

Title	電子線照射によるFe-Nd-B系合金のナノ組織制御
Author(s)	仁野, 章弘
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48478
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	にの野 章 弘
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21181 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 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	電子線照射による Fe-Nd-B 系合金のナノ組織制御
論文審査委員	(主査) 教授 馬越 佑吉 (副査) 教授 森 博太郎 教授 白井 泰治

論文内容の要旨

本論文は、結晶-ガラス遷移を利用した、機械的原子変位導入プロセスとして知られる電子線照射法による Fe-Nd-B 系合金のナノ組織制御について、(1)電子線照射誘起相転移挙動、(2)ナノ結晶組織の形成、(3)照射誘起相転移の制御パラメータに着目し、研究成果をまとめた。本論文は、以下に示す全 7 章から構成されている。

第 1 章では、本研究を遂行するにあたり、その背景として、「結晶-ガラス遷移」、「ナノ結晶組織の形成」および「電子線照射効果」について説明した。研究背景の説明を基に、電子線照射誘起相転移を利用したナノ組織制御に関する研究の目的と意義を述べた。

第 2 章では、電子線照射を行うための各種 Fe-Nd-B 系合金を作製し、メルトスパン材の構成相を調査した。電子線照射により形成される組織と比較するため、熱誘起結晶化挙動を調査した結果について述べた。

第 3 章では、電子線照射に伴う現象を簡単に捉えやすい 2 元系 Fe-Nd 合金に対して電子線照射を行い、その相転移挙動を調査した。電子線照射により、Fe-Nd 合金においてナノ結晶組織形成が可能なことを明らかにした。さらに、アモルファス化や結晶化といった、電子線照射誘起相転移現象の発現について考察した。この電子線照射誘起相転移の発現が、酸化、温度上昇や組成変動などの副次効果によって引き起こされたものか検討した。

第 4 章では、化合物組成比合金である、Fe-Nd-B 系合金の結晶相およびアモルファス相に電子線照射を行い、結晶相のアモルファス化、アモルファス相の結晶化挙動について明らかにし、ナノ結晶組織形成に有効な C-A-C 相転移を Fe 系合金において初めて見出した。この相転移現象発現のメカニズムをアモルファスの自由エネルギーが幅を持つというコンセプトから考察を行った。

第 5 章では、実用合金組成の Fe-Nd-B 系合金に電子線照射を行い、照射誘起相転移を利用し、従来法では得ることが困難な非常に微細なナノ結晶組織形成を実現した。さらに、磁気特性改善の観点から、電子線照射によるナノ組織制御の有効性を実証した。

第 6 章では、Fe-Nd-B 系合金における照射誘起相転移挙動の系統的な研究によって、ナノ組織制御指針である制御パラメータを検討した。ナノ結晶組織形成に必要な、電子線照射誘起結晶化について、混合熱およびミスマッチエンタロピーによるパラメータを電子線照射によるナノ制御指針として提案した。

第 7 章では、本研究により得られた知見を総括した。

論文審査の結果の要旨

結晶のナノ組織制御により、その力学特性ならびに機能特性の改善が可能である。その有効な手段として、アモルファス相からの結晶化過程の制御がある。本論文は、電子線照射下でのアモルファス相、過冷液体、結晶の相安定性に注目し、Fe-Nd-B系急凝固合金への電子線照射による結晶化、アモルファス化といった相遷移ならびに相安定性と、形成相の構造解析ならびにナノ組織制御の可能性について調べ、熱誘起結晶化過程と比較、検討している。得られた結果は下記の通りである。

(1) $\text{Fe}_{77}\text{Nd}_{4.5}\text{B}_{18.5}$ アモルファス合金の熱誘起結晶化は多段で起り、 $\alpha\text{-Fe}$ 、 Fe_3B および $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 相のみならず Fe_2B 、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{23}\text{B}_3$ 、 $\text{Nd}_{1.1}\text{Fe}_4\text{B}_4$ も形成され、熱誘起結晶化による相選択並びにナノ組織制御は困難であることを明らかにしている。

(2) Fe-Nd 二元系結晶へ電子線照射すると、 $\text{Fe}_{17}\text{Nd}_2$ はアモルファス化するが、 $\alpha\text{-Fe}$ は安定であった。その結果、電子線照射下では単位胞体積が小さく、単純構造の結晶相ほど安定であることを見出している。また、このアモルファス合金への電子線照射により、ナノ結晶組織が得られ、電子線照射誘起結晶化がナノ結晶組織を得る有効な手法であることを明らかにしている。

(3) Fe-Nd-B 三元系合金中の $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ および $\text{Nd}_2\text{Fe}_{23}\text{B}_3$ 相は、電子線照射によりアモルファス化する。さらなる照射により照射誘起結晶化が発現し、結晶-アモルファス-結晶といった特異な相遷移を示し、ナノ組織制御が達成されることを明らかにしている。

(4) アモルファス相の照射誘起結晶化は、照射温度ならびに照射密度、照射量に著しく依存する。この相安定性の照射温度依存性ならび照射密度依存性を利用することにより、相選択制御が可能であることを明らかにしている。

(5) $\alpha\text{-Fe}$ 、 Fe_3B 、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{23}\text{B}_3$ 相から構成される実用磁性合金に電子線を照射すると、 $\alpha\text{-Fe}$ 以外はアモルファス化し、更なる照射により照射誘起結晶化が起り、ナノコンポジット組織が形成される。この際、磁気特性に有害な $\text{Nd}_2\text{Fe}_{23}\text{B}_3$ 相が消滅し、電子線照射が磁気特性改善のための有効な組織制御手段であることを明らかにしている。

このように、本論文は、Fe-Nd-B系磁性合金の電子線照射誘起相変態過程と相選択、相安定性を明らかにすると共にナノ組織制御による磁気特性改善の可能性を示すなど、学術的にも実用的にも極めて重要な知見を多数含んでおり、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。