

# AN EXPERIMENT OF HIGH GRADIENT ACCELERATION BY RECIRCULATOR

I. Sato, K. Nakahara, S. Anami, S. Fukuda, A. Enomoto, S. Ohsawa,  
H. Hanaki, Y. Ogawa, K. Furukawa, T. Oogoe and K. Kakiyama  
National Laboratory for High Energy Physics

N. Yamaguchi, K. Inoue, Y. Iino, K. Taki, Y. Kamouchi, S. Tsuchiya and S. Huzie  
Mitsubishi Heavy Industry, Ltd

## Abstract

High gradient acceleration was attempted in a tentative way by the use of a conventional short accelerator guide. In this trial we succeeded in the acceleration of the energy gain of 18.2 MeV using the given an rf power of 26 MW. The average of accelerating electric field in the guide was estimated about 60 MV/m.

## 還流法による高電界加速実験

### §1 初めに

コンパクト線形加速器の実用化や陽電子ビーム増強などを目標に我々は高電界加速の開発を進めてきた。その第一段階として、従来のマイクロ波電力(25 MW)とConventionalな進行波型加速管を使って電子ビームの還流法による加速を試みた。このシステムを用いて1987年8月28日に26 MWの高周波電力供給によって18.2 MeVの電子ビーム加速実験に成功しこのデータ解析から平均加速電界強度が約60 MV/mと評価された。今回はこの実験結果について報告する。

### §2 還流型加速装置

本装置は加速管、方向性結合器、導波管で構成される。また図1に示すように、この装置は方向性結合器を含む導波管で加速管の入出力空洞をリング状に結合した環状構造となる。この装置に高周波源から方向性結合器を通してマイクロ波が供給されると加速管には進行波の加速電界が励起される。この装置では加速管をとったマイクロ波が環状の導波管で再び加速管の入力に戻され加速電界の励起のために再利用される。こうして還流を重ねることによってこの加速装置のなかに高電界が励起されるのである。使用した加速管は $\pi/2$ モードで、これはマイクロ波パルス幅が一定という条件のもとで加速管のフィリングタイムを短くし、できるだけ高周波電力の周回数を稼ぎ加速電界をより高めるための選択である。一方、13空洞という長さも加速管のエネルギー利得を測定するために十分な長さで、しかも還流時間を長くし過ぎないということを考えて決めている。また今回の装置では減衰を軽減するために管流部分の電気長を出来るだけ短くし、かつ大パワーのマイクロ波入力による放電を避けるためフェイズシフターを使用せず、位相は、還流部にスパーサーをいれることで調整した。

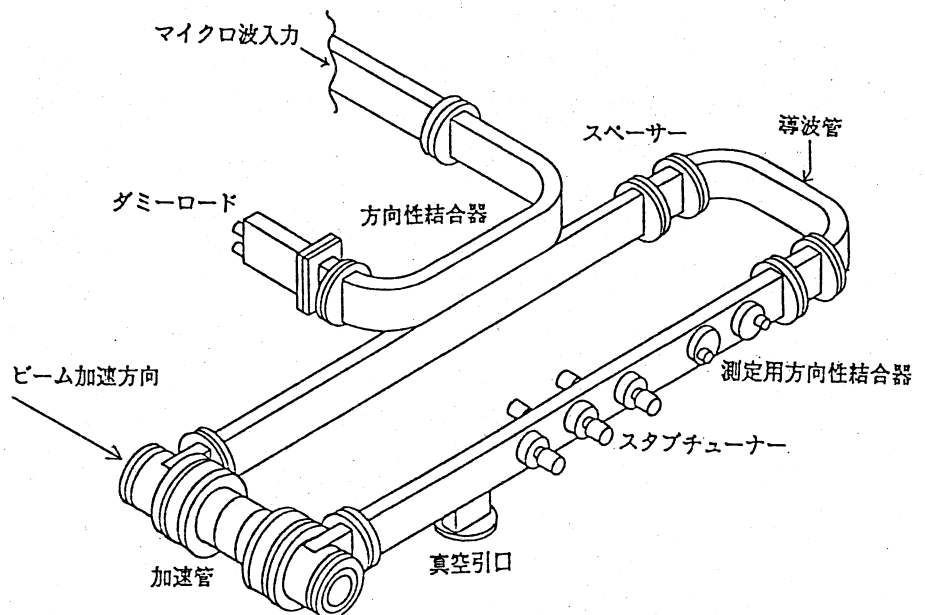


図1 還流型加速装置

### §3 還流型加速装置の設置

この加速装置をKEK陽電子リニアックのビームラインの下流に設置し、陽電子リニアック終端の高周波電源からマイクロ波電力を立体回路を通して供給した。この実験装置の配置状態を図2に示す。電子ビームのエネルギーは下流にある偏向電磁石を用いて測定した。使用した電子ビームは2.2アンペア、4ナノ秒の短パルス電子ビームである。また、測定精度を上げるために本加速管の最大加速位相と最大減速位相で

電子ビームを加速し、それぞれのエネルギースペクトルを測定しエネルギーの差の1/2を加速管のエネルギー利得とした。還流している高周波電力はこの装置の導波管に取り付けた測定用のペーテホールを用いて測定した。

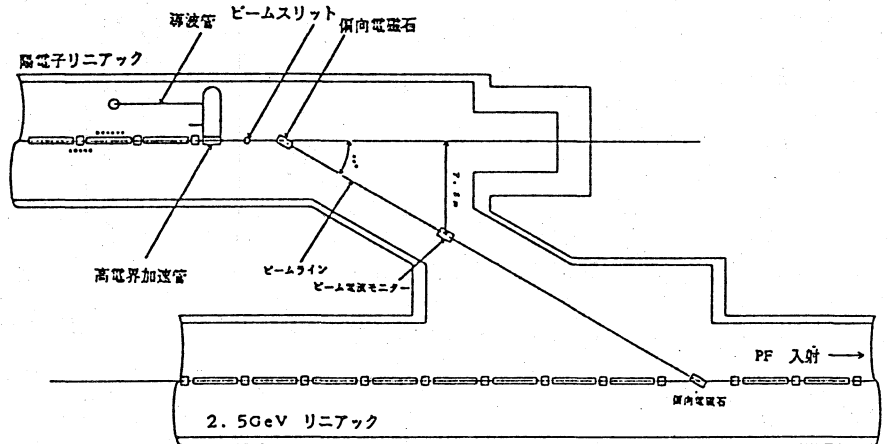


図2 還流型加速装置の設置

### §4 実験結果

実験は1987年の8月28日と12月25日の2回にわたって行った。加速実験結果として得られたエネルギースペクトルは、図3に示す。図3(a)は加速電界強度42.6 MV/m、(b), (c)はそれぞれ53.1 MV/m, 60.8 MV/mを示す。図4に還流電力と加速電界強度の関係を示した。図3に示した以外の測定点のエネルギースペクトルは省略する。

本加速装置の設計値はマイクロ波入力25 MWで加速電界58.5 MV/mであった。これに対し実験結果は26 MWのマイクロ波入力に対して加速電界60.8 MV/mと非常に満足のいくものであった。また図4から加速装置のエネルギー利得はマイクロ波還流電力の平方根と比例関係にある。

なお本加速装置に使用した加速管は入出力結合空洞も加速に寄与するタイプであるが製造上のトラブルによってオフチューニングとなっしまい加速に寄与していないと判断し、加速管の有効長を0.3 mと評価した。3図(a)はほかの2例に比較してエネルギースペクトルが悪いが、これは8月に行われたもので、12月に行ったものに比べて実験のコンディションが整っていなかったせいである。具体的にはバンチャー、プリバンチャーの調整が不十分でビームバンチ幅が広いこととエネルギーアナライザーのビームスリットを広げていたためと考えられる。この点については12月の実験で改善している。

### §4 終わりに

加速実験では装置のエージングの時間が短かった(約40時間)このために加速エネルギーが55 MV/mを超えるようになると急激に放電が多くなり運転に支障をきたすようになった。また、エージングを長時間行っても加速電界を高める効果はわずかであると思われる。そこで将来必要とされる100 MV/m以上の高電界加速を可能とするためには加速管の電界が集中する部分の表面粗度を向上させる、あるいは加速電界が極度に集中しない構造に変える必要があると考えられる。

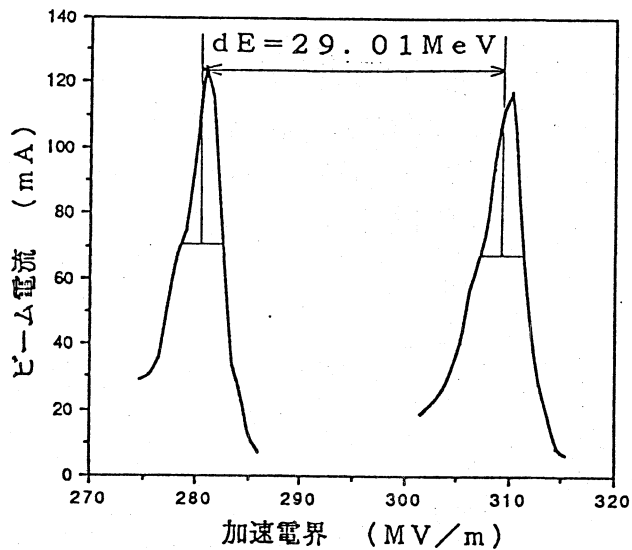


図3 (a) 加速エネルギースペクトル  
(48.4 MV/m)

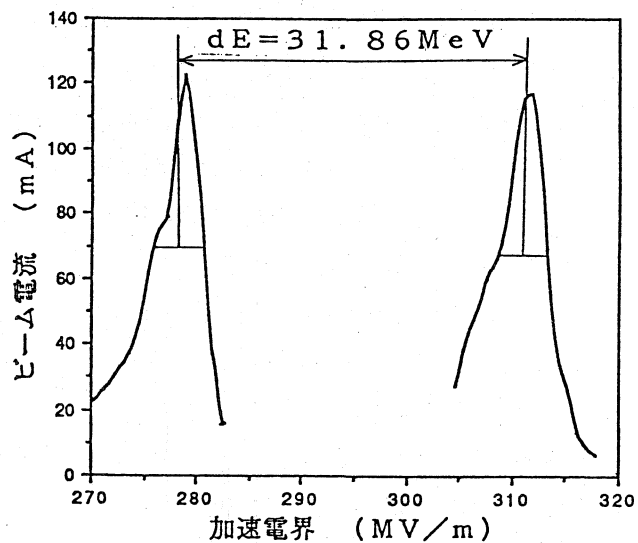


図3 (b) 加速エネルギースペクトル  
(53.1 MV/m)

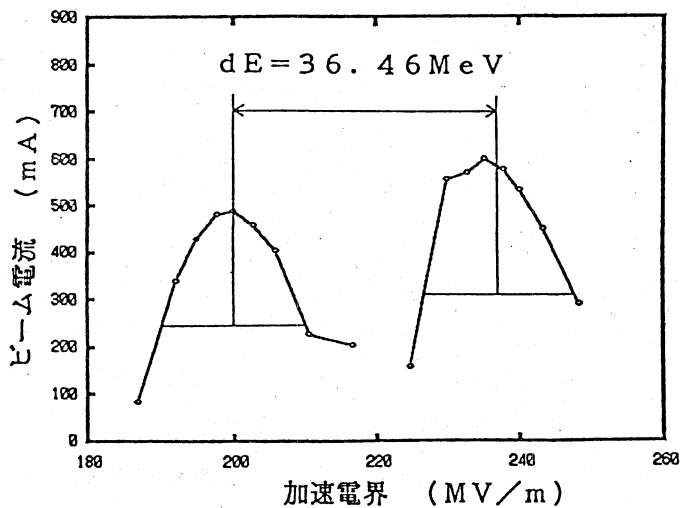


図3 (c) 加速エネルギースペクトル (60.8 MV/m)

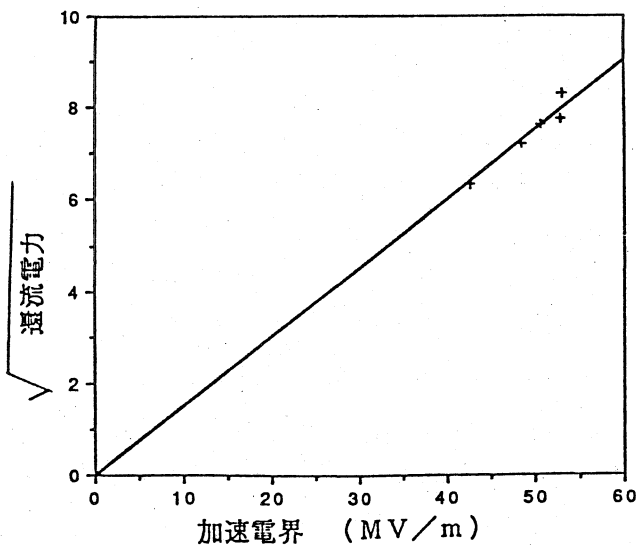


図4 加速電界と還流電力

Reference

- 1) I. Sato et al., Proc. 12th Linear Accell. Meet. in Japan, Aug 1987 pp132.
- 2) Z. D. Farkas et al., Proc. 9th Int. Cont. on High Energy Accelerator, 1974, pp576
- 3) H. A. Hoag et al., Proc. Linear Accel. Conf., June 1986 pp437
- 4) private communication with T. Shidara
- 5) J. W. Wang et al., Measurements of Ultimate Accelerating Gradients in the SLAC Disk-Loaded Structure, IEEE Trans. on Nucl. Sci., NS-32, Oct. 1985.
- 6) I. Sato et al., Proc. 5th Sympo. Accel. Sci. and Tec., Sept. 1984 pp415
- 7) J. W. Wang et al., Proc. Linear Accel. Conf., June 1986 pp461
- 8) H. Matsumoto et al., Published to 1987 IEEE Particle Accelerator Conf. KEK 87-17 May 1987
- 9) I. sato et al., Proc. 6th Sympo Accel. Sci. and Tec. Oct. 1987 pp95