

歪み Ge-on-Si(111)ダイオード構造からの室温 EL 発光

Room temperature EL from strained Ge-on-Si(111) diode structure

東京都市大学 総合研究所¹、阪大基礎工 CSRN²○杉浦 由和¹、我妻 勇哉¹、山田 航大¹、星 裕介¹、山田 道洋²、浜屋 宏平²、澤野 憲太郎¹Adv. Res. Lab., Tokyo City Univ.¹, CSRN, Osaka Univ.²○Yuwa Sugiura¹, Youya Wagatsuma¹, Koudai Yamada¹, Yusuke Hoshi¹,Michihiro Yamada², Kohei Hamaya², Kentarou Sawano¹E-mail: g1715054@tcu.ac.jp

1. はじめに 近年、情報通信の暗号化技術がますます重要となる中、光通信における円偏光の利用が注目されている。特に、オンチップの円偏光発生デバイスとしてスピン LED が期待される。その材料として我々は、Si 基板上にモノリシック集積可能であり、通信波長帯での発光が期待できる Ge に着目した。Ge は、(111)面基板を利用することで、高品質強磁性体のエピタキシャル成長が可能となり、これまでに強磁性体から Ge(111)へのスピン注入に成功している[1]。我々はこの技術を利用し、強磁性体電極を有するスピン LED 実現を目指している。これまでに(100)面の Ge-on-Si からの EL 発光は報告があるものの、(111)面の Ge-on-Si からの EL 発光の報告はない。本研究では、低温成長による高精度な in-situ ドーピングにより、エピタキシャル Ge 内に p-i-n 構造と δ ドープ低抵抗コンタクトを形成し、その後、メサ構造による縦型ダイオードを作製することで、Ge-on-Si(111)からの室温 EL 発光を初めて得ることに成功したので報告する。

2. 実験方法、結果 試料作製は固体ソース MBE を用いて行った。作製した試料構造を Fig.1 に示す。Si(111)基板上に Ge buffer 層 ($T_g=350^\circ\text{C}$, 40 nm)を成長した後、HT-B-doped Ge 層 ($T_g=700^\circ\text{C}$, 500 nm)、undoped Ge 層 ($T_g=300^\circ\text{C}$, 40 nm)、P-doped Ge 層 ($T_g=300^\circ\text{C}$, 300 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 ($T_g=350^\circ\text{C}$, 2 monolayers)を成長後、P を δ ドーピングし、Ge cap 層 ($T_g=300^\circ\text{C}$, 7 nm)を成長した[2]。トップコンタクトは Au 電極 ($90 \times 40 \mu\text{m}^2$)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。その後、光学活性領域 ($125 \times 75 \mu\text{m}^2$)をフォトリソグラフィとドライエッチングにより作製した。Fig.2 に各注入電流における EL スペクトルを示す。EL 発光は注入電流 220 mA 以上で現れ、注入電流とともに発光強度が増加していることが分かる。本実験では、ディテクターの検出波長上限が 1600 nm であり、正確なピーク波長を特定することができないが、引っ張り歪み Ge の直接遷移に起因する発光と考えられ、Si 基板上 Ge(111)から強い室温 EL 発光を得ることに成功した。今後、強磁性体電極に置き換えることで、円偏光発生 Ge スピン LED の実現が期待できる。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。

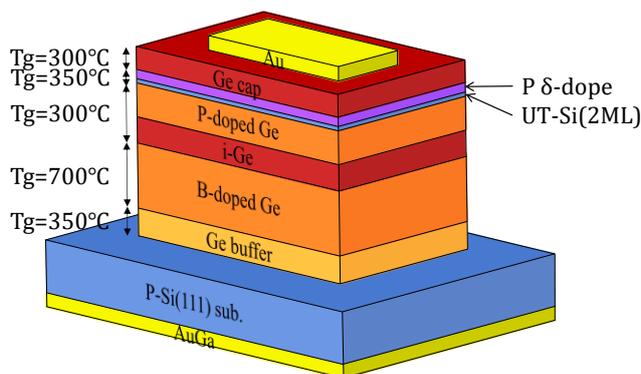
[1] K. Hamaya et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51, 393001 (2018).[2] M. Yamada et al., *Appl. Phys. Lett.* 107, 132101 (2015).

Fig. 1 A Ge(111) p-i-n diode structure on a Si(111) substrate.

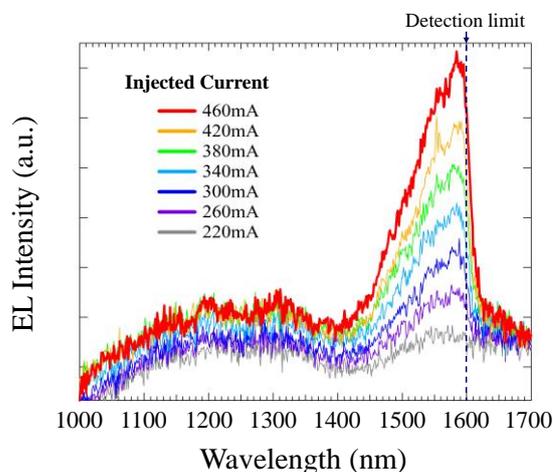


Fig. 2 Room-temperature EL spectra at various continuous injection currents.