

## 審査の結果の要旨

論文提出者 名田 允洋

本論文は「垂直入射型アバランシェフォトダイオードの高速高感度化に向けた素子設計およびその光通信応用に関する研究」と題し、近距離光通信用の高速・高感度なアバランシェフォトダイオード(APD)の設計、試作と応用について纏めたもので、8章より構成されている。

第1章、第2章は序論であって、本研究の背景、目的と、本論文の概要、構成について述べている。本研究で対象とする APD の目標性能や、設計に向けた要求条件が整理されている。

第3章は「アバランシェフォトダイオードの設計・作製・特性評価方法」と題し、まず基本的な APD の動作原理や特性の制限要因について述べた後、APD の動作速度を決めているキャリアの輸送機構について整理し、また APD 特有の要素であるインパクトイオン化現象および APD の利得と動作帯域のトレードオフ関係について論じている。APD の素子やモジュールの作製手法、それらの評価手法についても併せて述べている。

第4章は「垂直入射・反転型アバランシェフォトダイオードの設計」と題し、目標性能を達成する APD の素子構造を提案している。APD は一般に「垂直入射型」と「導波路型」に分けられるが、導波路型はウエハプロセス、モジュール実装の両面で作製トレランスが小さいという欠点を有する。一方垂直入射型は、その面では有利であるものの、感度と動作帯域のトレードオフがより顕著になる欠点を有する。本章では、このトレードオフを克服し、垂直入射型を採用しながらも高速高感度動作を可能とする「ハイブリッド光吸収層」を提案し、最適設計を行っている。ハイブリッド光吸収層を適用した上で、APD の素子作製プロセスを更に簡易化し動作信頼性も担保する「反転型構造」を提案し、その設計について論じている。

第5章は「反転型アバランシェフォトダイオードの Lateral Scalability と電界狭窄効果」と題し、前章で提案、設計した反転型 APD を実際に試作し、その特徴的な動作特性について論じた。反転型 APD は、半導体層構造の最上部に位置する n 型コンタクト層によって形成されるメサの面積で動作領域が決定され、それより下の半導体層をどのような面積に加工しても動作領域には影響しないことを実験的に示した。このことは、提案する反転型 APD が、動作状態においては素子の側面に電界を発生していないことを示唆しており、APD の動作信頼性を担保する上でも有利であることが示された。

第6章は「反転型アバランシェフォトダイオードの高速・高感度化」と題し、25Gbit/s および 50Gbit/s の高感度動作の得られることを実験的に示している。反転型構造を適用し、半導体層の最上部に位置する n 型コンタクト層の面積の最適化、および APD の層厚の最適化により、当初目標の帯域と感度が得られた。本章の結果により、提案した反転型 APD が設計性の高い構造であることが示されたと同時に、100G 級および超 100G 級光通信システムにおける光レシーバの高感度化に有望な素子であることが示された。

第7章は「反転型アバランシェフォトダイオードの光レシーバへの応用」と題し、前章の APD を光レシーバに実装し伝送実験を行った結果について述べている。25Gbit/s においては光アンプを用いず 40km のエラーフリー動作を実現し、さらに 4 チャンネル APD を小型集積した光レシーバにおいても 40km 以上のエラーフリー伝送を実証した。1 レシーバでのスループットは 100Gbit/s であり、この結果本 APD の 100Gb イーサネットへの高い適用性が示された。また 25Gbit/s バースト信号に対しても、高感度でのエラーフリー動作を実証している。最後に超 100G 級システムに向けて、50Gbit/s 動作の可能な光レシーバを作製し、実際に 50Gbit/s 光信号に対して、20km エラーフリー伝送の可能な高感度特性を検証した。

第8章は結論であって、本論文のまとめと展望が述べられている。

以上のように本論文は、超高速光データ通信に適する垂直入射型のアバランシェフォトダイオードについて、その高速、高感度化のための新しい構造を提案し、素子設計と試作を通じて高速高感度性を実証するとともに、実際に光レシーバに搭載して高ビットレートの中距離エラーフリーデータ伝送に成功したものであって、半導体光デバイス工学への貢献が少なくない。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。