

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 金 成 吉

本論文は、「Study on Ferroelectric-FET with Steep Subthreshold Slope for Low Power LSI Applications」(低消費電力 LSI 応用に向けた急峻サブスレショルド係数を有する強誘電体トランジスタに関する研究)と題し、英文で書かれている。本論文は、ゲート絶縁膜に強誘電体を用いた電界効果トランジスタ(FeFET)において急峻なサブスレショルド特性が現れる物理的なメカニズムを解明するために、FeFET の特性について理論的および実験的な手法を用いて論じたものであり、全 7 章より構成される。

第 1 章は「Introduction」(はじめに)であり、集積回路の低消費電力化に向けてトランジスタのサブスレショルド特性の急峻化が求められ、近年報告のある急峻なサブスレショルド特性を示す FeFET の報告例を分析し、その物理的なメカニズム解明の必要性を説明している。

第 2 章では「Original concept of NCFET and the QSNF theory」(負性容量トランジスタ(NCFET)に関する従来の静的な負性容量の理論(QSNF))と題し、従来の理論である QSNF が抱える問題点について説明し、新たな理論の構築の必要性を明らかにしている。

第 3 章では「An alternative explanation for steep SS in FeFET: The TNC theory」(FeFET における急峻なサブスレショルド特性に関する新しい理論である過渡的な負性容量(TNC)の理論)と題し、強誘電体における分極反転のダイナミクスに基づく TNC により FeFET において急峻なサブスレショルド特性が得られることを理論的に明らかにしている。

第 4 章では「Experimental study on the role of polarization switching in subthreshold characteristics of HfO₂-based FeFET and A-FeFET」(HfO₂をベースとした FeFET および反強誘電体 FET(A-FeFET)におけるサブスレショルド特性の急峻化での分極反転の役割に関する実験的研究)と題し、第 3 章で論じた TNC について、FeFET における分極反転電流をその場観察することで実験的に検証できることを示している。

第 5 章では「R-DIBL and NDR in FeFET with steep SS from the perspective of TNC」(TNC に基づく逆ドレイン誘起障壁低下(DIBL)と負性微分抵抗(NDR)の発現)と題し、TNC 理論によって FeFET で固有に観察される DIBL と NDR についても説明を行っている。

第 6 章では「The roles of charge trapping and fixed charge on subthreshold characteristics of FeFET」(FeFET における電荷トラップと固定電荷の影響)と題し、急峻なサブスレショルド特性とヒステリシスとの間を電荷トラップと固定電荷の影響を考慮することで理論的および実験的に明らかにしている。

第 7 章は「Conclusions」(結論)であり、本論文の結論を述べている。

以上のように本論文は、強誘電体をゲート絶縁膜とするトランジスタである FeFET での急峻なサブスレショルド特性発現の物理メカニズム解明を目的として、FeFET の特性について詳細な解析を行い、分極反転のダイナミクスに基づく過渡的な負性容量を有する FeFET のモデルを構築するとともにそれを実験的に検証し、FeFET のロジックトランジスタとしての可能性と限界について論じたものであり、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。