

Present Status of 150 MeV Racetrack Microtron

T. Hori, H. Miyade, H. Murata, D. Amano, H. Tsutsui, J. Yang,
T. Ishizuka*, H. Morimoto* and Y. Kumata*

*Laboratory for Quantum Equipment Technology and
*Quantum Equipment Business Center
Sumitomo Heavy Industries, Ltd.*

1-1, Yato-machi 2 Chome, Tanashi, Tokyo 188 Japan

Abstract: Racetrack Microtron (RTM) has been developed and manufactured by Sumitomo heavy ind., Ltd. since 1987. The first RTM whose R&D was completed in 1990 is being used as the 150-MeV injector of original AURORA which is now operated by Ritsumeikan Univ. The second and third RTM's, principles of which are quite similar to the first one, are being used as the injectors of two AURORA-2's, one is in Hiroshima Univ. (HiSOR) and the other in our Tanashi works. The fourth one designed to be suitable for a special research in JAERI/Kansai is on the way half of its construction. The general concept and current status of these machines will be presented together with a future plan of developing an advanced RTM.

150 MeV レーストラックマイクロトロン の現状

1. はじめに

1989年に、蓄積電子ビームの軌道が直径1mという世界最小の超伝導小型SRリングAURORAの入射器として、150 MeV レーストラックマイクロトロン(RTM)が採用され[1],[2],[3]、システム全体の小型化に成功した。以後、小型SRリングの入射器として、RTMを使用することが常識になった。従来の発想を越える、常伝導で2.7テスラを発生させる偏向電磁石を使った新しい小型SRリングAURORA-2でも、使い勝手の良さとそのコンパクトさから、引き続きRTMが入射器に採用されている。

96年3月、立命館大学殿に移設を完了した超伝導AURORAの入射器に使用されている1号機と合わせ、これまでに基本的なコンセプトを同じくする3台の150 MeV RTMが製作された。田無工場に設置されているAURORA-2プロト機の入射器として96年3月にRTM2号機が、HiSORとして広島大学殿に納入された次のAURORA-2の入射器として97年3月にRTM3号機がそれぞれ完成し、現在稼働中である。

また、これら3台とは用途を異にする、原研/関西研殿向の先端技術研究用RTM4号機が、現在製作途中にある[4]。

その他、将来的には、より高エネルギーSRリング(2 GeV級)の入射器としても使用できるように、加速エネルギーを倍増した新しいRTMの開発が予定されている。本報告では、これまでのRTMの経緯・現状の総括と共に、今後の計画についても簡単に述べる。

2. 150 MeV RTMの概要と現状

図1 a)に1号機の外観を示す。立命館大殿へ移設される前、まだ田無工場で稼働中のときの全景である。実際の運転時には、中央部に門型の放射線遮蔽壁が設けられる。図1 b)はRTM中央に位置する真空槽内部の写真で、右側面に実効長42 cmの加速管が見えている。

当初の目標は150 MeVで数mAの電子ビームを得ようというもので、87年から製作に着手し、途中の紆余曲折を経て、90年に目標を達成した。その辺の経緯は参考文献[3]に詳しい。

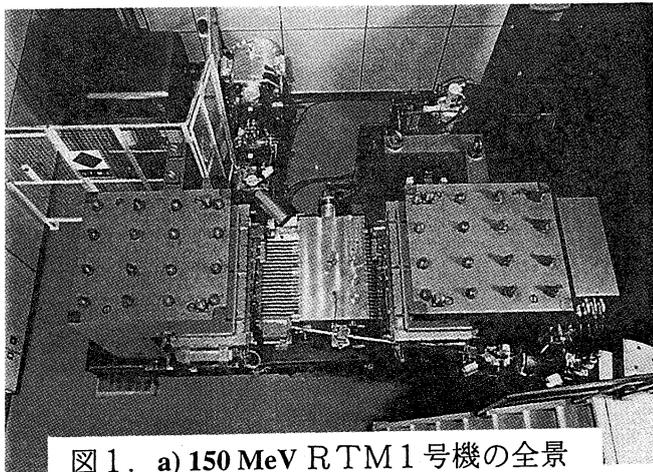


図 1. a) 150 MeV RTM1号機の全景

図 1. b) 真空槽に内蔵の 6 MeV 加速管

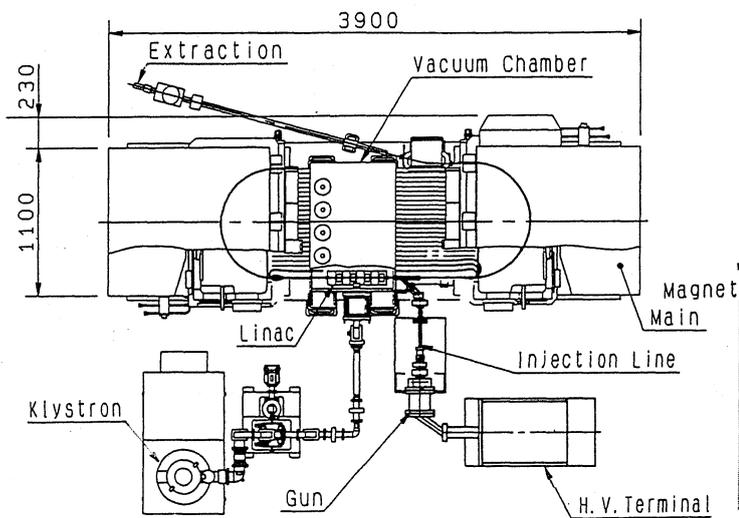
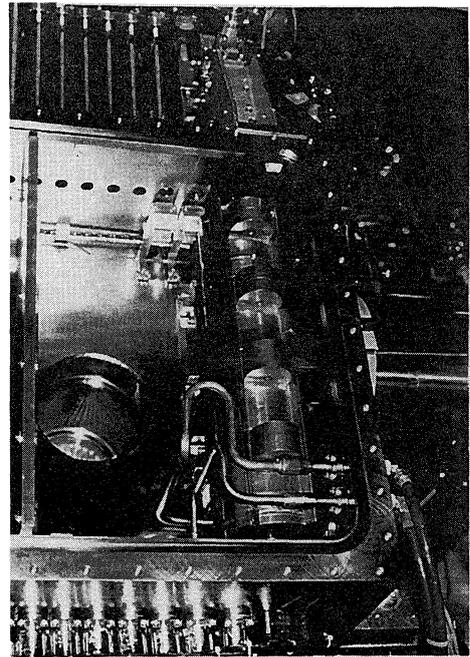


図 2. 150 MeV RTM2号機の平面図。

入射系が、よりコンパクトに改造された

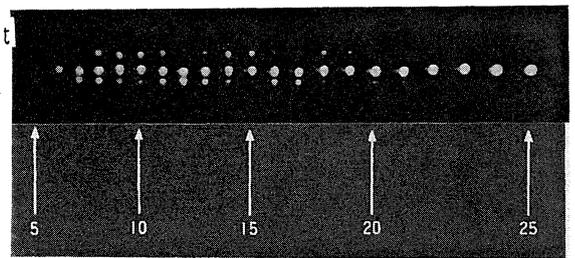


図 3. 調整と監視に有力な SR 光モニタ。

5~25 ターンの SR 光を CCD で同時観測

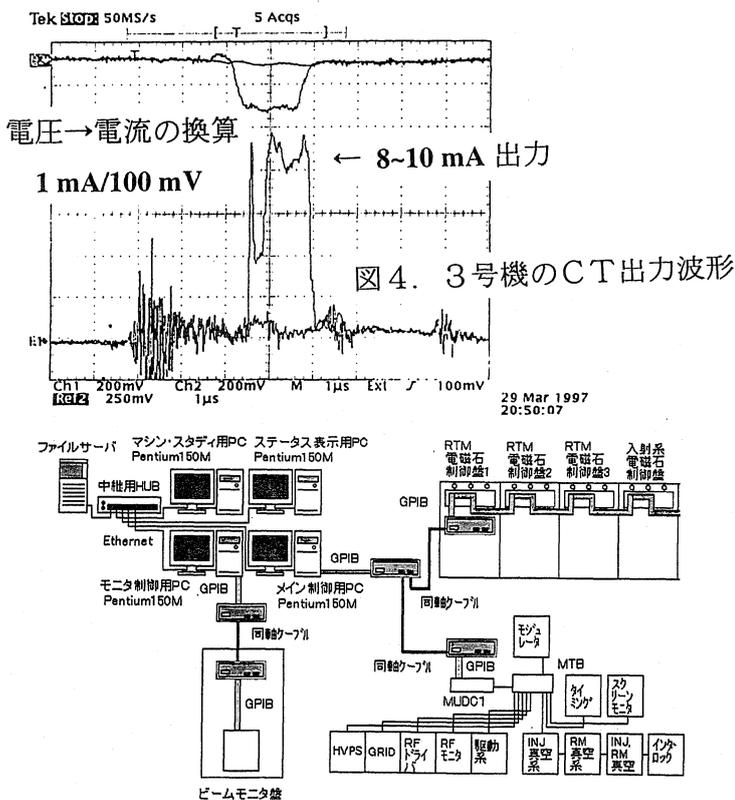


図 4. 3号機の CT 出力波形

入射エネルギー	80 keV
引出エネルギー	150 MeV
ピーク電流	5(10) mA
パルス幅	最大 4 μsec
エミタンス(ex,ey)	-0.1π mm·mrad
エネルギー分散(ΔE/E)	-0.1 %
周回(ターン)数	25 laps
エネルギー利得	6 MeV/lap
主磁場強度	1.23 Tesla
主磁場勾配	0.14 Tesla/m
逆磁場強度	0.3 Tesla
RF 周波数	2856 MHz
加速管型式	Side Coupled Cavity
加速電場	15 MV/m
ボア径	10 mm

表 1. 150 MeV RTM の主要パラメータ

() 内電流値はバンチャー装備時

図 5. 現在の制御系の模式図。自動運転も可能

図2は2号機の平面図である。入射系を特に簡素化し、全体をよりコンパクトにした。当初、ガンのアノード電圧は120 kVであったが、80 kVでも入射器としての性能に差異がみられなかったため、現在はすべて80 kVで運転されている。その他、1号機の経験にもとづき、補正磁石系、モニタ系等を簡素化した。本質的・性能的な差異はない。

実際のビーム調整や運転状況の監視に際しては、図3のように偏向電磁石からのSR光をCCDで見るSR光モニタが最も有効である。ただ、最初の数ターンは電子エネルギーが低過ぎてSR光が観測できないので、CTとスクリーンモニタを併用する。各機器、特に電磁石系の運転パターンを一定に保っておけば、このRTMは非常に再現性が良いことがわかっているため、これら低エネルギー系のモニタを本当に必要とするのは、最初のビーム調整時に限られる。

引出し電流値の不足に備えて、1号機ではバンチャーを装備していたが、出力5mA以下であれば不要と判明したので、2号機ではバンチャーを省いた。ちなみに、小型リングの入射器としては、通常出力数mAで事足りる。ただし、3号機はユーザーから出力10mAの要求があったので、バンチャーを装備している。4号機で150 MeVビームのピーク値10mAを得たとき、BT系モニタからのCT出力信号を図4に示す。また、ここで詳細を述べる余裕はないが、2号機で実施したエミタンスの予備測定により、従来シミュレーションで予測されていた数値に概ね間違いないことが確認されている[4]。

図5に最新のRTM制御系の概念を示す。この系の特徴は、ネットワークをベースにPCをコントロールコンピュータとしてリンクしている点である。これだと、サーバ1台と安価なPC数台でシステムを構築できるうえ、性能の向上が顕著なPCを容易に交換することができ、システムの陳腐化が防げるという大きなメリットがある。図にはRTM関連の制御対象機器しか示されていないが、このシステムでAURORAの全機器が制御され、マシンスタディ用の開発等も同時に平行して実施できる。

3. RTMの今後

これまでに完成した3台は、すべて小型SRリングの入射器として使用されるものであった。今後の方向として、1) 小型の範疇から一步踏み出して、より高エネルギーに移行し、数GeV級の中型リングの入射器としても使用できるもの、2) RTM本来の特性、エミタンスとエネルギー分解能の良さを生かし、ピコ秒を切る極短パルスで微小サイズの電子バンチを得るもの；この二方向への展開が有望視でされている。

前者に関しては、現行150 MeVの2倍300 MeV RTMの開発が、放医研殿の指導のもとで予定されている。従来と大きく異なるパラメータとして、1.3 GHzまで下げられるRF周波数と、周回当り14.3 MeVに増加するエネルギー利得がある。古来の定説では、コンベンショナルなRTMで500 MeV程度までは到達可能と言われており、まだエネルギー増強の余地がある。

後者については、現在製作途上にある4号機にRFガンを装荷して、短バンチビーム生成の実験が近い将来開始される予定になっている(原研関西研殿将来計画)。既に、入射及び加速位相を適切に選ぶことにより、容易にサブピコ秒の短パルスが得られることがシミュレーションの結果判っているため、残る重要な要素は、長さ・直径共に0.1 mmを切るビームに絞られた場合の空間電荷効果であり、シミュレーションでその影響を今後評価する予定である[4]。

参考文献：

1. M.Sugitani, et al., "Design Study of 150-MeV Racetrack Microtron", Proc. 6th Symp. on Accel. Sci. and Tech., Tokyo, Japan, pp.186-8 (1987)
2. T. Hori, et al., "Improvement of 150 MeV Race-track Microtron", Proc. PAC'91, San Francisco, USA, Vol.5, pp.2877-9 (1991)
3. 住友重機械技報, "小型SR光源オーロラ特集号", Vol.39, No.116, pp.46-62 (1991)
4. T. Hori, et al., "Output Beam Characteristics of 150 MeV Microtron", Proc. PAC'97, Vancouver, Canada (1997) to be published.