

Title	Zr-Cu基およびFe-Zr-B基アモルファス相の電子線照射誘起結晶化とその構造安定性
Author(s)	永瀬, 丈嗣
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2266">https://hdl.handle.net/11094/2266</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	なが せ 瀬 丈 嗣
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17833 号
学位授与年月日	平成15年3月25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	Zi-Cu 基および Fe-Zr-B 基アモルファス相の電子線照射誘起結晶化とその構造安定性
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、Zr-Cu 基および Fe-Zr-B 基アモルファス相の電子線照射誘起結晶化について、(1)支配因子とその特徴、(2)アモルファス相の構造安定性との関係、および(3)ナノ結晶組織の形成、の三点に注目して研究成果をまとめたものであり、以下に示す全七章から構成されている。

第一章は序論であり、研究を遂行するに至った背景、およびその目的と意義について述べた。

第二章では、Zr-Cu 基および Fe-Zr-B 基合金におけるアモルファス相の熱的性質について調べた。その結果、アモルファス相の熱的結晶化に対する安定性が、過冷液体域の大きさ  $\Delta T_x$  と良好な対応を示すことを明らかとした。この結果をもとに、 $\Delta T_x$  を基準として、熱的安定性が連続的に異なるメルトスパンアモルファスリボンを作製した。

第三章では、Zr-Cu 基合金のアモルファス相に電子線照射を行い、照射によるアモルファス相の構造および組織の変化について調べた。その結果、Zr 基金属ガラス合金において、世界に先駆けてアモルファス相の照射誘起結晶化が発現することを見出した。

第四章では、Fe-Zr-B 基合金に電子線照射を行うことにより、金属-金属系のみでなく、金属-非金属系金属ガラス合金においても、電子線照射により結晶化が誘起されることを見出した。さらに相選択をはじめとする結晶化挙動が、熱的結晶化の場合とは大きく異なることを明らかとした。これらの結果をもとに、アモルファス相の電子線照射誘起結晶化が、(1)電子線はじき出し効果によるアモルファス相中の原子拡散の促進、(2)結晶相の照射に対する安定性、の二つの因子によって支配されることを提案した。

第五章では、アモルファス相の電子線照射誘起結晶化とアモルファス相の構造の関係について調べた。その結果、アモルファス相の電子線照射誘起結晶化に必要な電子線照射量(トータルドース)によって、アモルファス相の構造安定性および結晶化に関する知見が得られることを明らかとした。

第六章では、アモルファス相の電子線照射誘起結晶化に伴う、ナノ結晶組織の形成および照射に伴うナノ結晶相の成長について調べた。また、照射によるナノ結晶組織形成メカニズムを、新たに安定半径モデルを導出することにより説明可能とした。実験的および理論的な両面から、アモルファス相への電子線照射が、ナノ結晶組織形成プロセスとして極めて有効であることを示唆した。

第七章では、本研究で得られた結果および知見を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、アモルファス相の構造安定性について、アモルファス相の熱的安定性と電子線照射効果の関係に注目して調べている。異なる熱的安定性を有する Zr 基合金 ( $Zr_{66.7}Cu_{33.3}$ 、 $Zr_{65.0}Al_{7.5}Cu_{27.5}$ 、 $Zr_{65.0}Al_{7.5}Ni_{10.0}Cu_{17.5}$ ) 及び Fe 基合金 ( $Fe_{88.0}Zr_{9.0}B_{3.0}$ 、 $Fe_{71.0}Zr_{9.0}B_{20.0}$ ) のアモルファス相を用い、これに電子線照射を行うといずれのアモルファス相も電子線照射により結晶化が誘起されることを見出し、この照射誘起結晶化を通じてアモルファス相の構造安定性を評価している。また、この照射誘起結晶化に伴う組織、構造変化を調べ、熱的結晶化と比較するとともに、ナノコンポジット組織制御の可能性を探求している。本研究で得られた主要な結果は以下の通りである。

- (1) Zr 基アモルファス相の熱的安定性は金属添加元素に依存して著しく変化すること、一方 Fe 基アモルファス相のそれは非金属元素である B 濃度に依存することを示している。これら合金のガラス形成能は必ずしも換算ガラス化温度および過冷液体域の大きさ ( $\Delta T_x$ ) では整理できない。一方、アモルファス相の熱的結晶化に対する安定性は、 $\Delta T_x$  と良好な対応関係を示すことを明らかにしている。
  - (2) Zr 基合金のアモルファス相に電子線を照射すると、照射誘起結晶化が起こることを見出している。この際の析出相は、熱処理の際の析出相には必ずしも対応せず、異なる相選択性を示すことを見出している。また、熱処理によってアモルファス中に形成された析出相は、電子線照射によって消失し、アモルファス化するが、電子線照射量の増加に伴って再び結晶相が析出する。しかし、この結晶相は、当初熱処理で得られた結晶相とは結晶構造が異なり、明らかに電子線照射下と熱処理過程ではアモルファスならびに結晶相の相安定性が異なることを明らかにしている。
  - (3) Fe 基アモルファス合金および金属ガラスへの電子線照射により、金属-金属系のみならず、金属-非金属系ガラスにおいても電子線照射誘起結晶化が起こることを見出している。このような電子線照射誘起結晶化は、電子線はじき出し効果によるアモルファス相中の原子拡散の促進と結晶相の照射による安定性の二つの因子によって支配されることを明らかにしている。
  - (4) アモルファス相の電子線照射誘起結晶化に必要な臨界照射量は、アモルファスの熱的安定性と密接に関係するとともに、この臨界照射量は著しい照射温度依存性を示すことを見出している。
  - (5) アモルファス相への電子線照射により、熱処理では実現困難なナノコンポジット組織制御が可能であることを示すとともに、結晶の電子線照射下での安定半径という概念を用いた新たなナノ結晶組織形成モデルを提唱している。
- 以上のように、本論文は、アモルファス相への電子線照射による照射誘起結晶化という新たな手法によるナノ組織制御の可能性を示すとともに、アモルファス相の安定性、金属ガラス開発への指針を示すなど、アモルファス合金の組織・構造制御に関する学術的にも実用的にも有益な多くの知見を含んでおり、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。