

Permanent Quadrupole Magnet

Y. Katayama, Y. Ikeda, H. Takekoshi
 Institute for Chemical Research, Kyoto University

Abstract

Permanent quadrupole magnets were made, which consist of 16 segments of Barium Ferrite material. The magnetic field distribution from the magnets were calculated with $\mu=1$ approximation and the results were compared with the experimental values.

I 序論

LBLやLASLでは、サマリウムコバルトを用いた四重極磁石が作られ、解析および測定が進められてきた。サマリウムコバルトやそれに類する永久磁石の利点は ①小さな口径に大きな磁場勾配が得られる。②電力の供給や冷却の必要がない。③解析が比較的容易に行なえるため、設計しやすい。などが挙げられる。これらの利点から、中高エネルギーの加速器の四重極磁石としての利用はたいへん有効である。

LBL, LASLでは、Fig.1 (a) のようなデザインの新四重極永久磁石を製作し、かなり良い結果を得ている。^{(1),(2),(4)}しかしこのような磁石は精度よく作ろうとすると費用がかかりすぎる。我々はバリウムフェライトで四重極磁石を作り、実際上の製作、加工における誤差や磁石小片の設定に関する誤差がどのような寄与を及ぼすかを評価するために、磁場測定を進めている。これらの評価は今後の設計面での目安を与えるだろう。

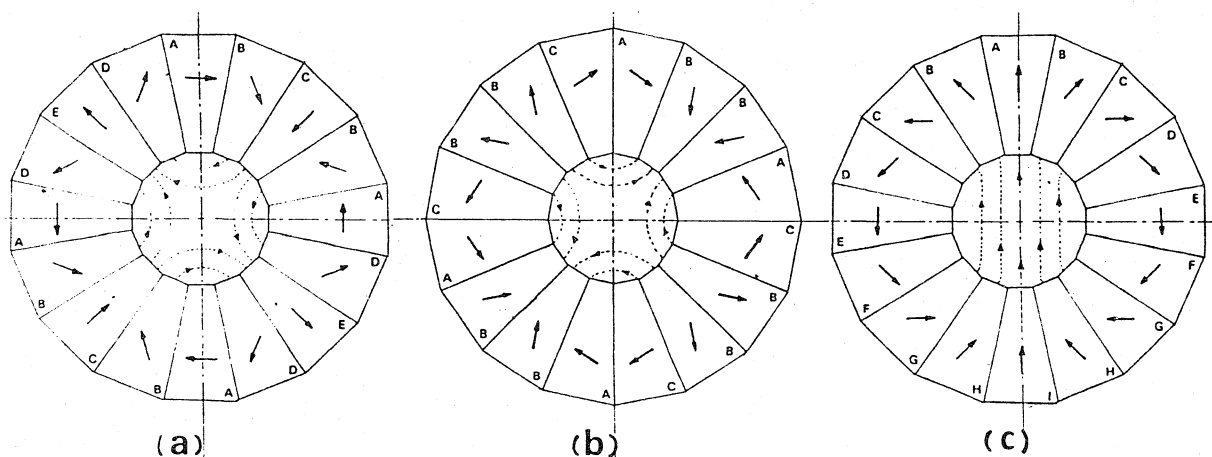


Fig.1. a) 16 trapezoidal segmented quadrupole with 5 easy axis orientations
 Arrows represent direction of easy axis.

b) 16 trapezoidal segmented quadrupole with 4 easy axis orientations,
 which gives the same field distribution as a).

c) 16 trapezoidal segmented dipole. (These figures are quoted
 from K. Halbach, IEEE Trans. NS-26, No. 3 (1979) 3882.)

II 磁場測定

バリウムフェライトで Fig. 1(a) の型の四重極磁石をつくった。各くさび片は外周のわくにつけたネジによって微小な範囲内で可動となっている。台形状くさび片の Fig. 2 の頂角 α は $\pm 0.5^\circ$ の精度でつくられている。着磁及び加工は住友特殊金属(株)によるものである。

Fig. 3 のような回転コイル系を用いて口径の磁場勾配の測定を行なった。得られた結果は Fig. 4 に示されている。図中で実線は、くさび片を最適位置に設定して四重極磁石を組んだときの、口径において半径 r mm の位置での磁場勾配を回転角 θ に対してプロットしたものである。一点鎖線は $\mu = 1$ の近似による理想的な場合の四重極磁場勾配の計算値である。図から、このような四重極永久磁石は四重極成分の割合が大きく、その他の多重極成分がほとんど問題にならないという様子が見える。Fig. 3 の点線は、2, 3 のくさび片に磁化の方向における精度がよくないものを含んでいる場合の測定結果を示している。

着磁・加工の過程で、まれにこの種の精度の悪いくさび片が出来ることがあるため、後で検査しなければならない。一つくさび片の平均的な磁化の方向を求めするために、くさび片の周囲の磁場分布が測定できるような装置を作った。Fig. 5 は装置のブロック図である。Fig. 6 はくさび片磁石の中心軸(図中の Z 軸)に対して磁化の方向が角 45° をなすものについて、周囲の磁場分布を求めたものである。この種のくさび片 (Fig. 1(a) の B, D) は磁化の方向における精度が悪い。

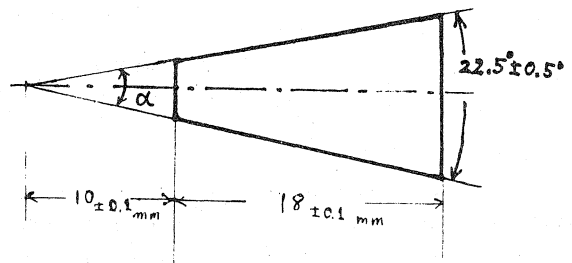


Fig. 2. Size of a segment of Barium Ferrite material.

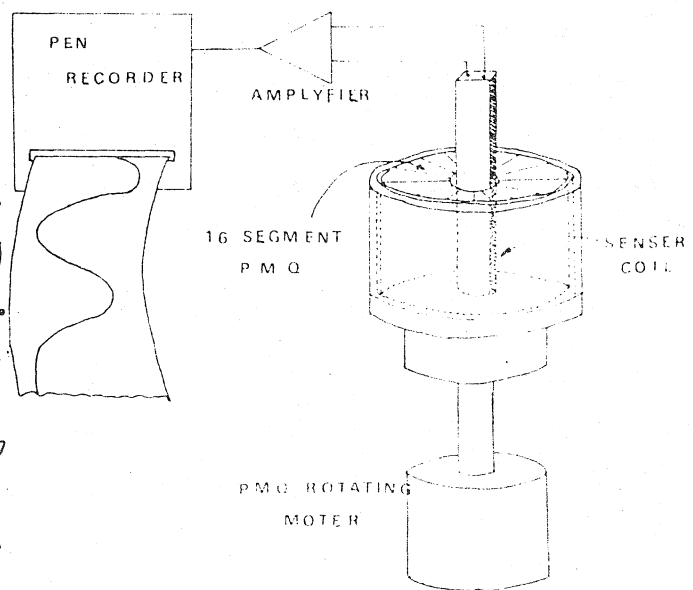


Fig. 3. Block diagram of the field gradient measurement system.

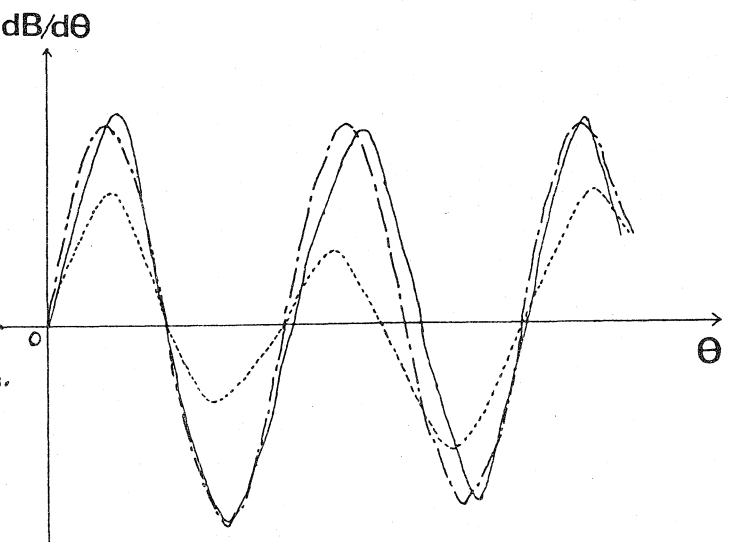


Fig. 4. Field gradient at bore of quadrupole magnet measured by rotational coil. Vertical axis is $dB/d\theta$, and horizontal axis presents θ .

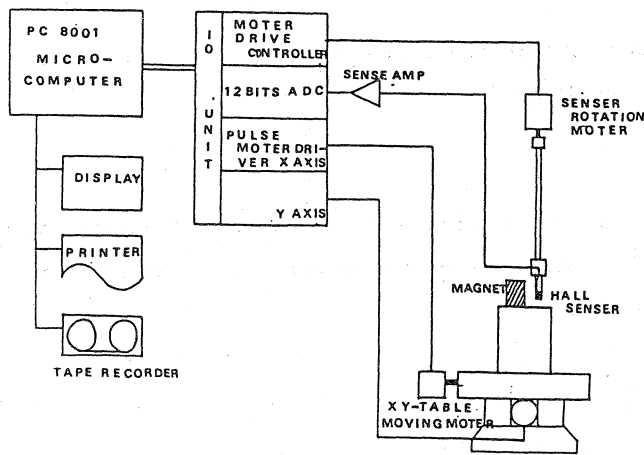


Fig. 5. Block diagram of field distribution measurement system.

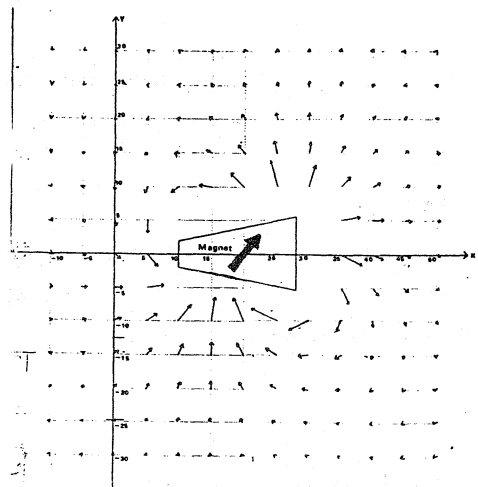


Fig. 6. 2-dimensional measurement of magnetic field by hall element.

くなりやすい。このような測定によって精度の良いさび片を選び出すことができる。またこのような測定装置は四重極磁石の中心軸(2方向)にそった磁場分布の測定にも役立つ。

III まとめ

我々は現在、以上のような測定を行ない数値的な評価を進めている段階である。これらの測定の結果は計算値と対応させることができるので、製作上の精度に関する評価をすることができる。

同時に我々ほも、簡単に組み立てられるような四重極永久磁石を考案中である。四重極あるいは双極磁石は、平均的な方向に一律に磁化をかけた磁石小片を組み合せることによって作られる。これらの磁石小片をぎっしりつめた状態に組むと等価、各小片間の磁力はかなり強く、磁石は受け易いので取り扱いには十分注意しなければならぬという問題はある。だがいろいろな用途に応じて口径磁場を変化させられるようなものが作られれば、電磁石に替わって永久磁石を応用する範囲は広がってくると思われる。

この論文では、四重極永久磁石とその簡単な測定法を紹介するとともに、今後もっと定量的に研究を進めていくつもりである。

References

- 1) K. Halbach, Nucl. Instr. and Meth. 169 (1980) 1.
- 2) K. Halbach, IEEE Trans. NS-26 No. 3 (1979) 3882.
- 3) R. M. Main, J. T. Tanabe and K. Halbach, IEEE Trans. NS-26 No. 3 (1979) 4030.
- 4) K. Halbach, PEP-208, Feb. 1978.