chi_b < \chi_c$であることが明らかとなった。種々の首振り角に対する配向の様子を各軸周りの回転に着目して、X線回折強度に対する半値幅を用いて評価した結果、a軸周りの回転とc軸周りの回転はトレードオフの関係にあることが明らかとなった。この実験結果は磁気エネルギー曲線の2階微分の変化と定性的に一致しており、3軸配向に適した磁場環境は磁気エネルギー曲線の2階微分を指標として、首振り角の調整により実現できることが明らかとなった。 第3章では、保持流体としてエチレングリコールを用いることで、磁場中スリップキャストニングにより3軸配向凝集体の作製に成功した。粘度の低い流体を用いた場合においても、首振り角を適切に選択することで3軸配向を達成可能であった。さらに、3軸配向凝集体を通電焼結することにより、試料表面および内部において3軸配向を保持した充填率94%の焼結体、すなわち3軸配向バルク体の作製を達成した。 第4章では、以上をまとめた結言を述べた。 Appendixでは、静磁場による1軸配向を対象として、保持流体の粘度が配向度に影響を与えることを明らかにした。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (中 塚 憲 章)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	准教授	吉矢 真人
	副 査	教授	掛下 知行
	副 査	教授	中谷 彰宏
	副 査	教授	安田 秀幸 (京都大学大学院工学研究科)
	副 査	教授	南埜 宜俊
	副 査	教授	浅田 稔
	副 査	教授	菅沼 克昭
	副 査	教授	平田 勝弘

論文審査の結果の要旨

対称性の低い結晶構造を有する物質では、電気伝導率や熱伝導率、磁化率など、その物性も異方的となる。配向組織を制御することにより、物質の異方的な物性がマクロに顕在化し、材料特性が向上することが期待される。現在、工業的には結晶方位を制御する手法として応力や温度場を用いた手法が利用されているが、それらの手法のみで、全ての物質において配向組織を制御できるとは限らない。本論文では、新たな制御因子として磁場に注目し、常磁性体である β -FeSi₂を対象として、磁場との相互作用を利用することで、結晶方位が 3 次元的に制御された単結晶微粒子から構成される 3 軸配向バルク体の作製プロセスの確立を目的としたものである。成果として評価すべき点は以下の通りである。

1. 保持流体として硬化性樹脂を用いることで、対流等の影響をできるだけ抑制した環境において、 β -FeSi₂の磁化率の異方性に関して、静磁場および回転磁場に対する応答を利用した実証的なアプローチにより、その磁化率の大小関係を明らかにしている。また、首振り角に対する配向度の変化を実験と磁気エネルギーの両面から検討し、結晶の各軸周りの配向度がトレードオフの関係にあることを明らかにしている。さらに、3 軸配向に適した磁場環境の設計指針として、磁気エネルギー曲線の 2 階微分が指標となり、首振り角を調整するという簡便な方法により最適な磁場環境を実現できることを明らかにしている。
2. 保持流体としてエチレングリコールを用いた首振り磁場中スリップキャスティングにより、目的物質のみで構成され、かつ個々の粒子の結晶方位が 3 次元的に制御された 3 軸配向凝集体の作製が実際に可能であることを示している。また、エチレングリコールを保持流体として用いた場合においては、その粘度に応じて首振り磁場の条件である首振り角等を適切に選択することの重要性を示している。
3. 3 軸配向凝集体を通電焼結することにより、凝集体作製時に形成された 3 軸配向組織を保持した焼結体、すなわち、3 軸配向バルク体の作製が実際に可能であることを明らかにしている。さらに、比較的低温での焼結においても充填率が 94%程度まで向上した焼結体の作製が可能であることを示している。
4. 静磁場による 1 軸配向を対象とした実験において、対流等の外乱が抑制された環境においても、保持流体の粘度が配向度に影響を与えることを明らかにし、その重要性を指摘している。

以上のように、本論文は 3 軸配向バルク体の作製に関して、3 軸配向に適した磁場環境の設計指針を明らかにするとともに、実際に 3 軸配向バルク体の作製が可能なプロセスを明らかにしたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。