

HIGH GRADIENT ACCELERATION BY RECIRCULATOR

I. Sato, K. Nakahara, S. Anami, S. Fukuda, A. Enomoto, S. Ohsawa, H. Hanaki

Y. Ogawa, K. Furukawa, T. Ohgoe and K. Kakiyama

National Laboratory for High Energy Physics

N. Yamaguchi, K. Inoue, Y. Iino, K. Taki, Y. Kamouchi, S. Tsuchiya and S. Fujie

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Abstract

High gradient acceleration have become an important industrial application.

Compact electron linacs are now being promoted for cancer radiation therapy and high energy accelerators. A high gradient acceleration was proposed by the use of a recirculator. An accelerator guid and a recirculator for transient test equipment are under construction. The paper reports specifications of the equipment.

遷流型による高電界加速

§ 1 はじめに

高電界を発生させる試みは既に色々な方式で行われて来た。¹⁻³⁾ SLAC では SLED を使って実際に高電界加速を行った。⁴⁻⁵⁾ 我々は、通常のマイクロ波電力(25MW)と Conventional な進行波型加速管を使って電子ビームの高電界加速(50MV/m)を試みた。高電界加速はマイクロ波遷流型加速装置⁶⁾を用いて行う事にした。これは、同じ構造の加速管を用い、且つ、一定の電力供給の条件では、遷流型加速装置に組込まれた進行波加速管の方が定在波型加速管より高電界になるからである。この方式の有効利用としては、陽電子ビームの捕獲効率の増進、コンパクト入射器等が考えられる。又、この種の加速管を多数用いた場合、一定の高周波電力に対するエネルギー利得の効率増進等が上げられる。

現在、実験装置は製作中であるが、8月中旬にPF入射器の陽電子リニアックの終端加速ユニットに据え付けビーム加速を行う予定である。その結果について発表する。

§ 2 遷流型加速装置の構造並びに仕様パラメーター

遷流型加速装置は図1に示す様に進行波型加速管の入出力空洞を導波管で結合した閉回路構造である。この閉じた回路にマイクロ波遷流電力を蓄積する事によって加速電界Eを増大させることが出来る。製作途上にある加速管の仕様パラメーターは表1の如くである。加速管の詳細は図2示す。閉回路の仕様パラメーターを表-2に示す。

表-1 加速管の仕様

型式	定インピーダンス型
位相シフト	$\pi/2$
加速周波数 (Mhz)	2856

表-2 閉回路の仕様

立体回路の長さ(m)	2.9
立体回路部の電力減衰量 ⁷⁾ (db)	-0.06

加速空洞数	13	閉回路の総電力減衰量 (db)	-0.882
加速管の有効長(mm)	341.3	閉回路の電界減衰率	0.816
2 a 寸法 (mmφ)	20.0	結合器の電界結合度 (dB)	-14.7
シャント抵抗(Mohm/m)	50	結合器の電力結合度 (dB)	-7.35
群速度 (Vg/C)	0.0098	電力増幅度 (dB)	7.35
Q 値	11000	電力倍率	5.43
電界減衰係数(neper/m)	0.277	立体回路の遅延時間 (ns)	14.1
電力減衰量 (dB)	-0.822	1 周に要する時間 (ns)	130.2
	(0.827)	周回転数 ⁸⁾	15.3
充填時間 (ns)	116.1	7) 導波管の減衰率 (dB/m)	- 0.02066
		8) 供給電力のパルス幅を2μs と仮定	

§ 3 加速電界の評価

遷流型加速装置に組み込まれた加速管の加速電界 E は(1)で与えられる。

$$E = (\omega R_0 P_r / V_g Q_0)^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 ω は角周波数、 R_0 はシャント抵抗、 P_r は遷流電力、 V_g は群速度、 Q_0 は factor of merit である。閉回路が供給マイクロ波に対して共振状態にある場合、閉回路の1周当りの電界減衰率を T_r とすると、供給電力 P_f と遷流電力 P_r の間の最大電力増幅率 M は

$$M = 1 / (1 - T_r^2)$$

である。従って

$$P_r = P_f / (1 - T_r^2) \quad (2)$$

で与えられる。この場合、閉回路と電力供給回路の最適電界結合係数 K は $K = T_r$ である。一方閉回路の電界減衰係数を α 、回路長を L とすると

$$T_r = \exp(-\alpha L) \quad (3)$$

である。加速管とその閉回路の電界減衰係数を α_a 、 α_c 、その長さを L_a 、 L_c とすると

$\alpha L = \alpha_a \cdot L_a + \alpha_c \cdot L_c$ なる関係がある。又、 $\alpha_a = \omega / V_g Q_0$ であるから、加速電界 E は閉回路パラメータと(1),(2),(3)から簡単に求めることが出来る。上記で与えられた加速電界は定常状態(CW)の場合の評価である。しかし、供給電力のパルス幅 T_k が狭い場合は定常状態になる以前に供給電力が停止する。従って、上記の加速電界に達しない。その補正係数 η は

$$\eta = 1 - [T_r (1 - K^2)^{1/2}]^{n+1} \quad (4)$$

ここで n は t を閉回路を周回する時間とすると $n = T_k / t$ で与えられる。表1並びに表2のパラメータを用いて加速電界を評価すると、25MW の供給電力に対して予想される加速電界とエネルギー利得は表-3の如くなる。

表-3 予想される加速電界とエネルギー利得

供給電力 (MW)	25
加速電界強度 (MV/m)	58.5
エネルギー利得 (MeV)	19.0

図1 遷流型加速装置

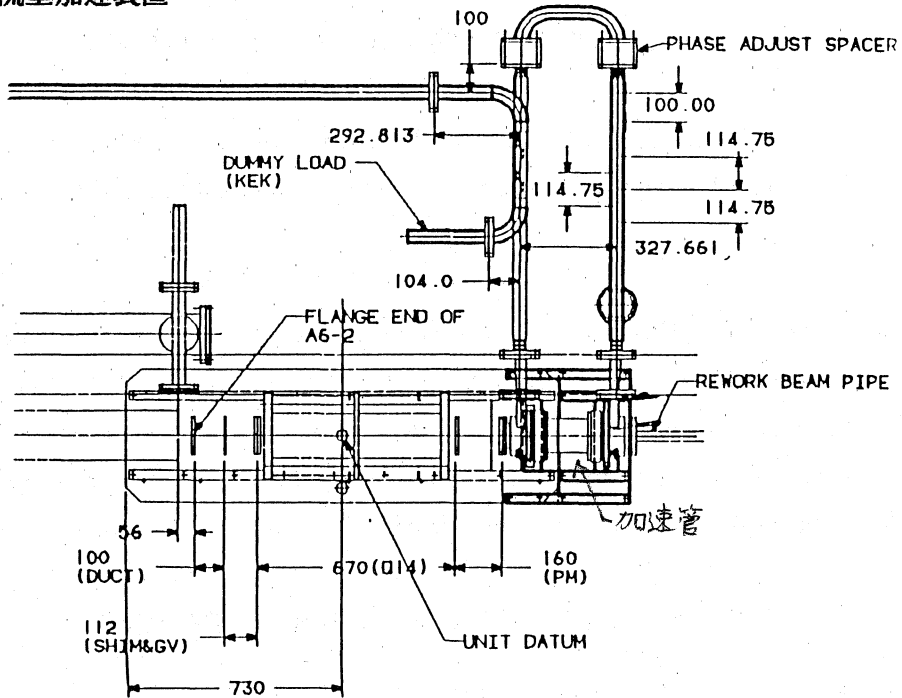
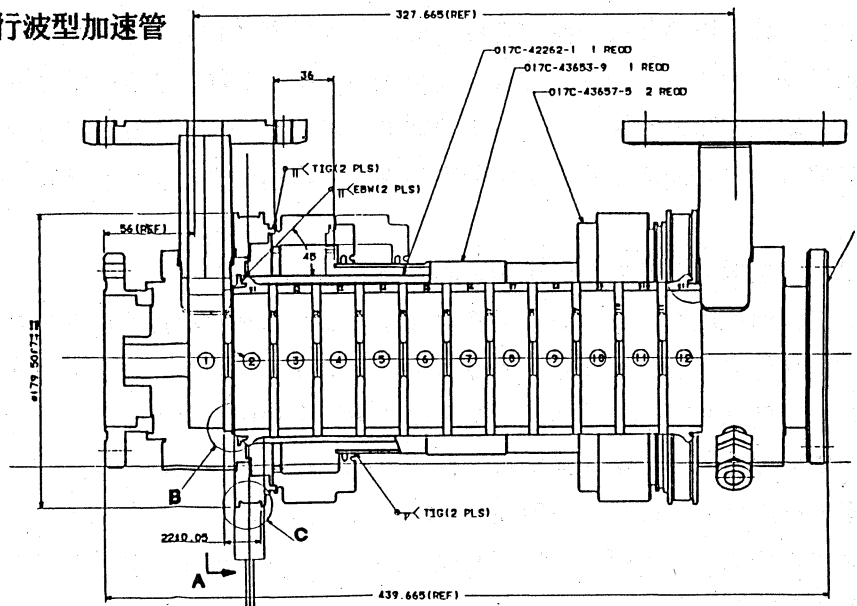


図2 $\pi/2$ モードの進行波型加速管



reference

- 1) J.W.Wang et al., Proc. Linear Accel. Conf., June 1986 pp 461.
- 2) I.Sato et al., Proc. 5th Sympo. Accel. Sci. and Tec., Sept. 1984 pp 415.
- 3) H.Matsumoto et al. Published to 1987 I.E.E.E. Particle Accelerator Conf.
KEK 87-17 May 1987 A.
- 4) Z.D.Farkas et al., Proc. 9th Int. Conf. on High Energy Accelerator, 1974, pp 576.
- 5) H.A.Hoag et al., Proc. Linear Accel. Conf., June 1986 pp 437.
- 6) R.S.Harvie et al., 1949, Proc. Phys. Soc. (London) B62, 270