

相変化材料を用いたプラズモニックデバイスの研究開発

物質・材料

SATテクノロジー・ショーケース2021

■ はじめに

現在、社会の情報化が日々進んでおり、大容量のデータ通信が求められるようになってきている。情報の伝達量を増加させるためには、光通信デバイスの小型化と高密度化が必要となる。しかし、光の性質(回折)が原因で、光デバイスの小型化には限界がある。そこで、光の回折に縛られないデバイスの実現を目的として、光の代わりに表面プラズモン(金属表面における電子の疎密波)を用いて情報を伝達させるデバイスの研究開発をおこなった。

■ 活動内容

1. 研究概略

表面プラズモンと相変化材料を組み合わせたデバイスの研究開発をおこなった。相変化材料の構造は、規則正しい結晶の状態と不規則なガラス質の状態の2種類が存在する。光や電気を加えることでこれらの構造を切り替えることができ、光の透過・吸収の性質が変化する。Fig. 1にデバイスの概略図を示す。図のInput側から光を入力してプラズモンに変換し、光の波長よりも小さい領域を伝達させてOutput側から出力する。また、相変化材料によってプラズモン波の強度を変化させてON状態とOFF状態を切り替える。

2. 研究成果

デバイスを設計する際には、光を入力したときの電磁場の振る舞いが重要になる。そこで、シミュレーションソフトを用いてデバイス内の電磁場を解析した。デバイスの構造をシミュレーション上で完全に再現しようとすると、計算に1日以上かかってしまうという問題があったものの、3次元の構造を2次元の平面にモデル化し、計算時間を1回あたり1~2時間まで短縮させて時間効率を向上させた。

厚みなどの寸法や期待される性能をシミュレーションで評価したのち、具体的な作製方法を検討して、大学の共用装置等を駆使して試作をおこなった。Fig. 2に試作したデバイスを示す。マスクの作製とエッチング処理を繰り返すことで、20 mm角のチップ上(Fig. 2(a))に、ミクロンスケールの相変化材料を埋め込んだ構造を作製した(Fig. 2(b))。また、追加のエッチング加工により、埋め込んだ構造にピンポイントで光の入力・出力構造を作製した。

試作したデバイスを自作の光学系で評価したところ、

光通信波長である $1.55 \mu\text{m}$ 以下のサイズでプラズモンを伝達させ、検出することに成功した。また、今回用いた種類の相変化材料をミクロンスケールのサイズ間でスイッチング動作させた報告は前例がなかったが、本研究では繰り返し動作させることに成功した。将来的には、小型かつ省エネルギーな、光スイッチや光変調器のような光通信デバイスに応用できる。

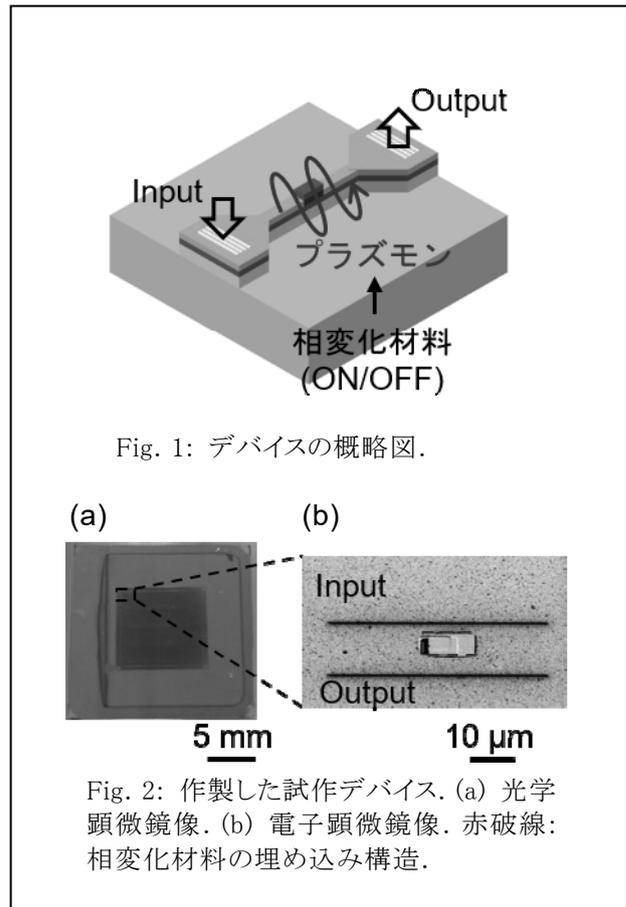


Fig. 1: デバイスの概略図.

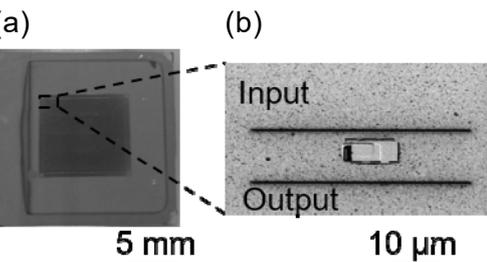


Fig. 2: 作製した試作デバイス. (a) 光学顕微鏡像. (b) 電子顕微鏡像. 赤破線: 相変化材料の埋め込み構造.

代表発表者 杉山 岳(すぎやま たける)
所属 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
デバイス技術研究部門 システムティックマ
テリアルズデザイングループ
問合せ先 〒305-8565 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 5
TEL: 029-861-4100
E-MAIL: tkr-sugiyama@aist.go.jp

■キーワード: (1) ナノフォトニクス
(2) プラズモニクス
(3) 相変化材料

■共同研究者:

牧野孝太郎(産業技術総合研究所 デバイス技術研究部門 システムティックマテリアルズデザイングループ)
中野隆志(産業技術総合研究所 デバイス技術研究部門 研究部門長)
久保敦(筑波大学 数理物質系物理学域)
佐藤健輔(筑波大学大学院 数理物質科学研究所 物理学専攻)