

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、GaN/AlGaIn 量子井戸と二次元フォトニック結晶を利用することにより、中波長赤外領域中の所望の波長で狭帯域な強い輻射を発する熱輻射光源を実現したものである。一般的に熱輻射光源は広帯域な発光スペクトルを示し、それを克服する様々な狭帯域熱輻射光源が提案されてきたが、不十分なスペクトル制御や高温耐熱性の制限による低い出力という課題を抱えていた。それに対し本論文では、高温耐熱性と物質内吸収の波長制御性に優れた GaN/AlGaIn 量子井戸に着目し、それを用いた狭帯域な吸収係数スペクトルの制御と二次元フォトニック結晶による光共振モードの制御を同時に行うことにより、高温・高出力な狭帯域な発光スペクトルとその電圧制御を実現している。本論文に示されている主な成果は以下のようにまとめられる。

1. GaN/AlGaIn 多重量子井戸において、所定の波長に狭帯域なサブバンド間吸収を生成するための設計と評価を行った。さらにフォトニック結晶を導入し、放射率ピークの最大化と面垂直方向への輻射を可能とする熱輻射光源の設計を行った。その後、GaN/AlGaIn 狭帯域熱輻射光源の作製手法を確立した。作製した熱輻射光源を評価し、波長 4 μm 付近で極めて狭帯域($Q \sim 100$)な熱輻射スペクトルを 700 $^{\circ}\text{C}$ という高温において実証した。
2. GaN/AlGaIn 熱輻射光源において、大面積化による高出力化を実現するため、2次元フォトニック結晶を支持する低屈折率基板を導入することを提案・実証した。具体的には、サファイア基板の導入により 10 mm^2 以上の大面積光源を作製することに成功し、基板を導入しない光源と比べて 10 倍以上の高出力化を実現した。
3. 熱輻射強度が温度以外に物質の吸収係数にも依存することに着目し、GaN/AlGaIn 量子井戸の電子密度を pn 接合への印加電圧で制御することで、中波長赤外領域の熱輻射強度の電圧制御を実証した。はじめに、室温で GaN/AlGaIn 量子井戸の電子密度制御を行い、サブバンド間吸収の電圧変調動作を確認した。続いて、狭帯域熱輻射の電圧制御に適したフォトニック結晶光源の設計・作製を行い、波長 4 μm 付近で、狭帯域($Q > 40$)熱輻射スペクトルの電圧変調を 500 $^{\circ}\text{C}$ という高温下において実証することに成功した。

以上で開発された GaN/AlGaIn 狭帯域熱輻射光源は、従来の狭帯域熱輻射光源の課題を克服した重要な進展であると位置づけられ、今後、熱輻射光源の応用分野を大きく拡張することが期待される。このように、本論文は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 30 年 4 月 21 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 1 4 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。