

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Sicパワーデバイスを用いた円形誘導加速器用加速セルドライバーの研究
Title(English)	
著者(和文)	岡村 勝也
Author(English)	Katsuya Okamura
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第4118号, 授与年月日:2015年9月30日, 学位の種別:論文博士, 審査員:堀田 栄喜,堀岡 一彦,高山 健,安岡 康一,林崎 規託
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4118号, Conferred date:2015/9/30, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)

論文要旨 (和文2000字程度)

報告番号	乙 第	号	氏 名	岡村 勝也
(要 旨) 誘導加速方式を採用した円形加速器である誘導加速シンクロトロン (Induction Synchrotron: IS) は、誘導加速セルの加速ギャップに発生する矩形パルス電圧によって荷電粒子を加速するシンクロトロンであって、周回周波数とバンチ長に制約されることなく、あらゆるイオンを加速することができるという大きな特徴を有する。ISにおいて誘導加速セルをドライブするパルス電源 (Switching Power Supply: SPS) は本質的に重要なコンポーネントであり、これを小型高性能化し、さらに信頼性を高めることが円形誘導加速器を高エネルギーイオン源としてさらに発展させるための重要な課題である。本論文はシリコンカーバイド (SiC) 半導体方式のSPSを開発することによってこの課題を解決すべく進めてきた著者の研究をまとめたものである。論文の内容構成は以下の通りである。 第1章「序論」では本研究の位置づけを明確にするため誘導加速の基本原理、また研究成果の最初の適用を目指すKEKデジタル加速器の概要について述べた。 第2章「誘導加速器システムの構成と現状の課題」では、誘導加速原理を用いた加速手法についてより踏み込んだ議論を行うとともにその技術的制約、さらにこれまで用いられてきたシリコン (Si) 半導体方式のスイッチング電源の課題について述べた。 第3章「半導体スイッチのパルスパワーへの応用と誘導加速への適用可能性検討」では、前半部において新型の半導体パルス電源を開発するにあたってこれまで行われてきたIGBT、MOSFET、Siサイリスタ等各種半導体パワーデバイスの研究状況について概観し、後半部では半導体パワーデバイスの世界に革新をもたらすと期待されるSiCデバイスをそれら既存Siデバイスと比較することでその優位性を確認し、SiC-JFETのスイッチング性能評価結果から、誘導加速器セルドライバー用素子としてハイパワーパッケージ開発が重要であることを示した。 第4章「SiC-JFET用高放熱パッケージの開発」では、本研究において新たに開発されたエポキシモールドディスクリットパッケージSiC-JFETについて述べた。このパッケージは4.2mm角のSiC-JFETをエポキシモールドしたディスクリットタイプのパッケージである。その性能評価を行った結果、1 kV-27 A-1 MHzで連続動作が可能であることが確認された。熱解析を行った結果、その時の損失は235 W、最高温度は183 °Cであったことが示された。 第5章「SiC-JFETを用いたスイッチング電源の試作とその評価」では、新開発の素子を用いたスイッチング電源 (SPS) の設計と試作、そして評価結果について述べた。試作したSPSの単体評価を行った結果、800 V-21 A-1 MHzでの連続動作が確認された。また、試作電源を誘導加速セルに接続した実験も行い、スイッチング電源と誘導加速セルを高電圧伝送ケーブルで接続した実験では、ケーブルの負荷端の整合抵抗だけではなく、電源側にも出力抵抗を接続することで出力パルス波形の立ち下がりが改善されることを明らかにした。さらに、インピーダンスが既知のケーブルとして50 Ωの同軸ケーブルを使った場合には、インピーダンス整合を取る事で立ち上がり時間、立ち下がり時間としてそれぞれ35ns、27nsが得られ、2 MHz以上の繰り返し周波数も可能であることが分かった。 第6章「SiC-JFETスイッチング電源を用いた実ビーム加速」は、本論文のハイライトである。ここでは、試作したスイッチング電源を実際の誘導加速シンクロトロン (KEKデジタル加速器) に導入し、重イオンの加速実験を行った結果について述べた。加速対象としたのは$m/q=4$の重イオンで、実験条件は最大磁場0.23 T、最大エネルギー6.9 MeVであった。本実験においてSPSはデジタル加速器の制御システムに接続され、パルス密度変調を行うことでSPSとパルス幅が可変制御された。この結果、開発したSPSはSiCパワーデバイスを用いたパルス電源として世界で初めてイオンビーム加速を実証した。 第7章「SiCデバイスパッケージの更なる進化とその加速器への応用展開」では、将来展望として次世代のパワーモジュールの開発と誘導加速方式を適用した円形加速器の今後の可能性について述べた。 最後に、第8章「結論」において全体の結論を述べた。				

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(論文博士)

論文 要 旨 (英 文)

(300語程度)

(Summary)

報告番号	乙 第	号	氏 名	岡村 勝也
(要 旨) A novel synchrotron called an induction synchrotron (IS) was developed in 2006 in KEK. In the IS, charged particles are accelerated by a pulse electric field driven by a switching power supply (SPS) employing high-power and high-repetition-rate semiconductor switches. The SPS that generates high voltage pulse is obviously one of the important apparatus in the IS system. This thesis treats on the development of the next-generation high performance SPS utilizing SiC switching power devices. SiC switching devices are considered to be some of the most promising candidate for next-generation SPS, since they have inherently excellent properties in high electric fields such as durability, high-speed switching and high-temperature resistances [Chapter 3]. Accordingly, a high-power discrete SiC-JFET package was developed, with which successful operation at 1 kV, 27 A and 1 MHz was confirmed [Chapter 4]. Following the successful results of the device evaluation, he designed and constructed an SPS that had H-bridge circuit topology and evaluated its performance with a dummy load and an actual acceleration cell, where the importance of impedance matching effect was discussed [Chapter 5] Then, developed SPS employing SiC-JFET was installed in the KEK digital accelerator system and the ion beam acceleration experiment was conducted. As a result, successful operation was confirmed with the experimental conditions of m/q of 4, maximum magnetic field of 0.23 T, and maximum ion energy of 6.9 MeV [Chapter 6]. For the future perspective, the development of 2nd generation high power package that has 2.4 kV voltage rating and 2 in 1 construction and the development and application of induction accelerators are described [chapter 7]. To conclude this thesis, the results of this research would have progress and be applied to the various kind of ring type induction accelerators that would be constructed all over the world in the near future.				

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).