

## ZnSnP<sub>2</sub> の MBE 成長における基板温度の影響

### Influence of substrate temperature on MBE growth of ZnSnP<sub>2</sub> thin films

京大院工<sup>1</sup> ○(D) 桑野 太郎<sup>1</sup>, 野瀬嘉太郎<sup>1</sup>

Kyoto Univ.<sup>1</sup>, °Taro Kuwano<sup>1</sup>, Yoshitaro Nose<sup>1</sup>

E-mail: kuwano.taro.83u@st.kyoto-u.ac.jp

【緒言】我々のグループではこれまで、リン化物半導体 ZnSnP<sub>2</sub> (ZTP) を光吸収層に用いた太陽電池について報告してきた。ZTP 太陽電池の現在の最高変換効率は 3.87% であり、<sup>1)</sup> ZTP のバルク結晶を用い、裏面電極に Cu<sub>3</sub>P/Cu 積層膜を採用していることが特徴である。更なる変換効率の向上のためにはバルクではなく薄膜を用いる必要があり、その成膜条件の確立が急務である。1970 年代から種々の手法による成膜が試みられているが、GaAs 基板を用いたエピタキシャル膜ではカルコパイライト型の ZTP が得られており、バンドギャップは 1.7 eV 程度と報告されている。<sup>2)</sup> 一方でリン化法により Mo 膜上に作製した ZTP 薄膜のバンドギャップは 1.38 eV である。<sup>3)</sup> 我々のバルク結晶に関する研究において、ZTP のバンドギャップは Sn と Zn の原子配列の規則化に起因して変化しうることがわかっている。<sup>4)</sup> そこで本研究では MBE 成長により ZTP 薄膜を作製し、バンドギャップと構造に関する知見を得ることを目的とした。

【実験】Zn, Sn, P の供給源にはそれぞれ純亜鉛、純錫、Sn<sub>4</sub>P<sub>3</sub>/Sn 二相試料を用い、<sup>5)</sup> それらのセル温度を固定して基板温度のみを変化させ、成膜を行った。基板にはソーダライムガラス (SLG) を使用し、その温度はパイロメータで測定した。得られた薄膜に対しては、XRD による相同定、ICP-AES による組成分析、拡散反射率測定によるバンドギャップの評価を行った。

【結果】XRD や ICP 分析から、得られた薄膜は主に ZnSnP<sub>2</sub> からなることが示唆された。Figure 1 に、基板温度とバンドギャップとの関係を示す。温度が高いほどバンドギャップは大きく、およそ 1.2 から 1.6 eV まで変化する。バルク結晶においては、規則化の指標である長範囲規則度とバンドギャップが 1 対 1 に対応する。薄膜においてもこれが適用できると考えた場合、Figure 1 のバンドギャップの変化は規則度の変化に対応していると示唆される。つまり、基板温度が高いほど Sn と Zn の規則化に必要な拡散が促進されて、高い規則度を有する ZTP 薄膜が得られたと解釈できる。特に、240 °C 付近ではバンドギャップが不連続に変化している。Sn の融点は 232 °C であり、これが拡散の促進に関係していると考えている。講演では、このメカニズムの詳細についても議論する。

【参考文献】1) Kuwano et al., *SOLMAT* (2021). 2) 例えば St-Jean et al., *APL* (2010). 3) Yuzawa et al., *Curr. Appl. Phys.* (2017). 4) Nakatsuka and Nose, *J. Phys. Chem. C* (2017). 5) 野瀬嘉太郎 他, 特許第 5641348 号。

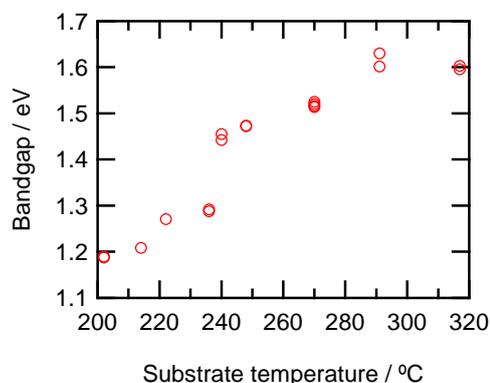


Figure 1. Dependence of bandgap on substrate temperature.