

バルク金属ガラスの自由体積緩和挙動と微細構造に関する研究

研究代表者名

大阪府立大学工学研究科・堀 史説

研究分担者名

大阪府立大学工学研究科・石井頭人、峯野慎也、小野寺直利、岩瀬 彰宏
東北大学金属材料研究所・今野 豊彦

1. はじめに

アモルファス状態である金属ガラスはガラス転移点 (T_g) 以下での熱焼鈍により、構造緩和が生じることが知られている。この際、種々の特性も大きく変化する事が報告されているため、構造緩和の詳細な機構の解明は非常に重要である。そこで、本研究では Zr-Cu-Al バルク金属ガラスの構造緩和による内部構造の変化を、自由体積の変化に注目し、陽電子消滅法などの手法を用いて解明していく事を目的としている。昨年度の研究により、緩和の際の密度の上昇に対する陽電子が検出する自由体積の変化が $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ 金属ガラスと $Zr_{60}Cu_{30}Al_{10}$ 金属ガラスで大きく異なる事を報告した。本年度は $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$ ($x=45\sim65$) バルク金属ガラスを作製し、Zr-Cu-Al バルク金属ガラスの構造緩和における自由体積変化の組成依存性に着目して研究を行った。

2. 研究経過

傾角鋳造法により $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$ ($x=45\sim65$) のガラス形成可能な広い組成範囲にわたってバルク金属ガラスを作成した。この中で、 $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ が共晶組成である。これらの試料を陽電子消滅および X 線構造解析測定に適した形状に切り出した。これらの各試料のガラス転移点及び結晶化温度の測定を行い、それぞれガラス転移温度以下 (T_g-30 K) での等温焼鈍を真空中にて行った後、X 線回折 (XRD)、陽電子消滅寿命測定、同時計数ドブプラー拡がり (CDB) 測定、アルキメデス法による密度測定などを行った。ガラス転移温度等の決定は示差走査熱量測定 [DSC (Differential Scanning Calorimetry)] によって行った。尚、等温焼鈍は密度及び陽電子寿命値の変化が一定になる時間まで行った。

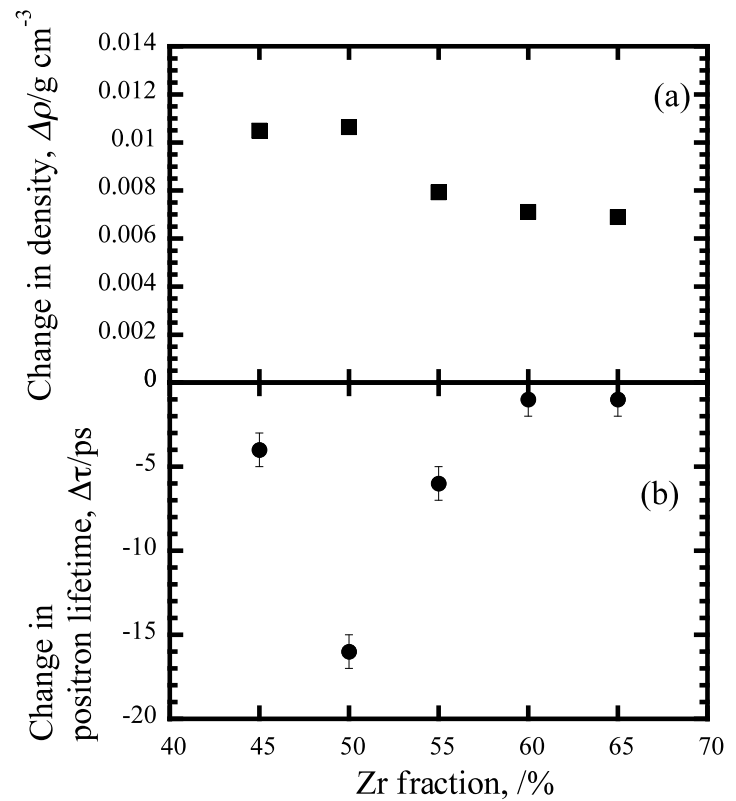
3. 研究成果

ガラス転移点以下における焼鈍による密度は、構造緩和によりいずれの組成においても上昇する事を確認した。さらにその変化量は図 1(a) に示すように組成に依存しており、共晶組成である $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ において最大となり、共晶組成から Zr 濃度を変化させると図のようにその変化量が減少するという組成依存性を示した。さらに、自由体積サイズを検出していると考えられる陽電子寿命値変化も、共晶組成で最もその減少量が大きいという傾向は密度変化と良い一致を示したが、合金組成の Zr 濃度が 60% 以上では密度は上昇しているにも関わらず、陽電子寿命値はほとんど変化しなかった (図 1(b))。この結果は陽電子が検出している自由体積が、これらの組成では熱焼鈍によってサイズの収縮などの変化が起こらない事を示している。この際、組成に依存した自由体積周囲の環境も大きな変化を示していないことから、自由体積周囲の環境が、緩和に大きく影響しており、Zr リッチな空隙構造では緩和が起こりにくくなることを示唆している。

4. まとめ

本年度は $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$ ($x=45\sim65$) バルク金属ガラスを作製し、Zr-Cu-Al バルク金属ガラスの構造緩和における自由体積変化の組成依存性に着目して研究を行った。その結果、Zr 濃度の高い組成においては、陽電子が検出する自由体積以外の変化が主に密度変化に起因していることを明らかにし、複数の緩和機構がバルク金属ガラス中に存在することを実験的に示した。これらの成果は、下記の論文にて発表済みである。今後は、それぞれの組成の緩和過程について詳細に検討を行う予定である。

図1 $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$ ($x=45\sim65$) バルク金属ガラスの等温焼鈍後の密度(a)及び、陽電子寿命値変化(b)



謝 辞

本研究を行うにあたり、試料作成およびご助言頂きました東北大学金属材料研究所横山嘉彦准教授に感謝いたします。また、密度測定にご協力いただきました東京理科大学の春山修身教授に感謝致します。

発表論文

- Effects of chemical composition on the structural relaxation in ternary Zr-Cu-Al bulk glassy alloys studied by EXAFS and positron annihilation techniques
Akito Ishii, Shinya Mineno, Akihiro Iwase, Yoshihiko Yokoyama, Toyohiko J. Konno and Fuminobu Hori, Mater. Res. Soc. Proc., Vol. 1300, U09-38 (2011) pp. 1-7.