

残留歪とマイクロ構造を用いた SOI 上 Ge 成長膜の 2 軸伸張歪の温度特性 Temperature dependence of enhanced biaxial tensile strain of Ge layer grown on SOI substrate by using residual strain and microstructures

○石田 悟己¹、加古 敏^{1,2}、小田 克矢³、岩本 敏^{1,2}、荒川 泰彦^{1,2}

(1. 東大生研・先端研, 2. 東大ナノ量子機構, 3. 日立研開)

○Satomi Ishida¹, Satoshi Kako^{1,2}, Katsuya Oda³, Satoshi Iwamoto^{1,2}, and Yasuhiko Arakawa^{1,2}

(1.IIS・RCAST, 2.NanoQuine, Univ. of Tokyo, 3. HITACHI R&D Group)

E-mail: satomi@iis.u-tokyo.ac.jp

間接遷移型半導体であるゲルマニウム (Ge) は、L 谷と、僅かに高エネルギー側にある直接遷移に寄与する Γ 谷とのエネルギー差を、伸長歪を導入することで減少させることができ、その結果 Γ 点付近からの直接遷移発光の増強が期待できる。SOI 基板上に CVD 法で直接成長された Ge では、基板シリコン (Si) との間の熱膨張係数差によって成長温度と室温との温度差に起因する残留伸張歪が約 0.2 % 程度存在する。しかし高効率発光デバイスを実現するには、この残留歪だけでは十分ではなく更に大きな伸張歪を必要と考えられている[1]。これまでに、マイクロ構造と残留歪を用いた 1 軸性歪の増強や SiN 応力膜を用いた 1 軸・2 軸性歪の増強が報告されてきた[2-4]。前回発表では、SOI 基板上に直接成長した Ge において、残留伸張歪とマイクロ構造(中空十字構造)の組み合わせによって 0.8 % の 2 軸性伸長歪増強を報告した[5]。本発表では、本構造により増強された Ge の伸張歪と発光特性の温度依存性を評価するとともに、低温にすることでさらに大きな伸長歪 (1.05 %)を得たので報告する

試料は、SOI 基板 (埋め込み酸化膜 (BOX, 2 μm) と Si (20 nm))の上に直接成長した 500 nm 厚の Ge を用いて、電子線描画リソグラフィと反応性イオンエッチングによってマイクロ構造パターンを作製し、BOX 層をフッ酸によって除去し中空十字構造を作製した (図 1 (a))。パッド長 ($L=165\mu\text{m}$)における各アーム幅 (W)構造の中空十字構造中心部の伸張歪の温度依存性を図 1 (b)に示す。最も大きな伸張歪を生じる $W=4\mu\text{m}$ シリーズの 100K での PL 発光スペクトルを図 2 に示す。パッド長 (L)の増加に伴い発光スペクトルは長波長側にシフトし、伸長歪増強により大きく分離した重い正孔バンド(H.H.)と軽い正孔バンド(L.H.)に起因する直接遷移発光を観測された。試料温度 100K と 300K における Raman 分光から求めた 2 軸性歪量と分離した各発光ピーク波長のプロットを図 3 に示す。 $W=4\mu\text{m}$, $L=165\mu\text{m}$ において最大 2 軸性伸長歪 1.05%を生じさせ、起因する H.H.と L.H.からの発光を観測した。発表では、各構造における低温でのラマン分光と発光スペクトルの詳細について議論する。

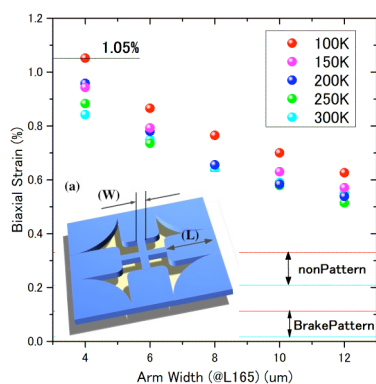


図 1 : (a) 2 軸性歪増強構造
 (b) 2 軸性歪量の温度依存性 ($L=165\mu\text{m}$)

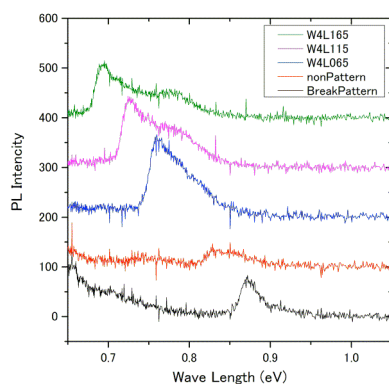


図 2 : PL 発光スペクトル
 (100K, $W=4\mu\text{m}$)

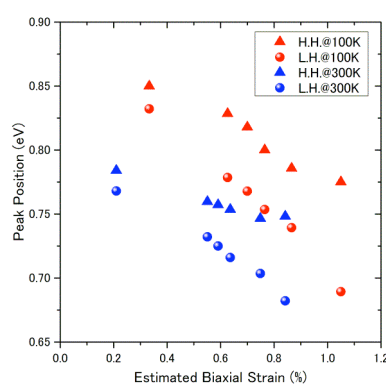


図 3 : PL ピークと 2 軸性歪の温度依存性
 ($L=165\mu\text{m}$)

謝辞：本研究の一部は NEDO プロジェクトとイノベーションシステム整備事業により遂行された。

[1] B. Dutt, et. al., IEEE Photonics Journal. 4, 2012 (2012). [2] M. J. Süess, et. al., Nat. Photon. 7, 466 (2013). [3] D. Nam, et. al., Nano Lett. 13, 3118 (2013). [4] J. R. Jain, et. al., Nat. Photon. 6, 398 (2012). [5] S. Ishida, et. al., 応物秋 14a-2N-5, (2015).