

審査の結果の要旨

氏名 ソーアンジ イブラーヒム ムラット

本論文は, "Integrated phased-array photonic switches for ultra-large-capacity optical packet routing (超大容量光パケットルーティングのための集積化フェーズアレイ型光スイッチに関する研究)"と題し, 将来の大容量全光パケットスイッチングに適する大規模化可能で高速な新たな半導体光スイッチの試作・開発を行った結果について英文で纏めたもので, 7章より構成されている.

第1章は序論であって, 研究の背景, 動機, 目的と, 論文の構成が述べられている.

第2章は"Integrated phased-array photonic switching"と題し, 本論文で対象とするフェーズアレイ型光スイッチのコンセプトに関し論じている. まず光位相アレイの基本を概観した後, 本スイッチの原理および設計法について述べ, さらに他の光スイッチとの比較を行っている. 本スイッチは, 原理的には単一段で数百の出力ポートにスイッチングできること, 多波長光信号を一括でスイッチできること, 光受動素子のみで構成できること等を特長としている. また, マルチキャスト光スイッチングに利用できる光振幅制御機能付きのフェーズアレイ光スイッチについても, その提案と理論解析を行っている.

第3章は"Integrated 1xN phased-array photonic switches: design, fabrication and characterization"と題し, 本研究で試作した $1.55\mu\text{m}$ 帯 InP 系フェーズアレイ型光スイッチの設計, 作製法, 評価について論じている. まず 1x8 スwitchを InP 基板上に試作し, 同素子において 2.2dB 以下の低い偏波依存性を実現した. その成果に基づき, 半導体系では最大規模となる 1x16 スwitchを作製して, C バンド全域(1530-1565nm)で 0.7dB 以下の低波長依存性, 7dB 以下のオンチップ損失, 18.6dB の平均消光比, 11ns のスイッチング時間など, 世界最高レベルの性能を得ることに成功した.

第4章は"High-bit-rate optical packet switching experiments"と題し, フェーズアレイ型光スイッチ, 全光ラベル抽出器およびスイッチ制御電子回路からなる光ノードプロトタイプによる光パケットルーティング実験について論じている. 160Gb/s の光時分割多重強度変調パケット並びに 120Gb/s 波長多重 DPSK (differential phase-shift keying)光パケットを, 0.7dB 以下のパワーペナルティで, 16 個の出力ポートにスイッチングしている. 本パケットスイッチングノードは, フェーズアレイ型光スイッチの 4.5THz の帯域に収まる限り, どのようなビットレートでも変調フォーマットでも対応可能であることが実際に示された.

第5章は"Photonic integrated circuit for 100-port transparent switching"と題し, 数百の光能動/受動素子を集積化した光スイッチング集積回路の設計と試作について論じている. 設計した 1x100 のモノリシック集積光スイッチ回路は, 電極も含め $6\text{mm} \times 6.5\text{mm}$ のフットプリントに収まる. 本光集積回路の試作により, フェーズアレイ型光スイッチの高いレベルの集積化適性が実証された.

第 6 章は"Power consumption in buffered optical packet switch fabrics utilizing phased-array switches"と題し、超大容量のバッファ付き光パケットスイッチングノードの電力消費量を試算している。本論文で対象とするフェーズアレイ型光スイッチをルーティングと光バッファリングの双方に利用することを仮定している。光バッファ、マトリクス光スイッチ、スイッチ制御部および損失補償用の半導体光増幅器からなる 1000x1000 光ルータの 1 ビット当り消費エネルギーは 1.5pJ と算出された。1 ファイバー当り 1Tb/s の容量であれば、本ルータは 1Pb/s のスループットを有することになり、同等のスループットの光ルータを一般的なブロードキャスト・アンド・セレクトスイッチを用いて構成する場合に比べ、9.4 倍エネルギー効率が高くなると予測している。

第 7 章は結論であって、得られた成果を総括するとともに将来展望について述べている。

以上のように本論文は、波長多重全光パケットスイッチングに最適な 1.55 μm 帯フェーズアレイ型光スイッチを InP 系化合物半導体に基づいて試作開発し、1x16 のスイッチ規模や 11ns のスイッチング時間など第一級の性能を実現するとともに、同スイッチを全光スイッチングノードに応用してビットレート・変調フォーマットに依らない全光パケットルーティングが可能であることを実証し、さらに 1x100 集積光スイッチ回路の先鞭をつけ、ネットワーク省電力化への効果を定量的に明らかにしたもので、電子工学分野に貢献するところが多大である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。