

LINEAR ACCELERATORS AT ICR KYOTO UNIVERSITY

Makoto INOUE, Hideki DEWA, Hiroshi FUJISAWA, Hirokazu FUJITA,
Yoshihisa IWASHITA, Shigeru KAKIGI, Akira NODA, Hiromi OKAMOTO
and Toshiyuki SHIRAI

Institute for Chemical Research, Kyoto University,
Uji, Kyoto 611, Japan

ABSTRACT

The Kyoto University 433MHz proton linear accelerator which consists of an RFQ and a DTL has successfully accelerated protons up to the goal energy of 7MeV.

A 4-rod RFQ for heavy ion implanter is now under construction in collaboration with a company.

Cold model test of another compact proton linac for industry is also in progress at the accelerator laboratory, ICR, Kyoto University.

京大化研イオン線形加速器の現状

1、はじめに

京都大学化学研究所附属原子核科学研究施設では蹴上にあつたサイクロトロンを閉鎖し、宇治キャンパスに研究室を移すにあたり、小型の陽子線形加速器を建設することにし、その整備を急いでいたが今年1月、目標の7 MeVまでの加速に成功した。この加速器は、433MHzという従来の陽子線形加速器の2倍以上の高周波を用いる、高周波四重極とアルバレ型加速管からなるもので、小型化のための技術開発を必要とした。

このような開発研究を通じて人材の育成と民間との共同研究が進んだ。民間との共同研究として近く加速テストにはいるところまで来ているのは、イオン注入用の重イオン線形加速器で、4ロッドのRFQ型線形加速管を用いるものである。これらを中心に研究の現状を紹介する。

2、陽子LINACのビーム加速

2-1、RFQの高周波電力テスト

陽子加速器は433MHzにしたために、小型にはなつたが、電極の4個のベーン先端が接近し、また加速管が細くなつたために真空排気に関してはコンダクタン

京都大学化学研究所附属原子核科学研究施設

井上 信、岩下芳久、岡本宏巳、柿木 茂、白井敏之、出羽英紀、野田 章、
藤沢 博、富士田浩一

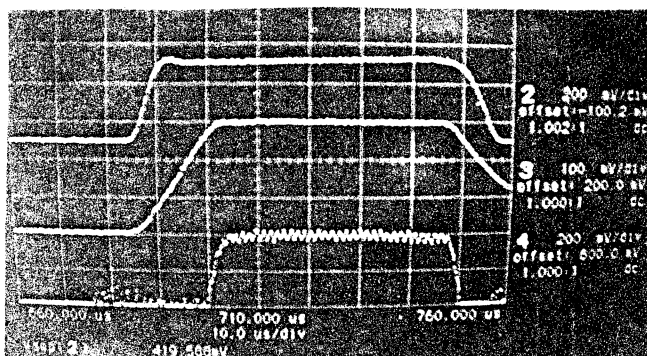
スが小さくなった。高周波大電力テストに時間がかかったが、その原因としては、予算不足で、一つにはクライストロンと加速管の間にサーキュレータを入れなかったため、放電による大電力の反射を心配して、思い切ったエイジングができなかったことであり、二つ目は、真空度が 1×10^{-6} torrよりかなり悪いことであった。このために、第1の対策としてはサーキュレータとダミーロードを製作した¹⁾。また第2の対策としては、加速管に使われている全てのOリングを点検のうえ交換するとともに、真空ポンプを増強した(当初の270 l/s 1台から、現在ではRFQ入口に270 l/s、中央に340 l/s、RFカップラー部に500 l/sのターボ分子ポンプとなっている。なおRFQ出口にはアルバレとの接続部分のため2100 l/sのクライオポンプがある。)。この改良により、24時間のコンディショニングで600 kWまで電力を入れることができるようになった。なおQは5100で、目標のベーン間電圧80 kV = 1.8 Kilpatrick limitを得るのに530 kWが必要であった。また真空度は35°Cで 1.1×10^{-6} torrとなっている。

2-2、アルバレの高周波電力テスト

アルバレについては高周波の設計に余裕があったが電力導入部の窓周辺でのコンタクトが適切でなく放電が見られたので、コンタクトを強力にし、真空ポンプも増強してテストしたところ、サーキュレータ無しで、目標の電力を投入できた。サーキュレータシステムを入れることも検討しているが、現在はアルバレ側はサーキュレータ無しで運転している。

2-3、ビーム加速²⁾

加速管に電力を入れられるようになったので、とりあえず加速テストをすることにした。イオン源および入射系の部品がまだ完備していないので、弱い直流ビームでのテストとなった。ビーム像の確認はセラミック発光体(酸化クロム入りアルミナ: Desmarquest)を用いて行った。ビーム電流と波形はビームストップとオッシロを用いて観測した。これらはRFQの後およびアルバレの後の双方で行った。またビームエネルギーについてはアルバレの後にアルミ foil を重ねビームが通過できなくなる厚みを測定して7 MeVまで加速できたことを確認した。右図にRFQおよびアルバレ加速管内のRF電力ならびに7 MeV陽子ビームのパルス波形をしめす(上からRFQ内電力、アルバレ内電力、7 MeVビームの波形)。



2-4、今後の改良

イ. イオン源: イオン源は今まで直流であったが、LINACが70 μsecのパルス幅で最大180 Hzの繰り返しで運転されるので、イオン源もパルス化した方が効率的である。そこで現在アーク電源をパルス化したイオン源用の電源セットを購入しこれによるイオン源の運転をテスト中である。密度変化によるプラズマ面の形状変化、引き出されたビームの強度の違いによる空間電荷効果の違いなどを考慮したビーム輸送系の再検討、改良を行いつつある。

- ロ. R F Q とアルバレ間のマッチング：現在はまだ R F バンチャーを入れてないが R F Q のビーム特性測定が終われば、永久 Q 磁石のセットと R F バンチャーにより、横方向および軸方向のビーム集束の改善を行う予定にしている。
- ハ. アルバレ側のサーキュレータ：大電流になってきたときの高周波回路の安定性などを考慮するとアルバレ側にもサーキュレータを入れた方が良いので R F Q 側に入れたものと同様なものを入れる予定である。
- ニ. アルバレ出口でのビーム形状の改良とビーム輸送系：我々の陽子 L I N A C は R F Q の加速管の製作上、X 軸、Y 軸が水平、垂直軸に対し 45° 傾いている。したがって端板のドリフトチューブ内の Q 磁石の長さを半分にして X 軸、Y 軸のビームの発散量の差を少なくしたうえで、Q ダブレットを 2 組用いて断面がほぼ円になる平行ビームにして後段に引き渡すことを検討中である。

3、4 ロッド重イオン R F Q - L I N A C

民間との共同研究によりイオン注入用 R F Q - L I N A C を建設中である³⁾。これは 4 本のロッドの 2 本ずつを交互に板で支える構造の R F Q である。現在までに波型の加工をしてないロッドを本物の加速管内に入れて高周波電力テストを行い、連続運転における冷却効果なども充分テストして、めどを得ている。現在イオン源および入射系の設計と加速後のビーム分析系の設計を行っている。入射系はビームの性質をよくするため 2 次の計算を行い、偏向磁石に 6 極成分を取り入れることを検討している。

4、R F Q とアルバレの組合せの最適化

京大で稼働している陽子線形加速器は R F Q で 2 M e V まで加速してアルバレに接続するものであるが、実用的に最適なところはどこか検討している。これも民間との共同研究で進めている。高エネルギー研のように長くして安定な設計例もあるが、我々は 1 M e V 程度に短くし、その代わりそのままでは 4 0 0 M H z のアルバレのドリフトチューブが短くなりすぎるので、アルバレの始めのうちは $2\beta\lambda$ に対応する長さのドリフトチューブとするものを検討している。R F Q についてはアルミのモデルを製作しコールドテストを行った⁴⁾。アルバレについては $2\beta\lambda$ と $\beta\lambda$ のドリフトチューブが一つの加速管の中にある場合についての電場分布の検討をするためコールドテスト用のモデルを製作中である。

References

- 1) T. Shirai, M. Inoue, Y. Iwashita, A. Noda, H. Takekoshi and S. Tsuruoka, N. I. M. (A) (1992) in press
- 2) T. Shirai, H. Dewa, H. Fujita, Y. Iwashita, S. Kakigi, H. Okamoto, A. Noda and M. Inoue, Contributed paper to the 3rd European Particle Accelerator Conference, Berlin, March, 1992
- 3) H. Fujisawa et al, Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ. Vol. 70. 28 (1992)
- 4) K. Ikeda et al, Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ. Vol. 70. 99 (1992)