

Model Test of a Rebuncher for the TRIAC-SCLinac Beam Transport Line

Masashi Okada^{1,A)}, Shigeaki Arai^{A)}, Kazuaki Niki^{A)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801

Abstract

The Tokai Radioactive Ion Accelerator Complex (TRIAC) facility has been jointly constructed by KEK and JAEA, and started to supply the 0.178 to 1.1 MeV/u radioactive ion beams for experiments since November 2005. To increase the beam energy up to 5 ~ 8MeV/u, we are planning to connect the TRIAC to an existing Super-Conducting Linac (SCLinac). A 26MHz double-coaxial $\lambda/4$ -resonator is designed as a rebuncher installed in the beam transport line between TRIAC and SCLinac. By using a half scale cold model, tests of the cavity tuning and RF measurements are performed. The resonant frequency obtained after tuning is 51.814 MHz, which agrees well with the goal one, 51.813 MHz. The measured unloaded Q-value and shunt impedance are 2938 and 8.13 M Ω , respectively. These correspond to 70% and 77% of the calculated values.

TRIAC から超伝導リニアックへのビーム輸送用 リバンチャーのモデルテスト

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)は共同研究施設として短寿命核実験施設(TRIAC)を建設した。この施設はKEK田無の短寿命核用重イオン加速器を原研機構のタンデム施設に移設し、タンデムからのビームを用いて生成した短寿命核を分離・再加速して天体核物理や物質科学等の実験を行うもので、2005年度から共同利用を開始している。

この施設では次のステップとしてTRIACとタンデム施設の超伝導リニアック(SC Linac)を結合させてさらにエネルギーを上げる計画がある。現在その準備を進めているが、この計画においてTRIACからSC Linacへのビーム輸送ラインには2台のリバンチャーが設置される予定である。(図1)^[1]

リバンチャーは約26MHzという低い周波数で運転される事から、TRIACで用いられているのと同じ2重同軸型 $\lambda/4$ 共振器を用いた空洞を採用した。この共振器は同軸の中にさらに同軸を折り込んだ構造で、低い周波数でも比較的小型に収まるのが特徴である。

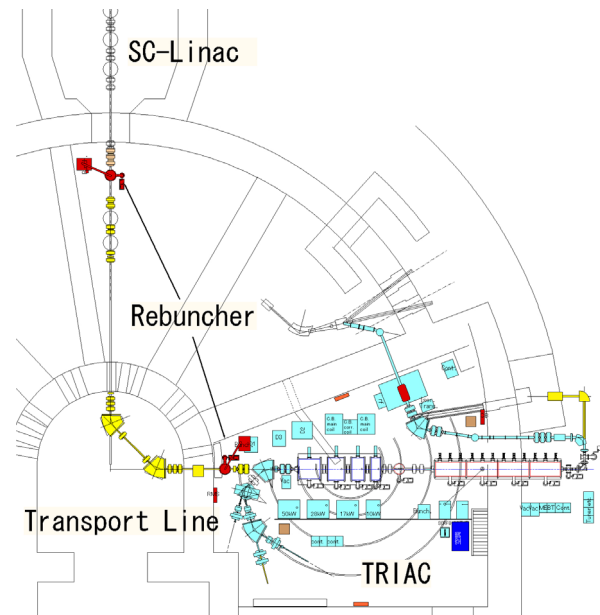


図1 つなぎライン配置図

表1 リバンチャーの主要諸元

共振周波数	25.9584	MHz
電荷質量数比(q/A)	1/7	
入射エネルギー	1.09	MeV/u
ビーム軸長	1135	mm
ギャップ数	4	
ギャップ長	30	mm
DTボア直径	60	mm
ギャップ電圧	110	kV

空洞の構造が軸対称では無い為、設計は3次元の計算コードを用いて行うが、計算のみでは必要な精度で寸法を決める事ができない。その為、最終的にはモデルによるテストが必要となる。そこで真鍮製の1/2モデルを製作しテストを行ってきた。^[2]

モデルの1号機は計算の誤差が大きかったので、目標周波数をモデル空洞の調節範囲内で得ることができなかった。そこで今回、1号機を改造して2号機を製作し、テストを行い、最終的な寸法を決定した。

¹ E-mail: masashi.okada@kek.jp

2. モデルの改造

モデル空洞1号機の共振周波数は目標となる周波数(51.813MHz)に対し54.093MHzと約4%高く、モデル空洞の周波数調整機能では補正しきれなかった。そこで、共振周波数を合わせる為に空洞を改造することにした。改造に当たっては内導体の台座の形状を変えるなど内部部品の形状を変える方法も検討したが、最終的に 1.構造を複雑化しない、 2.RF特性を悪化させないという考えから空洞の2重同軸部分ののぼして空洞の高さを高くする事で周波数を変えることにした。

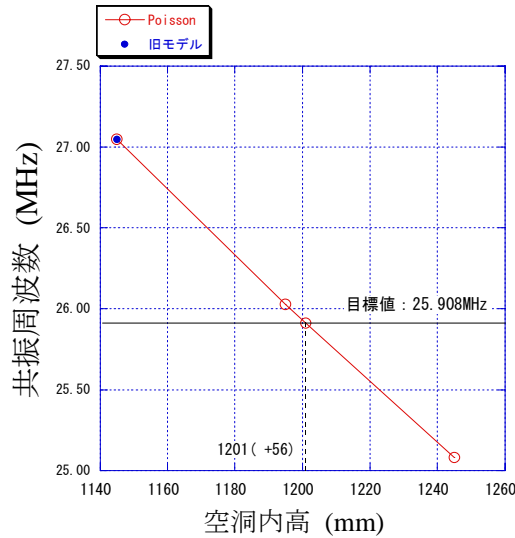


図 2 空洞高と共振周波数

実際にのぼす量は計算コードのPoissonを用いて計算し決定した。Poissonは2次元のコードの為、ドリフトチューブ部分をキャパシタンスの円盤にする置き換えが必要で絶対値の評価には難しい面があるが、今回の場合絶対値はさほど重要でなく、空洞の高さ

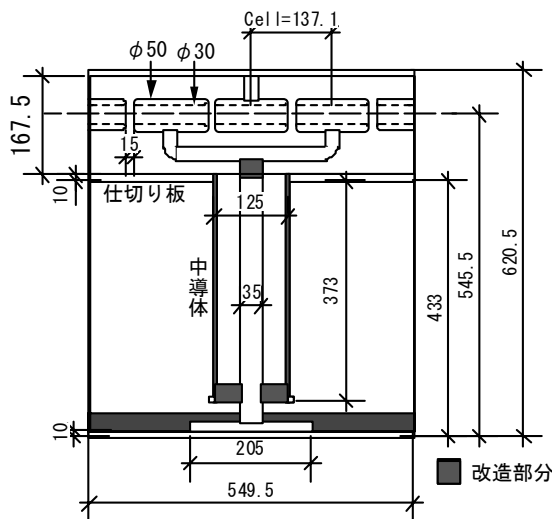


図 3 1/2モデル空洞寸法図

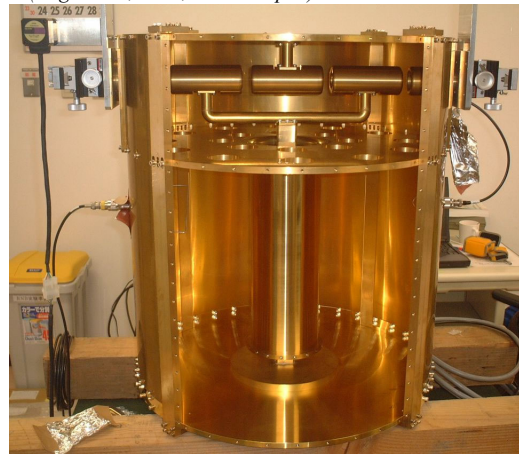


図 4 モデル空洞写真

の変更による周波数の変化率が分かれば良いので、これで十分だと考えた。

計算の結果、空洞の高さを56mm伸ばすことで目標の周波数となる事が分かった。(図2) モデル空洞は実機の1/2の寸法なので、この結果をもとにスペーサーを取り付けるなどして空洞の高さを28mm高くした。(図3・4)

3. モデルテスト

3.1共振周波数の調整

改造したモデル空洞の共振周波数の測定を行った。測定の設定アップを図5に示す。入力ループは80mm×80mmの四角形で、反射が最少になるように角度をつけ、マッチングを取った。

この状態で測定をしたところ、共振周波数は51.718MHzであった。この値は目標である

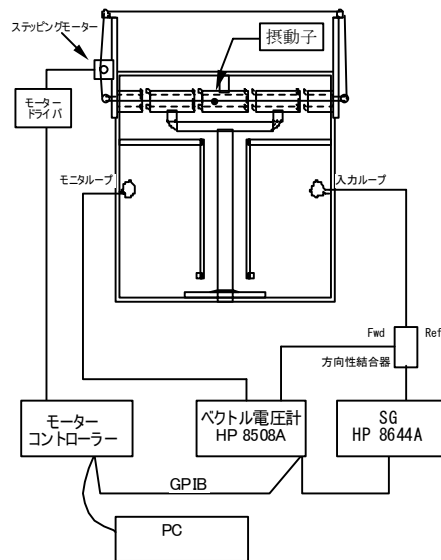


図 5 測定セットアップ図

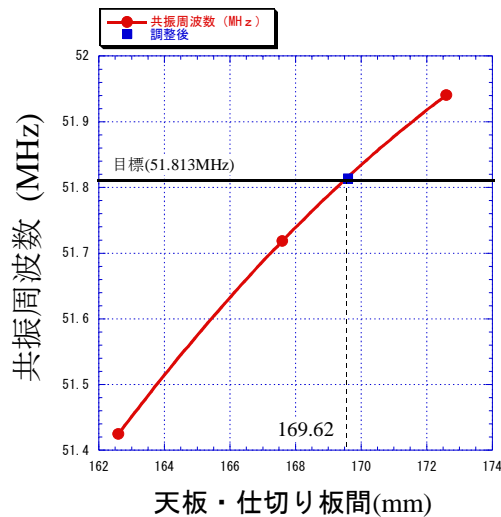


図 6 仕切板による周波数調整

51.813MHzに対し約0.2%低い。

そこで、仕切板を動かして周波数の調整を行った。モデル空洞の仕切板は中導体と一体で±5mm上下に動かすことが出来るようになっており、これにより共振周波数を変えることが出来る。

この仕切板の位置を天板との間隔を測定しながら動かして調整を行った。その結果、板を2mm下げて天板と仕切板との間隔を169.6mmにしたところで51.814MHzとほぼ目標に等しい周波数に調整する事が出来た。(図6)

3.2 共振曲線

次に、調整した空洞の周波数特性を測定し、共振曲線を求めた。その結果を図7に示す。図中モニタ電圧は f_0 での値を1として規格化してある。また、この結果からQ値を求めたところ、1468であった。入力カップラがマッチングを取った状態なので、空洞の無負荷のQ値は2936となる。これはMIAFIAの計算

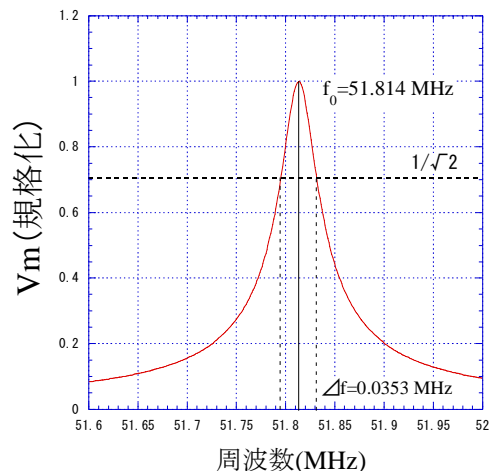


図 7 共振曲線

値から求めた4147の約70%に相当する。前回の測定と比較して5%ほど低下した。これは改造により接合部分が増えたことや時間により空洞の表面が経年変化した事に起因すると考えている。

3.3 電場分布

次に、ビーム軸上の電場分布の測定を行った。測定はφ6.4mmのアルミ球をモーターで駆動しながらモニタ電圧の位相の変化を測定する摂動法で行った。その結果を図8に示す。電場は最大値を1として規格化してある。

内側の2つに比べて外側2つのギャップの電場が約2%低いのはステムの影響と考えている。これは前回の測定やMAFIAの計算でも同じ傾向がみられた。

この結果から求めた空洞のシャントインピーダンスは8.13MΩであった。前回の測定に比べて約15%低く、MAFIAで求めた計算値10.6MΩに対して77%に相当する値である。前回の測定より悪いのはやはり経年変化が原因だと思われる。

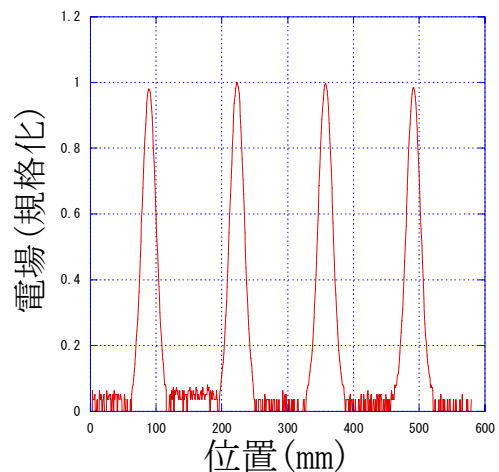


図 8 ビーム軸上の電場分布

4. まとめ

リバンチャーのモデル空洞を改造しテストを行った。その結果、共振周波数が目標値とほぼ等しくなる空洞の寸法を決定することが出来た。

今後、この結果を元に実機的设计・製作を行う予定である。

参考文献

- [1]. 岡田雅之 他, ”短寿命核用重イオンリニアック (TRIAC) の建設”, Proceedings of the 30th Linear Accelerator Meeting in Japan, P233-235, 2005
- [2]. 岡田雅之 他, “KEK・原研RNB用リバンチャーの設計及びモデルテスト”, Proceedings of the 27th Linear Accelerator Meeting in Japan, P63-65, 2000