

論文審査の結果の要旨

氏名 高須ゆう子

本論文は、リニアコライダーや X 線自由電子レーザーなどの次世代線形加速器の加速管用電源（大電力クライストロン）で使用されるパルス高電圧を高精度かつ安定に測定するセラミックスを用いた高性能容量性分圧器の開発研究についてまとめたものである。線形加速器は、蓄積リングなどの円形加速器と異なり位相安定性などのビームによる安定化のメカニズムがなく、電源を含む加速器機器の精度や安定性が直接反映されやすい。次世代線形加速器では、既存の線形加速器では達成できない高品質の電子ビームと高い安定性が求められるために、加速電圧とその位相の精度や安定性への要件が一段と厳しいものになる。また、リニアコライダーなど多数の加速管を必要とする場合、運転前の電源の校正やビームを用いた電源の調整は膨大なものとなる。結果として、個々の加速管電源の出力に当初から高い精度と安定性が要求されるが、そのためには電源出力を駆動・制御するパルス高電圧を高精度で安定に供給かつ測定することが重要になる。しかし、絶縁油を誘電体とする高電圧コンデンサーを含む既存の分圧器は、温度の変化や周囲の環境に敏感で長期運転による絶縁油の変質などの問題もあり、次世代線形加速器のパルス高電圧用モニタとして精度や安定性の点で不十分であった。そのために、新しい高性能分圧器を開発する必要があった。

論文提出者は、まず高電圧コンデンサー用誘電体材料の根本的見直しを行い、いくつかの誘電体材料の特性（誘電率、熱膨張率、絶縁耐圧等）を比較検討して、高緻密性アルミナセラミックスを誘電体として選択した。アルミナは、絶縁油と比べて誘電率が高く温度特性にも優れているとともに、経年変化が少なく比較的安価で安定供給が見込めるためである。このアルミナを用いた高電圧コンデンサーの設計では、絶縁耐圧から要求される厚み、適正な電気容量、セラミックス焼結の簡便性等を加味して全体形状を最適化した。また、電場計算によって電極の配置やセラミックスの形状を最適化して放電に対する危険性の軽減を図った。その結果、円盤状とコップ状の2種類の形状を持った高電圧コンデンサーを設計・製作した。また、製作された高電圧コンデンサーを含む分圧器の仕様に合わせて、分圧器出力とインターロック等の制御機器入力とのイ

ンピーダンス整合のためにバッファ増幅器を新たに設計・製作した。

論文提出者は次に、高周波実験ユニットを用いてこの2種類の容量性分圧器の高電圧試験を行った。製作した高電圧コンデンサの電極は、メタライズ技術を利用してセラミックス上に付けられた金属薄膜であるが、電極端部の局所的な電場によると思われる放電と絶縁破壊が観測された。コロナリングを電極端部に付け加えた場合にも、やはり同様な放電と絶縁破壊が2種類の分圧器で観測された。そこで、論文提出者はメタライズ電極の代わりに金属塊からなめらかな形状に削り出した電極とセラミックスを接着剤で接着させる方法によって新たなカップ型の高電圧コンデンサを含む分圧器を製作し、高電圧試験を行った。その結果、この容量性分圧器は電源の最大印加電圧である約 370kV、幅 4.5 μ s のパルス高電圧（繰り返し 10pps）を放電することなく正確に測定することに成功した。

本論文は全8章からなる。第1章は本研究の動機及び線形加速器の概要、第2章は容量性分圧器の概要と既存の容量性分圧器の問題点、第3章は新しい容量性分圧器が満たすべき要件とセラミックスを用いた容量性分圧器の設計の詳細、第4章は分圧器の製作、第5章は分圧器の高電圧試験、第6章は第5章の試験結果に基づいて改良された分圧器とその高電圧試験、第7章は考察と今後の展開、第8章は本論文の結論が示されている。また、高電圧試験に使用したCバンド加速システム（加速周波数 5712MHz）及びセラミックスの絶縁破壊試験装置とその試験結果の詳細が付録に記されている。

以上のように、本論文は、次世代線形加速器の加速管電源のパルス高電圧を高精度かつ高安定に測定する容量性分圧器とその実用化に大きな進展を与えるものであり、結果として次世代線形加速器のビーム安定化や高品質化につながるものである。また、加速管電源のみならず、電子銃やその他のパルス高電圧機器の信号測定にも幅広く応用できる研究である。論文提出者は、物理的な考察を重ねながら高性能容量性分圧器の設計、製作、試験を行い、研究開発を成功に導いた。さらに、周辺回路や試験装置の製作にも大きな貢献をしている。この論文は他2名との共同研究であるが、論文提出者が中心となって設計・製作及び各種試験を行っており、論文提出者の寄与は十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。