

高度情報化・低炭素化社会に向けた ワイドギャップ半導体量子光電子デバイス

<スタッフ> 片山 電二 教授、上向井 正裕 助教

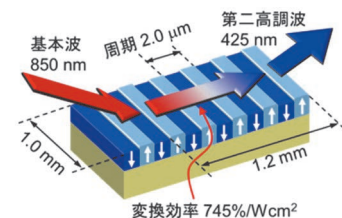
本研究室では、ICT・IoTの発展に伴い必要とされるビッグデータ解析や人工知能といった次世代技術を支える量子並列超高速情報処理システムや、超小型・省エネルギーなコヒーレント光源の実現による高度情報化・低炭素社会への貢献を目指し、種々の量子光電子デバイスの研究開発を行っています。特に半導体レーザと非線形光学素子による集積光源、ワイドギャップ半導体量子井戸・量子ドット中の量子事象を利用した量子光源などのデバイス開発とともに、これらを集約した量子コンピュータを始めとする新規システムを開拓しています。

TOPICS1

最新研究トピックス

高効率・小型な波長変換型未踏波長光源の開発

近年の半導体発光素子開発の成果として、InGaN 青色発光素子に関する日本人研究者のノーベル賞受賞は記憶に新しいですが、その一方でこれまで本材料系の光学非線形性に着目した研究は皆無でした。本研究室では、本材料系の光学非線形性を利用した深紫外光源を提案しています。そもそも本材料系の光学非線形性は強誘電体に匹敵し、かつ光損傷耐性が高いため高出力化が可能です。実際に GaN の結晶方位を周期反転した光導波路を作製し、高効率の紫色第二高調波発生に成功し、その波長変換効率が同帯域の強誘電体を凌ぐことを初めて実証しました。現在は青色 InGaN レーザ光源と波長変換素子の集積による超小型深紫外光源の開発を行っています。また GaAs 系半導体 2 波長集積レーザと光導電アンテナを組み合わせた、小型で安定なテラヘルツ波発生モジュールの開発も行っています。これらの素子は何れも、従来の巨大で大電力を消費する光源をリプレイスできることから、革新的な省エネルギー化と応用領域の拡大につながります。



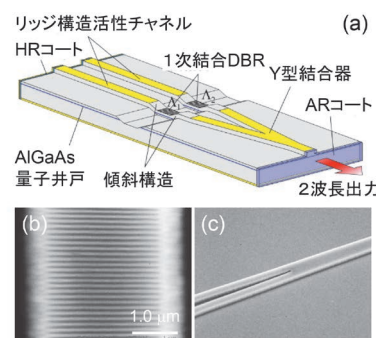
周期的極性反転 GaN 光導波路型波長変換素子の模式図。

TOPICS2

最新研究トピックス

ワイドギャップ半導体を用いた量子光源の開発

近年の情報処理技術の発展に伴う計算速度向上の要求に反して、これまで 50 年間続いたトランジスタの小型化による古典計算の速度向上は限界を迎えています。これに対し量子計算機は超並列演算が可能であることから、この速度飽和の解決策となります。量子情報は様々な量子状態で表現できますが、このうち「光」を用いる系は、緩和時間が長く量子計算に適するとして、有力視されています。本研究室では、この計算機の実現と普及に必須である、量子もつれ光子対光源・単一光子光源（量子光源）の開発を行っています。波長変換素子を用いて、一光子から量子相関を持つ二光子を発生することが可能です。また GaN や ZnO などのワイドギャップ半導体中で安定に存在する励起子分子と、光共振器中に形成する励起子ポラリトン準位の間での共鳴散乱を用いることでも実現できます。更に半導体量子ドット中の励起子分子や励起子準位間の遷移を用いて、高スペクトル純度・高温動作の量子光源が期待されています。これまで培ってきた薄膜結晶成長技術と微細加工プロセスを駆使し、これら種々の原理に基づく量子光源の開発を行っています。



テラヘルツ波発生用 GaAs 系 2 波長集積レーザデバイス。

(a) デバイスの構造模式図、

(b) DBR の走査型電子顕微鏡像、

(c) Y 型結合器の走査型電子顕微鏡像。

TOPICS3

最新研究トピックス

超小型・高安定な光導波路型量子コンピュータの開発

近年、Hong Ou Mandel 干渉や量子もつれといった量子事象に基づく量子光学分野の研究や、量子光源を用いた量子計算の原理実証実験が精力的に行われています。ところがこれらの実験には、大型レーザとバルク波長変換結晶、レンズ・反射鏡等による自由空間光学系が用いられ、わずか数ビットの量子回路にも関わらずシステムのサイズが光学定盤一台分と巨大であり、光学調整が困難で安定性に乏しいという問題があります。これらを実用化に供するには、更なる小型化が必須です。そのため、本研究室では従来の自由空間光学系に替えて、光導波路を用いた小型化に挑戦します。上記の量子光源と、方向性結合器・量子干渉計により構成した光導波路型量子ビットをひとつのウエハ上に集積化した、超小型で光軸調整不要の高安定な量子計算モジュールを開発しています。この実用化への糸口を拓くことで、気象災害予報、新材料開発、創薬・遺伝子解析や人工知能など、暮らしの安全・材料科学・医療・産業の発展を目指しています。



光集積回路など微細構造の作製に用いる電子ビーム描画装置。