

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 姜 旼 秀

本論文は、Characterization and understanding of subthreshold swing of Si MOSFETs at cryogenic temperatures (極低温での Si MOSFET のサブスレシヨルド・スイングの評価と理解) と題し、量子コンピュータの制御回路などへの応用が期待されている極低温動作 Si CMOS 回路の実現に必須な、低温領域での Si MOSFET の電気特性の明確化とモデル化に向け、幅広い基板濃度をもつバルク基板上の n チャネル及び p チャネル Si MOSFET のサブスレシヨルド・スイング (SS) 特性を、室温から 4 K の温度範囲で実験的に評価してその挙動を明らかにすると共に、実験で得られた特性を再現できる状態密度のモデルを提案して、低温での SS 特性の物理機構の検討を行った研究成果を纏めたものであり、全文 6 章よりなり英文で書かれている。

第 1 章は、序論であり、本研究の背景について紹介すると共に、研究の目的、本論文の構成について述べている。

第 2 章は、「Characterization of SS of Si n-MOSFETs over a wide temperature range」と題し、 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の低基板濃度のバルク Si n-MOSFET の電流電圧特性の温度依存性、特に 4 K までの極低温領域での SS 値に関する実験結果を示すと共に、mobile tail state とガウス分布をした immobile localized state を仮定した SS 値に対する従来モデルを用いた理論計算により実験結果が再現できることを示している。

第 3 章は、「Substrate impurity concentration dependence of SS of Si n- and p- MOS FETs at cryogenic temperatures」と題し、基板濃度を 10^{16} cm^{-2} 台から 10^{18} cm^{-2} 台まで系統的に変えたバルク Si n-MOSFET と p-MOSFET の SS 値を、室温から 4 K までの温度領域で実験的に評価すると共に、従来モデルを用いた SS 値の理論計算による結果の再現を試み、仮定した mobile tail state 及び immobile localized state のパラメータの基板濃度依存性とその物理的起源について検討した結果を示している。

第 4 章は、「Band tail with mobile state and immobile state for represent SS behavior」と題し、前章の結果を踏まえて、mobile tail state 及び immobile localized state に対する新しい物理モデルを提案すると共に、この物理モデルを用いて計算した SS 値の振る舞いとその妥当性について検討した結果を示している。

第 5 章は、「Impact of substrate impurity concentration on band tail state model of Si n- and p-channel MOSFETs from 300 K to 4 K」と題し、本論文で提案した mobile tail state 及び immobile localized state の物理モデルを用いた計算結果が、広い基板濃度をもつバルク Si n-MOSFET と p-MOSFET の室温から 4 K までの温度領域での SS 値の実験結果をよく再現できることを示すと共に、n-MOSFET と p-MOSFET の SS 値の温度依存性の違いの物理的起源について考察した結果について述べている。

第 6 章は、結論と今後の展望を述べている。

以上要するに本論文は、量子コンピュータの制御回路などの極低温動作 Si CMOS の実現に必要な、低温での MOSFET の電流電圧特性の定量的理解と物理モデルの確立に向け、n チャネル及び p チャネル Si MOSFET のサブスレシヨルド・スイングの 4 K までの低温での挙動を、幅広い範囲の基板濃度をもつ素子に対して実験および理論計算により調べ、サブスレシヨルド・スイングの温度やドレイン電流の変化に対する挙動を明らかにすると共に、その振る舞いを決めている状態密度の物理モデルを提案し、物理機構の検討を行ったものであり、電子工学上、寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。