

PERMANENT QUADRUPOLE MAGNETS FOR 40 MeV LINAC

Tateru TAKENAKA, Takao KATO, Eiichi TAKASAKI, Sadayoshi FUKUMOTO and Shinji MACHIDA

National Laboratory for High Energy Physics
Oho-machi, Tsukuba-gun, Ibaraki-ken, 305, Japan

Abstract

The permanent quadrupole magnets were designed with bore radius of 17.0 mm, the effective length of 175 mm and the maximum field gradient of 2.5 KG/cm and were constructed for an Alvarez linac of 20 MeV to 40 MeV. These magnets were fabricated with ALNICO-9 magnets with coils and with pole tips and yoke made of low carbon steel. The discrepancy between the dipole-minimum and the geometrical axis of the Q-magnet is less than 15 μ m in an operating region. In comparison with the quadrupole magnets used in 20 MeV Proton Linac, the permanent quadrupole magnets have the small multipole components.

はじめに

KEK-PSの40 MeV Proton Linac (延長計画) で使用する Q magnet は既に 20 MeV Proton Linac の No. 90 の Drift tube (D/T) で試作実用化されている。試作された Q magnet は磁鋼に ALNICO-9 を使用し、着脱磁可能な magnet coil が取り付けられ、磁場勾配 2.2 KG/cm, Bore 半径 17 mm, Core length 100 mm である。今回、使用する 40 MeV 用 Q magnet には磁場勾配が 2.0 kG/cm で有効長 17.5 cm が要求されている。試作の結果この要求を満足する磁石は ALNICO-9 で製造できることがわかった。このレポートには 40 MeV 用 Q magnet の測定と測定結果を記す。

1. 測定

測定は Fig. 2 に示す測定装置を用い Spectrum Analyzer で高調波成分の測定を行い、Computer-hp85 で解析し結果を出した。Spectrum Analyzer と Computer-hp85 は HP-IB で Interface され、既に機械中心の X, Y は CPU に記憶されているので測定毎の変動量 $\Delta X, \Delta Y$ を入れると Dipole mini. の変動量 Δr が得られ、又高調波成分は

$$\bar{E}_n = \omega N_s m (L_z A_n) [X^n - (-1)^n X'^n] / \sqrt{2}$$

上式を換算して、Small coil, Long coil について 1 次 ~ 10 次の各磁場成分, B_n / B_z を打ち出す。サークル Coil は Small coil と Long coil を 2 つ

マコールのサーチ棒にはめ、Small Coilは軸方向の分布測定を行い、磁石の有効長を出した。又Long Coilはend磁場の影響のない長さにCoil長をとり、着磁、減磁の各高調波成分を測定した。サーチCoilの回転は、サボモータを用い、ノイズ対策として50Hzでなく20Hzを選んだ。

着磁はFig.2に示すシステムでmax 450V, 750A, 10ms(半値)の着磁電源を用い、50Vづつ増しながら450Vまでもっていき、full着磁する。50V毎にZ軸固定でX, Y方向を微調し、Dipole mini.を探し Δr と各高調波成分を測定する。

減磁はfull着磁のmagnetに35V, 200AのDC電源で15A~113Aまで8回に分けて電流を流し、電源のコントロールは外部トリガ可能なパルスジェネレータ(ヤ1sec)のAmplitudeを変えて行い、測定は着磁と同じように行った。

磁石の有効長を出し、Z方向の磁場成分を出すためSmall Coilをmagnetの真中($1/2L$)にもってくる。そこから5mmづつ125mmまで25回の測定を行った。磁石の有効長を出すため25回の測定について積分を行い、 $1/2L$ の測定なので2倍した。有効長は175mmであった。

2. 測定結果

着磁、減磁における磁場勾配とDipole mini. (Δr)の変動はFig.3で示すように、磁場勾配の小さい所で Δr は大きく、磁場勾配が大きくなると Δr は小さくなる。又着磁より減磁の方が同じ磁場勾配でも小さな Δr をとる。このことから経年変化を小さくするはかりでなく、Dipole成分を小さくする意味からもfull着磁後減磁をして使用した方が良い。

減磁曲線と Δr はFig.4で示してある。40MeV Proton Linacで使用するQ magnetの磁場勾配は2.0kG/cmなので Δr は13 μ mとなる。その時の減磁電流は55Aなのでfull着磁後55Aの減磁電流を流してやれば使用する2.0kG/cmの磁場勾配が得られることになる。

磁石の有効長はFig.5に示すZ方向の磁場勾配を積分して175mmが得られた。又、 B_x/B_z で1-表に示すようにDipole, D decapole等は、20MeV Proton LinacのQ magnetと比較しても充分小さい。

3. 結論

full着磁で磁場勾配2.5kG/cmが得られ使用するには、55Aの減磁電

流を流せば磁場勾配 2.0kg/cm になることがわかった。その時の Δr は 13 μ m で B_x/B_z , B_y/B_z の 20MeV 四極電磁石との比較をしてみると、両方とも充分小さく、使用可能であることがわかる。

謝辞

magnet を製造された住友特殊金属 KK に色々とお世話になりました。

References

1. 第8回リニアック研究会報文集 P.122
2. Proc. 1984 Linear Accelerator Conf., Darmstadt, to be published.

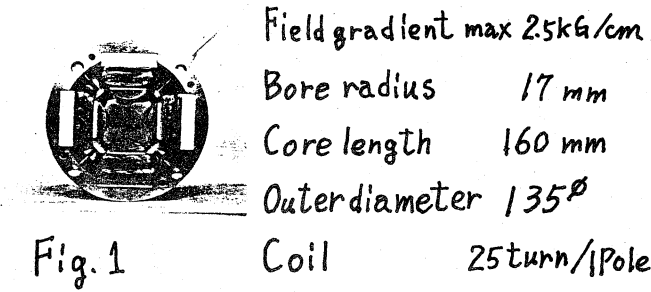


Fig. 1

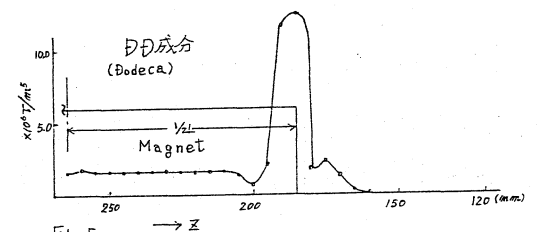
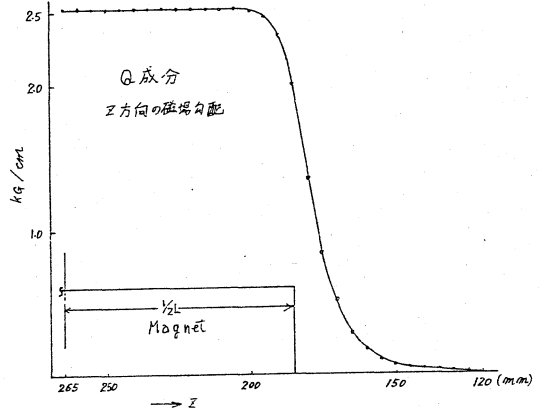


Fig. 5

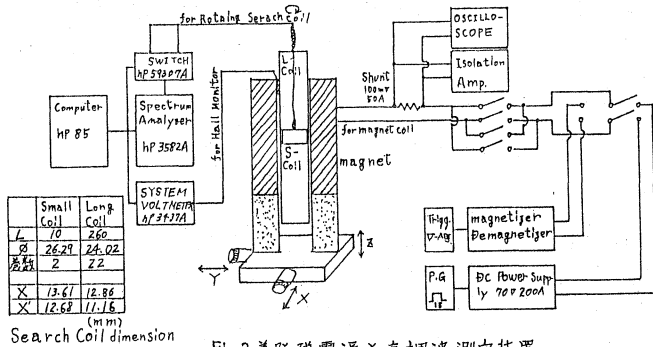
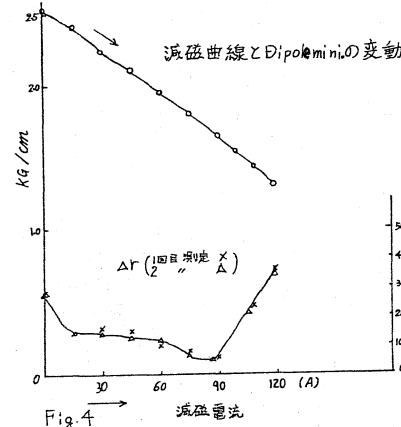
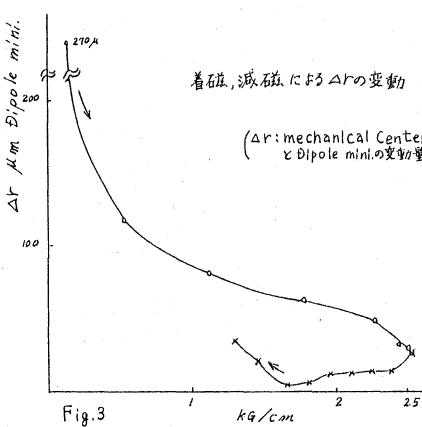


Fig. 2 着脱磁電源と高調波測定装置

	Small Coil	Long Coil
L	10	250
ϕ	26.29	26.02
長さ	2	22
X	13.61	12.86
X	12.68	11.16

(mm)

Search Coil dimension



B_x/B_z %	20MeV電磁石	40MeV永久磁石
$n=1$	0.22	0.08 Center
$n=2$	100	100
$n=3$	0.03	0.09
$n=4$	0.18	0.28
$n=5$	0.02	0.014
$n=6$	0.8	0.048
Bore半径 (mm)	11	17
磁場勾配 kg/cm	4.4	2.2

1-表