

## Development of Recirculating RF Pulse Compression System

Seiya YAMAGUCHI, Atsushi ENOMOTO, Shozo ANAMI, Hirofumi HANAKI,  
Yuji OTAKE and Isamu SATO

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

### ABSTRACT

An RF pulse compression technique using recirculating resonant cavity is under development for accelerating energy reinforcement for KEK B-factory. Cavity design and fabrication of cold model are described.

### 還流型RFパルス圧縮システムの開発

#### 1. はじめに

Bファクトリー計画においては、入射器の加速エネルギーを現在の2.5GeVから8.0GeVに増強することが要求されている。[1] 加速エネルギーの増強方法としては、加速器の長さを延長するとともに高周波電力を増強するという方向で検討が進められているが、高周波電力を増強するのに現在安定に動作する最大出力のクライストロンを用いたとしても、所用の増強度を達成することは不可能であり、何らかのパルス圧縮が必要となる。パルス圧縮法としては、SLACで開発されたSLED[2]が実績を有しているが、それにかわるものとして、現在、進行波還流型空洞を用いた方法の開発を進め

ている。この方法は、クライストロンからのRF出力を空洞に蓄え、パルスの途中で位相を反転させることにより高いピーク電力を得るという点においてはSLEDと同じであるが、電磁場の共振状態が通常空洞のような定在波型ではなく、進行波型という点でSLEDと異なっており、構造がシンプル(空洞の数が一つ、3dBカップラーが不要)なので、周波数の調整が容易にできるという特長を持つ。図1に本進行波還流型パルス圧縮システム概念図を示す。

現在、空洞の形状、寸法および共振モードを決定するための検討を終了し、コールドモデルの製作を進めており、今年度末には、大電力試験を実施したいと考えている。ここでは、空洞の設計とコールドモデルの製作について報告する。

#### 2. 空洞の設計

##### 2-1 寸法およびモードの決定

空洞の形としては、当面図1に示したような同軸型空洞を考える。電磁場が周方向( $\theta$ 方向)に周回している場合の共振周波数は、次式で与えられる。

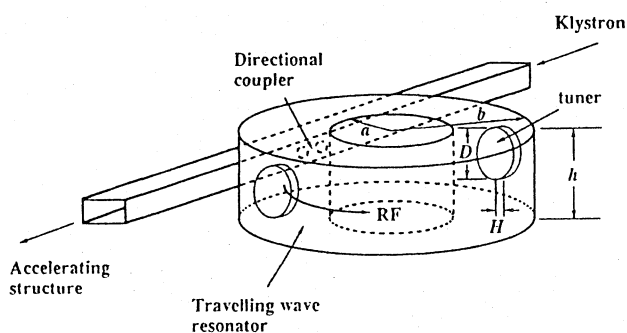


図1 還流型RFパルス圧縮システム概念図

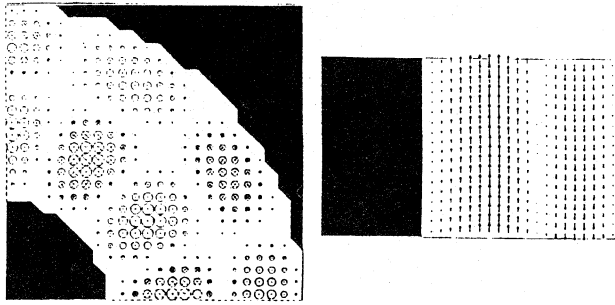


図2 同軸型空洞共振器の電場分布の例  
(TE620モード)

$$\text{TE mode : } f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{K_{nl}^2 + \left(\frac{p\pi}{h}\right)^2},$$

$$\text{TM mode : } f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{K_{nl}'^2 + \left(\frac{p\pi}{h}\right)^2},$$

ここで、 $K_n, K_n'$ は、

$$J_{nl}(K_{nl}a)N_{nl}(K_{nl}b) - J_{nl}(K_{nl}b)N_{nl}(K_{nl}a) = 0,$$

$$J_{nl}'(K_{nl}a)N_{nl}'(K_{nl}b) - J_{nl}'(K_{nl}b)N_{nl}'(K_{nl}a) = 0,$$

の解である。例として、TE620( $n=6, l=2, p=0$ )モードの電場分布を図2に示す。空洞の設計をする際に重要なこととしては、 $Q$ 値が高いということの他に、使用周波数の近くに他の共振モードが存在しないということがある。ここでは寸法決定の条件を、" $f = f_0 \pm \Delta f$  ( $f_0 = 2856\text{MHz}$ ,  $\Delta f = 20\text{MHz}$ )の範囲に他のモ

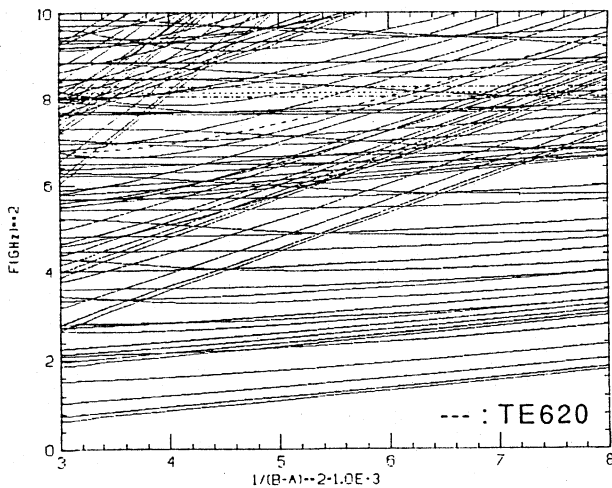


図3 モードチャート

表1 モード, 寸法, RF特性の比較

	mode	h	a	b	Q	$\beta$	$E_{max}$	M
SLED	TE015	---	---	---	108000	6.8	2.54	1.98 (1.00)
#1	TE620	130	88.75	232	59087	3.8	2.44	1.87 (0.94)
#2	"	140	102.62	238	54886	3.6	2.43	1.85 (0.94)
#3	"	150	114.89	245	53856	3.5	2.43	1.85 (0.93)
#4	TE610	130	99.0	176	41908	2.7	2.35	1.78 (0.90)
#5	TE820	136.2	107.8	270	69694	4.5	2.48	1.90 (0.96)

$\beta$ : 結合係数,  $E_{max}$ : ピーク電界強度, M: エネルギーゲイン(2m管)

モードが存在しないこと”とし、この条件を満たす寸法(同軸の内径(a), 外径(b)および高さ(h)の組み合わせを探した(とりあえずTE620モードを考える)。

図3にモードチャートの例を示す。このようにして探した空洞の寸法を表1に示す。#1-3を比較すると、 $h$ が大きくなると $Q$ は小さくなるのがわかる。また、半径方向の節の数を減らすと(TE610),  $Q$ は下がり、周方向の節の数を増やすと(TE820),  $Q$ は上がる。

しかし、いずれの場合も大差はなく、SLEDと比べて5%程度低いエネルギーゲインが得られる。ここでは、作りやすさを考慮して、TE620モードの $h=130$ (表1の#1)を採用することにした。この場合のモードチャートを図4に示す。近接モードはTE521とTE412であるが、2856MHzからそれぞれ、31, 53MHz離れており、分離は十分であるといえる。なお、この寸法、モードに対する空洞内電圧増倍率および最大電界強度は、それぞれ20.6倍、132 MV/mとなる。

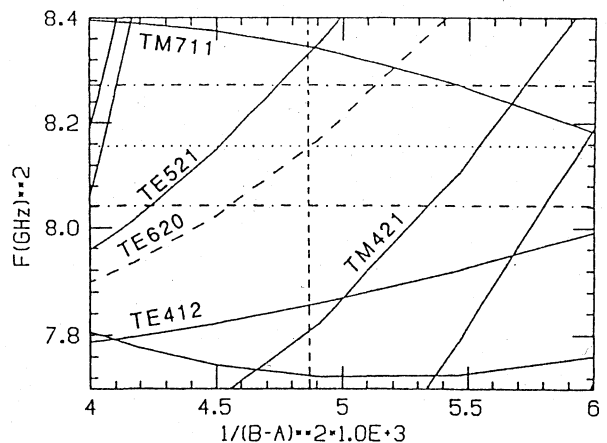


図4 近接モード

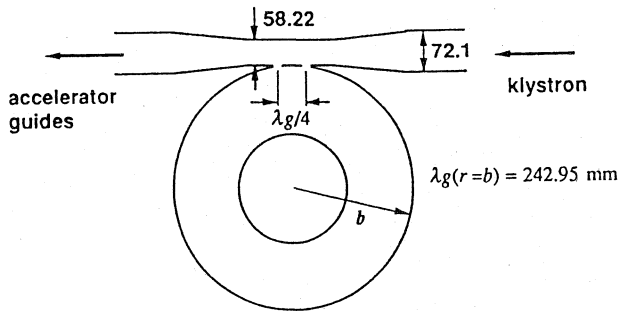


図5 方向性結合器

## 2-2 方向性結合器

空洞と導波管との結合は、2孔型方向性結合器を用いる(図5参照)。このとき、空洞内の管内波長は半径に依存する(比例する)ので、導波管の管内波長を空洞外周での管内波長と等しくなるようにする必要がある。そこで、結合部分の導波管のE面の長さを短くして、導波管と空洞の管内波長が等しくなるようにし、結合部分の導波管と通常の導波管はテーパ導波管でつなぐことにした。

## 2-3 チューナー

共振周波数微調整用のチューナーは、空洞の横腹に円筒型の棒を押込む方式を考えている(図1参照)。図6は、チューナーの高さおよび直径を変えたときの周波数変化のMAFIAによる計算結果である。周波数の調整代を±0.8MHzとすると、直径100mmの場合、1.7mm突き出せばよいことがわかる。

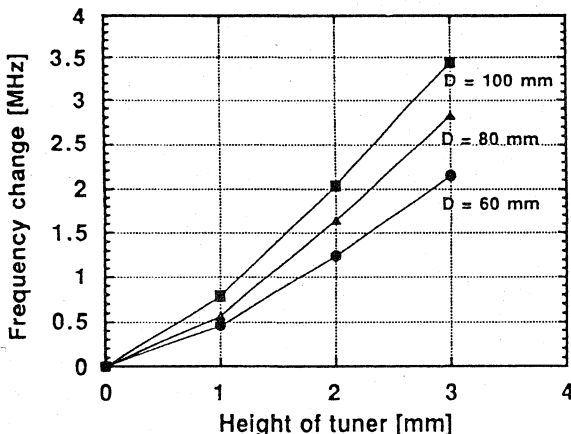


図6 チューナーの効果

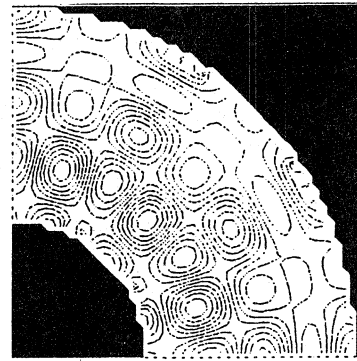


図7 壁面電流によるジュール損の分布

## 2.4 冷却構造

図7は、壁面電流によるジュール損の計算結果である。この図から、冷却水の配管は、TE20(半径方向)の節と腹(内側のみ)、および内壁、外壁に沿って巻けばよいことがわかる。

## 3. コールドモデルの製作

コールドモデルは、寸法(同軸の内径、方向性結合器の穴径)を決めるためのアルミニウムの供試体と、Q値を測定するための銅の供試体の2段階に分けて製作する予定であり、現在アルミニウム供試体を製作中である。

## 4. まとめ

BファクトリーのためのRFパルス圧縮器として、単純な構造を持つ進行波還流型システムを設計した。現在、コールドモデルを製作中である。

## 参考文献

- 1) 佐藤 勇, PF入射器グループ, 本研究会報告 22-p2.
- 2) Z.D.Farkas, H.A.Hogg, G.A.Loew and P.B.Wilson : " SLED: A Method of Doubling SLAC's Energy," Proc. 9th Int. Nat'l Conf. on High Energy Accelerators, SLAC (1974) 576.