

[P7-06]

CONSTRUCTION OF THE FIRST UNIT OF THE CHARGE-STATE MULTIPLIER SYSTEM FOR RIKEN RI-BEAM FACTORY

O. Kamigaito, M. Kase, Y. Miyazawa, T. Chiba, M. Hemmi,
S. Kohara, E. Ikezawa, A. Goto, and Y. Yano

The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)
Wako-shi, Saitama, 351-01 Japan

Abstract

In the RIKEN RI-beam factory project, a Charge-State Multiplier system (CSM) will be installed between the existing heavy-ion linac (RILAC) and the ring cyclotron (RRC) in order to increase the charge-to-mass ratio (q/A) of ions without changing the injection radius of the RRC. The CSM consists of an accelerator, charge-stripper, and decelerator. For the accelerator and decelerator, drift tube linacs of variable-frequency type will be used, whose rf-frequency will be varied from 36 to 76 MHz. The first unit of the CSM, which works in the lowest energy region, is under construction. This paper describes the design of the rf-cavity as well as the outline of the CSM.

重イオン荷電状態増幅装置(CSM)第一ユニットの建設

1. はじめに

現在建設が進められている理研RIビームファクトリー計画では、既存のリングサイクロトロン (RRC) からのビームを4セクターおよび6セクターのリングサイクロトロン (IRCとSRC) によりさらに加速する[1]。最終的なエネルギーは酸素等の軽いイオンで核子当り400 MeV、最も重いウランで核子当り150 MeVになる予定で、最高百pAから1 μ Aのビーム強度を得ることを目標にしている。初段の加速器は既存の重イオンリニアック (RILAC) である。

さて、この計画で重いイオンを加速する場合、リングサイクロトロンの磁場による制限から、かなり高い価数のイオンを入射する必要がある。問題となるのは、RILACの加速エネルギーがあまり高くないため、RILAC直後に置かれている現在のチャージストリッパでは十分に高い価数が得られないことである。

この状況と、その解決法を図1を用いて説明する。まず、最終エネルギー150 MeV/uは、27.2 MHzのRF周波数に相当するが、このときのRILACの加速エネルギーは1.48 MeV/uとなる。一方SRCで必要なイオ

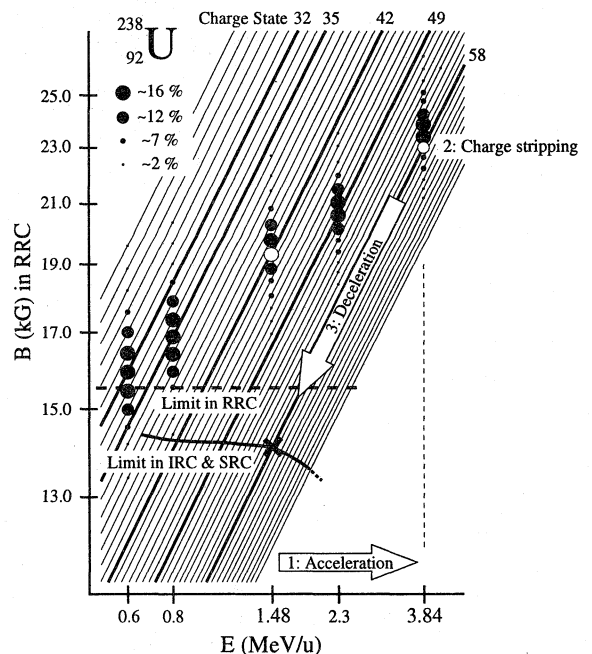


図1: CSMの原理

ンの価数は58価である。ところが1.48MeV/uで炭素膜による荷電変換を行うと、生成効率が最大になるの

は42価になってしまい、必要な58価は得られない[2]。そこでRILACからのビームを、58価の生成率が比較的高くなる3.84MeV/uまで加速し、そのあと元と同じスピードまで減速すれば、RRCに手を加えることなく、58価のイオンを入射することができる。

以上が重イオン荷電状態増幅装置（Charge State Multiplier）の原理である[1]。以下この頭文字をとって「CSM」とよぶことにする。

図2にCSMの全体図を示す。加速部および減速部はそれぞれ8台および4台のドリフトチューブリニアックで構成されている。加速効率を上げるため、2倍のハーモニクスの高周波を用いる。したがって、加速および減速タンクは36-76MHzの範囲で周波数可変である。各タンクには6ないし8の加速ギャップがあり、ギャップ間の最高電圧は450から500 kVを想定している。また収束要素としてタンク2台ごとに四重極電磁石トリプレットを挿入する。

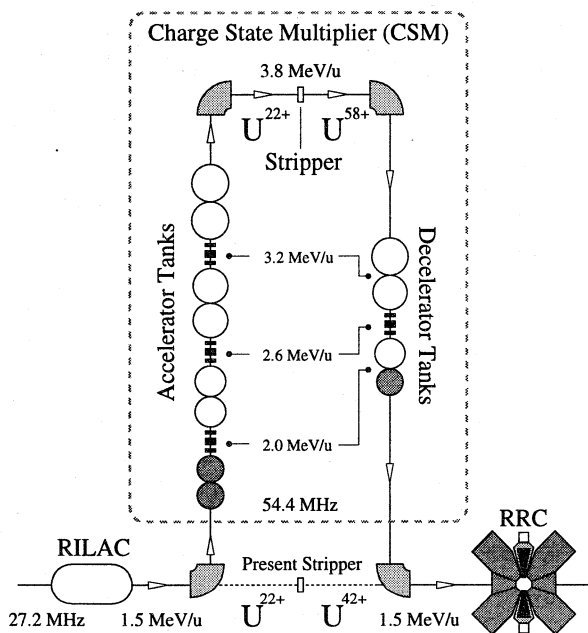


図2：CSMの構成。濃い円が第一ユニット。エネルギーは基本周波数27.2MHzのときのもの。

現在、第一ユニット（加速タンクのはじめの2台及び減速タンクの最後の1台）の製作を行っている。図3に示すように、1/4波長の円筒同軸共振器を基本構造にしている。同軸部は3台とも同じ寸法（外筒の内径1300mm、内筒の外径500 mm）である。共振周波数はショート板を上下に動かすことにより変える。円筒形を基本にしたのは、ショート板内側のコンタクトフィンガーでの電流密度を減らすためである。

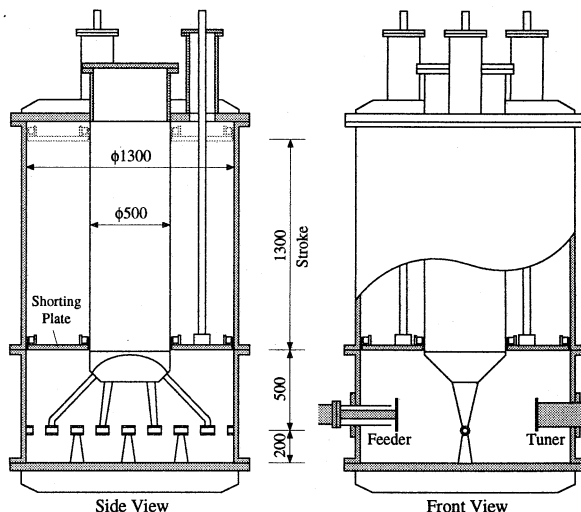


図3：CSM第一ユニットの共振器

さらに、ドリフトチューブ用ステムの形状を詳しく検討し、コンタクトフィンガーでの電流密度の最大値を60 A/cmに抑えた。

MAFIAによる計算では、ショート板のストローク1300 mmで要求される周波数範囲が実現できる。また、Q値とシャントインピーダンスは周波数によらずほぼ一定であり、電力損失はタンクあたり約60kWである。しかし実際の損失はこれより大きくなるのが予想されるので、最大出力100 kWのンプを製作中である。

このタンクでは、電圧分布が様でなく、端のギャップほど小さくなる。たとえば最高周波数（76MHz）での両端のギャップ間電圧は中心部の8割程度である。この電圧分布がビームの透過効率に与える影響を調べたが、平均の電圧が設計値を超えるような電力を入れれば、問題はないことがわかった。表1に第一ユニットの基本的なパラメータを載せる。

Tank	Accelerator-1	Accelerator-2	Decelerator-1
Frequency	36 - 76 MHz	36 - 76 MHz	36 - 76 MHz
Mass-to-charge ratio (m/q)	26 - 6	26 - 6	12 - 2.7
Input energy*	1.48 MeV/u	1.74 MeV/u	2.01 MeV/u
Output energy*	1.74 MeV/u	2.01 MeV/u	1.48 MeV/u
Number of gaps	8	8	8
Maximum gap voltage	450 kV	450 kV	450 kV
Synchronous phase	-25°	-25°	+25°
Bore radius	1.75 cm	1.75 cm	1.75 cm
Inner length	1.3 m	1.3 m	1.3 m
Maximum power loss**	58 kW	61 kW	58 kW
Effective shunt impedance*	147 MΩ/m	152 MΩ/m	146 MΩ/m
Max. current on contacts**	58 A/cm	61 A/cm	58 A/cm

*: At 54.4 MHz **:MAFIA prediction

表1：CSM第一ユニットの基本パラメータ

3. 今後の予定

第一ユニットの製作は7月初めに終了する予定である。その後、実際にリニアックとリングサイクロトロン間に設置し、総合的なテストを行う予定である(図4)。

謝辞

理化学研究所の千葉好明氏には、CSM高周波系に関する助言をいただきました。心より御礼申し上げます。

ます。第一ユニットの製作は住友重機械工業(株)によって行われています。関係者の皆様に感謝いたします。

参考文献

- [1] Y. Yano et al., Proc. PAC97 (1997), p.930.
- [2] K. Shima et al., Atomic Data & Nuclear Data Tables 51, 173 (1995).

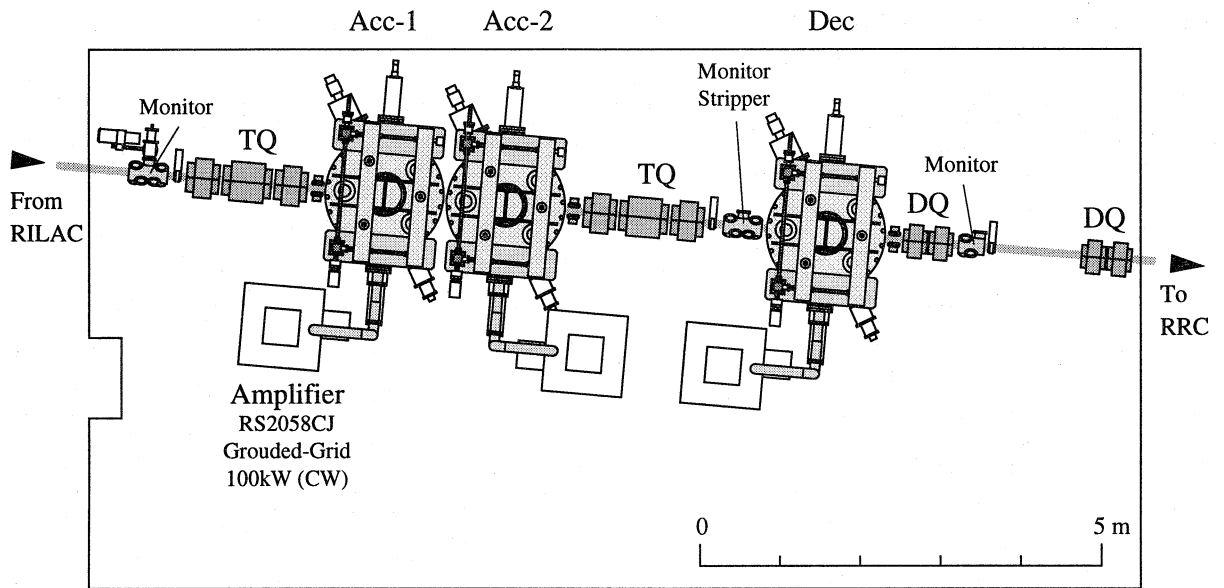


図4 : CSM第一ユニットの配置