

氏 名	松 崎 充 宏
	まつ ざき みつ ひろ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 133 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 43 年 1 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 電 子 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	マイクロ波帯における可変容量ダイオードを用いた周波数通倍の研究

論文調査委員 (主 査) 教授 池上 淳一 教授 前田 憲一 教授 近藤 文治

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、マイクロ波帯における可変容量ダイオードを用いた周波数通倍器の動作解析、高能率通倍方式の提案、種々の通倍方式の比較検討などを行なった結果をまとめたもので、緒論および結論を含めて10章より構成されている。

第1章は緒論で、この章では周波数通倍の必要性、著者の研究当時およびそれ以前における周波数通倍の研究状況、問題点などについて述べた後、このような状況の下で行なった著者の研究内容を概説し、この論文の位置づけを行なっている。

第2章では、印加電圧により障壁容量が変化することを利用した周波数通倍をとりあげ、その基本回路であるダイオード直列形および並列形回路の解析を行なって両者を比較検討し、階段接合ダイオードおよび傾斜接合ダイオードを用いた場合の2, 3, 4 通倍についてそれぞれ数値計算を行ない、両回路の通倍能率、最適負荷抵抗、入力抵抗などを比較検討している。また、励振源の内部インピーダンスの影響についても論じている。

第3章では、高次通倍における通倍能率を向上せしめる方式を提案し、これを中間同調式通倍と名づけている。この方式は $n (=P \times h)$ 次の通倍を行なう場合に基本波および n 次高調波のほかに P 次高調波(中間調波)に対しても共振回路を設け、可変容量ダイオードに基本波、 P 次および n 次高調波が印加される回路構成にし、1 個のダイオードで P 通倍と h 通倍とを相次いで行なわせて n 次高調波を出力として取り出す方式である。この方式の動作を理論的に検討し、能率が向上する原因は基本波電圧が印加されているダイオードでは h 通倍における実効容量係数が増大することにあると結論している。つぎに、数値計算により直接式通倍(1 段で n 通倍する方式)およびカスケード接続式通倍(2 個のダイオードで P 通倍と h 通倍とをカスケードに行なう方式)との能率を比較し、中間同調式通倍の能率が最も高いことを明らかにしている。

第4章は中間同調式通倍の実験に関する章であって、クロスガイドテーパー形通倍器の動作を検討し、

この方式の通倍器により中間同調式通倍をほぼ完全に行なわせ得ることを示すと共に調整法を説明している。またこの通倍器による実験結果は前章の理論よりの予想とはほぼ一致することを示している。

第5章は多段通倍器に関するものであって、同じ通倍次数を得るために、中間同調式のカスケード接続方式、直接式のカスケード接続方式、中間同調式1段の3方式を使用した場合の通倍能率を数値計算により比較検討し、基本波入力的大小に応じ何れの方法が優れているかを明らかにしている。

第6章では電荷蓄積効果による周波数通倍回路の検討を行なっている。マイクロ波帯では電荷蓄積効果を周波数通倍に利用すると高い能率が得られることが指摘され、二、三の研究者により解析が行なわれているが、これは出力高調波がダイオードに加わっていることを無視した近似的な解析であった。これに対し、著者は出力高調波がダイオードに加わっていることも考慮に入れ、また、ダイオードの抵抗損失の表現方法にも工夫を加えて厳密な解析を行なっている。この場合にもダイオード直列形および並列形の両回路についての解析を行ない、両回路の特性を明らかにしている。

第7章ではマイクロ波帯における可変容量ダイオードの特性を順および逆バイアス領域にわたり理論的に詳しく検討した結果を述べている。この理論結果は、可変容量ダイオードの電圧および電流波形をサンプロスコープにより観測した結果より求めた可変容量特性によく合致することを示している。この章の結果から、基本波信号を順方向に大きく振込んだ通倍動作を電荷蓄積効果と障壁容量効果との両者を考慮して一層厳密に解析する場合に適当と考えられる可変容量特性を与え、次章の解析に使用している。

第8章では電荷蓄積効果および障壁容量効果を共に考慮して、ダイオード直列形および並列形通倍回路を解析し、通倍次数が2の場合について数値計算を行ない、両通倍回路の諸特性を求めて比較している。つぎに、クロスガイド形通倍回路を使用して直列形通倍回路の通倍能率を実測し、解析結果と一致した傾向を得ている。

第9章では周波数通降回路の解析が第2章の通倍回路の解析と同様の方法で行ない示し、1/2通降回路に対する数値計算を行ない変換能率、最適負荷、入力抵抗などを求め、2通倍回路の数値計算結果と比較している。

第10章は研究の成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

可変容量ダイオードによる周波数通倍は半導体素子によりマイクロ波電源を構成する方法として重要なものであるが、この論文は周波数通倍回路の動作を理論的、実験的に検討した結果をまとめたもので、その要点は下記の通りである。

(1) ダイオードの障壁容量の電圧依存性を利用した周波数通倍回路の解析をダイオード直列形および並列形回路に対して行ない、階段接合および傾斜接合ダイオードを使用した2, 3, 4通倍の場合について数値計算を行なうことによって通倍能率、最適負荷抵抗、入力抵抗など両回路の諸特性を明らかにしている。著者が使用した解析法は、実効容量係数なる量を定義することによって小信号動作の解析と同じ形式で大信号動作を解析している点に特徴がある。

(2) 高次通倍における通倍能率を向上せしめる方法として中間同調式通倍と称する方式を提案してい

る。この方式は $n(=P \times h)$ 次通倍において P 次高調波（中間調波）に対する共振回路をも設けることにより、 P 次通倍と h 次通倍とが 1 個のダイオードで相次いで行なわれる結果として所要の n 次高調波出力を取り出せるようにしたものである。この方式では基本波が加わっているダイオードで h 通倍が行なわれることになり、 h 通倍に対する実効容量係数が大きくなるために全体としての能率が向上することを数値計算により示している。

つぎに、実際に中間同調式通倍を行なう回路としてクロスガイドテーパー形通倍器を提案し、その設計、調整法を示している。さらにこの形式の通倍器を試作し、実験した結果、数値計算結果とほぼ一致する通倍能率の向上が得られたことを示している。

また、通倍次数が与えられた場合、中間調波の次数の選び方による通倍能率の差異、カスケード方式など他方式との通倍能率の比較などを数値計算により示し、設計の指針になる資料を与えている。

(3) ダイオードの順方向にまでマイクロ波信号を振り込んだ場合には少数キャリアの蓄積のために容量効果が発生するが、この容量の電圧依存性を理論的、実験的に検討した後、このような電荷蓄積がおこる場合の通倍動作を解析し、2 通倍回路について数値計算を行ない、ダイオード直列形および並列形回路の諸特性を求めるとともに両回路の特徴を比較している。著者の解析は(i)出力高調波がダイオードに加わっていることも考慮に入れている点(ii)ダイオード損失の表現法に工夫を加えている点などで従来の解析より優れたものである。また、これらの数値計算結果の一部は実験により確かめられている。

(4) 著者が障壁容量効果による周波数通倍回路の解析に使用した方法は周波数通降回路の解析にも有効であることを示し、2 通倍回路と $1/2$ 通降回路との解析結果を比較し、両者の特性の相違点を明らかにしている。

これを要するにこの論文は可変容量ダイオードを使用したマイクロ波周波数通倍回路の諸特性を理論的、実験的に解明し、設計の基礎となる資料を与え、さらに、高能率通倍のための新しい通倍方式を提案したものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

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。