

产生交变强磁场的新技术

罗 阳

(中国科学院三环新材料公司)

本文介绍了产生交变强磁场 ($\geq 15\text{T}$) 的两种实用的设计方案,及初步的实验结果。两者均利用涡流对磁通所产生的屏蔽效应,其基本原理仍属电磁感应和磁通守恒。一种为盘式线圈结构,另一种为螺旋形线圈结构。前者适用于低电压和大电流的场合,后者则更宜于高电压和小电流的情况,而且使用频率可以较高。两种线圈配合使用,则可在从 20—1000Hz 的较宽频段内工作。

文献 [1] 报道了基于涡流屏蔽效应的强磁场装置,在着重介绍高速转盘型恒定强磁场发生器^[2]的同时,也提到了利用涡流产生交变强磁场的 H 型圆筒线圈。由于导体中心区所感生的涡流非常强,甚至使中心孔区的铜导体熔化,因此这类器件已采用导体内通水的冷却系统。此类器件结构简单,利用工频电源即可获得高达 15T 的场强,但因空间有限,实用意义不大。

下面介绍别所一夫最近设计的两种在 20—1000 Hz 频段内可连续获得交变强磁场 ($\geq 15\text{T}$) 的实用型器件。

1. 盘式线圈

这种器件由盘形激励电流线圈和盘式导体构成,线圈沿辐向开缝与下一层线圈搭接,构成一组激励电流线圈。每片盘式导体也从中心沿半径切开一缝,作成扇形,夹于两层线圈之间,

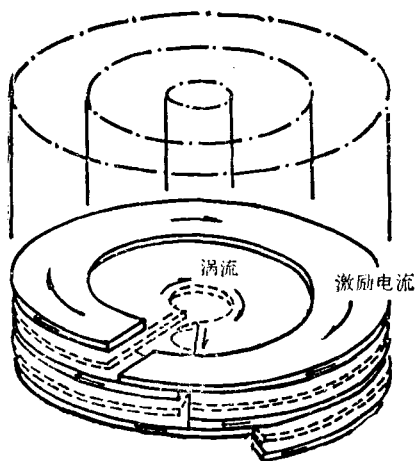


图 1 盘式线圈结构图

彼此隔以绝缘片层。应强调指出,各片导体彼此分隔,并不接触。盘形线圈与导体交替相叠。当交流电通过盘形线圈时,盘式导体内感生反向的涡流,由于导体沿辐向开口,涡流遂被迫在各片导体中自己形成环流,并高度集中于环绕中心孔的区域内。中心孔周围涡流方向与外圈涡流方向正好相反,即与激励电流的方向一致,如图 1 所示。

实际的器件用铜板制作,盘形线圈的外径是 200 mm,宽 60 mm (或 30 mm),厚 1 mm (或 2 mm)。盘式导体的外径和厚度均与线圈的一致。在导体中心孔洞处实测的磁通密度与电压线性相关,如图 2 (a) 所示。不同的直线分别对应于不同的线圈数。显然,线圈数目并不是越多越好,而是存在一个最佳值。

若每片盘式线圈的电压均为 40 mV,则中心孔洞处实测的磁通密度与线圈数目的关系曲线示于图 2 (b)。可以看出,在线圈间放入盘片导体时,磁通显著增高。此即导体中感生的涡流聚焦效应。还发现,当 15 匝线圈配以相应盘片导体时,磁通密度最大。线圈匝数更多时,磁通密度反而降低,原因在于器件的阻抗随线圈匝数呈指数增加,当匝数超过 15 时,阻抗的增加极为显著。将盘式导体沿辐向宽度作四等分,即划分四个同心圆,则电流总值的 46% 集中在最内侧的 1/4 截面内。由里向外,各段截面内的电流各占总值的 25%,17% 和 12%。换言之,盘式线圈的激励电流更多地沿导体内侧流通。

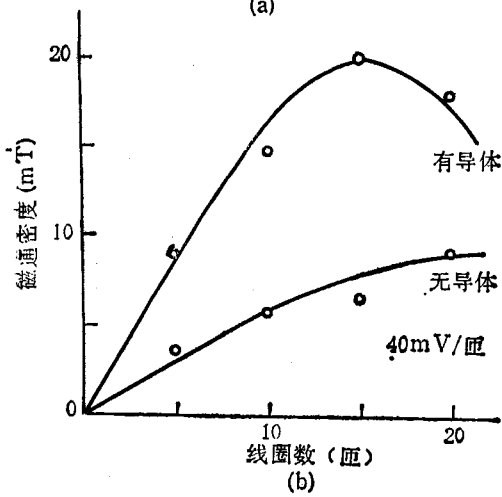
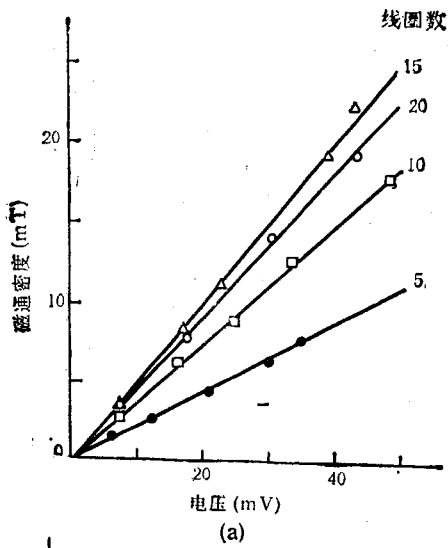


图2 盘式线圈的技术特性

- (a) 磁通密度与电压的相关性(匝数固定);
- (b) 磁通密度与线圈匝数的相关性

2. 螺旋线圈

在另一种器件中,用螺旋形平面线圈代替盘式线圈,结构如图3所示。螺旋线圈的外径是200mm,内径80mm,圈数30,线径2mm。产生涡流的铜盘导体厚2mm。与盘式线圈相比,螺旋形线圈更适合于高电压和小电流,它也可用于低频段,而盘式线圈则适合于低电压和高电流。这样,两种线圈配合使用,即可用于很宽的频段内。

施于每匝线圈的电压保持常值时,磁通密度与盘式导体厚度的相关性见图4。对于附图中所标明的情况2,3和4,盘厚为4mm时磁

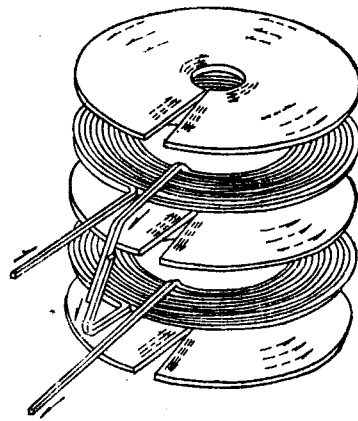


图3 螺旋形线圈的结构

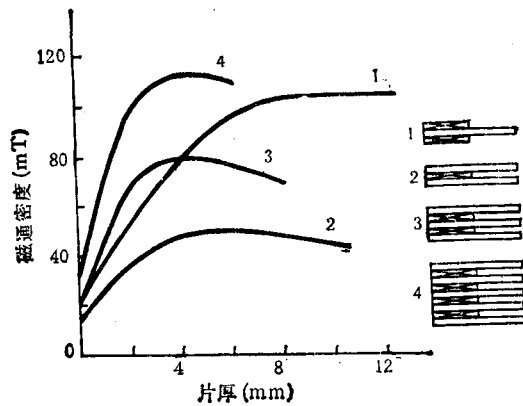


图4 磁通密度与盘片厚度的相关性

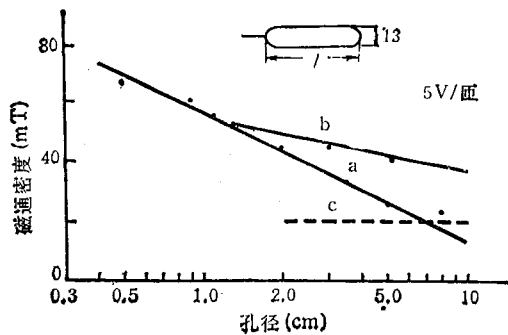


图5 磁通密度与孔径的相关性

通密度最大。单片(情况1)的最大磁通值对应于盘厚8mm。导体孔形与尺寸对磁通的影响极大,以图4中的情况3为例,当每片导体施一定电压时,磁通密度与导体孔径的相关性如图5所示。图中直线a表示圆孔的情况;直线b是孔形为插图所示椭圆形的情况;虚线c则表示不加盘片时线圈中心的磁通密度。不难看

(下转第5页)