

審査の結果の要旨

氏名 山崎 俊輔

本論文は、「光化学気相堆積法による Wz-GaN の室温成長」と題し、光化学気相堆積法 (PCVD) による Wz-GaN を中心としたⅢ族窒化物の室温成長の実現、V/Ⅲ族原料ガス比依存性、組成分析、および発光特性評価の成果を記述したものであり、5章と補遺からなる。

第1章「序論」では、GaN を中心としたⅢ族窒化物と室温成長法に関する研究背景と状況を述べており、本論文の構成と目的を示している。本研究の目的は PCVD による Wz-GaN の室温成長の実現であり、目標は低温 ($\sim 5\text{K}$) において 3.47eV 、室温で 3.39eV で発光し、低温における発光ピークの半値全幅が $\sim 10\text{meV}$ の発光特性を示す GaN の成長と定めている。

第2章「原料物質の光分解と GaN 成長メカニズム」では、PCVD により GaN を成長するにあたって、その原料物質を光分解するために光源が満たすべき条件や分解のメカニズム、また GaN の成長に寄与する活性種について調査した結果を記している。さらに予備実験として、PCVD によりⅢ族金属である Al, Ga, In の室温堆積を行い、特に Ga についてエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDX) を用いて組成評価を行っている。これによって PCVD によるⅢ族金属の室温成長を確認している。

第3章「基板裏面照射 PCVD による GaN 室温成長」では、PCVD において基板裏面から光照射することにより GaN の室温成長を行った結果について述べている。サファイア基板の裏面から Nd:YAG レーザーの 5 次高調波 (波長: 213nm) を照射して、GaN の室温成長を行った結果、V/Ⅲ族原料ガス比を 50000 以上とすることにより、低温におけるフォトルミネッセンス (PL) スペクトルのピークエネルギー 3.37eV 、ピークの半値全幅 7.02meV を示す GaN を成長させ、この発光は Wz-GaN 中の Zb-GaN が量子井戸として振る舞った結果であると考察している。また、X 線光電子分光法 (XPS) を用いた組成分析から、V/Ⅲ族原料ガス比 500000 で成長した GaN サンプルにおける Ga と N の組成比を $54.5:45.5$ と推定し、PCVD による GaN の室温成長が実現したと主張している。さらに、Ga 源、N 源に In 源を加えて成長を行うことで、PCVD による InGaN の室温成長を行い、発光特性を評価した結果についても記している。

第4章「PCVD による Wz-GaN の室温成長」では、Zb-GaN の混じらない、Wz-GaN の室温成長実現を目指した結果を記している。装置を改造することにより、基板の表面から光を照射しても基板に十分に光が届き、また光学窓への堆積を抑制できる機構を開発している。V/Ⅲ族原料ガス比 8000 として堆積を行い、得られた GaN サンプルについて走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた観察により、粒子状の堆積物を伴う部分 (領域 A) と、樹枝状 GaN を伴う部分 (領域 B) を観察している。領域 A の発光特性につ

いて PL スペクトル測定により、 3.47eV にピークを持つ発光を観測し、これは中性ドナーに束縛された励起子の再結合によるものと推定している。この発光ピークの半値全幅は 15meV であり、発光ピークエネルギー及び半値全幅ともに目標が達成されている。また室温では 3.40eV での発光を確認している。さらに、GaN/サファイア基板の応力評価により、PCVD を用いた室温成長が残留応力の抑制に効果があることを明らかにし、PCVD による良好な発光特性を示す Wz-GaN の室温成長が実現したことを確認している。また樹枝状 GaN の観察された領域 B について PL スペクトル測定により 3.55eV にピークを持つ発光を観測し、これを GaN の量子サイズ効果によるものと考察している。

第 5 章は「結論と展望」であり、本論文で得られた結果のまとめと今後の展望を述べている。

補遺では近接場光によって誘起される GaN の非断熱過程を利用した光検出器への応用の可能性について述べている。

以上のように、本論文はナノフォトニックデバイス用の材料として有望な GaN を光を用いて室温で作製し、その光学特性を定量的に評価した結果について記したものであり、光エレクトロニクスを中心とする電子工学に貢献するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。