

RF CHARACTERISTICS OF HIMAC DEBUNCHER

K. Sawada*, S. Yamada, Y. Sato, H. Ogawa, A. Kitagawa
S. Hara*, H. Murata*, O. Morishita*

National Institute of Radiological Sciences
*Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

ABSTRACT

Debuncher cavity for HIMAC beam transport line has been manufactured and the RF characteristics of the cavity has been tested at SHI factory. The measured Q value was 21600, 76% of the estimated perfect copper value. RF power of 28 kW was successfully fed to the cavity and 45% higher field than the designed value was achieved. RF amplitude and phase in the cavity were controlled within 0.1% and 1° over $800\mu\text{s}$ of 1.2ms RF pulse, respectively. This paper describes an outline of the debuncher design and RF characteristics.

HIMACデバンチャの高周波特性

1. はじめに

HIMAC入射器のアルバレイナックからシンクロトロンへのビーム輸送ラインには、ビームのエネルギー幅を減少させ入射効率を向上させるためにデバンチャが配置されている。図1にライナックからデバンチャにいたるビーム輸送ラインの構成図を示す。ライナックから出射される核子当たり6 MeV・質量電荷比1/7のビームは、荷電変換装置と2式の3連四極磁石を経て、10.5m後方のデバンチャギャップに到達する。PARMILAによって計算した質量電荷比1/4の粒子のギャップ通過前後の位相ダイヤグラムを図2に示す。ギャップ直前で 130° の位相幅に広がったビームは、ギャップ間での高周波電場を受けてエネルギー幅が600 keVから150 keV ($\Delta p/p = 0.3\%$)に減少することが分かる。

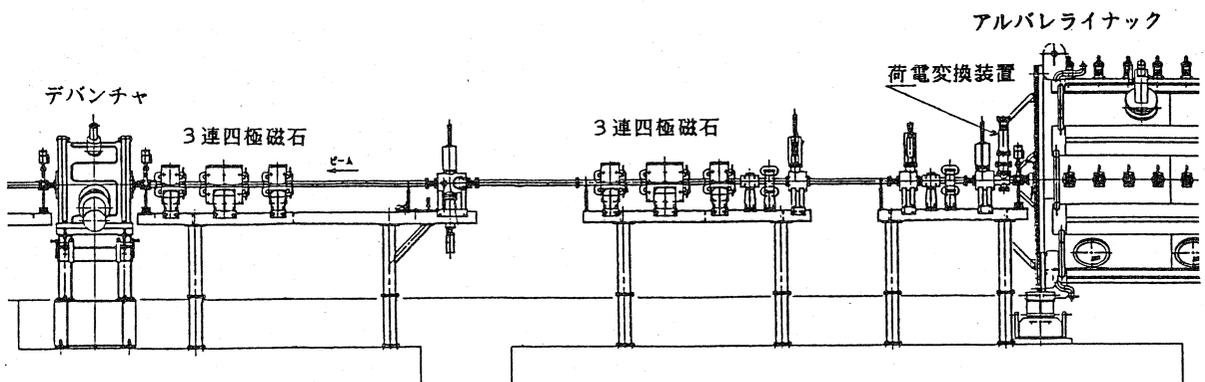


図1. アルバレイナック出口からデバンチャの構成図

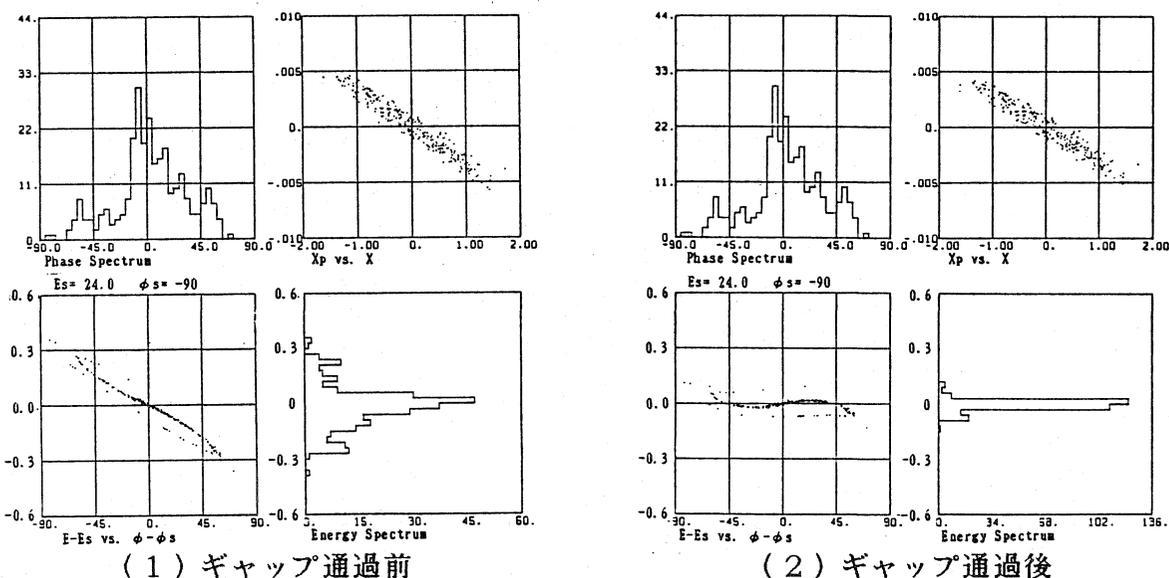


図2. PARMILAによるシミュレーション結果

2. デバンチャの基本設計

このデバンチャにはリエントラント型キャビティが採用されており、図3に示すSUPERFISHの電場解析結果に基づき主要寸法と高周波パラメータを決定した。その結果を表1に示す。アルバレイナックから出射される核子当たり6 MeVのビームの質量電荷比が荷電変換装置を通過して1/4となる場合、約15 kWの高周波電力を導入しデバンチャギャップに280 kVの高周波電圧を印加する必要がある。

表1. デバンチャの主要パラメータ

キャビティ径	900 mm
キャビティ長	700 mm
ドリフトチューブ径	200 mm
ギャップ長	40 mm
共振周波数	100 MHz
TTF	0.906
無負荷Q値	28000
ギャップ間電圧*	280 kV
最大表面電場*	8.82 MV/m
所要RF電力*(70%Q値時)	15 kW

*: 質量電荷比1/4のビームに対応する値

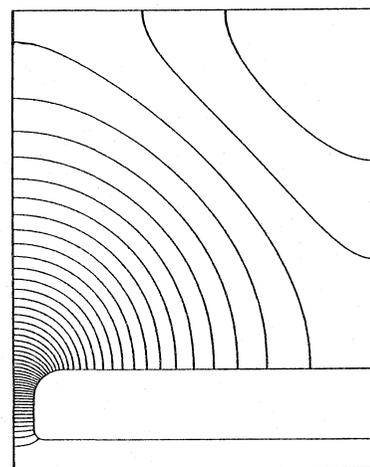


図3. SUPERFISHの電場解析結果

3. デバンチャの高周波特性試験

高周波特性試験ではチューナの突出容積を変化させ共振周波数を100.00 MHzに調整した後、キャビティに高周波源を接続し、高周波電力導入試験と位相・振幅調整器の動作試験を行った。図4に主要構成機器のブロック図を示す。100 MHz発振器からの出力は、位相・振幅調整器をへてトランジスタアンプ・真空管アンプによって最大30 kWに増幅され、77D導波管からループカプラを介してキャビティに導入される。キャビティの高周波位相・振幅は、ループモニタからの高周波出力と高周波制御装置から与えられる設定値とを位相・振幅調整器により比較し、フィードバック制御される。これらの高周波源は、パルス幅1.2 ms・繰り返し3 Hzでパルス運転される。

共振周波数調整時に得られたキャビティの無負荷Q値は21600であり、これは理論値の

76%であった。

高周波電力導入試験では、当初ループモニタ出力にループカプラでのマルチパクタリング放電が原因と思われる歪がみられたが（図5参照）、試験を続けるにつれて徐々にこの歪はみられなくなり、最終的に28kW導入時ギャップ間に約400kVの電圧（設計値の45%増）が印加された。この時のループモニタ出力を図6に示す。

位相・振幅調整器の動作試験の目的は、質量電荷比1/2から1/4のビームに対応するギャップ間電圧（140~280kV）の範囲で、キャビティの高周波位相・振幅を各々1deg・10⁻³以内の平坦度で200μsにわたって制御することである。図7に示した試験結果では、約800μsにわたってこの平坦度が得られており、十分な性能が確認された。

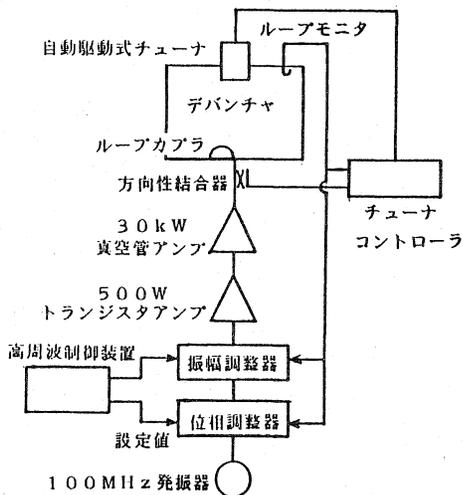


図4. 主要構成機器ブロック図

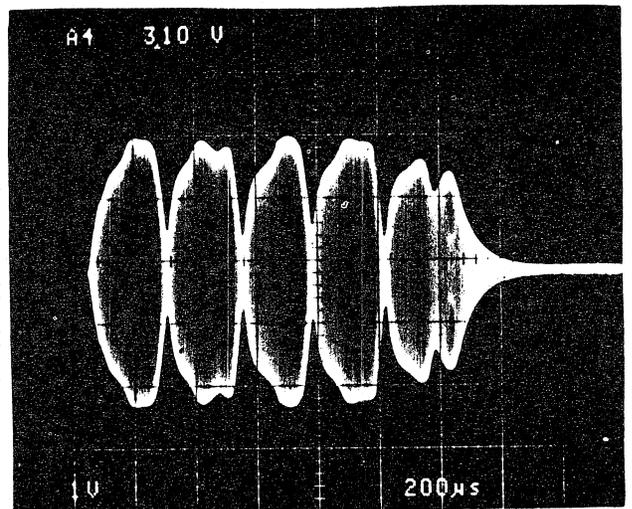


図5. マルチパクタリング放電時のループモニタ出力

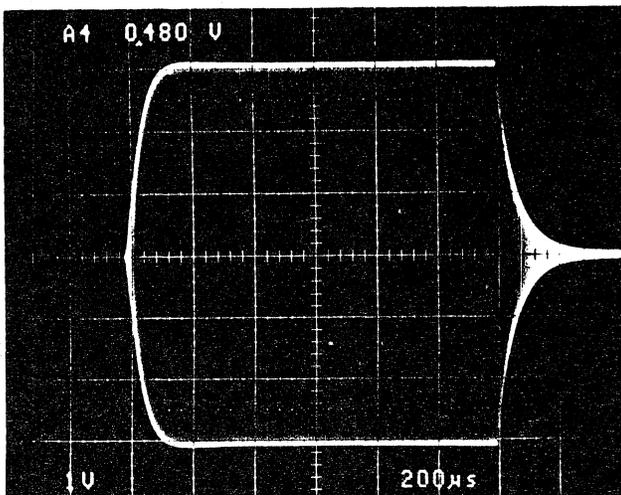


図6. 28 kW導入時のループモニタ出力

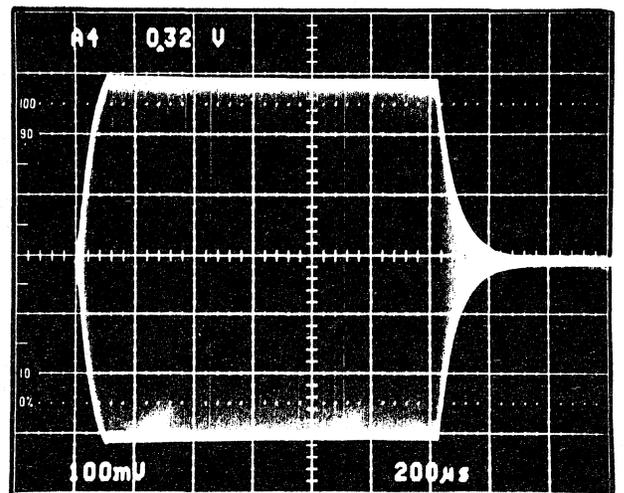


図7. 位相・振幅調整器動作時のループモニタ出力

4. おわりに

HIMAC入射器のビーム輸送ラインに使用されるデバンチャの高周波特性試験として、共振周波数調整、高周波電力導入試験、及び位相・振幅調整器の動作試験が行われた。いずれの試験でも良好な結果が得られ、十分な性能が確認された。