

分子層制御したスピネル型酸化物(001)人工格子の作製と評価

Fabrication and Characterization of Quarter Unit Cell Controlled

Spinel Oxides (001) Superlattice Structures

筑波大¹, KEK 物構研² ○村上拓¹, 新関智彦¹, 柳原英人¹, 山崎裕一², 中尾裕則², 喜多英治¹Univ. of Tsukuba¹, KEK-PF² ○T. Murakami¹, T. Niizeki¹, H. Yanagihara¹, Y. Yamasaki², H. Nakao²,
and Eiji. Kita¹

E-mail : s1220392@u.tsukuba.ac.jp

【背景】 人工格子は熱力学的に非平衡な物質である。このような人工構造を舞台とし、これまで巨大磁気抵抗 (GMR) 効果^[1]に代表される新奇な物性あるいは機能が数多く発見されてきた。人工格子を構成する物質の組み合わせは無数にあるものの、これまでは比較的単純な結晶構造を持つような物質を対象として人工格子の研究がなされてきた。一方、近年の成膜手法の進歩に伴い様々な人工格子が作製可能になってきている。本研究では、比較的複雑かつ大きな単位胞を有するスピネル型金属酸化物ベースの人工格子に着目した。強磁性体である Fe_3O_4 と Co や Ni を用いたスピネル型金属酸化物を、分子線エピタキシー (MBE) 法を用いて交互に分子層単位で積層する手法により、新しい人工格子の作製を試みた。

【実験方法】 超高真空蒸着装置において、蒸着源に Fe と M (Co, Ni, Cr), 反応性ガスとして O_2 を用いた反応性 MBE 法により、単結晶 $\text{MgO}(001)$ 基板上に $\text{M}_3\text{O}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4(001)$ 人工格子を作製した。成膜中に観測される反射高速電子線回折 (RHEED) 振動を利用して、その強度がピークを示すタイミングで、シャッターを制御することにより、分子層単位での膜厚制御を行った。試料表面の RHEED 像の観察により結晶性評価を、そして X 線反射率法により膜厚評価を行った。さらに、膜面垂直方向に平行な散乱ベクトルを持つ $(0\ 0\ L)$ スキャンを行うことで結晶構造の確認をした。また物性評価には、SQUID-VSM による磁化測定、二端子法による電気抵抗測定を行った。

【結果】 Fig. 1 に $\text{MgO}(001)/\text{Fe}_3\text{O}_4(001)/[\text{Co}_3\text{O}_4(001)(2.1\ \text{\AA})/\text{Fe}_3\text{O}_4(001)(8.4\ \text{\AA})]_{\times 12}$ 成膜中の RHEED 振動を示す。 Fe_3O_4 1 分子層の層状成長に対応した 33 sec 周期の振動、 Fe_3O_4 4 分子層 (1 単位胞: $\approx 8.4\ \text{\AA}$) と Co_3O_4 を 1 分子層 ($\approx 2.1\ \text{\AA}$) 積層させたことによる 165 sec 周期の振動が観察できる。また Fig. 2 に示した $\text{MgO}(002)$ に対する逆格子空間 ($a = 4.213\ \text{\AA}$) における $(0\ 0\ L)$ スキャンの結果より、 $(0\ 0\ 1.6)$ 付近に試料膜厚に起因する Laue フリンジとは別の反射ピークが重畳して見られた。これは、 $\text{Co}_3\text{O}_4(2.1\ \text{\AA})/\text{Fe}_3\text{O}_4(8.4\ \text{\AA})$ 人工格子 (004) からの超格子反射に対応しており、スピネル型酸化物の単位胞より $5/4$ 倍大きい周期構造、つまり $[\text{Co}_3\text{O}_4(2.1\ \text{\AA})/\text{Fe}_3\text{O}_4(8.4\ \text{\AA})]$ に対応した変調構造が確認できた。また、磁化測定では、 Fe_3O_4 単層膜と比較して、 $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$ 界面の増加に伴って比例的に磁化が減少していくため、界面での相互作用の低下、あるいはフラストレーションに伴う Fe_3O_4 層の磁化の消失などの可能性が考えられる。さらに講演では、Co を Ni や Cr など置換したスピネル型酸化物人工格子の物性評価についても報告したい。

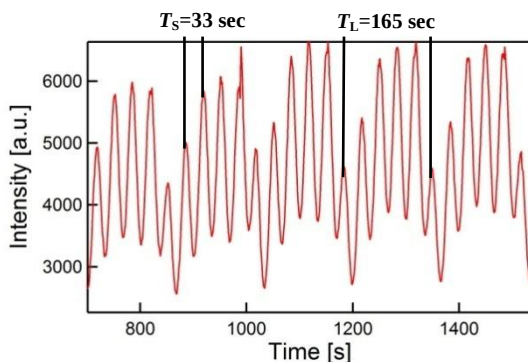
[1] M. N. Baibich, et al. Phys. Rev. Lett **61**, 2472 (1988)

Fig. 1 RHEED intensity oscillation of $\text{Co}_3\text{O}_4(2.1\ \text{\AA})/\text{Fe}_3\text{O}_4(8.4\ \text{\AA})(001)$ superlattice.

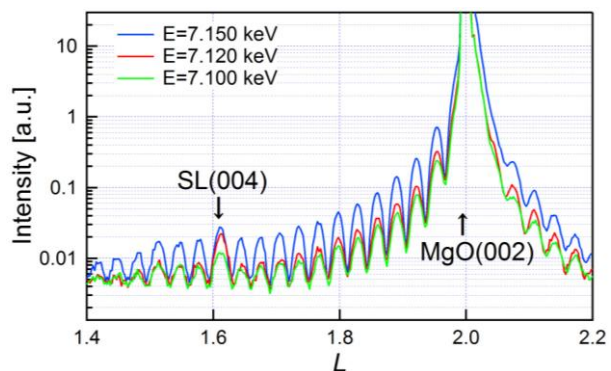


Fig. 2 The L scans in reciprocal space for the $\text{MgO}(002)$ reflection ($a = 4.213\ \text{\AA}$) of $\text{Co}_3\text{O}_4(2.1\ \text{\AA})/\text{Fe}_3\text{O}_4(8.4\ \text{\AA})(001)$ superlattice.