低損失低分散フォトニック結晶導波路による超高速テラヘルツ通信

Ultra-high-speed Terahertz Communications Using

Low-loss and Small-dispersion Photonic-Crystal Waveguides

阪大基礎工 ¹°兪 熊斌 ¹, 菅田 雅樹 ¹, 山神 雄一郎 ¹, 冨士田 誠之 ¹, 永妻 忠夫 ¹

Osaka Univ.¹, X. Yu¹, M. Sugeta ¹, Y. Yamagami ¹, M. Fujita¹, T. Nagatsuma¹

E-mail: u787204k@ecs.osaka-u.ac.jp, fujita@ee.es.osaka-u.ac.jp,

光波と電波の間の周波数を有するテラヘルツ波は, 高速無線通信などの応用が期待されている.我々は, テラヘルツデバイスの集積化に向けて,2次元フォト ニック結晶スラブをテラヘルツ集積回路のプラット フォームとして着目している.これまでに,0.1 dB/cm 以下という極低損失なテラヘルツ導波路[1]を実現し, 共鳴トンネルダイオードを集積化したデバイスで9 Gbit/sの通信[2]を実現してきた.今後,フォトニック 結晶導波路をさらなる高速通信へと応用する場合, 伝搬損失に加え,分散特性にも着目する必要がある が,従来の導波路では,低損失帯と低分散帯が一致し ないという課題があった[3].今回,低損失帯と低分 散帯が一致するフォトニック結晶導波路を設計し, 30 Gbit/s 以上の伝送速度を実現したので報告する.

これまで、図 1(a)に示すような周期 a0の円孔正方 三角格子を基本としてきた. 今回は, 同図(b)のよう に x 方向と y 方向の周期をそれぞれ ax, ay と変化さ せた円孔の半径が 72 μm の三角格子を検討した. こ れらのような三角格子をそれぞれ,厚さ 200 μm の Si スラブに形成し、y方向に対して、線欠陥導波路を導 入した構造に関して, 電磁界シミュレーションによ って、分散特性と伝搬損失を解析した.ここで、 $a_0=$ 240 μ m, $a_x = 230 \mu$ m, $a_y = 215 \mu$ m とすることで両者 の伝搬帯域がほぼ一致するようにした.長さが2 cm の導波路の各キャリア周波数における最大の群遅延 差から求めた分散特性で決まる帯域 (分散帯域)の周 波数依存性を図 2(a)に示す. あわせて、1 cm あたり の伝搬損失を同図(b)に示す. 旧構造では, 図 2(b)の 矢印に示している伝搬損失が 0.1 dB/cm 以下となる 低損失帯域では、伝送帯域が 10 GHz 以下に制限され ている.一方,新構造では,低損失領域においても低 分散特性となるため,分散帯域が 20 GHz 以上に拡大 し,20 Gbit/s を超える高速通信が期待できる.

新構造の通信性能を検証するため、以下の伝送実 験を行った.送信器として、50 GHz 以上の帯域を有 する単一走行キャリアフォトダイオードを用い、デ ジタル信号で変調されたレーザ光を光電変換するこ とで 0.3 THz 帯のテラヘルツ波を発生させ、WR3 導 波管を経由して、長さ 2 cm のフォトニック結晶導波 路に入力した.導波路を伝搬したテラヘルツ波を再 び導波管に結合させた後、ショットキーバリアダイ オードで検波し、復調された情報信号を増幅、波形整 形した後、オシロスコープでアイパターン、エラー検 出器でビット誤り率を測定した.キャリア周波数 0.353 THz のとき,31 Gbit/s におけるビット誤り率は 10⁻¹¹ 以下となり,図3 に示すように明瞭なアイパタ ーンが観測された.以上,テラヘルツフォトニック結 晶導波路を用いた通信として,過去最高速度でのエ ラーフリー通信に成功した.

謝辞:本研究の一部は,JST CREST(#JPMJCR1534)の 支援を受けた.

参考文献

[1] K. Tsuruda et al., Opt. Express, 23 (2015) 31977.

- [2] 兪他, 春季応用物理学会, (2018) 20a-A402-2.
- [3] 矢田他, 秋季応用物理学会, (2015) 15a-PA4-3.



Fig.1 Schematic structure of photonic-crystal waveguides.



Fig. 2 Performance comparison of previous and new waveguides. (a) 3-dB dispersion bandwidth. (b) Propagation loss.



Fig. 3 Measured eye diagram at 31 Gbit/s with a bit-error-rate of $1\times 10^{-12}.$