

平成 21 年 4 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18560312  
 研究課題名（和文） 巨大プレーナ磁気異方性を有する金属間化合物サブテラヘルツ帯電波吸収材料  
 研究課題名（英文） Intermetallic compound sub-terahertz band wave absorber with giant planer magnetocrystalline anisotropy  
 研究代表者  
 永田 勇二郎（NAGATA YUJIRO）  
 青山学院大学・理工学部・教授  
 研究者番号：90146308

## 研究成果の概要：

超巨大プレーナ磁気異方性を有する Sm-Fe 系永久磁石材料のサブテラヘルツ帯電波吸収体としての可能性を検討することを目的として研究を行った。Sm-Fe 系化合物多結晶粉末の作成条件を検討した結果、SmFe<sub>3</sub> の多結晶粉末を再現性良く作成することに成功した。単結晶の基礎磁気定数の測定結果を基に共鳴吸収周波数の理論的な検討を行った結果、SmFe<sub>3</sub> や SmFe<sub>3</sub> が 200～250GHz の吸収材料となり得ることが示された。さらに、サブテラヘルツ帯における吸収特性測定法の検討を行い、テラヘルツ時間領域分光法が有効な方法であることが示された。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,200,000	0	1,200,000
2007 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	660,000	4,060,000

## 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：電気・電子材料、磁気異方性、サブテラヘルツ、電波吸収材料

## 1. 研究開始当初の背景

高周波数帯で利用される高透磁率材料は、磁気異方性を限りなくゼロに近づけるように開発が行われ、極めて大きな磁気異方性を追求する永久磁石材料とは全く別個に研究・開発が行われて来た。ところが、磁性材料が利用される周波数の上限が数十から数百 GHz の領域に入りつつある現在、従来の開発の指針はもはや役に立たない。サブテラヘルツ帯では、たとえ透磁率が低くても使用可能な材料が望まれている。この要求に応えるためには、今までと違った思考で研究開発を

行う必要がある。一般に永久磁石材料は極めて大きな磁気異方性を有するから、自然共鳴周波数も極めて高くなることが予想され、サブテラヘルツ帯の磁性材料として大きな可能性を秘めている。しかしながら、このような観点からの研究は、国の内外において殆どない状態であった。簡単な試算によると、磁化容易方向が c 面内にあり、かつ c 面内の磁気異方性は小さいとフェロックスプレーナと良く似た磁気異方性を有し、しかも磁気異方性が極めて大きい永久磁石材料の自然共鳴周波数はミリ波の領域になることが予想

された。

## 2. 研究の目的

本研究は、プレーナ型巨大磁気異方性を有する永久磁石材料の数十から数百 GHz のミリ波帯の高周波磁性材料としての可能性を検討することを目的として行った。具体的には、SmFe<sub>7</sub> や SmFe<sub>3</sub> などの自然共鳴周波数を理論的な予測、多結晶の再現性のある製造法の確立、サブテラヘルツ領域での測定法の検討、吸収測定を行い、実用の可能性を検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

研究は、金属間化合物磁性体多結晶粉末の作成条件の検討、基礎磁気定数の測定と整理、理論的な検討、高周波吸収特性測定法の検討の順に進める方法を行った。具体的には、

### 1) 金属間化合物磁性体多結晶粉末の作成

アルゴン雰囲気下のアーク溶解により、多結晶体を合成、石英管中に真空封入し、焼鈍後水中に急冷して試料を得た。Sm-Fe 系化合物は複雑な相図を有するため、単相の試料を得ることは簡単ではない。ここでは再現性のある作成条件の最適化を行った。

### 2) 結晶学的評価と基礎磁気定数の測定

得られた試料の結晶構造を X 線回折により調べ、試料の同定を行うとともに、磁化測定を行い、単結晶のデータと比較して磁性の面からの同定も行った。

### 3) 理論的な検討

単結晶の磁気定数のデータを基に自然共鳴周波数の理論的な推定を行った。

### 4) 高周波吸収特性測定方法の検討

吸収測定には、反射法、透過法など種々の方法があるが、試験的な測定の結果に基づいて、本研究ではテラヘルツ時間領域分光 (THz-TDS) 法を採用した。THz-TDS は、パルス幅 100fs 程度以下のフェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ波パルス放射を光源光束にしてサンプルに入射させる。サンプルを透過あるいは反射させた後の電磁場の時間変化を測定し、フーリエ変換によってテラヘルツ領域の電磁場の振幅強度と位相の周波数成分を得る分光法である。

## 4. 研究成果

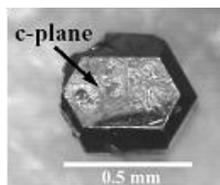
### 1) 金属間化合物磁性体多結晶粉末の作成

アルゴン雰囲気下のアーク溶解により、多結晶体を合成、石英管中に真空封入し、焼鈍後水中に急冷して試料を得た。SmFe<sub>3</sub> は種々の条件を検討し、最適化を行った結果、真空石英管中、900 で焼鈍後、水中に急冷する

と再現性良く単相の試料が得られることが判明した。SmFe<sub>3</sub> 多結晶粉末の写真を図 1 に示す。SmFe<sub>7</sub> は複雑な Sm-Fe 系相図中で、存在温度領域が極めて狭いと思われ、多結晶の作成には成功しなかった。



また、SmFe<sub>3</sub> の異方性制御の目的で、Fe の一部の Al による置換を試みている途上で、低温で磁化容易方向がスイッチし、巨大な磁気異方性を有する新物質 Sm<sub>12</sub>Fe<sub>14</sub>Al<sub>5</sub> (図 2) を発見した (現在投稿中)。



### 2) 結晶学的評価と基礎磁気定数の測定

SmFe<sub>3</sub> 多結晶粉末を X 線粉末回折を用いて解析し、六方晶構造の SmFe<sub>3</sub> であると同定した。粉末は六角形状板状の微粒子である。同時に作成した単結晶 (図 3) の磁気定数を表 1 にまとめた。



表 1 SmFe<sub>3</sub> 及び SmFe<sub>7</sub> の基礎磁気定数

物質	$M_s$ (emu/g)	$T_C$ (K)	異方性磁界 $H_A$ (kOe)	磁化容易方向
SmFe <sub>3</sub>	80.7	640	72	<i>c</i> -axis
SmFe <sub>7</sub>	136	602	110	[100]

### 3) 自然共鳴周波数の理論的な検討

自然共鳴の周波数  $f_r$  は *c* 軸方向の異方性磁界、*c* 面内の異方性磁界をそれぞれ  $H_{A1}$  と  $H_{A2}$  とすると

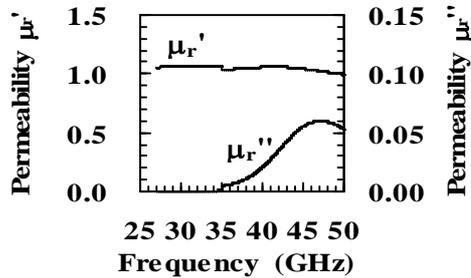
$$f_r = \frac{\gamma}{2\pi} \sqrt{H_{A1} H_{A2}}$$

で表せる。*c* 軸方向を磁化容易軸とする一軸磁気異方性をもち、*c* 面内の異方性が無視できると、 $H_{A1} = H_{A2} = H_A = 2K_1/M_s$  となるから、自然共鳴の周波数  $f_r$  は、

$$f_r = \frac{\gamma}{2\pi} H_A = \frac{\gamma}{2\pi} \frac{2K_1}{M_s}$$

と簡単化される。表 1 のデータを基に計算すると、 $f_r \approx 203$  [GHz] となる。また、SmFe<sub>7</sub> では  $f_r \approx 250$  [GHz] となり、両物質ともサブ

テラヘルツ領域において有望な材料であることが示された。理論的な推定の確かさを異方性磁界  $H_A=1.35\text{kOe}$  の一軸磁気異方性を有する良く知られた永久磁石材料  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  を用いて検証した。共鳴周波数の理論的推定値  $48\text{GHz}$  に対して、実験でも  $48\text{GHz}$  付近に  $\mu_r''$



の極大が観られ、共鳴が起きていることが判り、理論的な推定方法が正しいことが確認された。

#### 4) 高周波吸収特性測定方法の検討

テラヘルツ時間領域分光 (THz-TDS) 法は、主としてサブテラヘルツ帯における誘電率分散の測定などに用いられているが、蓄積されたデータも少なく、実験手法として未だ確立されたものではない。また、サブテラヘルツからテラヘルツの領域は電波と光の境界領域である。光の領域では透磁率は最早有効ではなく、電磁波物性は誘電率で決まることが知られている。この境界領域における磁性体の振る舞いは全く未知の領域であった。そこで、先ず本研究における THz-TDS 法の有効性を評価する必要があった。SmFe<sub>3</sub> 粉末とエポキシ樹脂を複合して作成した吸収材料 (図 4) により試験的な測定を行った結果、有効な吸収測定法であることは示されたが、データの信頼性を高めるためには、さらにデータを蓄積する必要がある。また、THz-TDS 測定のデータから透磁率の周波数分散を導出する方法も同時に検討した。フェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ波パルス放射をサンプルに入射させ、透過または反射させた後の実時間電場波形を検出し、フーリエ変換によってテラヘルツ領域の電場の振幅強度と位相の周波数成分得られると、複素透過率  $\tilde{T}$  と反射率  $\tilde{R}$  から、複素インピーダンス  $\tilde{z}$  と複素屈折率  $\tilde{n}$  が



$$z^2 = \frac{\tilde{T}^2 - (\tilde{R}+1)^2}{\tilde{T}^2 - (\tilde{R}-1)^2} \quad \tilde{n} = \frac{c}{i\omega} \log \left[ \frac{1+z}{1-z} \frac{\tilde{R}}{\tilde{T}} + \frac{1}{\tilde{T}} \right]$$

から求まる。これから、透磁率  $\mu$  は  $\mu = \tilde{n}z$  と

して決定される

#### 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 30 件、全て査読有り)

- 1) S. Mizusaki, N. Kawamura, T. Taniguchi, Y. Nagata, T. C. Ozawa, A. Sato, Y. Noro and H. Samata, "Ferromagnetism and Spin Reorientation in  $\text{Sm}_{12}\text{Fe}_{14}\text{A}_{15}$ " J. Mag. Mag. Mater. (投稿中)
- 2) S. Mizusaki, T. Ohnishi, Y. Kozaki, Y. Nagata, M. Itou, Y. Sakurai, Y. Noro, and H. Samata, "Spin Moment of  $\text{SmFe}_7$  Observed by Magnetic Compton Scattering" IEEE Trans. on Mag. (投稿中)
- 3) T. C. Ozawa, A. Ikoshi, T. Taniguchi, S. Mizusaki, Y. Nagata, Y. Noro, H. Samata, "Low temperature magnetic properties of layered compounds:  $\text{NaLnTiO}_4$  (Ln = Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho and Er)" J. Alloys & Compnds. 448 (2008) 38-43.
- 4) T. C. Ozawa, A. Ikoshi, T. Taniguchi, S. Mizusaki, Y. Nagata, Y. Noro, H. Samata and S. Takayanagi, "Magnetic spin interactions observed by heat capacity measurements for layered compounds:  $\text{NaLnTiO}_4$  (Ln=Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er)" J. Alloys & Compnds 448 (2008) 64-68.
- 5) T. C. Ozawa, Y. Hidaka, T. Taniguchi, S. Mizusaki, Y. Nagata, Y. Noro, H. Samata, A. Matsushita, "Synthesis and characterization of electron and hole doped ternary palladium oxide:  $\text{Sr}_{1-x}\text{A}_x\text{Pd}_3\text{O}_4$  (A = Na, Bi)" J. Alloys Compnds. 448 (2008) 77-83.
- 6) T.C. Ozawa, T. Taniguchi, Y. Kawaji, S. Mizusaki, Y. Nagata, Y. Noro, H. Samata, H. Mitamura, and S. Takayanagi, "Magnetization and specific heat measurement of the Shastry-Sutherland lattice compounds:  $\text{Ln}_2\text{BaPdO}_5$  (Ln = La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho)" J. Alloys Compnds. 448 (2008) 96-103.
- 7) T. Taniguchi, S. Mizusaki, N. Okada, Y. Nagata, S.H. Lai, M.D. Lan, N. Hiraoka, M. Itou, Y. Sakurai, T. C. Ozawa, Y. Noro and H. Samata, "Crystallographic and magnetic properties of mixed valence oxides  $\text{CaRu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ " Phys. Rev. B 77 (2008) 014406-1-7.
- 8) M. Naito, S. Mizusaki, T. Taniguchi, Y. Nagata, T.C. Ozawa, Y. Noro, H. Samata, "Ferromagnetism of  $\text{Ca}_{1-y}\text{Sr}_y\text{Ru}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ " J. Appl. Phys. 103 (2008) 07C906/1- 07C906/3.
- 9) S. Mizusaki, T. Taniguchi, N. Okada, Y. Nagata, M. Itou, Y. Sakurai, T.C. Ozawa, Y. Noro, and H. Samata, "Magnetism of  $\text{CaRu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$  : Magnetic Compton Scattering study" J. Appl. Phys. 103 (2008) 07C910/1-07C910/3.

- 10) S. Mizusaki, J. Sato, T. Taniguchi, Y. Nagata, S.H. Lai, M.D. Lan, T.C. Ozawa, Y. Noro and H. Samata, "Ferromagnetism in  $\text{CaMn}_{1-x}\text{Ir}_x\text{O}_3$ " J. Phys.: Condens. Matter 20 (2008) 235242-235248.
- 11) H. Samata, Y. Saeki, S. Mizusaki, Y. Nagata, T. C. Ozawa, A. Sato, " Electrochemical crystal growth of perovskite ruthenates " Journal of Crystal Growth 311 (2008) 623-626.
- 12) 高瀬康治, 橋本 修, 松本好太, 熊田健人, "カーボンブラック含有アルミナを用いたミリ波無線モジュール内部の電波環境改善に関する検討" 電気学会論文誌(C), Vol.128-C, (2008) 912-918.
- 13) 土井 亨, 橋本 修, 田中崇雄, 梅村一朗: "炭素短繊維を周期的に配置した広帯域電波吸収体の実験的検討" 電気学会論文誌(C) 128-C (2008) 846-852.
- 14) 石橋孝裕, 笹川哲広, 斉藤耕太, 橋本 修: "一層型電波吸収体の近傍・遠方界における反射減衰量に関する検討" 電気学会論文誌(A) 128-A (2008) 315-316.
- 15) T. Taniguchi, S. Mizusaki, N. Fukuoka, Y. Nagata, Y. Noro and H. Samata, "Transport and magnetic properties of  $\text{CaRu}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_3$  (M = Mn, Fe) epitaxial films" J. Mag. Mag. Mater. 310 (2007) 1067-1069.
- 16) S. Mizusaki, N. Okada, T. Taniguchi, Y. Nagata, N. Hiraoka, Y. Noro, M. Itou, and Y. Sakurai, "The magnetic Compton scattering for the strongly correlated electron system of orthorhombic perovskite ruthenates  $\text{CaRu}_{1-x}\text{T}_x\text{O}_3$  (T = Ti, Mn, Fe, Ni)" J. Mag. Mag. Mater. 310 (2007) e325-e326.
- 17) S. Mizusaki, N. Kawamura, T. Taniguchi, M. Itou, H. Samata, Y. Noro, Y. Sakurai and Y. Nagata, "The direct observation of the magnetic spin component of samarium-iron based Laves compound by magnetic Compton scattering" J. Mag. Mag. Mater. 310 (2007) 1635-1636.
- 18) T. Taniguchi, S. Mizusaki, N. Okada, Y. Nagata, K. Mori, T. Wuernisha, T. Kamiyama, T. C. Ozawa, Y. Noro and H. Samata, "Anomalous volume expansion observed for  $\text{CaRu}_{0.85}\text{Fe}_{0.15}\text{O}_3$ : Neutron scattering and Compton scattering" Phys. Rev. B 75 (2007) 024414-024419.
- 19) 三木大輔, 江原英利, 大西輝夫, 上林真司, 橋本 修, "高損失固体材料に対する複素誘電率の簡易非破壊測定法" 電子情報通信学会論文誌(C) J90-C (2007) 178-179.
- 20) 酒井泰二, 橋本 修, "ミリ波帯における集光レンズアンテナを用いた自由空間透過法による複素比誘電率テンソルの測定法" 電子情報通信学会論文誌(C) J90-C (2007) 235-237.
- 21) 大塚健二郎, 橋本 修, "低融点樹脂を用いた粉体の複素比誘電率の測定法" 電子情報通信学会論文誌(C) J90-C (2007) 243-245.
- 22) S. Mizusaki, T. Taniguchi, N. Okada, Y. Nagata, N. Hiraoka, T. Nagao, M. Itou, Y. Sakurai, T. C. Ozawa and Y. Noro "Magnetic properties of  $\text{CaRu}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ " J. Appl. Phys. 99 (2006) 08F703-1-08F703-3.
- 23) N. Kawamura, T. Taniguchi, S. Mizusaki, Y. Nagata, T. C. Ozawa and H. Samata "Functional Intermetallic Compounds in the Samarium-Iron System" Sci. Tech. Adv. Mater. 7 (2006) 46-51.
- 24) S. Mizusaki, T. Taniguchi, N. Okada, Y. Nagata, N. Hiraoka, T. Nagao, M. Itou, Y. Sakurai, T. C. Ozawa, and Y. Noro., "Direct observation of the induced moment on non-magnetic Ru: A magnetic Compton study of  $\text{CaRu}_{0.85}\text{Fe}_{0.15}\text{O}_3$ " Phys. Rev. B 74 (2006) 052401-1-052401-4.
- 25) H. Suzuki, A. Nishikata, Y. Higashida, T. Soh, and O. Hashimoto, "Free Space Measurement Method with Parallel Electromagnetic Wave Beam by Using Dielectric Lenses and Horn Antennas for Reflectivity of Electromagnetic Absorbers in Millimeter Waves" IEICE Trans. on Electronics, E89-C (2006).24-29.
- 26) Shinya Watanabe, Yoichi Kakuta, and Osamu Hashimoto, "Analysis of Absorbing Characteristics of One-Layer EM-Absorber Using CIP Method" IEICE Transactions on Electronics, Vol.E89-C, No.1, pp.51-60 (2006).
- 27) Hidetoshi Ebara, Takao Inoue, and Osamu Hashimoto, "Measurement Method of Complex Permittivity and Permeability for a Powdered Material Using a Waveguide in Microwave Band" Science and Technology of Advanced Materials, Vol.7, No.1, pp.77-83 (2006).
- 28) 高瀬 康治, 橋本 修, "FDTD 法における誘電・磁性膜の近似表現法に関する検討" 電子情報通信学会論文誌(B), Vol.J89-B, No.2, pp.296-298 (2006).
- 29) 酒井泰二, 橋本 修, 戸高嘉彦, "ミリ波帯におけるビーム収束型ホーンアンテナを用いたフリースペース法による複素誘電率及び複素透磁率の同時測定" 電子情報通信学会論文誌(B), Vol.J89-B, No.3, pp.384-386 (2006).
- 30) Kouta Matsumoto, Asuka Kondo, Takushi Habu, Kaneyoshi Hayashi, and Osamu Hashimoto, "Thin Wave Absorber Based on Rubber Sheet Combined with Flaky Magnetic Powder for Electronic Toll Collection" Microwave and Optical Technology Letters, Vol.48, No.10, pp.2065-2067 (2006).

[学会発表](計32件)

- 1) S. Mizusaki, T. Ohnishi, A. Douzono, Y. Nagata, T. Ozawa, H. Samata, and Y. Noro, "Large anisotropic magnetoresistance of ruthenium-based Heusler alloys" The 53rd

Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, 2008年11月12日, Austin, USA.

2) 大西 智弘, 水崎 壮一郎, 永田 勇二郎, 小澤 忠, 野呂 良彦 “RRu<sub>2</sub>P<sub>2</sub> (R = 希土類) の磁性” 日本物理学会, 2009年3月27日, 立教大学.

3) 水崎壮一郎, 堂園明, 大西智弘, 永田勇二郎, 伊藤真義, 櫻井吉晴, 野呂義彦 “磁気コンプトンプロファイルによる Ru<sub>2</sub>Mn<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>Ge のスピンモーメントの研究” 日本物理学会, 2009年3月27日, 立教大学.

4) 水崎 壮一郎, 堂園 明, 永田 勇二郎, 佐俣 博章, 小澤 忠, 野呂 良彦 “金属間化合物 Ru<sub>2</sub>Fe(Si,Ge)における磁気構造と磁気抵抗効果の相関” 応用物理学関係連合講演会, 2008年3月29日, 日大理工.

5) 大西 智弘, 水崎 壮一郎, 永田 勇二郎, 佐俣 博章, 小澤 忠, 野呂 良彦 “希土類・遷移金属・燐系3元系金属間化合物結晶の作成と物性” 応用物理学関係連合講演会, 2008年3月29日, 日大理工.

6) 堂園 明, 水崎 壮一郎, 永田 勇二郎, 小澤 忠司, 野呂 良彦, 佐俣 博章 “ホイスラー型合金 Ru<sub>2</sub>Mn<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>Ge の異方的磁気抵抗効果” 応用物理学関係連合講演会, 2008年3月28日, 日大理工.

7) 水崎 壮一郎, 堂園 明, 永田 勇二郎, 小澤 忠, 野呂 良彦, 佐俣 博章 “ホイスラー型金属間化合物における異方性磁気抵抗効果” 日本物理学会, 2008年9月20日, 岩手大.

8) 大西智弘, 水崎壮一郎 A, 永田勇二郎 A, 佐俣博章 B, 小澤忠 C, 野呂良彦, “希土類と遷移金属を含む燐化物の物性” 日本物理学会, 2008年9月20日, 岩手大.

9) 堂園 明, 水崎 壮一郎, 永田 勇二郎, 小澤 忠司, 野呂 良彦, 佐俣 博章 “ホイスラー型合金 Ru<sub>2</sub>T<sub>1-x</sub>T'<sub>x</sub>Ge (T=Mn, Fe; T'=Ti, V) の磁気特性” 応用物理学学会学術講演会, 2008年9月2日, 中部大学.

10) 石橋孝裕, 橋本 修, “一層型電波吸収体の近傍界における反射減衰量に関する検討” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2008年9月18日, 明治大学.

11) 中村浩人, 橋本 修, 樽本直浩, 塚田高行, “カーボンナノチューブ含有抵抗皮膜を用いた電波吸収体に関する検討” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2008年9月18日, 明治大学.

12) 安住壮紀, 神谷照彦, 橋本 修 “酸化モリブデン含有アルミナのシールド特性に関する実験的検討” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2008年9月19日, 明治大学.

13) M. Naito, S. Mizusaki, T. Taniguchi, Y. Nagata, T. Ozawa, Y. Noro, H. Samata “Near room temperature ferromagnetism in Sr and Mn doped CaRuO<sub>3</sub>” 52nd Magnetism and Magnetic

Materials Conference, 2007年10月6日, Florida, USA.

14) S. Mizusaki, T. Taniguchi, N. Okada, Y. Nagata, M. Itou, Y. Sakurai, T. Ozawa, Y. Noro, H. Samata “Magnetism of CaRu<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub> studied by magnetic Compton scattering” 52nd Magnetism and Magnetic Materials Conference, 2007年10月6日, Florida, USA.

15) H. Wakatsuchi, M. Hanazawa, T. Sakai, S. Watanabe, M. Kojima, Y. Yamashiro, K. Sasaki, and O. Hashimoto, “The Complex Permittivities of Ocular Tissues at Millimeter-Wave Bands” The 8th International Congress of The European Bioelectromagnetics Association, 2007年4月11日, Ecole Nationale Supérieure de Chimie et de Physique de Bordeaux, France.

16) T. Sakai, M. Hanazawa, H. Wakatsuchi, S. Watanabe, A. Nishikata, and O. Hashimoto, “Measurements of Dielectric Properties of Biological Tissues in mm-wave Band by Free-space Reflection Method, Ellipsometry Method and Coaxial Probe Method” Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS), 2007年8月27日, Prague, Czech Republic.

17) 若土弘樹, 花澤理宏, 酒井泰二, 渡辺聡一, 小島正美, 山代陽子, 佐々木一之, 橋本修, “準ミリ波帯及びミリ波帯における眼組織の複素比誘電率測定” 電子情報通信学会総合大会, 2007年3月20日, 名城大.

18) 大塚健二郎, 佐藤彰祐, 橋本 修, “低融点樹脂を用いた粉体の複素比誘電率の測定法に関する検討” 電子情報通信学会総合大会, 2007年3月21日, 名城大.

19) 笹川哲広, 石橋孝裕, 橋本 修, “一層型電波吸収体の近傍・遠方領域における反射減衰量解析” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2007年9月14日, 鳥取大学.

20) 大場琴子, 平岡 遼, 松本好太, 原川健一, 橋本 修, “電波吸収フィルムを用いた金属箱内の電界分布に関する実験的検討” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2007年9月14日, 鳥取大学.

21) 羅 文雄, 松本好太, 遠藤哲夫, 橋本 修, “磁性損失シートを充填した円形電源線貫通部のシールド効果” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2007年9月14日, 鳥取大学.

22) 宮本昌尚, 橋本 修, “自由空間透過法を用いた高損失異方性誘電材料の複素比誘電率テンソル測定” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2007年9月14日, 鳥取大学.

23) S. Mizusaki, N. Kawamura, T. Taniguchi, M. Itou, H. Samata, Y. Noro, Y. Sakurai, Y. Nagata “The Direct Observation of the Magnetic Spin Component of Samarium-Iron Based Laves Compound by Magnetic Compton Scattering” International Conference on Magnetism, 2006年8月21日, Kyoto.

24) S. Mizusaki, N. Kawamura, T. Taniguchi, M. Itou, H. Samata, Y. Noro, Y. Sakurai, Y. Nagata, "Transport and Magnetic Properties of  $\text{CaRu}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_3$  (M=Fe or Mn) Epitaxial Films" International Conference on Magnetism, 2006 年 8 月 21 日, Kyoto.

25) Y. Takase, T. Soh, O. Hashimoto, "Suppression of Electromagnetic Radiation Noise from Wireless Module in Millimeter-Wave Band by Using Lid Made of PPS Resin Containing Titanium Oxide" Progress in Electromagnetics Research Symposium, 2006 年 8 月 4 日, Tokyo.

26) K. Umishita, T. Okubo, T. Nakamura, and O. Hashimoto, "Absorption and Shielding Effect of Electromagnetic Wave at GHz Frequency by Multi-walled Carbon Nanotube/Polymer Composites" The 9th European Conference on Wireless Technology, 2006 年 9 月 11 日, Manchester, UK..

27) S. Watanabe and O. Hashimoto, "Temperature Distributions of EM-absorbers under High Power Injection" Inter-COE International Symposium on Energy Systems, 2006 年 10 月 6 日, Tokyo, Japan.

28) 中村卓哉, 海下一徳, 大久保毅, 橋本 修, "多層カーボンナノチューブを用いた単層型電波吸収体" 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2006 年 9 月 19 日, 金沢大学.

29) 齊藤耕太, 橋本 修, 渡邊慎也, "一層型電波吸収体の寸法に対する吸収特性解析" 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2006 年 9 月 19 日, 金沢大学.

30) 渡邊慎也, 倉形尚宏, 齊藤耕太, 橋本 修, "磁性損失材料を用いた一層型電波吸収体の温度分布解析" 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2006 年 9 月 19 日, 金沢大学.

31) 大塚健二郎, 佐藤彰祐, 橋本 修, "低融点樹脂を用いた粉体の複素比誘電率の測定法に関する基礎検討" 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2006 年 9 月 19 日, 金沢大学.

32) 東田 豊, 西方敦博, 栗原 弘, 戸高嘉彦, 鈴木洋介, 高橋 孝, 橋本 修, "ミリ波帯における電波吸収体の反射特性の測定法" 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2006 年 9 月 19 日, 金沢大学.

〔図書〕(計 2 件)

1) 橋本 修, "実践 FDTD 時間領域差分法" 森北出版, 200 頁 (2006 年 9 月)

2) 橋本 修, "電波吸収体の技術と応用" CMC テクニカルライブラリー, シーエムシー出版, 387 頁 (2008 年 1 月)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

永田 勇二郎 (NAGATA YUJIRO)  
青山学院大学・理工学部・教授  
研究者番号: 90146308

### (2)研究分担者

橋本 修 (HASHIMOTO OSAMU)  
青山学院大学・理工学部・教授  
研究者番号: 60237930  
佐保 博章 (SAMATA HIROAKI)  
神戸大学・海事科学研究科・准教授  
研究者番号: 90265554  
水崎 壮一郎 (MIZUSAKI SOICHIRO)  
青山学院大学・理工学部・助教  
研究者番号: 60406824

### (3)連携研究者

なし