相変化材料を用いた光スイッチ動作のシミュレーション解析

Simulation analysis of optical switch operation using a phase change material

石川高専[1]，産総研[2]　○佐野 陽之[1]，桑原 正史[2]

NIT Ishikawa College[1], AIST[2], ○Haruyuki Sano[1], Masashi Kuwahara[2]

E-mail: h-sano@ishikawa-nct.ac.jp

相変化材料の自己保持性を利用した高速で低消費電力な光スイッチ（相変化光スイッチ）の開発が進められている。本研究では、相変化光スイッチの挙動を完全に理解するため、リアルな相変化モデルを含む総合的な連成物理シミュレーションシステムを開発し、光スイッチ動作の解析を行ってきた。試作デバイスを基にした光スイッチモデル構造（M0：Si 導波路の上に膜厚一様の ITO ヒーター層を乗せ、さらに相変化材料である GST（$Ge_2Sb_2Te_5$）薄膜を乗せたもの）に関するシミュレーションを行った結果、GST のアモルファス過程において、GST の加熱が著しく不均一であり、そのため冷却時に GST の再結晶化が進むことによって光スイッチの消光比性能が劣化することが分かった[1]。この原因に関する詳細な分析と対策について研究を進めた。

Fig. 1 はアモルファス化過程で GST 全体が融解した時の温度分布であり、GST 内で最も高温の点 b と最も低温の点 c の温度差は約 500℃であった。電流密度分布による解析から、融解した GST の電気伝導率が ITO とほぼ同じなるため、GST が乗っていない ITO 領域（図の点線内）の相対的な抵抗が大きくなり、その部分で発生するジュール熱が大きくなることが不均一加熱の原因であることが分かった。この解析結果を基に、GST 内の温度差を小さくするための加熱方法に関する検討を行い、「GST 膜の乗っていない ITO 領域の膜厚を 2 倍の 60 nm にしたモデル構造」（M1）と「ITO 層と GST 層の間に電気的な絶縁のための SiO_2 層 10 nm を挿入したモデル構造」（M2）に関するシミュレーションを行った。Table 1 に計算結果を示す。２つのモデル構造の両方で GST 内の温度差が小さくなり、アモルファス化過程における再結晶化が抑制された。特に M1 構造では、投入するジュール熱が約半分になり、再結晶化が顕著に減少したため、ON 状態の光スイッチ透過率が 20%増えた。これらの知見を基にデバイス構造を改良することによって、相変化光スイッチの性能改善が見込まれると考えられる。

なお本研究は JSPS 科研費 JP20K05373 の助成を受けたものであり、また、成果の一部は国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究 03701 で得られたものである。

[1] 2022 年第 69 回応用物理学会 春季学術講演会 22a-D215-5

Table 1: Calculated results of the optical switch simulation

	M0	M1	M2
Temperature difference between point b and point c when GST is melted [℃]	500	240	285
Joule heat in the amorphization process [nJ]	11.5	6.5	10.7
Transmittance of the optical switch in ON state [%]	34	54	42

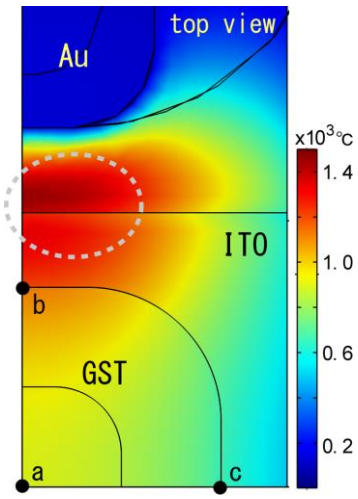

Fig. 1: Temperature distribution in the amorphization process.

© 2023年 応用物理学会