

相変化材料を用いた光スイッチ動作の連成物理シミュレーション

Multi-physics simulation 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 College¹, AIST², [○]Haruyuki Sano¹, Masashi Kuwahara²

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。これまでの研究において、相変化材料の相状態が実際どうなっているか不明であり、試作したデバイスが予想される性能（消光比）を示さないなどの問題が生じている。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た。

Fig. 1 に GST ($\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$) を相変化材料として用いた相変化光スイッチのモデル構造を示す。まず、Au 電極間に電圧パルス V_p を印加したときの電気伝導、ジュール熱発生、熱伝導、GST 相変化などを連成物理シミュレーションすることによって、光スイッチ OFF 状態（結晶 GST：光吸収大）または ON 状態（アモルファス GST：光吸収小）を作り、次に Si 導波路の光伝搬をシミュレーションして透過率を評価した。

GST の結晶化は $350\sim 500^\circ\text{C}$ で促進される。 $V_p = 2\text{ V}$, 520 ns の電圧パルスによって、この温度帯を 250 ns 程度維持できるため、GST 全体を結晶化できることが分かった。（この off 状態の透過率は 1.57% ）Fig. 2 は、加熱中（ $t = 290\text{ ns}$ ）の温度と結晶密度分布であり、結晶化が Au 電極に近いところから進行している様子を示している。

GST のアモルファス化には、融点（ 616°C ）以上に加熱した後の急冷が必要である。 $V_p = 4\text{ V}$, 90 ns の電圧パルスを印加すると、 $t = 100\text{ ns}$ で GST 全体が融解し、 $t \sim 330\text{ ns}$ で 300°C 以下になった。Fig. 3 は急冷後の結晶密度分布であり、GST 層の上面付近で再結晶化が見られた。この時の透過率は 33.9% であり、GST 全体がアモルファス化しているとき（ 65.4% ）の約半分であった。詳細な解析から、GST 層の加熱が不均一であるため、急冷中の再結晶化が顕著に発生し、また GST 層及び ITO ヒーター層の熱的損傷が生じる可能性があることが分かった。

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で得られたものである。

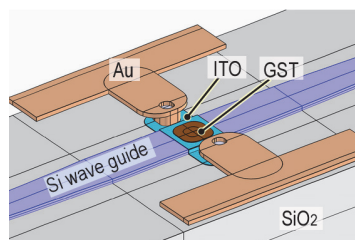


Fig. 1: Model structure of the phase change optical switch.

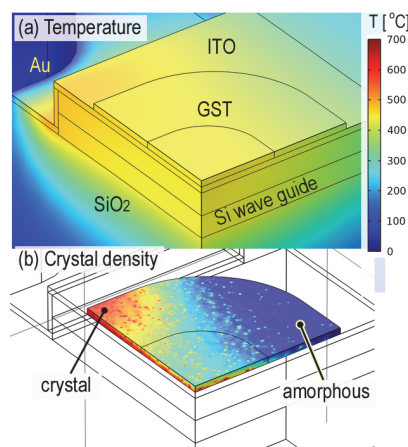


Fig. 2: Distributions of temperature and crystal density during heating.

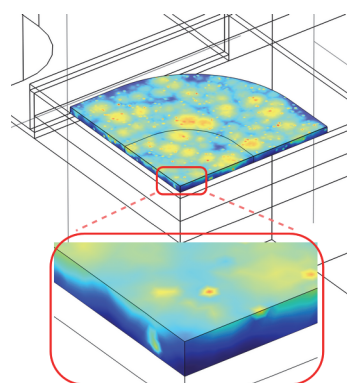


Fig. 3: Crystal density distribution after quenching.