

# 高品質単結晶 GeSn 細線を用いた横型 PIN ダイオードの作製とその発光特性評価

## Fabrication of PIN Diode with High-quality Single-crystal GeSn Wire and Electroluminescence Characterization

阪大院工 ○志村 考功, 和田 祐希, 細井 卓治, 渡部 平司

Osaka Univ. ○Takayoshi Shimura, Youki Wada, Takuji Hosoi, Heiji Watanabe

E-mail: shimura@mls.eng.osaka-u.ac.jp

GeSn は Sn 組成の増加や引張歪みの印加により間接遷移型から直接遷移型へとバンド構造が変調し、それに伴いキャリア移動度も向上することから光電子融合デバイスの IV 族系材料として注目されている。しかし、分子線蒸着法や化学気相堆積法により Si 基板上にエピタキシャル成長した GeSn 膜の結晶性は不十分であり期待されるデバイス特性を得るには至っていない。一方、我々は核形成を制御した液相成長 (Nucleation-controlled liquid-phase crystallization: NCLPC) により SiO<sub>2</sub> 表面上に良好な結晶性を有する単結晶 GeSn 細線の作製に成功した[1,2]。フォトルミネッセンス (PL) 測定ではバルク Ge 基板の 100 倍程度の発光強度を示し、点欠陥の低減に起因するほぼ真性に近い低キャリア密度をホール効果測定で確認している。そこで、本研究では、高効率な発光素子の実現に向けて、NCLPC 法により形成した良好な結晶性を有する i-GeSn 層を用いて GeSn PIN ダイオードを作製し、その発光特性評価を行った。

石英基板を洗浄後、分子線蒸着により GeSn 層 (膜厚: 200 nm, Sn 組成: 4%) を成膜した。細線状 (幅: 2-3 μm) に加工し、厚さ 1 μm の SiO<sub>2</sub> キャップ層を堆積した後、急速加熱による部分熔融により固相部からの液相成長を促した。ラマン測定により 2% の Sn 組成と 0.4% の引張歪みを確認した。Al 電極/GeSn 界面の接触抵抗を低減し i-GeSn 領域への効率的にキャリア注入するため、P/N 領域には B と P イオンを高ドーズ量 ( $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ ) でそれぞれ注入した後、500°C、5 分間の活性化アニールを施した。Fig. 1 に Al 電極形成後の PIN ダイオードの光学顕微鏡像を示す。電流-電圧 (I-V) 特性評価では 3 桁程度のオンオフ比の良好な整流性が得られた。

Fig. 2 に室温で測定したエレクトロルミネッセンス (EL) スペクトルを示す。38 kA/cm<sup>2</sup> の低電流注入でも EL を確認することができ、192 kA/cm<sup>2</sup> までは Sn 組成と引張歪みに対応した PL スペクトルと同じエネルギー位置 (0.69 eV) で注入量の増加に伴う発光強度の増大が観測された。さらに注入電流を 576 kA/cm<sup>2</sup> までは増加すると、発光強度も増大したが、発光ピーク位置が無歪み Ge 結晶の Γ 点でのバンドギャップ (0.8 eV) を越えて 0.85 eV までブルーシフトした。これはキャリアが高効率で注入されたことによるバンドフィリング効果として考えられ、バンドギャップの小さい GeSn でも 1.55 μm (0.8 eV) の通信波長帯用の発光デバイスを作製可能であることを示している。

[1] H. Oka *et al.*, IEDM, 2017, p. 393. [2] H. Oka *et al.*, 2017 Symp. VLSI Technol., 2017, p. T58.

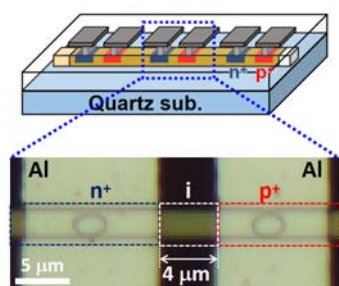


Fig. 1 Optical micrograph of GeSn PIN diode.

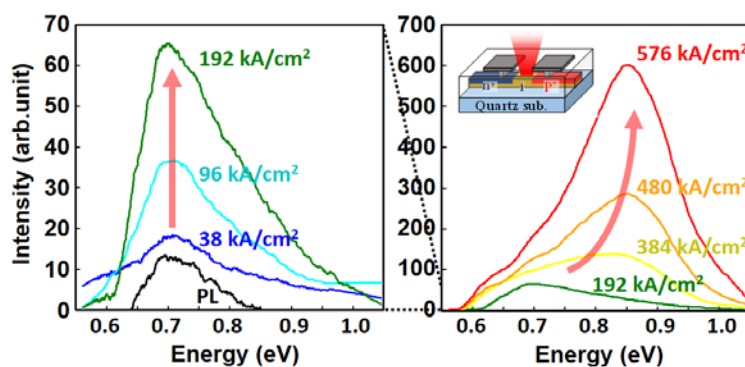


Fig. 2 Electroluminescence spectra from GeSn PIN diode.