

AURORA INJECTOR: RACETRACK MICROTRON PRESENT STATUS

Toshitada Hori and M. Sugitani

Synchrotron Radiation Technology Department
Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

ABSTRACT

Sumitomo Heavy Industries, Ltd. has developed a synchrotron radiation light system, AURORA, which is composed of a racetrack microtron as an injector, a compact storage ring in which a single-body superconductive magnet is used, and sixteen light channels. The 150-MeV racetrack microtron was originally designed and manufactured, and the preliminary acceleration test has been finished. The first beam has been observed at an intensity of 0.1 mA. It is being developed to be more stable and to obtain more intensity.

1. はじめに

住友重機械工業(株)(SHI)では、次期超LSI製造過程のX線リソグラフィに使用する、世界最小のSRシステムAURORAを開発している¹⁾。AURORAのSRリングは単体の超電導磁石を用いて直線部のない完全円軌道を持ち、最短の周回軌道を実現している。AURORAでは、SRリングの小型化に見合った小型の入射器を検討し、レーストラック型マイクロトロンを採用した。

このレーストラック型マイクロトロン^{2,3)}はAURORAのために新しく開発されたもので、出力エネルギーの150MeVはSRリングの入射用としては世界最高のエネルギーになっている。レーストラック型マイクロトロンは他のタイプの入射器(ライナック、シンクロトロン等)に比べて、小型で、質の高いビームが得られ、建設費も安く済む。しかしながら一方で、高エネルギーのマイクロトロンを実現するには、広い領域にわたって高い均一性の磁場が要求され、また各装置のアラインメント精度も厳しくなる。実際の実施例の少ないことも相俟って、日本では1台も製造されていなかった。

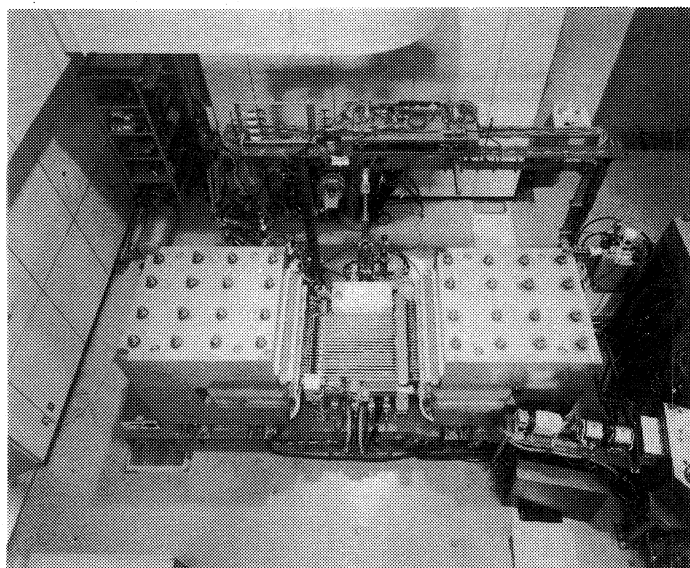


図1.
150MeVレーストラック型
マイクロトロンの全体写真

SHI では工業利用のための施設として、低コスト、小型化が可能なマイクロτροンの優位性を確認し、入念な軌道計算シミュレーションと均一磁場設計の結果から、新しい加速器の開発を決定した。建設初期においては、磁石系とRF系を独立して詳細な単体試験を行ない、すべての部品が設計仕様を満足していることを確認した後、両者を組み上げて加速試験を行なった。最終的には150 MeVのビームを取り出すことに成功し、現在そのビーム強度は0.1 mAに達している。

2. 現状

SHI 田無製造所の光技術研究棟に設置している150 MeVレーストラック型マイクロτροンの全体写真を図1に示す。磁石系やRF系の説明は他の発表^{4,5)}に譲り、ここでは観測されたビームの特性について述べる。SHIのマイクロτροンでは3種類のビームモニタを使用している。スクリーンモニタ、CT(Current Transformer)、そしてSRモニタである。

スクリーンモニタはCr₂O₃を数%含んだAl₂O₃セラミックスでできている。このスクリーンはビームが当たると赤色に発光し、この光をCCDカメラで撮影し、画像処理装置でリアルタイムにビーム像が観測できる。スクリーンモニタは入射系に2箇所、ライナックの入り口、更に各ターンの直線部に設置されている。1ターン目の6 MeVに加速されたビームのプロファイルが図2である。120 keVのビームはこのセラミックス中で完全に停止するので、ビーム強度も同時に測定することができる。ライナックに入射する直前のビーム強度は約30 mAである。

CTは2ターン目と3ターン目の直線部に固定している。また、1~5ターンの間を移動できる可動式のものもある。150 MeVで取り出されたビームもまたCTで観測される。可動式のCTを1ターン目に置いておくと、6 MeVで進んでいくビームとその後周回して逆方向に運

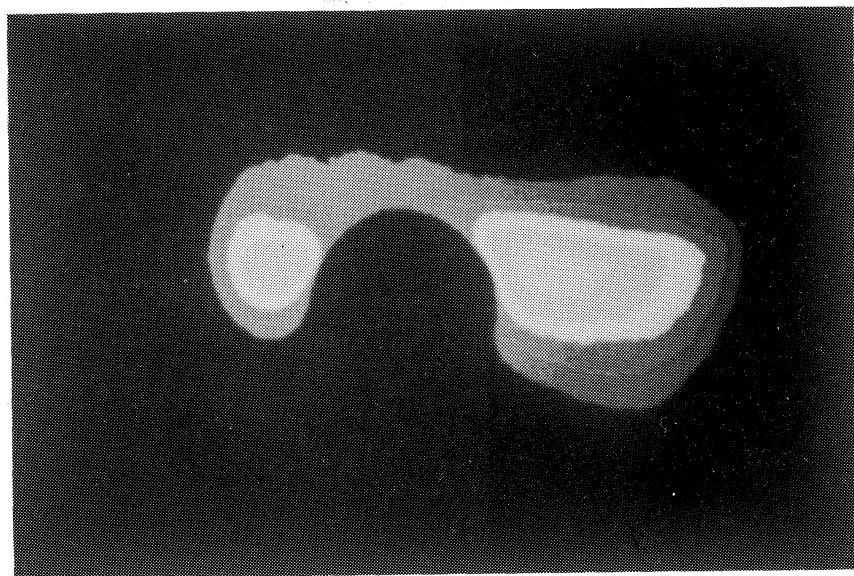


図2. 6 MeVビームのプロファイル。セラミックスクリーンの像をCCDカメラで捕え、画像処理したもの。中央の欠けている部分は、ビームの位置と大きさを確認するために、スクリーンに2 mmφの穴を開けたものである。

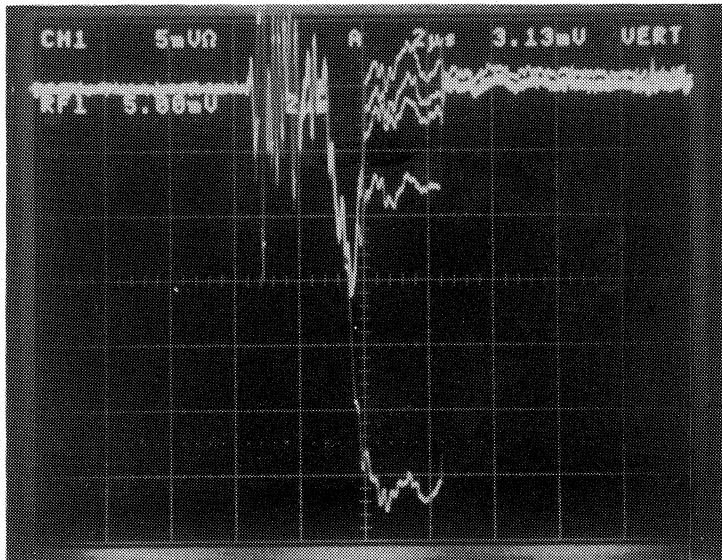


図4. CTの出力。

ライナックのラインに挿入したCT出力をデジタルオシロで観測した。縦軸の電流値は1mVが0.5mAに相当する。出力が5本見えているが、それぞれ下から以下のようなになる。

- 1) ライナックから出た6MeV
- 2) 逆磁場で折り返った6MeV
 - 1)との差が折り返ったビームの強度
- 3) 12MeVのビーム。
 - 2)との差がその量、以下同じ。
- 4) 18MeVのビーム。
- 5) 24~66MeVのビームの和。

動するビームで、出力が相殺される様子が見える。それを各周回ごとにビームを止めて観測したのが図3である。

主電磁石中を周回運動するビームからはSR光が放出される。肉眼では4回加速後、すなわち24MeVのビームから識別できる。赤外線領域にも感度を持つCCDカメラを使用すると、18MeVのビームも確認することができる。このモニタは各周回の様子が同時に見えるので、マシンの調整時には極めて強力な手段となる。図4にこのSR光を写真撮影したものを載せておく。使用したフィルムは一般のカラーフィルムである。光が上下に3つに分離して見えるのは、主電磁石の磁極面に反射した結果である。エネルギーが高くなるとSR光の指向性が強くなるので、反射光は薄らいでくる。

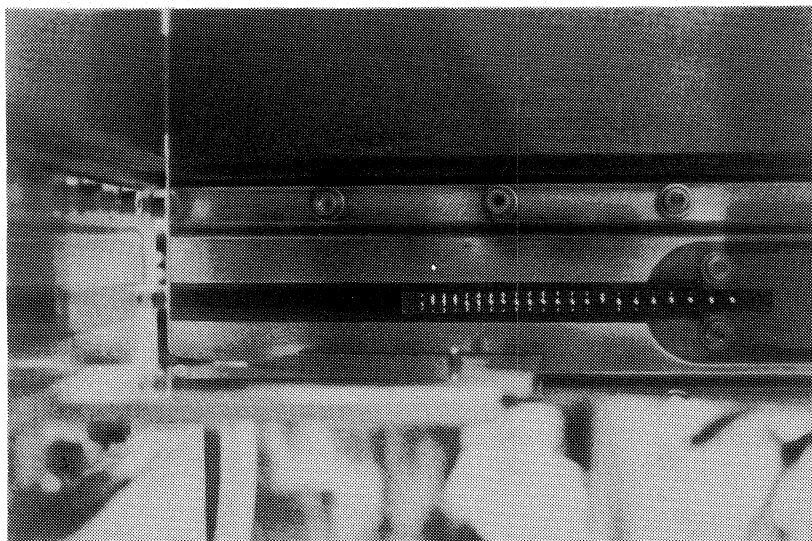


図4. マイクロトロンからのSR光。

24MeVから上のエネルギーでは主電磁石で曲げられるビームから放出されるSR光が観測される。図では左側が低エネルギー側で、最右端が150MeVのビームである。

3. まとめ

SHIではAURORAの入射器として、150MeVのレーストラック型マイクロトロンを開発した。出力電流は設計値を下回るものの、0.1mAを達成した。これはSRリングへの入射テスト用としては十分な量である。今後は出力ビームの安定度強化や強度増大を計ると共に、SRリングとの整合性のチェックを行なっていく。

REFERENCES

- 1) N. Takahashi, Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. B24/25 (1987) 420
- 2) M. Sugitani et al., Proc. of 6th Sympo. on Accel. Sci. and Tech. Tokyo, Japan (1987) 186.
- 3) M. Sugitani et al., Proc. of European Particle Accel. Conf. '88, Rome, June (1989) 596.
- 4) M. Sugitani et al., Proc. of this meeting.
- 5) T. Mitsumoto et al., Proc. of this meeting.