

Development of multilayer chopper

Masashi Okada¹, Kazuaki Niki, Shigeaki Arai, Ichiro Katayama
 High Energy Accelerator Research Organization
 1-1 Oho, Tsukuba-city, Ibaraki, 305-0801

Abstract

$^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$ experiment is planned at TRIAC. This experiment needs single bunched beam without back ground particles. Therefore, we developed the buncher and the chopper. To suppress the leakage of the electric field, the chopper adopted the multilayer type. As a result of the beam test, the beam loss by the chopper was about 20% and the beams has decreased to 1.7×10^{-5} when electrodes is impressed 100V.

多層チョッパーの開発

1. はじめに

高エネルギー加速器研究機構(KEK)と日本原子力研究開発機構(JAEA)の共同研究施設である短寿命核(RNB)実験施設のTRIACは短寿命核ビームの加速を目的とした加速器ではあるが、短寿命核生成用のイオン源やチャージブリーダーをイオン源として安定核のビーム($q/A > 1/10$)を1.4MeV/uまで加速する事も可能な重イオン線形加速器である。

現在TRIACでは $^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$ 反応の断面積測定実験を計画している。この実験では大強度且つ前後に漏れの無い単バンチビームが必要となる。そこで、プリバンチシステムを開発し、加速器の前に取り付ける

ことにした。このシステムはイオン源からの連続した α ビームを2~4MHzの周期でバンチして加速器に入射するもので、周波数可変の2Gap型プリバンチャーと多層チョッパーで構成される。

本発表ではプリバンチシステムに用いられている多層チョッパーについて述べる。

2. TRIACプリバンチシステム

現在開発しているTRIACプリバンチシステムでは2Gap型プリバンチャーにRFを印加してバンチする方式であるが、その際に用いられるRFは基本波にそれぞれ位相をずらした2倍・3倍の高調波を重ね合わせた複合波である。2つのGapを通過したビームは最終的に鋸歯状波型の電圧を受けバンチされる様になっている。^[1] 鋸歯状と言っても、3波による合成であるため電場は完全な鋸歯状波では無く、図2の様な擬似的なものとなる。その為、プラスのピークからマイナスのピークに戻るのに時間を要するが、この間のビームはバンチされないうえに、タイミン

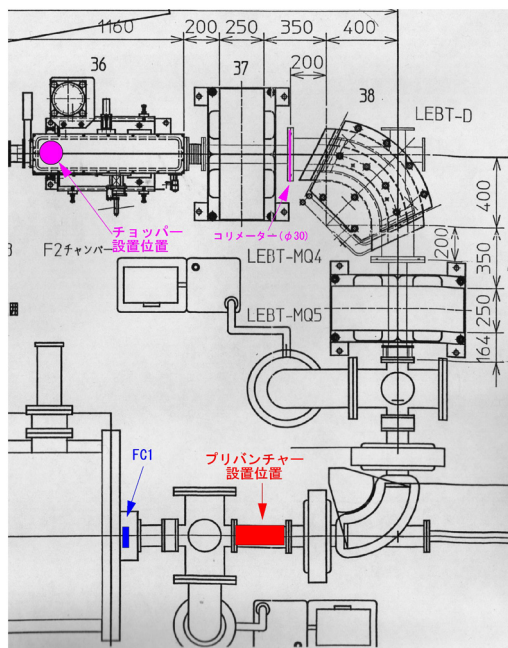
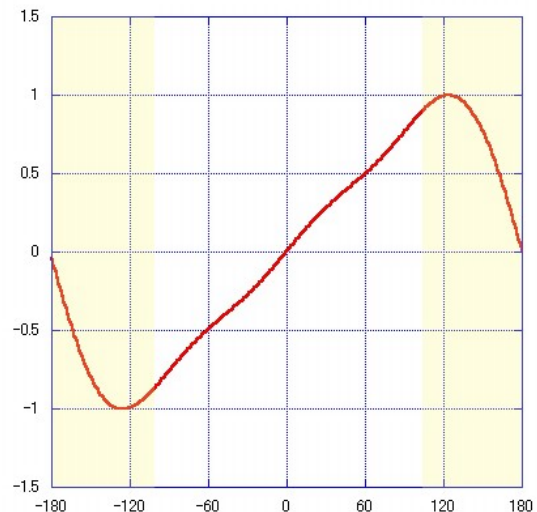


図1 プリバンチシステム配置図



の部分をカットする必要がある

図2 プリバンチャーによるバンチ電圧

¹ E-mail: masashi.okada@kek.jp

グによっては加速されてバックグラウンド(BG)となってしまう。

$^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$ 実験ではバンチされたビームの強度もさることながら、BG部分でビームが来ない事も重要であるので、バンチされないビームが加速されない様にあらかじめチョッパーを用いてビームをカットしておく必要がある。

カットすべき領域は図からも分かる様に1周期の1/3程度であるが、設計にあたっては立ち上がり立ち下りの時間等を考慮して、Duty50%で運転出来るように検討する事にした。

3. 多層チョッパー

3.1 多層チョッパーの設計

プリバンチシステム用のチョッパーを開発するに当たって、最初は一般的な単層の平行平板型のチョッパーを検討した。

チョッパーの設置場所でのビームの径はおよそφ30であるので、電極の幅とギャップ間隔は40mmとした。電極の長さは長いほうが印加電圧を低く出来るが、その分パルスの立ち上り立ち下りでの切れが悪くなる。この場所におけるビームエネルギーは2keV/uと低い為、繰り返しを4MHzとした場合のβλは約15.5cmである。なので、チョッパーの切れを周期の10%程度に抑えようとすれば、電極の長さは1.55cm以下にする事が必要となる。実際には電源の立ち上がり立ち下り時間もあるのでそれも考慮し電極の長さを10mmとした。その結果、チョッパーは長さが10mmでギャップ間隔が40mmという非常に薄べったい形状になる。このチョッパーでチョッパー下流約1mの所に設置する予定のコリメーターの場所でビームを30mmずらすのに必要な電圧を計算したところ、約2kVであった。しかし、この様な形状の場合、図3に示すように電極の前後に電場が大きく漏れてしまい、折角電極を短くした意味がなくなってしまう。

そこで、+電極とGNDの電極を交互に積み重ねる多

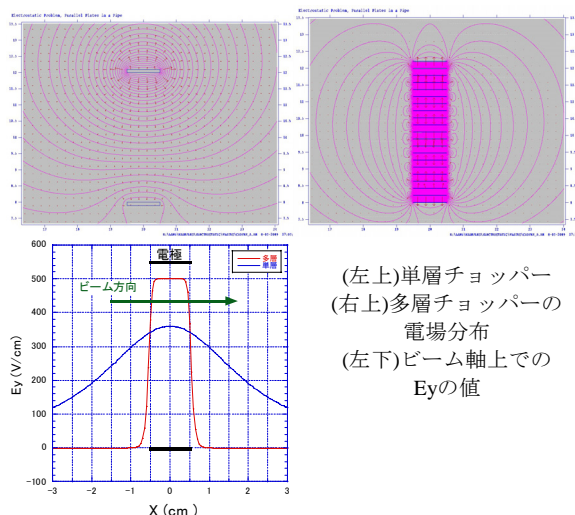


図3 POISSONによる電場計算

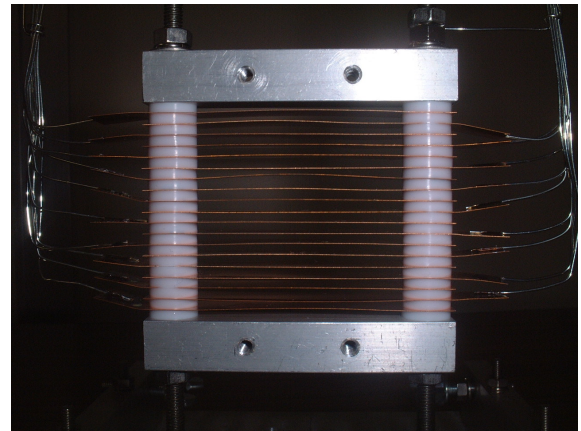


図4 多層チョッパーテストモデル

層電極のチョッパーを検討する事にした。この方式の場合、ギャップ間隔を十分小さく出来るので電圧を下げ且つ漏れ電場の影響を少なく出来る。反面、電極がビームの中に入るのその分は確実にロスする事、静電容量が増える為パルス波形が鈍ってしまう可能性がある等の問題がある。今回、チョッパー自身によるビームロスを出来る限り減らす為に電極の厚さを0.1mmとし、電極間隔は2.0mmとした。その結果チョッピングに必要な電圧は100Vとなった。また、静電容量は単層型が0.13pFなのに対し53.2pFとなった。

3.2 試作モデルの作成

多層チョッパーの実用性を確認する為に、この検討結果を元にテストモデルを製作した。その写真を図4に示す。電極には銅板を用い、電極間は2mm厚のテフロンワッシャーを挟み全体をネジで固定する事で決めた。また、電極は交互に逆側に耳をだして配線を行えるようにした。

作成したテストモデルで静電容量を測定したところ84pFであった。計算より60%位多いが、これは電極を固定している部分など電極部分以外の要素によるものと考えている。

4. モデルテスト

4.1 チョッパー自身によるビームロスの測定

最初にビームライン上の正規の位置にモデルを設置してチョッパーを設置した事によるビームのロスを測定した。測定は $^{16}\text{O}^{4+}$ ビームを用いて行った。加速器直前のファラディカップ(FC1)までビームを通して、FC1での電流が最大になるようにビームラインを調整した。その結果、チョッパー上流のファラディカップで400nAのビームがFC1で300nAとなった。透過率は約75%であった。通常の運転時、この区間の透過率は、約95%であるので、20%分がロスした事になる。ギャップ間隔と電極厚の比は約5%であるから、約4倍である。これは、ビームが完全に平

行では無く多少の角度を持っている事や組立・設置の歪みにより実質的な投影面積が大きく成っている事等が原因と考えている。

4.2 定電圧電源によるビームカットテスト

次に定電圧電源を用いて電極に電圧を印加、ビームの減少を測定した。その結果を図5に示す。グラフは印加電圧が0Vの時のビーム電流量を1として規格化してある。設計値の100Vをかけた場合、電圧をかけなかった時の 1.7×10^{-5} まで減少した。しかし、160Vかけた状態でも2pAほどのビーム電流が測定され、完全にカットする事が出来なかった。これは、本来ならFC1まで通過してこないような急角度でチョッパーに入ってきた粒子の一部が電場により曲げられたり電極でスキヤッタされたりしてビームラインのアクセプタンスに入ってしまうのではないかと考えている。

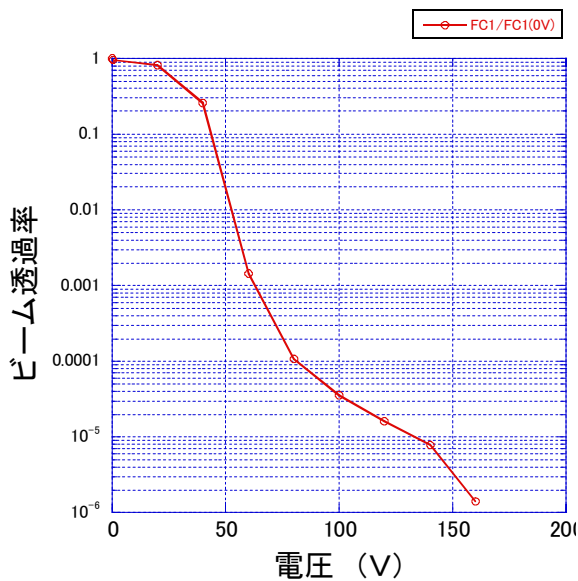


図5 ビーム透過率

4.3 パルス電圧の印加テスト

また、モデルにパルス電圧を印加するテストも行った。用意した電源の関係で4MHz, Duty50%でのテストは出来なかったが、100V, 125nsのパルス電圧をかけて波形の確認を行った。その結果を図6に示す。0Vから100Vまでの立ち上がり・立下りは約25nsと若干大きい。しかし、パルストップの幅は100nsあるので、必要な範囲をカットする事は可能だと考えている。

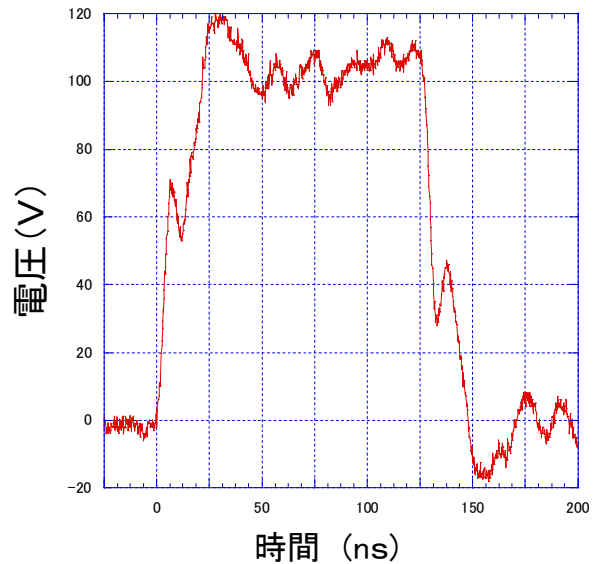


図6 パルス電圧テスト

ものの予想の範囲内ではあり、十分実用になると考えている。今後、今回の結果を元に問題点を改良した上で実機を製作する予定である。

参考文献

- [1] 仁木和昭 他, “TRIACでの2-4MHzプリバンチシステムの設計“, FPACA63, 本学会

5. まとめ

TRIACでは $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 反応の断面積測定実験の為にプリバンチシステムを開発しており、その一部として多層チョッパーを開発している。今回、多層チョッパーの実用性を検討する為にテストモデルを製作して測定を行った。

テストの結果、完全に期待通りとは行かなかった