反応性プラズマ蒸着法による Ga 添加 ZnO 薄膜における成長速度とキャリア密度の支配因子

Factors limiting growth rates and carrier concentrations of Ga-doped ZnO films deposited by reactive plasma deposition with dc arc discharge

高知工科大総研 [1] ○山本 哲也 [1], 古林 寛 [1], 牧野 久雄 [1]
Kochi Univ. Tech., Res. Inst. [1], °Tetsuya Yamamoto[1], Yutaka Furubayashi[1], Hisao Makino[1]
E-mail: yamamoto.tetsuya@kochi-tech.ac.jp

【緒言】われわれは透明導電膜, 可燃性ガスセンサ, 近赤外領域波長通信用プラズモニクス材料, 及び抗菌性薄膜などの応用を目的とし, Ga 添加 ZnO 薄膜の電気・光学・表面特性の成膜装置や成膜プロセス依存性・制御性を把握すべく研究開発に取り組んでいる. 今回は低温・高速・大面積成膜が可能な直流アーク放電反応性プラズマ蒸着法 (以下, RPD と呼称)を用いた場合に観察される薄膜成長速度及びキャリア密度の酸素ガス流量 (薄膜成長中) 依存性を支配する因子(アークプラズマ中での飛来粒子種) の解明を目標としたその研究成果について発表する.

【実験方法】成膜 (膜厚 200 nm) 方法は RPD (住友重機械工業株式会社製), 基板は無アルカリガラス基板 (Corning 社製, 基板温度 200℃) を用いた. Ga 添加量は Ga_2O_3 (purity:3N) 3wt.% (ハクスイテック社製 SKY-Z) とした. 成膜室へ導入する酸素ガス (O_2) 流量 (以下、OFR と略称) は 25 sccm を上限とした. 電気特性は室温条件での Hall 効果 (nanometrics 社製) 測定により評価した. 飛来種の発光強度 I は分光器 (オーシャンオプティクス社製 USB4000, 波長 350 nm-1μm) により測定し, その解析にはデータベース: NIST Atomic Spectra Database を参照した.

【結果及び考察】発光測定箇所は図 1 (同図中, A) に示す. 弱電離アークプラズマの主ガスは Ar と酸素であり, 前者の代表的な波長 (750 nm ($2p_1 \rightarrow 1s_2$), 795 nm ($2p_9 \rightarrow 1s_5$) 及び 811 nm ($2p_4 \rightarrow 1s_3$)) の I に対する OFR 依存性を解析した. その結果, Ar 准安定状態 (Ar^M; $1s_5$, $1s_3$) に関わる波長 795 nm の I のみが OFR と強い正の相関が判明した. 酸素に関しては O (777 nm), O^+(416 nm) 及び O_2^+ (560 nm) 何れの I も OFR との正の相関が確認される中, I(O) の増大の割合が大きかった。故に O_2 の O への乖離では, 電子 (e^-) 及び Ar^M との衝突乖離が律速反応と考えた. Zn は Zn (471 nm) 及び Zn^+ (491 nm) において OFR>8sccm の領域で前者が強い負の相関、後者は 7<OFR<15 sccm で負の相関が観察されるものの, 他の OFR 制御領域では $I(Zn^+)$ の OFR 依存性が認められなかった。前記解析と成長速度の観察とから, 成長速度の OFR 依存性は $I(O^+)/(I(O^+) + I(Zn^+))$ の同依存性が支配因子である一方, キャリア密度の OFR 依存性は $I(Zn)/(I(Zn) + I(O))$ の同依存性が支配因子であることが判明した.

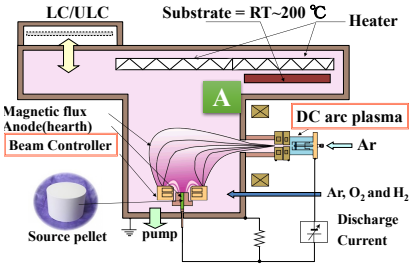

Fig. 1 RPD 概要図.

【謝辞】本測定データは山田高寛氏(現: 阪大大学院)により測定されたものである。

参考文献: J. Nomoto, H. Makino and T. Yamamoto, Thin Solid Films 601 (2016) pp.13–17.