

ハイパボリックメタマテリアルによる中赤外光導波路

Hyperbolic metamaterial based optical waveguide for mid-infrared region

阪大工¹, 阪大フォトリクスセンター² ○(D)樋口 舞衣¹, 高原 淳一^{1,2}Graduate School of Eng., Osaka Univ.¹, Photonics Center², °Mai Higuchi¹, Junichi Takahara^{1,2}

E-mail: higuchi@ap.eng.osaka-u.ac.jp

中赤外光センサーやその小型化の需要の高まりに伴って¹, 中赤外光を伝送する小型導波路の重要性も増すと考えられる。しかし、媒質の誘電率や吸収特性の制約により、中赤外光の導波路として利用可能な材料の選択肢は限られている。そこで我々は、これまで可視域で研究が行われてきたハイパボリックメタマテリアル (HMM) 光導波路^{2,4}を、中赤外領域に応用することを提案する。HMM は金属薄膜と誘電体薄膜の厚さの比率を調整することで誘電率を容易に操作できるため、所望の物性値を実現できるというメリットがある。波長の 10 分の 1 程度の領域への閉じ込め効果や、近赤外域と比較した伝搬特性の優位性を確認したのでこれを報告する。

Figure 1a に HMM 光導波路の概略図を示す。本研究では金とアルミナから成る HMM を光導波路コアとして用いた。波長 9.92 μm における薄膜周期に対する金の膜厚の割合と誘電率テンソルとの関係は、有効媒質近似によって Fig. 1b のように算出される。この周期多層膜構造は、金属充填率によらず常に HMM となることが分かる。Figure 2 は Fig. 1a の HMM 光導波路の断面における電場分布に関する有限要素法の計算結果である。電場が波長の 10 分の 1 程度の領域に強く閉じ込められていることが分かる。性能指数と金属充填率との関係を Fig. 3 に示す。性能指数は金属充填率に依存し、中赤外では近赤外の 10 倍近くに向上した。

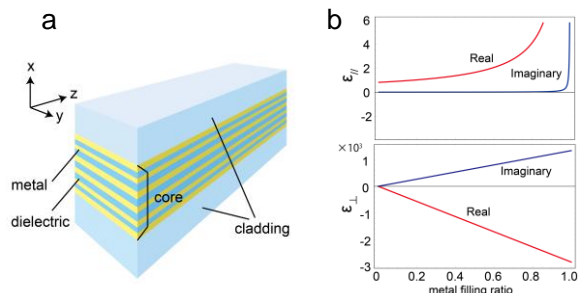


Figure 1 (a) Schematic view of HMM-core optical waveguide. HMM-core has the optical axis along x direction. (b) Permittivity components parallel and vertical to optical axis of Au-Al₂O₃ HMM. Wavelength is 9.92 μm and this is calculated by effective medium approximation.

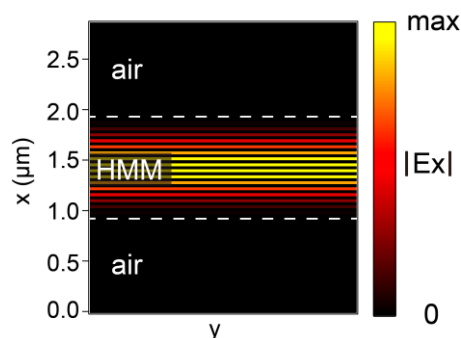


Figure 2 Electric field distribution in cross section at $\lambda_0 = 9.92 \mu\text{m}$ calculated by FEM method. HMM consists of Au and Al₂O₃ 30 nm layers and core thickness is 990 nm. Cladding is air.

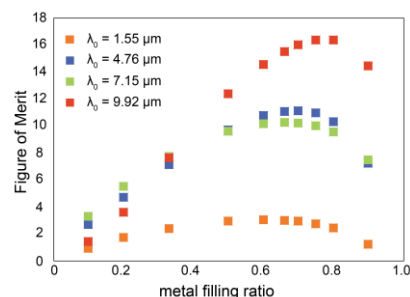


Figure 3 Figure of Merit (FoM) vs. metal filling ratio. Here FoM is defined as propagation length / mode thickness. The core thickness is 0.15 times of λ_0 .

References

- [1] S. Law, *et al.*, *Nanophotonics* **2**, 103 (2013).
- [2] L. V. Alekseyev, *et al.*, *Opt. Exp.* **14**, 11184 (2006).
- [3] S. Ishii, *et al.*, *Opt. Exp.* **39**, 4663 (2014).
- [4] N. Vasilantonakis, *et al.*, *Laser Phot. Rev.* **9**, 345 (2015).