# In-situ ドーピング制御による Ge-on-Si からの室温 EL 発光

## Room-temperature electroluminescence from Ge-on-Si by precise in-situ doping control

°山田 航大、星 裕介、澤野 憲太郎（都市大総研）

°Kodai Yamada, Yusuke Hoshi, Kentarou Sawano (Tokyo City Univ.)

E-mail: g1981269@tcu.ac.jp

### 1. はじめに

近年、オンチップ光配線の実現に向けてシリコンフォトニクスへの期待が高まっており、Si 基板上の高効率発光デバイスの実現が求められている。Ge は Si と同様に間接遷移型半導体であるが、引っ張り歪みや高濃度ドーピングによって強い直接遷移発光を得ることができ、期待されている。Si 上に成長させた歪み Ge 膜(Ge-on-Si)からの高効率 EL 発光を得るには、高精度なドーピング制御と高品質な結晶性による、良好なダイオード構造を形成する必要がある。本研究では in-situ ドーピングによりエピタキシャル Ge 中に p-i-n 構造を形成し、縦型ダイオードを作製した結果、強い室温 EL 発光を得た。また、成長後の熱処理による EL 発光増大も確認された。

### 2. 実験方法

試料作製は固体ソース MBE を用いた。Si(100)基板上に Ge buffer 層（$T_g$ =350 ℃, 40 nm)を成長した後、B-doped Ge 層（$T_g$=300 °C, 500 nm)、undoped Ge 層（$T_g$ =300 °C, 90 nm)、P-doped Ge 層（$T_g$ =300 °C, 500 nm)を成長し、p-i-n 構造を形成した。その後、低抵抗のオーミックコンタクトを得るために、表面偏析抑制のための極薄 Si 層（$T_g$ =350 °C, 2 monolayers)を成長後、P を δ ドーピングし、Ge cap 層（$T_g$ =300 °C, 7 nm)を成長した[1]。その後、光学活性領域（125 μm×75 μm)をフォトリソグラフィーとドライエッチングにより作製した。また、引っ張り歪みの増大、結晶性・ドーパントの活性化の改善のために、成長後に熱処理(650℃, 10min)を行った。トップコンタクトは Au 電極（90 μm×40 μm)をリフトオフで形成し、バックコンタクトは AuGa をチップ全面に堆積した。

### 3. 実験結果

Fig.1 に Ge ダイオードの I-V 特性を示す。As-grown の試料で、on/off 比 5 桁以上の非常に良好なダイオード特性を得ることができた。また、成長後の熱処理により、on, off 電流共に増加していることがわかる。Fig.2 に EL 測定結果を示す。熱処理を施すことにより、大幅に EL 発光効率が増大した。また、Fig.3 の EL 積分強度の注入電流依存性のグラフからは、熱処理することで、EL 発光閾値の低減、上昇率も改善していることがわかる。以上の結果より、in-situ ドーピングによる Ge-on-Si p-i-n 構造が Si プラットフォーム上の高効率 Ge レーザーを実現するために非常に有望な構造であることが示された。

本研究の一部は科学研究費補助金 (19H02175, 19H05616, 20K21009) の支援を受けて行われた。

[1] M.Yamada et al, Appl. Phys. Lett. 107. 132101 (2015)

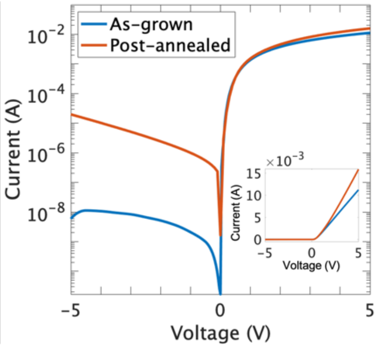

Fig 1. IV characteristics of the Ge-on-Si diode.

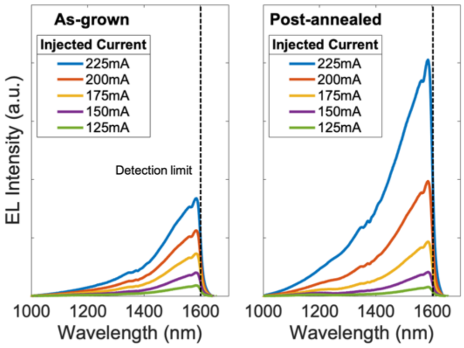

Fig 2. Room-temperature EL spectra at various injected currents.

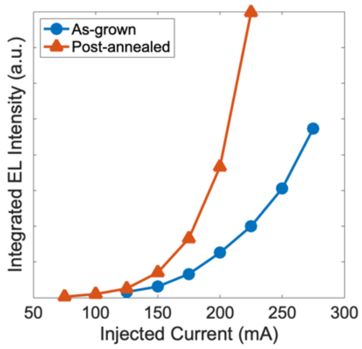

Fig 3. Integral EL intensity as a function of injected currents.