

Ge₂Sb₂Te₃S₂ 光強度変調器を用いた不揮発性シリコンマイクロリング共振器スイッチNon-Volatile Si Microring Resonator Switch Enabled by Ge₂Sb₂Te₃S₂ Intensity Modulator○小林 研二¹, 宮武 悠人¹, 唐 睿¹, 牧野 孝太郎², 富永 淳二², 宮田 典幸², 岡野 誠²,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(¹東大院工, ²産総研)○ Kenji Kobayashi¹, Yuto Miyatake¹, Rui Tang¹, Kotaro Makino², Junji Tominaga², Noriyuki Miyata²,Makoto Okano², Kasidit Toprasertpong¹, Shinichi Takagi¹, Mitsuru Takenaka¹(¹The Univ. of Tokyo, ²AIST)

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

【背景・目的】近年、人工知能 (AI) 分野の急速な発展に伴い、深層学習などで求められる大規模行列演算を効率的に処理するため、シリコンフォトニクスを用いたプログラマブル光集積回路 (PIC) が注目を集めている。その中でもマイクロリング共振器 (MRR) を用いたプログラマブル PIC は小型化が可能のため、有望視されている [1]。また、プログラマブル PIC における光変調方式としては、光共同変調を用いるインコヒーレント型が注目されており、相変化材料 (PCM) は、相変化に伴う大きな吸収変化から、この強度変調に極めて有効である。しかし、代表的な PCM である Ge₂Sb₂Te₅ (GST) はアモルファス状態での高い損失が問題となり、MRR の Q 値 (Quality Factor) を劣化させる課題があった。本研究では、ワイドギャップ PCM である Ge₂Sb₂Te₃S₂ (GSTS) [2] を MRR 上に光強度変調器として用いることで、低損失かつ不揮発性、さらに広帯域動作可能な光スイッチングを実現したので報告する。

【素子作製】220 nm 厚の SOI 基板の上に MRR およびバス導波路を形成した後、400 nm 厚の SiO₂ 層を堆積し、電子線リソグラフィ (EBL) を用いて開口部をパターンニングした。その後、20 nm 厚の GSTS 層を成膜およびパターンニングすることで、MRR スイッチを作製した。Fig. 1 に半径 20 μm の MRR に対し 8 μm 長の GSTS 強度変調器を集積した素子の顕微鏡写真を示す。

【実験結果】まず、GSTS の光強度変調器としての性能を測るために、直線導波路上に GSTS 強度変調器を載せたデバイスを測定した。アモルファス状態 (OFF) では挿入損失が 0.0062 dB/μm と極めて小さい一方、結晶状態 (ON) では 2.3 dB/μm へと増加し、高い消光比 (ER) の達成が可能であることが示された。次に、GSTS 強度変調器を MRR に集積したデバイスを測定した。Fig.2 (a) に示すように、GSTS がアモルファス状態のときの MRR の Q 値は 9.7×10^4 となり、GSTS 未搭載の MRR とほぼ同等であった。これはアモルファス状態の GSTS の光吸収が極めて小さく、MRR の性能に与える影響が極めて小さいことを示している。続いて、210°C でのアニール処理により GSTS を結晶化させた。結晶状態の GSTS の光吸収が増大した結果、Fig.2 (b) に示すように共振状態から非共振状態への明確な透過スペクトルのシフトが確認された。また、GSTS の吸収特性は波長依存性が小さく、1490 nm から 1560 nm の広帯域にわたる光スイッチングが可能であることが示された。

【結論】GSTS を用いた MRR 光スイッチは、不揮発性、低損失、および広帯域にわたる安定な光スイッチングが可能であることを示した。特に、AI 駆動の光行列演算において、安定かつ多波長動作が求められる用途に対して、GSTS ベースの光強度変調器は有望なデバイスであると考えられる。

【謝辞】本研究は、JST-CREST (JPMJCR2004)、JST-未来社会創造事業 (JPMJMI20A1)、JSPS 科学研究費補助金 (JP23H00172) および文部科学省 ARIM (JPMXP1224UT1028) の支援を一部受けて実施された。

【参考文献】 [1] S. Ohno *et al.*, *ACS Photonics*. 9, 2614 (2022). [2] Y.Miyatake *et al.*, *IEEE Trans. Electron Devices* 70, 2106 (2023).

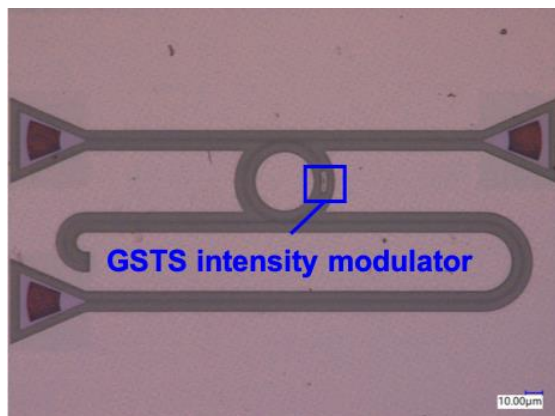


Fig. 1. Microscopic image of MRR with 8-μm-long GSTS intensity modulator.

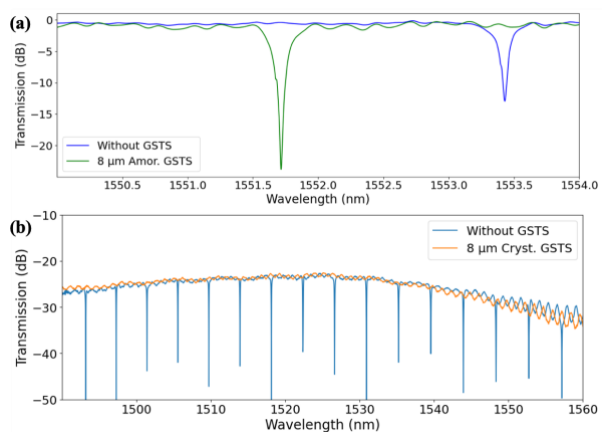


Fig. 2. (a) Transmission spectra of the MRR with and without amorphous GSTS. (b) Transmission spectra of the MRR with and without crystalline GSTS.