

AlN 微小二重共振器型 面発光 DUV 第二高調波発生デバイスの検討

Study on AlN Doubly-Resonant Microcavity Surface Emission DUV SHG Device

阪大院工¹, 阪大電顕センター², ○南部 誠明¹, 矢野 岳人¹, 永田 拓実¹, 田辺 凌¹,

梅田 颯志¹, 市川 修平^{1,2}, 藤原 康文¹, 上向井 正裕¹, 谷川 智之¹, 片山 竜二¹

Osaka Univ.¹, Research Center for UHVEM²

○Tomoaki Nambu¹, Taketo Yano¹, Nagata Takumi¹, Ryo Tanabe¹, Soshi Umeda¹, Shuhei Ichikawa^{1,2},
Yasufumi Fujiwara¹, Masahiro Uemukai¹, Tomoyuki Tanikawa¹ and Ryuji Katayama¹

E-mail: nambu.t@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の世界的流行より、深紫外線 (DUV) を用いたウイルス不活性化や細菌消毒に大きな注目が集まっている。中でも波長 230 nm 近傍の深紫外光は皮膚最表面の角質層で吸収されるため、殺菌・消毒を目的として人体への直接照射が可能である。DUV 光源として、発光波長 265 nm 近傍の AlGaIn LED が既に市販化されているが、ワイドギャップ材料の絶縁性より、発光波長の更なる短波長化は困難である。またエキシマランプ等も実用化されているが高価、低寿命といった問題がある。DUV 光源のもう一つの有力な候補として第二高調波発生 (SHG) デバイスが挙げられる。我々はこれまで、高い光学非線形性と光損傷耐性を有する窒化物半導体を用いた SHG デバイスとして GaN 微小二重共振器型 SHG デバイスを提案し、原理実証に成功している [1]。本発表では、上記デバイスを面発光型に応用し、更に非線形媒質に 210 nm まで透明な AlN を採用した新規 SHG デバイスを提案する。

デバイス構造を Fig. 1 に示す。コヒーレンス長の射影成分 $L_c \cos\theta$ (θ : 波長変換領域内基本波伝搬角) を単位として結晶軸方向に n 回 (≥ 0) 極性反転した AlN 波長変換領域を挟むように設けた高反射率誘電体多層膜 ($\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$) 分布ブラッグ反射鏡 (DBR) により、角度 45° で斜入射した基本波 (440 nm) は共振器内部で増強、長距離伝搬する。一方 SH 波 (220 nm) に対しては、上下の DBR 反射率をそれぞれ 0 と 1 とすることで、共振器内で発生した SH 波を随時デバイス斜め上方向に出射する。波長変換領域と下側 DBR の間に設けた位相調整領域により、進行方向の異なる 2 つの SH 波を位相整合させる。原理的には本デバイスの波長変換効率 η_{SH} は $(n+1)^{n+1}$ に比例して増大する。分光エリプソメトリにより実測した各材料の屈折率波長分散と AlN 膜厚から、伝達行列法を用いて $n=1$ での最適デバイス構造を計算した結果、1 W の基本波を $5 \text{ mm} \times 5 \mu\text{m}$ の領域に入射したとき、 η_{SH} は約 0.2% と計算された。

デバイス作製の最初のステップとして、1 cm 角に切り出した Si 基板上+c 極性 AlN 薄膜同士を表面活性化接合した後、フッ硝酸による片側 Si 基板除去を行った。結果として基板ほぼ全面での AlN 薄膜転写に成功した (Fig. 2)。当日はデバイス作製の進捗と光学特性評価についても併せて報告する。

[1] T. Nambu *et al.*, SPIE-OPTO, 10918-15 (2019).

謝辞：本研究は科研費17H01063、17H05335、JP19H02631、

の助成を受けたものです。併せて試料をご提供頂いた株式会社東芝研究開発センターの彦坂年輝様、布上真也様に感謝致します。

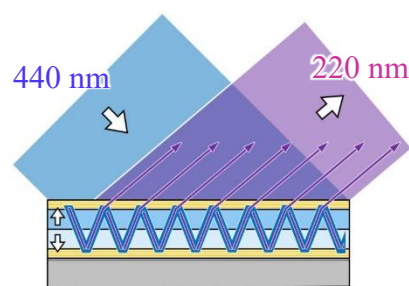


Fig.1 Schematic of AlN doubly-resonant microcavity surface emission DUV SHG device.

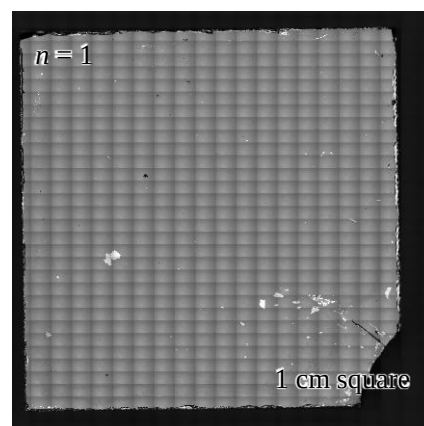


Fig.2 Optical microscope image of AlN polarity-inverted ($n=1$) film by surface activated bonding.