

### III-V/Si ハイブリッド導波路向け $\text{Sb}_2\text{S}_3$ 不揮発光位相シフタの検証

#### Evaluation of $\text{Sb}_2\text{S}_3$ non-volatile optical phase shifter for III-V/Si hybrid waveguide

東大院工<sup>1</sup>, 産総研 SFRC<sup>2</sup>, STMICROELECTRONICS<sup>3</sup> °脇田 耀介<sup>1</sup>, 宮武 悠人<sup>1</sup>, 大野 修平<sup>1</sup>,  
赤澤 智熙<sup>1</sup>, 牧野 孝太郎<sup>2</sup>, 畑山 祥吾<sup>2</sup>, モンフレ ステファン<sup>3</sup>, ブフ フレデリック<sup>3</sup>,  
トープラサートポン カシディット<sup>1</sup>, 高木 信一<sup>1</sup>, 竹中 充<sup>1</sup>

The Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, SFRC, AIST<sup>2</sup>, STMICROELECTRONICS<sup>3</sup>, °Yosuke Wakita<sup>1</sup>, Yuto Miyatake<sup>1</sup>,  
Shuhei Ohno<sup>1</sup>, Tomohiro Akazawa<sup>1</sup>, Kotaro Makino<sup>2</sup>, Shogo Hatayama<sup>2</sup>, Stephane Monfray<sup>3</sup>,  
Frederic Boeuf<sup>3</sup>, Kasidit Toprasertpong<sup>1</sup>, Shinichi Takagi<sup>1</sup>, Mitsuru Takenaka<sup>1</sup>

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

【背景・目的】シリコン光回路を用いた光演算を深層学習に応用する研究が注目されている。我々はリング共振器を格子状に集積したリング共振器クロスバーアレイ[1]を提唱し、研究を進めている。これまでの動作実証には熱光学位相シフタを用いてきたが、熱クロストークが大きな課題となっており、消費電力が小さいIII-V/SiハイブリッドMOS光位相シフタを代わりに用いることを提案している[2][3]。これまでに、200 nm 膜厚のInGaAsP薄膜を用いたハイブリッドMOS光位相シフタを集積したadd-drop型リング共振器の動作を報告してきた[4]。しかしリング共振器には初期作製誤差が存在するため、共振波長の補正が必要となることが課題となっている。本研究では、相変化材料である $\text{Sb}_2\text{S}_3$ をIII-V族半導体薄膜上に堆積したリング共振器を作製し、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$ をアモルファスから結晶に変化させることで不揮発な光相シフトを確認したので報告する。

【素子作製】 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を用いて、30 nm n-InP層を含むInPエピタキシャル基板を $\text{SiO}_2$ によって埋め込まれたSiリブ導波路上に貼り合わせた。Si導波路は膜厚300 nmのSOI基板上に作製した。メサ高さは250 nm、導波路幅は360 nmとした。n-InP層のドーピング濃度は $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ とした。InP基板除去後、電子線リソグラフィとドライエッチングにより、ディスク状のInPメサをSiリング共振器上に形成した。その後プラズマCVDにより $\text{SiO}_2$ クラッドを堆積した。次に導波路部分のクラッド層に2  $\mu\text{m}$ 幅の窓を開け、20 nmの $\text{Sb}_2\text{S}_3$ および $\text{SiO}_2$ を堆積し、ドライエッチングによりパターンニングを行った。作製したデバイスの導波路断面図をFig. 1に示す。また作製した素子の写真をFig. 2に示す。

【実験結果】初めに、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$ がアモルファス相の状態ではリング共振器の出力の測定を行った。次に測定したデバイスをホットプレートにより大気中で270°Cで5分加熱し、さらに310°Cで5分加熱することで、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$ の結晶化を行った。その後、リング共振器の出力の測定を行い、位相シフト量を評価した。Fig. 3にアモルファス相と結晶相状態でのリング共振器のpassポート、dropポートにおける出力を示す。結晶化により不揮発的に光位相シフトが得られており、共振波長の初期ずれを補正可能であることが示された。

【謝辞】本研究は、JST-Miraiプログラム(JPMJMI20A1)、JST, CREST(JPMJCR2004)、科研費(JPM23H00172)、ARIM(JPMXP1224UT1028)の支援を受けて行った。また、NEDO委託事業(JPNP16007)の成果を含む。

【参考文献】[1] S. Ohno, et al., ACS Photonics 9, 2614 (2022). [2] J. H. Han, et al., Nat. Photonics 11, 486 (2017). [3] M. Takenaka et al., J. Lightwave Technol., 37, 1474 (2019) [4] Y. Wakita et al., J. Lightwave Technol., 29, 4289 (2024).

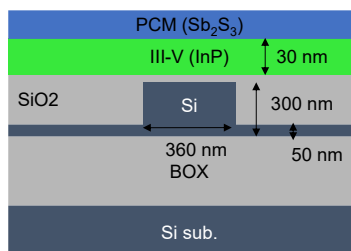


Fig. 1 Cross-sectional schematic of III-V/Si hybrid waveguide with  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  layer.



Fig. 2 Plan-view photograph of the fabricated microring resonator.

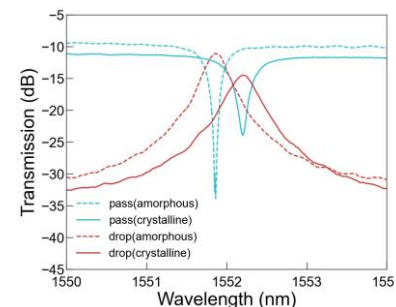


Fig. 3 Output spectra of fabricated microring resonator.