

歪み希土類鉄ガーネット薄膜における誘電特性の膜厚依存性

Thickness dependence of dielectric properties in epitaxially strained garnet ferrites

東大院工 [○]山原 弘靖、加藤木 章浩、菊池 亮太、佐藤 英斗、関 宗俊、田畑 仁

Univ. of Tokyo, [○]Hiroyasu Yamahara, Akihiro Katougi, Ryota Kikuchi, Eito Sato, Munetoshi Seki,

Hitoshi Tabata¹

E-mail: yamahara@bioxide.t.u-tokyo.ac.jp

希土類鉄ガーネット ($R_3Fe_5O_{12}$; RIG) は Fe^{3+} イオンが四面体と八面体の部分格子内に 3 : 2 の割合で占め、酸素イオンを介した超交換相互作用によって室温でフェリ磁性 (強磁性) を示す。RIG の結晶構造は $Ia3d$ 空間群 (立方晶) に属し、高い絶縁性を示す。そこで薄膜-基板間の格子不整合 (ミスマッチ) による傾斜格子歪みを導入することで空間反転対称性の破れを実現し、フォノンのソフト化 (強誘電性の発現) によって新規マルチフェロイクス物質を実現することを目指している。これまでにエピタキシャル歪みに伴う磁気異方性制御は報告があるが[1]、誘電率に関する系統的な報告はほとんどない。

本研究では RIG 薄膜の R サイトイオンに Sm^{3+} 、基板は $Gd_3Ga_5O_{12}$ (GGG) (001) を選択し、極薄膜の格子歪み状態から膜厚増加に伴う格子緩和が誘電率に及ぼす影響を調査した。そのバルク値から見積もられる格子ミスマッチは 1.2% であり、転位が発生する臨界膜厚 $t_c = 60$ nm が算出される。図 1 に逆格子マッピングの膜厚依存性を示す。 t_c 以下の膜厚では薄膜は基板に対してコヒーレントに成長し、 $c/a = 1.03$ の正方晶を示す。一方、 t_c 以上の膜厚では膜厚の増加に伴い、格子緩和が進む様子が観察される。誘電率の計測は電極幅/間隔が $10\ \mu m/10\ \mu m$ の Pt 櫛形電極をフォトリソグラフィにより作製し、 $[110]$ 方向の静電容量を計測した。図 2 に誘電率の膜厚依存性を示す。誘電率の計算には Farnell らの方法を用いた[2]。GGG 基板 ($t = 0$ nm) において $\epsilon_s = 11.9$ が得られ、先行報告とほぼ一致している[3]。誘電率は t_c 付近で最大値を示しており、転位の存在や格子歪みが誘電率に寄与することを示唆している。

[1] H. Yamahara et al. J. Magn. Mag. Mat. 323 3143 (2011).

[2] G. W. Farnell et al. IEEE Trans. Sonics Ultrason., 17 (1970) 188.

[3] K. Krishna et al. Int. J. Chem Sci. 9 (2011) 239., R. D. Shannon et al. J. Appl. Phys. 67 (1990) 3798.

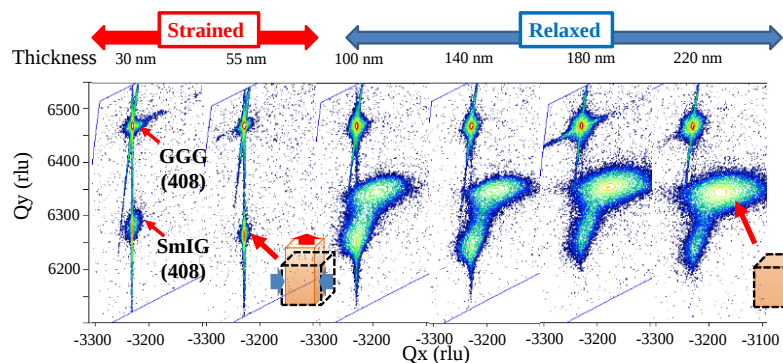


図 1. SmIG/GGG(408)周辺の逆格子マッピングの膜厚依存性。膜厚の増加に伴い格子緩和が見られる

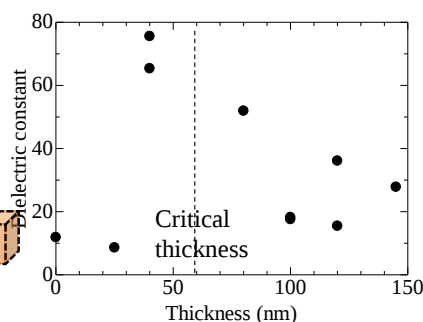


図 2. SmIG/GGG 誘電率の膜厚依存性

謝辞 本研究の一部は科研費基盤研究 S「生体ゆらぎに学ぶゆらぎエレクトロニクス」、新学術領域研究「機能性酸化物における非対称傾斜歪場及び秩序・無秩序人工格子による特異構造創出」、若手 B「履歴記憶素子に向けた酸化物クラスタースピングラスのスピノ波研究」および(独)日本学術振興会の「研究拠点形成事業 (A.先端拠点形成型)」の助成を得て遂行された。