

ワイドギャップ半導体の分極制御と量子光学応用：遠 UVC 全固体光源 Polarization Control and Quantum Optical Application of Widegap Semiconductors: Far Ultraviolet C All-Solid-State Light Source

阪大工 〇片山 竜二, 上向井 正裕, 谷川 智之

Grad. School of Eng., Osaka Univ., 〇Ryuji Katayama, Masahiro Uemukai, Tomoyuki Tanikawa

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

新型コロナウイルス SARS-CoV-2 に代表される病原性ウイルスの消毒には波長 280 nm 以下の UVC 光の照射が有効であるが、手指や生活空間のエアロゾルへの照射には、260 nm 付近の光は人体組織の DNA も同時に破壊するため適さず、代わりに角質表層で強く吸収され深部組織へダメージを与えない波長 220 nm 付近の遠 UVC 光が好適とされる[1]。この帯域の既存光源であるエキシマランプ・レーザは希ガスが高価で電力光変換効率も低いことから、これに代わる安価で高効率な光源が求められる。近年深紫外発光ダイオードの開発が活況であることに加え、昨年 UVB、UVC 領域で相次いで AlGaIn レーザの電流注入発振が報告されたことも相まって、遠 UVC 領域の高効率な固体光源の実現に期待が高まる。ただし発光ダイオード、レーザともに、ワイドギャップ化に伴い電流注入効率が顕著に低下するため、高効率デバイスの実現は困難である。

現在エキシマランプ・レーザに代わる遠 UVC 光発生法として、 BaB_2O_4 や $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ などの複屈折性のバルク非線形光学結晶を用いた波長変換光源の例があるが、これらは吸湿による劣化が激しく、他にも適切な候補材料がない。また非線形光学定数が小さいことから高パワー励起が必要なため、長波長のファイバレーザの 4~8 倍波など多段の波長変換過程を経るため、構造も大型・複雑となり、より短波長のレーザからの直接変換が望まれる。そこで本研究室では、高効率可視光源を基本波として用いた、第二高調波発生による直接変換を検討している。

基本波は 450 nm 帯の InGaIn 青色レーザを想定し、その電力光変換効率は既に 40% を超える[2]。この基本波を高効率に波長変換する材料として、 $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ の数十倍もの強い光学非線形性を有する AlN を用いる。また、以下の二種の新規な波長変換素子構造を提案している。まず一つ目の構造として、結晶方位（極性、自発分極）を反転した薄膜を積層させた光導波路（横型擬似位相整合）を用いる。このとき励起パワー密度の増大により、バルク素子に比べ劇的に高効率化できる。かつ、一般に短波長では短周期構造を要するために作製が困難となる、コンベンショナルな周期分極反転導波路（縦型擬似位相整合）と同等の効率を実現しながらも、ウエハ接合やエピタキシャルな極性・分極制御により遥かに容易に作製できる。また二つ目の構造として、波長オーダーの微小共振器に光波を強く閉じ込め反射位相を厳密に制御すると、分極反転を用いずとも波長変換できる（微小共振器位相整合）。これらの新規素子構造の特徴は、AlN のような従来波長変換に用いられてこなかった低複屈折常誘電体を使用できるなど、材料選択の自由度が飛躍的に向上し、更には、小断面積・小体積化により高効率化が見込めることである。

講演では、ワイドギャップ半導体の分極を制御して実現できる量子機能として、上記新規素子で実証した可視域第二高調波発生と、遠 UVC 帯域の全固体光源開発の進捗について紹介する。

[1] M. Buonanno, B. Ponnaiya, D. Welch, M. Stanislauskas, G.R.-. Pehrson, L. Smilenov, F.D. Lowy, D.M. Owens and D.J. Brenner, *Radiat. Res.* **187(4)**, 483 (2017).

[2] M. Murayama, Y. Nakayama, K. Yamazaki, Y. Hoshina, H. Watanabe, N. Fuutagawa, H. Kawanishi, T. Uemura, H. Narui, *phys. stat. sol. (a)* **215**, 1700513 (2018).