

水熱合成 ZnO ターゲットを用いた ZnO 薄膜のヘリコン波励起プラズマスパッタエピタキシー (3) : 浅い不純物に関する考察

Helicon-Wave-Excited-Plasma Sputtering Epitaxy of ZnO films using the hydrothermal ZnO target (3) : about shallow impurities

東北大多元研 [○]山崎芳樹、古澤健太郎、岩橋咲弥、小島一信、秩父重英

[○]IMRAM-Tohoku Univ., [○]Y. Yamazaki, K. Furusawa, S. Iwahashi, K. Kojima, and S. F. Chichibu

E-mail: chichibulab@yahoo.co.jp

【はじめに】 ZnO は、室温におけるバンドギャップが 3.3eV であるため紫外線発光素子用材料として期待できる。我々は、装置構成が比較的簡便で大面積化・低コスト化が期待できる「スパッタ法」に基づくエピタキシャル成長法として「ヘリコン波励起プラズマスパッタエピタキシー (HWPSE) 法」¹⁾を開発し、Al₂O₃ や ZnO 基板への ZnO エピタキシャル薄膜成長を行ってきた¹⁻⁴⁾。これまでに、高品質水熱合成 (HT) Zn 極性 ZnO 基板の使用、及び成長温度とスパッタガスの酸素流量比率の最適化によって、X 線ロックアップカーブの半値全幅が 18 秒以下²⁻⁴⁾で基板の値 (理論値) と一致し、0.85 μm のテラス幅を有する単分子層ステップが観測できるほど表面状態の優れた薄膜の成長に成功している⁴⁾。しかしながら、バンド端発光の量子効率向上や導電性制御のためには外因性不純物総量の低減が急務であった^{2,3)}。この目的のため、気相合成 (CVT) バルク ZnO よりも残留不純物濃度が全般的に低い HT バルク ZnO を HWPSE のターゲットとして用いることを提案した⁴⁾。本講演では、上記 2 種類のターゲットを用いて Zn 極性 ZnO 基板上に HWPSE 成長させた ZnO ホモエピタキシャル薄膜のフォトルミネッセンス (PL) 測定結果を比較する。

【実験と結果】 CVT および HT 成長 ZnO ターゲットを用い、ほぼ同条件で成長させた薄膜の 10K における PL スペクトルを図 1 に示す。両スペクトルにおいて、中性ドナー束縛励起子 (DBE) の再結合による発光が現れるエネルギー領域 (3.35~3.38 eV) に発光ピーク群が観測された。HT ターゲットを用いた場合、B、Ga、In に起因する DBE 発光のピーク強度は、Al に起因する DBE 発光のそれに比べ非常に微弱であるか観測されないかのどちらかであった。また、観測されたピーク及び shoulder は、高エネルギー側から順に自由 A 励起子の第一励起状態 (3.4208 eV)、基底状態の縦波 B 励起子 (3.3932 eV)、横波 B 励起子 (3.3821 eV)、縦波横波が分離観測できていない A 励起子 (3.3768 eV)、中性 Al 束縛 B 励起子 (3.3724 eV)、中性 Al 束縛横波 B 励起子 (3.3652 eV)、中性 Al 束縛 A 励起子 (3.3608 eV) の再結合によるものと同定できる^{4,5)}。すなわち、HT ターゲットの使用により、HWPSE 成長 ZnO エピタキシャル薄膜中の B、Ga、In 濃度低減が実現できたといえる。

【謝辞】 本研究の一部は科研費基盤 A (#22246037)、「附置研究所間アライアンスによるナノとマクロをつなぐ物質・デバイス・システム創製戦略プロジェクト」(文部科学省) の援助を受けた。

【参考文献】 1) 秩父他 JAP **91**, 874 (2002). 2) 天池他 APEX **2**, 105503 (2009). 3) 澤井, 羽豆, 秩父 JAP **108**, 063541 (2010). 4) 古澤他 JJAP **53**, 100301 (2014). 5) Meyer 他 pss (b) **241**, 231 (2004).

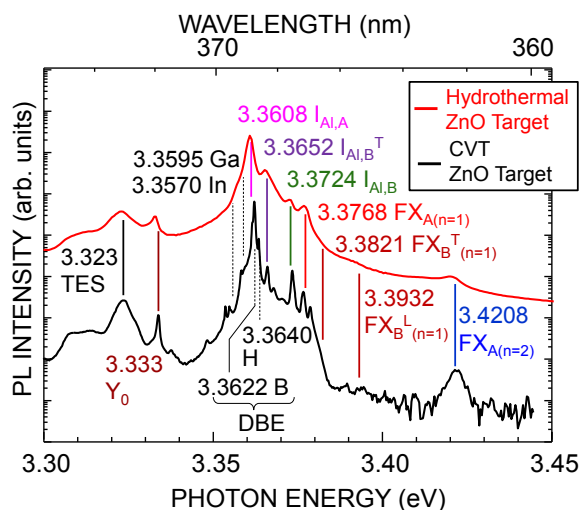


図 1 CVT および HT 成長 ZnO ターゲットを用いて HWPSE させた ZnO 薄膜の 10K における PL スペクトル (文献 2,4)より)