

# 技術開発センタープロジェクト研究報告書

プロジェクトリーダー

電気系

教授 高田 雅 介

研究題目	絶縁性セラミックスに関する研究					
研究期間	平成15年 8 月 1 日～平成18年 7 月 3 1 日					
研究組織	学 内			学 外		
	所 属	職 名	氏 名	所 属	職 名	氏 名
	電気系	教授 助手 技術職員	高田雅介 岡元智一郎 黒木雄一郎	(有)ヨシムラ 化研	代表取締役	吉村幸雄

## 研究概要

目 的	<p>インターネットをはじめとする情報通信量の増大、地球規模での環境問題、エネルギー問題、人口問題の解決に向けて、通信衛星、気象衛星、スペースステーションに代表される宇宙工学への期待は極めて大きい。宇宙空間は、低重力、低気圧、高エネルギープラズマの衝突、紫外線の照射、極端な温度差などを特徴とし、地上環境とは大きく異なる。このような過酷な環境下に、システムを構築するためには、デバイスや材料そのものの高性能化・高信頼性化が必要となる。特に、絶縁破壊はシステム全体の破壊に直結するような致命的な問題を引き起こすため、高信頼性を有する絶縁材料の開発は必須である。絶縁破壊は、宇宙工学に止まらず、IC に代表される回路の高集積化から高電圧システムまで、電気・電子工学の様々な分野で重要な研究対象となっている。本来、優秀な絶縁特性を有する材料であっても、特殊な環境下では、材料表面の絶縁破壊が発生する。絶縁破壊は、局所的な電荷の蓄積が結晶構造の破壊を引き起こす現象であると考えられる。そこで、本研究では、真空中で電子線を照射することにより、絶縁特性の評価をおこなった。また、材料の熱的特性と化学的安定性を評価することにより、高性能・高信頼性を有する絶縁材料の開発を行った。</p>
研究内容	<p>電子顕微鏡を利用して、各種の絶縁性セラミックス表面への電子ビームの照射と微細構造の観察を同時に行い、局所表面に発生するトリーイング現象（絶縁破壊が樹枝状に成長する現象）を観察した。その結果、トリーイング現象が起こるまでの時間から、材料の絶縁特性を評価できることがわかった。マグネシアにカルシアを 10 wt% 添加した試料では、無添加のものに比べてトリーイング発生までの時間が、約 1.4 倍になることがわかった。マグネシアにシリカを 6 wt% 添加した試料では、5.6 倍になった。また、シリカを添加した試料では、経時的な特性の劣化も極めて小さくなることがわかった。以上のことから、マグネシアへのシリカの添加は、高性能・高信頼性を有する絶縁材料の開発に有効であることが示唆された。</p> <p>種々の絶縁性セラミックスを張り合わせ、これを熱処理することにより界面を反応させたセラミックを作製した。このセラミックの界面近傍における局所組成をエネルギー分散X線分光(EDS)により分析し、電子構造をカソードルミネッセンス(CL)により評価した。その結果、<math>\alpha</math>-<math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>-<math>\text{ZnO}</math> - <math>\beta</math>-<math>\text{Ga}_2\text{O}_3</math>系における新たな絶縁材料の設計指針が得られた。</p> <p>電気伝導性酸化物である <math>\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}</math> に絶縁材料である <math>\text{BaAl}_2\text{O}_4</math> や <math>\text{Gd}_2\text{BaCuO}_5</math> を混合した複合セラミックを作製し、これらの材料の電気特性を測定した。その結果、複合化していない場合と比較して、複合材料を用いた電子デバイスの耐久性は格段に高くなることがわかった。</p>

## 研究成果

## 研究論文

1. K.Minato, D.Nezaki, T.Okamoto and M.Takata, "Growth Conditions and Luminescence of ZnO rystals Grown by Electric Current Heating with Thermite Reaction" Key Eng. Mater., 248 95-98 (2003)
2. T.Okamoto, Y.Ibaraki and M.Takata, "Hot Spot in  $\text{LnBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . Ceramics and Its Applications" J. Ceram. Soc. Japan, 112(5) S582-S587 (2004)
3. Y.Tsutai, T.Okamoto, A.Kawamoto and M.Takata, "Hot Spot in  $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ - $\text{BaZrO}_3$  Composite Ceramics" J. Ceram. Soc. Japan, 112(5) S599-S601 (2004)
4. D.Nezaki, T.Okamoto, M.Takata and K.Ogawa, "Luminescence Properties of ZnO Nanowhisker Fabricated by Electric Current Heating Method" J. Ceram. Soc. Japan, 112(5) S958-S960 (2004)
5. S.Ohara, T.Mousavand, M.Uematsu, S.Takami, T.Adschiri, Y.Kuroki and M.Takata, "Hydrothermal Synthesis of Fine Zinc Oxide Particles Under Supercritical Conditions" Solid State Ionics, 172 261-264 (2004)
6. D.Nezaki, M.Yasuda, T.Yasui and M.Takata, "Selective Area Growth of ZnO Crystal by Electric Current Heating" Solid State Ionics, 172 353-355 (2004)
7. T.Okamoto and M.Takata, "Development of Functional Devices Using Hot Spot in  $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ -based Composite Ceramics" J. Ceram. International, 30 1569-1574 (2004).
8. K.Suzuki, T.Okamoto and M.Takata, "Crystal Growth of  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  by Electric Current Heating" J. Ceram. International, 30 1679-1683 (2004)
9. K.Minato, T.Okamoto, M.Takata and K.Ogawa, "Effect Oxygen Partial Pressure on the Growth of ZnO Cluster by Electric Current Heating with Thermite Reaction and UV Emission" ATM Journal, 6(2) 286-289 (2004)
10. T.Yasui, M.Yasuda, D.Nezaki, M.Takata, B.P.Zhang and Y.Segawa, "Positioning Growth of ZnO Whiskers/Dots on Sapphire Substrates" Thin Solid Films 464-465 273-276 (2004)
11. K.Yasui, N.V.Phuong, Y.Kuroki, M.Takata and T.Akahane, "Improvement in Crystallinity of ZnO Films Prepared by rf Magnetron Sputtering with Grid Electrode" Jpn. J. Appl. Phys., 44(1B) 684-687 (2005)
12. T.Okamoto, Y.Tsutai and M.Takata, "Novel Sponge-like Structure Created in  $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  Ceramics by Hot Spot" Sci. and Tech. of Adv. Mat., 6 195-198 (2005)
13. K.Suzuki, Y.Kuroki, T.Okamoto and M.Takata, "Effect of Growth Conditions on the Cathodoluminescence of  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  Crystals Grown by Electric Current Heating Method" Key Eng. Mater., 301 181-184 (2006)
14. T.Okamoto, K.Iihama and M.Takata, "Hot Spot Oxygen Sensor Using  $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ -Based Composite Ceramics" Advanced Materials Research 11-12 137-140 (2006)
15. K.Suzuki, Y.Kuroki, T.Okamoto and M.Takata, "Cathodoluminescence of Diffusion Layer Synthesized by Coupling of  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  and ZnO" Advanced Materials Research 11-12 163-166 (2006)
16. K.Minato, T.Okamoto and M.Takata, "Effect of Atmosphere on Zinc Oxide Crystal Growth by Electric Current Heating with Au Catalyst" Advanced Materials Research 11-12 269-272 (2006)
17. K.Suzuki, Y.Kuroki, T.Okamoto and M.Takata, "Cathodoluminescence of Diffusion Layer Synthesized by Coupling of  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  and ZnO" to be published in Key Eng. Mater.
18. K.Suzuki, Y.Kuroki, T.Okamoto and M.Takata, "Deep Ultraviolet Optoelectronic Material Fabricated by Coupling of  $\alpha$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  and  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ " submitted to ATM Journal
19. K.Minato, T.Okamoto and M.Takata, "Effect of Oxygen Partial Pressure on the Growth of ZnO Clusters by Electric Current Heating with Thermite Reaction" submitted to ATM Journal
20. T.Yasui, K.Shimoda, M.Kihara, T.Tsunoda and M.Takata, "Indent-Catalytic Growth of ZnO Whiskers and its Sublimation Conditions in Electric Current Heating Process" submitted to ICTMC