

氏 名	宮 井 幸 男 みや い ゆき お
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 1212 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 7 月 23 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	ゲルマニウムマイクロ波ダイオードの開発とその応用

(主 査)
論文調査委員 教授 福田 國 彌 教授 池 上 淳 一 教授 川 端 昭

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ゲルマニウムダイオードにおける発振現象に関する研究とこれを用いたマイクロ波発振器を中心としたマイクロ波回路の研究さらに此等のマイクロ波水分センサへの応用に関する研究の結果を述べたもので、7章より成る。

第1章では、半導体発振素子の背景ならびにその歴史、さらにマイクロ波応用の背景について概説し、本研究の目的と内容を明らかにしている。

第2章では、コルビノディスク状のゲルマニウムダイオードの P-N 接合に順方向の電圧を加え半導体プラズマを生成し、これに横磁場を加えることによって得られる不安定性による発振現象について述べている。そして、この発振現象の起る条件を明らかにするとともにこの条件下では発振はら旋状の摂動による不安定現象によって生じることを理論的に示し、実験的にはN形 Ge, P 形 Ge においてら旋状の摂動を観測し、周波数が 10 KHz~数 10 MHz の発振が得られることを報告している。

第3章では、ゲルマニウムダイオードの P-N 接合に逆方向の電圧を降伏電圧以上に加えることによってマイクロ波発振が得られるが、このダイオードの製造方法について詳しく述べている。即ち、ゲルマニウムよりマイクロ波を初めて取り出すことに成功した時の合金法による製造、さらに量産性のある安定な製造法として不純物濃度 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の P 形 Ge 基板上で $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ約 10μ の P 形エピタキシャルに Sb 拡散を行う方法について述べている。そして、このゲルマニウムマイクロ波ダイオードのインピーダンス測定を行ない、その実験結果が小信号に於ては Gilden & Heines の理論によってよく説明され、中信号に於ては此を少し修正することによりよく説明されることを示している。

第4章では、ゲルマニウムマイクロ波発振 (GMO) ダイオードを各種のマイクロ波応用機器の発振源として用いるためのマイクロ波発振器に関する研究について報告している。即ち、一つのダイオードでXバンドを容易にカバーできる機械同調形同軸及び半同軸形発振器、量産性のある安価な鑄造製導波管形発振器、さらに情報送信及び距離検知を可能にする電子同調形発振器について述べており、Xバンドに於ては入力 1~2.5 W の低入力で出力 10~200 mW を得、周波数変調に関しては変調周波数の高い場合は周波

数偏移 40 MHz, 変調周波数の低い場合は周波数偏移 1 GHz を得ている。

第 5 章では、発振器が小形で簡便であるという特徴を生かすためにマイクロ波回路の平面化をめざして製作した各部品、即ちマイクロストリップ線、同軸マイクロストリップ線変換部、無反射終端、ベンド・ダイレクショナルカップラ、サーキュレータ、ミキサ回路の実験結果について述べ、更に此等の回路部品の集積として開発したマイクロ波ドップラ・レーダーモジュールについて述べている。

第 6 章では、マイクロ波が一般の誘電物質よりも水分により大きく減衰を受けることとマイクロストリップ線路の損失測定法より着想して、マイクロストリップ線路上を誘電物質特に靱でおおった場合の物質中の水分のマイクロ波損失測定について述べている。さらにその応用機器であるマイクロ波水分センサの機能、構造について詳細に述べ、これを循環式靱乾燥機に実装した時の自動水分検出装置としての実験結果について報告している。

第 7 章では、本研究で得られた成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ゲルマニウム中でのプラズマの不安定性によるマイクロ波発振現象を見いだしてこれを解析し、また P-N 接合のなだれ降伏電流領域においてマイクロ波発振を取り出すことに成功するとともにこのダイオードの諸特性を明らかにし、さらにこのダイオードを用いたマイクロ波発振器の小形化、簡便化とマイクロ波回路の平面化を行ないマイクロ波の広範な応用への途を開いたもので、その主な結果は次の通りである。

(1) コルビノディスク状のゲルマニウムダイオードの P-N 接合に順方向に電圧を加えて半導体プラズマを生成しこれに磁場を加えて発振が得られることを示し、この発振がら旋状の摂動による不安定現象により生じることを実験的に初めて見出しかつこの不安定現象の生じる条件を理論的に明らかにした。

(2) 合金法により作ったゲルマニウムダイオードを半同軸形共振器中に設置し、P-N 接合に逆方向に降伏電圧以上にパルス電圧を加えてマイクロ波を取り出すことに成功し、P-N 接合を持つ半導体素子の降伏電流領域において共通して得られる発振現象であることを明らかにした。

(3) P-N 接合の降伏電流領域に於てマイクロ波インピーダンス測定を行ない、その実験結果が小信号域に於ては Gilden & Heines の理論によく一致し中信号域に於てはこの理論を少し修正することによってよく説明できることを示した。

(4) アバランシェマイクロ波発振ダイオードとしてゲルマニウムはシリコンより低電圧、低入力で動作できる利点を活かし、ゲルマニウムマイクロ波発振 (GMO) ダイオードの量産性のある製造方法を確立して製品化を行った。

(5) GMO ダイオードに適した共振器を種々検討し、半同軸形発振器、同軸形発振器、鋳造製導波管形発振器及び FM 変調を可能にする電子同調形発振器を完成させ、マイクロ波応用機器のマイクロ波源として製品化した。

(6) マイクロ波発振器の小形化、簡便化に対応してマイクロストリップ線を基盤にしたマイクロ波回路の平面回路化を実験的に検討して実用化し、さらにこれ等を集積させマイクロ波ドップラレーダーモジュ

ールを完成した。

(7) マイクロ波ストリップ線の基礎実験からマイクロストリップ線によるマイクロ波損失測定法を用いて物質中の水分検知が可能であることを見出し、水分検出が困難とされていた穀物、特に粳の水分検出を可能にし、穀物乾燥機の自動化に要望されていた自動水分測定装置を完成し、GMO ダイオード、GMO 発振器、平面回路の実用性を実証した。

以上要するに本論文は、ゲルマニウムダイオードの発振現象を実験的、理論的に解明し、マイクロ波発振ダイオードの製造方法を確立し、種々のマイクロ波応用機器に供し得る発振器と集積回路の開発を行い、此等を集約した応用機器としてマイクロ波水分センサを開発し、マイクロ波エレクトロニクスの研究に於て、学術上、工業上貢献するところが大きい。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。