

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	住友 隆道
主 論 文 題 目： Si_{1-x}Ge_x 上歪 Si 基板の欠陥及び電気的特性評価に関する研究			
(内容の要旨) 今日の電子化社会を支えるエレクトロニクス技術において、シリコン MOS-FET (Silicon Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistor)は論理回路の形成からパワーデバイスまで欠かせないものとなっているが、そのサイズが 50nm を切りつつある現在、スケール則に基づく発展には限界が近づきつつある。スケール則に依存しない性能向上技術 (テクノロジーブラスター) として Si 基板に歪を導入しキャリア移動度を向上させる歪 Si (strained Si: s-Si) が提案されている。この手法は、現在の MOS-FET 作製プロセスの大幅な変更を必要とせず、応用の可能性も広いと有望視されている。しかしながら基板スケールでの広範囲な歪 (グローバルストレイン) の導入には、Si 基板上に格子拡張のための Si _{1-x} Ge _x のエピタキシャル成長とそれに続く s-Si エピタキシャル成長が必要なため、各界面で発生する応力からの結晶欠陥の発生が避けられない。本論文では、Si _{1-x} Ge _x 上歪 Si 基板の Ge 濃度による結晶性の変化、光学的・電気的な調査を行った。 第 1 章は序論であり、本研究の背景を述べ SiGe 層を用いた歪の導入と歪シリコン基板の問題点を挙げている。 第 2 章ではシリコン基板に歪を導入した際の移動度向上の原理を述べるとともに欠陥発生メカニズムについて述べた。 第 3 章では SiGe を用いた歪 Si 基板の欠陥分布と表面モフォロジーについての調査結果を述べた。環境負荷の少ない Dash エッチング溶液を用いて、s-Si / 緩和 SiGe / 組成傾斜 SiGe 多層構造の貫通転位密度変化を捉えられる事を示し、SiGe 層で発生した転位の 9 割が s-Si / 緩和 SiGe 層界面でミスフィット転位として壁開面方向へ抜けること確認した。また組成傾斜 SiGe 層では、Ge 濃度の変化領域でミスフィット転位が発生していることを示した。s-Si の表面粗さは、SiGe 層の Ge 濃度に依存しており、600 – 800°C の熱処理で増大していくが、900,1000°C では低下することが確認された。この事実により、800°C 以上の温度領域で基板内の欠陥の挙動に変化が起きていることを示した。 第 4 章では、カソードルミネッセンス法を用いて基板内の光学的な欠陥評価を行いその結果を述べた。結晶欠陥に起因する D1, D2 及び酸素に関連するスペクトルが得られ、観測領域を変化させることにより、その深さ方向の分布を捉えることに成功した。その結果 D1 の起源となる欠陥が Si 基板内で優勢になることを示した。また、熱処理時に酸素に関連するピークとの強度比を取ることで、基板内の酸素濃度の変化を捉えられることを確認し、D1 の起源となる欠陥が基板内の酸素と相互作用を起こしている可能性を示した。このことにより、D1 が Lomer-Cottrell 型の転位からの発光であるという予想を裏付けるものであることを示した。 第 5 章では、基板へのダメージの少ない熱拡散法による As ドーパントの s-Si への注入を行い、薄膜としての s-Si 電子移動度の歪量の依存性を測定した。その際 As の拡散係数は Ge 濃度の上昇とともに増加し、緩和 SiGe 層と同様な値を持つことを確認した。移動度は、緩和 SiGe 層の合金散乱の影響を受け、通常の Si と比べて低下していたが、Ge 濃度上昇による増大が確認できた。これは低温で顕著になり、不純物散乱効果の増大による影響を大きく上回っていることを示した。緩和 SiGe 層からの Ge の拡散は、Ge 濃度に依存せずほぼ一定であるが、s-Si 層の膜厚が薄い場合、表面偏析を起こし移動度に影響を与えることを確認した。 第 6 章は結論であり、本研究の成果を総括した。SiGe を用いた s-Si 基板に関して、欠陥の分布・挙動、電気的な特性を調査することにより、より欠陥密度の低い高品質な結晶を得るための指針を得、MOS-FET 作製プロセスへの適用限界を探るためのデータを示した。			