

Title	Si反転層内における電子移動度に関する研究
Author(s)	正木, 和夫
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3064572">https://doi.org/10.11501/3064572</a>
DOI	10.11501/3064572
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	正 木 和 夫
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 4 4 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 10 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	Si 反 転 層 内 に お け る 電 子 移 動 度 に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	(主 査) 教 授 濱 口 智 尋 教 授 吉 野 勝 美 教 授 尾 浦 憲 治 郎 教 授 西 原 浩

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、Si 反転層内における電子移動度に関する研究の成果をまとめたものであり、7章より構成されている。

1章は序論で、本テーマの背景について述べ、本研究の目的と意義について明かにし、各章の概要について述べている。

2章は二次元電子ガス状態を自己無撞着に解く方法について述べ、計算機を用いて得られた計算結果を示し、また、近似的な方法で得られた計算結果と比較検討している。

3章は二次元電子ガス状態の散乱過程に関する理論的考察について述べ、電子移動度を理論的に解析する方法を示している。

4章は、室温と液体窒素温度においてホール効果とコンダクタンス法の二つの異なる方法により移動度を測定し、得られた値の正確さと有効性を検討した結果、両者の値はよく一致したので、移動度の測定には一般的によく用いられるコンダクタンス法を用いることの妥当性を示している。さらに、15-300Kの広い温度範囲において測定した移動度からSi反転層内における主な散乱機構は、音響フォノン、インターバレーフォノン、表面粗さ、および、イオン化不純物によるものであることを示している。

5章は、音響フォノン散乱、インターバレーフォノン散乱、および、表面粗さ散乱の三つの散乱機構を考慮した散乱緩和時間のエネルギー平均値は二次元電子ガスの性質から解析的に解くことができることを示し、低温においてイオン化不純物散乱を含んだ移動度の解析方法を述べている。この移動度の解析モデルを用いると実験的に得られた移動度の垂直電界依存性と温度依存性が矛盾無く説明できることを示し、Si反転層内における電子の伝導機構を明かにしている。

6章は、移動度のユニバーサル性について、今回提案した解析モデルを用いて検討している。電子移動度を実効電界で表すと基板バイアス電圧や基板不純物濃度に関係無く一つのユニバーサルの曲線で表されることが実験的に知られており、この移動度のユニバーサル性について理論的に解析した結果、電子の閉じ込めの効果と電子のサブバンド間の再分布でよく説明できることを示している。

7章は、Si 反転層内における電子移動度の解析式を導出し、今まで困難であった電子移動度の解析を可能としたことを述べている。また、その解析方法から電子の伝導機構に関して明かにされた事柄を示している。

## 論文審査の結果の要旨

Si MOSFET の電気的特性を決定する重要なパラメータの一つは移動度であるが、実際の MOSFET 動作領域である 300K 近辺での電子移動度に関する理論解析はなされておらず、デバイスシミュレーションの観点からも移動度の物理的モデルを明確にすることが重要な課題とされていた。本論文は、Si 反転層内における電子の二次元量子化を考慮した電子移動度の理論的解析方法を示し、解析的な式をはじめて導出するとともに、その計算結果と実験結果を比較検討することにより電子の伝導機構を明かにしている。その主な成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 高温領域において重要となる、音響フォノン、インターバレーフォノンおよび表面粗さによる散乱を取り入れた二次元電子ガスの移動度が解析的に求められることを初めて明かにし、移動度の解析式を導出している。
- (2) バルク Si で決定されたパラメータを用い、表面粗さ散乱のみをフィッティングパラメータとして移動度を計算し、今回測定した垂直電界依存性や温度依存性、さらにこれまでに報告されているユニバーサル性に関する実験結果を矛盾無く説明することに成功している。
- (3) 高温における低い垂直電界領域で、移動度がゆるやかに低下するのは、フォノン散乱における電子の閉じ込め効果によるもので、 $0.5\text{MV/cm}$  以上の高い垂直電界領域での移動度の大きな低下は、表面粗さ散乱によるものであることを明かにしている。
- (4) 15-300 K の範囲で測定した移動度の温度依存性も、本論文で提案した二次元量子化を取り入れたモデルで説明できることを示している。
- (5) 移動度のユニバーサル曲線は、二次元量子化による電子の閉じ込めによる移動度の低下と、電子のサブバンド間の再分布による移動度の上昇とが打ち消しあって起こることを明かにしている。

以上のように、本論文は Si 反転層内における電子移動度の実験と理論解析を行い、電子の散乱機構の基本的な知見を与えており、半導体デバイスシミュレーションや半導体素子工学の分野で貢献するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。