

反応性ヘリコン波励起プラズマスパッタ法による p 型 NiO 薄膜の堆積

Reactive sputtering deposition of p-type NiO films using a helicon-wave-excited-plasma

東北大多元研 ○嶋 紘平, 小島一信, 秩父重英

IMRAM Tohoku Univ. ○K. Shima, K. Kojima, S. F. Chichibu

E-mail: kshima@tohoku.ac.jp

【はじめに】 NiO は、禁制帯幅が約 4 eV[1]の半導体であり p 型導電性を示すため、p 型透明導電膜としての応用が期待される。p 型 NiO と n 型 ZnO ないしは GaN との pn 接合は TYPE-II 型ヘテロ界面[2]を有するため、太陽電池[3]や発光ダイオード[1]を視野に入れた研究が進められている。NiO の堆積手法としては、高純度の大面積薄膜を安価に堆積できるスパッタ法が適している。本研究では、独自の製膜手法であるヘリコン波励起プラズマスパッタ法(HWPS)法[4]を用い、金属ターゲットを使用する反応性モード(R-HWPS と称する[5])により NiO 堆積を試みた。R-HWPS 法はプラズマ損傷が少ない手法であるため、NiO 堆積時に下地となる n 型半導体表面への非輻射再結合中心の導入を抑制できる可能性がある。

【実験と結果】 R-HWPS 法により無アルカリガラス基板上に NiO 薄膜を堆積した。Ar+O₂ 混合ガスの全圧および総流量を一定にし、O₂ 混合率($f(O_2)=[O_2]/([Ar]+[O_2])$)および基板温度を変化させた。Fig. 1(a)に示すように、 $f(O_2)$ が高い条件では Ar 分圧が減少するため堆積速度が減少したが、少なくとも $0.1 \leq f(O_2)$ では p 型導電性を示すことがホットプローブ法により確認された。Fig. 1(b)に抵抗率の $f(O_2)$ 依存性を示す。RF プラズマスパッタ法による NiO[6]と同様に、 $f(O_2)$ の増加に従い抵抗率が減少した。この要因は、高 $f(O_2)$ の場合、正孔(例えば Ni 空孔(V_{Ni})等[7])を補償する O 空孔(V_O)の濃度が減少したためである可能性がある[6]。

【謝辞】 実験補佐の菊地清助手および大友友美氏に感謝します。RF プラズマスパッタ法による NiO 薄膜堆積に関して議論を行って頂いた東京理科大学の杉山睦教授に感謝します。本研究は、キャノン財団および文科省附置研アライアンスならびに科研費(研究活動スタート支援 17H06514)他の援助を受けた。

【文献】 [1] Nakai, Sugiyama, Chichibu, APL **110**, 181102 (2017). [2] Kawade, Chichibu, Sugiyama, JAP **116**, 163108 (2014). [3] Warasawa, Chichibu, Sugiyama *et al.*, JJAP **52**, 021102 (2013). [4] Yamaya, Chichibu *et al.*, APL **72**, 235 (1998). [5] Chichibu *et al.*, APL **88**, 161914 (2006). [6] Sugiyama, Chichibu *et al.*, JJAP **55**, 088003 (2016). [7] Lany *et al.*, PRB **75**, 241203(R) (2007).

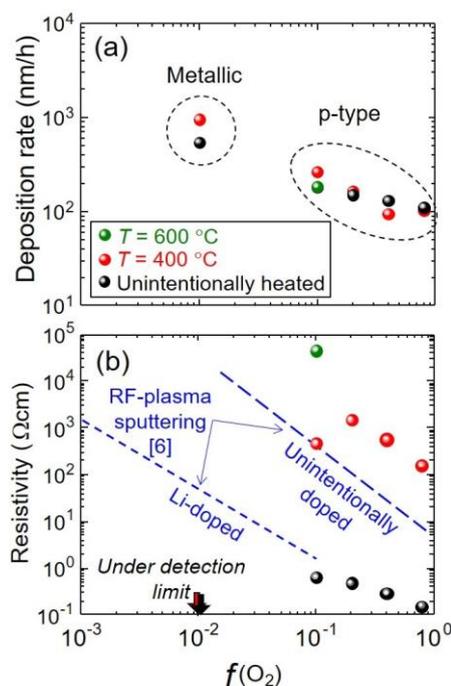


Fig. 1. (a) Deposition rates and (b) resistivities of the NiO films prepared by R-HWPS as a function of $f(O_2)$.