

MBE 成長 ZnCdTeO 薄膜の光学特性の評価と太陽電池応用

岡野 友紀, 堤 修治, 潮 昇平, 田中 徹, 斉藤 勝彦, 郭 其新, 西尾 光弘
(佐賀大学大学院工学系研究科)

1 はじめに

ZnTe 中に電気陰性度の大きく異なる酸素をわずかに添加した $\text{ZnTe}_{1-x}\text{O}_x$ (ZnTeO) では, 酸素に起因する局在準位 (E_0) と ZnTe の伝導帯 (E_C) 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 [1,2]. この ZnTeO に Cd を添加することで $\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}_{1-y}\text{O}_y$ (ZnCdTeO) 混晶とすると, Cd 組成 x の増加よりバンドギャップの減少が予想され, 太陽光スペクトルに対する整合性を向上できると考えられる. 本研究では, $x=0.3$ 付近の ZnCdTeO 混晶に着目し, MBE 法により薄膜成長を行い, その光学特性の評価を行うと共に太陽電池構造を試作し評価した.

2 実験方法

ZnTe(100)基板と $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001)基板を有機洗浄し, ウェットエッチングにより表面酸化膜を取り除いた後, MBE 装置内にセットした. 基板温度 350°C にて低温バッファ層を 5 min 間成長させた後, 基板温度 400°C にて ZnCdTeO 層を 60min 間成長させた. Cd フラックス比 f ($=[\text{Cd}]/([\text{Zn}]+[\text{Cd}])$) を $0.4\sim 0.6$ の範囲で変化させることで, Cd 組成 $x=0.2\sim 0.5$ の ZnCdTeO 薄膜を得た. 酸素は酸素ラジカル銃を用いて一定の条件下で供給を行った. 薄膜の組成とバンドギャップの評価は, 電子プローブ微小分析 (EDX), X 線回折 (XRD), 透過率・反射率測定などを用いて行った.

3 結果と考察

Fig. 1 に酸素濃度 y はほぼ同じで Cd 組成 x の異なる ZnCdTeO 薄膜の光吸収係数の 2 乗プロットと (004) 面付近の XRD 2θ - ω スキャンプロファイルを示す. XRD から Cd 組成 $x=0.22$ の薄膜に比べて $x=0.44$ の薄膜では, Cd 組成の増加による格子定数の増加によって回折ピークが低角度側にシフトしていることが分かる. 光吸収係数の 2 乗プロットより $x=0.44$ の薄膜では E_- サブバンド吸収端が低エネルギー側にシフトしていることが分かった. また, E_- サブバンドによる光吸収係数は $x=0.22$ に比べて $x=0.44$ の薄膜の方が大きいことが分かった.

Fig. 2 に薄膜の光吸収係数の 2 乗プロットから求めた E_- バンドと価電子帯間のバンドギャップと BAC モデルによる計算値との比較を示す. 実験結果は計算値と傾向がよく一致しており, Cd 組成の増加により E_- バンドのバンドギャップが小さくなることがわかった.

4 まとめ

MBE 法により ZnCdTeO 薄膜成長を行い, その光学特性を明らかにした.

本研究は, 科学研究費補助金 (15H04253), 公益財団法人加藤科学振興会の支援を受けて実施した. 関係各位に謝意を表す.

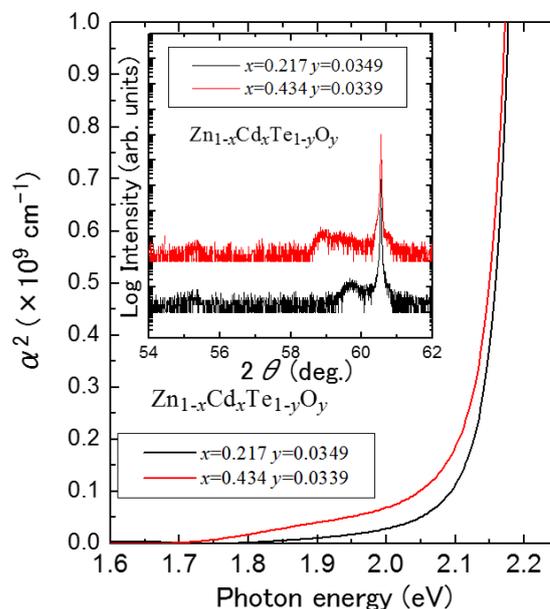


Fig. 1 Optical absorption spectra for ZnCdTeO layers on ZnTe substrates. The inset is XRD profiles for the ZnCdTeO layers.

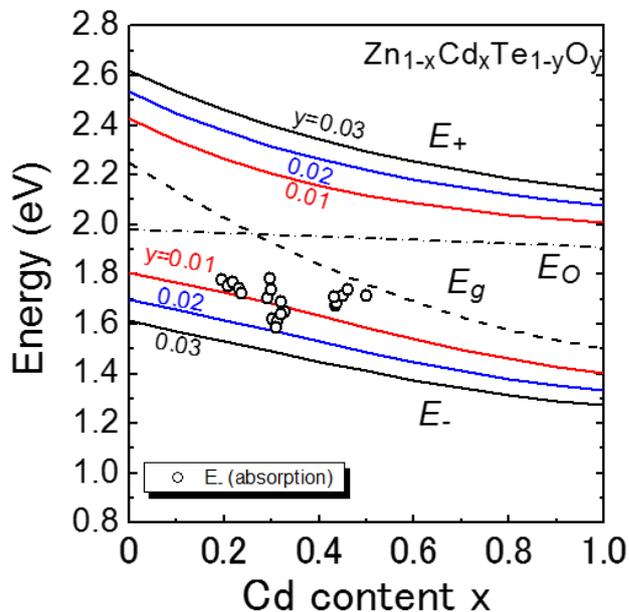


Fig. 2 Comparison between experimentally determined optical band gap energies for E_- band and those estimated using BAC model.

参考文献

- [1] K. M. Yu et al. Phys. Rev. Lett. 91 (2003) 246403.
- [2] T. Tanaka et al. Appl. Phys. Lett. 102 (2013) 052111.