

## Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub> バルク結晶の励起子発光スペクトル

### Exciton luminescence spectra from Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub> bulk crystals

○粟飯原 直也、松本 祐典、田中 久仁彦 (長岡技術科学大学)

○Naoya Aihara, Yusuke Matsumoto, Kunihiko Tanaka (Nagaoka University of Technology)

E-mail: tanaka@vos.nagaokaut.ac.jp

#### 1. はじめに

Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub> (CTS)は汎用無毒性元素のみで構成され、0.92-0.93 eV および 0.99-1.02 eV のバンドギャップ<sup>[1-3]</sup>と 10<sup>4</sup> cm<sup>-1</sup>以上の光吸収係数<sup>[3]</sup>が報告されている直接遷移型半導体である。近年、薄膜太陽電池の光吸収層に使用され、変換効率 4.63%<sup>[1]</sup>が報告されている。さらなる変換効率の向上のためには、デバイス作製技術の改善とともに基礎物性を深く理解する必要がある。特に半導体における励起子の特徴や振る舞いは、バンド構造などの基本的性質を調べるために重要となる。本研究ではフォトルミネッセンス (PL)測定により CTS バルク結晶の励起子発光を観測し解析した。

#### 2. 実験方法

**試料の作製方法:** CTS バルク結晶はヨウ素を輸送媒体とした化学気相輸送法により作製した<sup>[4]</sup>。電子線マイクロアナライザにより評価した試料の平均組成は、Cu : Sn : S = 2.16 : 1.01 : 2.83 と、CTS の化学量論組成に対して Cu 過剰, S 不足組成であった。またラマン分光法による試料の結晶構造解析において CTS 単斜晶構造のピーク<sup>[4]</sup>が支配的なスペクトルが観測された。

**PL の観測方法:** 励起光源には波長 650 nm の半導体レーザーを使用した。試料はクライオスタットにセットし、測定時の温度を変化させた。励起強度は ND フィルターにより変化させた。試料からの発光はモノクロメータ ( $f=20$  cm)で分光し、InP/InGaAs 光電子増倍管とフォトンカウンタを用いた単一光子計数法により検出した。

#### 3. 結果と考察

Fig. 1 に 4.2 K における試料の発光スペクトルを示す。CTS のバンドギャップの報告値 0.93 eV<sup>[1,2]</sup>付近において励起子発光を、0.87 eV 付近においてドナーアクセプター対 (DAP)再結合発光を観測した。なお DAP 再結合発光は CTS 薄膜においても観測されている<sup>[5]</sup>。励起子発光スペクトルは自由励起子発光  $F(E)$ と 2 つの束縛励起子発光  $B_1(E)$ ,  $B_2(E)$ で構成されていると仮定して波形分離し解析した。発光スペクトルの温度依存性から、 $B_1(E)$ ,  $B_2(E)$ の束縛エネルギーはそれぞれ 4.8 meV と 5.2 meV であると見積もった。また 0.9317 eV に観測された  $F(E)$ の活性化エネルギーは 6.6 meV となったため、本研究で作製した CTS バルク結晶のバンドギャップは 0.94 eV 程度と結論付けた。

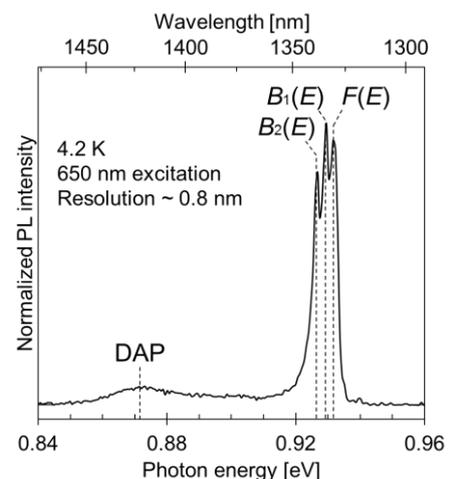


Fig. 1. PL spectrum of the CTS bulk crystal at 4.2 K.

#### 4. 参考文献

- [1] M. Nakashima *et al.*, Appl. Phys. Express **8**, 042303 (2015). [2] D. M. Berg *et al.*, Thin Solid Films **520**, 6291 (2012).  
 [3] N. Aihara *et al.*, Phys. Status Solid C **10**, No. 7-8, 1086 (2013). [4] 松本祐典他, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集, 2015, 15p-pB1-16. [5] N. Aihara *et al.*, Appl. Phys. Lett. **107**, 032101 (2015).

**謝辞** 本研究の一部は長岡技術科学大学 学長戦略的経費区分Bにより行ったものである。