

RF リアクティブマグネトロンスパッタ法を用いて成長させた NiO エピタキシャル薄膜の TEM 観察

TEM observation of epitaxial NiO thin films deposited by RF reactive magnetron sputtering

東京理科大学 理工¹/総研²,

西本 啓介¹, 杉山 睦^{1,2}

1. Faculty of Science and Technology / 2. RIST, Tokyo Univ. of Science

西本 啓介¹, M. Sugiyama^{1,2} E-mail: optoelec@rs.tus.ac.jp

【はじめに】 酸化ニッケル(NiO)の禁制帯幅は 4.0 eV であり[1]、*p* 型半導体であるため、ワイドギャップ *pn* 接合デバイスへの利用が期待されている。また、不純物(Li 等)のドーピングや Ni 空孔などの内因性欠陥の制御によってキャリア密度を $10^{13} - 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で変化させることが容易である。しかし、物性評価に用いられるような高品質結晶が得られにくく、NiO 薄膜の欠陥物性には未解明な点が多い。そのため、NiO エピタキシャル薄膜の欠陥物性評価への応用が期待されている。現在、NiO エピタキシャル薄膜は様々な方法によって成長されている[2]が、薄膜を経済的かつ大面積に成長することが可能なスパッタ法による NiO エピタキシャル薄膜成長に関する報告例は少なく、その成長メカニズムは明らかになっていない。本研究では、NiO エピタキシャル薄膜を RF リアクティブマグネトロンスパッタ法によって各種基板に成長させ、薄膜成長メカニズムを検討した。

【実験方法】 RF リアクティブマグネトロンスパッタ法により NiO 薄膜を(0001)Al₂O₃ 基板及び(100)MgO 基板上に基板温度、RF 出力、アルゴン-酸素分圧比を制御してエピタキシャル成長させた。得られた薄膜に対して、XRD 及び TEM などによる結晶構造評価を行った。

【結果及び考察】 図 1 に[001]MgO から観察した、基板温度 500°C で MgO 基板上に成長させた NiO 薄膜の断面 TEM 像を示す。NiO 層では成長面に対して、垂直方向と水平方向の転位が確認された。界面から 10 nm 程度離れた領域(図中の①④)の成長軸方向への面間隔は NiO 層及び MgO 層それぞれのバルク値の面間隔 0.209 nm(NiO)及び 0.211 nm(MgO)[3,4]に近く、0.205 nm(NiO)及び 0.211 nm(MgO)であった。一方、界面付近の領域(図中の②③)の成長軸方向への面間隔は NiO 層及び MgO 層それぞれバルク値のそれよりも大きく、0.215 nm(NiO)及び 0.214 nm(MgO)であった。この要因として、格子定数の異なる NiO と MgO の格子不整合が緩和される過程で、歪みが生じた可能性が考えられる。また、界面付近に 2 nm 程度の幅の不均一な領域がみられることから、局所的に MgNiO 混晶が形成している可能性がある。詳細については当日報告する。

【謝辞】 NiO 薄膜成長に関し御指導いただきました、東北大学多元研 秩父重英教授に感謝申し上げます。本研究の一部は、文科省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業の支援を受け、(国研)産総研ナノプロセッシング施設において実施された。また、東理大総合研究院 スペース・コロニー研究センターの支援によって行われた。

【参考文献】 [1] Our group, APL **110** (2017) 181102.

[2] T. Ikenoue, *et al.*, JCG **507** (2019) 379.

[3] PDF#00-047-1049 [4] PDF#00-045-0946

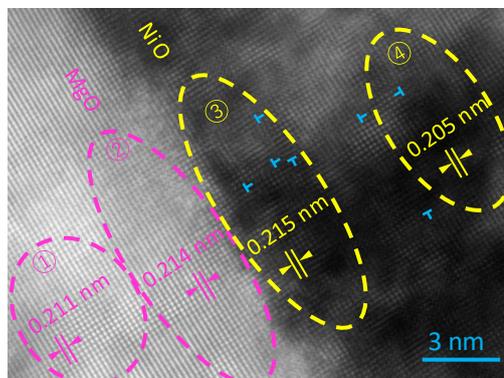


図 1. NiO/MgO の界面付近における断面 TEM 像