

平成 21 年 5 月 7 日現在

研究種目： 特定領域研究

研究期間： 2006 ~ 2009

課題番号： 18063014

研究課題名(和文) 自己整合 3次元構造化とマルチフェロイックデバイス

研究課題名(英文) Self organized 3D nano fabrication and multi-ferroic devices

研究代表者 田畑 仁

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：263319

研究分野： 工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子・電気材料工学

キーワード： マルチフェロ、自己整合、メモリデバイス、ナノロッド

## 1. 研究計画の概要

自己組織化プロセスを利用した、新しいナノ構造形成技術の開発とナノデバイスの構築を目指し研究を推進。また、省エネルギー、高集積化、高速演算を可能にする次世代エレクトロニクスの有望な基幹材料として、電気双極子秩序(強誘電性)とスピン秩序(強磁性)を単一相の中で融合したマルチフェロイック物質の創製を行うとともに、シリコン系材料との融合による高次機能調和デバイスの開発を実施。

## 2. 研究の進捗状況

生成物質の組成ずれが少なく、多様な化学種に適用可能であるパルスレーザー蒸着法(PLD法)を用いた低次元構造形成技術を確立した。さらに、ガーネットフェライト薄膜において、基板との格子不整合による面内引張り歪効果を導入することにより、室温で双極子-スピン秩序が同時発現することを発見した。

## 3. 現在までの達成度

順調に研究が進んでおり、達成度は100%

## 4. 今後の研究の推進方策

ナノワイヤと巨大電気磁気物質の融合により、マルチフェロゲートスピンFETの作製を行う。課題となるのは、マルチフェロイック層のゲート電極層上での結晶成長の制御である。現在の単純な薄膜形成手法では、マ

ルチフェロゲート絶縁層は、絶縁体基板上でしか成長させることができない。より高温で適用可能な固相反応エピタキシー法を駆使し、さらには最適なバッファ層の導入( $\text{SrZrO}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ )により、良伝導性基板上(ITO、Si)への高配向かつ低欠陥濃度のマルチフェロイック薄膜のエピタキシャル成長を目指す。

## 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 18 件)

- [1] "A noise-driven attractor switching device" N. Asakawa, Y. Hotta, T. Kanki, T. Kawai, H. Tabata Phys.Rev.E, 11321, 6 March 2008 (2008)
- [2] "Cooperative Dynamics of an Artificial Stochastic Resonant System" Y. Hotta, T. Kanki, N. Asakawa, H. Tabata, and T. Kawai, Applied Physics Express 1, 088002 (2008)
- [3] "Systematic examination of excitonic-related transitions in  $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}$ : An evidence for II-VI wide-gap semiconductors" Z.Y. Xiao, H. Matsui, N. Hasuike, H. Harima and H. Tabata, J. Appl. Phys. 103, 043504 (2008)
- [4] "Room-temperature-photoinduced magnetism and spin-electronic functions of spinel ferrite with a spin-cluster structure" T. Kanki, Y. Hotta, N. Asakawa, M. Seki, H. Tabata and T. Kawai, Appl. Phys. Lett. 92, 1852505 (2008)
- [5] "Self-organized ZnO nano-rod with photo oxidative cell membrane perforation enables large scale non-disruptive cell manipulation" T.Saito, M. Seki, H. Tabata, Analytical & Bioanalytical Chemistry DOI 10.1007/s00216-008-2226-2 (2008)
- [6] "Photoemission and x-ray absorption studies of

valence states in (Ni, Zn, Fe, Ti)<sub>3</sub>O<sub>4</sub> thin films exhibiting photoinduced magnetization” M. Kobayashi, Y. Ooki, M. Takizawa, G. S. Song, A. Fujimori, Y. Takeda, K. Terai, T. Okane, S.-I. Fujimori, Y. Saitoh, H. Yamagami, M. Seki, T. Kawai, and H. Tabata, Appl. Phys. Lett. 92, 082502, (2008)

〔学会発表〕(計 122 件)

- [1] “ Magnetic and electric properties of photo-induced magnet (Al,Ru,Fe)<sub>3</sub>O<sub>4</sub> spinel ferrite thin films ” T. Kanki, Y. Hotta, N. Asakawa, M. Seki, E. Ikenaga, H. Tabata, H. Tanaka, K. Kobayashi, and T. Kawai, IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference 2008-NMDC2008, Kyoto, Oct.20-22 (2008)
- [2] “ Experimental observation of bulk band dispersions in the oxide semiconductor ZnO using soft x-ray angle-resolved photoemission spectroscopy ” M. Kobayashi, T. Ohkochi, G. S. Song, T. Kataoka, Y. Sakamoto, A. Fujimori, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, H. Yamagami, H. Yamahara H. Saeki, T. Kawai and H. Tabata, International Conference on the Physics of Semiconductors, ICPS 2008, Rio de Janeiro, Brazil, Jul.27-Aug.1, (2008)
- [3] “ Electronic band dispersion of the oxide semiconductor ZnO revealed by soft x-ray angle-resolved photoemission spectroscopy ” M. Kobayashi, T. Ohkochi, G. S. Song, T. Kataoka, Y. Sakamoto, A. Fujimori, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, H. Yamagami, H. Yamahara, H. Saeki, T. Kawai, H. Tabata The 29<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Semiconductors, ICPS2008 Rio de Janeiro, Brazil, Jul.27-Aug.1 (2008)
- [4] “Spin and dipole ordering in strained garnet ferrite R<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> thin films above room temperature.” (Invited) H. Tabata, K. Tsuruta, T. Koide, H. Yamahara, M. Seki, International Symposium on Integrated Ferroelectrics ISIF2008, Singapore, Jun.9-12, (2008)
- [5] “ Raman scattering study of multiferroic Ho<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> thin film ” H. Fukumura, N. Tonari, N. Hasuike, H. Harima, K. Kisoda, T. Koide, M. Seki, and H. Tabata International Conference on Quantum Simulators and Design 2008 (QSD2008), Tokyo, Japan, May.31-Jun.3 ( 2008 )

〔図書〕(計 6 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 7 件)

取得状況 (計 4 件)

- [1] 田畑仁、川合知二「酸化物人工超格子薄膜とその製造方法」特許第 4219021 号 登録 2008 年 11 月
- [2] 川合 知二、田畑 仁、村岡 祐治「光誘起磁化制御方法」特許第 4139882 号 取得 2008 年 6 月

〔その他〕解説・総説 (計 8 件)

- [1] 「ナノフォトニクス・・・材料、生命、情報の接点」, 田畑 仁, ナノフォトニクス総合的展開シンポジウム 2008 東大 武田ホール, 東京, Jul.2, 2008 (依頼講演)
- [2] ボトムアップナノテクノロジーによる新規機能性材料開発とエレクトロニクスへの展開, 田畑 仁, 文科省関連研究会, 関東学院大学 金沢八景キャンパス, Jun.05, 2008
- [3] マルティフェロイク材料の基礎と応用, 田畑 仁, 第 25 回 強誘電体応用会議 (FMA-25) 特別チュートリアル講演, 京都, May.28-30, 2008
- [4] バイオスピントロニクスの研究動向, 田畑 仁, 応用物理学会 スピントロニクス研究会, 東京大学(本郷キャンパス), 東京, Jul.3, 2008

ほか