The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	光通信シリコンアバランシュフォトダイオードの研究
Author(s)	金田, 隆夫
Citation	大阪大学, 1982, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/33504
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【10】

氏名・(本籍)	金田隆夫（かねだ たかお）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 5704 号
学位授与の日付	昭和57年4月22日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**光通信用シリコンアバランシュフォトダイオードの研究**
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄 教授 木下 仁志　教授 山中千代衛　教授 藤井 克彦 教授 鈴木 胖　教授 横山 昌弘　教授 中井 貞雄 教授 小山 次郎

論文内容の要旨

本論文は「光通信用シリコンアバランシュフォトダイオードの研究」における成果をまとめたもので，本文7章より構成されている。以下各章ごとに順を追ってその内容の梗概を述べている。

第1章　緒　論

本章では光通信用受光素子における研究の重要性および本研究が対象としたアバランシュフォトダイオード(APD)の研究の歴史的背景について述べ，本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章　増倍雑音の解析

本章ではＡＰＤの最重要パラメータである増倍雑音について解析を行なっている。即ち，増倍雑音と素子パラメータとの物理的関係を新しいモデルを用いて明確にしている。これにより，ＡＰＤの増倍雑音量がアバランシュ領域の長さにより決定されることが明らかとなり，実用的な設計式を導出している。

第3章　光通信用Si－APDの最適設計

本章では光通信用受光素子としてのシリコン(Si)APDの性能指数を新しく定め，これを用いて最適設計を行なっている。これにより最適なアバランシュ領域の長さが約2μmであることを明らかにしている。また，ＡＰＤ固有の応答速度制限パラメータであるアバランシュビルドアップタイムを増倍雑音特性から求める方法を示し，アバランシュ領域の長さとの関係式を明らかにすると共に，260GHz以上の利得帯域幅積が得られることを示し，増倍過程が実用上充分に高速であることを明らかにしている。

第４章　光通信用Si－APDの実現

本章では最適なアバランシュ領域の長さを実用的な水準で実現する方法について述べている。従来，チャネリング注入法は実用素子の作製には全く使用されていなかったが，イオンビームの平行X－Y走査法を採用することにより，これを実用水準の技術として開発に成功している。汎用イオン注入機で得られる800KeVのボロイオン(B^+)を〈110〉軸にチャネリング注入して製作したSi－APDは，増倍率が100倍で過剰雑音係数が４から５の値があり従来素子に比べて非常に良好な低雑音特性を示している。さらにこのＡＰＤにおいて低暗電流，高増倍率特性が得られることを確認し，光通信用Si－APDを実現する方法としてX－Y走査によるチャネリング注入が有効であることを明らかにしている。

第５章　Si－APDの電気的および光学的特性

本章では，増倍雑音以外に，光通信システムの最低受信レベルを決定する重要パラメータである電子効率，周波数応答特性について，その測定および解析結果について述べている。また，通信用素子として欠くことのできない温度特性を暗電流，降伏電圧，増倍率，増倍雑音について解析を行ない，この内，降伏電圧，増倍率，増倍雑音について最初にアバランシュ領域の長さの関数として表わし，アバランシュ領域の長さを用いた独自の素子設計法および解析法を確立している。さらに素子の信頼性について検討を行ない，試作素子が光通信用受光素子として信頼性の点からも実用的なものであることを明らかにしている。

第６章　素子設計法のGe－APDへの応用

本章では，第２章から第５章までに述べたSi－APDに関して得られた結果をゲルマニウム(Ge)－APDに応用し，低雑音形素子構造として新しくP^+－nおよびn^+－n－p形接合のAPDを作製し，Ge－APDの低雑音化を図っている。また，低雑音化に対する新しい企てとして増倍雑音の結晶方位依存性について検討を行ない，〈100〉軸が低雑音化に最適であることを示している。さらに1μm帯での受光素子としての諸特性を測定および解析し，高速応答性，高電子効率特性は得られるが，暗電流が大きいという使用する上での問題点を指摘している。これにより，Ge－APDを1μm帯の受光素子として実用化できる見通しを明確にしている。

第７章　結　論

本章では，本論文に述べられた研究の結果を総括して本研究の結論を述べている。

論文の審査結果の要旨

最近，光を情報の処理，伝達の媒体とするオプトエレクトロニクスが多量の情報を迅速に処理する能力や伝達損失が少なく外部からの妨害をうけにくいなどの利点のため注目され，光ファイバーや半導体レーザの進歩に助けられて光通信や光計算機などの面で実用化されようとしている。このため特に，半導体レーザの波長域で動作する高感度，低雑音，高速の受光素子の開発が重要な課題となっている。本論文は，このような要請にそうものとしてシリコン及びゲルマニウムのアバランシュ・フ

ォト・ダイオード(ＡＰＤ)をとりあげ，その動作特性を実験・理論の両面から解明することによって高利得，低雑音，高速のアバランシュ・フォト・ダイオードの最適設計方針を確立し，それを指針として製作した新しい構造の素子が良好な特性を示すことを明らかにしたものである。

その結果多くの新知見を得ているが主なものを例示すると，

1）光通信用シリコンＡＰＤについて増倍雑音と素子パラメータの関係を理論的に解明し，アバランシュ領域の長さが最も重要なパラメータとなることを見出した。これらの解析に立脚して，低雑音，高利得シリコンＡＰＤの設計方針を確立した。

2）シリコンAPDの光電量子効率ηと雑音指数Fの比(η/F)をAPDの性能指数と定義し，これを最大にするアバランシュ領域の長さが増倍比50～100では約2μmであることを明らかにした。

3）この最適条件を満すAPDを硼素イオンのチャネリング注入で製作する方法を開発した。

4）このようにして製作したシリコンAPDが500MHzまで動作し得ることを見出した。

5）同様な解析をゲルマニウムAPDにも適用し1μm帯の高性能APDの試作に成功した。

以上述べたように，本論文は，光通信用ＡＰＤの設計上重要な多くの新知見を含み，半導体工学に寄与するところが大きい。よって，本論文は，博士論文として価値あるものと認める。