

金属 - 絶縁体 - (GeTe)(Sb₂Te₃)超格子型光変調素子

(Optical modulation device by Metal – Dielectric – (GeTe)(Sb₂Te₃) superlattice)

○杉山岳¹, 久保敦¹, 中野隆志² (1.筑波大物理, 2.産総研)

○Takeru Sugiyama¹, Atsushi Kubo¹, Takashi Nakano² (1. Univ. of Tsukuba, 2. AIST)

E-mail: s1420230@u.tsukuba.ac.jp

研究背景・目的

(GeTe)(Sb₂Te₃)超格子 (GST) は, Ge 原子の変位により低伝導状態 (RESET 相) と高伝導状態 (SET 相) とが可逆的に転移し[1], 同時に光学定数が変化する. RESET→SET 相転移に伴い, 屈折率は減少, 消衰係数は増大する. プラズモニクスデバイス研究においては, 金属 - 絶縁体 - 半導体 (MIS) 型積層構造を典型とする導波路内にプラズモン波を閉じ込め, S 層への電圧印加による屈折率変化で変調を行うプラズモニック変調素子が提案されている. [2]

本研究では, S 層を相転移材料で置き換えた金属 - 絶縁体 - GST 型積層膜を製作し, 相転移による光学定数変化の光変調機能への適用を試みる. 併せて, 時間領域差分 (Finite Difference Time Domain, FDTD) 法による光変調度のシミュレーションを行い, 実験結果と比較する.

実験・シミュレーション

試料は金属 - 絶縁体 - GST 構造に矩形型単スリットを形成したものであり, GST 層相転移によるスリットの光透過率変化を計測した. サファイア基板上に GST, Si₃N₄, Au をスパッタ蒸着し, その後集束イオンビームエッチングにより矩形型に Au 層が取り除かれたスリット構造 (長さ 200 μm, 幅 400 ~ 1600 nm) を形成した. この試料に, Q-スイッチ Nd:YAG レーザーの第二高調波 (波長 532 nm, パルス幅 6 ns, エネルギー 11 μJ/パルス) を照射することで, GST を RESET 相から SET 相へと光誘起相転移させた. 相転移の前後において, スリット部に集光した通信帯近赤外レーザー (波長 1.55 μm) の透過光強度を測定した.

Fig.1(a)に, GST の RESET→SET 相転移に伴うスリット透過光強度の変化率を示す. スリット幅 400 ~ 1600 nm に対し全て透過光強度の減少が観察され, 幅 960 nm のとき最大の変調度 -3.3 ± 2.3 % が得られた.

実験結果の検討のため, FDTD 法によるシミュレーションを行った結果を Fig.1(b)に示す. GST の相転移の効果は光学定数の変化としてモデリングを行った. シミュレーションは実験結果を概ね再現し, スリット幅 650 ~ 2300 nm に対し全て相転移に伴う透過光の減少が生じ, 幅 1250 nm に対し最大 -3.2 % の変調度となった.

まとめ

GST が光誘起相転移することで, スリット構造からの透過光強度が 2 ~ 3 % 減少した. また, 実験に対応したシミュレーションでも, 実験を再現する結果が得られ, 両者は定性的に一致した. 以上のことから, GST の光誘起相転移が透過光強度の変調をもたらしたと考えられる. また, この変調は GST の光学特性の変化に起因している.

今後詳細な解析を進めることで, GST の相転移に伴う光学特性の変化を用いた新規光学変調素子の開発に繋げる計画である.

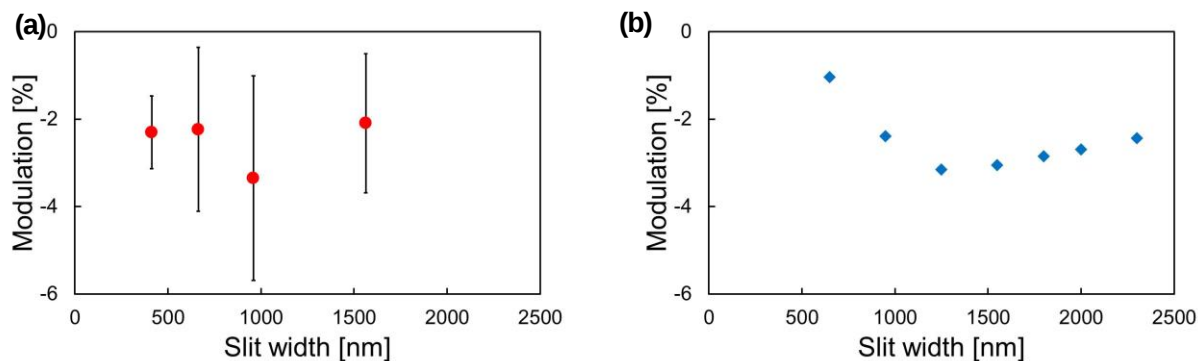


Fig.1. Slit width dependence of the transmitted light intensity modulation.

(a):Experimental, (b):Simulation.

[1] Junji Tominaga et al: *Sci. Technol. Adv. Mater.*, **16**, 014402 (2015)

[2] Jennifer A. Dionne et al: *NANO LETTERS*, **9**, 897 (2009)