

加熱制御型 Si フォトニック結晶導波路スローライト偏向器 (II)——応答速度 Thermally-Controlled Si Photonic Crystal Waveguide Slow Light Beam Steering Device (II) —— Response Speed

横国大院工¹, °竹内 梧朗, 寺田 陽祐, 阿部 紘士, 伊藤 寛之, 馬場 俊彦

Yokohama Nat'l Univ., Goro Takeuchi, Yosuke Terada, Abe Hiroshi, Hiroyuki Ito, Toshihiko Baba

E-mail: takeuchi-goro-yh@ynu.jp

CMOSプロセスで製作可能で、スローライトを伝搬する SiO₂ クラッド Si フォトニック結晶導波路(PCW)に二重周期構造を導入すると、光が外部に放射される。スローライトは波長や屈折率の変化に対して伝搬定数を大きく変えるので、二重周期 PCW は大きな偏向角を示す光偏向器となる。我々はこのようなスローライト光偏向器とその LiDAR 応用を提案、研究してきた¹⁾。今回は二重周期 PCW に p-i-p ドーピングを導入し(図 1(a)), これに通電して PCW を加熱、偏向角を制御した²⁾。ただしこの構造は自由キャリア吸収損失があるので、今回、吸収損失がない TiN ヒータを PCW の斜め上方に配置した構造(図 1(b))も製作した。そして偏向特性に加え、両者の応答速度を評価した。

二重周期 PCW では、円孔直径 $2r$ を V 字パターンの二重周期で変調した。p-i-p 構造では、i 領域の導波路コアが集中的に加熱されるので、加熱効率高く、高速応答が期待された。一方、TiN ヒータ構造は導波路に沿った向きに通電し、導波路全体を加熱するので、均熱効果が期待されるが、コアの加熱効率は低く、低速になると予想された。

いずれの構造でも加熱によってフォトニックバンドが長波長側に遷移するので、あらかじめ最長波長であるバンド端に波長設定し、偏向角を制御した。図 2(a)に、p-i-p 構造から出射された光の遠視野像(FFP)を示す。放射開口は縦方向(θ 方向)に長く、横方向(ϕ 方向)に短いので、FFP は θ 方向に鋭く、 ϕ 方向に広い扇状になる。図 2(b)は、周波数 $f=1$ kHz で同構造を加熱したときの FFP である。偏向角 $\Delta\theta=26^\circ$ が得られ、これは波長スキャンや直流加熱のとき³⁾と同等であった。 f を変えて測定した $\Delta\theta$ を図 3 に示す。p-i-p 構造では、10 kHz まで偏向角の大きな低下がなく、100 kHz においても 20° 以上を維持した。一方、TiN ヒータ構造では、1 Hz 以下で既に応答が低下した。これはチップ全体が加熱されたためと思われ、効果的なヒートシンクに加え、加熱効率を高めるヒータ配置の最適化が必要である。

本研究は JST ACCEL プロジェクトにて行われた。

参考文献

- 1) 馬場ら, 応物秋季, 14p-B4-10 (2016).
- 2) 竹内ら, 応物秋季, 14p-B4-13 (2016).
- 3) 竹内ら, 応物秋季, 6p-C13-12 (2017).

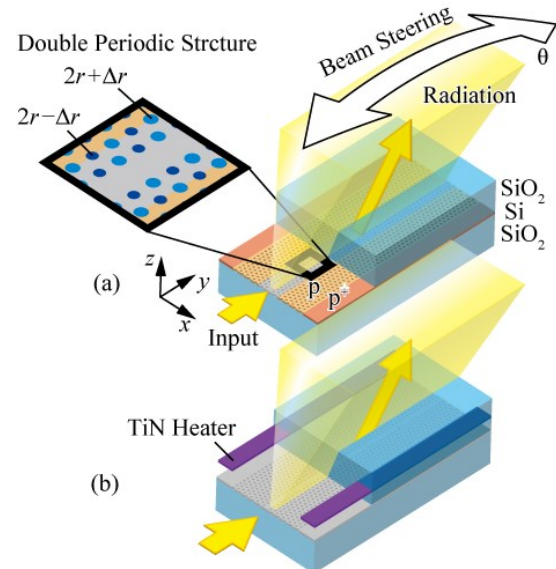


図 1 PCW 光偏向器の概要. (a) p-i-p ヒータ, (b) TiN ヒータ.

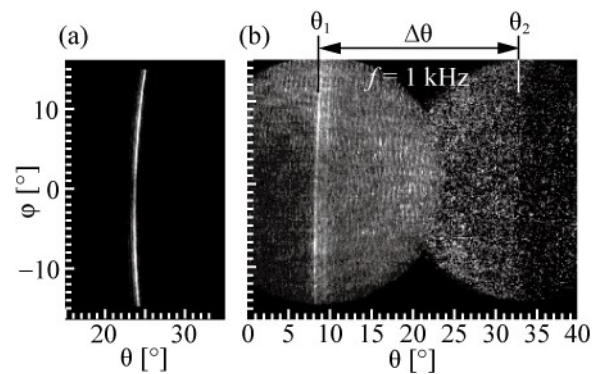


図 2 出射ビームの FFP. (a) 加熱していないとき. (b) 交流で加熱したとき.

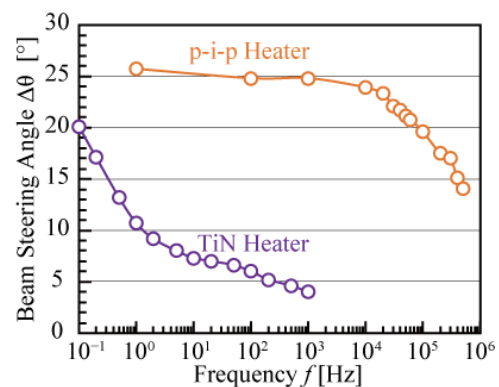


図 3 測定した周波数特性.