

Title	アモルファスシリコン薄膜およびその超格子の電気伝導に関する研究
Author(s)	服部, 励治
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3088057
DOI	10.11501/3088057
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	ほつ どり れい じ 服 部 励 治
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 0 0 5 8 号
学位授与年月日	平成 4 年 2 月 25 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	アモルファスシリコン薄膜およびその超格子の電気伝導に関する 研究
論文審査委員	(主査) 教授 白藤 純嗣
	(副査) 教授 平木 昭夫 教授 青木 亮三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はアモルファスシリコン、関連のアモルファス半導体、およびアモルファス半導体超格子における電気伝導機構に関する研究の成果をまとめたもので7章から成っている。

第1章は序論で、アモルファスシリコンの特性と研究の歴史を簡単に述べ、本論文の目的と各章の主題を明らかにした。

第2章ではアモルファス半導体の電気伝導に特有な多重捕獲過程について述べ、アモルファスシリコン内での複雑な電子輸送機構をコンピュータによってシミュレートする新しい方法を提案し、その結果を示した。また、本研究の主要な実験手法であるタイム・オブ・フライト (TOF) 法について詳細な説明を行った。

第3章では高速堆積可能なジシランガスを原料として堆積したアモルファスシリコン膜の光学特性、構造、および電子輸送特性を調べ、同一条件でモノシランガスから作製した膜の特性との比較を行った。両者は同等な電子移動度を有するが、伝導帯裾準位には違いが存在することがわかった。

第4章ではアモルファスシリコン系合金の1つであるアモルファス炭化シリコン膜のアセチレンガスからの作製と、光学特性、電子輸送特性の評価を行い、メタンガスから作製した膜と比較した。また、アモルファスシリコンに炭素原子を合金化させたことにもなう電子輸送特性の変化について実験的に考察した。両膜中の電子移動度、移動度・寿命積は両者ともほぼ同等であるが、アセチレンガスはメタンガスに比べより効率よく膜中に炭素原子を混入させることができた。また、炭素含有量の増加にもなう移動度の低下は主に裾準位分布の広がりによって説明できることがわかった。

第5章ではアモルファスシリコンとアモルファス窒化シリコンとで構成された超格子の作製方法、お

よびTOF法による電子のドリフト特性の実験結果を述べ、縦方向の電子輸送機構を考察した。その結果、超格子の縦電子輸送がトンネリングと多重捕獲との直列過程で行われていることを明らかにし、井戸層であるアモルファスシリコン中の深い裾準位の分布に関する知見を得ることができた。

第6章ではアモルファスシリコンでの高電界電子輸送機構について述べた。TOF法から得られた電子ドリフト移動度や量子収集効率の高電界特性に基づき、ホットエレクトロン現象とブレイクダウンの機構について予備的な考察を行った。

第7章では本研究で得られた成果を総括した。

論文審査の結果の要旨

優れた光導電性を持つアモルファスシリコンは薄膜太陽電池の主要な材料であるが、アモルファスシリコン太陽電池の変換効率を向上させるために、エネルギーギャップの大きいアモルファス半導体材料とのヘテロ接合が広く用いられており、アモルファス半導体超格子構造の応用も提案されている。

本論文は、アモルファスシリコン太陽電池の性能を左右する、これらのアモルファス半導体材料の電子輸送特性に関する研究をまとめたもので、その成果を要約すると次の通りである。

- (1) 裾準位での多重捕獲過程を考慮に入れて、アモルファス半導体の電子輸送現象を計算機シミュレーションするため、任意の裾準位密度分布に対して適用可能な有限差分法を用いる手法を開発し、その有効性を検証している。
- (2) ジシランガスおよびモノシランガスを原料として作製した2種のアモルファスシリコン膜（ジシラン膜およびモノシラン膜）の特性を比較し、基板温度180℃を境にして電子輸送特性に著しい違いが現れることを見出している。基板温度が180℃以上では、少なくとも室温の特性は同等であるが、180℃より低くなると、ジシラン膜ではポリシラン構造が形成されて微視的構造の乱れが激しくなるため、電子移動度は基板温度の低下と共に、モノシラン膜の場合より急激に減少することを見出している。また、見掛け上室温の特性が同じであっても、ジシラン膜の方がモノシラン膜に比べより広がった裾準位密度分布を持っていることを、電子移動度の温度依存性から明らかにしている。
- (3) アモルファス炭化シリコン膜の作製には、炭素源としてアセチレンガスを用いる方が、メタンガスを用いる場合に比べ炭素組成の制御範囲が広いことを確かめている。また、炭素組成を増加した時の電子移動度の減少は裾準位密度分布の幅が広がるためであることを見出している。
- (4) アモルファスシリコン／アモルファス窒化シリコン超格子について、縦方向の電子のドリフト特性は、アモルファスシリコン井戸層内の伝導帯裾準位での多重捕獲過程とアモルファス窒化シリコン障壁層のトンネリング過程とを考慮することによって、実験結果を矛盾なく説明できることを示している。また、そのモデルに基づいて電子ドリフト速度の非線形電界依存性を分析し、伝導帯下の深い裾準位の分布が指数関数的であることを明らかにしている。
- (5) 印加電界が 2×10^4 V/cmを越えると、アモルファスシリコン薄膜の暗時の導電率およびパルス光

伝導度の両方に、ホットエレクトロン効果によると思われる非線形現象が現れることを見出している。

以上のように、本論文は、アモルファスシリコン薄膜、アモルファス炭化シリコン薄膜、およびアモルファスシリコン超格子の電子輸送現象に関する多くの新しい知見と、アモルファスシリコン薄膜太陽電池の高性能化に対する示唆を与えており、半導体工学の発展に寄与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して認める。