

審査の結果の要旨

氏名 田中 肇

本論文は「ドレスト光子フォノンを用いた pn ホモ接合 Si 赤外レーザー」と題し、全 5 章および付録からなる。

第 1 章「本研究の背景」ではまずレーザー発展の歴史、さらにシリコン (Si) を発光素子材料として利用するための研究を概観している。次に本研究の目的はドレスト光子フォノン (DPP) を利用しバンドギャップエネルギーに制限されずに間接遷移型半導体である Si でも赤外光を高効率に発光させ、低値電流密度が小さく、高出力の pn ホモ接合 Si 赤外レーザーを実現することであると記している。

第 2 章「原理」では DPP の理論モデルの導出と DPP により発現する光学過程について説明している。次に DPP が効率良く発生するよ構造を作製するための DPP 援用アニール加工法について述べている。さらに DPP 援用アニール加工後により実現したボロン原子の独特の空間分布に関する先行研究を紹介している。

第 3 章「低しきい値電流密度 Si レーザー」では赤外光に対する Si の透明化電流密度が非常に小さいことから、低しきい値電流密度の Si レーザーの実現を試みている。まず光増幅型赤外 Si-PD を用いて大きな光閉じ込め係数を持つ光導波路構造を設計している。次にこの導波路を作製するために新規のプロセスを提案している。実際に作製した Si レーザー#1 はしきい値電流密度 40 A/cm^2 という低い値を示し、動作時室温 25 度、波長 $1.4 \mu\text{m}$ にて鋭い発振スペクトルを示しており、低しきい値電流密度 Si レーザーの実現を確認している。

第 4 章「高出力 Si レーザー」では赤外光に対する Si の吸収損失が極めて低いことに注目し、高出力 Si レーザーの実現を試みている。すなわち導波路幅の広い光導波路を作製し、Si の光増幅特性を評価し、大出力化への道筋をつけている。これに基づき大きな導波路幅と長い共振器の長い Si レーザー#2 を作製し、その発振スペクトルがアニール波長に一致したピークとフォノンサイドバンドを持つことを確認している。次に共振器をさらに長くし、断面積を大きくした Si レーザー#3 を作製し、しきい値電流密度 12 A/cm^2 、 33.3 A/cm^2 における両側出力パワー 220 mW (外部量子効率 4.6%)、外部微分量子効率 7.2% を実現しており、高出力かつ低しきい値電流密度の Si レーザーを実証している。

第 5 章「まとめ」では本研究で得られた知見、意義について示した後に今後の展望を記している。

なお、付録 A「光増幅型赤外 Si-PD」では第 3 章の議論に用いた素子の原理と性能について略説している。

以上を要するに、本論文はドレスト光子フォノンを用いて高出力かつ低しきい値電流密度という二つの性能を兼備する Si レーザーを実現したものであり、電子工学の発展に寄与するところが少なくない。よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。