

## 内容の要旨

報告番号	甲 第3883号	氏名	田中 大輝
主論文題目： 相変化材料を用いた自己保持型光スイッチに関する研究			
<p>光通信ネットワークにおいて、波長多重と多値変復調による大容量伝送が進展している。このため、光ノードで処理される信号の波長数とビットレートが増大し、光ノードの大規模化、高速化、低消費電力化が求められている。特に光電気変換を要せずに光信号のルーティングが可能な、光スイッチ技術を光ノードに適用することが強く期待されている。この要請に応えるために、小型で高速に動作し、低損失な光スイッチが求められている。本研究では相変化材料を用いた自己保持型光スイッチ（相変化光スイッチ）を提案し、その有用性を明らかにすることを目的とした。</p> <p>第1章では、本研究の背景、先行研究、光通信技術などについてその概要を述べた。また、相変化材料および相変化スイッチの特徴について述べた。超小型、高速応答性、自己保持機能、といった相変化光スイッチの利点について説明した。</p> <p>第2章では、光マトリクススイッチなどの集積光回路に必要な Si 交差導波路について述べた。オフセット交差構造を提案し、損失およびクロストークの低減に有効であることを明らかにした。有限差分時間領域 (FDTD: Finite-Difference Time-Domain) 法を用いたシミュレーション結果、試作チップの測定結果について報告した。Ey モードにおけるクロストークは-45 dB まで低減された。</p> <p>第3章では、三種類の相変化光ゲートスイッチについて述べた。薄膜型、リブ型、多モード干渉 (MMI: Multi-mode Interference) 型のそれぞれについてチップの試作を行い、そのスイッチング動作に成功した。これらの実験結果により、相変化材料を用いた安定な光スイッチングが可能であることを明らかにした。薄膜型ではおよそ 10 dB の消光比が得られ、1000 回のスイッチング動作に成功した。</p> <p>光マトリクススイッチを構成するためには、2×2 スwitchの実現が強く求められる。第4章では、方向性結合器 (DC: Directional Coupler) をベースとした 2×2 相変化光スイッチの設計法について述べた。平行導波路におけるスーパーモードを有限要素法 (FEM: Finite Element Method) により解析し、その等価屈折率から結合長を算出した。デバイス長が 10 μm の極めて微小な 2×2 スwitchを設計することができた。</p> <p>第5章では、マッハ・ツェンダ干渉器 (MZI: Mach-Zehnder Interferometer) をベースとした 2×2 相変化光スイッチの設計法について述べた。アーム導波路の長さを対称にすると空間スイッチを、非対称にすると波長スイッチを実現することができる。必要な相変化材料が短くて済むこと、作製トレランスがよいことが利点である。</p> <p>第6章では、本論文の成果をまとめ、今後の課題や将来の展望を述べた。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3883 号	氏 名	田中 大輝
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 津田 裕之
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 山中 直明
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 齋木 敏治
	副査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 木下 岳司
<p>学士（工学）、修士（工学）田中大輝君提出の学位請求論文は「相変化材料を用いた自己保持型光スイッチに関する研究」と題し、6章から構成されている。</p> <p>光通信ネットワークにおいて、波長多重と多値変復調による大容量伝送が進展している。このため、光ノードで処理される信号の波長数とビットレートが増大し、光ノードの大規模化、高速化、低消費電力化が求められている。特に光電気変換を要せずに光信号のルーティングが可能な光スイッチを光ノードに適用することが強く期待されている。この要請に応えるために、小型で高速に動作し、低損失な光スイッチが求められている。また、光ノードの低消費電力化のために光スイッチが自己保持性を持つことが有用である。本研究では相変化材料を用いた自己保持型光スイッチ（相変化光スイッチ）を提案し、設計法を確立し、その構造を最適化することを目的としている。</p> <p>第1章では、本研究の背景、先行研究、光通信に関する基礎的な知識などについてその概要を述べ、相変化材料の物性と開発の歴史について述べている。また、超小型、高速応答性、自己保持機能等の相変化光スイッチの利点とその実用化に必要な課題について述べ、本論文の目的と構成を説明している。</p> <p>第2章では、光マトリクススイッチなどの集積光回路に必要な Si 交差導波路について述べている。オフセット交差構造を提案し、損失およびクロストークの低減に有効であることを明らかにしている。有限差分時間領域法を用いたシミュレーションにより構造を最適化し、交差導波路を試作している。その結果、交差導波路におけるクロストークを-45 dB まで低減している。</p> <p>第3章では、三種類の相変化光ゲートスイッチについて述べている。薄膜型、リブ型、多モード干渉型のそれぞれについて光スイッチの試作を行い、そのスイッチング動作に成功している。これらの実験結果により、相変化材料を用いた安定なスイッチングが可能であることを明らかにしている。薄膜型ではおよそ 10 dB の消光比を得て、1000 回のスイッチング動作に成功している。また、スイッチが ON になる場合（相変化材料がアモルファス化する場合）のスイッチング時間が約 100 ns、スイッチが OFF になる場合（相変化材料が結晶化する場合）のスイッチング時間が約 400 ns であることを確認している。</p> <p>第4章では、方向性結合器をベースとした 2×2 相変化光スイッチの設計法について述べている。平行導波路におけるスーパーモードを有限要素法により解析し、その等価屈折率から結合長を算出している。デバイス長が 10 μm の極めて小型なスイッチの設計に成功している。</p> <p>第5章では、マッハ・ツェンダ干渉器をベースとした 2×2 相変化光スイッチの設計法について述べている。アーム導波路の長さを等しくした空間スイッチと、長さを不等長とした波長スイッチを設計している。相変化部を小型化し、作製トレランスがよい構造を明らかにしている。</p> <p>第6章では、本論文の成果をまとめ、今後の課題や将来の展望を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文の著者は、相変化光スイッチの設計法を確立し、実証実験により、高速動作と自己保持性を確認し、その有用性を明らかにしている。相変化材料を用いた自己保持型光スイッチは、次世代の超大容量光ネットワークの構築に、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			