

棒型多重極場マグネットの原理と応用

大阪大学核物理研究センター

池上 栄胤

イオン光学系の1次, 2次, … (N-1)次の集束性の改善には夫々の集束に対して4極, 6極, … 2N極の磁場(又は電場)を使用するのが最も効果的である。しかしイオン光学系の限られた空間に各種の多重極場を配設するのは通常困難である上に従来の多極マグネットは極数の増加にともない漏洩磁束が急激に増大すると言う無駄がある。このような問題を解決するため1台で複数の多重極場を発生するマグネットを考案し、実用の運びとなっているので、その原理を述べる。

一般に2N重極場は磁場中央面(x, y平面)上の原点からの距離xに拘りて $B_z(z=0) = kx^{N-1}$ (kは比例定数)の磁束密度分布を持つ。このような磁場を平板磁性体とコイルで発生させる事を考える。Fig.1のような平板磁性体内部の1対の電流Iが発生する磁場は

$$B_z(x, 0) = (\mu_0 I / 2b) \tanh[\pi(x-x_0)/2b], \quad x, x_0 < a$$

このような電流と平板内面に $\sigma_N x^{N-2}$ の依存性を持つ電流密度で配設した場合の B_z は上式と $\sigma_N x^{N-2}$ の積を x_0 について積分して得られる。Fig.2に $N=2$ (4極場)の場合を示す。磁性体を棒型にした時は以上の考案を又方向についても行なえばよく、棒型ヨーク内空間ほぼ全域に2N重極場が発生する事が理解される。Fig.3, 4に $N=2, 3$ 夫々の場合を示す。磁気ポテンシャルについての考案から平板及至密棒型ヨークより切妻型又は菱棒型ヨークの方がコイル, 消費電力共に半減し、しかも有効空間は全く変わらない事がわかる。磁極端効果の乱れが少ない英ではこの方が遙かに優れている。Fig.5, 6に $N=2, 3$ (6極場)の切妻型, 菱棒型を示す。同様の考案を多角棒型ヨークについても進める事が出来る。(紙面の都合上、多くの例は当日紹介するに止める)

以上の事から以下の事実が判明している。1) 任意の2N'角棒状ヨーク内面に任意の2N重極場を発生させる事が出来る。2) コイル形状の若干の修正でNが整数でない任意の磁場も発生出来る。3) 同一のマグネット内に複数の多極場を重畳して発生せられる。4) 漏洩磁束は多重極度が高い程線束の多極マグネットに比べ格段に少ない。

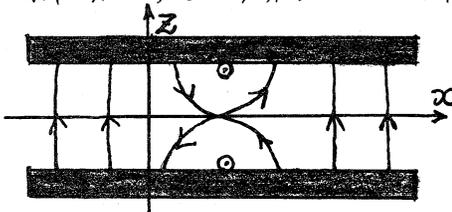


Fig. 1

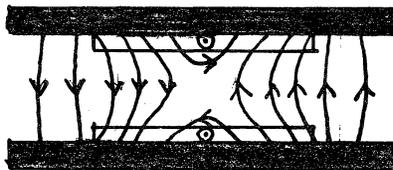


Fig. 2 4極場 (N=2)

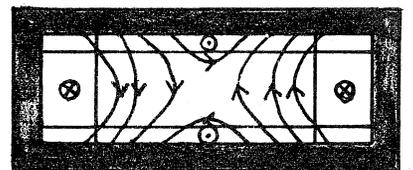


Fig. 3 4極場 (N=2) 密棒型

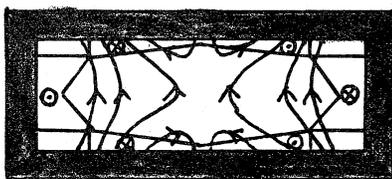


Fig. 4 密棒型6極場 (N=3)

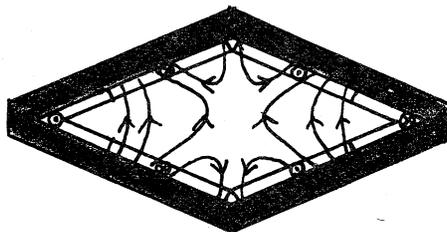


Fig. 5 菱棒型6極場 (N=3)

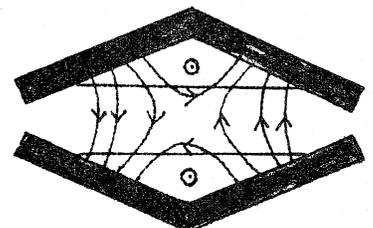


Fig. 6 切妻型4極場 (N=4)