

歪み Ge マイクロブリッジ構造の発光特性に及ぼす一軸歪み方向の影響

Effects of uniaxial strain direction on luminescence properties

for strained Ge microbridges structures

○井上 貴裕、我妻 勇哉、山田 航大、澤野 憲太郎(都市大総研)

○Takahiro Inoue, Youya Wagatsuma, Kodai Yamada, Kentarou Sawano(Tokyo City Univ.)

E-mail: g2081209@tcu.ac.jp

1.はじめに

チップ内光集積回路の実現に向け Ge が注目されており、特に Si 基板上への Ge のエピタキシャル成長による引っ張り歪みの導入によって、 Γ バレーのシフトによって直接遷移確率が向上し、発光効率の増大が得られる。さらに Si 上の Ge を浮遊させ、マイクロブリッジ構造を形成することで、一軸引っ張り歪みをマイクロブリッジ中心部分に集中させることができ、さらなる発光効率向上が期待できる[1]。引っ張り歪みによる Γ バレーのバンドシフトは、 $\langle 111 \rangle$ 方向の歪みで最も効果が大きいことが計算より期待されている[2]。本研究では Ge-on-Si(100)および Ge-on-Si(110)上に $\langle 001 \rangle$ および $\langle 111 \rangle$ 方向へ歪みを導入したマイクロブリッジ構造を作製し、歪みと発光特性の評価を行った。

2.実験方法

Si(110)基板上に固体ソース MBE を用いて、低温 Ge 層($T_g=350^\circ\text{C}$, 40 nm)、高温 Ge 層($T_g=600^\circ\text{C}$, 500 nm)を成長させ、アニールを行い、結晶性の改善を行った。その後、フォトリソグラフィによるパターンニング、ドライエッチングによる Ge、Si のエッチング、KOH による Si の選択エッチングによりマイクロブリッジ構造を作製した(Fig. 1)。Fig. 2 にマイクロブリッジ構造の SEM 図を示す。マイクロブリッジ構造の中心部分においてラマン測定、室温下での Photoluminescence(PL)測定を行い、歪み特性と発光特性の評価を行った。

3.実験結果

Fig. 3 に室温での各試料の PL スペクトルを示す。マイクロブリッジ構造を作製することによって Ge-on-Si と比べて強い発光強度が得られた。また、 $\langle 001 \rangle$ 方向マイクロブリッジと比べ強い発光強度が確認できた。 $\langle 111 \rangle$ 方向への歪みを加えることによって直接遷移型半導体に近づくことができ、発光強度が増加したと考えられる。ラマン測定の結果からマイクロブリッジにおける引っ張り歪みが 0.32% であることが分かり、期待よりも小さい結果になった。KOH のエッチングレートの異方性により Pad 下部のエッチングが不十分であったため歪み率の増加が少ないと考えられる。さらに強い歪みを加えることによって、さらなる発光効率増加が実現できると考えられる。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] M. J. Suess et al, Nat. Photonics 7: 466, 2013, [2] H. Tahini et al., 2012 J. Phys.: Condens. Matter 24, 195802

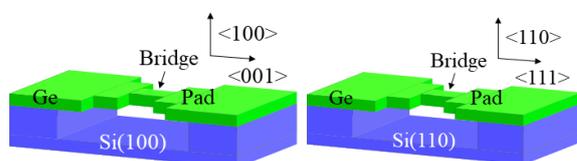


Fig. 1 Ge microbridges strained along $\langle 001 \rangle$ (left) and $\langle 111 \rangle$ (right)



Fig. 2 A SEM image of the $\langle 111 \rangle$ strained Ge microbridge

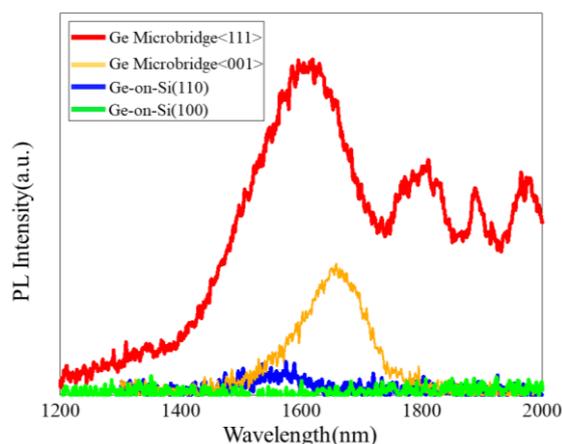


Fig. 3 Room-temperature PL spectra