

エピタキシャル Cr₂O₃ 薄膜における応力誘起電気磁気特性

(名古屋工業大学) ○坪井泉名・横田壮司・五味學

【諸言】 電気と磁気の交差相関相互作用である電気磁気(ME)効果は、その交差性からこれまでにない手段による場の変換を実現できることから様々な応用が期待されている。ME 効果は主に Dzyaloshinsky–Moriya(DM)相互作用によって説明でき、電場—磁場の変換においては、電界による副格子の対称性の破れから磁化が生じるとされている。本研究では DM 相互作用によって ME 効果を発現する代表的な Cr₂O₃ に着目した。Cr₂O₃ は電界により磁性を発現することが知られているが、高いリーク電流密度により大きな磁性を示すために必要な電界印可が困難である。そこで本研究では、臨界膜厚以下の極薄の Cr₂O₃ 薄膜を作製し、エピタキシャル応力による磁性の発現を目指した。また、その応力が ME 効果に及ぼす影響を探索した。

【実験方法】 試料の作製には RF マグネトロンスパッタリング法を用いた。基板は c-Al₂O₃ と (111) Nb:SrTiO₃ を使い、c-Al₂O₃ は酸素雰囲気中で 1000 °C、2.5 h、降温速度 10 °C /sec で熱処理を施し、ステップアンドテラス構造を形成した。Cr₂O₃ の成膜条件は RF-power を 60 W、基板温度を 530 °C、ガス比を Ar:O₂ = 32:1、全圧を 1.3 Pa、膜厚を 32 nm とし、それぞれの基板上に成膜した。作製した試料は、原子間力顕微鏡、反射型高速電子線回折法 (RHEED)、X 線回折法(XRD) を用いて表面形態及び結晶構造を、また振動試料型磁力計を用いて磁気特性を評価した。

【結果・考察】 RHEED を用いた構造解析の結果、いずれの試料もエピタキシャル成長していることが確認された。Fig.1 に面内方向の XRD パターンを示す。得られた回折図形から Cr₂O₃ の a 軸の格子定数($a_{Cr_2O_3}$:4.95204Å)を算出すると、それぞれ 4.9045 Å (Cr₂O₃/c-Al₂O₃)、4.9367 Å (Cr₂O₃/SrTiO₃)となった。したがって、Cr₂O₃/c-Al₂O₃ のほうが面内に大きな圧縮応力を生じていることが期待される。これは、薄膜と基板間の格子状数ミスマッチから予想される結果とよく一致している。Fig.2 にそれらの試料の面内の磁気特性の測定結果を示す。Cr₂O₃ は、室温で反強磁性であることから正の磁気秩序を示さない。しかしながら、いずれの試料においても零磁場付近で磁化が残留する結果となった。これは応力によるものと予想される。また、面内の格子定数変化が大きい Cr₂O₃/c-Al₂O₃ の試料の磁化値が小さくなった。Cr₂O₃ の ME 効果は a、c 軸両方に沿って誘起されることが知られており、圧縮・引っ張り応力いずれにおいても磁化の誘起が期待される。このことから当日は、c 軸の変化も考慮した誘起磁化及び ME 効果の関係を議論する。

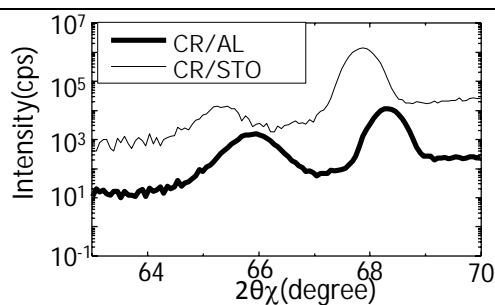


Fig.1 Grazing incident in-plane XRD patterns of the samples (Cr₂O₃/c-Al₂O₃ and Cr₂O₃/SrTiO₃)

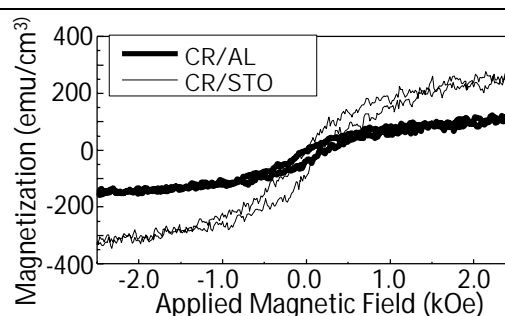


Fig.2 In-plane magnetization curves of the samples