

氏 名	山 田 公
	やま だ いさを
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 718 号
学位授与の日付	昭 和 49 年 9 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	進行波偏向系に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 高 木 俊 宜 教 授 池 上 淳 一 教 授 大 谷 泰 之

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、空間高調波を考慮した進行波偏向系の電磁界解析法と、誘電体装荷超広帯域進行波偏向系の開発研究を中心に、進行波偏向系の総合的な研究の成果をまとめたもので、8章より成り立っている。

第1章は、進行波偏向系の研究状況について説明し、本研究の目的および本研究において初めて確立した「電磁界の空間高調波解析による偏向理論」を概説して、研究の基本的理念を明らかにしている。

第2章は、静電形偏向系の高周波偏向特性を述べ、広帯域偏向における進行波偏向系の必要性を明らかにしている。

第3章は、進行波偏向系を、伝送線路形、高域ろ波形、および低域ろ波形の3種類に分類し、電磁界解析の立場から統一的に帯域特性に影響を及ぼす要因を明らかにしている。特に、高域および低域ろ波形進行波偏向系においては、広帯域特性を示す偏向電界成分は基本波モードでなければならないことを指摘した。従来の進行波偏向系の理論では、位相速度と電子ビーム速度が一致し、かつ位相速度の周波数による変動がなければ、偏向感度は周波数に無関係であるとされていた。しかし、本研究による空間高調波解析により、基本波モードの電界成分は周波数の増加と共にその強度が減少するので、位相速度が一定でも、偏向感度が低下することを初めて明らかにし、従来の理論結果に修正を加えている。本章では、これらの基本考察を基にして、偏向の周波数上限に及ぼす要因を検討し、一般の進行波偏向系に適用できる電磁界解析法の基礎および特性改善に関する提案を行なっている。

第4章は、しゃへいらせん形進行波偏向系を空間高調波解析の立場から取扱い、帯域特性の構造依存性、偏向特性等を明確にすると共に、偏向系の基本設計資料を与えている。解析には、すべてのらせん形偏向系を包含することのできる一般的らせん構造を用い、偏向系内の電磁界の位相速度、種々の励振条件下における偏向電界強度、電子ビームの偏向特性の構造依存性、周波数依存性等を明らかにしている。解析の結果、この形の偏向形のうち、特別な構造条件の下では、直流より数ギガヘルツに及ぶ帯域特性を持つ偏向系が原理的に可能であることを明らかにしている。さらに実験結果との対比を行ない、理論解析の妥当性

を検討している。

第5章は、ら旋を2本平行に配置した平行ら旋形進行波偏向系の特性を明らかにするために、ベクトルポテンシャル法を用いて電磁界を空間高調波の和として表わし、位相速度、種々の励振条件下における偏向電界強度、電子ビームの偏向特性等を解析し、偏向系の基本設計資料を与えている。この形の偏向系では、偏向電界の周波数依存性が極めて強く、実用的には数百メガヘルツの帯域幅特性であることを明らかにしている。また、実験結果と比較し、実用可能な構造では、本解析法が十分な精度を与えることを述べている。

第6章は、メアンダ形進行波偏向系の特性を、フレッチャーの理論に著者の空間高調波による解析法を組合せて解析し、従来の解析結果との差異を明らかにすると共に、本解析法の特徴を生かして詳細に特性を検討した結果、広帯域特性を得るには相当高速度に加速した電子ビームが必要であることを述べている。

一方、偏向系の内部に誘電体を装荷することにより、位相速度を遅くすることができ、低加速電子ビームとの同期が可能になるばかりでなく、分散特性も改善できることを明らかにし、高感度、広帯域化が期待できることを提案している。また、実験的にも、誘電体装荷メアンダ形進行波偏向系を持つ陰極線管を製作し、2ギガヘルツまで均一な偏向特性を持つ実用的な偏向系を完成すると共に、理論結果と比較し、良好な結果を得ている。

第7章は、メタンダ形進行波偏向系の帯域特性が、偏向系を伝播する電磁界の相互作用によって影響されることに着目して、これを解析し、その影響を低減して極めて広い帯域特性を有する進行波偏向系を開発し、理論および実験面から検討を加えている。この新しい偏向系の1周期の構造がトラフラインに似ていることからトラフ形進行波偏向系と名付けた。さらに、筆者の提案する誘電体装荷法とこの新しく開発したトラフ形進行波偏向系とを組合せ超広帯域高感度進行波偏向系を完成した。解析においては、トラフ形進行波偏向系の電磁界をフレッチャーの理論を用いて空間高調波の和として表わし、電子ビームと同期する電界を求め、装荷誘電体の効果を等価誘電定数を用いて導入し、アドミタンス、位相速度、偏向特性等を明らかにして、位相速度が遅く極めて広範囲に亘って均一な周波数特性を持つ超広帯域偏向系であることを示している。さらに、誘電体装荷トラフ形進行波偏向系を持つ陰極線管を試作し、直流から4ギガヘルツ以上の周波数に亘って均一な偏向特性を持ち、従来の偏向系に比して数倍の偏向感度を持つことを示している。

第8章は、以上の結果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

進行波偏向系は、電子ビームの広帯域偏向系として陰極線管に应用され、マイクロ波領域における波形観測をはじめ単発高速現象、パルス波形の観測など電子通信工学の分野のみならず広範囲に亘る計測分野やパルス技術の分野で注目されている。しかし研究の歴史が浅く、動作原理、帯域特性などの理論解析や設計体系が総合的に確立されておらず、理論的予測値を満足する偏向系が得られていない。また、種々の形の進行波偏向系が提案されているにも関わらず、1～2ギガヘルツの動作周波数上限を超えることが困難で、低迷状態が続けているのが現状である。

本論文は、このような見地から、従来理論上、設計上不明確であった種々の進行波偏向系を、電磁界の立場から解析して統一的な偏向理論を確立し、さらに低速度電子ビームに同期する高感度超広帯域進行波偏向系を開発し、直流より数ギガヘルツに及ぶ帯域特性を持つ実用的な陰極線管を完成し、進行波偏向系の総合的研究結果をまとめたものである。その主な成果は次のように要約される。

1. 種々の形の進行波偏向系の特性を包括して説明することのできる偏向理論に関する統一的解析法を確立した。即ち偏向系を伝播する電磁界の空間高調波解析により、電子ビームと相互作用して帯域特性を規定するのは偏向電界の基本波モード成分であるという新しい理論を確立した。

2. 本研究で確立した空間高調波解析法により、従来報告されている偏向系の諸特性を解析し、実験結果とよく一致する結果を得ると共に、従来の理論による予測値が不完全であるばかりでなく、広帯域特性の記述に基本的な誤りのあることを指摘し、動作原理を明確にすることができた。

3. 実用的な超広帯域偏向系を開発するために、誘電体装荷法を提案して位相速度の低減化に基づく感度改善と、分散特性の向上による周波数帯域特性の改善を図り、理論的にその効果を確認した。これをメアンダ形進行波偏向系に適用して直流より2ギガヘルツの帯域を有する陰極線管を得た。

4. さらに、メアンダ形進行波偏向系の解析結果から、広帯域特性を有する新しい形の進行波偏向系を提案し、これと先に述べた誘電体装荷法を組合せて高感度超広帯域特性を有する誘電体装荷トラフ形進行波偏向系を開発し、直流より4ギガヘルツ以上の帯域を持つ陰極線管を完成した。また本研究で提案した空間高調波解析法により、原理的に超広帯域特性を持つことを確認した。

以上要するに、本論文は進行波偏向系の多くの課題に対して、各々理論解析、実験および試作によって検討を行ない超広帯域陰極線管の開発および進行波偏向系の応用に関して有効な基礎を与えたもので、学術上、実用上に貢献する所が少なくない。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。