

研究課題別 事後評価結果

1. 研究課題名： 自己構造・組織創成型過冷金属の応用展開

2. 研究代表者： 井上 明久（東北大学 ユニバーシティ プロフェッサー）

3. 研究内容および成果：

本研究はバルク金属ガラスが生成する新しい合金系の開発、熱的安定性や基礎物性の解明、有用な工業的特性の探索、新しい作製法や成型加工プロセスの開発等を行った。また、ナノ結晶、ナノ準結晶およびデンドライト相が均一分散したバルク金属ガラス等の新しい合金組成の探査や有用特性の評価を行った。

以下、大きな進展のあった成果を中心にまとめる。

1) ナノデバイス研究

ナノ形状金型を創製して、その形状を金属ガラスに転写（鋳造、鍛造、コイニング、射出成形、押し出し加工等）することで、ナノデバイスを量産する方法を考案した。

高強度、高靱性をもつ Zr 系や Co 系のバルク金属ガラスを FIB (Focused Ion Beam) 加工することにより、①過冷却液体域において、最小 50nm のナノインプリント加工、転写加工が行えること、②金属ガラスが 100-500nm スケールで鋳型として使用可能であること、③収束イオンビームを用いて最小 12nm 幅のスケールで超微細パターン転写用の鋳型を作製できること等を明らかにした。さらに、得られた薄膜を用い、マイクロマシンやセンサーへ応用するための高効率微細加工法を開発した。

2) 軟磁性材料研究

超軟磁性、超高強度、高耐食性を同時に具備した (Fe, Co)-B-Si-Nb 軟磁性バルク金属ガラスを見出し、これまでバルク化が不可能と思われていた従来の Fe-B-Si、Co-B-Si 系に関し、初めてバルク金属ガラス化に成功した。また、これまでバルク Fe 基金属ガラスを作製するのに必須であった高価な元素 Ga を添加する必要のない、高ガラス形成能、低保磁力等、優れた軟磁気特性を併せ持つ新規な Fe-Mo-P-C-B-Si 系バルク金属ガラスを見出した。さらに、5000MPa 以上の超高強度と優れた加工性を持つ Co-Fe-Ta-B 軟磁性バルク金属ガラスを発見した。

3) 水素吸蔵材料研究

金属ガラスをスタート材とするナノ粒子分散試料の水素吸蔵特性を解析したところ、Zr-Pd-M (M: 遷移金属) 非晶質合金を酸素雰囲気中で熱処理することにより、水素の飽和吸蔵量が著しく高い複合酸化物分散型水素吸蔵材料を見出した。また、金属ガラスの焼鈍によるナノ結晶化に伴い水素吸蔵放出速度が改善されることに着目し、ナノ結晶材料の水素センサーへの応用を図った。その結果、Zr-Pd-Ni-O 試料が大きな水素吸蔵量を示すこと、およびそれを用いたナノ結晶スパッタ薄膜が水中溶存水素に対して高い感受性を有することを明らかにした。

4) 応用展開分野研究

①単ロール型液体急冷法やダイカスト法による金属ガラス板の粗成形加工法（一次加工）、②

金属ガラスの特徴である過冷却液体域を利用した温間プレス装置によるナノ精密制御加工成形法(二次加工)、および③得られた加工成形体への表面処理技術を開発した。

また、金属ガラスの持つランダム構造や、原子レベルでの粘性流動等を利用した超微細加工製品を開発した。

このように本研究は、金属ガラスを実用に結びつけるためのアイデアや基礎データを数多く生み出した。これらは金属ガラスの持つ特性を生かしつつ、工業製品を創成する上で重要な知見となる。

4. 事後評価結果

4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

期間中の外部発表、特許等の実績を示す。

発表論文:(邦文) 4 件/(英文) 119 件

口頭発表:(国内) 61 件/(海外) 37 件

特許出願:(国内) 21 件/(海外) 5 件

多くの論文発表ならびに口頭発表がなされ、外部発表は十分であったと評価できる。ナノインプリントリソグラフィ技術の開発は、ナノデバイスの作製に関わる基礎技術として将来性があり、軟磁性材料の開発は省エネ型トランス材料としての展開が期待される。また、水素吸蔵材、水素検出材の開発が進み、水素検知センサー等、一部製品化にも成功している点等は、世界的にみて研究代表者の独壇場である。合金設計から材料加工技術まで多くの企業が関心を寄せており、我が国独自の革新材料が創出されることが期待される。

4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

様々な機能や特性を有する金属ガラス材料の開発に関して、学術面における基礎的分野を構築するとともに、実用化に向けた特性の向上や新たな材料開発に取り組む等、この分野の発展に多大なる貢献を行った。特に、応用展開を目指して、ナノパターン形成、水素吸蔵および水素検知センサーの開発、軟磁性材料創製およびダイカスト製品の開発等の研究に成功し、所期の目的を十分達成したといえる。また期間中、企業との連携を目的とするプロジェクトを立上げ、それがうまく機能していることを考えると、基礎研究者と応用加工研究者が交流しつつ、我が国独自の材料開発を行っている良いモデルと見なすことができ、極めて意味のあるプロジェクトであったと評価できる。

4-3. その他特記事項(受賞等)

研究代表者の主な受賞は次の通りである。

服部報公会報公賞 (平成 15 年度)

日本金属学会 技術開発賞 2 件 (平成 16 年 10 月)

日本金属学会 技術開発賞（平成 17 年 10 月）

日本金属学会 技術開発賞（平成 18 年 10 月）

第 5 回産学官連携推進会議 内閣総理大臣賞（平成 18 年 6 月）

Kelly Lecture (Cambridge University)（平成 15 年度）

KTH Lecture, Honorary Doctor(名誉博士)(スウェーデン王立工科大学)(平成 17 年度)