

波長 2.4 μm で動作する相変化材料を用いた中赤外光位相シフタMid-infrared optical phase shifter based on phase change material operating at 2.4 μm ○宮武 悠人¹, 何 鐘培¹, 牧野 孝太郎², 富永 淳二², 宮田 典幸², 中野 隆志²,関根 尚希¹, トープラサートポン カシディット¹, 高木 信一¹, 竹中 充¹東大院・工¹, 産総研デバ技²The University of Tokyo¹, Device Technology Research Institute, AIST²○Yuto Miyatake¹, Chong Pei Ho¹, Kotaro Makino², Junji Tominaga², Noriyuki Miyata²,Takashi Nakano², Naoki Sekine¹, Kasidit Toprasertpong¹, Shinichi Takagi¹, Mitsuru Takenaka¹

E-mail: miyatake@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

[はじめに] シリコンフォトンクスに基づくプログラマブル光回路は次世代の情報処理基盤として注目を集めている[1,2]。プログラマブル光回路による深層学習や量子計算の実現のためには、回路の構成要素である光位相シフタの低損失化が強く要求される。

代表的な相変化材料である $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST)は、熱によって結晶相とアモルファス相間で不揮発的な相変化が誘起される。GST の複素屈折率は $1.55 \mu\text{m}$ においてそれぞれ $7.15+1.12i$ (結晶相), $4.46+0.127i$ (アモルファス相)である。この極めて大きな屈折率変化と吸収変化を利用した近赤外領域で動作する光スイッチの研究が報告されている[3]。しかし、近赤外領域では GST の光吸収が極めて大きく、GST を用いた低損失光位相シフタは実現されていない。

我々は、GST の光吸収が中赤外領域において近赤外領域よりも低減されることに着目し、中赤外領域で動作する光位相シフタの提案を行い、波長 $2 \mu\text{m}$ における位相シフト量と損失の測定結果を報告した[4]。本発表では更なる損失の低減が期待される波長 $2.4 \mu\text{m}$ における実験結果を報告する。

[シミュレーション] 図 1 に示すように、位相シフタは幅 800 nm 、導波路高さ 220 nm の Si ストリップ導波路に 10 nm の GST を堆積した構造となっている。波長 $2.4 \mu\text{m}$ の光の導波モードの実効屈折率は、GST が結晶相とアモルファス相の場合にそれぞれ 2.11 、 2.22 と予想される。

[素子作製] 異なる長さの GST を堆積した直線導波路と非対称マッハ・ツェンダー干渉計により、それぞれ GST の光吸収と位相シフト量の測定を行った。電子線リソグラフィによる描画と ICP-RIE によるドライエッチングにより導波路およびグレーティングカップラを形成した。直線導波路と干渉計の片腕にスパッタリングによって GST を堆積し、リフトオフにより GST のパターンニングを行った。比較のために動作波長が $2 \mu\text{m}$ と $2.4 \mu\text{m}$ の素子を作製した。

[実験結果] 堆積後の GST はアモルファス相である。GST のアモルファス相から結晶相への相変化は、チップ全体をホットプレートによって加熱することにより誘起した。図 2 に加熱温度の変化に対する吸収と位相シフト量の変化を示す。図 2(a) に示すように、相変化にともなう位相シフト量は

波長 $2.4 \mu\text{m}$ において $0.06 \pi/\mu\text{m}$ である。また図 2(b)に示すように、 $2.4 \mu\text{m}$ の光位相シフタの損失は波長 $2.4 \mu\text{m}$ において $0.42 \text{ dB}/\mu\text{m}$ である。 $2 \mu\text{m}$ と比べて $2.4 \mu\text{m}$ の位相シフト量は減少したものの、損失は結晶相とアモルファス相の両相において低減できることが分かった。

[謝辞]

本研究の一部は JST、CREST、JPMJCR2004 および JSPS 科研費 JP20H02198 の助成を受けたものです。および文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業（課題番号：JPMXP09F20UT0021）の支援を受けて、東京大学武田先端知スーパークリーンルーム微細加工拠点において実施された。

[参考文献]

- [1] Y. Shen *et al.*, Nat. Photo. **11**, 441-447 (2017)
- [2] L. M. Rosenfeld *et al.*, Opt. Express **28**, 37092-37102 (2020)
- [3] C. Wu *et al.*, ACS Photonics **6**, 87-92 (2019)
- [4] 宮武 他、秋季応物学会 9p-Z19-8 (2020)

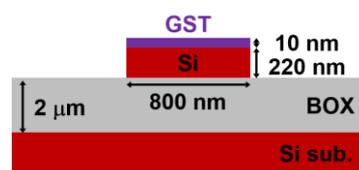
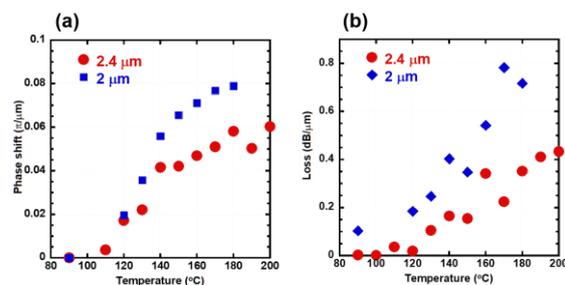


Fig. 1. Cross-sectional schematic of a phase shifter.

Fig. 2. Measurement result of (a) optical loss and (b) phase shift of phase shifters at the wavelength of $2.4 \mu\text{m}$ and $2 \mu\text{m}$.