

## Al置換型イプシロン酸化鉄の自然共鳴現象によるミリ波回転性

<sup>1</sup>東大院理・化学

○生井飛鳥<sup>1</sup>, 吉清まりえ<sup>1</sup>, 大越慎一<sup>1</sup>

### Millimeter wave rotation property due to natural resonance on Al substituted $\epsilon$ -iron oxide

○Asuka Namai<sup>1</sup>, Marie Yoshikiyo<sup>1</sup>, Shin-ichi Ohkoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, School of Science, The University of Tokyo, Japan

**【Abstract】** In the present work, we investigated the millimeter wave absorption and rotation properties of  $\epsilon$ -Al<sub>0.47</sub>Fe<sub>1.53</sub>O<sub>3</sub> using terahertz time domain spectroscopy. The millimeter wave absorption intensity per thickness is 13 dB mm<sup>-1</sup> at 100 GHz, and the millimeter wave rotation angle and ellipticity per thickness are 11 degree mm<sup>-1</sup> and 0.3 mm<sup>-1</sup>, respectively, at 100 GHz.

**【序】** 当研究室では、イプシロン酸化鉄 ( $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) および金属置換型イプシロン酸化鉄 ( $\epsilon$ -M<sub>x</sub>Fe<sub>2-x</sub>O<sub>3</sub>; M = Ga, Al, In, Rh) が、ミリ波と呼ばれる mm オーダーの波長の領域に、磁性体最高となるゼロ磁場下強磁性共鳴 (自然共鳴) 周波数を有し、高周波ミリ波吸収特性を 35~222 GHz に示すことを報告してきた。このミリ波吸収特性は磁化の歳差運動に由来するものであるが、磁化の歳差運動には方向性があるため、磁極の向きを揃えることで共鳴周波数近傍における偏光特性の発現が期待される。本研究では、アルミニウム置換型イプシロン酸化鉄のミリ波領域における偏光特性を調べたので報告する。

**【方法 (実験・理論)】** 試料はゾルゲル法により合成を行った。硝酸アルミニウムと硝酸鉄の混合水溶液にアンモニア水を加えた後、テトラテトラエトキシシランを加え、生じた沈殿物を遠心分離により得た。これを、洗浄、乾燥した後、大気下 1100°C で焼成した。焼成試料を水酸化ナトリウム水溶液で加熱攪拌したのち、分離、洗浄、乾燥することで最終生成物を得た。試料の組成分析は ICP-AES により行い、透過型電子顕微鏡を用いて形状観察を行った。粉末 X 線回折パターンを測定し、Rietveld 解析による結晶構造解析を行った。また、物理特性測定装置を用いて磁気特性の測定を行った。テラヘルツ時間領域分光装置を用いて (図 1)、サブテラヘルツ領域の電磁波吸収特性を調べた。

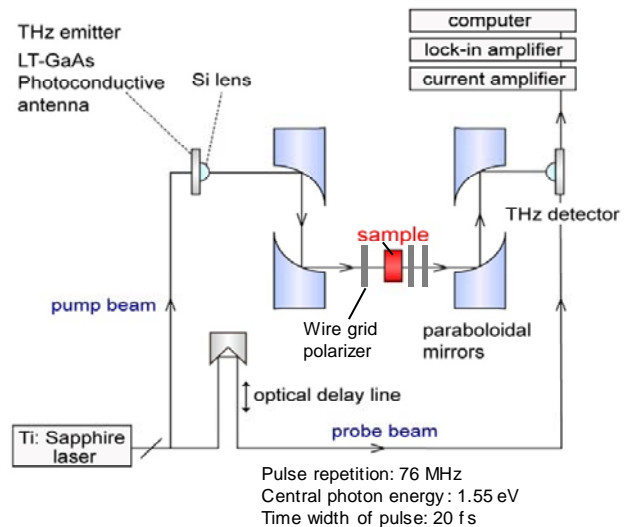
**【結果・考察】** 得られた試料は単相の  $\epsilon$ -Al<sub>0.47</sub>Fe<sub>1.53</sub>O<sub>3</sub> であり、室温にて強磁性を示し、300 K における保磁力は 10.4 kOe、9 T における飽和磁化は 29.1 emu/g、残留磁化は 12.9 emu/g の強磁性体であった。粉末状の  $\epsilon$ -Al<sub>0.47</sub>Fe<sub>1.53</sub>O<sub>3</sub> をペレット状に荷重成型し、厚みを  $d = 1.130$  mm, 2.339 mm, 3.549 mm と変えてた試料を作成して測定を行った。いずれの試料も 100 GHz に吸収ピークが観測された。吸収ピークの最大値は 8.00 dB ( $d = 1.130$  mm), 17.0 dB (2.339 mm), 25.0 dB ( $d = 3.549$  mm) となっており、 $\epsilon$ -Al<sub>0.47</sub>Fe<sub>1.53</sub>O<sub>3</sub> ペレット厚みに比例することが分かった。1 mm あたりの吸収強度(100%充填に換算)は 13 dB mm<sup>-1</sup> であった。

ミリ波回転性能を調べるため、 $\epsilon\text{-Al}_{0.47}\text{Fe}_{1.53}\text{O}_3$  ペレット試料を 8T のパルス磁場で着磁した。試料透過光強度の水平成分及び垂直成分を測定することにより、回転角度及び楕円率の周波数依存性を求めた。2.339 mm 厚の試料の測定結果を図 2 に示す。入射テラヘルツパルス光は直線偏光とであるが、試料を透過した後は、楕円偏光となっていた (図 2a)。回転角および楕円率の周波数依存性を図 2b および 2c に示した。楕円率は共鳴周波数を中心とするピーク型の周波数依存性を示し、着磁したペレット試料の N 極側から入射した場合の最大値は 100 GHz で 0.7 であった。一方、回転角は共鳴周波数を中心とする微分型の周波数依存性を示し、回転角の最大値は 102.2 GHz で +25°、最小値は 97.0 GHz で -25° であった。磁極の向きを反転させると、楕円率及び回転角の符号が反転した。なお、吸収量と同様、楕円率及び回転角も試料厚みに比例していた。

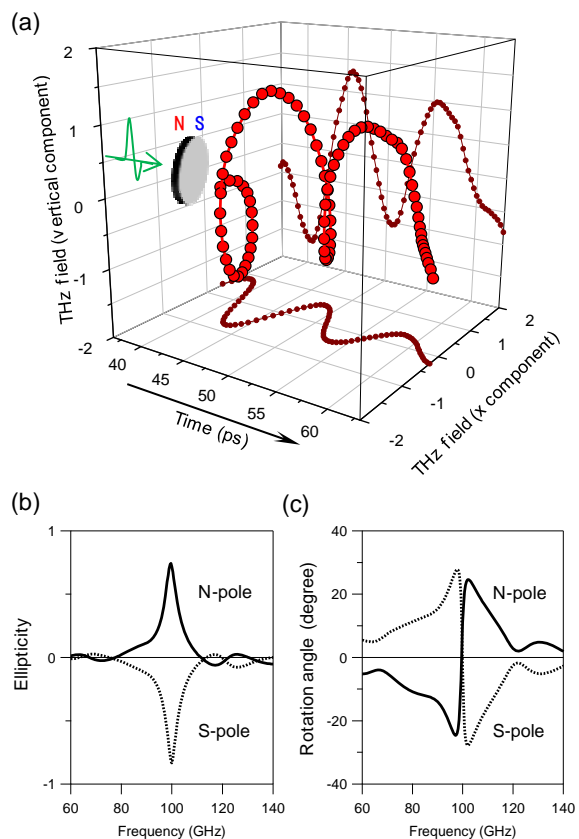
観測されたミリ波回転性能は、残留磁化とその方向に明らかに由来しており、自然共鳴現象における磁化の歳差運動から放射される自由誘導減衰により、このような偏光特性が生じたと考えられる。

#### 【参考文献】

- [1] A. Namai, S. Sakurai, M. Nakajima, T. Suemoto, K. Matsumoto, M. Goto, S. Sasaki, and S. Ohkoshi, *J. Am. Chem. Soc.*, 131, 1170 (2009).
- [2] A. Namai, M. Yoshikiyo, K. Yamada, S. Sakurai, T. Goto, T. Yoshida, T. Miyazaki, M. Nakajima, T. Suemoto, H. Tokoro, and S. Ohkoshi, *Nature Communications*, 3, 1035 (2012).
- [3] S. Ohkoshi, A. Namai, T. Yamaoka, M. Yoshikiyo, K. Imoto, T. Nasu, S. Anan, Y. Umeta, K. Nakagawa and H. Tokoro, *Scientific Reports*, 6, 27212 (2016).
- [4] A. Namai, M. Yoshikiyo, and S. Ohkoshi, *IEEE Magnetic Letters*, 7, 5506704 (2016).



**Fig. 1.** Schematic diagram of the THz-TDS measurement system.



**Fig. 2.** (a) Three-dimensional trajectory plot for the transmitted THz electric fields with both horizontal and vertical components when THz pulse was irradiated from the N-pole direction. (b,c) Frequency dependence of ellipticity and rotation angle. Solid lines and dotted lines denote the results measured by irradiation from the N-pole direction and S-pole direction, respectively.