

## 論文の内容の要旨

論文題目 歪制御技術を適用した横型 Si/Ge/Si ヘテロ接合発受光素子

氏名 谷 和樹

トランジスタの微細化に伴い、金属配線による遅延や消費電力により性能が制限されるようになってきている。金属配線の限界を打破するために、チップ上の金属配線を光配線に置き換えるオンチップ光通信が注目されている。Ge はオンチップ光通信における発光素子及び受光素子用の有望な材料と目されている。しかしながら Ge 発光素子の発光強度は非常に弱く、また発光素子と受光素子のモノリシック集積に適した素子構造については検討されていなかった。本研究ではモノリシック集積可能な Ge 発受光素子を実現することを目的とし、歪制御技術を適用できる横型 Si/Ge/Si ヘテロ接合素子を新規提案し Ge/Si 間格子不整合による圧縮歪の回避と、外部ストレスによる伸張歪印加を電流注入素子に適用した。

第 1 章では、本研究の背景、課題と目的について述べた後、本論文の構成を示す。

第 2 章では、本研究が対象とする研究分野の進展について本研究の実施期間後の進展も含めて紹介する。

第 3 章ではまず Ge プロセスの課題抽出を行った。そして Ge への熱負荷を低減するために Ge 結晶成長プロセスを最後に実施する”Ge ラスト・プロセス”を適用できる横型 Si/Ge/Si ヘテロ接合発受光素子を提案・試作した。また、モノリシック集積した Ge 発光素子と受光素子によるオンチップ光送受信の実証を行った。

第 4 章では、Ge 中でのキャリアの直接遷移再結合を促進して発光強度を向上するために、外部ストレス(SiN<sub>x</sub> 薄膜)を用いた伸張歪印加による Ge のバンドエンジニアリングを検討した。SiN<sub>x</sub> 膜と Ge 発光層の構造が伸張歪の分布に与える影響を 3 次元有限要素法解析及びラマン分光測定によって検討し、伸張歪によるバンドギャップ縮小と発光強度向上について光励起発光測定によって検討した。

第 5 章では、第 4 章で検討した外部ストレスの第 3 章で提案した横型 Si/Ge/Si ヘテロ接合発受光素子構造への適用を検討した。外部ストレスによるバンドギャップ変調による発光波長シフトと発光強度向上を電流注入発光においても確認した。また、Ge の高濃度 *n* 型ドーピングが電流注入時の発光層内の電流及びキャリア密度分布に与える影響について検討した。

第 6 章では、Ge 中の結晶欠陥によるキャリアの非発光再結合を抑制するために Ge の結晶性向上を検討した。Ge と Ge を成長する基板である Si との間の格子不整合による結晶欠陥の発生を抑制するために酸化濃縮法により結晶性の良い SiGe フィン構造から Ge フィン構造を形成する手法を提案した。また、形成した Ge フィンを横型 Si/Ge/Si ヘテロ接合発光素子に適用して低暗電流と直接遷移発光を確認した。

第 7 章では本論文の結論と今後の研究課題について述べる。