

パルスレーザー堆積法による不純物ドーパ酸化亜鉛の成膜

○中川慎二¹, 渡邊翔太¹, 佃勇人², 胡桃聡³, 松田健一³, 鈴木薫^{3, 4}*Shinji Nakagawa¹, Shota Watanabe¹, Hayato Tsukuda², Satoshi Kurumi³, Ken-ichi Matsuda³ and Kaoru Suzuki^{3, 4}

Zinc oxide (ZnO) is one of the wide-gap semiconductors expected to be host materials for ultraviolet light-emitting devices. In this study, we focused our attention on synthesis of ZnO films with doping both aluminum (Al) and nitrogen (N) by pulsed laser deposition utilizing a ZnO and/or an Al-doped ZnO (6wt%) targets. We also discuss crystallographic characteristics of the films.

1. 研究背景

現在主流の半導体であるシリコン半導体は物性上の制約や限界が近いことためワイドギャップ半導体が注目されている。その中でも酸化亜鉛 (ZnO) はバンドギャップ 3.37 eV の直接遷移型の半導体であり、励起子結合エネルギーも高く有望な青色発光ダイオードの作製が期待できる。しかし ZnO は酸素空孔によって *n* 型半導体になりやすく *p* 型化が困難である。さらにアクセプタをドーピングすることにより ZnO は絶縁化しデバイスとしての応用が困難である。^[1]

本稿では窒素 (N) ドープした ZnO 薄膜を得るために誘導結合性プラズマ (ICP) を用いた N プラズマ支援パルスレーザー堆積法を選択した。また ZnO に対し、アルミニウム (Al) をドーピングすることで電気導電性を回復させることが報告されているために N と同時に Al をドーピングした^[2]。さらに成膜した ZnO 薄膜を加熱しながら N プラズマを直接照射するプラズマアニール処理を取り入れ、比較検討した。

2. 実験方法

パルスレーザー堆積法のターゲットは焼結体 ZnO (99.99%) と Al を 6 wt% 含有させた 2 種類を用いた。ZnO を成膜する基板はサファイア基板 (Al₂O₃) (0001) (10×10×0.5 mm) を使用した。PLD 法の光源は波長 355 nm, パルス幅 20 ns, レーザエネルギー 320 mJ の Nd : YAG レーザ (LOTIS TII) を使用し、成膜時間は 60 min とした。チャンバー内の気圧は、N₂ ガスを流入することにより 4×10⁻² Torr まで排気し N₂ ガスは ICP によりプラズマ化させた。成膜中の基板温度は SiC ヒーターによって 673K とした。また、プラズマ処理は基板温度 1073K とし処理時間は 60min とした。

成膜した試料は X 線回折分析 XRD (Rigaku RINT2000) により結晶性の確認をした。

3. 実験結果

Fig. 1 は XRD によって結晶性を測定した結果である。すべての試料において ZnO の (0002) 面 [34.42 deg] のピークが確認された。0wt% ではピーク中心が 33.6 deg であり、プラズマ処理することによって 33.7 deg へと広角化した。6wt% ではピーク中心が 36.3 deg であり、またプラズマ処理することによって 34.6 deg へと低角化した。低角化した原因として O よりも原子半径が大きい N をドーピングしたことにより原子間隔が増加したと考えられる。半値全幅は 0 wt% の試料では 0.4 deg から 0.5 deg へと広角化した。これは N をドーピングしたことが原因だと考えられる。そして 6 wt% の試料では 0.44 deg から 0.40 deg へと低角化した。これより 6 wt% ではプラズマ処理をすることで ZnO 薄膜の結晶性が改善された。

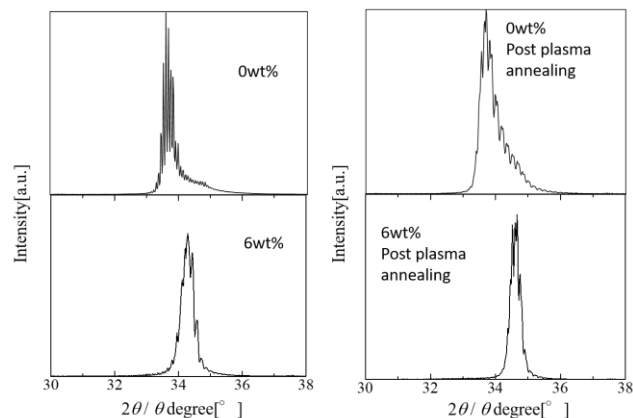


Fig. 1 XRD profile of the deposited ZnO films

4. 参考文献

- [1] 金子 健太郎 「材料」 J. Soc. Mater. Sci. Japan, Vol. 66, No.1, pp. 58-65, 2017.
- [2] Z. Laghfour, et al., J. Mater. Sci.: Mater. Electron., Vol. 26, pp. 6730-6735, 2015.

1 : 日本大学理工学部電気工学科, 学生 2 : 日本大学大学院理工学研究科電気工学専攻, 院生 3 : 日本大学理工学部電気工学科, 教員 4 : 先端材料科学・材料創造研究センター