

GaN モノリシック微小二重共振器型第二高調波発生デバイスの作製

Fabrication of GaN Monolithic Doubly-Resonant Microcavity SHG Device

阪大院工 ○南部 誠明, 上向井 正裕, 藤 諒健, 山田 智也, 藤原 康文, 片山 竜二

Graduate School of Eng., Osaka Univ. ○Tomoaki Nambu, Masahiro Uemukai,

Ryoken Fuji, Tomoya Yamada, Yasufumi Fujiwara and Ryuji Katayama

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

窒化物半導体結晶は高い光損傷耐性と強い光学非線形性を有するが、常誘電性であるため高効率波長変換に必要な周期分極反転構造の形成が困難である。そこで我々は、厚膜 GaN 結晶を深掘りして作製する微小共振器型の波長変換デバイスを提案している。このデバイスはモノリシック構造であることから高安定で、共振器両側で反射位相調整することにより結晶方位の反転を不要とした。電場増強の効果により、全長 $10\mu\text{m}$ 程度の微小共振器型第二高調波発生 (SHG) デバイスで、およそ 50% の変換効率を実現できることを理論的に示した[1]。本発表では、このデバイスの作製プロセスについて報告する。

デバイス構造を Fig. 1 に示す。共振器長をコヒーレンス長とし、その左右に設けた GaN と空気からなる 3 次ブラッグ反射鏡は、デューティと周期を調整することで、基本波 (波長 824.5 nm) 反射率を 1 付近に保ったまま SH 波 (412.25 nm) 反射率を幅広く調整できる。左側から基本波を入射し、ほぼ 1 の反射率を持つ左右反射鏡で基本波を共振器内で顕著に増強させる。一方 SH 波に対しては、左右の反射鏡反射率をそれぞれ 1 と 0 とすることで、共振器内で発生した前進・後進 SH 波を共に右方向に出射する。共振器と左側反射鏡の間に位相調整領域を設けることで、前進 SH 波と位相が揃うように後進 SH 波を反射させ、位相整合させる。波長変換効率 η_{SH} と波長許容幅のバランスから、GaN 共振器長 1107.1 nm 、左側反射鏡はペア数 4、デューティ 0.335、周期 850.9 nm 、GaN と空気の位相調整層を 288.4 nm と 421.5 nm 、右側反射鏡はペア数 6、デューティ 0.287、周期 888.2 nm と決定した。 1 W の基本波を $2\mu\text{m}$ 径で入射すると、 η_{SH} は 50% となる。

GaN 側壁が a 面、m 面と平行になるような二通りの結晶方位のデバイスを作製し、GaN 側壁の垂直性・平坦性の側壁面方位依存性を調べた。EB 描画と EB 蒸着・リフトオフにより GaN 上に Ni/Cr マスク (厚さ $260, 10\text{ nm}$) を形成し、塩素系 ICP-RIE により $3.5\mu\text{m}$ エッチングした。このとき側壁傾斜角度は約 80° で、その平坦性も低かった。そこで KOH 水溶液を用いた異方性ウェットエッチング[2] (3 mol/L , 90°C , 90 min) により、側壁垂直性の改善を行った。その結果、a 面に平行な側壁の垂直性は劇的に改善したが、細長い m 面により構成される波板構造が出現し、平坦性は悪かった (Fig. 2(a))。一方で m 面に平行な側壁は高い垂直性と平坦性を有しており (Fig. 2(b))、これにより幅 $100\mu\text{m}$ に渡って設計通りのデューティと位相調整領域長を有する共振器構造を得ることができた (Fig. 2(c))。デバイスの光学特性については当日報告する。

[1] 南部他, 2017 年秋応物学会, 7p-A301-2 (2017) .

[2] M. Itoh *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **45**, 3988 (2006).

謝辞: 本研究は科研費 17H01063、17H05335、

17K19078 の助成を受けたものです。

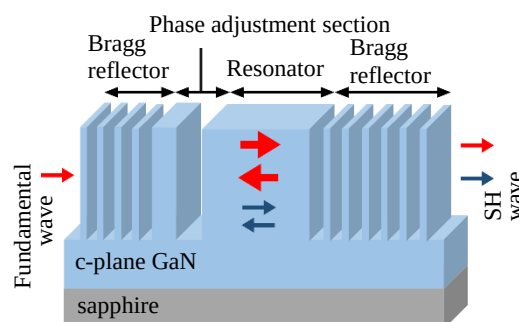


Fig. 1. Schematic illustration of GaN monolithic doubly-resonant microcavity SHG device.

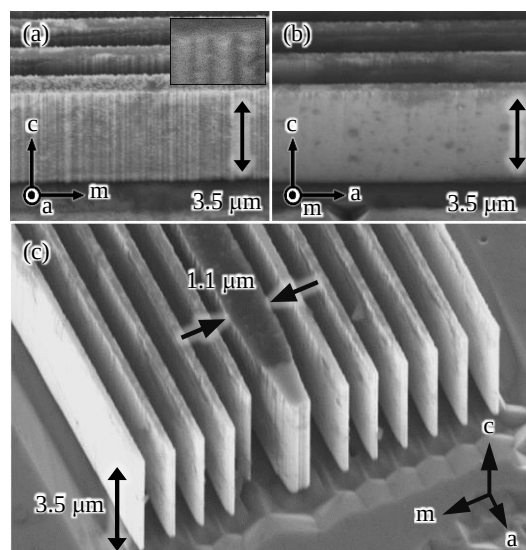


Fig. 2. SEM images of SHG device: (a) a-plane sidewalls (b, c) m-plane sidewalls