

磁性ガーネットの電気的特性と製膜条件の関連性

Relationship between electrical property and fabrication conditions of magnetic garnet thin films

東京農工大工, ○遊部健斗, 阿部拓真, 清水大雅
Tokyo Univ. of Agri. & Tech, ○Kento Asobe, Takuma Abe, Hiromasa Shimizu
E-mail: h-shmz@cc.tuat.ac.jp

[はじめに] イットリウム鉄ガーネット $Y_3Fe_5O_{12}$ (YIG)に代表される磁性ガーネットは、可視光から近赤外光にかけて大きな磁気光学効果を示し、光アイソレータや空間光変調器の偏光回転素子として用いられている。また、YIG中のイットリウムをBiやCeに置換することによって、磁気光学効果が増大することが知られている[1]。磁性ガーネットの結晶磁気異方性は組成や製膜方法によって決まり、結晶中の酸素が欠損すると磁気異方性が変化することが知られている[2]。本研究ではCe:YIG中の酸素欠損濃度を通電によって変化させることで磁気異方性の制御を行うことを目的とする。通電用の試料として製膜時の酸素流量を変化させ作製した複数のCe:YIG試料を用い、酸素欠損濃度と磁気異方性の変化をファラデー回転角の磁場依存性の測定により評価した[3]。製膜した各試料上に電子線露光装置を用いて微小電極を作製しI-V測定を行い、製膜条件の違いによる抵抗値の変化を評価した。さらに、電極作製した試料を窒素雰囲気中にてアニールすることで、試料-電極界面での接触抵抗の減少を試みた。

[試料の作製及び評価] 非磁性の単結晶ガーネット基板である(111)SGGG基板上にRFスパッタによりCe:YIG薄膜を製膜した。ターゲットには $Ce_{0.6}Y_{2.4}Fe_5O_x$ セラミックターゲットを用い、入射電力50W、スパッタ時圧力8Paとした。①純Arガス10ccm、②Arガスに O_2 が1%含有されたガス10ccmの2つのガス流量条件のもとで作製した。製膜時の基板温度は560°Cとした。作製した試料について光学遅延変調法を用いて、磁気光学効果を測定した。ファラデー回転角の磁場依存性の測定結果から、試料面に垂直方向に磁化するのに必要な磁界が酸素流量比の低い試料①で大きいことがわかった。原因の1つとして、酸素を加えずに製膜した試料①では酸素欠損が生じて結晶格子が歪み、結晶磁気異方性が変化したことが考えられる。また、ファラデー回転角の最大値は酸素流量比が小さい方が大きくなった。これは、Feイオンの磁気モーメントの総和が酸素欠損により大きくなったためと考えられる。作製した試料の電気抵抗を測定するため、試料上に電子線描画により電極を作製した。描画した電極の形状は $300 \times 300 \mu m^2$ の正方形とし、電極間距離を1, 5, 10, 15 μm の4種類とした。現像後EB蒸着によりTi 10nm/Au 50nmを蒸着し、リフトオフにより試料上に電極を作製した。I-V特性を測定し、抵抗及び抵抗率を測定した。図1に各試料のI-V特性の測定結果を示す。図1より試料①は試料②と比較すると約25倍大きい電流が流れることが分かる。これはCe:YIG試料①中に酸素欠損が生じてFe, Ceイオンの価数が変わり不純物準位が形成され、ホッピング伝導により電流が流れやすくなったためであると考えられる。

さらに、Ce:YIG-Ti界面の接触抵抗を減少させることを目的として、電極形成後の試料を窒素雰囲気中にて200, 300, 400°Cで10分間アニールし、I-V測定を行った。各試料のアニール温度ごとのI-V特性を図2に示す。図2より、酸素流量比0%の試料①は、アニール温度を増加させると抵抗値が増加することがわかった。一方、酸素流量比1%の試料②は、300°Cでアニールした場合の結果を除く3試料を見ると、試料①と同様にアニール温度の上昇に伴って抵抗値が増加することがわかる。しかし、酸素流量比0%の試料①に比べて抵抗値の上昇は小さかった。試料①において抵抗が大きく増加した原因は製膜時に導入された酸素欠損がアニールによって補償されたためと考えられる。

[1] M. Gomi et al, Jpn. J. Appl. Phys. 27, No.8, pp.1536-1538(1988). [2] T. Shintaku and T. Uno, Jpn. J. Appl. Phys. 35, pp.4689-4691(1996). [3] 阿部、清水 2016年 第77回応用物理学会秋季学術講演会 13a-A22-1.

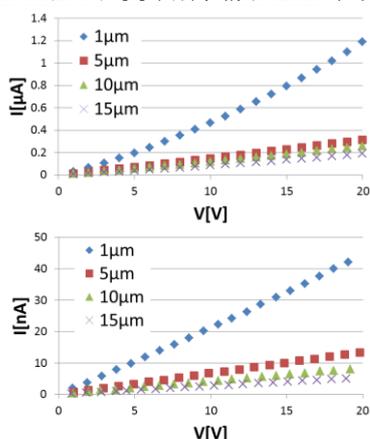


図1: I-V特性の測定結果 (上): 試料① (下): 試料②

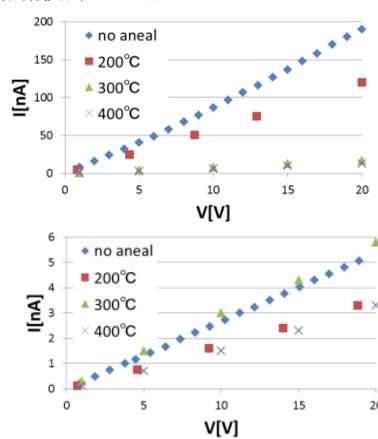


図2: アニール条件を変化させた各試料のI-V特性 (上): 試料①, (下): 試料②