

六方晶窒化ホウ素上における Fe_3O_4 薄膜の成長と評価

Growth and characterization of Fe_3O_4 thin films on hexagonal boron nitride

阪大産研¹、物材機構²

玄地 真悟¹、大坂 藍¹、服部 梓¹、渡邊 賢司²、谷口 尚²、田中 秀和¹

Osaka Univ.¹, NIMS²

S. Genchi¹, A. I. Osaka¹, A. N. Hattori¹, K. Watanabe², T. Taniguchi², H. Tanaka¹

E-mail: genchi77@sanken.osaka-u.ac.jp

機能性酸化物は主に単結晶基板上での薄膜成長により種々のデバイス応用が期待されているが、基板による格子不整合が結晶性に大きな影響を与えるため基板の選択は通常限定的である。我々は、ファンデルワールス(vdw)結合により結合した2次元層状物質である六方晶窒化ホウ素(hBN)に着目し、弱いvdw結合に起因する格子不整合の緩和による高品質薄膜の作製を試みている。これまで、hBN上で340 K付近で金属-絶縁体相転移(MIT)を示す正方晶ルチル構造の VO_2 薄膜の成長に成功し、3桁程度の抵抗変化に伴う相転移を観測し¹、hBNは薄膜に与える束縛が小さく、異なる格子定数や結晶構造の薄膜を成長させ得るユニバーサル基板としての可能性を示唆する結果を得ている。本研究では、この結晶成長の異なる展開例として、MITを110 K付近で示すスピネル構造の Fe_3O_4 に着目し、その結晶性と相転移特性を評価した。

hBNはスコッチテープで $\text{MgO}(100)$ 基板上に機械剥離後、酸素アニールによって残留粘着物を除去した。 Fe_3O_4 薄膜はパルスレーザー堆積法により基板温度633 K、周波数2 Hz、酸素分圧 1.0×10^{-4} Paの条件下で成膜し、ラマン分光法により室温でFe-O原子振動由来の A_{1g} 、 $T_{2g}(2)$ 、 $T_{2g}(3)$ 振動モードの明瞭なピークを観測した(Fig.1 (a))。その後、 Fe_3O_4 をイオンミリングによりエッチングし、スパッタ法により電極を蒸着しマイクロ細線を作製して、抵抗の温度依存性を評価した。抵抗の温度依存性測定はPPMSにより約80 Kから200 Kまで0.5 Kステップで行った。その結果、 Fe_3O_4 の膜厚が35 nmから240 nmの全ての薄膜で3桁程度のMITに伴う抵抗変化を観測し、35 nm時の相転移温度は240 nm時のそれと比してわずか5 K程度のずれにとどまった(Fig.1 (b))。これはhBN上では超薄膜でも高品質な結晶性と物性が保たれていることを示し、弱いvdw結合による格子歪みの緩和が寄与していると考えられる。これらの結果は、hBNのユニバーサル成長基板としての可能性を示すものである。

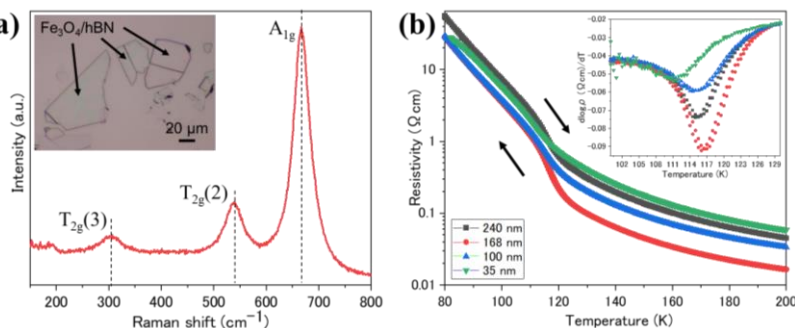


Fig. 1. (a) Raman peaks of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{hBN}$ at room temperature. The inset is the optical image of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{hBN}$. (b) Resistivity-temperature curves of Fe_3O_4 on hBN in different thicknesses. The inset is the 1st derivative of the resistivity as a function of temperature.

1. S. Genchi, H. Tanaka *et al.*, Sci. Rep. 9, 2857, 2019.