

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、将来の大規模集積回路(LSI)における基本デバイスとして期待されるIV族半導体ナノワイヤにおけるエネルギーバンド構造、キャリア輸送とナノワイヤ・トランジスタ特性に関する理論的研究をまとめたもので、得られた主な成果は以下の通りである。

1. 原子論的アプローチによりSi, Geナノワイヤの伝導帯および価電子帯のエネルギーバンド構造とフォノン分散を計算し、これを基にしてSi, Geナノワイヤにおけるフォノン制限キャリア移動度を算出して、そのナノワイヤ形状および方位依存性を明らかにした。
2. ナノワイヤで特に問題となる微小な表面ラフネスがキャリア輸送に及ぼす影響に着目して、ラフネス散乱を記述する独自の物理モデルを提案し、ラフネス散乱が移動度に及ぼす影響を定量的に明らかにした。また、ラフネス散乱の影響が大きいナノワイヤと小さいナノワイヤの違いをエネルギーバンド構造と有効質量の違いで統一的に説明できることを示した。
3. ナノワイヤに高電界を印加した時のキャリアのドリフト速度を、ボルツマン輸送方程式を用いて定量的に解析した。多くのナノワイヤ形状において負性微分移動度が現れることを見出し、これを分布関数で重み付けした平均有効質量を用いて説明できることを示した。
4. 短チャネル極限と位置づけられるバリスティック輸送を考え、特にpチャネルGeナノワイヤ・トランジスタに着目して、その電気的特性を明らかにした。バリスティック輸送の場合は、移動度ではなくキャリアの注入速度とバンドの状態密度により、トランジスタの電流が決まることを明らかにした。
5. キャリア散乱を考慮した現実的な準バリスティック輸送の計算に取り組み、独自のモデルを構築してSi, Geナノワイヤ・トランジスタの特性を明らかにした。準バリスティック輸送の場合には、チャネル内のエネルギー緩和速度がトランジスタ特性に大きく影響することを示すとともに、本研究を総合して将来の高性能トランジスタの開発に望ましいナノワイヤ構造を提唱した。

以上、要するに、SiおよびGeナノワイヤにおける低電界移動度、高電界におけるドリフト速度、ナノワイヤをチャンネルとするトランジスタ特性を独自の原子論的モデルにより明らかにし、将来のデバイス開発に適するナノワイヤ構造を提唱したもので、学術上、實際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)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年2月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。