

Title	QUANTUM WELL EFFECTS AND ELECTRONIC PROPERTIES OF AMORPHOUS Si/SiC SUPERLATTICE STRUCTURES
Author(s)	服部, 公則
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37030
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名・(本籍)	はつ 服	とり 部	きみ 公	のり 則
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	9 2 0 0	号	
学位授与の日付	平成 2 年 3 月 24 日			
学位授与の要件	基礎工学研究科物理系専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当			
学位論文題目	QUANTUM WELL EFFECTS AND ELECTRONIC PROPERTIES OF AMORPHOUS Si/SiC SUPERLATTICE STRUCTURES (アモルファス Si / SiC 超格子構造における) (量子井戸効果とその電子物性に関する研究)			
論文審査委員	(主査) 教授 浜川 圭弘			
	(副査) 教授 難波 進	教授 小林 猛	助教授 岡本 博明	

論文内容の要旨

本論文はアモルファス Si / SiC 超格子構造における量子井戸 (Quantum Well 以下 QW と略す) 効果とその電子物性に関する一連の研究についてまとめたもので、7 章より構成されている。

第 1 章では、アモルファス半導体ヘテロ積層構造 (超格子構造) の研究の今日までの発展の経緯を概観し、その流れの中で、不規則系における量子井戸効果の理解とデバイス応用への指針の探索を本研究の主目的とすることが明らかにした。

第 2 章では、アモルファス半導体 QW の光吸収特性におけるステップ型変化についての理論的考察を行い、サブバンド間遷移の観測のためには変調 (微分) 分光法が有効であることを示した。

第 3 章ではプラズマ CVD 法を用いた a-Si / a-SiC 多層膜の作製の詳細と作製された試料の低角 X 線回折法による構造評価について述べる。回折パターンの解析からは、ヘテロ界面の急峻性と積層構造の均一性がそれぞれ原子スケールで保証されることが明らかとなり、この結果と UV 光電子放出による見積もられるバンドオフセットより矩形ポテンシャル井戸が伝導帯および価電子帯側に形成されていることを明らかにした。

第 4 章では、温度および波長変調分光により a-Si / a-SiC QW 構造膜をしらべた結果、a-Si 井戸層幅を 50 Å 以下にしたときバルク領域において見られるなめらかな形状とは明らかに異なる階段状のスペクトル構造が観測されることを見出した。各ステップ構造は電子構造の擬 2 次元化によって生じた一連のサブバンド状態間の光学遷移と対応づけられ、第 2 章の理論的考察の結果に基づいてこの系におけるバンド端近傍でのキャリアの平均自由行程は 10 Å 程度と評価される。またステップ端のエネルギー位置をサブバンド間遷移のしきい値エネルギーとして定義し、この井戸層幅依存性から電子および正孔の有効質量の

有効質量の自由電子質量との比がそれぞれ0.3および1と見積もられた。

第5章では、 $a\text{-Si}/a\text{-SiC}$ QW構造の電磁吸収分光を試み、観測されたスペクトル形状からQW状態の電場効果すなわち基底準位の red-shift および電子、正孔の波動関数の空間的分離が生じていることが、第2章、第4章で理論的、実験的に吟味された光学遷移のモデルをもとにして明らかにされる。また変調信号強度のバイアス電圧依存性からは井戸層中に内蔵電界が存在すること、そしてこの電界が荷電した界面欠陥に起因したものであることが示唆される。この結果を踏まえ、界面構造乱れを伴った半導体QWの電子状態についての議論を行う。

第6章では $a\text{-Si}/a\text{-SiC}$ 二重障壁QW構造の縦方向トンネル伝導および多重QW構造中の井戸層内に閉じ込められたキャリアの面内輸送特性を調べた結果について述べる。二重障壁QW構造の電圧-コンダクタンス特性には複数のピークが現れ、これは擬束縛準位を介したトンネリングすなわち共鳴トンネル効果として解釈される。多重QW構造の面内輸送特性の測定からは、井戸層幅の減少に伴いキャリアの再結合寿命が顕著に増大することが明らかになり、この寿命の変化はQW効果によるバンド端の上昇によってギャップ内の深い再結合中心への捕獲確率が減少する結果として説明される。またここで得られた実験結果はQW構造を用いることにより、光検出素子の高ゲイン化が可能になることを意味している。

第7章では、本研究で得られた主要な結論をまとめている。

論文の審査結果の要旨

シリコン系アモルファス半導体は、微量不純物ドーピングによる価電子制御性と優れた光電特性を備え、さらにプラズマCVD等の気相成長法により格子整合の制約を受けない自由なヘテロ多層薄膜を低温で、しかも大面積でノンエピタキシャル成長することが可能である。単結晶半導体に見られないこうしたユニークな特質を利用して、この材料を用いた太陽電池や各種イメージングデバイスから薄膜トランジスタにわたる広範囲の応用デバイスの開発が、基礎物性研究とともに精力的に進められている。本研究は、こうした材料物性面ならびに多層薄膜形成技術の進歩を背景として、原子配列に長距離秩序を持たない不規則系材料から構成されるアモルファス超格子における量子サイズ効果に基づく電子過程の解明とその技術応用への可能性を探るといった固体電子工学分野の新テーマに取り組んだものである。

本論文では、まづプラズマCVD法によるアモルファス Si/SiC ヘテロ多層構造の作製において、本研究目的遂行に必要な不可欠な原子スケールでの精密膜厚制御と急峻かつ均一なヘテロ界面形成をめぐる基礎技術を確認している。つぎに、不規則性を含んだ超格子にあって、電子系の擬二次元化がどのように光学スペクトルに反映されるかについての詳細な理論的考察を行い、そこで明らかにされた実験指針に従って、温度、波長および電場を摂動パラメータとする変調分光法を導入し、アモルファス Si/SiC 超格子の微分吸収スペクトル上で量子サイズ効果に基づく特徴的な構造の観測に見事に成功している。これらは、アモルファス半導体超格子の擬二次元電子状態を光学的に直接捉えた世界初の実験的検証として注目された仕事である。さらに著者は、実験データの理論的解析を通して、既存の実験的手段では不可能であ

ったアモルファス Si 中の電子及び正孔の有効質量や平均自由行程などの重要な基礎物性定数の決定できることを明らかにした。

次いで、電場変調分光法および過渡回折格子分光法を駆使して、量子井戸中に閉じ込められた電子や正孔のキャリアダイナミクスに関する一連の実験とその理論的解析を行い、アモルファス半導体ヘテロ接合デバイスの機能の改善に大きな影響をもたらす界面特性の新評価法を確立するとともに、量子効果を利用したいくつかの新しいデバイスの提案を行っている。

以上のように、本研究はアモルファス半導体超格子といった新しい固体物理分野を開拓するとともに、半導体電子工学の発展に貢献するところが大きく、本論文は工学博士の学位論文として価値のあるものと認める。