InP 基板上の超高 Sn 組成 Ge_{1-x}Sn_x ヘテロエピタキシャル層の結晶性改善

Crystallinity improvement of ultra-high Sn contents Ge_{1-x}Sn_x heteroepitaxial layers

grown on InP substrates

名大院工¹,名大未来研²

^O高木 孝明¹, 柴山 茂久¹, 黒澤 昌志¹, 坂下 満男¹, 中塚 理^{1,2}

Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ.¹, IMaSS, Nagoya Univ.²

[°]Komei Takagi¹, Shigehisa Shibayama¹, Masashi Kurosawa¹, Mitsuo Sakashita¹, and Osamu Nakatsuka^{1,2} E-mail: takagi.komei.b0@s.mail.nagoya-u.ac.jp, nakatsuka@nagoya-u.jp

[研究背景] 赤外・遠赤外領域の波長まで網羅した受光素子の Si プラットフォーム上への集積を 目指し,我々は Si 集積回路プロセスとの親和性に優れる Ge_{1-x}Sn_xに注目した. Ge_{1-x}Sn_xは, Sn 組 成増大に伴いバンドギャップが連続的に減少し,無歪かつ Sn 組成 10%超で直接遷移化する材料 である[1]. 我々は以前, Sn 組成 25%の Ge_{1-x}Sn_x と格子整合する InP 基板上に Sn 組成 23%,膜厚 約 130 nm の Ge_{1-x}Sn_x ヘテロエピタキシャル層形成に成功している[2]. しかしながら,Ge_{1-x}Sn_x厚 さや,成長温度が Ge_{1-x}Sn_x の結晶品質に与える影響など,基本的な結晶成長機構の理解は不十分 である.そこで本研究では,InP 基板上における更なる高品質 Ge_{1-x}Sn_x エピタキシャル厚膜層形成 の実現を目的とし,成長温度変調による結晶品質向上を試みた.

[実験方法] InP(001)基板に化学洗浄および超高真空熱処理による表面清浄化を施した後,分子線 エピタキシー(MBE)法により,膜厚 100 nm の $Ge_{1-x}Sn_x$ 層(設計 Sn 組成: 25%)を,成長温度, $T_g: 50-100 \ ^{\circ}C$ で堆積した. $Ge_{1-x}Sn_x$ 層の表面構造を光学顕微鏡で観察し,結晶構造を X 線回折二 次元逆格子空間マッピング(XRD-2DRSM)およびラマン分光法を用いて評価した.

[結果および議論] Fig. 1 は, (a) 70 °C および, (b) 100 °C の成長温度で成長した試料の XRD-2DRSM である. 70 °C で成長した試料では, Sn 組成 27%の Ge_{1-x}Sn_x 層が pseudomorphic に成長できた. また, 膜厚フリンジが確認できることから, 急峻な界面の形成が期待される. 一方, 100 °C で成長した試料では, Sn 組成 25%の Ge_{1-x}Sn_x 層に由来する回折ピークに加えて, Sn 組成 10%の Ge_{1-x}Sn_x 層に由来する回折ピークも観察された.

成長温度の異なるこれら試料の光学顕微鏡像を比較すると(Figs. 1(c) and 1(d)),成長温度の増 大にともない、図中の白色の点線で囲った明るく見える局所領域面積の増大が確認できる.顕微 ラマン分光測定による、局所 Sn 組成評価により、明るく見える領域が、低 Sn 組成の Ge_{1-x}Sn_x 層

に由来する可能性が高いことが分かって いる(掲載省略). このことから,成長温度 の低温化が,均質な Sn 組成 25%の Ge_{1-x}Sn_x 層形成に有効である可能性が示唆された. 当日の講演では,低 Sn 組成領域形成の要 因も含め,超高 Sn 組成 Ge_{1-x}Sn_x 層の更な る結晶性改善に向けた方策についても議 論する.

本研究は JST CREST (JPMJCR21C2)の支援 を受けて実施された.

[1] Y Chibane *et al.*, J. Appl. Phys. **107**, 053512
(2010). [2] M. Nakamura *et al.*, Thin Solid
Films **520**, 3201 (2012).



Figure 1 XRD-2DRSM and optical microscope images of $Ge_{1-x}Sn_x$ grown on InP(001) substrate at T_g of (a, c) 70 °C and (b, d) 100 °C, respectively.