

Title	フェライトによるマイクロ波周波数通倍の研究
Author(s)	山本, 正隆
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/28521
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

【15】

氏名・(本籍)	山 本 正 隆 やま もと まさ たか
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 352 号
学位授与の日付	昭 和 37 年 11 月 15 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	フェライトによるマイクロ波周波数通倍の研究
論文審査委員 (主査)	教授 牧本 利夫
	(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 加藤 金正 教授 藤沢 和男

論 文 内 容 の 要 旨

フェライトのマイクロ波工学への応用のひとつに周波数通倍がある。これは磁化されたフェライトが強いマイクロ波磁界に対して示す非直線性を利用するものであって、非相反回路や移相器のごとくテンソル透磁率や磁気共振現象を線形化して利用するものとはやや立場を異にする。

フェライトによる周波数通倍は、フェライト結晶内の束縛電子を非線形素子として使うのであるから、半導体ダイオードなどによるものと違い本質的に周波数限界が非常に高いこと、また高電力レベルにおいて有効に動作することが大きな特色である。したがってこれはミリメートル波、サブミリメートル波の強力な発生手段として非常に有効であると考えられる。本研究はこの考えにもとづいて、ミリメートル波、特に短ミリメートル波の発生を目標にして実験を進め、同時にこれまでの研究では不明瞭であった通倍機構、変換効率などに関して理論的な検討を加えたものである。

第1章の序論でフェライトによるマイクロ波周波数通倍について、従来の理論的根拠となっている概念および実験結果を展望し、本研究の意味と目的を明らかにする。

第2章では通倍機構に関してより詳細に検討し、従来の通倍機構に加えて縦磁界形と名付けた通倍機構を明らかにした。

第3章ではフェライトによる周波数通倍の変換効率を明確な形で表わし、実験結果がよい一致を与えることを示した。また能率よく通倍を行なうための諸条件を論じる。

第4章は通倍実験とその結果の検討である。短ミリ波発生の手段とするための予備実験として、まず9.3Gc/sの通倍実験を行ない、これまでも行なわれていた実験結果を確認し、さらに3章で検討した通倍条件などを明らかにした。続いて35 Gc/sの通倍実験を行ない70 Gc/sの電波を得てミリメートル波帯の動作を確認した。また2章で示した縦磁界形通倍を実験的に確認した。

第5章は試作した通倍による100 Gc/s(波長3 mm)波の発生装置についてのべる。

第6章では面異方性をもったフェライトを通倍に使った場合を検討しその異方性の度合いと生じる磁化の2倍波成分の関係を導びく。

第7章では2章で示した縦磁界形の通倍機構を用いればフェライトを用いたパラメトリック増幅器に対して高調波パンプが可能であることを示し、必要なポンプ電力を求めている。

第8章はフェライトによるマイクロ波周波数通倍について、以上の諸章で得られた成果をまとめて結論としている。

附録は、3章の取扱いに関連のあった、フェライト自体をマイクロ波共振器と考えた場合の問題、特にQ値の問題、反射形共振器としての使い方、高次モード共振と導波管系の結合の問題などを実験的に検討したものである。

論文の審査結果の要旨

本論文はマイクロ波においてフェライトを用いた周波数通倍について理論的ならびに実験的に研究した成果をまとめたもので本文は8章と附録とからなっている。

第1章、序論においては、フェライトによるマイクロ波周波数通倍について、従来までの理論的根拠となっている概念および実験結果を展望し、この通倍機構、変換効率などに問題点があることを示している。またこの通倍法はミリメートル波、サブミリメートル波の強力な発生源として有望であることを示し本研究の意義と目的とを明らかにしている。

第2章においては、通倍機構に関してより詳細に検討するために、磁化の運動方程式を、従来の解析では無視している損失項をも含めて解き、磁化の二倍波成分を求めている。このときフェライトを磁化している静磁界方向の高周波磁界成分を考に入れていなかった従来の形式（横磁界形）のほかに、この成分を考へ入れた別の形式（縦磁界形）があることを示し、これらの両形式による通倍機構を詳細に論じている。

第3章においては、導波管の入力電力とフェライト内の励振磁界との関係を電磁界方程式から導き、この励振磁界によって励起される二倍波の成分を前章の結果を用いて計算して、二倍波の電力および変換効率の式を導いている。この結果によると、板状のフェライトを用いたときの通倍効率は、球状のフェライトを用いたときに比べて、飽和磁化と共振の半値幅との比が係数として掛っている。この結果は数種の材料について実験した結果（第4、5章に示している）および他の研究者の実験結果とよく一致している。この計算結果から、さらに著者はスピン波を励起する磁界を最大の励振磁界として、二倍波の出力、通倍効率の最大値を示し、またフェライトの温度上昇の問題を検討している。

第4章においては、通倍機構の実験的な確認と、さらにこの通倍の現象を短ミリメートル波発生の手段とするための予備実験を行っている。すなわち9.3 Gc/s から 18.6 Gc/s (波長 16.4 mm) への通倍実験においては、通倍電力の励振電力に対する特性、フェライトの形状、大きさ、導波管への挿入位置、静磁界特性、縦磁界形の通倍などについて実験を行って、第2章で解析した通倍機構を確認し、第3章で求めた通倍効率と比較している。つづいて、35 Gc/s の通倍により 70 Gc/s (波長 4.3 mm) を得る実験につきのべ、フェライトによる周波数通倍がミリメートル波においてもセンチメートル波におけるものと本質的に差異

がないことを確かめた結果をのべている。

第5章においては、入手できる磁電管のうち最高の周波数であった 50 Gc/s の通倍を行い、数種のフェライトを用いた実験結果につき報告している。その結果、イットリウム・アイアン・ガーネットの単結晶を用いて尖頭電力 10W の 100 GC/s (波長 3 mm) の出力を得ている。さらにこの実験をもとにした 100 Gc/s の実験用電源装置の試作結果についてものべている。

第6章においては、ある種のフェライトの有する異方性磁界は磁化の運動に変調を与え、高調波成分を大きくし、したがって周波数通倍における重要な因子となるので、面異方性を持ったフェライトを通倍に使った場合を理論的に計算して、異方度に対する磁化の二倍波成分の関係を表わす式を導いて、これを検討している。この結果、異方度が強くなると共振磁界が小となり、二倍波への変換効率は、縦磁界形の通倍では異方度が強くなるほど高くなり、横磁界形の通倍では等方性的の場合に比べて、限界値として、等方性の共振磁界に対する共振半値幅の比の自乗の四倍の係数が掛ることを結論している。さらに著者は、これらの結果は、通倍の周波数が高くなればなるほど有利であることを示しているとのべている。

第7章においては、縦磁界形の通倍では磁化の二倍波成分が静磁界に垂直な面内で回転しているの、この通倍形式をフェライトを用いたパラメトリック増幅器のポンプ電力として用いることの可能性について論じて、ポンプ電力を計算している。ポンプ周波数が信号周波数より高い通常のパラメトリック増幅器では、周波数が高くなると、ポンプ電力の不足を生ずる恐れがあるが、ここで検討している方式では、実際のポンプ周波数としては信号周波数と同程度のもので済み、電力としては通常のポンプ電力と同程度のものであって、実用的な方法となることが結論されている。

第8章結論においては、本研究結果の要約がのべられている。

附録においては、フェライトはマイクロ波磁界と結合して、磁気共振を起し、フェライト内にエネルギーを蓄え、それ自体として共振器と同様な作用をしていると考えられるのでフェライトを共振器と等価な回路と考えたときの取り扱い、およびこの考えによる実験結果をのべて、この取り扱いの妥当なことを示している。

以上のべたように著者はフェライトによるマイクロ波周波数通倍における通倍機構を明らかにし、実験によってこれを確認し、さらにミリメートル波における通倍の実験を行って、短ミリメートル波の発振源としての通倍装置を試作した。また周波数が高くなった場合に適切である面異方性フェライトの通倍への利用、および高周波ポンピング方式について検討し、重要な示唆を与えている。これらの研究成果は通信工学の発展に寄与するところは誠に大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。