

平成22年6月8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 (TABATA HITOSHI)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：00263319

研究成果の概要（和文）：トップダウン型の手法による半導体デバイスの微細化・高性能化が極限にまで進みつつあり、デバイス動作の物理的限界を迎えようとしている現在、革新的なボトムアップ型ナノデバイス開発技術の確立、および従来にない高次機能や新規物性を発現する材料の開発、更にはシリコン系材料との融合・複合化による既存半導体デバイスのさらなるの性能向上がのぞまれている。我々は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している。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、スピンや双極子“ゆらぎ”物性とシリコン系材料との融合による高次機能調和デバイス開発の基礎条件を確立した。

研究成果の概要（英文）：We have proposed to create new-type electronics (Biotronics) which is learned from bio fluctuation. As one of examples of controllable physical fluctuation system, we will fabricate spin and/or dipole frustrated materials. Based on new physical properties coming from co-existence of competed phases and “Yuragi” (frustration system), it will be developed that flexible and adaptable information system and devices originated from bio-inspired system. Regarding present electronic devices represented by C-MOS type FET, effort has been aimed at the reduction of size according to the Scaling Rule, high integration, and the realization of high speed information processing. Therefore until now, “strict and precise control” and “structural order control” have been realized with an enormous amount of effort. By referring to biological systems, this research will aim to realize novel devices (information processing devices, memory devices) that actively utilize “Yuragi” and “randomness”, which were previously thought of as impediments. We have demonstrated that preliminary works on “Biological Function Imitating Devices: Stochastic Resonant Devices” by using organism innate “Information Yuragi: information processing principles based on stochastic resonance phenomena”; all of which are based upon ideas completely opposite of traditional conceptions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	27,000,000	0	27,000,000
2007年度	26,600,000	0	26,600,000
2008年度	22,000,000	0	22,000,000
2009年度	15,900,000	0	15,900,000
年度			
総計	91,500,000	0	91,500,000

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. 研究開始当初の背景

ナノメーターサイズの固体物質の形態および内部構造を制御できる結晶成長法を発展させて、主に半導体物性を示すナノロッドの3次元自己形成成長の制御を目指す。ナノロッドの伝導・光磁気学的測定をして、電子・光デバイスなど実用へ発展させることを目指す。具体的には当研究組織が実績を有するナノ触媒法による結晶成長法を活用する。ナノ触媒法は、以下で説明するように、高真空技術を基盤とした半導体のエピタキシャル結晶成長技術と、液相ないしは気相を用いる化学的結晶成長技術の両方の長所を備えた結晶成長技術である。また、電子顕微鏡など各種顕微鏡観察によって、ナノロッド形成メカニズムの解明および3次元ナノロッド形成成長の指導原理の獲得を目指す。さらにマルチフェロイックデバイス、電子・光デバイスへの応用を目指す。

### 2. 研究の目的

ポストスケーリング技術として、(1)シリコン技術の極限追究：シリコンの低次元量子化(極細ナノロッド化)による物性増強、および(2)電荷へのスピン自由度の付与(スピントロニクス活用)による多機能化の両アプローチによりレッドブロックの突破を目指す。これによる移動度の向上等の、ポストスケーリングに資する新規特性の発現を目指す。

### 3. 研究の方法

第1目的に関しては、表面テンプレートと金属触媒を利用した自己形成結晶成長法を活用して、ボトムアップの3次元自己形成成長の制御による擬1次元シリコンナノロッド素子を目指す。低次元化により、移動度の向上、パリストイック、コヒーレンス状態、

ラッティンジャー状態等の効果による物性の増強、素子特性向上を目指す。一方(2)においては、スピン流という角運動量の流れを制御する新しい分野の開拓であり、そのデバイス化実現には、スピンの生成・消滅を人為的に制御する為の、電界スピン制御を可能にするマルチフェロイック材料が鍵となる。

### 4. 研究成果

#### 4.1 自然超格子によるマルチフェロイック材料

一つの結晶構造の中に複数の副格子構造を内包する、超格子構造を有する複合化合物は、伝導電子の空間閉じ込め効果や、その低次元性に起因する特異な電子・磁気・光機能を発現することが期待される。我々は特に、多層超構造を有し、多彩な物性を発現すると期待される六方晶鉄酸化物 $RFe_2O_4$ (R:希土類元素またはIn)に注目して、研究を進めている。 $RFe_2O_4$ は菱面体晶系(空間群 $R3m$ )に属する層状酸化物でありFeイオン混合原子価状態( $RFe^{2+}Fe^{3+}O_4$ )をとるフェリ磁性体(または反強磁性体)である。Feイオンは三角格子二層を単位とする擬2次元層構造を有し、また電荷の配置に関してフラストレーションを実現するため、 $Fe^{2+}$ と $Fe^{3+}$ の超格子構造が出現する。また、ある転移温度以下でFeイオンの電荷整列により自発分極が発生するため、マルチフェロイック材料としての応用が期待されている。このため近年、 $RFe_2O_4$ の研究が精力的に展開されてきたが、その研究対象は全てバルク物質であった。電子構造と磁氣的・誘電的性質の相関の解明、あるいは電子デバイスへの応用のためには、薄膜化が必須である。我々は、レーザー堆積法による $RFe_2O_4$ の薄膜化を試みた。

高温での製膜においては、Inの蒸発が著しいため、ターゲットとして、 $\text{In}_2\text{O}_3$ と $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粉末をモル比で1:2ではなく1:1で混合し焼結したものを用いた。基板温度 $710^\circ\text{C}$ 、酸素圧力 $\sim 10^{-5}$ の条件下で作製した薄膜のXRDパターンをFig.1に示す。この条件下では、ZnO基板に、 $c$ 軸配向した、不純物相フリーの高品質な $\text{InFe}_2\text{O}_4$ エピタキシャル薄膜が得られた。

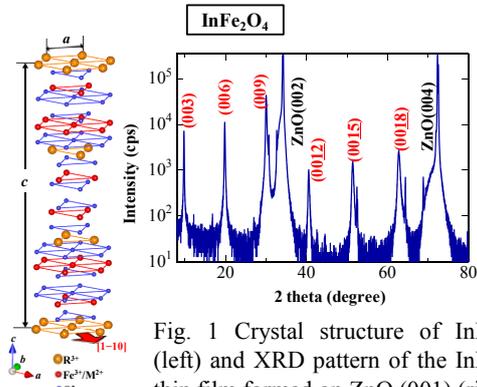


Fig. 1 Crystal structure of  $\text{InFe}_2\text{O}_4$  (left) and XRD pattern of the  $\text{InFe}_2\text{O}_4$  thin film formed on ZnO (001) (right).

$\text{InFe}_2\text{O}_4$ 薄膜の磁気特性を図2に示す。他の $\text{RFe}_2\text{O}_4$ の系に比較して磁気転移温度が高く、室温においても、スピン秩序が実現される。これは、 $\text{RFe}_2\text{O}_4$ 系においては、磁気相関は面内のFeスピン間の超交換相互作用が支配的であるが、 $\text{InFe}_2\text{O}_4$ は中でも最も面内の格子定数が小さいため、相互作用が大きくなるためである。

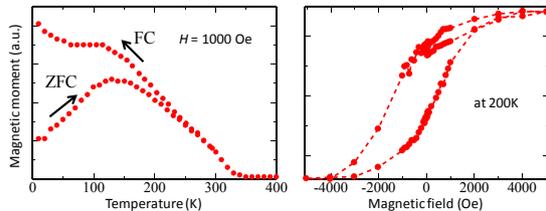


Fig. 2 Temperature (left) and magnetic field (right) dependence of magnetization for  $\text{InFe}_2\text{O}_4$  thin film.

一方、高酸素圧力下( $10^1\text{Pa}$ 以上)では、Inの蒸発は完全に抑制される。Fig.2は、酸素圧力 $\sim 10\text{Pa}$ 、 $680^\circ\text{C}$ で作製した試料のXRD図を示す。 $\text{InFeO}_3$ の組成の薄膜が得られた。 $\text{InFe}_2\text{O}_4$ とは異なり、In-O層とFe-O層が一層ずつ交互積層した構造になっており、完全な2次元三角超格子構造が実現した。これまで、多結晶で1件のみ報告例があったが、単結晶薄膜化の報告は今回が初めてである。これは $350\text{K}$ 付近にネール点を有するゆらぎ系反強磁性体で、In層のイオン置換で凍結した三角格子の $\text{Fe}^{3+}$ スピン( $S=5/2$ )が融解し、巨大物性応答が期待される。

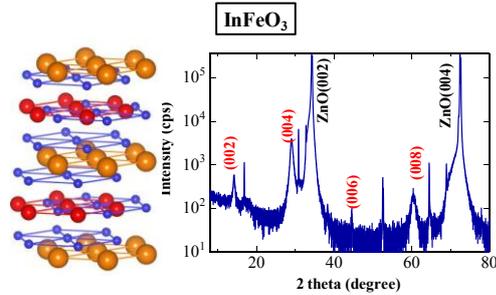


Fig. 3 Crystal structure of  $\text{InFeO}_3$  (left) and XRD pattern of the  $\text{InFeO}_3$  thin film formed on ZnO (001) (right).

#### 4.2 励起子の空間揺らぎとプラズモン結合

表面プラズモンを活かした光電子デバイスは、半導体特性を凌駕する性質を示す。特に、光励起下で生成される量子井戸内の電子・正孔対(励起子)と、表面プラズモンとの動的共鳴の研究は、高機能な発光及び光電変換材料の創製に寄与する。本項目において、量子井戸内に形成された局在励起子の空間的不均一(揺らぎ)が表面プラズモンとの光結合に重要に寄与していることを見出した。これは、励起子の双極子振動と金属表面の自由電子振動の電磁気相互作用に基づく。

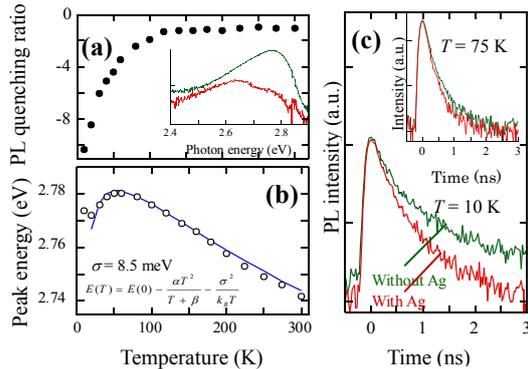


Fig. 4(a) PL quenching ratio of SQW induced by Ag layer. Inset indicates PL spectra at 10 K. G and R show W/O Ag (b) Dependence of SQW emission intensity on temperature. (c) Decay time of PL intensity at 10 K. and 75 K (inset).

$\text{ZnO}/\text{Cd}_{0.08}\text{Zn}_{0.92}\text{O}$  単一量子井戸 (SQW) 及び銀 (Ag) 層はパルスレーザー堆積法を用いて形成した。本研究では、井戸幅:  $4.8\text{ nm}$ を採用し、僅かに量子シュタルク (QCSE) 効果を有する。図4(a)は量子井戸光のAg層に起因する発光抑制を示す。発光抑制は温度依存性を示し、 $90\text{ K}$ 以下で強く観測される。図4(b)に量子井戸光の発光強度における温度依存性を挙げる。温度依存性はS字曲線を示し、局在励起子の存在を示唆する。これは、 $\text{CdZnO}$ 井戸層のCd元素 (Dopant) の空間的揺らぎによるバンド構造の変調に起因し、その変調度合い( $\sigma$ )は $8.5\text{ meV}$ である。図4(c)に、量子井戸光の発光寿命を

時間分解分光結果を示す。温度10Kにおける発光強度減衰は、2種類の指数関数によって表記され、2種類の発光寿命 ( $\tau_1$ 及び $\tau_2$ ) から成る。Ag層が無い領域の量子井戸光 (緑線) の $\tau_1$ 及び $\tau_2$ は、0.266、2.09 nsである。数ナノ秒の長い発光寿命は、不均一な空間揺らぎに捕捉された局在励起子に関連する75K近傍は、励起子が局在から非局在性に転移する温度領域に相当する。故に、励起子と金属表面のプラズモンとのカップリングは、バンド構造の空間的不均一領域に捕捉された局在励起子が重要な役割を果たす。

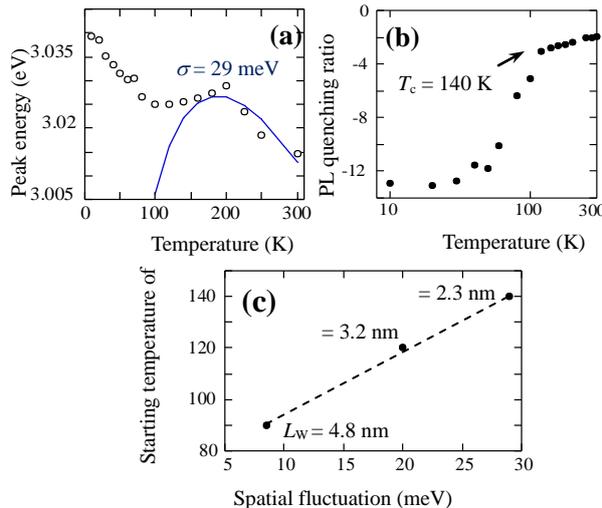


Fig. 5 (a) Dependence of SQW emission intensity on temperature. (b) PL quenching ratio of SQW with LW of 2.3 nm induced by Ag layer. (c) Correlation of PL quenching behavior and spatial potential fluctuation.

バンド構造の空間的揺らぎの度合い ( $\sigma$ ) 及び発光抑制現象は、量子井戸幅に影響される (図5)。井戸幅 2.3 nm の SQW の空間的不均一は 29 meV に増大する。更に、発光抑制のオンセット温度 ( $T_c$ ) は、140K の高温域まで拡大する。空間的なポテンシャル揺らぎの増大は、発光抑制の増強に寄与し、それは線形の関係を示す (図5(c))。つまり、空間的揺らぎに伴うバンド構造の変調は、金属表面のプラズモンとの光結合において重要な指標である。

## 5. 主な発表論文等

(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 2 2 件)

- [1] "Fabrication of Aligned Magnetic Nanoparticles Using Tobamoviruses", M. Kobayashi, M. Seki, H. Tabata, Y. Watababe and I. Yamashita, Nano Lett., 査読有, *in press*, DOI:10.1021/nl902405s (2010).
- [2] "Band alignment and Excitonic localization

in  $\text{Cd}_{0.08}\text{Zn}_{0.92}\text{O}/\text{ZnO}$  quantum wells" H. Matsui, T. Osone and H. Tabata, *J. Appl. Phys.* 査読有, (*in press*) 2010

- [3] "Experimental observation of bulk band dispersions in the oxide semiconductor ZnO using soft x-ray angle-resolved photoemission spectroscopy", M. Kobayashi, G. S. Song, T. Kataoka, Y. Sakamoto, A. Fujimori, T. Ohkochi, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, H. Yamagami, H. Yamahara H. Saeki, T. Kawai and H. Tabata, *J. Appl. Phys.*, 査読有, **105**, (2009)122403
- [4] "A noise-driven attractor switching device", N. Asakawa, Y. Hotta, T. Kanki, T. Kawai, H. Tabata, *Phys. Rev. E.*, 査読有, **79**, (2009) 021902.
- [5] "In-plane anisotropy of polarized photoluminescence in *M*-nonpolar ZnO and multiple-quantum wells", H. Matsui and H. Tabata, *Appl. Phys. Lett.* 査読有, **94** (2009) 161907 (3 pages)
- [6] "Cooperative Dynamics of an Artificial Stochastic Resonant System", Y. Hotta, T. Kanki, N. Asakawa, H. Tabata, and T. Kawai, *Appl. Phys. Express*, 査読有, 1 (2008) 088002.
- [7] "Systematic investigation on structure and excitonic-related transitions: An evidence for  $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}$  alloy film as a wide gap semiconductor", Z. Y. Xiao, H. Matsui, N. Hasuike, H. Harima and H. Tabata, *J. Appl. Phys.*, 査読有, 103 (2008) 043504.
- [8] "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.*, 査読有, 92, (2008)1852505.
- [9] "Photoemission and x-ray absorption studies of valence states in  $(\text{Ni}, \text{Zn}, \text{Fe}, \text{Ti})_3\text{O}_4$  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.*, 査読有, 92, (2008)082502.
- [10] "Structural, AC, and DC magnetic properties of  $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ", A.K.M. Akther Hossain, K. Khirul Kabir, M. Seki, T. Kawai, H. Tabata, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 査読有, 68, (2007)1933-1939.
- [11] "Synthesis of Copt and  $\text{FePT}_3$  Nanowires Using the Central Channel of Tobacco Mosaic Virus as a Biotemplate", R. Tsukamoto, M. Muraoka, M. Seki, H. Tabata, I. Yamashita, *Chemistry of MATERIALS*,

- 査読有, 19, 10, (2007) 2389-2391.
- [12] “Peptide-Nucleic Acid-Modified Ion-Sensitive Field-Effect Transistor-Based Biosensor for Direction of DNA Hybridization”, T. Uno, H. Tabata, T. Kawai, *Analytical Chemistry*, 査読有, 79, 1, (2007)52-59.
- [13] “Co-doped ZnO Homoepitaxy Repeated Oxygen-pressure Modulated Epitaxy”, H. Matsui, H. Tabata, *Physica Status Solidi C*, 査読有, 3, (2007)4106-4109.
- [14] “Simultaneous control of growth mode and ferromagnetic ordering in Co-doped ZnO layers with Zn polarity”, H. Matsui, H. Tabata, *Phys. Rev.B.*, 査読有, 75, (2007)014438.
- [15] “Stranski-Krastanov growth in Mg<sub>0.37</sub>Zn<sub>0.63</sub>O/ZnO heteroepitaxy Self-organized nanodots and local composition separation”, H. Matsui, N. Hasuike, H. Harima, T. Tanaka, H. Tabata, *Appl. Phys. Lett.*, 査読有, 89, (2006) 091909.
- [16] “Novel DNA Nano-Patterning Design Method Utilizing Poly-L-Lysine Patterning by Nanoimprint Lithography”, T. Ohtake, K. Nakamatsu, S. Matsui, H. Tabata, T. Kawai, *J. Nanosci. Nanotech* 査読有, 6, (2006)2187-2190.
- [17] “Influence of Microstructure on the Complex Permeability of Spinel Type Ni-Zn Ferrite”, S.T. Mahmuda, A.K.M. Akther Hossain, A.K.M. Abdul Hakim, M. Seki, T. Kawai, H. Tabata, *J. Magnetism & Magnetic Materials*, 査読有, 305, (2006) 269-274.
- [18] “Influence of Microstructure on the Complex Permeability of Spinel Type Ni-Zn Ferrite”, S.T. Mahmuda, A.K.M. Akther Hossain, A.K.M. Abdul Hakim, M. Seki, T. Kawai, H. Tabata, *J. Magnetism & Magnetic Materials*, 査読有, 305, (2006) 269-274.
- [19] “Correlation of self-organized surface nanostructures and anisotropic electron transport in nonpolar ZnO (10-10) homoepitaxy” H. Matsui and H. Tabata, *J. Appl. Phys.* 査読有 99, (2006) 124307
- [20] “Dielectric and ferroelectric properties of c-axis oriented strontium bismuth tantalate thin films applied transverse electric fields”, K. Kotani, I. Kawayama, M. Tonouchi, Y. Hotta, H. Tabata, *J. Appl. Phys.*, 査読有, 99, (2006)124106.
- [21] “Modification of Temperature Dependence of Dielectric Properties by Symmetry-Controlled Superlattices Thin Films of BaZr<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>O<sub>3</sub>”, T. Kawahara, T. Ohno, A. Doi, H. Tabata, T. Kawai, T. Hino, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 査読有, 45, (2006) 4484-4488.
- [22] “Critical thickness and lattice relaxation of Mg-rich strained Mg<sub>0.37</sub>Zn<sub>0.63</sub>O (0001) layers towards multi-quantum-wells”, H. Matsui, H. Tabata, N. Hasuike, H. Harima, *J. Appl. Phys.*, 査読有, 99, (2006) 024902.
- [学会発表] (計 157件)
- [1] “ゆらぎ”がつなく電子物性と生命科学, 田畑 仁, 第10回 東京大学生命科学シンポジウム、東京、May. 01, 2010
- [2] ナノサイエンスによるバイオとエレクトロニクスの融合, 田畑 仁, 近畿大学生物工学部先進医工学シンポジウム, 近畿大学, 和歌山県, May. 08, 2010
- [3] バイオキサイドエレクトロニクスー“バイオを学び”“バイオに学んだ”エレクトロニクスー, 田畑 仁, 東京大学グローバルCOE「セキュアライフ・エレクトロニクス」特別講演会 私のオリジナリティーその契機・手ごたえ・そして展開ー, 東京、Mar.15,2010
- [4] Magnetic and Optical Functionalities in Quantum Wells Structures of Wide-gap Oxide Semiconductors, H. Tabata, International Conference on Magnetism and Advanced Materials (ICMAM-2010) Dhaka, Bangladesh, Mar.03-07, 2010
- [5] Self-organized ZnO nano-rods formation by pulse laser deposition and its application to novel devices(Invited),H. Tabata, IUVSTA2009 Workshop (Surface Engineering & Thin Film Divisions), Busan, Korea, Sep.18, 2009
- [6] Simultaneous Ordering of Spins and Dipole-moment in Strained Thin Films of RFeO<sub>4</sub> & Garnet-type Ferrite (Invited), H. Tabata, IMF-ISAF2009, 12<sup>th</sup> International Meeting on Ferroelectricity(IMF) & 18<sup>th</sup> IEEE International Symposium on The Applications of Ferroelectrics (ISAF), X'ian, China, Aug.26,2009
- [7] Spin and dipole frustration for mimicking brain system(Invited), H. Tabata, 3<sup>rd</sup> International Meeting on Frontiers of Physics (IMFP2009)Kuala Lumpur, Malaysia, Jan.12-16,2009
- [8] ゆらぎ物性が繋ぐバイオとスピン・双極子ガラス, 田畑 仁, 光量子科学研究センター・レーザーアライアンス合同シンポジウム, 第5回先端光量子科学アライアンスセミナー, 東大 小柴ホール, Dec.22, 2009
- [9] 低炭素化社会にむけたグリーンエレクトロニクス

- トロニクスの基盤技術, 田畑 仁, 第 32 回ナノマグネティクス専門研究会, 中央大学, 東京, Nov.27, 2009
- [10] 自己組織化プロセスで創る生体機能デバイス, 田畑 仁, 第13回VBLシンポジウム「次世代のモノ創りを先導するナノプロセスの最前線」, 名古屋, Nov. 09, 2009
- [11] Thermoelectricity in correlated electrons(with topical overview), H. Tabata, International workshop on dynamic cross-effect in softly condensed matter, Tokyo, Nov.4, 2009
- [12] スピン流が生み出す新しい物性 ～イントロダクトリートーク～, 田畑 仁, 2009 年秋季 第 70 回応用物理学会 学術講演会, 富山, Sep.9,2009
- [13] 機能性表面による生体分子自己組織化構造および細胞分化誘導制御, 田畑 仁, 日本動物細胞工学会2009年度大会 (第21回大会, JAACT2009), つくば, Jul.24,2009
- [14] 薄膜・表面評価技術, 田畑 仁, 第26回薄膜スクール, (独) 日本学術振興会 薄膜第 1 3 1 委員会, キャンパスイノベーションセンター, 東京, Jul.7-8, 2009
- [15] バイオに学ぶ自己組織化と“ゆらぎ”機能, 田畑 仁, (社) 未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会 第72回ワークショップ「超電導材料と先端ナノ材料における自己組織化」, 東京大学 山上会館, 東京, Jun.24, 2009
- [16] Spin Frustration for Mimicking Brain System, H.Tabata, 第1回機能性材料/薄膜物性研究会, 大阪大学 吹田キャンパス, 大阪, Apr. 24, 2009
- [17] Fusion technology of bio and oxide electronics (Invited) , H.Tabata, The 8<sup>th</sup> Taiwan-Japan Microelectronics Symposium 2008 –Bioelectronics and Green Electronics- Dec.21-24,2008
- [18] Study of Bioensing with Terahertz techniques and Electronic Devices using Zinc Oxide(Invited), \*M. Noguchi, H. Tabata, UK-Japan Bionanotechnology Workshop, Kobe, Japan, Sep.17-18, 2008
- [19] High sensitive biosensors based on ZnO based nanowires and ion sensitive field effect transistors (IS-FETs) (Invited),H. Tabata, SPIE Optics + Photonics Bio-Sensing Conference, San Diego, USA, Aug.10-14,2008
- [20] Spin and dipole ordering in strained garnet ferrite R3Fe5O12(Invited)H. Tabata, K. Tsuruta, T. Koide, H. Yamahara and M. Seki, International Symposium on Integrated Ferroelectrics (ISIF 2008), Singapore, Jun.9-12,2008
- [21] 新規エレクトロニクス材料の開発とその巨大物性の発現機構解明に関する基礎的研究, 田畑 仁, 第119回電子セラミック・プロセス研究会,「薄膜材料・プロセス技術の最近の動向と応用展開」,東京, Mar.13,2009
- [22] 食の安全・安心におけるテラヘルツ技術の展望, 田畑 仁, 日本食品工学会 新技術研究会, 東京海洋大学,東京, Nov. 19, 2008
- [23] SEM/SPMによる表面・界面評価技術, 田畑 仁, (独) 日本学術振興会 薄膜第131委員会基礎講座「薄膜評価技術」,キャンパス・イノベーションセンター東京, Oct.24,2008
- [24] Polarity and Quantum Structural Control in ZnO based DMS Films and Their Optical-Spin Properties (Invited Talk), H. Tabata, Indo-Japan Joint Research Project Meeting on Novel Magnetic Oxide Nano-Materials, Tokyo, Sep.30-Oct.1, 2008 (東大 理学部)
- [25] 遷移金属酸化物半導体の極性・量子構造制御と機能発現, 田畑 仁, 東大物性津系専攻特別セミナー, 東大 柏キャンパス, 東京, Sep.27, 2008 (依頼講演)
- [26] 遷移金属添加酸化物半導体の作製と機能, 田畑 仁, (基調講演) 社団法人日本金属学会 2008年秋期大会, 熊本大学黒髪キャンパス, Sep.23-25,2008
- [27] スピン・双極子強結合系の物質設計と応用, 田畑 仁, 早稲田大学大学院 特別講演,東京,Aug.4,2008
- [28] 薄膜・表面評価技術, 田畑 仁, (関 宗俊 代理発表), 第25回 薄膜スクール, (独) 日本学術振興会 薄膜第 1 3 1 委員会, 仙台, Jul.9-11, 2008
- [29] 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)
- [30] 生体ゆらぎに学ぶマルチフェロイックデバイス, 田畑 仁, 2008年秋季 第 6 9 回応用物理学会学術講演会, 中部大学, 愛知, Sep.3,2008
- [31] Nano Bio Technology: present status and future plan in Japan, H.Tabata, CNSI-CNBI Symposium on NanoBioTechnology, at Iron Gate Memorial Hall, Hongo Campus, The University of Tokyo, September 8 - 9, 2008 (依頼講演)
- [32] Overview of the Center for NanoBio Integration, H. Tabata, UCLA/CNSI—Kyoto/WPI—Tokyo/CNBI joint meeting,

- Tokyo, September 10, 2008
- [33] 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主催 研究会, 東京大学 (本郷キャンパス), 東京, Jul.3, 2008
- [34] 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
- [35] マルチ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
- [36] ガーネット型フェライト薄膜のマルチフェロ特性, 山原 弘靖, 小出 卓史, 森原 遼, 関 宗俊, 田畑 仁, 第25回 強誘電体応用会議 (FMA-25) 京都, May.28-30, 2008
- [37] テラヘルツ光によるバイオセンシング, 田畑 仁, 物性研究所「極限コヒーレント光科学勉強会」千葉, May.22, 2008
- [38] Simultaneous ordering of dipole and spin at room temperature in strained garnet ferrite R3Fe5O12 thin films. — possibility of room temperature multiferroics — (Invited), H.Tabata, International symposium on strong correlation electronics, Kolkata, Indo, Feb. 5-7, 2008
- [39] マルチフェロ／スピントロニクス融合新規物性発現とその評価, 田畑 仁, 低温磁気物性測定セミナー, (株) 東陽テクニカテクノロジーインターフェースセンター, 東京, Dec.12, 2007
- [40] プログラム自己組織化によるナノバイオ“ゆらぎ” エレクトロニクス, 田畑 仁, 総理府ナノテク関連報告会, お台場, 東京, Dec. 5, 2007
- [41] バイオゆらぎを活用したエレクトロニクスの新展開, 田畑 仁, 科学技術振興機構研究開発戦略センター, 東京, Nov.21, 2007
- [42] メタマテリアルとフォトニクス, 田畑 仁, 国際高等研究所 研究プロジェクト「電子系の新しい機能」2007年度 第2回研究会, 京都, Oct.26-27, 2007
- [43] ZnOナノワイヤの形成とデバイス応用～金属酸化物ナノ構造体による細胞機能デバイス～, 田畑 仁, 131委員会, Oct.19, 2007
- [44] SEM/SPMによる表面・界面評価技術, 田畑 仁, 第3回 基礎講座「薄膜評価技術」(キャンパス・イノベーションセンター 東京), 東京, Oct.18, 2007
- [45] ペロブスカイト, スピネル超格子における双極子・スピン制御とデバイス応用, 田畑 仁, 機能性誘電体薄膜先端技術調査専門委員会 第5回委員会 日本交通協会, 東京, Sep.14, 2007
- [46] ナノスケール食品素材評価のための量子ナノドット増強テラヘルツ分光法の開発, 田畑 仁, 農林水産省ナノテクノロジープロジェクト, 筑波, Jul.27, 2007
- [47] 薄膜・表面評価技術, 田畑 仁, 第24回 薄膜スクール, (独) 日本学術振興会 薄膜第131委員会, 浜松 (浜名湖ロイヤルホテル, 静岡), Jul.13, 2007
- [48] マルチフェロゲートスピントランジスタ & 生体に学ぶゆらぎメモリ素子, 田畑 仁, メモリデバイスミーティング, Jun. 28, 2007
- [49] Advances in Nonpolar ZnO Homoepitaxy: 1D Surface Nanostructure and Electron Transport (Invited), H. Matsui and H. Tabata, Photonics West-2007, San Jose, USA, Jan. 20-25, 2007
- [50] Repeated Oxygen-pressure Modulated Epitaxy for Zn-polar Growth of ZnCoO Alloys (Invited), H. Matsui and H. Tabata, SISNN-2006, Osaka, Japan, Sep.19-20, 2006
- [51] Advanced Control of Surface Nanostructures in ZnO Homoepitaxy (Invited), H. Matsui and H. Tabata, SISNN-2006, Osaka, Japan, Sep.19-20, 2006
- [52] Rump Session B Nanotechnology-Impact on Electronics, Photonics and Biology- (Invited), H. Tabata, SSDM2006, Yokohama, Japan, Sep. 13-15, 2006
- [53] Charge Transport Properties of DNA Molecules Measurements by Nano-gap Electrodes (Invited), H.Tabata, Charge Migration in DNA, Manitoba, Canada, Jun. 6-9, 2006
- [54] Multi-Ferroic Relaxors (Invited), H.Tabata, International Symposium on Integrated Ferroelectrics (ISIF2006), Hawaii, USA, Apr. 23-27, 2006
- [55] 薄膜・表面評価技術, 田畑 仁, (独) 日本学術振興会 薄膜第131委員会 第23回薄膜スクール, 神奈川, Jun. 28-30, 2006
- [56] バイオ/DNAエレクトロニクスのデバイス応用・展望, 田畑 仁, オルガテクノ2006 有機ビジネステクニカルセミナー, 横浜, Jul.25-27, 2006
- [57] パソコン計算でどこまで物性が予測 (説明) できる? : 表面科学から物質科学まで, 田畑 仁, 応用物理学会結晶工学分科会主催 第125回結晶工学分科会研究会, 大阪, Aug.2, 2006

[58] (Co,Zn) O磁性混晶の成長モード制御と磁気・光学特性, 田畑 仁, 松井 裕章, 2007年春季 第54回応用物理学関係連合講演会, 神奈川, Mar.27-30, 2007

〔図書〕(計8件)

- [1] “表面物性工学ハンドブック”田畑 仁 (分担執筆) 丸善株式会社 (2006.10)
- [2] “科学立国日本を築く”田畑 仁 (分担執筆) 日刊工業新聞社, 228-242, (2006)
- [3] “テラヘルツ技術”テラヘルツテクノロジー動向調査委員会編 オーム社 (2006.5.)
- [4] “テラヘルツ技術総覧”田畑 仁 (共著) (テラヘルツテクノロジーフォーラム編、分担執筆、“バイオセンサ 9.3.1・バイオチップ 9.3.2. バイオセンシング”担当) NGT コーポレーション (2007.11.29)
- [5] “薄膜ハンドブック”日本学術振興会薄膜131委員会 (田畑 仁ら共著) オーム社 (2007.12)
- [6] “バイオナノプロセス—溶液中でナノ構造を作るウェット・ナノテクノロジーの薦め”  
Introduction to Wet-Nanotechnology: *in aqua* Organizaion of Nano-Structures, 田畑 仁 (分担執筆) 株式会社シーエムシー出版, 第27章 (2008.3.)
- [7] “実用薄膜プロセス—機能創製・応用展開—”田畑 仁 (共同執筆) 技術教育出版社, 第10章 バイオデバイスへの応用 428 ページ (2009. 8. 5.)
- [8] “Electro-magneto-optics in polarity-controlled quantum structures based on ZnO” H. Matsui and H. Tabata, Progress in Nano-Electro-Optics VII, Springer Series in optical sciences **155** (2009) 73-111. (total pages 149)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計7件)

特許出願番号: 国際出願 US2008020214

出願日: 2008.1.24

発明者: KAWAI TOMOJI, TABATA HITOSHI, OTSUKA YOICHI, YAMADA FUMIHIKO, MATUMOTO TAKUYA

出願人: (独) 科学技術振興機構

特許出願番号: 国際出願 PCT/JP2005/017930

出願日: 2005.9.29

発明者: 大竹才人、田畑仁、川合知二、松井真二、中松健一郎

発明の名称: Method of Patterning Self-Organizing Material, Patterned Substrate of Self-Organizing Material and Method of

Producing the Same, and Phosomask using Patterned Substrate of Self-Organizing Material  
出願人: (独) 科学技術振興機構

特許出願番号: 国際出願 PCT/JP2005/005289

出願日: 2005.3.23

発明者: 大竹才人、宇野毅、浜井知歩、田畑仁、川合知二

発明の名称: Measuring method in which biomolecule configuration and information are detected using IS-FET and system therefor

出願人: (独) 科学技術振興機構

特許出願番号: 特願 2009-172449

東京大学知財部管理番号: 13B096002-1

出願日: 2009.7.23

発明者: 田畑 仁、磯田 博子

発明の名称: 「細胞の分化誘導装置、細胞の分化誘導方法、及び未分化細胞からの文化細胞の産生方法」

国内外の別: 国内

特許出願番号: 特願 2007-228376

出願日: 2007.9.3

発明者: 神吉 輝夫、河原 敏男、藤原 康文、川合 知二、寺井 慶和、堀田 育志、浅川 直紀、田畑 仁、関 宗俊

発明の名称: 「光アシスト型磁気記録装置」

国内外の別: 国内

特許出願番号: 特願 2007-215458

出願日: 2007.8.22

発明者: 浅川 直紀、堀田 育志、神吉 輝夫、河原 敏男、川合 知二、田畑 仁

発明の名称: 「確率共振リング装置、確率共振リングネットワーク装置、学習記憶忘却装置、アトラクター選択装置、及び確率共振ユニット」

国内外の別: 国内

特許出願番号: 特願 2007-215457

出願日: 2007.8.22

発明者: 堀田 育志、神吉 輝夫、浅川 直紀、河原 敏男、川合 知二、田畑 仁

発明の名称: 「ゆらぎ発振器、ゆらぎ発振システム、観測装置、及び制御システム」

国内外の別: 国内

○取得状況 (計4件)

番号: 特許第 4139882 取得年月日: 2008.6.20

出願年月日: 2000.2.14,

特願 2000-35119, 特開 2001-230117

発明者: 川合 知二、田畑 仁、村岡 祐治

発明の名称: 「光誘起磁化制御方法」

国内外の別: 国内

番号：特許第 4219021  
取得年月日：2008.11.21  
出願年月日：1998.11.16  
特願平 10-325309, 特開 2000-154100  
発明者：田畑 仁、川合 知二  
発明の名称：「酸化物人工超格子薄膜とその製造方法」  
国内外の別：国内

番号：特許第 3969833  
取得年月日：2007.6.15  
出願年月日：1998.4.2  
特願平 10-90422, 特開平 11-286774  
発明者：川合 知二、田畑 仁  
発明の名称：「強磁性強誘電体薄膜とその製造方法」  
国内外の別：国内

番号：特許第 3969834  
取得年月日：2007.6.15  
出願年月日：1998.4.2  
発明者：川合 知二、田畑 仁  
発明の名称：「カルコゲナイド系強誘電体薄膜」  
国内外の別：国内

〔その他〕  
解説・総説 (計 8 件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田畑 仁 (TABATA HITOSHI)  
東京大学・大学院工学系研究科・教授  
研究者番号：00263319

### (2) 研究分担者

河野 日出夫 (KONO HIDEO)  
大阪大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号：00273574