

学位論文の要旨

フリガナ氏名	大堀 大介
専攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 物質・情報工学専攻 平成26年度(4月)入学
学位論文 題目	ナノディスク半導体の面内方向量子閉じ込め効果による発光再結合
<p>【論文の要旨】 (和文の場合1,200字程度、英文の場合800語程度)</p> <p>半導体量子ドットは電子を3次元に閉じ込めることで状態密度分布がデルタ関数になる。そのため高い温度安定性と低い閾値電流を持つレーザー構造として応用することが期待されているが、量子ドットの大きさ、間隔、密度を極めて高精度に制御することが重要となる。量子ドット作製技術には、形状制御に優れたトップダウン法があるが、プラズマエッチング時に、UVフォトンなどによってエッチング表面の形状が悪化するという問題があった。そこで、密度制御のために酸化鉄コアを内包したフェリチン分子を採用し、さらにプラズマを中性化した中性粒子ビームをエッチングに用いたことにより、これまで以上にダメージの少ない高密度の円盤状量子ドット構造(ナノディスク:NDs)を作製することができた。</p> <p>そこで本論文では、上記の新規手法で作製された高密度ND試料に対してフォトルミネッセンス(PL)法により発光再結合過程を調べることで、量子構造固有の光学遷移を見だし、NDsの光学デバイスとしての有用性を立証した。まず、NDsに加工する前の多重量子井戸(MQW)構造の品質の確認を行った。障壁層幅を12 nmと一定とし井戸層幅のみを8と12 nmと変えた試料に対してPL測定を行った結果、得られた発光ピークエネルギーの違いは、井戸層幅の違いによって生じたものであり、理論計算とも一致した。このことにより、加工前のMQW構造は膜厚を高精度に制御できていることがわかった。</p> <p>次に、GaAsとAlGaAsを厚さ8 nmずつ交互に積層したMQW試料を用意し、バイオテンプレートマスクとした中性粒子ビームエッチングならびにAlGaAs再成長を行った。これによりAlGaAs母結晶中に埋め込まれたGaAs ND試料を用意した。NDの最小直径および厚さはそれぞれ7及び8 nmであった。これら試料に対してPL測定を行ったところ、1.64と1.66 eVにPLピークを観測した。二つのピークエネルギーは3次元有限要素法を用いたシミュレーション結果とも良い一致を示した。以上により、直径7 nmという非常に小さなNDによって、強い面内方向の電子の閉じこめが実現でき、MQW試料よりも高エネルギー側での発光再結合遷移を観測できた。</p> <p>さらに、中性粒子ビームによる極限加工がもたらす、エッチング表面のダメージ軽減への寄与を調査した。中性粒子ビームエッチング後のAlGaAs再成長を行わないナノピラー(NP)構造の状態でのPL発光再結合を調べ、特徴的なブロードな発光を確認することに成功した。この発光エネルギーは、表面SEM観察から得られたNP直径の分布と、3次元有限要素法を用いたシミュレーション結果と良い一致を示した。このような構造での発光が確認できたのは初めてのことであり、新しいナノ構造の発光素子としての応用の可能性を確認できた。</p> <p>以上のことから、中性粒子ビームとバイオテンプレートを用いたトップダウン法は、高品質なNDを実現でき、高効率な発光デバイスを実現するための重要な技術であることが分かった。</p>	

- (注1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻を記入すること。
(注2) フォントは和文の場合、10.5ポイントの明朝系、英文の場合12ポイントのtimes系とする。
(注3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
(注4) 和文又は英文とする。