

# メタマテリアルを用いた Si 導波路型光バッファの提案

## Si-based Waveguide Optical Buffer with Metamaterial

雨宮 智宏<sup>1,2\*</sup>, 山崎 理司<sup>2</sup>, 金澤 徹<sup>2</sup>, 平谷 拓生<sup>2</sup>, 鈴木 純一<sup>2</sup>, 西山 伸彦<sup>1,2</sup>, 荒井 滋久<sup>1,2</sup>

<sup>o</sup>T. Amemiya<sup>1,2\*</sup>, S. Yamasaki<sup>2</sup>, T. Kanazawa<sup>2</sup>, T. Hiratani<sup>2</sup>, J. Suzuki<sup>2</sup>, N. Nishiyama<sup>1,2</sup>, and S. Arai<sup>1,2</sup>

東京工業大学 科学技術創成研究院<sup>1</sup> 工学院電気電子系<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Innovation Research (IIR), <sup>2</sup> Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology

\*E-mail: [amemiya.t.ab@m.titech.ac.jp](mailto:amemiya.t.ab@m.titech.ac.jp)

### 1. はじめに

将来の超高速・大容量光ネットワークを実現するために、高効率かつ低遅延で処理可能なルータ実現への要求が高まっている。このための主要要素の1つが、光ネットワークのノードにおける光パケットスイッチであり、光バッファを採用することでパケット間の衝突を回避している。光バッファを実現する技術としては、光ファイバ遅延線[1]、光双安定素子[2]、フォトニック結晶[3]などが研究されているが、小型化、集積化の観点で未だ実用に耐えうる性能を得るに至っていない。

そのような背景のもと、本研究ではメタマテリアルをベースとした、Si 導波路型光バッファの提案および理論解析を行ったので、ご報告する。

### 2. 光バッファの提案および理論解析

Fig. 1 に今回提案する素子構造を示す。Si 導波路のコア層上部の FIN 構造に、10 nm の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を介して導波路の一部を取り囲むように微小金属リング (メタマテリアル) が配置されている。ここで、入射光 (TE モード) の電界の向きはリングのギャップに対して水平となっており、これにより LC 共振を誘起することが可能となる。入射光の周波数が金属リングの共振周波数に近い場合、Si 導波路上部の誘電率および透磁率に大きな波長分散が生じる。これにより、光パルス伝播速度 (群速度) が制御可能となる。フォトニック結晶と異なり、周期構造は特に必要としない。

まず初めに、金属リング近傍の電磁界解析を行うことで、誘電率・透磁率の周波数依存性を求めた。Fig. 2 に金属リングの構造パラメータである  $w$  および  $d$  を変化させたときの共振周波数 (誘電率・透磁率に大きな変化が見られる周波数) を示す。本結果から、光通信帯での動作を得るために、構造パラメータは  $w, h$  ともに 50 nm に設定した。

次に、得られた誘電率および透磁率の周波数依存性を用いて、Fig. 1 の構造に対して均質化モード解析[4]を行い、素子の分散曲線を計算した。Fig. 3 にその結果を示す。光通信帯である 1550 nm 近傍において分散曲線が曲がり、比較的平坦な領域が観測された (Slow down factor:  $S=11.5$ )。これは、メタマテリアルによって負のグースヘンシェンシフト[5]が生じ、素子内に光トラップ効果が得られていることを意味する。

**謝辞:** 本研究は、JST CREST、JSPS 科研費(#15H05763, #25709026, #16H06082, #15J04654, #15J11774)、総務省 SCOPE

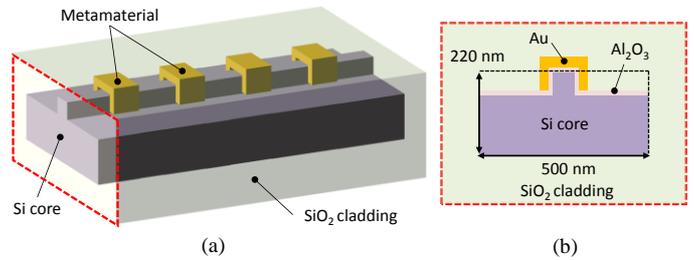


Fig. 1. (a) Schematic image of proposed optical buffer with metamaterial. (b) Cross sectional image of device.

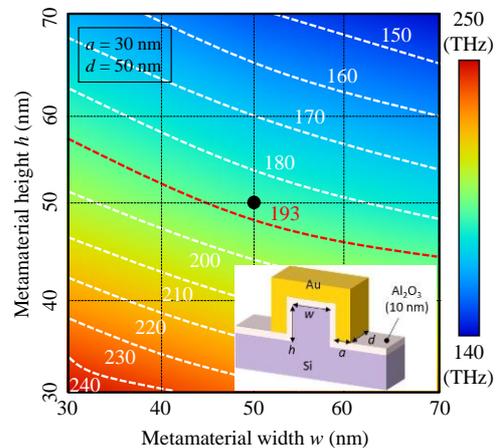


Fig. 2. Resonance frequency of metamaterial as a function of  $w$  and  $h$ .

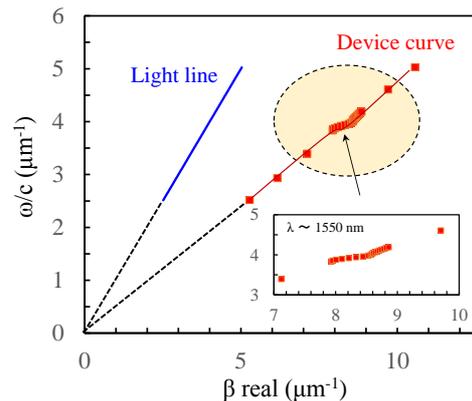


Fig. 3. Dispersion relation of proposed device.

若手 ICT、NEDO の援助で行われた。

### 参考文献

- [1] H. Furukawa *et al.*, *Proc. ECOC 2008*, Tu.3.D.7 (2008).
- [2] M. Takenaka *et al.*, *IEEE PTL* **17**, 968 (2005).
- [3] Y. A. Vlasov *et al.*, *Nature* **438**, 65 (2005).
- [4] T. Amemiya *et al.*, *Optics Lett.* **36**, 2327 (2011).
- [5] K. L. Tsakmakidis *et al.*, *Nature* **450**, 397 (2007).