

Title	後進波発振管の研究
Author(s)	張, 吉夫
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/28525">http://hdl.handle.net/11094/28525</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

【 13 】

氏名・(本籍)	張	吉	夫
	ちよう	よし	お
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	332	号
学位授与の日付	昭和 37 年 8 月 24 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	後進波発振管の研究		
論文審査委員(主査)	教授	菅田	栄治
(副査)	教授	熊谷	三郎
	教授	笠原	芳郎
	教授	板倉	清保
	教授	青柳	健次
	教授	喜多村	善一
	教授	宮脇	一男
	教授	松尾	幸人
	教授	加藤	金正
	教授	牧本	利夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、著者が大阪大学大学院工学研究科博士課程（通信工学専攻）に在学中、大阪大学産業科学研究所松尾研究室において行なったマイクロ波電子管についての研究のうち、後進波発振管に関するものを本文 6 章にわけてまとめたものである。

第 1 章においては、マイクロ波電子管の研究のうち、より高い周波数でより強力な発振管を得ようとする研究が一つの大きな方向をなしていることをのべ、本研究の目的も終局的にはそのような方向に向うものであることをのべている。O 型の後進波発振管（O-Type-Backward-Wave Oscillator, 以下 BWO と略す）が上の研究の方向に適した構造であるとともに、種々の利点をもつことをのべ、その発展の歴史を概観している。反面、BWO はその能率が低いという欠点をもっていることをのべ、ミリ波領域で有用な出力を得ようとするれば、いきおい直流入力密度は大まかならざるを得ず、それに耐えられる遅波回路の研究がミリ波 BWO に対する重要な研究課題となることをのべている。本論文の主な目的も、ミリ波領域における BWO 出力改善のための遅波回路研究にあることをのべ、従来の BWO 用遅波回路の研究を概観している。第 2 章においては、まずミリ波領域での発振を得る目的で、Karp 形回路を用いた BWO について検討している。まず、Karp 形回路の位相特性を従来のものより実際のモデルを用いて解析し、各部分寸法が位相特性に与える影響を明かにし、測定結果をよく説明できることを示している。つぎに写真製版法を応用して Karp 形回路を用いた BWO を試作し、パルス動作によって 30 Gc/s 帯の発振が得られたことをのべ、この実験によって Karp 形回路にはその構成上熱消散に難点のあることを示し、ミリ波領域での BWO の出力改善にさらに適した回路を開発する必要があることを指摘している。

第 3 章においてはミリ波領域での BWO の出力を改善するのに適した構造として、TE<sub>10</sub> 方形導波管に交叉指状の装荷をほどこした回路を提案し熱消散性、結合インピーダンス、製作の難易などの点から考察して、従来の回路よりすぐれていることをのべている。つぎにこの回路の位相特性を簡単な折り曲げ線路

近似によって与え、この近似が十分成立することを測定によってたしかめ、これを基礎として結合インピーダンス、特性インピーダンス等を導いている。また、ビーム結合部の形状を複数スリットにすることにより、ビーム断面積を減ずることなく結合インピーダンスを大きくとれることを示し、円孔の場合と比較している。

第4章では、前章で提案した交叉指装荷導波管を用いた10Gc/s帯のBWOについて、まずその設計、工作等にふれ、つぎに動作特性の概要をのべている。試作管は7~12Gc/sで発振し、得られた能率は同じ周波数帯でのらせんBWOについてのものと同程度か、またはそれを上回るものであることをのべ、熱消散の良好な構造と相まって、この回路がミリ波領域でのBWOの出力改善に有用なものであるとの見通しを得ている。また、第3章での折り曲げ線路近似をhotの測定からもたしかめている。

第5章では、従来ほとんどとりあげられなかったBWOの動作状態（発振開始電流以上のビーム電流を流したときの状態で、通常BWOはこの状態で使用される）を小信号理論による発振開始条件を適用して説明し、発振開始電流をも含めてfrequency pushingを求める方法を導き、その結果が前章の試作管の測定結果とよく一致することを示し、またこの結果について、回路が無損失の場合に小空間電荷時と大空間電荷時にわけて、その解析的な表示を与えている。さらに回路がnondispersive（基本波について）な場合には、frequency pushingがビーム電流の変化に対し、小空間電荷、大空間電荷の2つの場合に簡単な近似式で表わされることを示し、交叉指装荷導波管BWO、らせんBWOの測定結果とよく一致することを示している。また、BWOの出力に関して、上述の動作理論を適用し、交叉指装荷導波管BWOの測定結果の傾向とよく一致することを示している。

第6章では、以上の諸章で得られた結果の主なものをまとめるとともに、今後に残された問題について、結論としている。

## 論文の審査結果の要旨

本論文は後進波発振管に関する研究をまとめたもので、内容は梗概と緒論、本文4章および結論からなっている。第1章 緒論では後進波発振管について歴史的に研究の経過をたどると同時に、ミリ波領域の発生に対しては分布結合を有する後進波管、この中でも特にO型が優れていることを述べている。次にミリ波発生に対して特に重要な点は遅波回路の熱消散と製作の容易さとの問題であることを述べ、この研究がこの点の改良に主として注がれていることを述べている。

第2章では、ミリ波発生の目的でまず代表的なKarp型回路を用いた後進波発振管を検討している。Karp型回路については、極めて理想化したモデルについて計算したPierceの理論があるのみであるが、実際に近いモデルで解析し、これによってKarp型回路の各部寸法の変動が位相特性におよぼす影響を検討し、実験によって、この理論が実験とよく一致することを確かめている。さらに写真製版の技術を用いて24~34Gc/s帯の遅波回路を作り後進波発振管を試作しているが、遅波回路部分の赤熱のためにパルス動作を行なっている。結論として、熱消散のわるい点、集束電子ビームの使用に不適當の点等でミリ波領域への出力改善には改良された遅波回路が必要であることを述べている。

第3章では、Karp型遅波回路の改良として、バンド幅、結合インピーダンス等を犠牲にすることなく、

熱消散が良好で、かつ集束電子ビームが使用できる上に、ミリ波領域において、製作の容易な交叉指装荷導波管遅波回路を提案し、その位相特性、特性インピーダンス、結合インピーダンスを理論的に求め実測と一致することを述べている。さらにこの遅波回路より標準導波管への変換の一方法を示し、広帯域整合の得られることを実験で確かめている。

第4章では、交叉指装荷導波管遅波回路を用いて、10 Gc/s 帯の後進波発振管の設計ならびに実験結果について述べている。7~12 Gc/s の周波数領域で発振し、その連続出力は最大3W、能率は3%に達している。この値はらせん回路と同程度かそれ以上の能率を示すもので、その上、らせん回路よりは格段に優れた熱消散の良好な回路であり、かつ製作の容易な構造であること等の点を総合して、ミリ波領域の出力の改善に役立つと述べている。さらに精密な動作測定より発振周波数ならびに出力がビーム電圧に対して、不連続的に微小な変動をしていることを認め、これは遅波回路両端の整合が原因していることを計算によって示している。この点よりビーム電圧の変化に対して、出力特性が急変せず、かつ発振周波数が滑らかな変化を生ずるには、整合を特によくする必要があることを述べている。

第5章では、一般的に後進波発振管の動作特性について述べている。後進波発振管に関する理論は従来、ほとんど発振開始状態に関するもので、実際にその動作状態に適用できる理論は見当らない。本章では小信号理論による発振開始条件を動作状態にまで拡張して動作理論を導き、これによって後進波発振管の **Frequency Pushing** を求める方法を述べ、実験結果とよく一致することを述べている。さらにこの理論を適用して発振出力を計算より求め、実験結果と傾向のよくあうことを述べている。

以上、述べたように著者はミリ波領域に適した後進波発振管として、新しく交叉指装荷導波管遅波回路を提案し、これを用いた後進波発振管が **Karp** 型回路またはらせん回路より優れていることを実証し、かつ一般の後進波発振管について幾多の新しい研究成果をあげて、電子工学の発展に寄与するところ誠に大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。