

# 論文審査の結果の要旨

氏名 吉田 光 宏

本論文は、電子・陽電子ビームを重心系で 500-1000GeV まで加速するリニアコライダー計画の主加速管の 1 つである C バンド加速管において、加速電場勾配を大幅に高めるために必要なパルス圧縮システムの開発研究についてまとめたものである。電子陽電子衝突型加速器は、高エネルギー物理学において衝突時のノイズが少なく精密測定可能な加速器であり、その中でシンクロトロン放射による加速電子のエネルギー損失がない線形加速器を基盤とするリニアコライダーへの期待が高まっている。リニアコライダー用主線形加速器に必要な高い加速勾配のためには、従来の S バンド加速管（加速周波数 2856MHz）では不十分であり、C バンド加速管（加速周波数 5712MHz）がその候補として開発されている。しかし、高周波電源であるクライストロンのピーク電力には限界があるため、その長いパルスを圧縮して高いピーク電力を得るパルス圧縮システムが必要になる。しかも、マルチバンチ運転によって高いルミノシティを得るために比較的長いパルス幅が必要とされている。本論文の C バンド用パルス圧縮システムでは、19 万という高い Q 値を持つ 3 セル結合空洞を採用することによって高効率でかつ長時間マイクロ波を蓄積することを可能としているが、高い Q 値を持つ空洞の安定な運転のためには空洞寸法が温度に対して安定であることが不可欠であり、従来の銅製の空洞では困難である。

論文提出者は、空洞出力の安定性を確保するために、スーパーインバーという極めて熱膨張係数の低い素材を空洞の円柱部の母材として使用した。空洞内壁は電気伝導率の良い銅を使う必要があるため、スーパーインバーと銅を接合するいくつかの方法を試験した結果、接合面の強度、大量生産性、経済性などの点で優れている HIP (Hot Isostatic Pressing) による方法を採用した。また、空洞の円柱部と銅製である端板及びセル間の結合ディスクの接合において、SUS 製リングをその間に挿入して TIG 溶接し、端板とディスクによる熱膨張や歪みの影響を小さくすることに成功した。このような方法で製作されたパルス圧縮システムの大電力モデルに対して共振周波数の温度依存性が銅製空洞の約 1/7 という測定結果を得ることができ、熱的に非常に安定であることを実証した。

論文提出者は次に、大電力試験に必要ないくつかの基本的なコンポーネント

の開発を行った。その中の1つは、3dB ハイブリッドと呼ばれる電力の分配器であり、従来のボタンによる調整をなくしたものを設計・製作した。モード変換器は、マイクロ波の導波管での電磁場のモードをパルス圧縮空洞内でのモードに効率良く変換させるもので、4つの穴で結合しているタイプのものを開発した。減衰器は、ステンレス製で周期構造を持つ新しいタイプの減衰器で、全長 50cm とコンパクトであり、-3dB に電力を減衰させるように設計・製作された。

大電力モデルと大電力用の基本コンポーネントの製作後、実際に 50MW の C バンドクライストロン1台を用いて大電力試験を行った。その結果、ピーク電力 45MW、パルス幅 2.5 $\mu$ s のクライストロンからのマイクロ波パルスの入力に対して、パルス圧縮装置によってピーク出力 135MW、パルス幅 0.5 $\mu$ s のパルスを 50Hz の繰り返しで安定に出力することに成功した。

この他、論文提出者は、エネルギー効率を高めるために、高周波電源の立ち上がり部分を位相変調することで有効に利用し、20%以上の効率の改善が図れることを実験的に示した。

本論文は全10章からなる。第1章は序文で研究の動機と目的について、第2章はCバンド加速システムの解説、第3章は解析的方法とシミュレーションによるCバンド圧縮システムの特長、第4章は電力効率を高める方法とその検証、第5章はスーパーインバー用いた空洞の製作方法、第6章は製作された大電力モデルの小電力試験の結果、第7章はCバンド用コンポーネント（モード変換器、ハイブリッド、減衰器）の開発、第8章は大電力試験の結果について述べられている。第9章は、本装置に関連した将来計画、第10章は本論文の結論が示されている。

以上のように、本論文は、リニアコライダー計画の主加速管の1つであるCバンド加速システムの高い加速勾配を実現するためのパルス圧縮システムの実用化に大きな進展を与えるものであり、加速器のコンパクト化にも貢献する研究である。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製作や実験を行っており、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。