

ZnO系透明導電膜の特性とPLスペクトルの対応 IV

Correspondence between PL spectra and conductive properties of ZnO films - IV

日本電信電話株式会社 NTT デバイスイノベーションセンタ, °赤沢方省

NTT Device Innovation Center, °Housei Akazawa

E-mail: housei.akazawa.he@hco.ntt.co.jp

【はじめに】我々はこれまでアンドープZnO膜の導電性とPLの関係を調べ、水素ドナーが導電性に関与している可能性を検証してきた。今回はGaドープZnO膜に対象を広げ、アンドープZnO膜との差異に留意しつつ、Gaドープがもたらす発光特性について報告する。

【実験】ZnOターゲットからのECRスパッタとGa₂O₃ターゲットからのRFマグネトロンスパッタを同時に行い、ガラス基板上にGZO膜を堆積した。基板からの信号を拾わないように、膜厚は400 nm以上とした。PLスペクトルはHe-Cdレーザー(325 nm)で励起して、室温で測定した。

【Ga濃度依存性】左下図にGa濃度を変えたときのPLスペクトルを示す。バンド端発光のピーク波長は、1.3 at.%以下では378 nmで、アンドープZnOと一致している。低Ga濃度では、ほとんどのGaがZnサイトを置換して、結晶性にそれほど影響を与えておらず、ZnOのPLの特徴に近い。Ga濃度をさらに増やすと、ピークの位置が長波長側へシフトした。これはGa³⁺の存在によって結晶格子が乱され、V_{Zn}が生成して、CB → V_{Zn}の発光が趨勢になったためと考えられる。さらにGa³⁺の置換によって押しのけられた亜鉛が格子間に存在して、Zn_i → VB の発光が400–450 nmに観測されている。このZn_i由来の発光強度は、Ga濃度に伴って増大していることが見て取れる。

【成膜温度の効果】右下図に加熱成膜したGZO膜 (Ga濃度2.5 at.%) のPLスペクトルを示す。100°C以上で加熱成膜すると、500 nmよりも長波長にCB → V_Oの発光がわずかに見られているが、深いレベルの関与する発光はZnOに比べてはるかに弱い。GZO膜は主要なドナーがGa³⁺のため酸化度が高くても導電性を保つことができ、実際に欠陥量が少ないことを証明している。また室温成膜したGZO膜をポストアニールした場合、V_Oからの発光は生じなかった。Gaと酸素の強い親和性により、酸素の脱離が起きにくいと考えられる、しかし400–450 nmにおける発光は十分に強く観測されており、DAP発光が主体のGZO膜の発光特性の特徴を示している。

【アルゴンプラズマ照射】格子欠陥と電気伝導性が密接に関係するZnO膜の場合、ECRアルゴンプラズマ照射によりキャリア密度、移動度ともに増大する。一方GZO膜はプラズマ照射による抵抗低減効果が非常に弱い。しかし照射前後のPLスペクトルを比較したところ、500-600 nmのV_Oの発光が増大することが分かった。Ga³⁺が主ドナーのため影響が見えにくい、ZnOの場合と同様、低エネルギーアルゴンの衝突による酸素の選択的脱離が実際に起きていることが分かった。

