

メタマテリアル光導波路におけるスローライト効果の光制御法

Optical control of slow-light effect in metamaterial-loaded Si waveguide

○田中 真琴^{1*}, 雨宮 智宏^{1,2}, 各務 響¹, 増田 佳祐¹, 西山 伸彦^{1,2}, 荒井 滋久^{1,2}○M. Tanaka¹, T. Amemiya^{1,2}, H. Kagami¹, K. Masuda¹, N. Nishiyama^{1,2}, and S. Arai^{1,2}東京工業大学 工学院 電気電子系¹, 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所²Department of Electrical and Electronic Engineering¹,Institute of Innovative Research (IIR)², Tokyo Institute of Technology

E-mail: *tanaka.m.bx@m.titech.ac.jp

1. はじめに

自然界に存在する物質では実現不可能な電磁応答を示すメタマテリアルは、様々な光デバイスへの応用が期待されている[1]。そのような中、我々のグループでは、メタマテリアルの急峻な波長分散を利用することで Si 導波路内に高い群屈折率 (=スローライト効果) を実現できることを明らかにしてきた [2]。今回、上記導波路に信号光と逆方向から制御光を入射することによる群屈折率の制御が可能であることを理論解析から明らかにしたので、ご報告する。

2. 結果

Fig. 1 に提案する群屈折率の光制御法を示す。まず、ナノスケールの金属リングからなるメタマテリアルが装荷された Si 導波路において、信号光と逆方向から制御光を入射し、合成波を立たせる。この合成波の腹 (及び節) の位置を制御光の位相を用いて変化させることにより、群屈折率の制御を行う。例えば、合成波の腹の位置が金属リングの中心に一致する場合、信号光はメタマテリアルによる波長分散の影響を強く受け、高い群屈折率を示す (Fig. 1(a))。これに対して、合成波の節の位置が金属リングの中心に一致するときには、メタマテリアルによる波長分散の影響をほとんど受けず、群屈折率は通常の Si 導波路のそれと同一となる (Fig. 1(b))。

Fig. 2 に、メタマテリアル近傍における透磁率の周波数依存性の解析結果を示す。制御光を入射して合成波の腹の位置を金属リングの中心に一致させたとき、透磁率の急峻な波長変化はみられなくなった (Fig. 2(a))。また、信号光と制御光の相対位相差を 0 から π まで変化させたとき、透磁率を連続的に制御できることを確認した (Fig. 2(b))。

上記結果を考慮に入れた均質化モード解析[3]により計算されたデバイスの分散曲線を Fig. 3 に示す。信号光と逆位相の制御光を入射することにより、急峻な波長分散 (すなわち高い群屈折率) 特性が消失することが確認された。

謝辞

本研究は、JST CREST (JPMJCR15N6, JPMJCR18T4)、JSPS 科研費 (#15H05763, #16H06082) の援助で行われた。

参考文献

- [1] V. M. Shalaev, *Nature Photon.* **1**, 41, (2007).
 [2] S. Yamasaki et al., *J. Opt. Soc. Am. B* **35**, 797 (2018).
 [3] T. Amemiya et al. *Materials* **10**, 1037 (2017).

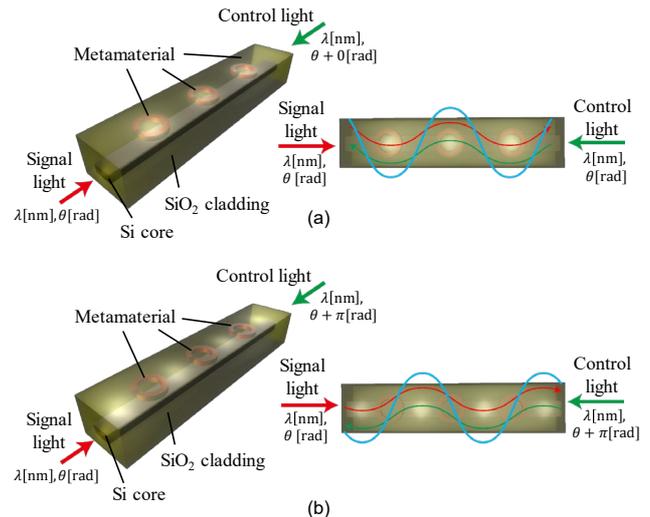


Fig. 1 メタマテリアル装荷 Si 導波路を用いた光制御法概念図 ((a)は同位相光入射、(b)は逆位相光入射)

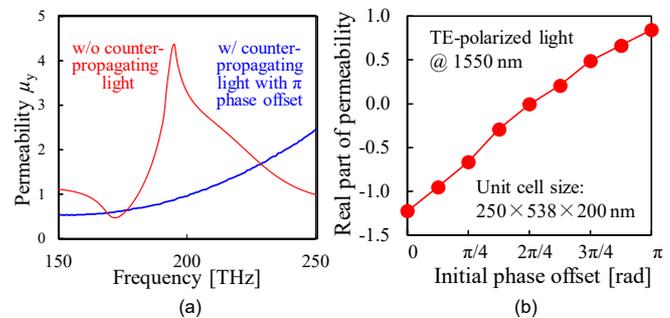


Fig. 2 (a) 周波数に対する透磁率変化 (赤線: 制御光なし, 青線: 制御光あり) (b) 制御光の位相に対するメタマテリアル周辺の透磁率変化 (波長 1550 nm 時)

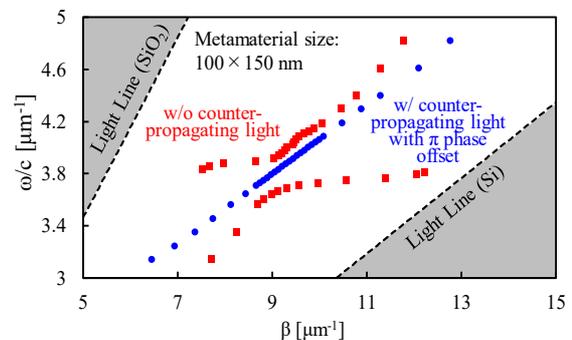


Fig. 3 メタマテリアル装荷 Si 導波路における分散曲線の解析結果 (赤点: 制御光なし, 青点: 信号光と逆位相の制御光の場合)