

氏名(本籍)	あか ばね こう いち 赤羽浩一(長野県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第2882号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	高指数面上におけるInGaAs量子ドットの自己組織化機構およびその物性に関する研究
主査	筑波大学教授 工学博士 川辺光央
副査	筑波大学教授 理学博士 秋本克洋
副査	筑波大学教授 工学博士 片山良史
副査	筑波大学教授 工学博士 長谷川文夫
副査	筑波大学助教授 博士(工学) 秩父重英

論文の内容の要旨

電子が3次元に閉じ込められた量子ドットにおいては、状態密度がデルタ関数化し、レーザーなどの素子へ応用する場合、その特性が飛躍的に向上することが理論的に予想されている。量子ドット形成方法の一つに、歪系半導体結晶成長時に歪層が2次元成長から3次元成長に移行するいわゆるS-Kモードによる自己組織化成長がある。これは、マスクフリーな真空一貫プロセスでの量子ドット形成であるため、プロセスによるドットへの汚染、ダメージが軽減できるという利点を持つ。しかしながら、成長機構に由来する量子ドットのサイズ揺らぎの発生や、高密度化及び位置制御が困難であるという問題点がある。

本論文では、この問題を解決するために高指数面であるGaAs (311) B基板を用いることにより、配列構造を有する高密度自己組織化量子ドットの作製に成功している。高指数面であるGaAs (311) B基板は、通常用いられている(001)基板とは異なり、量子ドットを形成する層の下地の影響を非常に強く受ける成長機構が存在することを明らかにした。また、InGaAs系の量子ドット作製時には、ドット内でIn-richな部分とGa-richな部分が形成されるいわゆる相分離が起こることや、GaAs (311) B基板上における量子ドットの配列構造形成の一因として(311) B面上の歪分布の異方性が挙げられることなどを示した。

さらに、このようにして作製したサイズが均一で高密度な量子ドットのPL測定を中心とした光学特性の評価を行っている。配列構造を有し、高密度に形成された量子ドットにおいては、量子ドットが横方向に結合し、その周期性が完全な場合、量子ドット超格子となるが、量子ドットに横方向の結合が存在するということを磁場中のPL測定、及び時間分解PL測定により、確認している。

現在、量子ドットのレーザーへの応用は、長距離光ファイバー通信用の光源となる $1.3\mu\text{m}$ もしくは $1.55\mu\text{m}$ で発振するものをターゲットとして研究が進められている。この点から、本研究では、InP (311) B基板を用い、歪補償中間層を介したInAs積層量子ドットの作製を行っており、InGaAs/GaAs系における積層量子ドットの問題点であった歪の蓄積に伴う量子ドットのサイズの変化を抑えた積層量子ドットの作製に成功し、室温において $1.55\mu\text{m}$ 帯発光も確認している。

審査の結果の要旨

量子ドットは、物性および応用の両面から多くの注目を浴び、長きにわたって研究が進められてきた。基礎物理の点では大きく進歩したが、応用面では、目覚しいものはない。その原因の一つが、サイズの均一化と高密度化である。本研究では、特殊な基板面方位をつかって高密度を図り、さらに歪緩和積層構造の形成により、20層以上の多層構造を実現し、レーザおよび検出器への応用に一步近づいたといえる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。