

MBE 法により成長した Cl ドープ ZnCdTeO 薄膜の特性評価 Characterization of Cl-doped ZnCdTeO thin films by molecular beam epitaxy

佐賀大院工¹, °渡辺 裕介¹, 松尾 健斗¹, 田中 徹¹, 齊藤 勝彦¹, 郭 其新¹

Saga Univ.¹, °Y. Watanabe¹, K. Matsuo¹, T. Tanaka¹, K. Saito¹, Q. Guo¹

E-mail: 18576029@edu.cc.saga-u.ac.jp

1. はじめに

ZnCdTe 中に電気陰性度の大きく異なる O をわずかに添加した $\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}_{1-y}\text{O}_y$ (ZnCdTeO) は, O の局在準位と ZnCdTe の伝導帯間のバンド反交差作用により, 低エネルギー(E_-)サブバンドと高エネルギー(E_+)サブバンドが形成され, 計 3 つの光学遷移過程を創出できることから, 中間バンド型太陽電池への応用が期待されている[1]. 本材料は ZnTeO と比較すると, Cd 添加量によりバンドギャップの制御が可能であることから, 太陽光スペクトルに対する整合性の向上が期待されている. 先の研究では, 分子線エピタキシー(MBE)法により ZnCdTeO 薄膜の成長を行い, 各種物性を明らかにしたが[2], 中間バンド型太陽電池応用に向けて重要な中間バンドへの電子ドーピングは未検討である. そこで本研究では, ZnCdTeO の中間バンドへの電子ドーピングの可能性を明らかにするため, ZnTeO にて有効性が実証された Cl ドーピング[3]を ZnCdTeO に対して行い, その特性を評価した.

2. 実験方法

Cl ドープ ZnCdTeO 薄膜は MBE 法により ZnTe(100)基板上に 60min 間成長した. Cl ドーピングの原料としては ZnCl_2 を用い, 同セル温度を 160~240°C の範囲で変化させた. 基板温度は 400°C とし, Cd フラックス比 $f_{\text{cd}} = [\text{Cd}]/([\text{Zn}] + [\text{Cd}])$ は 0.3, 酸素は酸素ラジカル銃によりそれぞれ一定の条件の下で供給した. 薄膜の評価は, 触針式段差計, 高分解能 X 線回折(HR-XRD), エネルギー分散型 X 線分析(EDX), フォトルミネッセンス(PL)などを用いて行った.

3. 結果及び考察

Fig. 1 に ZnCl_2 セル温度に対する ZnCdTeO の成長速度を示す. ZnCl_2 セル温度が上昇するにつれて薄膜の成長速度が低下していることが分かる. 同様の傾向は ZnTeO の場合も見られ, また ZnSe への Cl ドーピングでも報告されている[3,4]. Fig. 2 に ZnCl_2 セル温度を変化させた薄膜の 9K での PL スペクトルを示す. 同図に示した undoped ZnCdTeO と比較して Cl を添加し成長した薄膜では, 1.7~1.8eV 付近に新たな発光ピークが現れることが分かる. ZnTeO でも Cl ドーピングによって類似したピークが観測されており, このピークは Cl に関連する不純物準位によるものと考えられる. なお薄膜の組成 x, y は HR-XRD と EDX により算出した. 詳細は当日報告する.

[1] T. Tanaka et al. J. Cryst. Growth 378 (2013) 259. [2] T. Tanaka et al. Sol. Energy Mater. Sol. Cells 169 (2017) 1.

[3] 松尾健斗 他, 2017 年第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 6a-PA9-5. [4] M. Yoneta et al. J. Cryst. Growth 214/215 (2000) 542.

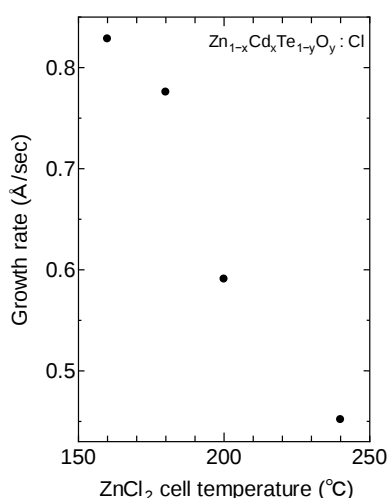


Fig. 1. Growth rate of Cl-doped ZnCdTeO layers grown at various ZnCl_2 cell temperatures.

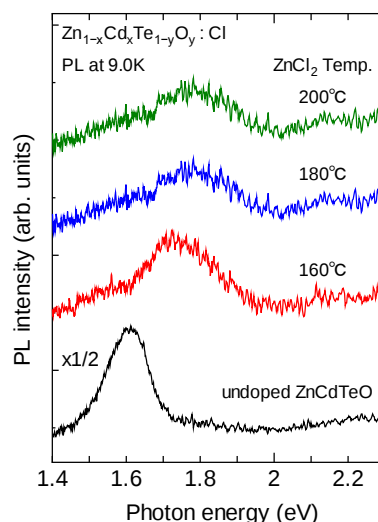


Fig. 2. Photoluminescence spectra at 9K for Cl-doped ZnCdTeO grown at various ZnCl_2 cell temperatures.