

バレーフォトリック結晶導波路と金属線路の高効率結合に関する検討 Design of Efficient Coupling between Valley Photonic Crystal Waveguide and Metallic Line

阪大基礎工¹, ローム²

○山神 雄一郎¹, 西田 陽亮², 富士田 誠之¹, 永妻 忠夫¹

Osaka Univ.¹, ROHM Co. Ltd.²

°Yuichiro Yamagami¹, Yosuke Nishida², Masayuki Fujita¹, Tadao Nagatsuma¹,

E-mail: u206034e@ecs.osaka-u.ac.jp, fujita@ee.es.osaka-u.ac.jp

テラヘルツシステムの小型集積化に向けて、我々はフォトリック結晶導波路に着目している。特に、バレーフォトリック結晶(VPC: Valley Photonic Crystal)を用いることで、曲げや分岐に対してロバストなテラヘルツ導波路を実現してきた[1-3]。一方、テラヘルツ帯の小型能動素子として、共鳴トンネルダイオード(RTD: Resonant Tunneling Diode) [4]やショットキーバリアダイオードなどの電子デバイスが有望である。しかしながら、テラヘルツ帯フォトリック結晶導波路中に閉じ込められるテラヘルツ波のサイズは、これら電子デバイスの大きさと比較して二桁程度大きいので、両者を高効率に結合させるためのモード変換機構が必要である[5]。今回、これら電子デバイスの集積化に向けて、VPC 導波路と金属線路の高効率結合に関する検討を行ったので報告する。

金属線路としては、InP 上の Au 薄膜コプレーナストリップ線路を想定し、断熱的なインピーダンス変化を与えるテーパスロット構造を介して、高抵抗シリコンからなる VPC 内に形成した線欠陥導波路に結合させ、その後、Zigzag 界面導波路に接続する図 1 に示すような構造を検討した。本来は電子デバイスが金属線路の延長上に存在するがここでは省略している。金属線路と VPC 導波路のモード整合をとるため、線欠陥導波路を形成した。また、結合効率向上のため、金属線路を形成する面を VPC 導波路の電界の強いスラブ中央と一致させた。さらに、金属線路部分における上下非対称性を解消するため、シリコンと同様の厚さになる InP で挟み込む構造を想定した。VPC は厚さ 200 μm の高抵抗シリコンスラブに大小の三角空孔を六員環状(格子定数 $a = 256.3 \mu\text{m}$)に配置し、0.32 THz 付近で動作するように設計した。ここで、大三角形と小三角形の辺の長さはそれぞれ $0.65a$ と $0.35a$ とした。VPC 導波路の反対側には、WR-3 中空導波管との接続のためのシリコンテーパ構造を形成した。結合効率の周波数依存性に関するシミュレーション結果を図 2 に示す。ここでは、線欠陥導波路の長さを $W = 3a$ とし、その有無に関する比較を行った。線欠陥導波路を形成することで結合効率の周波数依存性が抑制され、0.305 THz から 0.329 THz の範囲で平均-1.9 dB の結合効率を得られた。以上により、VPC 導波路と金属線路の高効率なインターフェースを設計することができた。

謝辞：本研究の一部は、JST CREST(#JPMJCR1534)の支援を受けた。

参考文献

- [1] 山神, Yang, 兪, 富士田, 永妻, Singh, 春季応用物理学会 (2019) 11a-W631-8.
- [2] 山神, 兪, Kumar, Pitchappa, Singh, 富士田, 永妻, 秋季応用物理学会 (2019) 21p-E205-7.
- [3] Y. Yang, Y. Yamagami, X. Yu, P. Pitchappa, J. Webber, B. Zhang, M. Fujita, T. Nagatsuma and R. Singh, *Nat. Photon.*, 14 (2020) 446.
- [4] Y. Nishida, N. Nishigami, S. Diebold, J-Y. Kim, M. Fujita, and T. Nagatsuma, *Sci. Rep.* **9**, (2019)1–3.
- [5] X. Yu, J-Y. Kim, M. Fujita, and T. Nagatsuma, *Opt. Express*, **27** (2019) 28707.

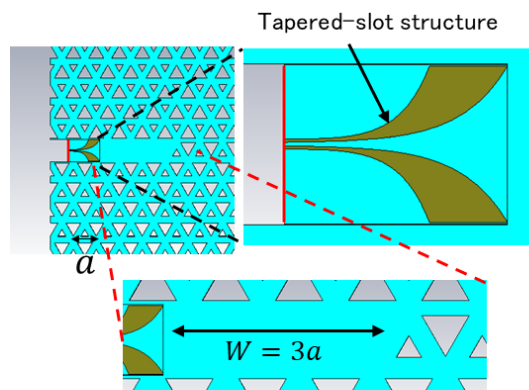


Fig. 1 Simulation model of interface between VPC and metallic line

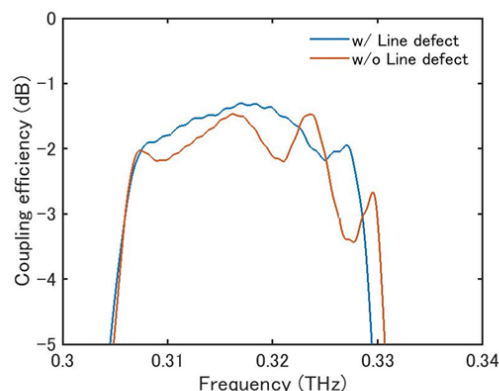


Fig. 2 Coupling efficiency vs. frequency