

# 一軸伸長歪印加による Ge 電子ラマン遷移増強のその場観察

## *In-situ* observation of the enhanced electronic Raman transitions in Ge under uniaxial tensile strain

東大院総合<sup>1</sup>, ファインキット株式会社<sup>2</sup> ○安武裕輔<sup>1</sup>, 一色史雄<sup>2</sup>, 深津 晋<sup>1</sup>

UTokyo<sup>1</sup>, Finekit Inc.<sup>2</sup> ○Y. Yasutake<sup>1</sup>, F. Issiki<sup>2</sup>, and S. Fukatsu<sup>1</sup>

E-mail: cyasutak@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

モノリシック光集積の基幹構成要素である Ge 光エミッタの実現に向けて伸張歪印加と高濃度電子ドーピングによる Ge の擬似直接遷移化に注目が集まっている。一方、励起波長制御下による Ge バレー選択励起では電子ラマン遷移(ER)が発生し、(1)効率的なスピン偏極電子の生成,(2)温度非依存,(3)ゼロ波数(垂直)遷移による光利得などの機能発現が期待できる。<sup>1</sup> 伸張歪 Ge において、低温ではあるが Split-Off 正孔由来 ER(SO-ER)が直接遷移端由来の蛍光を背景に強く顕在化することが知られている。Ge の擬似直接遷移化および SO-ER 発現に向けて、低温での伸長歪量に対する系統的な分光計測が要求されているが、実験上の制限から機械的歪印加による Ge 発光分光は室温付近に限定されている。<sup>2</sup>

本研究では、機械的歪印加量を制御した Ge への *in-situ* 低温円偏光フォトルミネッセンス (PL)による円偏光度(DCP)と  $k \cdot p$  摂動法によるバンド計算との比較から、直接遷移端( $\Gamma_C-\Gamma_V$ )縮小が SO-ER 発現に及ぼす影響の追跡を試みた。機械歪の印加には Voice coil linear actuator を用い、低温(8-K)・真空下で薄片化した Ge(001)基板(50  $\Omega \cdot \text{cm}$ , 厚さ 12  $\mu\text{m}$ )に一軸性伸長歪(0.14%程度)を発生させた(s-Ge)。薄片化 Ge には冷却時、試料ホルダ(真鍮)との熱膨張差により 0.02~0.03%の伸長歪が印加される傾向がある。参照用として厚さ 500  $\mu\text{m}$  の Ge(ref)を用いた。SO-ER 分離のため 1064 nm 励起円偏光 PL(右円偏光( $\sigma^+$ )励起下で、右左円偏光検出( $\sigma^+_{\text{PL}}$ ,  $\sigma^-_{\text{PL}}$ ))を行なった。機械歪無印加の薄片 Ge と ref-Ge の円偏光 PL を比較したところ、薄片 Ge は 4 meV の赤方シフトと 1.46 倍程度の発光積分強度の増大を観測した(図 1)。DCP(=  $(\sigma^+_{\text{PL}} - \sigma^-_{\text{PL}}) / (\sigma^+_{\text{PL}} + \sigma^-_{\text{PL}})$ )から薄片 Ge では  $\Gamma_C-\Gamma_V$  エネルギーとほぼ縮退した 866 meV に SO-ER 由来の負の DCP が観測できるが、ref では SO-ER が  $\Gamma_C-\Gamma_V$  エネルギー(870 meV)より 14 meV 赤方シフトしている(図 2)。次に s-Ge では 7 meV の発光ピークの赤方シフトが観測される一方で SO-ER 由来の負の DCP ピークは 10 meV 青方シフトした。伸長歪に伴う直接遷移端縮小により SO- $\Gamma_C$  励起点が  $\Gamma$  点共鳴から外れ、SO-ER 由来の DCP は青方シフトする。一方、0.02%の Ge では 1064-nm 励起の場合、 $\Gamma$  点共鳴励起となり、SO-ER 増大が観測されたと考えられる。

[1] C. Yang *et al.*, The 64<sup>th</sup> JSAP 16a-F204-7 (2017). [2] R. Paiella *et al.*, *Nanomaterials* **8**, 407 (2018).

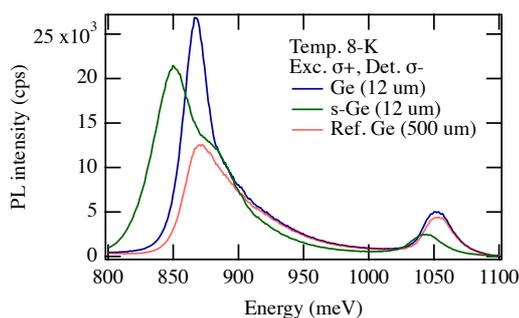


Fig. 1 Circular-polarized photoluminescence at 8-K of Ge under uniaxial tensile strain.

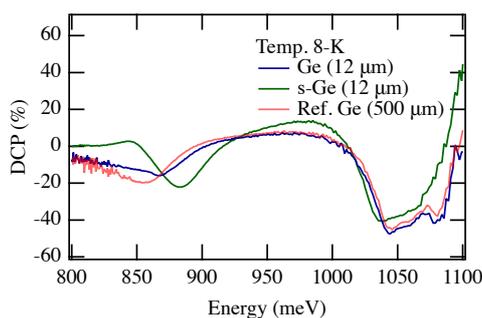


Fig. 2 Degree of circular polarization at 8-K of Ge under uniaxial tensile strain.