

分子線エピタキシー法による Te 添加 CuGaS₂ 薄膜の作製と評価

MBE Growth and Characterization of Te-doped CuGaS₂ Thin Films

○松下将也, 倉掛真弥, 山田秀明, 高村健, 馬場崎巧, 阿部友紀, 市野邦男(鳥取大院工)

○Masaya Matsushita, Masaya Kurakake, Hideaki Yamada, Tsuyoshi Takamura, Takumi Babasaki,
Tomoki Abe, Kunio Ichino (Tottori Univ.)

E-mail: m15t3037@faraday.ele.tottori-u.ac.jp

[背景・目的] ZnS 中に添加された Te は等電子トラップを形成することが知られているが、ZnS_{1-x}Te_x 混晶の x が小さい領域におけるバンドギャップ変化が Te による局在準位と価電子帯の相互作用によるバンド反交差(band-anticrossing: BAC)モデルで説明できることが報告されている[1]。同じく硫化物半導体である Te 添加 CuGaS₂ において BAC による Te 起源の準位を形成することができれば、中間バンド型太陽電池として利用できる可能性があるが、これまで CuGaS₂:Te の作製の報告はない。そこで本研究ではまず、CuGaS₂:Te の作製条件を検討した。

[実験方法] MBE 法によって p-GaP(001)基板上に Te 添加した CuGaS₂ 薄膜を作製し、高分解能 X 線回折(XRD)測定、エネルギー分散型 X 線回折(EDX)測定、フォトルミネッセンス(PL)測定等を行った。

[実験結果] Te 添加の CuGaS₂ の評価を行うため EDX による Te 組成についての Te セル温度(T_{Te})、S タンク温度(T_S)について調べた。T_S=155℃の場合には Te セルの温度を変化させてもほとんど Te が添加されなかった。これは Te が S よりも結晶に取り込まれにくいためであると考えられる。そこで T_S を下げて S の供給量を減らしたところ、T_S が低くなるほど、Te 組成が多くなるという結果が得られた。図 1 は Te 添加した CuGaS₂ と無添加 CuGaS₂ の XRD パターンの比較である。無添加 CuGaS₂、Te 添加 CuGaS₂(T_S=120℃、T_{Te}=230℃)について 72° 付近にピーク(CuGaS₂(008))が見られたが無添加 CuGaS₂ に比べ、Te 添加 CuGaS₂ のピーク位置が低角度側にシフトしている。これは Te 添加 CuGaS₂ が多結晶気味になっていることが原因だと考えられる。また Te 添加 CuGaS₂ では上記のピークの他に低角度側にピークが見られた。図 2 は Te 添加した CuGaS₂(T_S=130℃、T_{Te}=230℃)と無添加 CuGaS₂ の PL スペクトルの比較である。無添加 CuGaS₂ は 540nm 付近にピークが見られた。これは CuGaS₂ のドナー・アクセプタペア(DAP)発光であると考えられる。Te 添加した CuGaS₂ に見られる 520nm 付近のピークは無添加 CuGaS₂ では確認されなかったため、Te に関する発光だと考えられる。また 560nm 付近のピークは DAP だと考えられるが無添加の場合と比較するとピーク位置やピーク形状が異なっている。

[まとめ] Te 組成の変化について、S 供給量が多い条件では Te がほとんど添加されなかったが、S 供給量を下げることで Te 添加が可能になった。PL スペクトルにおいて、Te 添加した CuGaS₂ では無添加 CuGaS₂ にはない、Te に起因すると思われるピークが確認された。

Table 1. Growth condition and Te content of CuGaS₂

T _S [°C]	T _{Te} [°C]	[Te]/([S]+[Te])[%]
155	210	0.21
155	225	0.10
155	230	0.28
130	230	0.04
120	230	14.81
110	230	52.64

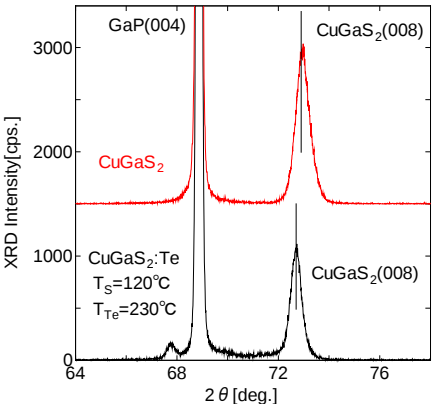


Fig 1. XRD pattern of CuGaS₂ and CuGaS₂:Te

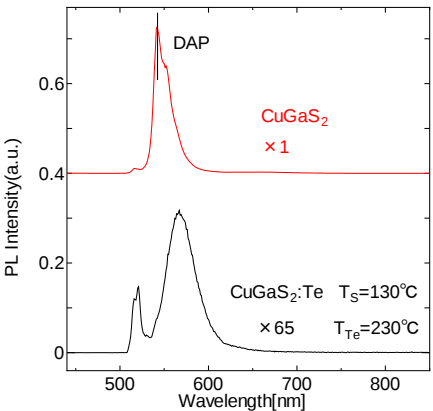


Fig 2. PL spectra of CuGaS₂ and CuGaS₂:Te

[1]J.Wu et al., Phys Rev.B67 , 035207(2003)