

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 B5G超低消費電力高効率ネットワーク構成に向けた高機能材料の研究開発
- ◆受託者 国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人慶應義塾、国立大学法人東北大学
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和5年度 (3年間)
- ◆研究開発予算 (契約額) 令和3年度から令和5年度までの総額104百万円 (令和5年度24百万円)

2. 研究開発の目標

テラヘルツデバイス/光通信デバイス向けの新規相変化材料を探索し、低損失材料を見出す。その利用例として、集積型光スイッチに装荷し、低消費電力動作を実証する。探索した新規相変化材料は、そのテラヘルツ域の誘電特性と通信波長帯の光学特性を評価し、用途に応じた材料の使い分けを判断するためのデータとして解析し整理する。さらに、応用上重要な相変化材料の初期化工程やテラヘルツ光源・受光器デバイス向けに相変化材料の構造最適化ツールを開発する。

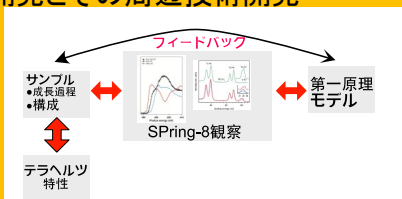
3. 研究開発の成果

研究開発目標

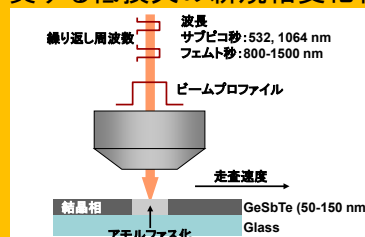
研究開発成果

研究開発項目1 テラヘルツ帯機能材料及び自己保持型光スイッチ用相変化材料の研究開発

テラヘルツデバイス/光通信デバイスに資する低損失の新規相変化材料開発とその周辺技術開発



新規材料の電子構造理論モデル構築 (1-a)



相変化材料の状態初期化技術(1-a)

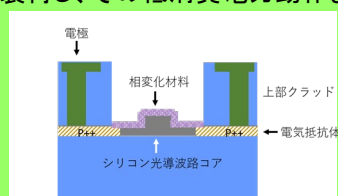
研究開発項目1-a) テラヘルツ帯光物性と相変化機構解明 パルス光照射による膜厚150nmまでのGSTアモルファス化(初期化)技術を開発。**フェムト秒パルス光**照射による**MnTe相変化駆動**に成功。**第一原理計算**でMnTeの**THz誘電応答**、**外部歪み**に対する**安定性**を評価、**THz誘電応答**における**Crドープ効果**を裏付け。

研究開発項目1-b) テラヘルツ帯及び光スイッチ用新規二元相変化材料開発 **Crドープ**によるMnTeの**特性制御**に成功。新規2元系材料**XTe**の**系統的**探索、低損失性@1.55では**MnTeの優位**を確認、**NbTeの発見**。

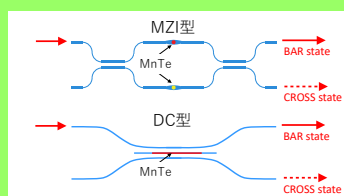
研究開発項目1-c) テラヘルツ特性・光通信波長特性評価と新規三元系相変化材料開発 新規3元系XYTeを探索、**RuSbTeを発見**。**MnTe**、**Cr-MnTe**、**SbTe**、**SbS**(3元系母材)の**THz誘電特性**を評価。電流瞬断効果を用いる**テラヘルツ源**を検討。XTe、XYTeの**光通信波長帯**における光学特性評価。

研究開発項目2 相変化材料を用いた省電力高密度光マトリクススイッチの研究開発

探索の結果見出された新規相変化材料を、シリコンフォトニクス光スイッチに装荷し、その低消費電力動作を実証



新規材料を装荷したシリコンフォトニクスの試作 (2-a)



新規材料を装荷した光スイッチの設計と不揮発動作実証 (2-b)

研究開発項目2-a) 相変化材料を装荷したシリコンフォトニクス光スイッチ製造技術 装荷に必要な**シングルターゲット**による**MnTeスパッタ成膜**に**成功**。装荷用**シリコン光回路**の試作を**完了**、酸化対策を含む**装荷工程を開発、装荷作業実施**。

研究開発項目2-b) 相変化材料を用いたシリコンフォトニクス光スイッチの設計と評価 装荷用シリコン光回路と装荷工程用フォトマスクを**設計**。試作した装荷用**シリコン光回路の特性**を評価、**新規加熱機構の低損失性**を確認。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
1 (0)	1 (1)	6 (4)	60 (28)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

- ・熱歪みがMnTeの多形変化挙動に及ぼす影響を明らかにし、研究論文を発表
- ・GST大面積初期化(アモルファス化)技術を利用した自己組織化応用、研究論文を発表
- ・多形相変化材料で見出された準安定半導体について、研究論文を発表
- ・新規相変化材料NbTe₄について、研究論文を発表
- ・GST大面積初期化(アモルファス化)技術を利用した協同現象応用、研究論文を発表
- ・MnTeの相変化と光スイッチング応答について、研究論文を発表
- ・Sb系相変化材料の探索と光学特性評価の結果を、国際会議で発表
- ・相変化による電流瞬断を用いたテラヘルツ源を検討、特許出願
- ・相変化材料を組み込んだ光トライオードスイッチを検討し、小論文として発表

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

〈計画〉相変化材料を成膜するためのスパッタターゲットについて、現在入手可能な製品では品質に課題があり、ターゲット製造メーカーと品質改善に向けた協議を続ける。相変化材料を装荷したシリコン光回路については、不揮発動作の実証実験を実施する。また、技術移転を目指して、相変化材料を装荷するサービスを請け負える事業者を探す。

〈展望〉相変化材料のCMOSへの導入は、ストレージクラスメモリとして米国大手が一旦事業化し現在休止した形であるが、ストレージ以外にも、ニューロモーフィック応用に向けたIn-memory Computingなど、相変化材料の取り込みを想定した新たな潮流が起きている。本課題の新規相変化材料は、従来型材料に取って替わる可能性がある。将来的にはCMOS製造設備でシリコンフォトニクスとともに量産性の展望が開ける。