The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	金属ガラスの極低温電子照射に対する安定性
Author(s)	永瀬, 丈嗣
Citation	大阪大学低温センターだより. 2009, 148, p. 9-12
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/6151
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

「構造・機能先進材料デザイン教育研究拠点」

拠点リーダー：掛下　知行（工学研究科）

事業推進者

氏　名	所属・役職	GCOEでの役割
掛下　知行	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	拠点リーダー、先進材料に関する教育プロジェクト、研究プロジェクトの総括
荒木　秀樹	工学研究科付属原子分子イオン制御理工学センター・教授	教育企画･実施担当､原子分子レベルでの構造欠陥の物理的評価法の確立と信頼性向上のための最適材料設計
宇都宮　裕	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・准教授	広報企画・実施担当、加工プロセスによる材料の高機能化法確立
桐原　聡秀	接合科学研究所附属スマートプロセス研究センター・准教授	研究企画担当、光造形法によるフォトニッククリスタルおよびフラクタルの創製
白土　　優	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・助教	広報企画・実施担当、磁性先進材料デザイン法の構築
節原　裕一	接合科学研究所（加工システム研究部門）・教授	運営企画担当､新しい加工エネルギー源ならびに高度プロセス制御法の開発､材料創製への応用と高機能化
田中　敏宏	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	教育企画・実施総括、環境調和型材料の開発とリサイクル・再資源化プロセスの構築
土谷　博昭	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・助教	教育企画・実施担当、構造・機能融合型表面創製に向けた電気化学ナノ加工プロセスの構築
寺井　智之	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・助教	自己点検・評価担当、先進磁性材料の高機能化
中嶋　英雄	産業科学研究所第２研究部門（材料・ビーム科学系）・教授	研究企画担当、材料のポーラス化による高機能化
永瀬　丈嗣※	超高圧電子顕微鏡センター・助教	自己点検・評価担当、超高圧電子顕微鏡を用いた照射損傷に関する研究
中谷　亮一	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	教育企画・実施担当、高集積磁気記録用材料の設計・開発とデバイス化
中野　貴由	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	運営企画担当、ナノ組織制御による先進構造材料・生体再建用構造材料の開発と信頼性評価
平田　好則	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	自己点検・評価担当、プラズマ・レーザを用いた新規電子デバイスの創製
廣瀬　明夫	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	広報企画・実施総括、構造・機能先進材料の実用化プロセスの開発と高機能化
福田　　隆	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・准教授	運営企画担当、相変態を用いた新規機能性材料・デバイスの創製
藤井　英俊	接合科学研究所（機能評価研究部門）・准教授	研究企画担当、構造・機能先進材料の摩擦攪拌接合技術の確立
藤本　慎司	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	運営企画総括､構造･機能材料の耐環境性評価と表面改質､生体再建用材料の生体適合性の電気化学的検討
藤原　康文	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	研究企画総括、光デバイス用材料の設計・開発とデバイス化
望月　正人	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・教授	運営企画担当、溶接構造物・鉄鋼材料などの構造化デザインと破壊特性評価
森　博太郎	超高圧電子顕微鏡センター・教授	自己点検・評価担当、超高圧電子顕微鏡による格子欠陥の解析と超微細粒の物性評価
安田　秀幸	工学研究科（知能・機能創成工学専攻）・教授	自己点検・評価総括、磁場を用いた材料生産プロセスの構築
安田　弘行	工学研究科（マテリアル生産科学専攻）・准教授	教育企画・実施担当、電子線・磁場を用いた材料評価法の確立と信頼性評価

※印：本号で紹介する研究者及び研究グループ関係者
太字：低温センターから支援を受けている事業推進者

金属ガラスの極低温電子照射に対する安定性

超高圧電子顕微鏡センター　永瀬　丈嗣（内線7941）

１．はじめに

金属材料の照射損傷は、原子力材料や宇宙粒子線にさらされる宇宙材料においてその特性を決定しかねない重要な因子である。高圧電子顕微鏡（**High voltage electron microscope, HVEM**）-**MeV**電子照射法は、金属材料における**Single atom displacement**を達成可能であるため、照射損傷の基礎研究に必要不可欠とされている[1,2]。図**1**は、金属材料における**MeV**電子照射効果の模式図である。金属結晶（**a**）においては、**MeV**電子照射により、空孔と格子間原子が形成される。形成された空孔が集合合体すればボイドが形成されスエリングの発生につながり、また格子間原子の集合による転移ループの形成は照射脆化の原因となる。一方、**MeV**電子照射下における金属ガラス（**b**）には、**Free volume**と**Anti-Free volume**が形成されると考えられるが[3,4]、金属ガラス中のこれら個々の要素が金属ガラスにどのような影響をおよぼすのかは全く不明である。本研究では、金属ガラスにおける**Free volume**と**Anti-Free volume**導入の影響について調べるため、**Zr-Pt**金属ガラスに極低温照射を行った研究を報告する。

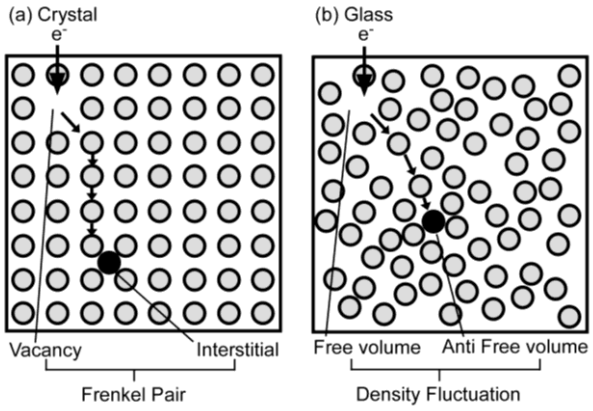

図**1**　金属材料における**MeV**電子照射効果模式図[3,4]

２．極低温照射と極低温液体ヘリウム冷却ホルダー

金属結晶中の格子間原子と空孔は、異なる移動活性化エネルギーに起因して異なる熱移動温度依存性を示す。格子間原子の移動活性化エネルギーは一般に約**0.1 eV**と極めて低いため低温度でも移動する。一方、空孔のそれは約**1 eV**であるため低温ではその熱移動が凍結される。一般に、液体ヘリウム冷却ホルダー冷却実験では、格子間原子の移動のみが実現する条件での実験が可能であると考えられている[1,2]。この格子間原子と空孔の移動の温度依存性が金属ガラスにおいても成立すると過程すれば、金属ガラスにおいても**Free volume**と**Anti-Free volume**導入の影響を個別に調べる

ことが出来る可能性がある。

3．実験方法

本報告では、$Zr_{80}Pt_{20}$金属ガラスに2 MeV電子線照射を報告する。電子照射は、大阪大学超高圧電子顕微鏡H-3000を用いて行った。室温および103 Kでは、液体窒素冷却ホルダー、20 Kの照射は液体ヘリウム冷却ホルダー（図 2 ）を用いて行った。

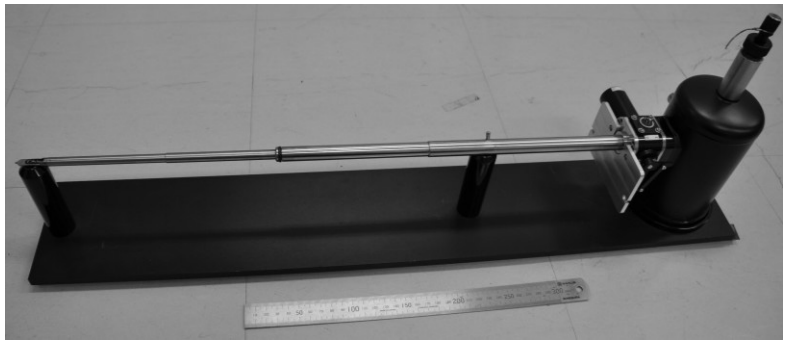

図 2　H-3000液体ヘリウム冷却試料ホルダー

4．結果と考察

図 3 は、$Zr_{80}Pt_{20}$金属ガラスにおけ2 MeV電子照射実験結果である[4]。いずれの照射温度においても、明視野像ではアモルファス相に起因するFeatureless contrastが、Nano-granular contrastへと変化した。電子回折像においては、アモルファスに起因するHalo ringの強度低下と新たなDebye

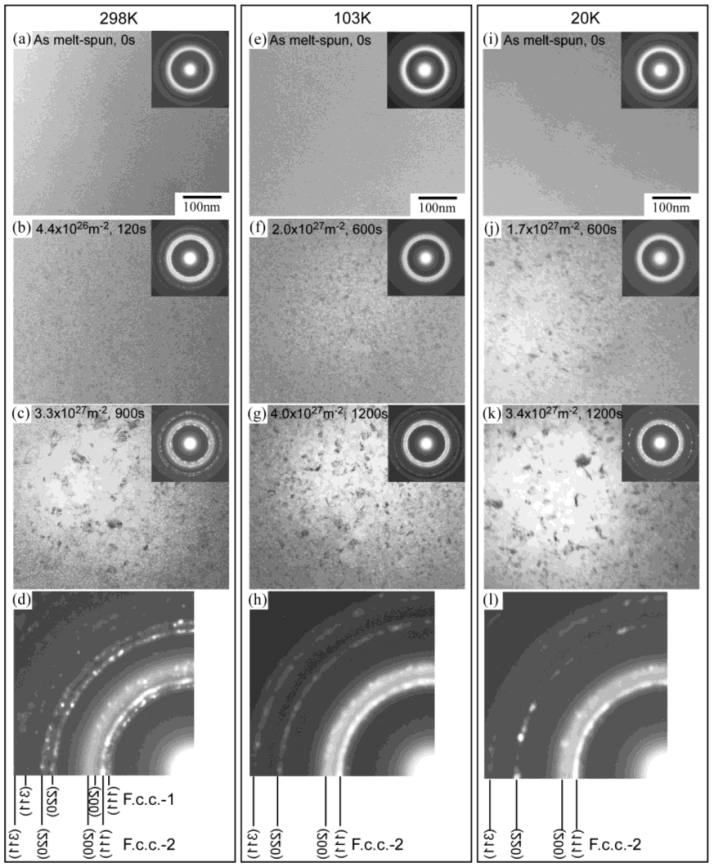

図 3　$Zr_{80}Pt_{20}$金属ガラスの2 MeV電子照射実験結果。（**d**），（**h**），（**l**）はそれぞれ（**c**），（**g**），（**k**）の電子線回折図形の拡大図[4]

ring出現が確認された。これらの結果は、金属ガラスはMeV電子照射下でその構造を安定に維持することができず、ナノ結晶化することを示している。ここで注目されることは、デバイリングの位置および数が、室温照射の場合と、103 Kおよび20 K照射では異なることである。析出結晶相の相選択に、強い温度依存性があることを示している。この結果は、金属ガラスにおける照射損傷において、Free volumeの影響のみでなく、Anti-Free volumeも影響を及ぼしている可能性があることを示している。

5．結言

本報告では、金属ガラスにおける液体ヘリウム冷却照射実験の意義とその結果の一例をご紹介した。金属ガラスにおける照射効果ならびにFree volume・Anti-Free volumeの影響は未解明の分野であるが、液体ヘリウム冷却照射実験はこの未解明点を明らかにする一つの強力な実験手法であることは疑う余地がないといえる。

謝辞

本研究の一部は、研究拠点形成費補助金グローバルCOEプログラム「構造・機能先進材料デザイン教育研究拠点」（大阪大学）の研究費支援のもとに実施された。

参考文献

［1］石野栞：照射損傷（東京大学出版, 東京, 1979）

［2］藤田英一：金属物理（アグネ, 東京, 2004）

［3］T. Nagase, K. Takizawa, M. Nakamura, H. Mori and Y. Umakoshi: J. of Phys., Conf. Series, Proceedings of international conference of Advanced Structural and Functional Materials Design（ASFMD）, 165, 012075（2009）.

［4］T. Nagase, T. Hosokawa and Y. Umakoshi: Intermetallics, to be submitted.