

石英基板上 GeSn 横方向液相成長の徐冷による伸長と低キャリア濃度化 Demonstration of mm-long Nearly Intrinsic GeSn Single-crystalline Wires on Quartz Substrate by Nucleation-controlled Liquid-phase Crystallization

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

Osaka Univ. ○Y. Wada, K Inoue, T. Hosoi, T. Shimura, H. Watanabe

E mail: wada@asf.eng.osaka-u.ac.jp

【緒言】GeSn は Sn 添加によりバンド構造が直接遷移型に変調し、キャリア移動度が向上すると理論予測されており[1]、光電子材料として注目されている。Si や Ge 基板上でのエピタキシャル成長をはじめ様々な Ge(Sn)成長が検討されているが、GeSn 光電子デバイスのモノリシック集積の実現には、透明基板上や SiO₂ 層上での単結晶 GeSn 形成も重要である。一方、成長した Ge(Sn) 層には点欠陥に起因するアクセプタが多量に存在するため、アンドープでもアクセプタ濃度 10^{16} cm^{-3} 以上の p 型になるのが一般的である。これまでに我々は局所溶融による液相成長法により石英基板上での p、n 型の単結晶 GeSn 細線の作製に成功しており[2-4]、高移動度 MOSFET[2-4]や高感度の近赤外フォトディテクター[5]を実証してきた。本研究では、液相成長時の降温過程に注目し、結晶性の向上や、本手法の適用範囲の拡大を目指した。

【実験及び結果】石英基板を洗浄後、分子線蒸着により膜厚 100 nm のアモルファス GeSn 層（膜中 Sn 組成 3%）を成膜し、ドライエッチングで細線状（幅 1-2 μm 、長さ 0.5-4 mm）に加工した後、厚さ 1 μm の SiO₂ キャップ層を成膜した。その後、細線を局所急速加熱し、従来の急速降温（降温速度 20°C/s[2, 3]）と低速降温（降温速度 2.5°C/s）の 2 通りの降温過程で単結晶成長を検証した（Fig. 1(a)）。成長後の細線の光学顕微鏡像を Fig. 1(b)に示す。左端が成長起点であり、単結晶成長した細線の右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。急速降温の場合、成長起点からの長さが 550 μm の細線までしか Sn 析出が見られないのに対して、低速降温の場合は長さ 1.5 mm の細線でも Sn が析出しており、低速降温により GeSn 細線の横方向成長が促されたと言える。低速降温試料に対して TLM パターンに Al コントクトを形成し、コンタクト間距離と抵抗値の関係を調べた結果を Fig. 2 に示す。直線外挿により算出した抵抗率は 17.1 Ωcm と高く、単結晶 Ge の場合約 10^{14} cm^{-3} のアクセプタ濃度に相当することから、ほぼ真性に近い GeSn 層となっていることが分かった。一方、急速降温試料のホール効果測定により決定したホール濃度は $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ であったことを考慮すると[5]、液相成長時の降温過程の制御により成長距離の伸長と結晶性の向上に伴うアクセプタ濃度の低下が実現できたと結論できる。

【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] H. Oka *et al.*, Int. Electron Devices Meet. 393 (2017).

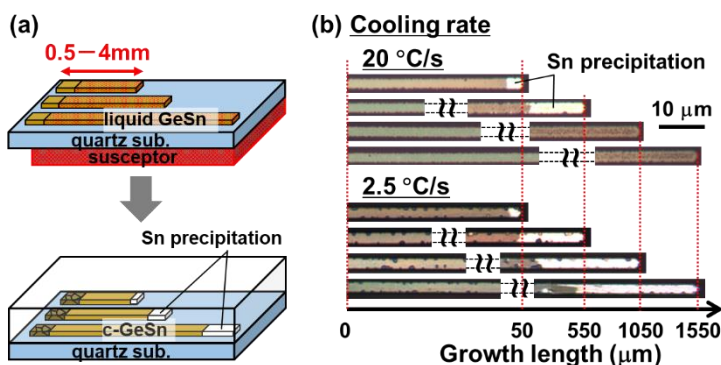


Fig. 1 (a) Schematic illustrations of nucleation-controlled liquid-phase crystallization and (b) Optical microscope images of GeSn wires with length ranging from 0.5 to 4 mm formed by nucleation-controlled liquid-phase crystallization

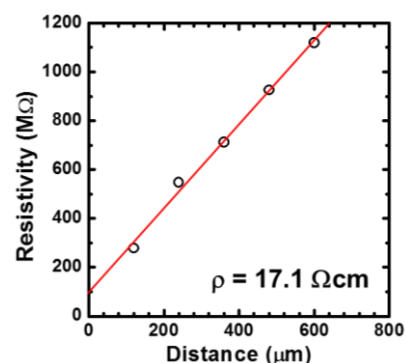


Fig. 2 The resistance of GeSn wires as a function of contact distance. The resistivity of 17.1 Ωcm was estimated from the slope of a linear fit