

Ge バッファ層導入による Si(001)基板上への歪緩和 Ge_{1-x-y}Si_xSn_y 層の形成Formation of strain-relaxed Ge_{1-x-y}Si_xSn_y layer
by introducing Ge buffer layer on Si(001) substrate°渡邊千皓¹、福田雅大¹、坂下満男¹、黒澤昌志¹、中塚理¹、財満鎮明^{1,2}

(1.名古屋大院工、2.名古屋大未来材料・システム研究所)

°K. Watanabe¹, M. Fukuda¹, M. Sakashita¹, M. Kurosawa¹, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima^{1,2}

(1. Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., 2. IMASS, Nagoya Univ.)

E-mail: nakatuka@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】Siプラットフォームへの光電素子融合に向け、既存のSiプロセスと親和性の高い直接遷移型IV混晶Ge_{1-x}Sn_xを用いた半導体レーザーの実現に注目が集まっている。近年では、Ge_{0.874}Sn_{0.126}による130 Kにおけるレーザー発振が報告されている[1]。室温レーザー発振に向けて、Ge_{1-x-y}Si_xSn_y/Ge_{1-x}Sn_x/Ge_{1-x-y}Si_xSn_yによるキャリア閉じ込め構造が提案されている[2]。前回我々は、Ge(001)基板上に成長したGe_{1-x-y}Si_xSn_y/Ge_{1-x}Sn_x/Ge_{1-x-y}Si_xSn_y積層構造の形成について報告した。しかし、このGe_{1-x}Sn_x層はGe基板上にpseudomorphicに圧縮歪を保って成長しており、理論計算からは間接遷移型であると予測される状態に留まっていた。直接遷移型混晶の効率的な実現には、無歪あるいは伸長歪を内包するGe_{1-x}Sn_x層の形成がより望ましい[4]。本研究では、Si基板上への無歪あるいは伸長歪Ge_{1-x}Sn_xを含むGe_{1-x-y}Si_xSn_y/Ge_{1-x-y}Si_xSn_y積層構造の形成に向けて、より大きな格子定数を有するGe_{1-x-y}Si_xSn_y層の設計と形成、およびその結晶物性評価を目指した。

【試料作製】清浄化を施したp-Si(001)基板上に、分子線エピタキシ(MBE)法を用いて、膜厚40 nmのGeバッファ層を成長した。成長温度は200 °Cとした。その後、試料を大気中に取り出しN₂雰囲気において450 °C、1分間熱処理を行った後、再度清浄化を施してMBE法によって膜厚50 nmのGe_{1-x-y}Si_xSn_y層を成長した。Ge_{1-x-y}Si_xSn_y層の成長温度は150 °Cとした。

【実験結果および考察】Geバッファ層およびGe_{1-x-y}Si_xSn_y層形成直後の、その場観察反射高速電子線回折(in-situ RHEED)パターンをFig. 1(a)および1(b)に示す。どちらの回折パターンからも、若干スポット状ではあるがダイヤモンド格子に対応する構造が観察されることから、比較的平坦なエピタキシャル層の成長を確認できる。

形成した試料のX線回折2次元逆格子空間マップ(XRD-2DRSM)をFig. 2に示す。Ge $\overline{224}$ 回折のピーク位置からGeバッファ層の歪緩和率は102%と見積もられた。また、Ge_{1-x-y}Si_xSn_y $\overline{224}$ 回折のピーク位置および顕微ラマン分光測定の結果(図面省略)から、SiおよびSn組成はそれぞれ1.7%および20%、歪緩和率は93%と見積もられた。この結果より、このGe_{1-x-y}Si_xSn_y層はSn組成19.5%の歪緩和Ge_{1-x}Sn_xと同等の大きな格子定数を有することがわかる。Si(001)基板上へのGeバッファ層の導入によって、歪緩和あるいは伸長歪Ge_{1-x}Sn_x層の形成に適した、効率的に歪緩和したGe_{1-x-y}Si_xSn_y層の形成が期待できる。

【参考文献】 [1] D. Stange *et al.*, ACS Photonics **3**, 1279 (2016). [2] G. Sun *et al.*, Opt. Exp. **18**, 19957 (2010). [3] 福田 他、応用物理学会春季学術講演会、20p-H112-1 (2016). [4] S. Gupta *et al.*, J. Appl. Phys. **113**, 073707 (2013).

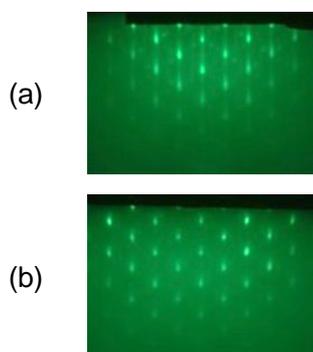


Fig. 1. In-situ RHEED patterns of samples (a) after the growth of Ge buffer and (b) Ge_{1-x-y}Si_xSn_y layers.

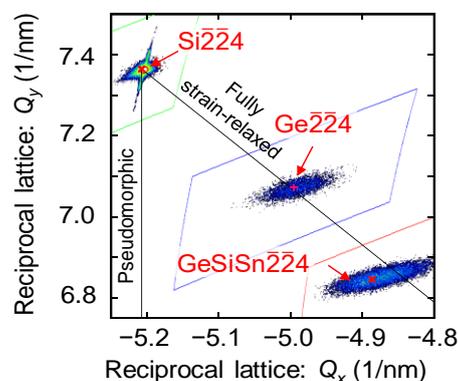


Fig. 2. XRD-2DRSM result around the $\overline{224}$ reciprocal lattice for the Ge_{1-x-y}Si_xSn_y/Ge/Si sample.