

革新的機能性材料 20 年度 WG 活動報告

宇宙航空研究開発機構：余野建定、東京大学：増野敦信、信州大学：武田三男、宮丸 文章、東北大学：宮崎 博司、日本大学：神馬 洋司、広島大学：黒岩芳弘、高輝度光科学研究センター：小原真司、香港科技大：沈平、温維佳、上海珪酸塩研究所：金蔚青、劉岩、中国科学院力学研究所：王育人

Activity Report on WG for Novel Materials

Jianding Yu¹, Atunobu Masuno², Mituo Taketa³, Fumiaki Miyamaru³, Hiroshi Miyazaki⁴, Youji Jimba⁵, Yoshihiro Kuroiwa⁶, Shinnji Kohara⁷, Ping Sheng⁸, Weijia Wen⁸, Weiqing Jin⁹, Yuren Wang¹⁰

¹Japan Aerospace Exploration Agency, Japan

²The University of Tokyo, Japan

³Shinshu University, Japan

⁴Tohoku University, Japan

⁵Nihon University, Japan

⁶Japan Synchrotron Radiation Research Institute, Japan

⁷Hiroshima University, Japan

⁸The Hong Kong University of Science & Technology, China

⁹The Chinese Academy of Sciences, Shanghai Institute of Ceramics, China

¹⁰The Chinese Academy of Sciences, Institute of Mechanics, China

E-Mail:yo.kentei @jaxa.jp

Abstract: Electrorheology denotes the control of a material's rheological properties through an electric field. This change in microstructure is responsible for the alteration in the rheological properties of the colloid. The effect is reversible when the electric field is removed. Therefore, Electrorheological effect can be used to control the growth of 3D photonic crystal in microgravity environment. On the other hand, study on the behavior of the colloid under electric field in microgravity condition would be valuable in resolving the puzzle and help to uncover the intrinsic ER effect.

Key words; 3D photonic crystal, Electrorheological effect, Microgravity

【目的】

本本研究班は、微小重力環境を利用して、光学材料、磁性材料、誘電材料、伝導材料、光電変換材料、熱電変換材料などの革新的な機能材料を創製することを目標として、国内外の研究者と共同研究、情報交換を実施するものであり、最終的には ISS 等を利用した宇宙実験の共同提案を目指している。

本研究班では平成 17 年度の設立以来、国内外の各材料研究分野の実験者と理論者の研究交流を基に、幾つかの研究テーマを考案してきた。特に、宇宙空間の無容器・無対流・無沈殿等の特徴を利用した高品質の三次元フォトニック結晶成長及び

高機能光学素子の開発は、極めて有望なテーマと考えられ、提案準備を進めている。

【本年度の実験活動】

1. 高屈折率新規ガラスの物性と構造の解明

JAXA の余野建定、東大の増野敦信、広島大学の黒岩芳弘及び高輝度光科学研究センター小原真司により高屈折率の球状ガラスの作製と物性研究を行った。

無容器法を用いて強誘電体 BaTi₂O₅ を母材料としたバルクガラスを合成した。ネットワーク形成物質を添加せずに合成された強誘電体バルクガラスとして初めて成功した。

このガラスは結晶化温度において、一千万以上

の誘電応答が観察された。(図1) 更に、屈折率は2.14であり、通常ガラスにより高い。高精度な光学のデバイスの応用として、注目されている。

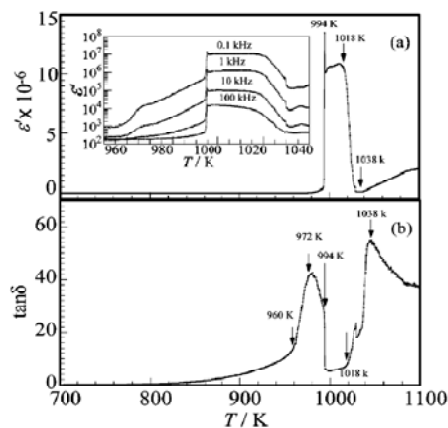


図1 BaTi₂O₅ ガラス誘電特性の温度依存性

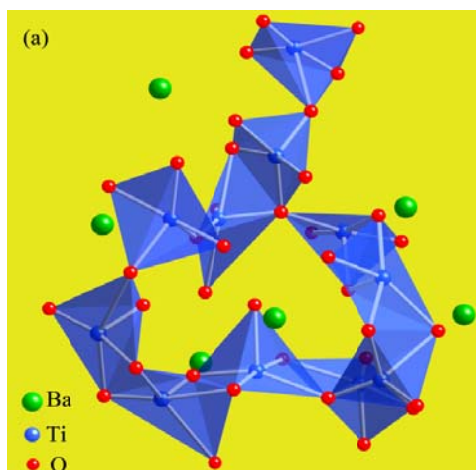


図2 BaTi₂O₅ ガラスの局所構造

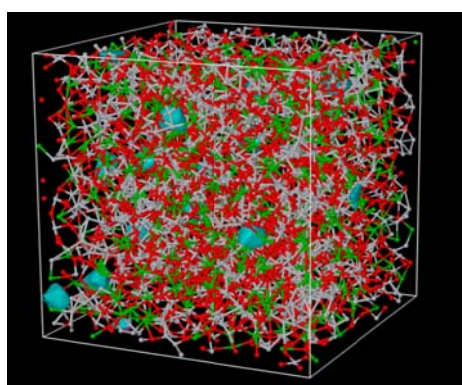


図3 BaTi₂O₅ の三次元構造

このガラスの光学物性を解明するため、高エネルギーX線回折、中性子回折実験を行い、逆モンテカルロ(RMC)シミュレーションを援用して、ガラスの3次元構造を構築した。さらに、ガラスから結晶された準安定相の構造についても解析した。

図2に示したRMCシミュレーションから得られたBaTi₂O₅ガラスの局所構造により、ガラス構造はTiO₅多面体のネットワークにより形成され、歪んだTiO₅多面体は、稜と頂点で連なっている。それにより、巨大誘電率が発生されたと考えられる。

図3はBaTi₂O₅ガラスの三次元構造をしめている。無容器法により作製されたBaTi₂O₅ガラスの内部に自由体積(ボイド)がほとんど存在しない。すなわち、このガラス内部の原子は高密度ランダムに配列されたため、ガラスの屈折率を大きく増大させた。

2. フォトニック結晶およびその分光に関する研究

研究: 信州大学の武田三男と宮丸文章グループは、赤外からテラヘルツ領域のフォトニック結晶の実験研究を行い、新しい研究結果を発表している。特に、テラヘルツ時間領域分光法によるバンド構造の決定は高い評価を受けている、球状高屈折率を用いたフォトニック結晶の研究の予備実験を開始している。

3. 電気粘性流体に関する研究

研究: 香港科技大学の沈平、温維佳グループは、高屈折率誘電体微小球をオイルに分散させた電気粘性流体系においてシミュレーションによる解析と実験を実施し、新高機能電気粘性流体の作製を実施している。

4. 多数誘電体微小球の電磁波散乱の理論モデル計算

計算: 東北大学の宮寄博司と日本大学神馬洋司により行う。

5. 光学結晶の微小重力実験

実験: 中国科学院の金蔚青、劉岩、王育人グループは、中国のスペースシャトルを利用して、超高屈折率・高発光性の光学結晶作製の微小重力実験の準備を進んでいる。