

柳井武志

(山口県)昭和52年10月18日生

授与年月日 平成17年3月18日

報告番号 博(生)甲第63号

主論文 高性能低透磁率コア用ナノ結晶軟磁性材料開発に関する研究

論文審査の結果の要旨

情報通信機器の電力需要の高まりを踏まえ、電源回路出力部で利用されるチョークコイル用磁気コアやエネルギー蓄積用磁気コアに応用される低透磁率軟磁性材料の高性能化が必要とされている。新材料には、高飽和磁化、低磁気損失、適度な低透磁率等が要求されるが、従来技術ではこれらの特性を同時に達成することは困難であった。

柳井武志氏は、平成12年4月に長崎大学大学院生産科学研究科に入学し、現在に至っている。同氏は、研究科での研究を通じて、Fe-Cu-Nb-Si-B系非晶質薄帯を応力下で結晶化させた際に生じるクリープ誘導磁気異方性を利用すれば、高飽和磁化、低磁気損失および低透磁率を同時に実現可能であることを見出し、従来材料を凌駕する磁気特性を有する材料の開発に成功した。同氏は、その研究結果を主論文「高性能低透磁率コア用ナノ結晶軟磁性材料開発に関する研究」にまとめ、参考論文11編を添え、平成16年12月に長崎大学大学院生産科学研究科に博士(工学)の学位を申請した。

長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、平成16年12月16日の定例教授会において論文内容の要旨を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、審査委員会を設置した。審査委員会は、主査を中心に、その論文内容を慎重に審議し、公開論文発表会で発表を行わせると共に、専門分野に関する口頭による最終試験を実施し、それらの結果を平成17年2月17日の研究科教授会に報告した。

提出論文は、高飽和磁化、低磁気損失および低透磁率を同時に実現するナノ薄帯材料の作製法、開発した薄帯材料の磁気特性および開発薄帯にて作製したトロイダルコアの磁気特性に関する研究の成果をまとめたもので、6章から構成されている。

まず第1章で、本研究の背景、意義、目的等を示し、第2章で、各章で共通する実験方法を述べている。

第3章では、磁気異方性の誘導・緩和過程と結晶化との関係を明確にすることで、小さな印加張力で大きな異方性を得るための条件を検討している。その結果、結晶化過程には、異方性が付与されることなく結晶化が進行する過程と、急激な異方性誘導を伴いつつ結晶化が進行する過程の2つの過程が存在し、後者の過程で大きな異方性が誘導されることを明らかにしている。また、小さい張力で大きな異方性を得るためには、熱処理時の初期温度および昇温率が重要であることも示している。更に、結晶化の度合いにより異方性の熱緩和量および緩和速度が変化することを見出し、実用化に際してより安定な異方性を得るための指針を得ている。

第4章では、トロイダルコア作製プロセスをより簡素化することを目的に、二つの異方性誘導法を検討している。一つは試料に直接通電することにより熱処理を施すジュール加熱法、他の一つ、張力印加した試料をあらかじめ升温した炉内を通過させることで熱処理を施す、応力下連続焼鈍法である。ジュール加熱法においては、0.5秒という極短時間で異方性誘導を達成し、飛躍的な熱処理時間の短縮を実現している。応力下連続焼鈍では、試料の伸びが有効に得られることに着目し、同じ大きさの異方性を得るために必要な熱処理時の張力値を、従来の研究に比べて、30~50%低減することに成功している。また、約3m/minの高速移動下での異方性付与に成功し、この方法によりコア作製に必要な長尺のナノ結晶薄帯を短時間で作製でき

ることを示している。

第5章では、実際にトロイダルコアを作製し、その磁気特性を評価している。まず、磁気特性とトロイダルコアの直径との関係を検討し、急激に磁気特性が劣化するコア径が存在することを予測し、実験により確認している。また、他の代表的な低透磁率コアと比較して80%強の低磁気損失化を達成している。作製したコアの磁気損失は、磁化回転を仮定した時のうず電流損失の計算値と一致し、理論限界まで低減されている。本研究で開発した材料は比較的高い飽和磁化を有しており、開発材料の利用がコアの小型化の観点からも有効である。更に、今後の高密度実装に伴う動作温度の上昇に鑑み、作製したコアの高温磁気特性を評価し、250℃付近でもその磁気特性を劣化させることなく使用可能であることも見出している。

最後に、第6章にて本研究を総括し、今後の課題および展望を示している。

以上のように、提出論文は、Fe-Cu-Nb-Si-B系非晶質薄帯を応力下で結晶化させてナノ結晶組織を形成した際に生じる誘導磁気異方性を利用し、高飽和磁化、低損失および低透磁率を同時に達成すると共に、開発材料が従来材料を凌駕する磁気特性を有することを示したもので、その成果は工学の進歩に大きく貢献するものと認められる。よって、博士(工学)の学位に値するものと判断した。

審査担当者	主査	教授	福永博俊
	副査	教授	羽坂雅之
	副査	教授	藤山寛