

DEBUNCHER FOR THE 40 MeV PROTON LINAC

T. Kato, Z. Igarashi, C. Kubota, E. Takasaki,
T. Takenaka, S. Machida, T. Shintomi, S. Fukumoto
National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

A single gap debuncher cavity was designed and constructed for a 40 MeV proton beam. An accelerating voltage of 520 kV is obtained with an rf power of 40 kW.

1. 序

40 MeV 陽子リニアックのビームのエネルギーの広がり、Table 1 に示す。ブースターへの入射を容易にする為に、リニアックの下流にデバンチャーを設置して、このエネルギー幅を可変出来る様にした。デバンチャーの作用については、文献 1 に詳しい。ビームラインの制約から、ドリフトスペースはやや短めの 9.8 m、デバンチャーの長さは 55 cm 以下と決められたので、single gap のリエントラント型の空洞を選んだ。

2. 空洞の形の最適化

限られた空洞の長さ、rf 電力の基で、最大の加速電圧を得る空洞が望ましい。これは effective shunt impedance ZTT のかわりに、加速電圧 $\Delta V = \sqrt{ZTT P_c L}$ を最適化することになる。ここで P_c は空洞の消費電力、L は空洞長さである。Fig.1 に、空洞のギャップの長さ、とノーズ部分の形を一定に保って、空洞長さを変化させる時の ZTT の変化を示す。この場合に、40 kW の rf 電力で得られる加速電圧を Fig.2 に示す。空洞の長さが $\beta \lambda$ ($\beta = v/c = 0.28, \lambda = 1.49m$) 付近で加速電圧は最大となる。Fig.3 に製作したデバンチャーの形状を示す。以前使用していたビーム孔径 60 mm の 20 MeV デバンチャー付近のビーム損失が大きかったので、ZTT を約 4% 犠牲にして、孔径を大きくした。

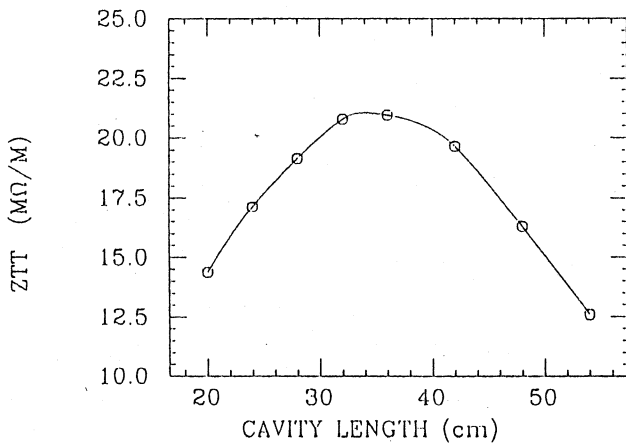


Fig.1 ZTT vs. cavity length.

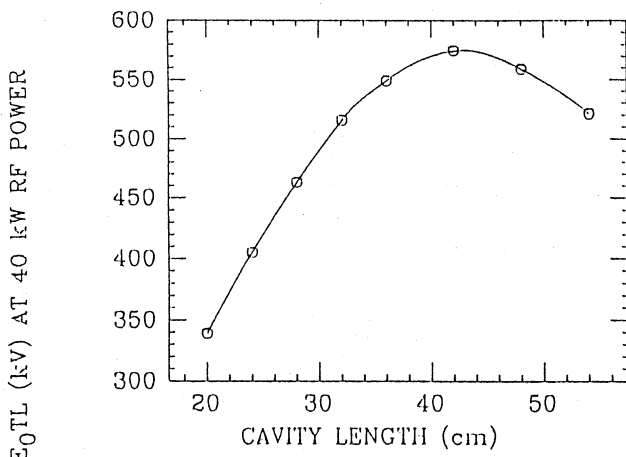


Fig.2 E0TL vs. cavity length.

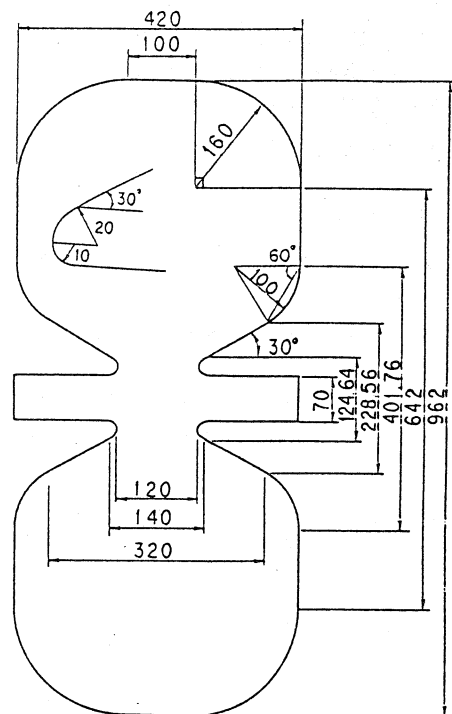


Fig.3 Geometry of the debuncher.

3. 空洞の製作

ビーム軸に垂直な平面で空洞を半割りにして、各々を鉄材から NC 加工により削り出し、約 100 μm の銅メッキを施してから、真空と電気接触を兼ねて、ヘリコフレックスを介して、ボルト締めする。平均 rf 電力は 120 W 程度ではあるが、熱的に安定させる為に、渦巻き状の冷却水管を半割り空洞につけた。左右対称の位置に、直径 123 mm ストローク 120 mm の周波数チューナーと、rf モニターカップラーを取り付け、rf 電力は、頂上部から 77D 同軸管を通じて、ループカップラーにより供給する。本空洞製作にあたり、簡単な 1/4 モデル空洞を鉄と銅により製作して、周波数調整の方法等の参考にしたが、銅製空洞の Q 値は 18000 (計算の 78%)、鉄製空洞では 530 であり、半割り空洞単体の共振周波数の測定は、相当の注意を必要とする事が結論された。空洞の変形あるいは切削による周波数変化は、r 方向は -310 kHz/mm (半径当たり)、軸方向は +156 kHz/mm であって、製作過程の間の周波数調整は難しいので、二本のチューナーによる周波数可変範囲を ± 670 kHz と大きめに設定した。共振周波数の実測値は設計値よりも 92 kHz 高くなった (+0.046%)。

4. 空洞の rf 測定

空洞の rf 特性の計算と測定結果を Table 2 に示す。ビーズ法による軸上の電場分布を Fig.4 に示す。実線は SUPERFISH による計算値を示す。

5. 運転

40 MeV リニアックのビームの計算例を Fig.5 に示す。これは 20 MeV リニアックの縦方向の全

Table 1 40 MeV リニアックのエネルギー幅

計算

- 1) 40 MeV linac acceptance 一杯に入射する時 ± 1090 keV
- 2) 20 MeV linac acceptance 一杯に入射する時 ± 290 keV
- 3) 20 MeV linac 入射ビーム
 $\Delta W = \pm 15$ keV, $\Delta \psi = \pm 180^\circ$ ± 180 keV

20 MeV ビーム測定から dumping により推定すると、

- 4) 20 MeV タンクレベル 5.90 の時 ± 470 keV
- 5) 20 MeV タンクレベル 5.85 の時 ± 620 keV
- 4) 20 MeV タンクレベル 5.60 の時 ± 520 keV

最近の測定例

± 700 keV

Table 2 Measured rf parameters.

| | 計算 | 測定 | |
|--------------------|-------|----------|------------|
| | | no tuner | with tuner |
| Q value | 48134 | 40400 | 35600 |
| Z (M Ω /m) | 35.04 | 29.1 | 26.4 |
| T | 0.789 | 0.778 | 0.778 |
| ZTT (M Ω m) | 21.81 | 18.1 | 16.0 |

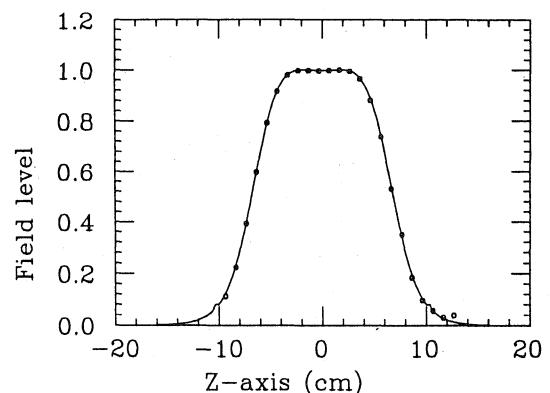


Fig.4 Measured and calculated axial fields.

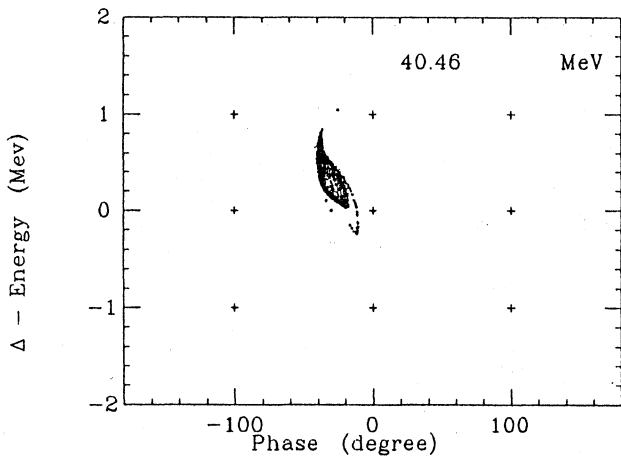


Fig.5 40 MeV linac 出口のビーム。

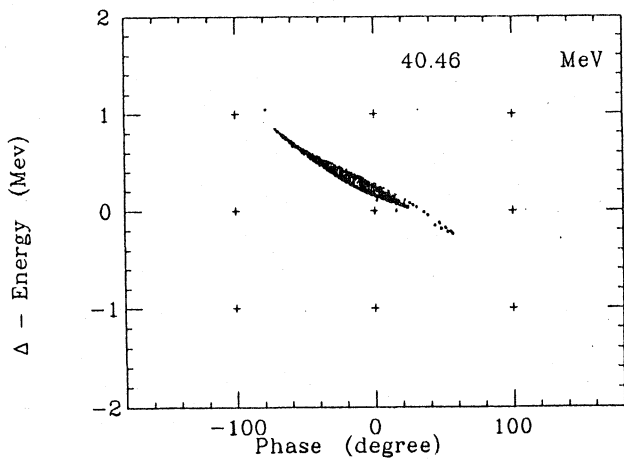


Fig.6 9.8 m ドリフト後のビーム。

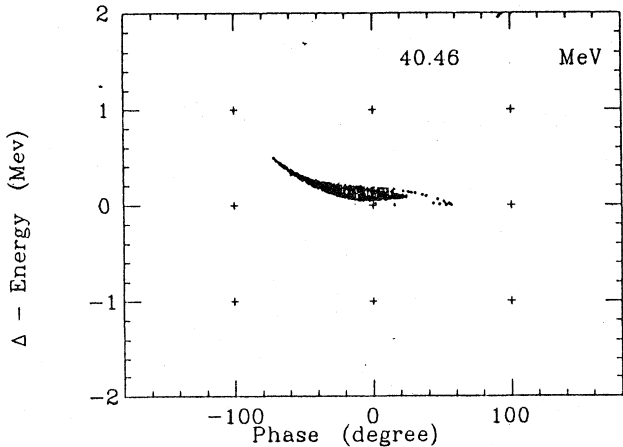


Fig.7 デバンチャー直後のビーム。

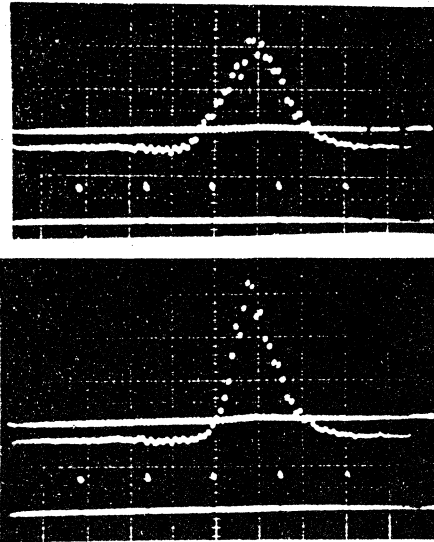


Fig.8 デバンチャー前後のエネルギー分布。(上) full width=1.5 MeV.
(下) full width=1.2 MeV.

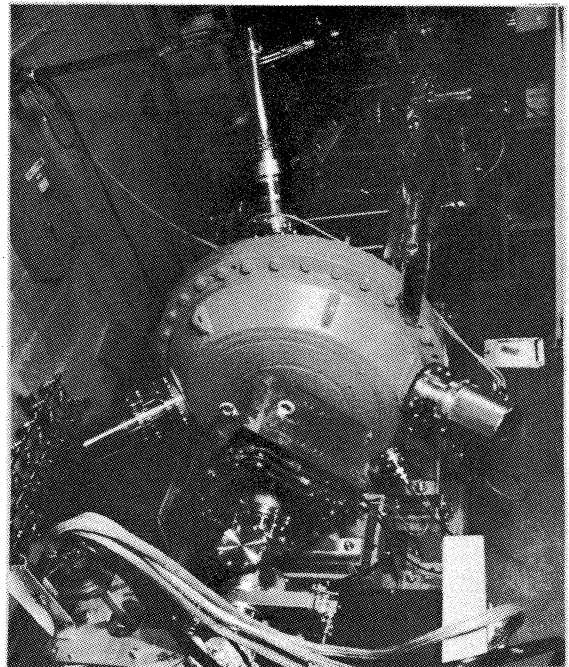


Fig.9 ビームラインに設置されたデバンチャー。

アクセプタンスを占めるビームが 2.5 m のドリフトスペースをへて、40 MeV リニアックへ入射した場合のリニアック出口のエネルギーとバンチの広がりを示している。9.8 m のドリフトスペース通過後に、バンチの広がり (90% width) は 24° から 72° となり (Fig.6)、デバンチャーの加速電圧が 360 kV とすれば、Fig.7 に示すようにエネルギー幅は改善される。デバンチャー通過前後の実際のビームの様子を Fig.8 に示す。Fig.9 にビームラインに設置されたデバンチャーの写真を示す。

謝辞

三菱重工三原製作所の皆様の、本機の製作過程を通じての熱意あふれる取り組みに感謝致します。
文献

1. 田中治郎 他、リニアック技術研究会報告集、p.54(1976)。