

差周波テラヘルツ光源への応用に向けた低群速度・低分散 2次元 AlGaAs フォトニック結晶導波路の作製および光学評価 Optical characterizations of fabricated 2D-AlGaAs-based photonic crystal waveguide for DFG terahertz wave source application

和歌山大シスエ¹, 千歳科技大², 物材機構³

○中濱 照之¹, 尾崎 信彦¹, 小田 久哉², 池田 直樹³, 杉本 喜正³

Wakayama Univ.¹, Chitose Inst. Sci. Technol.², NIMS³

○Teruyuki Nakahama¹, Nobuhiko Ozaki¹, Hisaya Oda², Naoki Ikeda³, Yoshimasa Sugimoto³

E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】テラヘルツ(THz)波応用技術の発展に向けて、より高性能なTHz光源の開発が求められている。様々なTHz波発生技術の中でも、非線形光学(NLO)効果である差周波発生(DFG)は、室温下で高出力性を示す優れた発生手法として知られ[1]、我々は2次元フォトニック結晶導波路(PC-WG)内でのDFGによる高効率THz波発生法を検討している[2]。PC-WGの利点として、特異な光モード分散関係による伝搬光の低群速度化に伴う高いNLO効果や、PC構造変調による群速度分散制御を利用した2波長伝搬光間の位相整合などが挙げられる。すなわち、低群速度・低分散(LVLD)なPC-WGモードを利用すれば、既存材料よりも高効率なTHz波発生が期待される。今回は、前回までに報告した数値シミュレーション結果を基に、LVLD PC-WG構造を2次元のAlGaAs薄膜内に実際に作製し、その光学特性を評価することで、高効率THz波発生の可能性を検討した。

【実験手法】分子線エピタキシー法で成長した膜厚300nmのAlGaAs薄膜に、電子線リソグラフィーとドライエッチングにより、導波路から2、3列目の空孔半径を $1.1r$ 、 $1.2r$ としたLVLD PC-WG、および、比較対象の構造変調のない通常のPC-WG(STD PC-WG)を作製した。Fig. 1(a)に、作製したLVLD PC-WGのSEM像を示す。各PC-WGに対し、透過光の群速度測定から群屈折率(n_g)を評価した後、パルス幅5 psのパルス光を用いて、LVLD PC-WGのNLO効果として自己位相変調(SPM)によるスペクトル広がり観測から非線形屈折率(n'_2)を算出し、さらに第2高調波発生(SHG)を測定した。

【結果と考察】Fig. 1(b)に、各PC-WGにおける群屈折率(n_g)の測定結果(■: LVLD、△: STD)を示す。それぞれの n_g は、数値計算結果(実線、破線)とよく一致し、作製したPC-WG内で設計通りの光モード分散関係が実現していることが確認された。次に、LVLD PC-WGにおける n'_2 の n_g 依存性測定結果をFig. 2に示す。伝搬光に対する n_g の増大に伴い、 n'_2 (■)の n_g^2 (実線)に比例した増強が確認された。すなわち、群速度低下による光電場増強に伴った、SPMの増大が示された。さらに、LVLD PC-WG内でのSHG測定結果をFig. 3に示す。Fig.3 (a)に一例を示すように、入力したパルス光(1534 nm)の半波長に対応するSHGが確認された。また、入射パルス光強度に対し、SHGピーク強度が非線形な応答を示した(Fig. 3(b))。これらの結果から、LVLD PC-WGにおける2次NLO現象が確認され、同じ2次NLO現象であるDFGによるTHz波発生の可能性が示された。

【謝辞】半導体微細加工は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(NIMS 微細加工 PF)の支援を受けて実施されました。

[1] M. Tonouchi, Nat. Photon. 1, 97(2007). [2] 中濱照之 他、第79回応用物理学会秋季学術講演会 19p-225B-14 (2018年)

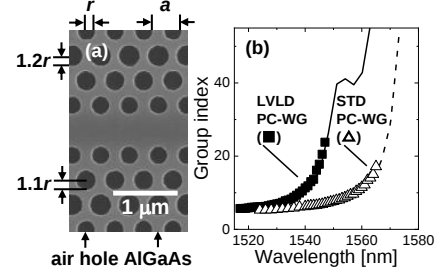


Fig. 1 (a) SEM image of the fabricated LVLD PC-WG. (b) Measured (△, ■) and calculated (solid and dotted line) group index of STD and LVLD PC-WG modes.

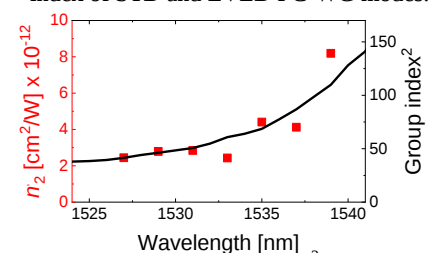


Fig.2 Measured n'_2 (■) and n_g^2 (solid line) as a function of wavelength.

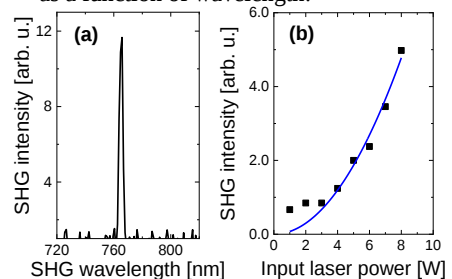


Fig. 3 (a) SHG spectrum obtained from a fabricated LVLD PC-WG. (b) SHG intensity as a function of input laser power.