

## 学位論文及び審査結果の要旨

氏名 やまざき たかひろ  
山崎 貴大

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 工府博甲第 579号

学位授与年月日 平成31年3月26日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第2項

学府・専攻名 工学府 機能発現工学 専攻

学位論文題目 バルクハウゼン効果に基づく高強度Fe-Co磁歪合金の応答特性に関する研究(Study on response characteristics of high strength Fe-Co magnetostrictive alloy based on Barkhausen effect)

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 中尾 航  
横浜国立大学 教授 高橋 宏治  
横浜国立大学 教授 岡崎 慎司  
横浜国立大学 教授 梅原 出  
横浜国立大学 教授 梅澤 修  
横浜国立大学 准教授 大竹 充

## 論文及び審査結果の要旨

本研究では、磁歪材料における磁化過程で発生するバルクハウゼンノイズに着目し、変動磁場あるいは応力負荷を与えた際に発生するバルクハウゼンノイズの応答特性評価を行うことで、そのノイズ発生に関する磁壁の移動挙動とマイクロ組織の相関性を検証した。さらに、応力下での励磁場及び衝撃応力により誘起されるバルクハウゼンノイズを利用した全く新しい、非接触応力センサ・構造システムを提案し、材料中に負荷される静的及び動的応力の定量評価手法を検討した。

本論文は6章から構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景及び先行研究について述べると共に、解決すべき課題と研究目的について述べた。初めに、エネルギーハーベスティング利用によるIoT進展を背景に、センサ・アクチュエータ材料としての磁歪材料について述べた。次に、機械・構造物の非破壊検査へ向けて、バルクハウゼンノイズに着目した応力測定および損傷診断に関する特徴と先行研究を述べた。それらを踏まえ、磁歪合金を用いたセンサ応用に向けた課題を明らかにし、本研究の目的と方針について述べた。最後に、本論文の構成を示した。

第2章では、引抜き加工熱処理を施した Fe-Co 磁歪合金ワイヤに対して、結晶構造解析及び結晶方位分析、組織観察をすると共に、磁気・磁歪・発電出力特性の検証結果と併せて、各パラメータの比較・検討を行った。その結果、磁歪材料の磁気・磁歪特性に影響を及ぼす組織因子は、主に結晶粒径、格子歪み、結晶方位であることを見出した。特に、転位密度の減少により、磁歪量の減少および、磁歪感受率の増大を確認した。更に、モルフォトピック相境界付近での熱処理による磁気・磁歪特性および、発電出力特性の向上に寄与することを明らかにした。

第3章では、励磁場により発生するバルクハウゼンノイズの計測システムを構築し、応力下におけるバルクハウゼン現象の解析・評価手法を確立した。特に、磁歪材料におけるバルクハウゼンノイズの時刻歴波形およびスペクトル波形を測定することで、バルクハウゼンノイズ発生挙動に及ぼす応力効果の影響を検証した。高速フーリエ変換やウェーブレット変換を用いた周波数解析を用いた結果、応力負荷に伴い、バルクハウゼンノイズの低周波成分が増加すると共に、その実効値も増大することを明らかにした。これらの解析データと微細組織との比較・検討により、静磁エネルギーのギャップの大きな結晶粒界において、磁壁の飛び越え現象が生じる、磁壁ジャンピングモデルを提案し、応力感度へ及ぼす組織因子を明らかにした。

第4章では、磁歪材料の塑性変形より蓄積される転位に着目し、破断までの引張試験により弾塑性領域における応力条件および、中断引張試験によるひずみ損傷導入後における無応力条件でのバルクハウゼンノイズ測定を行った。その結果、弾性域の降伏応力の半分程度までにおいて良好な線形増加を示し、その傾きは磁歪材料の飽和磁歪量に相関を示すことを明らかにした。その後、バルクハウゼンノイズは緩やかな増加へと変化したことから、転位密度の増加に伴う磁壁のピン止め効果の増大が示唆された。これらの知見より、バルクハウゼン効果に基づく磁歪材料自体の劣化損傷の予測モデルを提案・検討し、わずかなひずみ損傷の検知が可能であることを示した。

第5章では、大磁歪を示す高強度 Fe-Co 磁歪合金における、衝撃応力を与えた際に誘導される磁束密度変化（逆磁歪効果）に伴うバルクハウゼンノイズの計測に初めて成功した。変位速度の異なる圧縮試験によりその出力特性評価を行った。応力誘起により得られたバルクハウゼンノイズ波形及びその実効値は、応力負荷速度に伴い、その出力電圧は増大し、同時に測定した発電出力電圧よりも優れた感度を示した。複数の磁歪複合材料および比較材への圧縮試験における、ひずみ過程とバルクハウゼンノイズ波形を比較・検討することにより、バルクハウゼンノイズ発生モデルを提案した。第4章の励磁型および本章の応力誘起型バルクハウゼンノイズ検出システムを利用することで、外部電源を必要としない応力センシングへの実現が期待できることを見出した。

第6章では、各章から得られた成果をまとめると共に、本研究の統括を行った。

・平成31年2月1日13時00分より中央図書館メディアホールにおいて、学位論文発表会

を、平成31年2月1日14時15より同室において、審査委員会を審査委員全員が出席のもとに実施した。

- ・ 慎重審議の結果、博士学位論文として十分な内容を有しており、また、著作権に十分な配慮がされており論文としての独自性を有していることから、合格と判定した。
- ・ 学位論文の審査における質疑応答により、博士論文に関連する分野の科目について博士（工学）の学位を得るにふさわしい学力を有すると判定した。
- ・ 英語による自著学術論文を有していることから、十分な外国語の学力を有していることを確認した。
- ・ 修了に必要な単位は取得済みである。

以上により最終試験は合格であると判定した。