

Title	進行波管に関する研究
Author(s)	西原, 浩
Citation	大阪大学, 1965, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1628
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名・(本籍)	西原浩 にし はら ひろし
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 7 9 6 号
学位授与の日付	昭和 40 年 11 月 1 日
学位授与の要件	工学研究科通信工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	進行波管に関する研究 (主査)
論文審査委員	教授 寺田 正純 (副査) 教授 熊谷 三郎 教授 笠原 芳郎 教授 青柳 健次 教授 板倉 清保 教授 加藤 金正 教授 牧本 利夫 教授 藤沢 和男 教授 菅田 栄治 教授 松尾 幸人

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は学位申請者が大阪大学院工学研究科博士課程（通信工学専攻）に在学中、電子工学教室寺田研究室において行なった進行波管に関する研究をまとめたものであり、本文は 7 章から成っている。

進行波管は、現在では最もすぐれたマイクロ波の広帯域増幅管であって、マイクロ波を用いた超多重電話やテレビジョン中継などの広帯域通信にはなくてはならないものである。

進行波管は、その遅波回路（通常はら線）上を伝播する電磁波の速度と電子ビーム速度とをほぼ等しくすることにより電磁波と電子ビームの相互作用を比較的長い距離にわたって連続的におこなわせて、電磁波のエネルギーを増大させるものである。実際の場合には、進行波管が発振することなく安定に動作するように、そのら線回路の途中には減衰器が必ず置かれる。もしこの減衰器が存在していないときには、進行波管の動作を決定する重要なパラメータ C 、 QC の値がわかりさえすれば、進行波管の利得は Pierce の方法に従って比較的容易に計算することができる。ところが実際の場合には減衰器が存在するので、その利得計算は容易でなくなる。

この減衰器は、(i) その両端（特に出力端）の反射係数は希望の周波数帯域で所定の値以下でなければならない。また (ii) できるだけ短い長さで所定の減衰量をもつこと、および (iii) 減衰器による利得の低下分ができるだけ少ないこと、が望ましい。通常広い周波数帯域で減衰器の両端の反射係数を小さくするために、その両端にはテーパがつけられる。これまで減衰器およびそのテーパの設計の際には、上記の 3 つの条件は部分的にしか考慮されなかった。本論文では減衰器のこれらの問題を正統的にかつ首尾一貫して取扱うことによって得られた研究成果、ならびにそれに付随してなされた

研究成果がのべられる。

本論文第3章では、ガラス管で支持されたら線回路と同軸的に囲む抵抗膜円筒減衰器をとりあげ、上記 (i) (ii) の問題を考察する。まず減衰定数と表面抵抗値との関係を表わす近似式が導びかれる。また表面抵抗値がわずかに異なる抵抗膜を接合したときの接合面での反射係数が、伝播定数の変化の割合で簡単に与えられる。これを用いて幾つかの種類のテーパの反射係数を実際に計算した結果では、減衰量が直線的に変化している直線テーパの反射係数は他の種類のテーパのそれにくらべて大差がない。テーパ長を1.5波長以上にすれば反射係数は充分小さくなる。構造が最も簡単であることを考慮すると直線テーパが実用的である。

第4章ではこの直線テーパをもつ減衰器をとりあげ、上記 (iii) の問題を考察する。そして減衰器による利得の低下分を、増大波の増大率が減少することによる低下分 L と、テーパ部において線路が一樣でないためにおこる増大波以外の波を励振することによる低下分 L' (変換損失) とにわけて検討し、減衰器による利得の低下分を従来よりも正確に計算する方法を示す。これによると、 L を計算する場合、減衰器の高損失部を6 dBの損失をもったドリフト空間とみなすことは、実験例および計算例から判断して妥当でない。テーパ長が1波長以上ならば L' は、パラメータ C 、 QC の広い範囲の値に対して2 dB以下である。テーパ長が数波長である通常の場合には、 L' を無視してよい。

第4章で得られた筆者の減衰器中の利得計算法が実際に妥当であるかどうかは実験的に確かめてみなければならない。そのため進行波管の動作中のら線上 (減衰器部を含む) の電磁界レベルを検出して、dB単位でXY記録計に記録することのできる能動伝播特性測定装置を完成した。この装置の中で最も重要な部分は探針であり、結合損失約30 dBのシールドバンド付一巻ループ状探針が良好な特性をもっている。第6章はこの装置についてのべたものである。なお、装置の受信周波数範囲は500~1000MCである。

一方、例えばこのような装置によって得られた実際の進行波管の動作特性と計算値との比較が容易であり、その理論的検討が便利であるように、進行波管の動作を記述するパラメータや規格化伝播定数を変形しておくことができれば都合がよい。広く用いられているPierceの提案になる規格化伝播定数はこの目的には不便であることを示し、実験的研究の立場からみてよりすぐれた新しい規格化伝播定数を提案する。この問題に関する研究成果が第2章であり、実は第4章および第6章はこの規格化伝播定数を用いて記述されている。

第6章の実測結果と計算値を比較するためには実際の回路の動作パラメータ C 、 QC の値が必要である。この C 、 QC の値はら線回路の軸上のインピーダンスの値を用いて近似的に計算することができる。第5章では、ガラス管で支持されているら線回路 (第6章で実験に用いた進行波管のら線回路) のインピーダンスを従来よりも高い精度で計算する方法を示す。またインピーダンスの測定公式を等価回路を用いて導出する。そして実測の際の諸問題を検討する。

尚、第1章は緒論であり、第7章は結論がのべられている。

論文の審査結果の要旨

本論文は進行波管の動作に関して行なわれた理論的並びに実験的研究をまとめたもので、7章からなる。

第1章は、緒論で、進行波管に関する従来の研究の経緯を整理して、本論文の研究の意義とその地位を明らかにしている。

第2章は、進行波管の動作理論に関するもので、従来の理論ではとかく不便であった進行波管の動作特性の記述を直接かつ容易にするために、新しい形の規格化伝播定数の採用を提案して、動作理論の改善を行なったものであり、以下の各章の記述にはこの新しい規格化伝播定数が用いられている。

第3章と第4章は進行波管用の抵抗減衰器に関する研究である。第3章ではまず抵抗膜円筒減衰器について、その表面抵抗値と減衰量との関係を表わす近似式を導くとともに、減衰器の反射係数を評価し得る極めて有用な近似表式を理論的に導いている。さらにそれを用いていくつかの種類の進行波管用テーパ減衰器の反射係数を計算している。計算例によると直線テーパの反射係数は、他の形のそれに比べて大差がなく、簡単な構造と相まって、直線テーパが最も実用的であることを示している。第4章では上のことから直線テーパのついた減衰器を対象にとりあげ、減衰器部における進行波管利得を従来よりも高い精度で計算する方法をのべたものである。また、そこではテーパ部の長さや各種の動作パラメータと変換損失の関係、および入力部と減衰器部の相対位置と実効的な利得低下との間を数値計算によって明らかにしている。

第5章はら線回路のインピーダンスが、それを支持するガラス管によってどのように影響されるかを検討したものであり、ら線およびガラス管の寸法、ガラスの比誘電率、周波数などの影響が理論的に数値計算されている。また実際の構造についてインピーダンスを測定し、上の計算方法が従来の方法より近似度が高いことを実証している。

第6章は、進行波管の動作を実験的に研究するために開発した能動伝播特性測定装置についてのべたものである。本装置の中でも最も重要な部分である回路電磁界の検出用探針の構造と性能については詳しい検討を行なっている。これらを通して、完成した装置の信頼度を検証したあと、本装置を使って行なった進行波管上の能動伝播特性の実測例をあげ、動作理論との対比を行なうことにより実験結果の解釈の仕方およびその利用の方法を明らかにしている。

第7章は結論で、以上の研究成果を要約したものである。

本論文における研究の業績はつぎのように要約される。

- (1) 新しい規格化伝播特性を導入して動作理論を改善し、進行波管の実際の動作の直接的な記述に便利な形にした。
- (2) 減衰器部におけるら線回路の伝播定数と減衰器の表面抵抗値との関係を表わす近似式、並びに減衰器の反射係数をその伝播定数の変化で評価する極めて有用な近似関係式を導いた。さらに減

衰器による進行波管の利得の低下を詳しく検討して，進行波管用抵抗減衰器の設計に対する考え方を明らかにした。

- (3) 有限厚の誘電体円筒で囲まれたら線回路のインピーダンス低減係数を計算して実用的な図表にまとめた。
- (4) 進行波管の総合的な動作に関する理論と実際との対比を目的として，能動伝播特性測定装置を完成した。

以上のように本論文は進行波管の理論的研究ならびに設計の両面に対して貢献するところ大であり，博士論文として価値あるものと認める。