

Formation of Donor-induced Quantum Dots in Si Nano-channels Observed by Kelvin Probe Force Microscope

メタデータ	言語: en 出版者: Shizuoka University 公開日: 2015-12-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Tyszka, Krzysztof メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00009273

(課程博士・様式9)

審 査 要 旨

専攻 ナノビジョン工学 学籍番号 55245023 学生氏名 Tyszka Krzysztof

論文題目 Formation of Donor-induced Quantum Dots in Si Nano-channels Observed by Kelvin Probe Force Microscope

MOS 電界効果トランジスタ (MOSFET)の微細化限界を開くデバイスのひとつとして、シリコンナノチャネル中のドーパント原子を量子井戸として用いてキャリアをトンネル輸送する、いわゆるドーパント原子デバイスの研究が進んでいる。これまでのデバイス特性に関する研究報告では、チャネル中のドーパント濃度に依存して、中低濃度領域では個別のドーパント原子が最も深い量子井戸を形成し、高濃度縮退領域ではドーパントクラスター（複数の近接したドーパント原子）が最深の量子井戸を形成するとされているが、直接このモデルを検証した報告はなかった。本論文は、ケルビンプローブフォース顕微鏡 (KPFM) を用いて、リンドナーを対象とし、シリコンチャネル中の中低濃度領域および高濃度領域のポテンシャル分布を詳しく測定するとともに、キャリア電子による遮蔽効果を取り入れたシミュレーションと併せてこれまでデバイス特性のみから推定されていたモデルの直接的検証に初めて取り組んだものである。

第1章では、序論として研究背景および本研究の目的を述べている。

第2章では、KPFM の試料表面電位分布の測定原理、および本研究で用いた装置とその測定系、さらに測定試料である SOI-FET の作製方法について詳しく説明している。

第3章では、 $10^{17} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の広いリンドナーの濃度範囲で得られている KPFM の測定結果について、過去の測定例を含めて述べている。

第4章は、本研究の中心となる結果であり、まず、濃度の異なるドーパント原子 FET の低温での電気特性について詳しく述べている。すなわち、中低濃度領域では、ドレイン電流-ゲート電圧特性において孤立電流ピークが観察され、これは個別のリンドナーを介したトンネル電流と推察されること、また、高濃度領域では、連続的に連なった電流ピークが観察され、これはリンのクラスター量子井戸を介したトンネル電流と解釈されるとの仮説について説明している。本研究における KPFM による測定結果は、まさにこれらの仮説を裏付けるものであり、最もエネルギーの低い、すなわち最深ポテンシャル井戸は、統計的に見て低濃度では単一リンドナー、高濃度では10個以上のリンドナーから成るクラスターであることを明らかにした。

第5章は、リンドナーの選択ドーピングがポテンシャル分布に与える効果について、KPFM の測定結果と対応するシミュレーション結果を詳しく述べたものである。特に高濃度の選択ドーピングでは、U型のマクロなポテンシャルが背景として形成されるため、高い確率で最深ポテンシャル井戸の場所が選択ドーピングエリアの中央部に限定されることを明らかにした。さらにこの結果とデバイス特性との関連が整合していることを示している。

第6章では、本研究全体を総括するとともに、今後の展望を示している。

以上の成果は、ナノエレクトロニクス分野への貢献が大きく、博士（工学）の学位を授与するに値するものと認められる。