

Title	アバランシェフォトダイオードを利用した高精度光検出法の開発とパルスオキシメータへの応用に関する研究
Author(s)	宮田, 剛
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46745
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について〈/a〉をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	宮 田 剛
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 20400 号
学位授与年月日	平成18年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科機能創成専攻
学位論文名	アバランシェフォトダイオードを利用した高精度光検出法の開発とパルスオキシメータへの応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 荒木 勉 (副査) 教授 田中 正夫 教授 宮崎 文夫

論文内容の要旨

環境計測や生体計測では目的信号光の大幅な強度変化に対して高感度・高速で追従計測することや、強いバックグラウンド光 (BG 光) に埋もれた微弱信号光を、高い信号対雑音比 (SNR) で検出することが望まれている。本論文はこのような背景を踏まえ、フォトンカウンティングレベルの微弱な光から半導体レーザーなどの mW オーダーの強い光まで、広い光強度範囲で連続的に対応できる「シリコンアバランシェフォトダイオード (Si-APD) を用いた高精度光検出法の開発」についてまとめたものである。本文は以下の5章で構成されている。

第1章では、APDの概要をまとめ、以下の章への緒論とした。

第2章では、入射光強度の減少に伴う高速応答特性の劣化を改善し、時間分解能を向上させる新しい補正手法を提案している。Si-APDのゲイン・バンド幅積 (GB積) が一定であること、また、一次遅れ系受信機モデルの考えを導入すれば、出力信号に応じた最適なゲインと帯域が算出でき、応答特性が補正できることを示している。

第3章では、強いBG光に埋もれた微弱信号光を高いSNRで検出する目的で、Si-APD自体をゲート動作させて検出器自体をサンプリング部とした擬似ロックイン光検出システムを提案している。また、BG光に対するシステムの性能評価を行い、その有効性を示している。

第4章では、擬似ロックイン光検出システムをパルスオキシメータへ応用することについて述べている。測定部位選択自由度の観点から反射型パルスオキシメータの開発が望まれているが、BG光や体動によるバックグラウンドノイズの影響によりSNRが低下する。本研究ではそのような問題に対して擬似ロックイン光検出システムを適用し、その効果を示している。また、従来よりも弱い入射光強度に対しても実用感度があることを示している。

最後に第5章では、全体の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文はシリコンアバランシェフォトダイオード (Si-APD) を用いた高精度光検出法の開発と応用に関するものであり、レーザー測距やパルスオキシメータにおける高精度光検出についての研究を詳述している。論文内容は以下の

ように要約される。

(1) APD を利用したレーザー位相差距離計において、反射光強度の減少に伴い APD 出力の高速応答特性が劣化し、位相遅れが生じて測長誤差を招き問題となっている。本論文ではこの現象を APD のゲインーバンド幅積が一定であるためとし、入射光強度減少に伴うゲイン増加が帯域縮小を招いたと説明している。この前提条件より十分な帯域を確保するゲインとなるように逆バイアス電圧制御し位相遅れ補正する方法を提案している。

(2) 微弱信号光を高い信号対雑音比 (SNR) で検出する目的ではロックイン光検出が一般的に用いられる。しかし、システムの構成上大型となるので、フィールドユースな装置としては不向きである。そこで、本論文では Si-APD 自体をゲート動作させて検出器自体をサンプリング部とした擬似ロックイン光検出システムを提案している。本方式は、Si-APD に直流バイアス電圧と TTL レベルのパルス電圧を重ね合わせて逆バイアス電圧としていることや位相検波 IC などのモジュールと組み合わせることで小型化を図っているところに特徴がある。また検出器自体がサンプリング部となるので SNR の点で最も有利で、微弱光検出に対して効果を発揮する。

(3) 測定部位選択自由度の観点から反射型パルスオキシメータの開発が望まれているが、背景光や体動によるバックグラウンドノイズの影響により SNR が低下する。そこで本論文では、上記の擬似ロックイン光検出システムをパルスオキシメータへ応用することを提案している。本方式により、従来用いられている透過型よりも弱い入射光強度に対しても実用感度があることを示している。

以上のように、本論文は距離計やパルスオキシメータなどの生体光計測機器へ Si-APD を利用した新規な高精度光検出法を提案するものであり、得られた成果の工学的意義は大きい。したがって本論文は博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。