常圧非平衡プラズマを用いて作製した高抵抗 ZnO 薄膜の電気的および圧電的特性

Electric and piezoelectric properties of highly-resistive ZnO films grown by non-equilibrium plasma generated near atmospheric pressure

阪府大工，○宝栄周弥，桐谷乃輔，吉村 武，芦田 淳，藤村 紀文
Osaka Pref. Univ.○S. Takarae, D. Kiriya, T. Yoshimura, A. Ashida, and N. Fujimura
E-mail: fujim@pe.osakafu-u.ac.jp

【はじめに】

ワイドバンドギャップ半導体である酸化亜鉛(ZnO)は、その優れた透明性や電子移動度、圧電性を利用した電子・光・圧電デバイス等への応用が期待されているものの、薄膜化した際に生じる残留ドナーの低減という課題の解決が望まれている。理論・実験両面からこの問題を俯瞰すると、高い酸化力を有する活性種を利用できる常圧非平衡プラズマプロセスは、ドナー性欠陥を減少させることができるため、効果的で有望なアプローチであると考えられる。本研究で利用する大気圧近傍で形成される非平衡窒素プラズマは極めて高いプラズマ密度($10^{15}cm^{-3}$)を有しており、室温で Si[1)]や Ge[2)]を窒化させるほど高い反応性を有している。また、大気圧非平衡窒素プラズマに酸素を微量添加(0.1%以下)することで強い酸化力を有する NO-γを利用した CVD プロセスが利用できること [3)]、ガラス上に 200℃の低温においても配向成長が可能であることを明らかにしている。今回、常圧非平衡 N_2/O_2 プラズマを用い作成した PLD、remote-plasma CVD そして direct-plasma CVD と 3 種類の製膜方法で作成した ZnO 薄膜の電気特性と圧電特性に関する検討を行った。

【実験方法と結果】

チャンバー内に設置した平行平板電極間に交流電圧を印加し、N_2 ガスを用いて放電させた。発生したプラズマを N_2 ガスの流量、印加電圧を変化させ、活性種の脱励起に伴う発光を、発光分光分析を用いて評価した。微量酸素添加を行う場合も同様に発光分析で酸素活性種に関する評価を行った。ZnO 薄膜は、以下の 3 種類の方法で作成した。PLD 法は、6.4Torr の圧力で行った。プラズマ中には主として N_2 2p.s.と NO-γの活性種に起因する発光が観察される。同様に、20~40Torr の圧力で製膜を行った。低酸素分圧下では、N_2 2p.s.と NO-γが支配的な活性種であった。これらのプラズマを用いて成長した dp-CVD 薄膜の成長速度は 40μm/h と極めて速く、すべて(0001)配向していた。これらの試料の比抵抗の変化をまとめたものを Fig.1 に示す。ガス圧や成長温度などの製膜条件によって 2 桁程度変化するものの dp-CVD を用いて作成した薄膜の比抵抗は、10^5～10^8[Ω]と極めて優れた絶縁性を有していることが明らかになった。講演ではこれら ZnO 薄膜の成長プロセスの相違と電子状態や圧電性との相関に関して報告する。

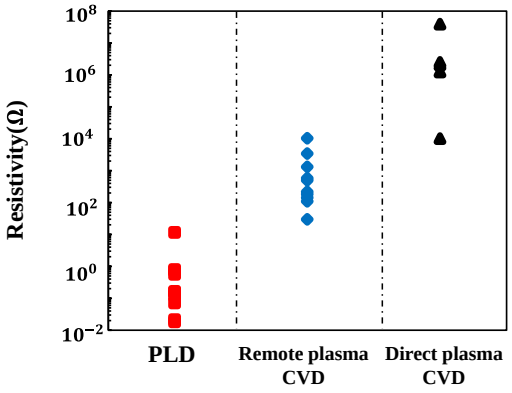

Fig.1 Change in the resistivites of the films fabricated with plasma-assisted PLD, rp-CVD and dp-CVD.

1) R. Hayakawa et al., Thin Solid Films, 506-507 (2006) 423, 2) R. Hayakawa et al., J. Appl. Phys., **110** (2011) 064103
3) Y. Nose et al., Journal of Applied Physics 119 (2016) 175302, 4) Y. Nose et al., Thin Solid Films, 616 (2016) 415

© 2019年 応用物理学会