

ワイドギャップ半導体を用いた新規波長変換デバイスの開発 —極性反転導波路と微小共振器—

Development of Novel Wavelength Converters Made of Widegap Semiconductors:
Polarity-Inverted Waveguide and Microcavity

阪大工 °片山 竜二, 上向井 正裕, 谷川 智之

Grad. School of Eng., Osaka Univ., °Ryuji Katayama, Masahiro Uemukai, Tomoyuki Tanikawa

E-mail: katayama.ryuji@eei.eng.osaka-u.ac.jp

近年、窒化物半導体光源により照明の劇的な省エネルギー化と高密度情報記録が実現され、青色 InGaN レーザの電力光変換効率は 40%を超える。一方で深紫外半導体レーザは産業・医療分野での強い要請にも関わらず未だ実現されず、代わりに極端に低効率・短寿命の大型レーザが用いられる。これは紫外発光する AlGaIn がワイドギャップのため電流注入が本質的に困難である事が原因であり、従来の電流注入とは原理の異なる、深紫外光発生方法の開発が急務である。一方で IoT, AI や機械学習に要するビッグデータを処理する計算速度の劇的な向上が求められるが、ムーアの法則は限界を迎えた。これをうけ近年量子コンピュータの開発が進むが、そのほとんどの事例では極低温動作を要するため、広範な普及は難しい。これに対し光を用いれば室温動作が期待され、万能光量子コンピュータが一昨年提案されたが、励起光源に大型レーザ、量子光源にバルク波長変換デバイス、量子ゲート部に自由空間光学系を使用し、システムが巨大なうえ調整困難・不安定性なため実現に至らず、集積化によるシステムの劇的な小型・安定化が求められる。

そこで本研究室では現在、高効率な InGaN レーザと波長変換デバイスをモノリシック集積した深紫外レーザと併せて、同様に InGaN レーザを励起光源、波長変換デバイスを量子光源として用い、全構成要素を光導波路型素子で置き換え実装した小型・安定な光量子コンピュータの開発を目指している。上記 2 つのシステムの肝、つまりコアデバイスとなる二次非線形光学効果を用いた波長変換デバイスの効率は、励起光パワー密度に比例することから、小断面積・小体積の光導波路や微小共振器の導入が望ましい。この指針のもと我々はこれまで、ワイドギャップ半導体である窒化物半導体の強い光学非線形性に着目し、従来強誘電体で作製されてきた周期的分極反転構造をエピタキシャルに形成した GaN 導波路型波長変換デバイスによる第二高調波発生を実証した。さらに近年、横型擬似位相整合および微小共振器位相整合なる新規な超小型波長変換デバイスを提案し、そのプロトタイプの実験と原理実証に成功した。本講演では、これらの動作原理について概説し、デバイス作製に用いた表面活性化ウエハ接合ならびに結晶異方性エッチングプロセス、第二高調波発生の実証実験の結果に加え、関連研究で得られた成果を紹介する。

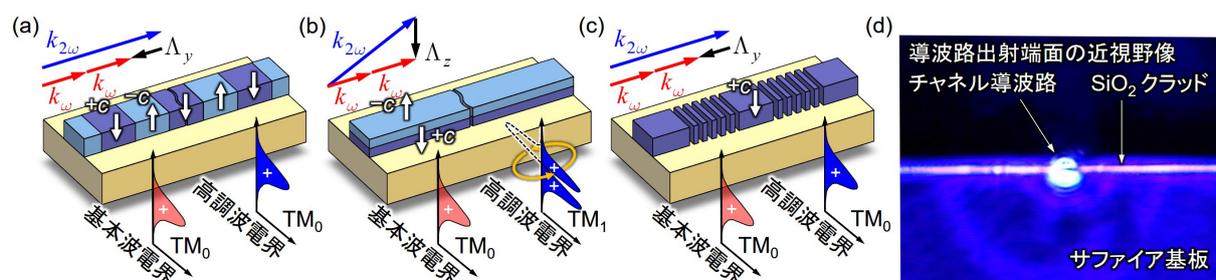


図 1 本研究室で開発したワイドギャップ窒化物半導体波長変換デバイスの概念図と実験結果：
(a) 縦型擬似位相整合, (b) 横型擬似位相整合, (c) 微小共振器位相整合, (d) (b) の第二高調波発生。