

21-P8

DEVELOPMENT OF RECIRCULATING RF PULSE COMPRESSION SYSTEM (II)

Seiya YAMAGUCHI, Atsushi ENOMOTO, Shozo ANAMI, Hirofumi HANAOKI,
Yuji OTAKE, Takao OOGOE, Kazuhisa KAKIHARA and Isamu SATO

KEK, National Laboratory for High Energy Physics, 1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305

ABSTRACT

Development of an S-band RF pulse compression system using a traveling-wave resonator is underway to increase the energy of the PF 2.5 GeV linac up to 8.0 GeV for the KEKB project. Experiments using a low-power model are described in which peak output power of 5.55 is obtained.

環流型RFパルス圧縮システムの開発 (II)

1. はじめに

KEKB計画における入射器のエネルギー増強は、加速器の延長、高周波源の増強ならびにパルス圧縮法の採用により達成される計画である。パルス圧縮法としては、SLEDにかわるものとして、構造が単純で安価であるという特長を持つ、進行波環流型空洞共振器を用いる方法の開発を昨年度より開始し[1]、これまでに、空洞等の設計、低電力モデル(アルミニウム製および銅製)の製作、および低電力試験を行ない、予想されるパルス圧縮性能(ピーク電力増倍率で5.96倍)に近い値を達成できることが示された。また、周波数調整機構、周波数離調機構の実証試験も行なった結果、実用に耐える機能を持つことがわかった。ここでは、低電力試験の結果について報告する。

2. 低電力試験

図1にコールドモデル(銅製)の写真を示す。全体は、内筒、外筒、天板および底板から成る空洞、ならびに導波管から構成されている。周波数調整用チューナーは、側面に5個、反射特性調整用スタブは、天板に3個設けた。方向性結合器近くの天板には、空洞を離調するための棒(アルミニウム製、10mm \times 100mmL、2本)が挿入できるようになっている。空洞内面は、ダイヤモンドバイトにより切削し、十分滑らかな表面粗度を得た。

低電力試験を始めるにあたって、まずはじめにすべきことは、目的のモード(いまの場合、TE620)を見つけ出すことである。そのために、まず、そのモードが存在しているような周波数付近での共振曲線を測定し、計算値と比較した。図2の(a)が計算値、(b)が測定値である(導波管と空洞は、磁場結合しているのでTMモードは励振され

ない)。各共振ピーク間の間隔からみて、 $f=2854.60\text{MHz}$ の共振ピークがTE620のものと思われる。なお、同図において、TE620以外のモードの共振曲線がダブルピークになっているのは(TE811とTE512は主ピークと副ピークが完全に分離している)、各モードの共振周波数において、リング内の不整合による後進波が存在する(十分小さくない)ためである[2]。TE620で存在しないのは、このモードで整合がとれるようにスタブを調整したため。次に、プローブアンテナ(TE20の腹の位置に取り付けた)により空洞を励振した場合、2本のアンテナの位相差が180度となるように調整すると、図2で6本あった共振ピークのうち4本が消えて、2本だけ(右から2番目と3番目)が残る。この2本はTE620とTE521と思われる。また、"TE620"モードの電場のz成分の径方向分布 $E_z(r)$ をビード摂動法(5mm ϕ のマコールを使用)により測定したところ、TE620モードの E_z の径方向分布とよく一致した。以上の結果より2854.60MHzのピークがTE620であると結論で

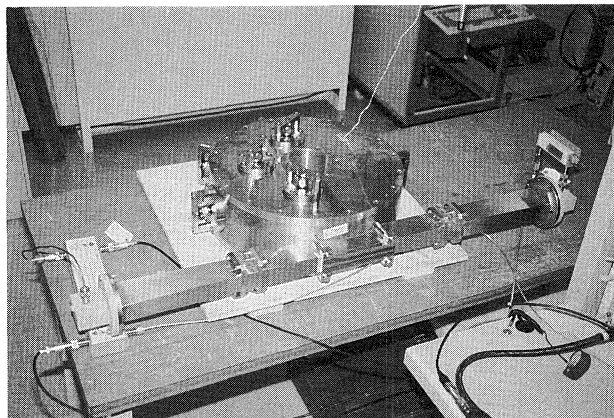
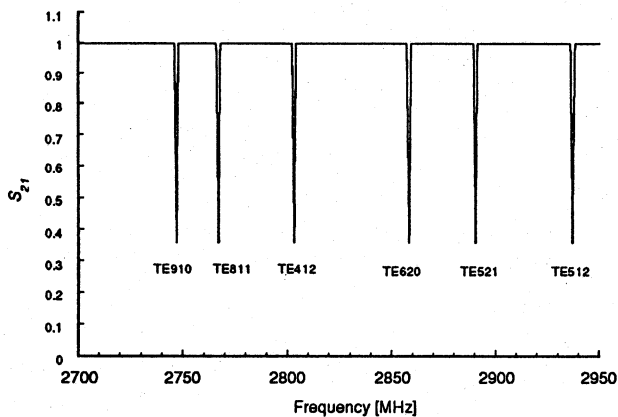
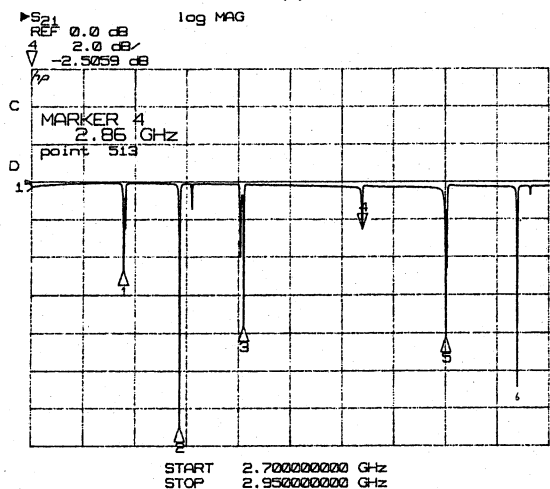


図1 環流型RFパルス圧縮器(コールドモデル)。



(a)



(b)

図2 周波数応答, (a) 計算値, (b) 測定値.

きる。

テーパー導波管の長さは以下のようにして決めた。図3のようなテーパー導波管の反射係数は、参考文献[3]の(16)式で与えられる。 $a_1=58.22$, $a_2=72.1$ [mm] に対する L と VSWR の関係を同図に示す。黒丸は、高周波ストラクチャ・シミュレータ HFSS による計算結果である。これより、 $L=273$ [mm] に選んだ (VSWR=1.07)。次に、狭幅の導波管の長さ(図4の d) は、空洞を離調して d と VSWR の関係を測定し、VSWR の値が最小になるように d を選んだ。

空洞(銅モデル)の Q 値および結合係数 β の測定結果は、以下のものであった(図5上の曲線参照)。

$$Q_0 = 12,019,$$

$$\beta = 2.59,$$

$$Q_0 = 43,156 (\text{理論 } Q \text{ の } 74\%).$$

空洞内壁の表面粗度(peak to valley)は、内外筒で 2.3S, 天板, 底板で 0.08S であった。天板, 底板の表面粗度が 1.7S の場合も Q 値は、同程度であった。このことから、 Q 値低下の原因は、主に、内外筒と天板, 底板の接触不良であると判断した。実機では、ろう接を行なうので Q 値は改善されると思われる。また、 β の値は、設計値 3.8 よりも小さいが、アイリスの直径 D の値を最も大きい値 32 mm (アイリス周囲の R を 1 mm とした場合) にしても

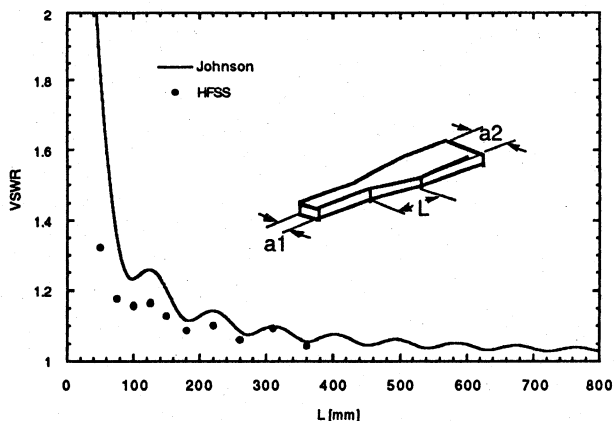


図3 テーパー導波管(片側)の VSWR.

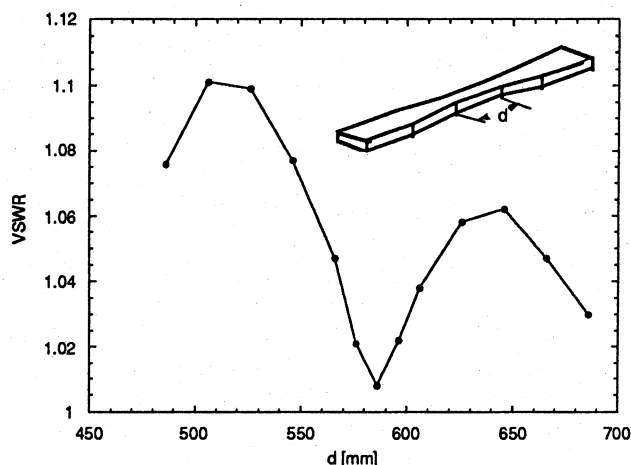


図4 テーパー導波管(両側)の VSWR.

2.59 にしかならず、これ以上大きくするには、アイリスを楕円にするなどの方法が必要となるが、 β の値がこれだけ小さくても、エネルギー利得の低下は、わずか (2.8%) であるので(図6参照)、とりあえず、 β はこのままにしておくことにする。

導波管入口からみた VSWR の値は、天板に設けたスタブを調整することにより、1.1 以下にすることができた。外径, 内径は、それぞれ、50, 20 mm である。スタブの間隔は 75° (5/4 波長に相当) とし、全体の角度(導波管に対する)は、天板を回転させ、VSWR が最小になるように選んだ。図7にスタブを調整中の規格化入力インピーダンスの変化を、図5(下の曲線)に調整終了時の空洞の反射特性を示す。

周波数調整機構(ダイヤフラムの外径, 内径は、それぞれ、80, 20 mm である)の効果の測定結果は、図8のようになった。 $\Delta f/\Delta t$ は、 ± 100 kHz/mm であり、 Δt の最大変化量は 1 mm 程度であったので(それ以上動かすとスタブで反射をとりきれなくなる)、1 個のチューナーで調整可能な周波数は ± 70 kHz ということになる。必要な周波数調整幅を ± 300 kHz とすると、この寸法のチューナーを 4 個使用するか、ダイヤフラムの径を大きくする必要がある。なお、チューナーのピッチは 1 mm であるから、

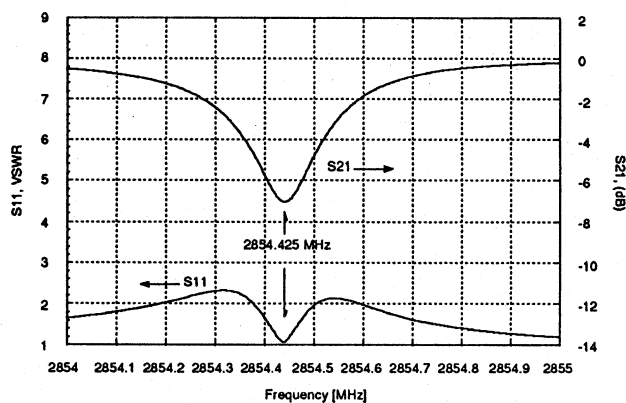


図5 透過および反射特性.

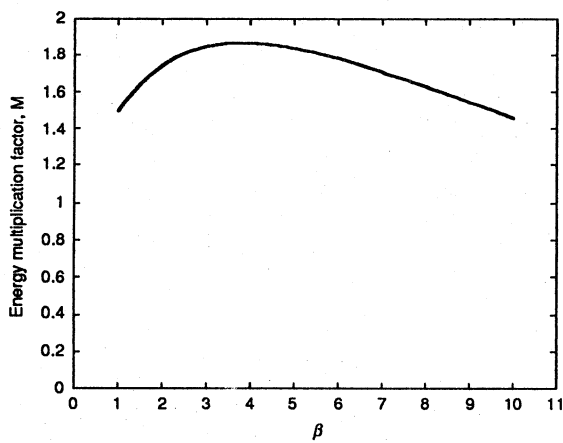


図6 空洞の β とエネルギー利得の関係.

1/100回転当たりの周波数変化は、1kHzである。

空洞にパルス信号を入力した場合の応答を図9に示す。パルス幅および位相反転時刻は、それぞれ、 $3.8\mu\text{s}$ 、 $3.2\mu\text{s}$ とした。上から順に、入射波、透過波、反射波の波形である。ピーク電力増倍率は5.55であった(オシロスコープの出力が小さくみえているのは、このとき使用した電力では検波器の入出力特性が線形ではないため)。この値は計算値 $5.96(=5.2441^2)$ よりも約7%小さいが、 Q 値が理論値よりも約24%小さいためと考えられる。

3. まとめ

入射器エネルギー増強のためのRFパルス圧縮器として、進行波環流型パルス圧縮器を設計し、コールドモデル(アルミニウム製および銅製)を製作した。低電力試験の結果、予期されたパルス圧縮性能を持つことが示された。今後、大電力モデルの設計、製作を行ない、テスト・スタンドの製作とそれを用いた大電力試験、電子ビームを用いた加速試験を行なう予定である。

参考文献

[1] 山口, 他 第18回リニアック技術研究会報告 (1994), pp.222-224.

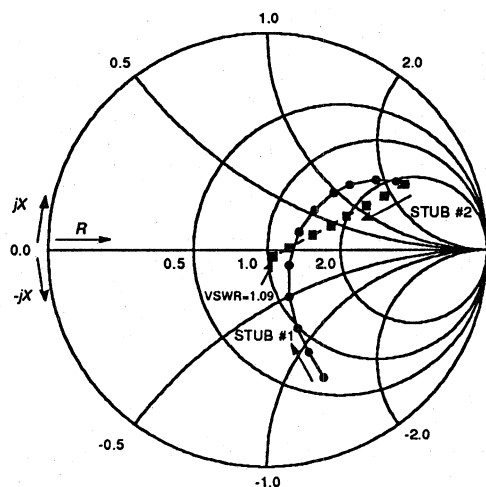


図7 スタブ調整による規格化入力インピーダンスの変化.

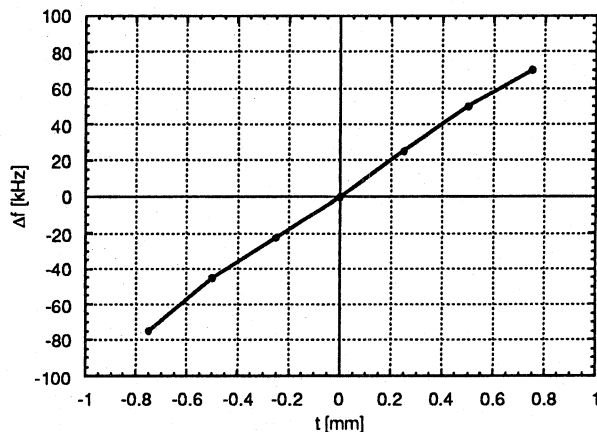


図8 周波数調整機構の効果.

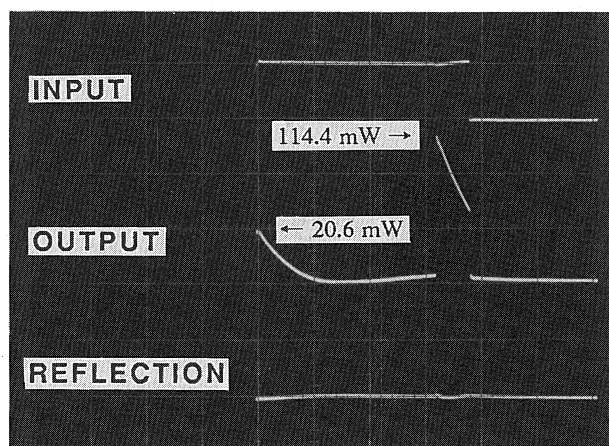


図9 パルス応答.

[2] F.J.Tischer, IRE Trans. PGMTT, Vol. MTT 5 No. 1, (1957), pp. 51-56.

[3] R.C.Johnson, IRE Trans., vol. MTT-7, (1959), pp. 374-378.