

自己評価報告書

平成23年 4月19日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究 (S)

研究期間：2008～2012

課題番号：20226013

研究課題名 (和文) センチメートル級の大型バルク金属ガラスの創製と工業化

研究課題名 (英文) Fabrication of Bulk Metallic Glasses in Centimeter Class and Their Industrialization

研究代表者

井上 明久 (INOUE AKIHISA)

東北大学・総長

研究者番号：10108566

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学 ・ 構造・機能材料

キーワード：バルク金属ガラス、アモルファス合金、パターンドメディア

1. 研究計画の概要

本研究では、下記の6項目の研究を推進する。(1)我々が世界に先駆けて直径1cm以上の大型バルク金属ガラスの創製に成功したZr、Pd、Mg、Fe-Co、Ni、Cu、Ptの最大直径をさらに増大させること、(2)今日まで1cm以上の直径をもつ大型バルク金属ガラスが得られていない新しい合金系で1cm以上の臨界直径をもつ多くの新合金を見出すこと、(3)詳細な構造解析により構成原子の中距離秩序性を解明してcm級のバルク金属ガラスが生成する支配因子の解明と合金設計法の確立を目指すこと、(4)大型バルク金属ガラスの応用のための基礎的知見の確立を目指して、独特な作製プロセスの開発、機械的、物理的、化学的、磁氣的、光学的諸性質を調査して、各特性において最高の機能を発現するcm級のバルク金属ガラスの組成、構造および組織的特徴の確立を図る。(5)粘性流動加工性をはじめとする接合加工性について調査して、金属過冷却液体加工技術におけるcm級大型金属ガラスにおける特徴を解明すること、ならびに、上述の基礎的知見からcm級バルク金属ガラスの応用化、工業化を図ること、である。これらの成果に基づいて、新規なcm級の大型バルク金属ガラスの材料科学・工学の基礎の確立を目指す。

2. 研究の進捗状況

これまでに、下記の3つの研究項目、すなわち、(1). 新規cm級バルク金属ガラスの開発、(2). 金属ガラスの局所的秩序の存在の実験的検証、(3). 金属ガラスの応用展開、で優れた成果を得た。具体的には、(1)の新規cm級バルク金属ガラス開発では、本研究開始後、

Cu基、Zr基、Pd基およびNi基合金で新規センチメートル級BMGの開発に成功した。Cu基では、臨界直径(d_c)15mmの新規センチメートル級バルク金属ガラスをCu₄₇Zr₄₅Al₅合金で見出すとともに、Zr基では、Zr₇₀Al₈Cu_{13.5}Ni_{8.5}は $d_c = 10$ mmであること、Pd基合金のPd₄₀Ni₄₀Si₄P₁₆金属ガラスは $d_c = 20$ mmであること、さらには、Ni基合金のNi₆₀Pd₂₀P₁₈Si₂金属ガラスは $d_c = 15$ mmであることを報告している。(2)の金属ガラスの局所的秩序の実験的検証では、「ナノビーム」電子線回折と分子動力学シミュレーションを組み合わせることにより、金属ガラスの原子構造の特性を、これまでになく高い分解能で明らかにすることに成功した。(3)の応用研究としては、以下の2項目を達成した。すなわち、(3)-①超高密度記録媒体の作製：金属ガラスを用いることにより、次世代の高密度磁気記録媒体技術として有力視されるパターンドメディアの作製技術を開発することを目的とする研究を行った。その結果、ドット径9nm、ピッチ18nm(2Tbit/inch²相当)で高アスペクト比(1以上)の金型の作製に成功した。(3)-②超々精密ギヤードモータの作製：従来の世界記録にあたる直径1.5mmのマイクロギヤードモータを凌ぐ直径0.9mmのマイクロギヤードモータの作製に成功している。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)本報告書の「2. 研究の進捗状況」で示した三項目において、いずれも、目的を超える研究の進展があり、今後、残り2年の研究の進展を鑑みた場合、当初の予定以上の

成果が充分見込まれる状況にあると判断できる。具体的には、以下の理由による。(1)の新規 cm 級 BMG の開発に関しては、本研究開始後、得られた Cu 基、Zr 基および Pd 基バルク金属ガラスは、いずれも、臨界直径が 10mm 以上の新規センチメートル級 BMG であり、本研究の研究課題名に記されている内容を満足する研究成果である。(2)の構造解析に関しては、金属ガラスの局所的秩序の存在の実験的検証に関しては、サブナノメートルサイズの極微小電子線回折による極微小領域の構造解析に成功した点は、金属ガラスを含む金属系非結晶系物質の分野において初の世界最先端の研究成果であるものと自負している。この研究成果は、研究計画調書を作成した時点では、想像すらしなかった快挙であると言ってよい。(3)の応用展開に関しては、(3)-①では、数ナノから十数ナノメートル寸法のドット径、ピッチ幅の制御を実現した点において、正にナノテクノロジーによる材料組織制御の限界に挑戦して実現した成果である点で、研究代表者をはじめ関連研究者一同満足のゆく成果であると自負している。一方、(3)-②では、約 5 年前に達成した直径 1.5mm 精密ギヤードモータの現世界記録を更に前進させた直径 0.9mm 超々精密ギヤードモータの開発成功であり、世界中の誰もが達成しえない優れた成果を得ている。

4. 今後の研究の推進方策

これまでの研究成果を踏まえ、基礎研究として合金探査を継続して、新規センチメートル級のバルク金属ガラスの合金探査を行うとともに、応用化、工業化研究を推進する。具体的には、基礎研究としては、合金探査の効率向上を目指して開発した合金組成探査指針を駆使して、可能性のある 100 種類以上の多元系合金に対してバルク金属ガラス生成の可能性を調査する。応用研究としては、ハードディスクメディア、ミリメートル寸法のマイクロギヤードモータ、高強度・高導電性端子部材、金属ガラスミラー材料など、これまでに萌芽的に応用研究がなされている状況を工業化の実現に向けて推進する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 301 件) 抜粋 3 編

1. A. Inoue and A. Takeuchi: “Recent Development and Applications of Bulk Glassy Alloys”, *Acta Materialia*, 査読有, Vol. 59, pp. 2243–2267, 2011 年.

2. D. Pan, A. Inoue, T. Sakurai and M.W. Chen: “Experimental Characterization of Shear Transformation Zones for Plastic

Flow of Bulk Metallic Glasses”, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 査読有, Vol. 105, pp. 14769-14772, 2008 年.

3. W. Zhang, Q.S. Zhang, C.L. Qin and A. Inoue: “Synthesis and Properties of Cu-Zr-Ag-Al Glassy Alloys with High Glass-Forming Ability”, *Mater. Sci. Eng.*, 査読有, Vol. B148, pp. 92-96, 2008 年

[学会発表] (計 26 件) 招待講演のみで 26 件、抜粋 1 編

1. A. Inoue, “Development and Applications of Bulk Metallic Glasses”, *APS (American Physical Society) March Meeting 2009*, 2009 年 3 月 16 日, Pittsburgh, PA, U.S.A.

[図書] (計 5 件)、抜粋 1 件

1. C. Suryanarayana and A. Inoue: *Bulk Metallic Glasses*, Taylor and Francis Group LLC, USA, 2010 年 9 月 2 日、1~543 ページ

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

1

名称: ナノ金型、金型の製造方法および磁気記録媒体の製造方法

発明者: 早乙女 康典、井上明久

権利者: 株式会社 BMG、国立大学法人東北大学

種類: 特許

番号: 特願 2009-181455

出願年月日: 平成 21 年 8 月 4 日

国内外の別: 国内

2.

名称: Au 基非晶質合金

発明者: 井上明久、張 偉

権利者: 国立大学法人東北大学

種類: 特許

番号: 特願 2009-147084

出願年月日: 平成 21 年 6 月 9 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: Cu 基金属ガラス合金

発明者: 井上明久、張 偉、張 慶生

権利者: 独立行政法人科学技術振興機構

種類: 特許

番号: 特許 4618569

取得年月日: 平成 22 年 11 月 15 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp_org/index.php