



Title	アモルファス・シリコン・カーバイドの物性評価とその注入型薄膜発光素子への応用
Author(s)	Dusit, Kruangan
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35920
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	^{ドゥシット} DUSIT ^{クルアガム} KRUANGAN
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 8 1 9 4 号
学位授与の日付	昭 和 63 年 3 月 25 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	アモルファス・シリコン・カーバイドの物性評価とその注入型薄膜 発光素子への応用
論文審査委員	(主査) 教 授 浜川 圭弘 (副査) 教 授 難波 進 教 授 末田 正

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はアモルファス・シリコン・カーバイド ($a\text{-SiC:H}$) の物性評価に関する基礎研究とその注入型薄膜発光素子 (Thin Film Light Emitting Diode, 以下TFLEDと略す) への応用をまとめたもので、本文7章と謝辞からなっている。

第1章は序論であり、新しい電子材料として注目されているアモルファスSi系化合物半導体の基礎物性に関する現在までの発展の経過を要約し、 $a\text{-SiC:H}$ の材料面における特徴及び $a\text{-SiC:H}$ TFLEDの特徴と必要性を述べるとともに本研究の位置付けを明らかにした。

第2章ではrfプラズマCVD法による $a\text{-SiC:H}$ の作製とTFLEDの注入層に必要なその価電子制御について実施した研究の成果を述べている。 $a\text{-SiC:H}$ の作製時に基板バイアス制御することによって、イオンの衝撃を抑え、不純物を膜中に効率よく組み込むことに成功し、 $a\text{-SiC:H}$ のドーピング効率は従来のものと比べて1桁以上向上し、膜質の改善の鍵技術を確認した。

第3章では発光層として用いる $a\text{-SiC:H}$ の光学的性質について述べている。 $a\text{-SiC:H}$ のフォトルミネッセンス (PL) は光学ギャップの増加とともに赤外からはじまり赤色から青色まで連続的に制御できることを確認した。またPLスペクトルのピークエネルギーと励起光エネルギーとの関連について詳細に調べた。こうした一連のデータを取り揃えることによってTFLEDのデバイス物性および最適化設計にかかわる基礎的知見を明らかにした。

第4章では、 $a\text{-SiC:H}$ TFLEDの作製と素子の基礎特性について述べる。 $a\text{-SiC:H}$ TFLEDの提案と作製は本研究によりはじめて成されたものである。 $a\text{-SiC:H}$ TFLEDは $a\text{-SiC:H}$ $p\text{-}n$ 接合で構成される。順方向バイアスで、正孔と電子でそれぞれ p , n 層 (以下注入層) から発

光層である i 層に注入され、 i 層内の局在準位を介しての発光再結合とする。発光色は i 層の光学ギャップを広げることにより、赤から緑まで制御することができる。担体注入機構の解析および発光強度対注入電流特性の結果より、TFLEDの担体輸送は主に電子電流によるが、その発光強度は $p-i$ 界面からの正孔の注入効率によって津速されることを明らかにしている。本章で得られた結果は、素子性能の改善のための指針となり、その具体的な新技術については以下の第5、6章において述べる。

第5章は新接合構成による $a-SiC:H$ TFLEDの発光強度の改善についてまとめたものである。 $a-SiC:H$ TFLEDを表示ディスプレイとして実用化するためには、現状の輝度はまだ不十分でその輝度をさらに高めなければならない。高い発光強度を得るためには、まず電子・正孔を効率よく i 層に注入すること、そして注入されたこれらの担体を効率よく i 層内で発光再結合させることが重要である。本章では、 $p-i-n/p-i-n$ タンデム構造、 i 層超格子構造、ホット・キャリア・トンネリングを利用する構造など新構造を持ったTFLEDを作製し、輝度の改善を試みた。これらのアプローチにより、従来の構造と比較して、輝度は1桁以上改善できた。例えば、黄色発光の輝度は約20cd/m²に向上した。

第6章は新材料による $a-SiC:H$ TFLEDの輝度の改善についてまとめたものである。担体注入効率を高めるために、優れた注入層としての高導電性かつワイド・ギャップ p, n 形微結晶 $SiC:H$ を開発した。 p, n 形微結晶 $SiC:H$ はECRCVD法により作製され、従来の $p, n-a-SiC:H$ よりその導電率は6桁以上高く、光学ギャップも2.5eV以上まで広げることができるものである。微結晶 $SiC:H$ の実現にはECRプラズマ中の高密度の水素ラジカルの存在が重要であることを明らかにした。この新材料をTFLEDの注入層に応用した結果、輝度は従来のrfプラズマCVD法で作製されたTFLEDと比べて5倍以上高くなり約13cd/m²に向上している。また本研究で開発した高導電率 p 形微結晶 $SiC:H$ はほかのオプトエレクトロニクス機能素子の高性能化に役立つ一例として、本材料をヘテロ接合窓層として用いた太陽電池は拡散電位が格段と大きくなり、12%と言う高い変換効率を得たことを明らかにした。

第7章では上記各章で得られた研究成果をまとめ、本研究の結論を述べている。 $a-SiC:H$ TFLEDは低コスト・大面積・フラットパネル型などの特長をまとめて説明し、さらに本研究の残された課題についても検討した。

論文の審査結果の要旨

アモルファス・シリコン・カーバイド（以下 $a-SiC$ と記す）は、 Si と C との組成比の調整により、その禁止帯幅エネルギーが1.8eV～3.5eV、つまり光の波長にして近赤外から、可視光の全領域にわたって自由に、しかも連続的に制御できる新素材である。本論文はこの材料の製法から禁止帯幅と価電子制御に関する一連の基礎物性の評価を行い、その成果をもとに可視光薄膜発光ダイオード（TFLEDと記す）の試作に関する研究をまとめたものである。

本論文では、まず a-SiC の成膜法について SiH_4 と CH_4 などの原料ガスを適当な比率で混合し、クロスフィールド法という独特のプラズマ分解炉によって、高品位の膜質を得る技術を開発し、ついで、原料ガスに B_2H_6 や PH_3 などドーピング・ガスを混合し、p 形および n 形 a-SiC 半導体膜ができることを実証した。さらに、この材料の電氣的並びに光学的性質と構成原子の組成比との関連を明らかにし、フォトルミネッセンスなどの一連の物性評価を行い、その光電特性を解明した。

こうした新素材に関する研究成果に基づいて、可視光薄膜発光ダイオードの試作に世界で初めて成功した。すなわち赤・黄・緑などの任意の発光色を出すための a-SiC のシンセティック・マテリアルとしての一連のデータを取りそろえた。また発光効率を改善するためにも、ダブル・ヘテロ接合構造、超格子構造、スタック型構造などいくつかの新しい素子構成の提案を行い、合わせて、その発光機構についても検討を試みた。

以上のように、本論文は a-SiC という新素材の開発とその基礎物質に新しい知見を提供するのみならず、本研究で開発した TFLLED は大面積が可能で、その動作電圧も 10~15 V と低く、任意の色を出せることから、情報処理機器の新しい表示素子への応用、OE-IC (オプト・エレクトロニクス集積回路) などその応用技術にも先駆的な貢献するところ多く、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。