

Title	アモルファスSiCの基礎物性とそのオプトエレクトロニック機能デバイスへの応用
Author(s)	吉見, 雅士
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/38223
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	吉見 雅士
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第10770号
学位授与年月日	平成5年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	アモルファス SiC の基礎物性とそのオプトエレクトロニック機能デバイスへの応用
論文審査委員	(主査) 教授 浜川 圭弘 (副査) 教授 小林 哲郎 教授 奥山 雅則 助教授 岡本 博明

論文内容の要旨

本論文は著者が大阪大学基礎工学研究科後期課程在籍中に行なってきた「アモルファス SiC の基礎物性とそのオプトエレクトロニック機能デバイスへの応用」に関する研究成果をまとめたもので、本文6章と謝辞から構成されている。

水素化アモルファスシリコン、およびその合金系材料は価電子制御可能な新しい半導体であり、その応用研究がここ10年で急速に進展しつつある。その波は発光素子や受光素子等の光電変換機能素子（オプトエレクトロニック・デバイス）にも及んでおり、光センサ等すでに実用化されたものもあるが、その大部分は未解決、未発展な領域として残っている。本研究ではアモルファスシリコンカーバイド（ $a\text{-SiC:H}$ ）を用いた新たなオプトエレクトロニック・デバイスの開発を目的とし、その作製および性能評価から、動作機構の解明、さらにデバイス特性改善へのアプローチに至るまでの一連の基礎研究を行ってきた。

本研究では、まず発光素子として、アモルファスカーボン（ $a\text{-C:H}$ ）を発光層として用いた二重絶縁構造薄膜 EL 素子に関する基礎研究を行なった。アモルファス材料を用いた EL 素子は、発光層のバンドギャップをその作製条件によって連続的に制御することにより、任意の EL 発光色が得られるという特徴を有している。この利点を積極的に利用し、また発光層、絶縁層それぞれの材料、構造の最適化設計を行なった結果、アモルファス半導体としては世界最初の青色発光 EL 素子の開発に成功した。

次いで、高感度受光素子（光センサ）として、アンドープ層に $a\text{-SiN:H}/a\text{-Si:H}$ ヘテロ接合を有する薄膜フォトダイオードを新たに提案し、その動作機能についての基礎研究を行なった。その中で、本デバイスの光電流増倍がヘテロ接合における内部電界変調に基づくトンネリング電流であることを明らかにし、その増倍機構モデルを用いて素子性能（利得、応答速度）の最適化を行なった結果、電流利得約70にも及ぶ超高感度光センサを得ることに成功した。このデバイスは、高感度かつ高解像度撮影素子への応用を目指した、High-Gain 光センサというアモルファス半導体における新しいデバイス分野を切り開いた実績を持っている。

さらに、発光、受光素子それぞれについて得られた素子作製技術、デバイス特性等に関する情報をもとに、それらを組み合わせた光複合素子を開発した。発光素子に $a\text{-SiC:H}$ 注入型発光ダイオードあるいは $a\text{-C:H}$ 真性 EL 素子、受光素子に上記の High-Gain フォトダイオードあるいは $n\text{-i-n}$ 型高感度光導電素子を採用し、これらを直接基板上に積層して構成した本デバイスにおいて、光の入出力変換、即ち受光素子側から入射された二次元的光イメー

ジをEL発光に転写する画像変換現象を確認した。このアモルファス材料のみで構成される光複合素子は本研究において初めて提案、作製されたものであり、将来三次元薄膜OEICや大面積イメージコンバーター等の新機能デバイスへと発展していくのに貢献できるものと思われる。

論文審査の結果の要旨

シリコン系アモルファス半導体は、優れた光伝導特性と不純物ドーピングによる価電子制御性を有し、また、その組成を調節することにより禁止帯幅を紫外から赤外光領域に対応する広い範囲で連続制御できるなどの特徴を備えている。これらの物性的特徴を基礎とし、さらに、この材料は任意の基板上に大面積多層構造薄膜として集積化できることに注目して、さまざまな応用デバイス分野での開発研究が進められ、太陽電池や薄膜トランジスタなどの領域ではすでに実用化の域に達している。一方、未開拓な応用分野の中には、任意のスペクトル領域での発光、受光デバイス、およびそれらを有機的に組み合わせた複合オプトエレクトロニクス機能デバイスがあり、将来、薄膜集積化OEICに発展する可能性があることから、その開発に大きな期待が寄せられている。本研究は、これを背景として、アモルファスシリコンカーバイド(a-SiC)により構成される発光および受光デバイスを対象として、オプトエレクトロニクス機能デバイス実現に向けて行なった一連の基礎研究の成果をまとめたものである。

本論文では、まず発光および受光デバイスを構成するのに必要とされる物性を備えたa-SiC系薄膜の基板温度、導入ガス分圧比、入力パワーなどの製膜条件について詳細な実験的検討を行なった。次いで、この実験結果に基づいて、交流駆動の真性EL(エレクトロルミネッセンス)型発光デバイスを作製し、その動作機構の考察を通してデバイス構造最適化設計条件を明らかにした。その結果、赤から緑、そして青色までの任意の発光色を実現し、とくにフルカラー化において最重要な課題である青色発光では、従来のZnS多結晶ELを超える発光強度を達成することに成功した。

受光デバイスの分野では、高集積度化および高解像度化に対応するために、光電変換部自体に増幅機能をもたせた高感度フォトダイオードの実現が強く求められている。本研究では、a-Si合金が良好なヘテロ接合を形成し易いことを利用して、光電流活性層にヘテロ多層膜を採用した新構造フォトダイオードを提案し、電流利得が70倍にも達する高感度化を実現した。また、その電流増倍機構に関して、実験的解析を基にした新しいモデルを構築するとともに、さらなる高感度化・高速化のためのデバイス設計指針を確立した。

最後に、上記した一連の研究成果を融合して、発光・受光デバイスを積層した光波長変換素子ならびに二次元画像蓄積デバイスを試作した。その動作特性を測定し、解析するとともに、二次元光イメージの光・光変換機能を確認し、将来のOEICへの発展の可能性を明らかにした。

以上の研究成果は、アモルファス半導体のオプトエレクトロニクス応用をめぐる基礎物性とデバイス物理に先駆的な貢献をすところ多大で、博士の学位論文として価値のあるものと認める。