石英基板上 GeSn 液相成長における GeSn 堆積温度と細線形状の効果

Effects of GeSn Deposition Temperature and Wire Pattern on Nucleation-controlled Liquid-phase Crystallization

阪大院工 ○井上 慶太郎, 和田 裕希, 細井 卓治, 志村 考功, 渡部 平司

Osaka Univ. ○Keitaro Inoue, Youki Wada, Takuji Hosoi, Takayoshi Shimura, Heiji Watanabe

E mail: Inoue@asf.eng.osaka-u.ac.jp, hosoi@mls.eng.osaka-u.ac.jp

【緒言】GeSn は Sn 添加により、間接遷移型から直接遷移型へのバンド構造変調ならびに移動度向上が理論予測されており[1]、次世代光電子材料として期待されている。しかし、単結晶 GeSn 形成手法として最も一般的な Si や Ge 上での分子線蒸着や化学気相堆積法によるエピタキシャル成長では、意図的なドーピングなしで点欠陥起因による 10^{16} cm^{-3} 以上のアクセプタ濃度になることが知られている。我々は GeSn 液相成長時の核形成を制御することにより、シードを用いずに石英基板上で p、n 型の単結晶 GeSn 細線の作製に成功している[2-4]。さらに、液相成長時の降温過程を制御することで、その成長長さは 1.7 mm にまで達し、ほぼ真性に近い低アクセプタ密度も実現している[5]。本研究では GeSn 堆積時の基板温度と細線形状に着目し、成長距離のさらなる伸長と結晶性の向上を目指した。

【実験及び結果】石英基板を洗浄後、分子線蒸着により基板温度 80°C（温度制御しない場合）、もしくは 300°C の条件で GeSn 層（200 nm、膜中 Sn 組成 6%）を成膜した。続いて、ドライエッチングで分岐構造を含む細線状（幅 1-2 μm、長さ 5 mm）に加工した後、厚さ 1 μm の SiO_2 キャップ層を成膜した。300°C で成膜した試料の局所急速加熱による液相成長後の光学顕微鏡像を Fig. 1 に示す。左から右に向かって成長しており、単結晶成長した細線と分岐構造の分岐部の先端には液相成長時に掃き出された Sn の析出が確認できる。単純な細線では長さ 2.3 mm まで Sn 析出がみられる一方、分岐を含む細線では先端に至る 3.6 mm までの範囲で Sn 析出がみられた。堆積時の基板温度を制御していない場合（80°C）、成長距離が最大 1.7 mm であったことから[5]、昇温下で初期の GeSn 層を成膜することで液相成長距離が伸長したといえる。また、分岐のある構造で分岐部にも Sn が掃き出され、結果として成長距離がさらに伸長したことから、成長方向に過剰な Sn 層が存在すると結晶成長が阻害されると考えられる。堆積時の基板温度が 300°C の場合と制御していない場合のそれぞれで、単結晶成長した細線を顕微 PL によって評価した。細線先端の Sn 析出から 1.5 mm の位置で取得した PL スペクトルを Fig. 2 に示す。基板温度 300°C で堆積した試料は、基板温度制御していない試料の 20 倍以上の発光強度（Ge 基板の約 57 倍）を示した。このことから、GeSn の昇温堆積により横方向液相成長 GeSn の結晶性が向上したと結論できる。

【参考文献】[1] K. L. Low *et al.*, J. Appl. Phys. **112**, 103715 (2012). [2] H. Oka *et al.*, Int. Electron Devices Meet. 580, (2016). [3] H. Oka *et al.*, Appl. Phys. Lett. **110**, 032104 (2017). [4] H. Oka *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 011304 (2018). [5] Y. Wada *et al.*, SSDM (2018), p. 355.

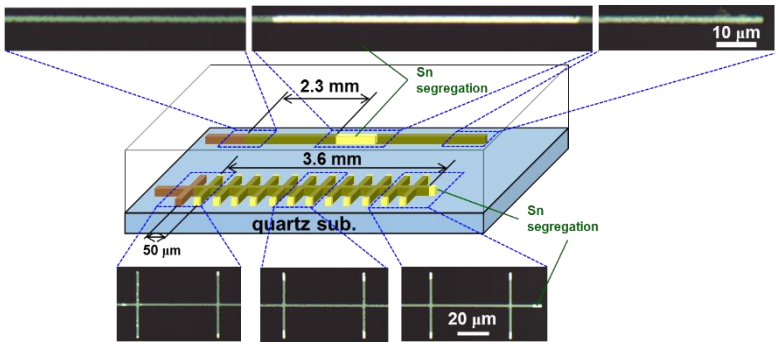

Fig. 1 Optical microscope images of GeSn wires with and without branches of length up to 3.6 mm formed by nucleation-controlled liquid-phase crystallization

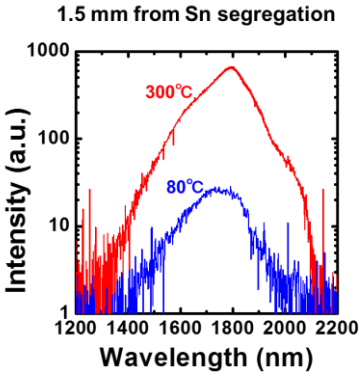

Fig. 2 PL spectra measured for GeSn wires at 1.5 mm away from Sn segregation. The PL intensity for GeSn wire deposited at 300°C is more than 20 times higher than that deposited at 80°C.

© 2019年 応用物理学会