

	ひだか たけし
氏 名	日高 剛
授 与 学 位	博士 (工学)
学位授与年月日	平成19年3月27日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第1項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 電子工学専攻
学位論文題目	ナノスケールSGTに関する研究
指 導 教 員	東北大学教授 舛岡富士雄
論文審査委員	主査 東北大学教授 舛岡富士雄 東北大学教授 室田淳一 東北大学教授 庭野道夫

論 文 内 容 要 旨

SGT(Surrounding Gate Transistor)はゲートがシリコン柱を取り囲む構造であり、平面型 MOS トランジスタの微細化の限界を打ち破る有望な候補である。SGT のボディ領域をイントリンジックとすることにより駆動電流が向上することを明らかにすること、Si柱の直径の小さいSGTを製作することは、実用化のための大きな課題であった。著者はこの課題を克服するため、ナノスケール SGT に関してシミュレーション及び実験的な研究を行った。本論文はこれらの成果をまとめたものであり、全文5章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、BI(Body Intrinsic)-SGT と次世代 MOS トランジスタの候補とされる DG(Double Gate)型 MOS トランジスタと Tri-gate 型 MOS トランジスタとの短チャネル効果、駆動電流の比較を行った結果を述べている。SGT のボディ領域をイントリンジックとすることにより、駆動電流が増加し、短チャネル効果を抑制し、同一オフ電流 $10^{-11}\text{A}/\mu\text{m}$ のとき DG 型より 39%、Tri-gate 型より 16%、駆動電流が向上することを示している。これは、SGT が DG 型や Tri-gate 型と比較して、駆動電流が向上することを示したものであり、極めて重要な成果である。

第3章では、リソグラフィのマスク寸法より小さい直径を持つ SGT の Si 柱の製作方法を実験的に示している。酸化膜マスクを用いて、方向性 Si エッチングにより Si 柱を作り、その後、等方性エッチングにより Si 柱の直径をさらに細く加工し、マスク寸法 65nm よりも小さい直径 17nm の Si 柱を形成した。これらの結果は、極めて重要な成果である。

第4章では、Si 柱をエッチングで形成後発生する Si 柱側壁の凹凸を減少させる犠牲酸化について述べている。まず犠牲酸化を、 O_2 含有率 100%と 10%で行い、犠牲酸化後の凹凸の定量的評価方法を提案している。そして、 O_2 含有率 10%の犠牲酸化後の凹凸の高さが、 O_2 含有率 100%の場合に比べて約 80%に減少することを示している。これは、 O_2 含有率 100%より、 O_2 含有率 10%の犠牲酸化の方が Si 柱側壁の凹凸が減少することを実験的に示したものであり、極めて重要な成果である。

第5章は結論である。

論文審査結果の要旨

SGT(Surrounding Gate Transistor)はゲートがシリコン柱を取り囲む構造であり、平面型 MOS トランジスタの微細化の限界を打ち破る有望な候補である。SGT のボディ領域をイントリンジックとすることにより駆動電流が向上することを明らかにすること、Si 柱の直径の小さい SGT を製作することは、実用化のための大きな課題であった。著者はこの課題を克服するため、ナノスケール SGT に関して定量的、実験的な研究を行った。本論文はこれらの成果をまとめたものであり、全文 5 章からなる。

第 1 章は序論である。

第 2 章では、BI(Body Intrinsic)-SGT と次世代 MOS トランジスタの候補とされる DG(Double Gate)型 MOS トランジスタと Tri-gate 型 MOS トランジスタとの短チャネル効果、駆動電流の比較を行った結果を述べている。SGT のボディ領域をイントリンジックとすることにより、駆動電流が増加し、短チャネル効果を抑制し、同一オフ電流 $10^{-11}\text{A}/\mu\text{m}$ のとき DG 型より 39%、Tri-gate 型より 16%、駆動電流が向上することを示している。これは、SGT が DG 型と Tri-gate 型と比較して、駆動電流が向上することを示したものであり、極めて重要な成果である。

第 3 章では、リソグラフィで決まる最小直径より小さい直径を持つ SGT の Si 柱の制作方法を実験的に示している。酸化膜マスクを用いて、方向性 Si エッチングにより Si 柱を作り、その後、等方性エッチングにより Si 柱の直径をさらに細く加工し、リソグラフィで決まる最小加工サイズ 65nm よりも小さい直径 17nm の Si 柱を形成した。これは、リソグラフィで決まるサイズよりも小さい Si 柱を形成したことを実験的に示したものであり、極めて重要な成果である。

第 4 章では、Si 柱をエッチングで形成後発生する Si 柱側壁の凹凸を減少させる犠牲酸化について述べている。まず犠牲酸化を、 O_2 含有率 100%と 10%で行い、犠牲酸化後の凹凸の定量的評価方法を提案している。そして、 O_2 含有率 10%の犠牲酸化後の凹凸の高さが、 O_2 含有率 100%の場合に比べて約 80%に減少することを示している。これは、 O_2 含有率 100%より、 O_2 含有率 10%の犠牲酸化の方が Si 柱側壁の凹凸が減少することを実験的に示したものであり、極めて重要な成果である。

第 5 章は結論である。

以上要するに本論文は、ナノスケール SGT を定量的、実験的に研究し、実用化のための幾つかの重要な知見を得たもので、半導体電子工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。