

# 不活性電子対制御による

## カルコゲナイド半導体の巨大電子物性変調

片瀬 貴義

東京工業大学 科学技術創成研究院フロンティア材料研究所

$\text{Sn}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Bi}^{3+}$ に代表される  $ns^2$  の電子配置を持つイオンは、イオン結合・共有結合・孤立電子対などの化学結合状態の競合によって、3次元から0次元までの多様な結晶構造を取る。例えば、 $\text{SnSe}$  (バンドギャップ  $E_g = 1.1 \text{ eV}$ ) は、 $\text{Sn}^{2+}$  の孤立電子対によって歪んだ2次元(2D)的な層状構造を取るが、 $\text{PbSe}$  ( $E_g = 0.3 \text{ eV}$ ) では、 $\text{Pb}^{2+}$  が孤立電子対を作らず、3次元(3D)的な岩塩型構造が安定である。このような結合状態と構造の次元性を外場で制御できれば、大きな電子構造変化による巨大な光電子物性変調が期待できる。両構造を固溶体化すれば、相境界付近で両構造のエネルギーが拮抗して構造転移を示すと期待できるが、熱平衡状態では  $\text{PbSe}$  と  $\text{SnSe}$  の固溶域は小さく、直接の相境界を共有しない問題があった。

本研究では、高温での岩塩型( $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x$ )Se 準安定相を室温で安定化させる非平衡薄膜成長法により、2D層状  $\text{SnSe}$  と 3D岩塩型  $\text{PbSe}$  の固溶体( $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x$ )Se 薄膜を作製し、 $x=0.5$  において自然材料では存在しない 2D-3D 構造の相境界を人工的に形成することに成功した。その結果、温度で可逆的に 3D 構造から 2D 構造へ可逆的に転移し、約 3 桁の電気抵抗変調を実現した。構造転移に伴い、バンドギャップが閉じたディラック電子状態からギャップが開いた半導体の電子構造へ変化するために、電子移動度が大きく変調することを明らかにした。結晶構造や化学結合が異なる無機結晶の固溶体系で、人工的に結晶構造を制御し、電気特性を大きくスイッチさせる新機能材料開発のアイデアとなることが期待される。

### 【参考文献】

T. Katase *et al.*, *Science Adv.* **in press** (2021).