



| | |
|--------------|---|
| Title | 窒化鉄薄膜の磁気特性、電気特性および構造に関する研究 |
| Author(s) | 永沼, 博 |
| Citation | 大阪大学, 2004, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/45895 |
| rights | |
| Note | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、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

| | |
|---------------|--|
| 氏 名 | ながめまひろし 永 沼 博 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学) |
| 学 位 記 番 号 | 第 19030 号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 16 年 9 月 30 日 |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル科学専攻 |
| 学 位 論 文 名 | (窒化鉄薄膜の磁気特性、電気特性および構造に関する研究) |
| 論 文 審 査 委 員 | (主査) 教 授 山本 雅彦 (副査) 教 授 中谷 亮一 教 授 掛下 知行 教 授 弘津 禎彦 |

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、反応性スパッタリング法により、種々の窒素濃度を有する窒化鉄薄膜を作製し、窒素濃度の変化に対する磁気特性、電気特性および構造の変化について系統的に検討した研究結果をまとめたもので、以下の 7 章により構成されている。

第 1 章は、序論であり、本研究の背景および目的、本論文の構成について述べた。

第 2 章では、本研究における窒化鉄薄膜の作製方法および評価方法について述べた。

第 3 章では、窒化鉄薄膜中の窒素濃度の変化に対する磁気特性、電気特性および構造の変化について系統的に評価した。その結果、窒素濃度の増加とともに、相、結晶構造、膜構造は、 α -Fe[cubic]、[非晶質母相中に微結晶粒が点在する構造]、 ϵ -Fe_xN($2 < x \leq 3$)[hcp]、および ζ -Fe₂N[orthorhombic]の順に変化することがわかった。また、窒素濃度の増加に伴う、相および構造の変化に従い、窒化鉄薄膜の飽和磁化およびキュリー温度は低下した。次に保磁力に着目したところ、窒化鉄中の窒素濃度が 18.2 at%まで保磁力は低下した。その原因は結晶粒の微細化によることがわかった。

第 4 章では、低い保磁力が得られた、Fe-18.2 at% N 薄膜の磁気特性を重点的に検討し、軟磁性材料としての有用性を見極めた。その結果、膜厚を薄くすると、非晶質母相中の結晶粒が微細化し、それに伴い保磁力が低下することがわかった。最低の保磁力は 2 Oe であり、Fe-18.2 at% N 薄膜は良好な軟磁性材料であることがわかった。

第 5 章では、25.0～32.6 at%の窒素濃度を有する ϵ -Fe_xN 薄膜の電気特性を重点的に検討した。その結果、 ϵ -Fe_xN 薄膜は典型的な金属伝導の電気特性を有していることがわかった。しかし、ホール効果測定の結果は、高い窒素濃度を有する ϵ -Fe_xN 薄膜がホールとエレクトロンが混在した複雑な電子構造を有している可能性を示した。

第 6 章では、32.7 at%の窒素濃度を有する ζ -Fe₂N 薄膜の磁気特性を重点的に検討した。その結果、 ζ -Fe₂N 薄膜のキュリー温度は 35 K、0 K での自発磁化は $0.028 \mu_B/\text{iron-atom}$ 、有効磁気モーメントは $0.7 \mu_B/\text{iron-atom}$ であり、 ζ -Fe₂N 薄膜は遍歴電子磁性体であることがわかった。

第 7 章は、本研究で得られた結果をまとめ、総括とした。

論文審査の結果の要旨

磁性材料は、磁気記録再生装置、磁界センサー、トランス、磁気シールドなどの種々の用途に用いられている。必要とされる特性は単一ではなく、その用途により様々である。様々な特性を発現する磁性材料としては、窒化鉄が知られている。窒化鉄では、その組成、結晶構造、膜構造などにより、現在知られている物質の中で最高の飽和磁化をはじめ、磁気ヘッドに適している低い保磁力から記録媒体に適している高い保磁力まで自由に制御できる保磁力、金属伝導から半導体伝導までの幅広い電気伝導特性などの実現が期待できる。このように種々の特性を単一の材料系で実現できる例は他の系には見られない。この点において、窒化鉄は非常に魅力的な材料である。しかし、窒化鉄は、その作製が比較的困難であることから、同条件で組成を変化し、上記の諸特性を比較検討した例は少ない。このため、窒化鉄は、単純な2元系であるのにもかかわらず、その物性値が定まっていない材料である。このような状況を鑑み、本研究では、同条件で組成を変化した窒化鉄薄膜を作製し、種々の特性を系統的に評価し、窒化鉄の諸特性を明らかにすることを目的としている。得られている成果を要約すると、次の通りである。

- (1) 反応性スパッタリング法により、純鉄薄膜から 33 at%までの窒素を含む窒化鉄薄膜を作製し、その相、結晶構造、膜構造について検討し、窒素濃度によりそれらが bcc 構造の α -Fe、hcp 構造の ϵ -Fe_xN ($2 < x \leq 3$)、orthorhombic 構造の ζ -Fe₂N のように変化することを明らかにしている。
- (2) 18 at%以下の窒素濃度においては、窒素濃度の増加とともに保磁力は低下し、窒素濃度が 18 at%を越えると、保磁力が増加することを見出し、組成により保磁力を制御する方法を確立している。
- (3) 組成による飽和磁束密度およびキュリー温度の変化を明確にし、実用となる組成領域は 32 at%以下であることを明らかにしている。
- (4) 33 at%の窒素を含む窒化鉄薄膜は、自発磁化 $0.028 \mu_B/\text{iron-atom}$ 、有効磁気モーメント $0.7 \mu_B/\text{iron-atom}$ の特性を有する遍歴電子磁性体であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は同条件で作製した種々の組成の窒化鉄薄膜について、系統的に検討を行い、その特性を明らかにしている。この知見は窒化鉄の電子材料としての応用の道を拓くものであり、材料科学・材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。