## ZrO<sub>2</sub>/ AIN 積層導波路を用いた深紫外第二高調発生デバイスの設計 **Design of Deep UV Second Harmonic Generation Device** with ZrO<sub>2</sub>/AlN Multilayer Waveguide 阪大院工 1, 名城大理工 2, 三重大地域イノベ 3 <sup>0</sup>山口 修平<sup>1</sup>, 上向井 正裕<sup>1</sup>, 高橋 一矢<sup>2</sup>, 岩谷 素顕<sup>2</sup>, 赤﨑 勇<sup>2</sup>, 林 侑介 3、三宅 秀人 3、山田 智也 1、藤原 康文 1、片山 竜二 1 Grad. School of Eng., Osaka Univ.<sup>1</sup>, Fac. Sci. & Tech., Meijo Univ.<sup>2</sup> and RIS, Mie Univ.<sup>3</sup> <sup>o</sup>S. Yamaguchi<sup>1</sup>, M. Uemukai<sup>1</sup>, K. Takahashi<sup>2</sup>, M. Iwaya<sup>2</sup>, I. Akasaki<sup>2</sup> Y. Hayashi<sup>3</sup>, H. Miyake<sup>3</sup>, T. Yamada<sup>1</sup>, Y. Fujiwara<sup>1</sup> and R. Katayama<sup>1</sup> E-mail: yamaguchi.s@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、かつ吸収端波長が 210 nm であるため深紫外波 長帯への波長変換に対する応用が期待されている。光伝搬方向に対し AIN の極性を周期的に反転 した縦型擬似位相整合(QPM)構造の一般的な第二高調波発生(SHG)デバイス[1]では、短波長 領域において1µm以下の極性反転周期が必要となり、作製が困難である。そこで我々は新規構造 として横型 QPM 構造 SHG デバイスを提案し、前回面内一斉に極性を反転させた AIN を積層した 極性反転積層構造 SHG デバイスの設計[2]について報告した。ただしこの構造は、変換効率が高い が AIN の極性を反転させる特殊な結晶成長プロセスが必要となる。そこで今回は非線形結合係数 κの値は約半分になるが、屈折率の値が AIN に近い線形媒質である ZrO<sub>2</sub>を AIN 上に積層するだけ で横型 QPM 構造が作製可能な、線形・非線形媒質積層構造 SHG デバイスについて設計を行った。

ZrO<sub>2</sub>/AIN 積層光導波路 SHG デバイスの概略図を Fig.1 に示す。 本デバイスは光伝搬方向に対し基本波と第二高調波(SH 波)をモ ード分散位相整合させる。また基板膜厚方向において、ZrO2層で Pump の非線形光学定数 d の値が 0 であることを利用し SH 波 TM01 モ ード電界振幅の負の部分の領域に ZrO2 層を配置することにより 単層 AIN 導波路ではほぼ 0 となる κを大幅に増大できる。設計条 件として基本波波長は 532 nm とし、最大の非線形光学テンソル 成分 d<sub>33</sub> を利用するため、基本波・SH 波ともに TM 偏光とした。 またチャネル導波路幅を1.0 µm として設計を行った。まず有限差 分法により基本波 TM<sub>00</sub> モードと SH 波 TM<sub>01</sub> モードの実効屈折率 員 の関係を見積もった。次にその条件を満たす膜厚においてкの値 を計算した (Fig. 2)。AlN膜厚が52 nm、ZrO2 膜厚が 54 nm のとき、 を計算した (Fig. 2)。AIN膜厚か52 nm、 $ZrO_2 膜厚か54 nm のとざ、<math>545$   $\kappa$ は最大値 1.38 W<sup>-1/2</sup>cm<sup>-1</sup> と見積もられ、この値は極性反転積層 AIN 54040 光導波路でのκの値と比較し約半分となった。

極性反転積層 AIN 導波路 SHG デバイスと ZrO<sub>2</sub>/AIN 積層導波路 Fig.2 Dependence of ZrO<sub>2</sub> thickness SHG デバイスの波長変換による基本波の減衰を考慮した波長変 satisfying phase-matching condition 換効率 n<sub>SH</sub> (入射光パワー0.1 W) を Fig. 3 に示す。チャネル長 10 on AlN thickness. Inset shows electric mmのとき、η<sub>SH</sub>はそれぞれ 50%、17%となり線形・非線形媒質 field of TM<sub>01</sub> SH wave.

積層構造では極性反転積層構造に比ベη<sub>sH</sub>は約3割程度となった。<sub>= 0.5</sub> また ZrO<sub>2</sub>/AIN 積層光導波路 SHG デバイスの波長許容幅は 0.02 <sup>&</sup>

nm と見積もられた。 チャネル導波路はEB 描画、EB 蒸着により Ni マスクを形成後、 ZrO<sub>2</sub> を ECR-RIE、AIN を ICP-RIE を用いてエッチングすることで B 作製する予定であり、当日は作製プロセスについても報告する。

## [1] R. Katayama et al., Proc. SPIE 8268, 826814 (2012).

[2]山口他、第78回応用物理学会秋季講演会,7p-A301-4(2017). 謝辞:本研究は科研費 17H01063, 17H05335 の助成を受けたもので す。





and nonlinear coupling coefficient  $\kappa$ 



