

RF Measurement of 433MHz Circulator

T.Shirai, Y.Iwashitai, H.Ego, H.Okamoto, A.Noda, and M.Inoue

Accelerator Laboratory, The Institute for Chemical Research, Kyoto University
Gokanoshō, Uji, Kyoto, Japan

Abstract

A circulator and a dummy load operated with the frequency of 433MHz have been developed for the stable operation of a klystron. The circulator has T-shape waveguide for easy installation to existing waveguide geometry. Their high power tests were carried out with the klystron. The input VSWR, insertion loss and isolation of the circulator are 1.09, -0.5dB and -32dB respectively for the 1MW input power at 433.3MHz. Then the input VSWR of the dummy load is 1.06. It was also found that the isolation of the circulator is sensitive to the temperature.

433MHzサーキュレーターの高周波特性の測定

1. はじめに

京大化学研究所のRFQ型線形加速器は、その高周波源として433MHzのクライストロンを使用している⁽¹⁾。以前は、クライストロンと加速管が導波管で直結されていたため、高周波パルスの立ち上がりや、放電が生じた際に、反射高周波によってクライストロンの出力特性が変動する場合があった。そこで、この両者の間にサーキュレーターとダミーロードを挿入して、反射電力をダミーロードに吸収させることによって、クライストロンの動作の安定化をはかることにした。

今回はサーキュレーター、ダミーロードについて述べると共に、テストスタンドを組んで、それらの大電力高周波特性を測定した結果について報告する。

2. サーキュレーター、ダミーロード

サーキュレーターは日本高周波(株)が製作し、T型分岐導波管の内面に高周波用フェライトを張り付けた構造をしている。この構造をとることによって、加速器の高周波系に組み込むのが容易となっている。冷却はファンを使った強制空冷である。

ダミーロードも、導波管との接続を容易にするために、片端を短絡した導波管を用い、その内面に電波吸収体を張り付けて高周波を吸収するものとした。電波吸収体としては、耐熱性と、適当な電気的性質を持つ点から、炭素粉末を耐熱性セメントで固めたものを用いている。冷却には、サーキュレーターと同様にファンを使った強制空冷を採用した。

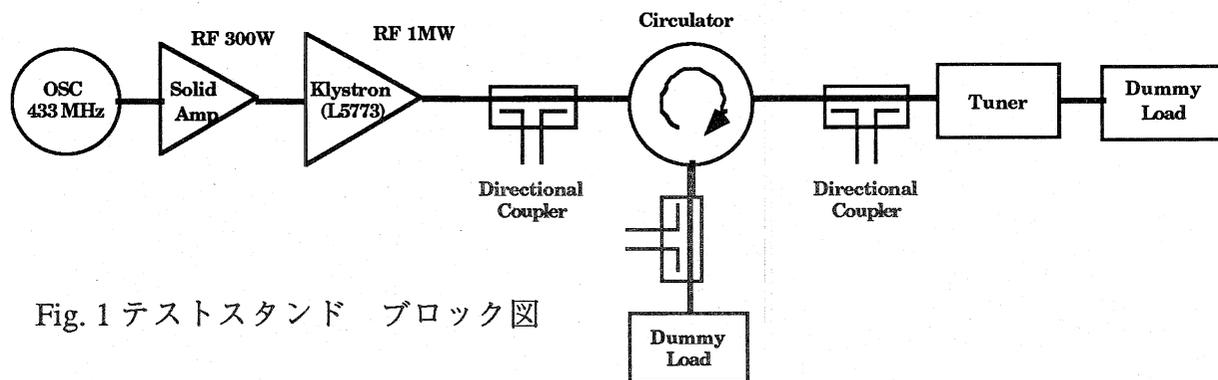


Fig. 1 テストスタンド ブロック図

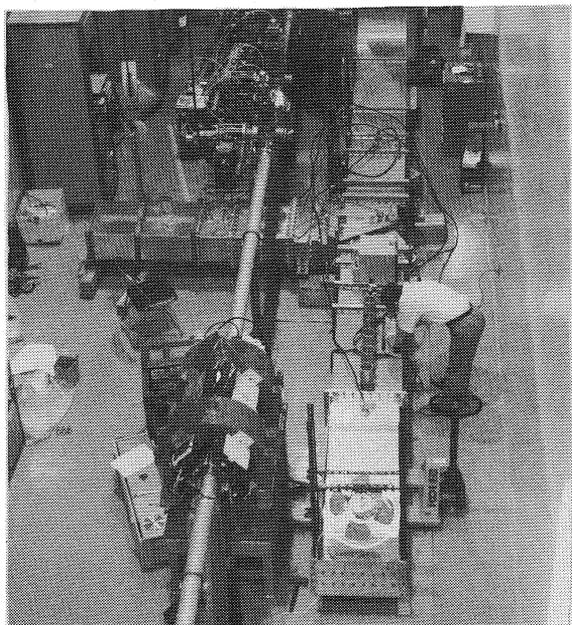


Photo 1 サーキュレーターテストスタンド

3. 大電力高周波測定

大電力高周波を入力してのサーキュレーターおよびダミーロードの特性測定は、Fig.1, Photo 1 にあるようなテストスタンドを組んで行なった。

高周波の出力にはクライストロンを用いている。このクライストロンの運転パラメーターをTable 1 に示す。この出力をサーキュレーターを通してダミーロードに吸収させている。

信号は、サーキュレーターの3ポート各々に取付けられた結合度-60 dBの方向性結合器によって取り出し、それをLow Pass Filterを通してオシロスコープで測定した。

4. 測定結果

まず平均電力が小さい状態で、サーキュレーターの入力VSWR(リターンロスで表示)、Isolationを入力電力ならびに周波数を変化させて測定した結果がFig.2, Fig.3である。この際の挿入損は-0.5 dBであり、ダミーロードの入力VSWRは1.06であった。このサーキュレーターの入力VSWRとIsolationは製作時のネットワークアナライザーでの測定と矛盾しない結果となっているが、挿入損はそれよりも増加している。

Table 1 クライストロン (L5773) 運転パラメーター

Anode Voltage	90 kV
Peak RF Power	1.25 MW
Average RF Power	15 kW
Peak Drive RF Power	100 W
RF Pulse Width	70 μ s
Pulse Repetition Rate	180 Hz

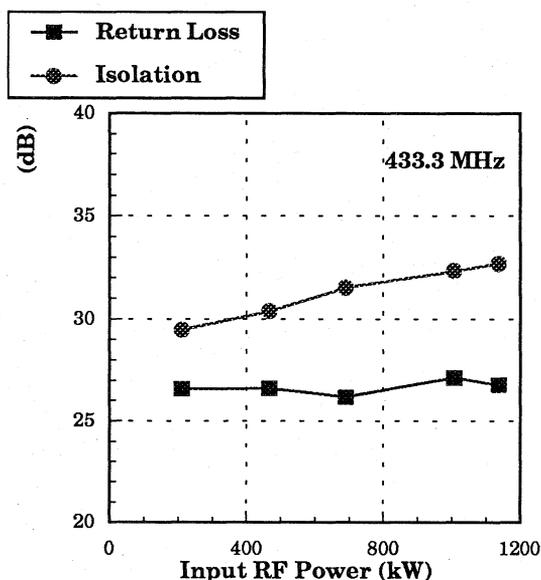


Fig. 2 入力電力に対するVSWR、Isolation特性

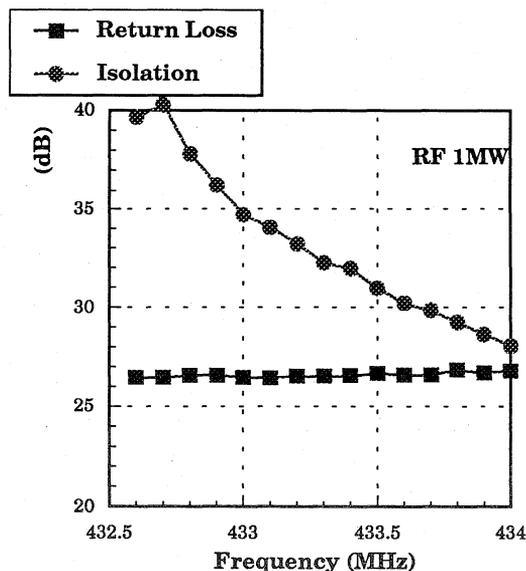


Fig. 3 周波数に対するVSWR、Isolation特性

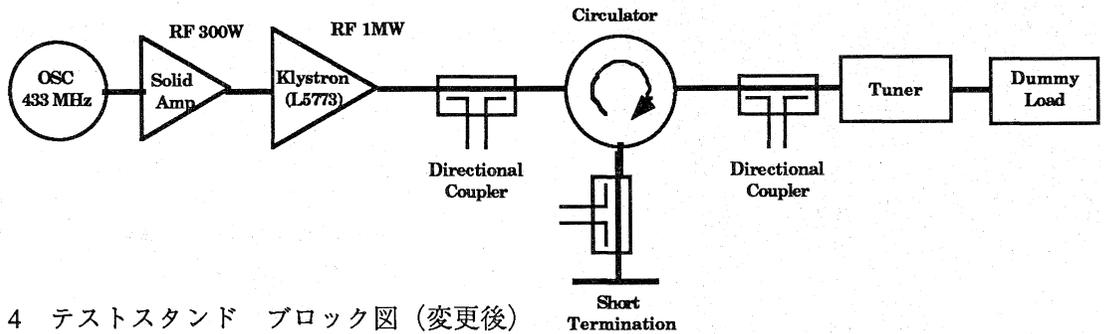


Fig. 4 テストスタンド ブロック図 (変更後)

平均電力が大きい場合には、フェライトの温度上昇によって特性の変化が起きることが考えられる。そこで、Fig.4のような立体回路に組み直して、平均電力10kWの高周波をサーキュレーターに、42分間入力しながら測定した後、平均電力を下げても測定をさらに続けた。この時の、サーキュレーターの入力VSWR、Isolationの時間変化ならびにサーキュレーター表面の温度上昇の時間変化をFig.5に示す。これから、サーキュレーターの入力VSWRはフェライトの温度によって、さほど依存しないが、Isolationが温度変化によって、約12dB変化していることがわかる。

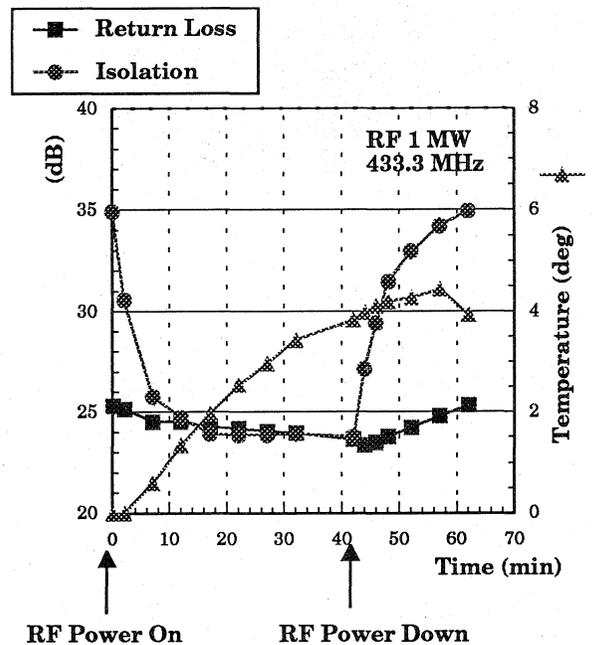


Fig. 5 VSWR、Isolation特性と温度上昇の時間変化

5. 結論

大電力用サーキュレーター及びダミーロードの特性測定を行ない、サーキュレーターは入力VSWRが1.09、挿入損が-0.5dB、Isolationが-32dBという結果を得た。また、ダミーロードの入力VSWRは1.06であった。ただし、温度上昇によってサーキュレーターのIsolationが大きく悪化する現象が見られた。このテスト条件は実際の使用条件よりも電力的に厳しい条件であること

から、通常の使用には耐えうると思われるが、ファンの増強、または、サーキュレーターの再調整が必要となるかもしれないので、今後判断していきたい。

また、研究会では、これらをRFQ加速管の高周波系に組み込んだ際のデータについても報告する。

References

- (1) Y.Iwashita et al., Proc. of '90 Linear Accel. Conf. (1990) 746.