

# 加熱 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板の上に電子ビーム蒸着によって形成した NiO 薄膜

## NiO Thin Film Formed on Heated $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Substrate by Electron Beam Evaporation

石巻専修大理工<sup>1</sup>, °中込 真二<sup>1</sup>, 安田 隆<sup>1</sup>

Ishinomaki Senshu Univ.<sup>1</sup>, °Shinji Nakagomi<sup>1</sup>, Takashi Yasuda<sup>1</sup>

E-mail: nakagomi@isenshu-u.ac.jp

【はじめに】 次世代ワイドバンドギャップ半導体として注目されている  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は p 形伝導が困難である。我々は p 形伝導性を示す数少ない酸化物半導体 NiO に着目し、NiO /  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ヘテロ接合ダイオードの開発を行って[1], 結晶配向についても報告してきた[2]。NiO 層は簡便な方法としてゾルゲル法を用いて形成してきたが、特に(001)  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板において配向微結晶に成り易く、連続膜が得られ難い問題がある。今回、加熱した基板の上に電子ビーム蒸着で NiO を成膜することで均一な連続薄膜が得られたのでその特性を報告する。

【成膜と評価】 Sn ドープ(001)  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板を洗浄後、基板ホルダーにセットして真空チャンバ内に配置し、蒸着ソースとして粉末焼結 NiO をるつぼに入れて真空排気した。基板をホルダー裏面から 600°C に加熱し、NiO を電子ビーム蒸着した。蒸着時間は約 20 分である。X 線反射率測定、X 線回折測定、断面 SEM 像観察を行った後、ダイオードを試作し評価した。

【結果】 Fig. 1 に基板 a 面劈開断面の SEM 像を示す。X 線反射率測定から NiO の膜厚は 66nm であり、SEM 像からも均一な連続膜であることがわかった。

Fig. 2 に NiO 膜の X 線回折パターン ( $2\theta$ - $\omega$  スキャン) を示す。(a)は基板を水平とした場合であり、(001)  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板由来の回折ピークに加えて NiO 331 回折が観測される。(b)は基板を約 14 度傾けて  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $\bar{2}04$ )面が水平になるように配置した場合であり、NiO 220 回折と基板の $\bar{2}04$ 回折のピークのみが観測される。NiO 220 回折のロッキングカーブの半値幅は 0.38 度である。(c)は基板を約 75 度傾けて  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (100) 面が水平になるように配置した場合であり、NiO 200 や 400 の回折と基板由来のピークのみが観測される。他の  $\phi$  スキャンの測定からも、NiO が単一の結晶配向で成膜されていることがわかった。

同様の方法でエピ  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板の上に NiO 膜を形成し作製したヘテロ pn 接合ダイオードの電流 - 電圧特性を Fig. 3 に示す。耐圧 400V 程度の整流特性が得られている。

本研究は JSPS 科研費 22K04190 の助成を受けた。

[1] Y. Kokubun, S. Kubo, S. Nakagomi, Appl. Phys. Express. 9, 091101 (2016)

[2] S. Nakagomi, T. Yasuda, Y. Kokubun, Physica Status Solidi B, 257, 1900669 (2020)

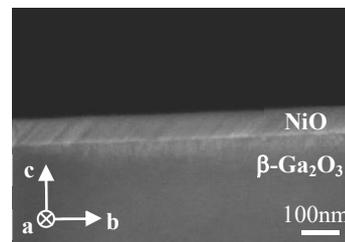


Fig. 1 Cross sectional SEM image of NiO thin film on (001)  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrate.

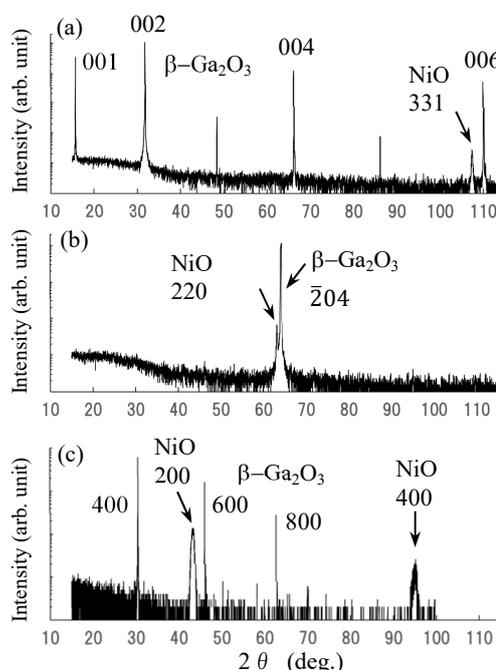


Fig. 2 X-ray diffraction patterns of NiO thin film prepared by EB-evaporation. ( $2\theta$ - $\omega$  scan)

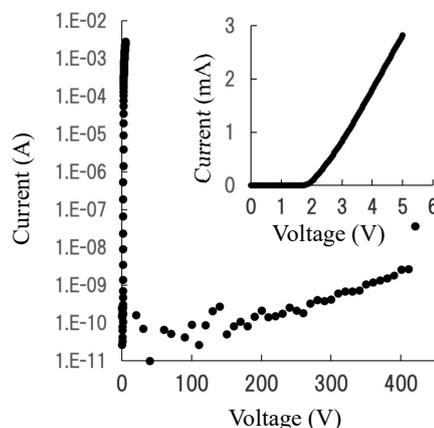


Fig. 3 Current-voltage characteristics of NiO/ $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> heterojunction diode.