

Design of the RF System for the SPring-8 Storage Ring

Koji INOUE, Isao TAKESHITA, Masahiro HARA
RIKEN-JAERI Synchrotron Radiation Facility Design Team
2-28-8 Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo 113 Japan

Takeshi YOSHIYUKI
Toshiba Corporation
2-4 Suehiro-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, 230 Japan

Takuya KUSAKA
Kobe Steel, Ltd.
1-5-5 Takatsukadai, Nishi-ku, Kobe 651-22 Japan

ABSTRACT

The RF system for the SPring-8 storage ring has been designed. A cold model cavity was constructed and its RF characteristics measured. The measured data were agreed well with calculated values.

Presently a test-stand for klystron and cavity power tests is being fabricated.

1 はじめに

蓄積リングのRF加速システムの役割は、十分な加速電圧により電子が偏向電磁石と挿入光源で放射したエネルギーを補い、長寿命で安定にビームを周回させることである。Spring-8の場合、電子に供給しなければならない電力は、MWオーダーとなるため、RFパワーからビームパワーへの変換効率を高める必要があるが、同時に低エミッタンスビームおよび高ビーム電流を実現するためにRF加速空洞がビームに与える影響を検討しておかなければならない。

本報告では、SPring-8蓄積リングにおけるRFシステムの概念設計とR&Dの現状について述べる。

2 蓄積リングRFシステムの設計

2-1 RFパラメータ

蓄積リングのRFパラメータを表1に示す。RF周波数は、大電力RF源の開発状況に大きく依存する。高エネルギー物理学研究所のトリスタンにおいて、508.58 MHz、1MW出力クライストロンおよび立体回路機器が実用化されているので、本周波数を適用した。挿入光源によるエネルギー損失は、典型的な挿入光源のパラメータを用いて見積もりを行なった。電子のエネルギー損失は、リング一周あたり総計12.7 MeVとなるが、量子寿命を十分にとるために、空洞ピーク電圧は17 MVとした。また、空洞に起因するビーム不安定性を抑制するために、その成長時間を放射減衰時間に比べて十分小さくしなければならない。

表1 蓄積リングのRFパラメータ

ビームエネルギー	8 GeV
ビーム電流 (マルチバンチ)	100 mA
(シングルバンチ)	5 mA
周回周波数	209 kHz
高周波周波数	508.58 MHz
シンクロトロン放射による損失	
偏向電磁石	9.0 MeV
挿入光源	3.2 MeV
高調波モード損失	0.5 MeV
空洞最大電圧	17 MV
放射減衰時間 (横方向)	8.5 msec
(縦方向)	4.2 msec
ビーム負荷	1.3 MW
空洞壁損失	1.6 MW
1 MW クライストロン数	4

2-2 RFパワーシステム

RFシステムは、以下の項目に注意して設計した。

- (1) 空洞入力電力は、RF窓の耐電力よりも小さくする。
- (2) 空洞内表面電界は放電限界よりも小さくする。
- (3) 蓄積電流値は100 mA以上とする。
- (4) 空洞は、低ベータ関数をもつ4ヶ所の6.5 m直線部に設置する。
- (5) 4ヶ所のRFステーションに各1台の1 MWクライストロンを設置する。

その結果、リング一周あたり32個の空洞を用いるシステムを検討した。蓄積リング内の4ヶ所のRFステーションのうち、1ヶ所のRFパワーシステムの構成を図1に示す。RFシステムは、低レベルRFユニット、1 MWクライストロン、RF立体回路、8台の加速空洞により構成される。増幅されたRF電力は、トーナメント式に8分割して各空洞に入力する。入力信号を、ピックアップモニターにより検出して、低レベルRFユニットへフィードバックすることにより、振幅と位相を制御する。

3 RF加速空洞の開発

蓄積リング用加速空洞は、以下の項目に注意して設計した。¹⁾

- (1) シングルセル型空洞を採用することにより、空洞固有の高次モードを少なくして、RF特性を理解しやすくする。このため、実運転における空洞内現象の把握や、問題の対策が容易になる。
 - (2) 空洞固有の高次モードインピーダンスを、リエントラント型空洞に比べて、横方向インピーダンスの最大値で約半分にする。そのため、ビームのカップルドバンチ不安定性が抑制されて、蓄積電流値を大きくすることが可能となる。
 - (3) 加速モードにおけるシャントインピーダンスは、5.5 Mohm程度で所定の加速電圧500 kVを発生させた場合、空洞1台あたりの壁損失は、50 kW程度が見込まれる。
- (1)、(2)、(3)の条件を満たすように、図2に示すシングルセル型空洞を設計した。計算結果を検証するために、コールドモデルを製作しRF特性を測定した。なお、コールドモデルの基本周波数は、入力カプラーの取付けによる影響を考慮して1.5 MHz高くしている。図3に軸上電磁場分布およびR/Qの測定結果を示す。計算値と測定値はよく一致した。

4 RFテストスタンドの製作

クライストロン単体、RFコンポーネントおよび高周波加速空洞の大電力試験を行なうために、クライストロンテストスタンドと空洞ホットモデルを現在製作している。テストスタンドでは、上記RF機器の特性を調べて、実機の詳細仕様を決定する。また、並行してRFシステム制御の実験も行う予定で、制御技術の確立をめざす。

5 まとめ

大型放射光施設 SPring-8 蓄積リングのRFシステム設計において、高次モードインピーダンスを低減したシングルセル型空洞32台と、4台の1 MWクライストロンによる構成を検討した。これまでに、空洞コールドモデルを製作しRF特性の測定を行った。90年度はクライストロンおよび空洞ホットモデルを製作し、大電力試験を行い、実機の詳細仕様を決定する。

参考文献

- 1) T. Kusaka, T. Yoshiyuki, T. Moro, and M. Hara: RIKEN Accel. Prog. Rep., 23, 155 (1989)

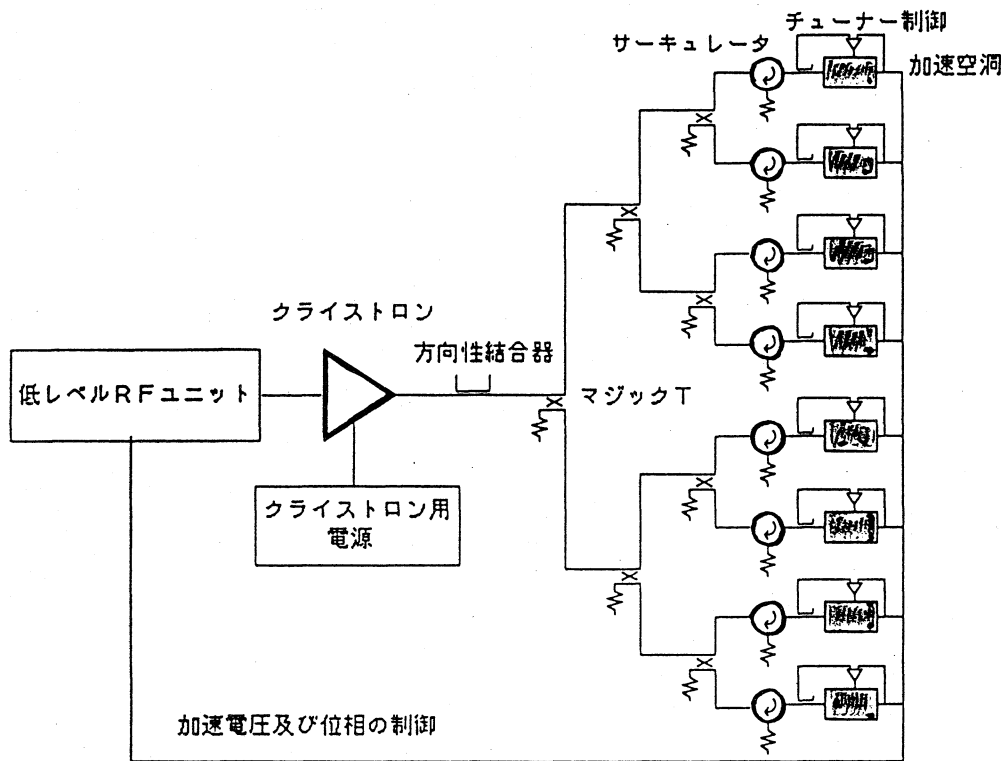


図1 蓄積リング1ステーションあたりのRFシステム構成

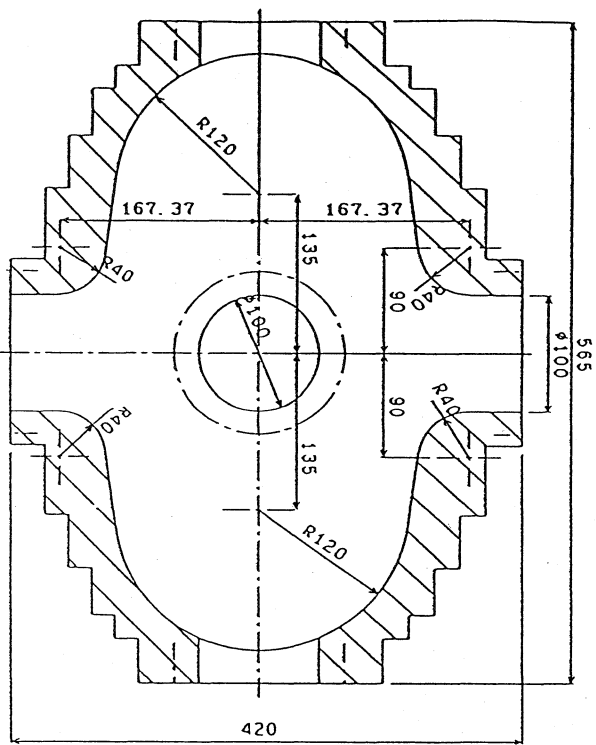
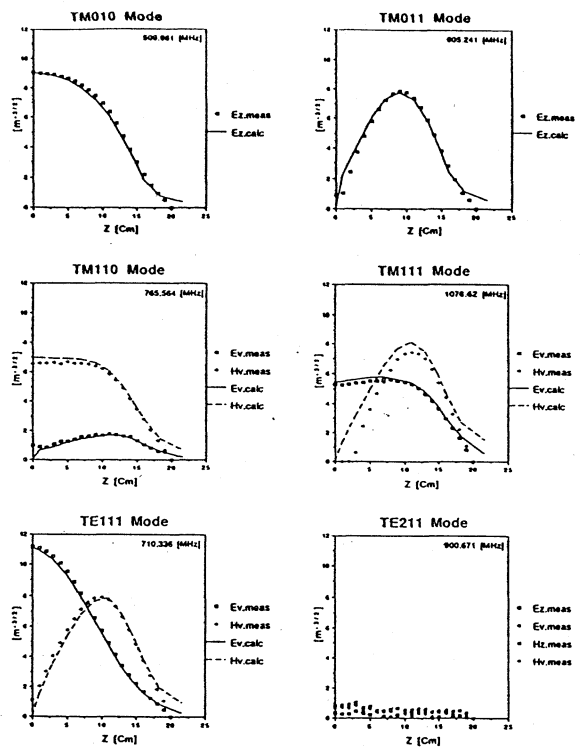


図2 シングルセル型コールドモデル



Mode	TM010	TE111	TM110	TM011	TM111
R/Q calcu	151.129	72.702	228.713	65.122	310.505
R/Q meas	160.026	40.392	260.464	67.191	290.557

図3 空洞コールドモデル RF特性測定結果