

有機ゲルマニウム材料を用いた Si 基板上 Ge/GaAs 一括 MOVPE 成長の検討

Ge/GaAs direct MOVPE growth on silicon using metal organic germanium precursor

日本電信電話株式会社 NTT フォトニクス研究所

○荒井 昌和、中尾 亮、神徳 正樹

NTT Photonics Laboratories, NTT Corporation

○Masakazu Arai, Ryo Nakao and Masaki Kohtoku

E-mail: arai.masakazu@lab.ntt.co.jp

1. はじめに

シリコンフォトニクスの進展とともに、シリコン (Si) 基板上の光学利得媒質として高品質な III-V 族半導体の集積が必要とされている。Si 基板上のヘテロエピは 20 年以上にわたり数多くの報告があるが、近年はゲルマニウム (Ge) を用いたバッファ層の進展があり [1],[2]、Ge/III-V 族系直接成長が有望視されている。Ge はその材料となるモノゲルマン (GeH_4) において安全性の観点から扱いが難しく、従来の III-V 族半導体の結晶成長装置への搭載は困難であり、別の装置で堆積することによる酸化の影響や量産性の観点で課題があった。本研究では、III-V 族系の有機金属気相成長 (MOVPE) 装置に安全性が高い有機 Ge 材料 [3],[4] を搭載し、初めて有機 Ge 材料を用いた Si 基板上 Ge バッファ層、GaAs 系材料の一括成長を実現したので報告する。

2. 実験方法と評価結果

有機 Ge 材料としてイソブチルゲルマン ($[\text{C}_4\text{H}_7]\text{GeH}_3$) を使い、MOVPE 法にて結晶成長を行った。Si 基板は n 型の (100) 基板で Ge 上 GaAs のアンチフェーズドメインの発生を抑えるため [011] 方向 4 度オフを用いている。基板の洗浄、酸化膜除去の前処理を行った後、結晶成長装置に導入し 900°C 以上の高温下で水素雰囲気での酸化膜除去を行った後、Ge の成長温度に降温し、イソブチルゲルマンによる Ge 層の成長を行う。Si 基板上に Ge 層を 20nm 程度 MOVPE 成長させた表面ラフネスの成長温度依存性を Fig.1 に示す。350 から 400°C 付近では RMS 値で 1nm 以下の平坦な Ge 層の成長を確認できた。イソブチルゲルマンの分解温度は 350°C とされており、分解する温度範囲で低温の方が 3 次元成長が抑えられ、粒度の小さい核形成が行われ平坦性が高まっていると考えられる。Fig.2 はシリコン基板上に 400°C で Ge を 60nm 成長後、続けて 700°C 10 分間の水素雰囲気下のアニールにより平坦性を向上させた後、再度 400°C に降温し GaAs を 150nm 成長した試料断面の SEM 像である。Si 基板上に Ge、GaAs を成長していることを確認した。GaAs 表面の RMS 値は 1μm 角の領域で約 3 nm であり、今後の成長条件検討により平坦な GaAs 層の実現を目指す。

3. まとめ

Si 基板上に安全で量産性に優れた有機 Ge 材料を用いた MOVPE 法により、初めて Ge、GaAs 層の一括成長を実現した。Si 上 Ge は RMS 値 1nm 以下 (1 μm 角) 程度の良好な平坦性を実現したが、その上に GaAs を成長した際の表面荒れの克服が今後の課題となるため、欠陥評価や Ge の残留の影響などを調べ結晶性の向上を図る。

参考文献：

[1] S.Park, et al., IEICE Trans. Electron. Vol. E91-C, No. 2, p. 181, 2008. [2] K. H. Lee, et al., AIP Advances, Vol., 3, p.092123, 2013. [3] D. V. Shenai, et al., J. Crystal Growth, Vol. 298, p. 172, 2007. [4] M. Bosi, J. Crystal Growth, Vol. 310, p.3282, 2008.

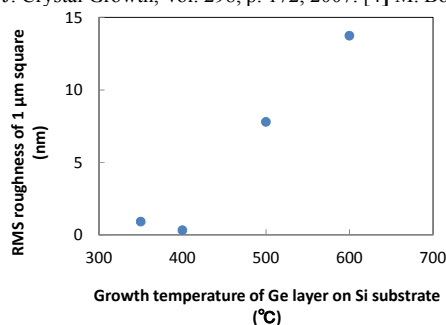


Fig. 1 Growth temperature dependence of RMS roughness of Ge layer

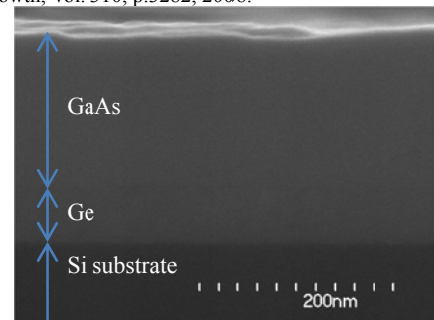


Fig. 2 SEM image of Si/Ge/GaAs interface