

氏 名	牧 野 俊 彦 まきの としひこ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1275 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	マイクロ波固体発振器の周波数安定化と電力合成 に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 池 上 淳 一	教 授 佐々木昭夫	教 授 木 嶋 昭
--------	----------------------	-----------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、マイクロ波固体発振器の周波数安定化および電力合成に関する研究をまとめたものであって、緒論、結論のほか6章よりなっている。

緒論では、マイクロ波固体発振器に関する現況を述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第1章では、マイクロ波固体発振器の種々の構成法とその近似等価回路について説明し、これにもとづいて、発振素子のサセプタンス、バイアス電圧、負荷などの変動と発振周波数の変動との関係を求め、発振素子のサセプタンスおよび負荷の変動に対し発振周波数を安定化する方法の原理を説明し、従来使用されている安定化法を分類・整理すると共にそれらの問題点を明らかにしている。

第2章では、調整が容易で、かつ、安定度の良いMICガン発振器を実現するために行なった研究について述べている。まず、アルミナ基板上の誘電体共振器の設計理論を導き、実際に共振器を試作し、共振周波数の温度依存性について詳細な検討を行ない、高安定度を問題にする場合には、アルミナ基板の温度特性や共振器上部の金属の熱膨張係数にも注意する必要があることを示した。つぎに、誘電体共振器を用いた11GHz帯のガン発振器について発振特性の制御性を細かく検討し、共振器の取り付け位置により容易に発振出力の最適化が行なえ、かつ、 $-20 \sim +60^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で周波数変動 $\pm 100\text{kHz}$ という高安定度の発振器を実現した。さらに、発振周波数の温度依存性をバイアス・プッシング・フィギャから推定できることを明らかにし、この方法をSHFテレビ地上放送受信コンバータ用局部発振器の量産に適用して効果を挙げている。

第3章では、発振周波数の温度依存性の最も大きな原因であるガン・ダイオードのアドミッタンスの温度依存性を理論的に検討し、ダイオード・サセプタンスに正の温度係数をもたらす主要因子は、ディレイド・モードの場合はドメイン走行時間であり、クウェンチト・モードの場合はドメイン成長時間であること、また、負の温度係数をもたらす主要因子は低電界移動度であることを明らかにしている。

第4章では、マイクロ波に適した進行波表示の同期方程式を使用して方向性結合器による2発振器の電力合成特性を単方向注入同期と相互同期に分けてそれぞれ解析し、同期範囲、同期角周波数、電力合成率

などと結合回路のパラメータとの関係を解明している。

第5章の前半では、 n 個の発振器を無損失、可逆回路で結合した場合に、発振器出力が完全合成されるために結合回路のSマトリクスが満たすべき条件を一般的に求め、つぎに、多数個発振器の出力を合成する結合回路の具体例として方向性結合器を多段に接続したものを採り上げ、この結合回路は完全電力合成回路の具備すべき条件を満たしていることを示している。後半では、 n 個の発振器の電力合成系の同期安定性を詳細に検討し、同一特性を有する n 個の発振器を最適条件の下で結合すれば、発振器はすべて同相同期し、かつ、この状態が唯一の安定状態となり、出力は完全合成されるという結論を導いている。また、完全電力合成状態にある発振器系を外部注入信号に同期させる場合の定常解ならびに安定性についても検討している。

第6章の前半では、2個の発振器の電力合成系の雑音を結合回路に非可逆素子を含む場合と含まない場合に分けて解析し、AM雑音は二つの場合と同じになるが、PM雑音は著しく異なることを示している。すなわち、非可逆素子を含む場合には、発振周波数近傍のPM雑音は同期信号内のPM雑音によりほぼ決定されるが、非可逆素子を含まない場合には、PM雑音と合成出力との比(N/C比)は、2個の発振器の特性が同じであるとすれば、単一発振器のその1/2になるとの結論を導いている。後半では、同一特性の n 個の発振器の電力合成系のAM、PM雑音を理論的に求め、雑音低減の機構を考察し、PM雑音のN/C比は電力合成効果と相互同期効果とによって単一発振器の $1/n$ になり、AM雑音は電力合成効果のみによって $1/n$ になることを明らかにしている。また、 n 個の発振器の電力合成系を注入同期した場合の雑音についても考察している。

結論では、本研究の研究成果を取りまとめて述べている。

論文審査の結果の要旨

マイクロ波固体発振器は、小型、軽量、電源電圧が比較的低いなど固体電子機器としての長所をもつが、温度による発振周波数の変化が大きい、単一素子で大出力のものが作り難いなどの短所をもっている。本論文は、上記のマイクロ波固体発振器の弱点を回路的に解決する目的をもって行なわれたもので、得られた主な成果はつぎの通りである。

1. マイクロ波固体発振器において、発振素子のサセプタンス、バイアス電圧、負荷アドミッタンスが発振周波数に及ぼす影響を詳細に検討し、温度特性のよい発振器を製作する方法を明らかにした。また、高安定度MIC発振器用の共振器としてアルミナ基板上に設置される誘電体共振器を設計する場合の種々の問題点を解明した。これらの研究の結果、調整が容易で、かつ、 $-20\sim 60^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で周波数変動 $\pm 100\text{ kHz}$ という高安定度の11 GHz帯ガン発振器を製作することができた。

2. 発振周波数の温度特性をバイアス・プッシング・フィギュアにより推定できることを明らかにし、この方法は多数の発振器を調整する場合に有用であることを示した。

3. 温度変化にもとづくガン・タイオードのアドミッタンスの変化を理論的に検討し、従来得られていたガン・タイオードのアドミッタンスの温度特性を説明できる結果を得た。

4. 2個の発振器を方向性結合器で結合した場合、結合回路のパラメータによる同期範囲、同期角周波

数、電力合成率などの変化を解明した。

5. n 個の発振器を無損失、可逆回路で結合し、電力を完全合成するために結合回路の S マトリクスが満たすべき条件を導出し、方向性結合器を多段に接続した結合回路は上記の条件を満足することを示した。また、この結合回路により n 個の同一特性の発振器出力を完全合成する場合の安定性を検討し、安定な定常状態は唯一つであることを示した。また、外部信号により完全電力合成系を同期する場合の安定性も解明した。

6. 2 個の発振器の電力合成系の雑音を理論的に検討し、結合回路に非可逆素子がある場合およびない場合のおおのに対して AM および PM 雑音を表わす理論式を導出した。

7. 2 個の発振器の電力合成系の雑音に関する理論を n 個の発振器の場合に拡張すると共に雑音低域機構を理論的に検討し、 n 個の発振器が同一特性をもつとすれば、雑音と合成出力との比 (N/C 比) は、PM 雑音の場合には電力合成効果と相互同期効果とによって単一発振器の $1/n$ になり、AM 雑音の場合には電力合成効果のみによって $1/n$ になることなどを明らかにした。

以上要するに、本論文はマイクロ波固体発振器の一つの弱点である温度特性が良くない点を改良するための研究を行ない、高い周波数安定度をもち、しかも、調整し易い発振器を実現させ、また、いま一つの弱点である小出力の点を解決するために電力合成に関する検討を行ない、合成特性および合成系の雑音に関して種々の新しい知見を得たものであって、学術上、實際上貢献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。