

## CONSTRUCTION OF RF SYSTEM FOR STORAGE RING AT SAGA-LS

S. Koda<sup>1</sup>, Y. Iwasaki, K. Yoshida, Y. Takabayashi, T. Tomimasu<sup>A)</sup>, Y. Hirata, Y. Nobusada<sup>B)</sup>, T. Yoshiyuki, H. Suzuki<sup>C)</sup>, H. Ohgaki<sup>D)</sup>

A) Saga Light Source, Kyushu Synchrotron Light Research Center, 8-7Yayoigaoka Tosu, Saga, 841-0005

B) Toshiba Corporation, Industrial and Power Systems & Services Company, Isogo Nuclear Engineering Center, 8 Shinsugita-cho, Isogo-ku, Yokohama 235-8523

C) Toshiba Corporation, Industrial and Power Systems & Services Company, Kehin Product Operations, 2-4 Suehiro-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, 230-0045

D) Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Gokanoshō, Uji, Kyoto 611-0011

### Abstract

Installation of an rf acceleration system for a storage ring was completed until the end of June 2004 at Saga Light Source (SAGA-LS). The cavity resonator is of a HOM-damped type, which was originally developed at KEK-PF. The cavity was employed due to its simple structure and also its reliability. The aging of the cavity is in progress and the rf power of about 40 kW, which corresponds to the nominal wall-loss power, has been filled into the cavity at this stage.

## SAGA-LSにおける蓄積リングRF系の建設

### 1. はじめに

現在佐賀県が鳥栖市において放射光施設 SAGA LIGHT SOURCE (SAGA-LS) を建設中である。施設の加速器は入射用リニアック (MAX262MeV) と蓄積リング (1.4GeV) から成る [1]。現在、リニアック、蓄積リングの建設工事が並行して行われており今年秋には蓄積リングへの入射試験を予定している。

蓄積リングRF系の設置工事は、2004年5月12日に開始され、6月中旬にほぼ終了した。同月下旬より空胴のエージング作業を行っている。本報告では、蓄積リングRF系の概要及び、建設とエージングの状況について報告する。

### 2. RF空胴

本施設においてはRF系建設運用の課題としてマンパワーと予算上の大きな制約があげられる。そのため空胴の新規開発は行わず、既に開発された、構造のシンプルかつ長期の安定運転の実績のあるRF空胴系を設置することとし、KEK-PFと東大物性研が共同で開発したHOM damped cavity [2] (以下PF型空胴) を採用した。PF型空胴は、ビームダクトを広げることによって空胴からダクトへのHOMの散逸を積極的に促し、SiCによって高調波を吸収する。このタイプの利点は、空胴本体に高次モード減衰のための複雑な機構が不要で運用が簡便かつ安定なことである。これは比較的大きな電流でかつ低エミッタンス運転を行うSAGA-LSでは重要である。また本空胴は既にKEK-PF4台 [3]、ニュースバル1台 [4] と計5台の運用実績があり現在も安定に運転されている。これらのことからPF型空胴は本施設に適していると判断し

た。

空胴のデザインパラメータを表1に示す。RF周波数、カプラー結合係数が若干異なることを除けば、基本的な空胴パラメータは既存のPF型と同じ値 [2] である。

表1 空胴デザインパラメータ

RF Frequency	499.8 MHz
Shunt impedance $R_{sh}$	7.68 M
RF Voltage $V_c$	500 kV
Unloaded Q	44000
Coupling coefficient	2.03
Cavity diameter	464 mm
Cavity gap length	220 mm
Beam duct diameter (SiC part)	140 mm

### 3. RF系負荷

空胴電圧はビームの放射損失、ビーム寿命の観点から500kVとした。本施設では将来7T級の超伝導ウィグラーを最大2台設置することを検討している。RF系の負荷としては、空胴の壁損失、リング偏向電磁石での放射損失に加え、ウィグラーでの放射損失の寄与も無視できない。ウィグラー運転時においても500kVの空胴電圧を維持できるRF系が必要となる。施設の最大RF負荷条件として超伝導ウィグラー2台運転した場合のRFパワーの見積もりを表2に示す。

見積りにあたってはPF型空胴のshunt impedanceは実績値7M を使った。ビーム電流を300mAとした。

<sup>1</sup> E-mail: koda@saga-ls.jp

導波管等による伝送ロス他は10%を仮定した。また超伝導ウィグラー内の放射損失を決めるためのウィグラーの磁場分布は、CAMDに設置された7T超伝導ウィグラー[5]をモデルとした。表2のRF全負荷の見積りから本施設RF系に必要なクライストロン出力を90kWとした。

表2 RF系負荷

放射損失	31.8 kW
ウィグラー	10.2 kW (5.1 kW × 2)
空洞壁損失	35.7 kW
伝送ロス等(10%)	7.8 kW
合計	85.5 kW

#### 4. RF系構成

RF系のブロックダイアグラムを図1に示す。クライストロン、高周波伝送系、空洞、低レベル系、制御系より構成される。フィードバックはマスター信号-クライストロン間位相制御、空洞-チューナ間位相制御、空洞-マスター信号間の振幅制御の3系統より成っている。

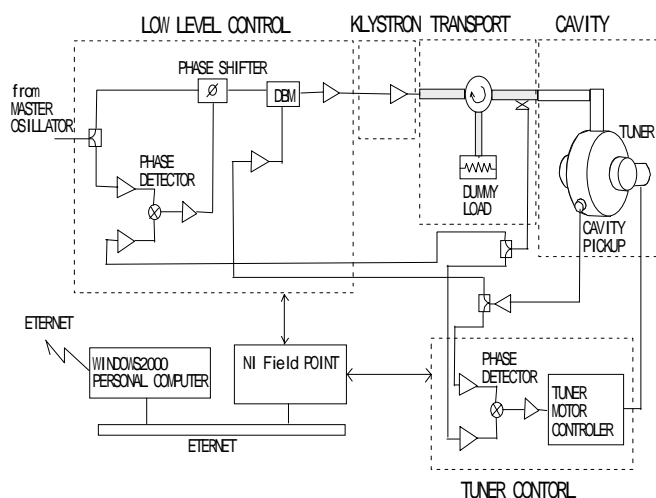


図1 RF系ブロックダイアグラム

クライストロンとしてはRF周波数が500MHz帯域で出力が90kW以上のものとしてPF[6], ニュースバル[7]で実績のある東芝製E3774を採用した。

制御はナショナルインスルメンツ社のフィールドポイントを取り合いとして、Windows2000パーソナルコンピュータ上で作動するLabViewのプログラムで行う。上流制御系との通信にはActiveXCAを用いる[8]。現在、制御系は開発中であり、現時点では遠隔制御として個別機器の基本的な制御が出来る段階にある。

#### 5. 空洞高周波特性

空洞Q値はローパワーRF信号を入力カプラー部に取り付けた同軸導波管変換器より入力しネットワー

クアナライザーを用いて共振周波数での純抵抗とこれの半値に対応する周波数から求めた。その結果 $Q=4.20 \times 10^4$ であった。

シャントインピーダンス $R_{sh}$ は、設計値の $(R_{sh}/Q)$ 値と測定されたQ値から求めた。空洞運転時の空洞内壁温度を45度として運転時換算の値で $R_{sh}=7.03 \text{ M}$ を得た。表1の設計値と概ね一致している。

#### 6. 設置状況

現地におけるRF系設置工事は5月12日より開始され、クライストロン本体、クライストロン電源、RF低レベル系、真空制御盤、遠隔制御盤は蓄積リング内周電源室に設置された。電源室の現状を図2に示す。

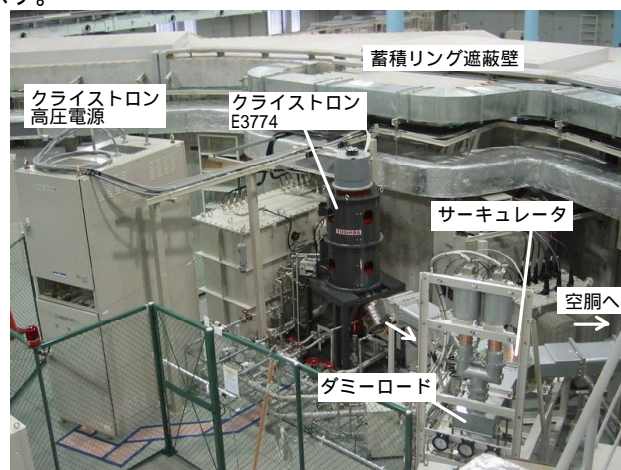


図2 蓄積リング電源室クライストロン設置状況

また空洞は、蓄積リング遮蔽トンネル内直線部LS7に設置された。図3に現在の空洞設置状況を示す。



図3 空洞設置状況

#### 7. 空洞エージング

サーキュレータの空洞側ポートに全反射板を設置し、

クライストロン出力をダミーロードで直接受ける状態で90kW出力試験を行い、クライストロンの性能を確認した後、6月21日から空胴のエージング作業を開始した。途中低レベル系試験のため一時的に作業を中断したが延べ約50時間のエージングによって、6月23日には実効的な空胴投入パワーは40kWに到達した。エージングによる投入パワーの増大状況を図4に示す。この値は表2で示した壁面損失を上回る値であり、空胴自身の負荷としては、ほぼ定格のパワーを投入できる段階になったと考えられる。

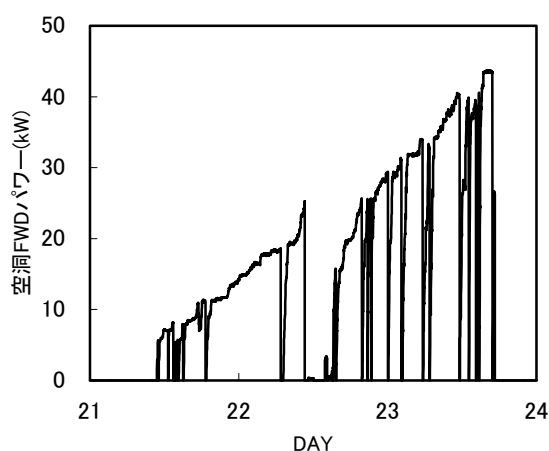


図4 エージングによる空胴進行波パワーの変化。  
横軸は6月21日を原点に取っている(空胴からの反射波は最大で10数%であった)。

## 8. まとめ & 今後の課題

SAGA-LSでは蓄積リングRF空胴として安定運転の実績のあるPF型空胴を採用した。RF系設置工事は終了し、現在空胴のエージングは、空胴の壁損失に相当するパワーを投入できる段階に達している。

今年秋の蓄積リングへのビーム入射蓄積試験に備え、引き続き空胴のエージングとRF系安定運転のスタディを進める予定である。またこれと並行し、遠隔制御系の開発を引き続き進め他制御系との連携を実現する予定である。

## 参考文献

- [1] T. Tomimasu, et al. "The SAGA Synchrotron Light Source in 2003", Proceedings of the 2003 Particle Accelerator Conference, 902-904. 2003.
- [2] T. Koseki, et al., "An RF Cavity for High-Brilliance Synchrotron Radiation Source", Journal of the Japanese Society for Synchrotron Radiation Research, vol10, No1, 3-21, 1997
- [3] M. Izawa, et al., "Operation of New RF Damped Cavities at the Photon Factory Storage Ring", Proceedings of the First Asian Particle Accelerator Conference APAC98, KEK, 23-27, 1998
- [4] A. Ando, "New SUBARU and Other Light Source Projects in Japan", Proceedings of the First Asian Particle Accelerator Conference APAC98, KEK, 645-649, 1998.
- [5] V. M. Borovikov, et al., "Superconducting 7T Wiggler for LSU CAMD", Journal of Synchrotron Radiation, Vol5, 440-442
- [6] M. Izawa et al., "Present Status of the Photon Factory RF System", KEK Preprint 2004-11 A
- [7] Y. Shoji, et al., "Operation of Crowbarless Power Supply for Klystron at NEWSBARU", Proceedings of the 2001 Particle Accelerator Conference, 1219-1221, Chicago 2001
- [8] H. Ogaki, et al., "Design of Control System for SAGA Synchrotron Light Source", Proceedings of the 2003 Particle Accelerator Conference, 2387-2389 2003.