

AIN 光導波路型波長変換デバイスのための入力グレーティング結合器 Input Grating Coupler for AlN Optical Waveguide Wavelength Conversion Device

阪大院工¹, 三重大院工², 三重大院地域イノベ³

○森岡 佳紀¹, 山口 修平¹, 正直 花奈子², 林 侑介³, 三宅 秀人^{2,3},
塩見 圭史¹, 藤原 康文¹, 上向井 正裕¹, 片山 竜二¹

Grad. School of Eng., Osaka Univ.¹, Grad. School of Eng., Mie Univ.², RIS, Mie Univ.³

○Y. Morioka¹, S. Yamaguchi¹, K. Shojiki², Y. Hayashi³, H. Miyake^{2,3},
K. Shiomi¹, Y. Fujiwara¹, M. Uemukai¹ and R. Katayama¹

E-mail: morioka.y@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

AIN は強誘電体に匹敵する光学非線形性を有し、波長変換デバイスへ応用可能である。これまで我々は深紫外光発生用 AIN 極性反転積層チャンネル導波路第 2 高調波発生(SHG)デバイスの設計について報告した[1]。しかし、その導波路断面は $1.0 \times 0.3 \mu\text{m}^2$ 程度と微小であり、端面結合によるレーザ光入射は非常に困難である。光導波路型グレーティング結合器(GC)を用いれば、入力結合効率は低下するものの、その開口の大きさ(約 0.3 mm 角)から導波路端面結合に比べ入射ビームの位置合わせが格段に容易となる。本研究では、AIN スラブ導波路にレーザ光を結合させる入力 GC の設計と試作を行った。GC、テーパ型導波路、波長変換チャンネル導波路で構成されるデバイスを図 1 に示す。GC に照射された平行ビーム(波長 $\lambda = 532 \text{ nm}$)は収束円筒波に波面変換され、テーパ型導波路を伝搬しながらチャンネル導波路入射端に集光される。GC 開口を DPSS レーザのビーム径に等しい $0.32 \text{ mm} \times 0.32 \text{ mm}$ とし、収束導波光のビームウエストがチャンネル導波路導波モード電界振幅の $1/e$ 全幅に一致するよう、導波路内焦点距離を $r = 0.73 \text{ mm}$ とした。入射平行光と収束導波光の GC 面上における位相分布の差より、GC の m 番目ラインの形状式は、図 1 に示す座標を用いて

$$y k_0 \sin \theta - N k_0 \sqrt{x^2 + (y - r)^2} = 2m\pi + \text{const.}$$

と表される。ここで N は GC 領域の実効屈折率、 $k_0 = 2\pi/\lambda$ である。入射角を $\theta = 30^\circ$ とすると、グレーティング周期は 359 nm となる。GC 溝深さ d を決定するため、厚さ $0.30 \mu\text{m}$ の AIN プレーナ導波路における GC の、放射損失係数と入力結合効率の溝深さ依存性を計算し、図 3 中の曲線で示す。 $d = 28 \text{ nm}$ のとき η_{in} の最大値は 29% となり、これは端面結合効率 72% と比べ低いものの、効率 20% まで位置ずれを許容したとき、その許容幅 $0.5 \mu\text{m}$ から $200 \mu\text{m}$ まで大幅に拡大することがわかった。

次に AIN GC の放射損失係数の溝深さ依存性を実験的に調べるため、一對の直線 GC (図 2) を EB 描画と Cl_2 ガスを用いた ICP-RIE により AIN プレーナ導波路上に作製した。入力 GC に入射角 30° でレーザ光を照射すると導波光が励振され、出力 GC から出射光が得られた。出射光近視野像より導波光減衰係数を見積もったところ、溝深さが深くなるにつれ理論値より大幅に増加した(図 3 赤点)。これはグレーティング側面荒れによる散乱損失の影響だと考えられる。また試作した集光型 GC の SEM 写真を図 4 に示す。光学特性については当日報告する。

謝辞: 科研費 16H06415, 17H01063, 17H05335 の助成及び大阪大学フォトンクスセンターに感謝申し上げます。

[1] 山口他、応物秋季講演会, 7p-A301-4 (2017).

[2] T. Suhara and H. Nishihara, IEEE J. Quantum Electron., 22, 845 (1986).

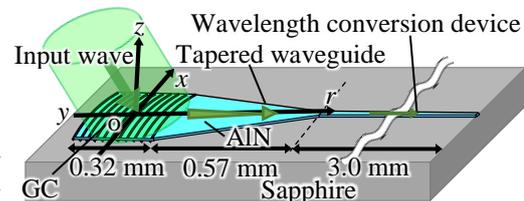


Fig. 1 AlN optical waveguide wavelength conversion device with input GC.

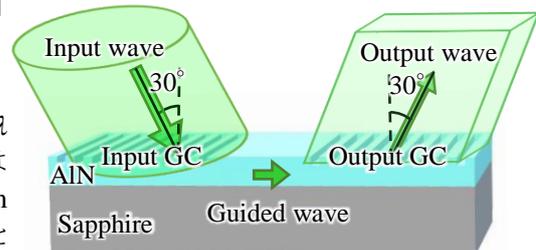


Fig. 2 Linear GCs for in- and out-coupling.

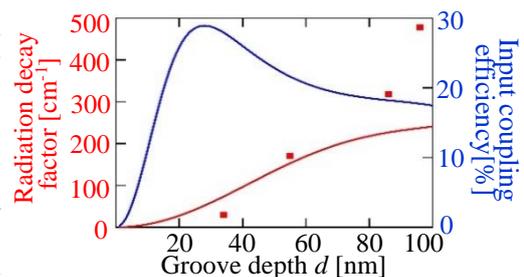


Fig. 3 Dependences of radiation decay factor and input coupling efficiency on groove depth.

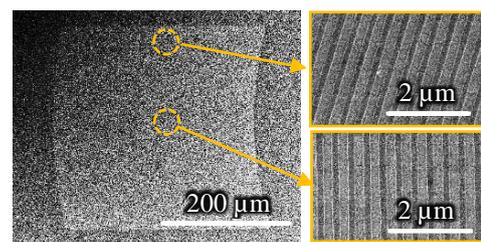


Fig. 4 SEM images of AlN focusing GC.