

氏 名	中 島 将 光
	なか じま まさ みつ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 130 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 9 月 30 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	A Study on Microwave Parametric Amplifiers (マイクロ波パラメトリック増幅器に関する研究)

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

この論文は可変容量ダイオードを用いたマイクロ波帯のパラメトリック増幅器に関するものであって、特に可変容量素子2個を適当に結合した場合に実現し得る特性を詳細に検討している。

本文は5章よりなっており、第1章では可変容量素子1個を用いた通常のパラメトリック増幅回路およびマイクロ波帯のパラメトリック素子として広く使用されている半導体ダイオードの可変容量特性に対する従来の解析法の要約、これまでに発表されている各種パラメトリック増幅器の説明、広帯域化の考え方の説明などを行ない、第2章以後の準備をしている。

第2章には 4000 MC 帯負性抵抗形パラメトリック増幅器を設計、試作し、その特性を測定した結果について述べてある。信号波及びアイドラ波に対する共振回路としては導波管の一部を使用しているが、これに可変容量ダイオードを装荷した場合の回路的取り扱い法を検討し、この回路を負性抵抗形パラメトリック増幅回路として動作させるための設計法、調整法を提案している。

第3章および第4章は2個の負性抵抗形パラメトリック増幅器を適当に結合することにより、アイソレータあるいはサーキュレータのような非可逆素子を使用しないで、信号源にインピーダンス整合するパラメトリック増幅器を構成できることを示したもので、この論文の主要部分である。

第3章では、初段の増幅器として第2章で述べた負性抵抗形増幅器を使用し、そのアイドラ波を次段負性抵抗形増幅器に伝送線路を通して結合する形式の増幅器を採り上げ、その入力インピーダンスを検討した結果、結合用伝送線路が $\frac{1}{4}$ 波長の場合には、あるポンピング電力の範囲において入力抵抗が正になり、入力端子においてインピーダンス整合をとれることを指摘している。この場合、負荷インピーダンスが負性抵抗形パラメトリック増幅器によりインピーダンス反転を2回繰返へした結果入力抵抗が正になったと考えられ、発振の可能性を内蔵しているので、発振条件に対する詳細な検討を行ない、整合のとれる点是非発振領域にあることを明らかにしている。さらに増幅度の周波数特性、ポンピング電力に対する増幅度の安定度、雑音指数などについても理論的考察を加え、単一素子の負性抵抗形増幅器に比べてこの増幅器

は広帯域である，安定度がよい，雑音指数は同程度あるとの結論を得ている。

なお，これらの理論的検討の結果は，著者が設計，試作した増幅器による実験の結果，妥当であることが確認されている。

上記形式の増幅器はアイドラ波の共振回路間に結合を与えた形式のものであるが，信号の共振回路間を $\frac{1}{4}$ 波長線路で結合した場合にも正の入力抵抗をもつ増幅器を構成できることを指摘している。この形式の増幅器として，マジック T の主導波管の両端に位相差 $\pi/2$ をもたせて負性抵抗形増幅器を接続し，E 分岐および H 分岐を入力および出力端子とする増幅器を組立てて実験し，理論と実験とが定性的に合致することを示している。

第 4 章では，2 個の負性抵抗形増幅器の信号回路間およびアイドラ回路間に同時に結合を与えた場合を取り扱っている。具体的回路としては第 3 章で述べたカスケード形増幅器の信号回路間を $\frac{1}{4}$ 波長線路により結合した増幅器を採り上げ，安定条件，増幅特性などを検討している。その結果，この形式の増幅器では入・出力端子の反射をなくすることあるいは一方向にのみ増幅能力をもたせることが出来る。そしてこれら 2 個の条件を完全には同時に満足させ得ないが，同時にほぼ満足させ得ることを明らかにしている。これらの検討はスキッタリング・マトリクスを使用して実施されているほか，シグナル・フロー・グラフを使用しても行なわれている。さらに前章のマジック T 結合増幅器のアイドラ回路を $\frac{1}{2}$ 波長線路で結合し，ポンピング電力に $\pi/2$ の位相差を与えた場合にも類似の特性を示すことを理論的実験的に明らかにしている。

第 5 章では負性抵抗形増幅器の雑音に関する考察を行ない，アイドラ回路の損失抵抗は増幅作用に不可欠なものであるが雑音源になる。この損失抵抗を上側帯波パラメトリック増幅器の入力抵抗で置換すれば雑音を減少させうる可能性があることを述べている。

最後に本研究の内容を要約している。

論文審査の結果の要旨

パラメトリック増幅器はマイクロ波帯の低雑音増幅器として注目され，種々研究されているが，これらの研究の大部分はパラメトリック素子 1 個を含む回路に関するものである。これに対し，この論文では，主として 2 個のパラメトリック素子を結合した場合の特性を検討し，つぎの結果を得ている。

(1) アイドラ回路間を結合した場合：2 個の負性抵抗形パラメトリック増幅器のアイドラ回路を $\frac{1}{4}$ 波長線路により結合し，一方の信号回路を入力端子，他方の信号回路を出力端子とする形式の増幅器の特性を検討している。この形式の増幅器の入力抵抗は，ポンピング電力が小さい間は負であるが，ポンピング電力を増加すると正になる。したがって入力端子の整合のとれた増幅器を設計できることを示している。なお，この増幅器の発振条件を詳細に検討し，整合のとれる点は非発振領域内にあることを明らかにしている。この特性は，単一素子の負性抵抗形パラメトリック増幅器のように入力端子の整合をとるためにアイソレータあるいはサーキュレータを必要としない点で有用である。また，単一素子の増幅器に比べて，この増幅器の帯域は広く，雑音指数はほぼ同じである。

さらに，可変容量ダイオードを使用して上記形式の 4000 MC 帯の増幅器を設計試作し，上述の理論の

妥当性を確認している。

(2) 信号回路間を結合した場合：マジック T の主線路上で行路差が $\frac{1}{4}$ 波長の 2 点にそれぞれ負性抵抗形パラメトリック増幅器を接続し、E 分岐および H 分岐を入力および出力端子とする増幅器の特性を検討し、この場合も(1)と類似の特性が得られることを明らかにしている。

(3) アイドラ回路間および信号回路間を同時に結合した場合：(1)に述べた増幅器の入力ー出力端子間を $\frac{1}{4}$ 波長線路で結合した場合の特性を検討している。この場合には入力および出力端子の反射をなくすること、あるいは増幅器に方向性を与えることができる。しかし、二つの要求を完全には同時に満足させることはできない。

また、(2)の増幅器のアイドラ回路間を $\frac{1}{2}$ 波長線路で結合し、両パラメトリック素子のポンピングの位相差を $\pi/2$ にした場合にもほぼ同じような特性が得られる。

(4) 最後に、パラメトリック増幅器の雑音について考察し、アイドリング回路の損失抵抗として上側帯波パラメトリック増幅器の入力抵抗を使用すれば雑音指数がいくらか良くなることを示している。

これを要するに、この論文は 2 個の負性抵抗形パラメトリック増幅器を組み合わせることにより単一素子増幅器には期待できない有用な特性をもつ増幅器を構成できることを理論的ならびに実験的に明らかにしたものであって、学術上実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。