

氏 名	み たに と も ひ こ 三 谷 友 彦
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3884 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Study on Noise Features of Magnetron and Low Noise Wireless Power Transmission (マグネトロンの雑音特性及び低雑音無線電力伝送に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 松 本 紘 教 授 橋 本 弘 藏 教 授 大 村 善 治

論 文 内 容 の 要 旨

マグネトロンは主に電子レンジ等で利用されているマイクロ波発振器であるが、近年の電波応用技術の普及とその高周波化により、マグネトロンから発生する雑音と他の電波応用との電磁環境適合性が問題視されている。また無線電力伝送システムのマイクロ波電力源としてマグネトロンを新たに应用することが将来期待されているが、やはり電力伝送時の漏洩雑音と他の電波応用との電磁環境適合性問題が指摘されている。本論文は、これらの問題を解決するために低雑音マグネトロンを実現することを目的とし、マグネトロンの雑音特性及び不要放射のない無線電力伝送に関する実験的研究についてまとめており、6章からなっている。

第1章は序論であり、マグネトロンの動作原理、マグネトロンの新規応用として期待される無線電力伝送および宇宙太陽発電、またこれらの送システムに必要な位相制御マグネトロンに関して述べている。

第2章では、マグネトロン陰極からの電子放出について、過去の研究では行われていない「構造を3次元」で捉えた観点に基づく測定実験および解析を行っている。軸方向分割陽極を用いたマグネトロン陽極電流測定では、分割陽極片に流れる電流が軸方向非対称性を持っていることを実験的に明らかにし、その原因が空間電荷勾配による電子拡散であることを解析的に示している。また陰極フィラメント温度測定によって、陰極からの熱電子放出分布が軸方向非対称性を持ち、その分布傾向が上述の陽極電流測定と一致することを実験的に明らかにしている。

第3章では、電子レンジ駆動時に発生するマグネトロン雑音の発生源を解明するために、駆動電源の電圧・電流変化に同期した雑音レベルの時間変化を周波数帯ごとに測定し、その解析を行なっている。解析結果より、時間変化の特徴によって、マグネトロン雑音が(1)発振開始～陽極電流0.2A付近において発生する150MHz以下の低周波雑音および基本波帯周辺の雑音、(2)陽極電流0.4A付近において広範囲の周波数帯で発生する雑音、(3)陽極電流0.6A付近において特定の周波数で発生する雑音、およびその雑音と高調波との相互変調雑音、(4)基本波に対する高次高調波雑音、(5)基本波に対するサブハーモニック雑音の5種類に分類されることを初めて明らかにした。また分類された各雑音に対する発生メカニズムの理論検討も詳細に行われている。

第4章では、第2章、第3章での研究成果に基づいて新たに設計・考案された、「低雑音マグネトロン」の実証実験について述べている。作用空間寸法および陽極電圧値を変更したマグネトロンの雑音特性に関しては、作用空間が広いほど、および陽極電圧値が低いほど、雑音低減効果が大きいことが実証された。また、陰極フィラメントの入力電源側端部のみに金属シールドを設けた片側陰極シールドマグネトロンを新規開発し、現行のマグネトロンより最大30dB程度の雑音低減効果が得られることを実証した。

第5章では、無線電力伝送用に应用する際の雑音低減方法であるフィラメントオフマグネトロンについて述べている。実験結果より、発振時のフィラメント電流遮断によってマグネトロンの基本波スペクトルが狭帯域化されるのみならず、広範囲な周波数帯における雑音低減効果が得られることを初めて実証した。一方、直流—マイクロ波変換効率に関しては通常発振時に比べ数ポイントの効率低下が実測され、雑音低減効果と変換効率低下との間にトレードオフの関係があることが示さ

れた。このトレードオフの解決が今後の研究課題として挙げられている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。また今後の研究課題として、本論文で述べられた雑音源の仮説に対し、3次元粒子シミュレーションを用いてマグネトロン内部解析を行い、更なる低雑音・高効率マグネトロンの開発を行うことが挙げられている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、マグネトロンから発生する雑音と他の電波応用との電磁環境適合性問題を解決することを目的として、マグネトロンの雑音特性及びその発生メカニズムを明らかにし、新たな低雑音マグネトロンを提言した。これは、マイクロ波加熱機器（電子レンジ）の低雑音化および不要放射のない無線電力伝送の実現に大きな寄与をもたらす重要な成果である。本論文で得られた主要な成果は次のとおりである。

1. 過去の研究では行われていない「構造を3次元」で捉えた観点に基づくマグネトロン陰極からの電子放出測定実験およびその解析により、陰極フィラメントからの電子放出分布が軸方向非対称になっていることを明らかにした。
2. 電子レンジ駆動時に発生するマグネトロン雑音の発生源を解明するために、駆動電源の電圧・電流変化に同期した雑音レベルの時間変化を周波数帯ごとに測定し、その解析結果より、マグネトロン雑音が時間変化の特徴によって5種類に分類されることを初めて明らかにした。
3. 上記1および2項に示した研究成果を基に、新たに設計・考案された「低雑音マグネトロン」の開発およびその雑音特性測定を行った。特に陰極フィラメントの入力電源側端部に金属シールドを設けた陰極シールドマグネトロンは、現行のマグネトロンより最大30dB程度の雑音低減効果が得られることを実証した。
4. マグネトロン発振時のフィラメント電流遮断という手法を用いることによって、基本波スペクトルの狭帯域化のみならず、広範囲な周波数帯における雑音低減効果が初めて実証された。

本論文は、マグネトロンの雑音特性に関して多岐にわたる実験、及び雑音発生源の綿密な議論がなされ、また新設計されたマグネトロンは電磁環境適合性問題を解決する手段となることを実証しており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年1月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。