

5 平面集成磁件结构的设计

现在高频磁件多选用低造型元件,即平面磁件,大致可分为:薄膜型、厚膜型和印制电路板(PCB)型。尽管它们制造工艺不同,但都有一个共同点,就是不再使用传统的磁芯和用实心圆导线来绕制绕组,磁芯材料一般都用具有高磁导率和电阻率的铁氧体。随着工作频率的提高,磁件的铁芯损耗和发热问题越来越严重,而平面结构的磁件具有较大的散热面积,且热点到其表面的热阻减小,从而有利于散热。平面磁件的铁芯通常采用平面 EI 型铁氧体铁芯。平面磁件的绕组导体通常做成宽片状的印制电路板(PCB)或铜箔,以增大散热面积,减小在高频工作时由集肤效应和临近效应所引起的涡流损耗并有利于散热。

5.1 平面磁件常用的三种结构

一. 薄膜磁件

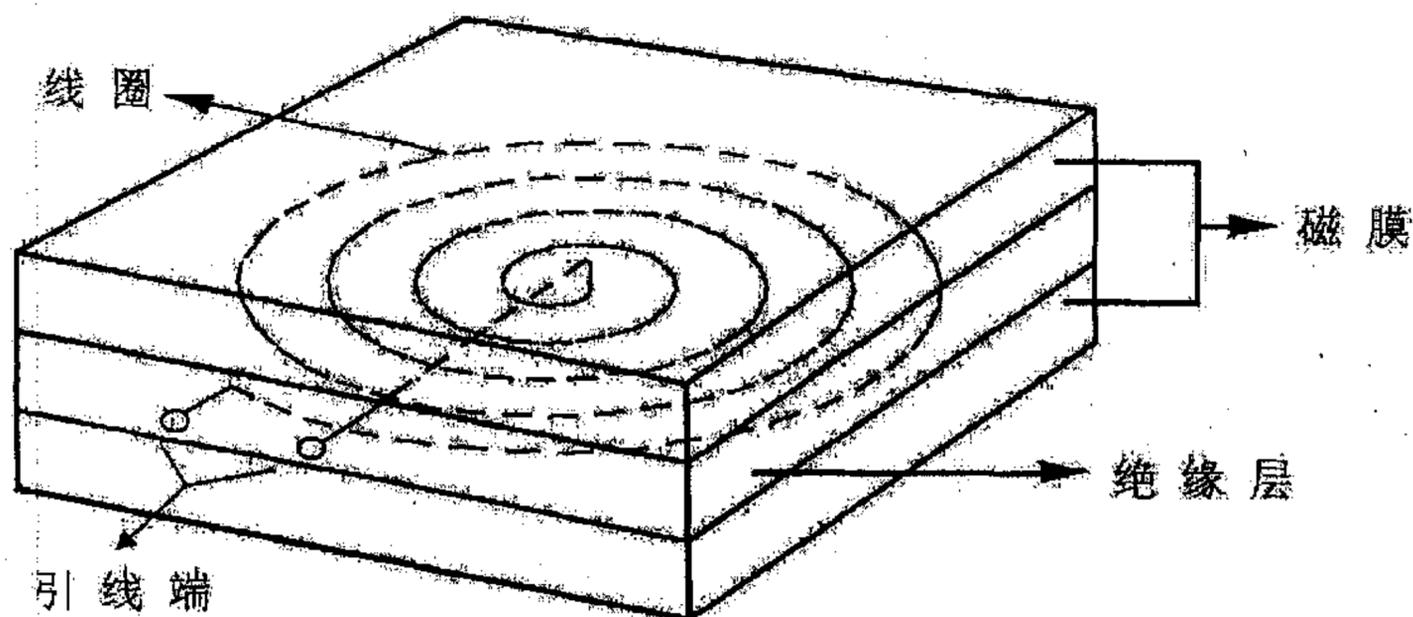


图 5—1 三明治型薄膜电感器

利用薄膜技术来制作磁件的思想首先由美国 R.F.SooHoo 提出,图 5—1 所示的是他采用集成电路工艺制作的三明治型薄膜电感器结构简图。螺旋线圈被夹在上下两磁膜中间,绝缘层将其与磁膜隔开。

薄膜变压器和薄膜集成磁件的制作工艺较为复杂,因为它们通常都具有两个或两个以上的绕组。这些绕组可布置于一个平面上,或分别置于有一定间隔的两个平面上,前者工艺简单,但不及后者安全。

二. 厚膜磁件

采用薄膜技术制作的磁件具有较大的直流电阻,不仅功耗大,电流容量也受到了限制。为了克服以上缺点,除了可选用导电率高的材料,还可以在不改变平面尺寸的情况下增大导体的厚度,因而厚膜技术便得到了应用^[25]。尽管厚膜磁件的功率有了较大的提高,但由于工艺的局限,导体的最大厚度也只能达到几十微米,如果所有导体只分布在一个或者两个平面上,导体的有效截面积还是有限,因而不能通过大电流。为了解决这个问题,可采用导体多层分布技术。虽然整个元件的高度有所增加,但由于导体的截面积增大,可允许较大电流通过。

三. 印制电路板型(PCB 型)磁件

前面所介绍的两种磁件虽然体积小,可集成,但工艺过程较复杂。PCB 型磁件的绕组可利用刚性或柔性的印刷电路板印制,磁芯则选用低造型成品或根据具体需要加工而得。这种元件的优点是可省去线圈骨架,散热性好,而且由于电流沿导体宽度方向分布,较圆形导体而言,可以减少趋肤效应所引起的损耗,缺点是整体高度较前两种较大。由于在实际应用中导体内的电流往往有较大的直流分量,线圈导体采用多层分布,而且每层甚至只有一圈导体,这样便可大大减小铜损。

有的平面变压器直接把绕组印在开关电源主板上,并在主板上预留安装铁芯的孔位,然后把平面 EI 铁芯装上去,做成高功率密度的板上开关电源,如图 5—2(a)所示;有的平面变压器的原、副边绕组由于电流较小而采用双面 PCB 板,如图 5—2 (b)所示;有的平面变压器的原边绕组由于电流较小而采用双面 PCB 板,副边绕组由于电流较大采用铜箔,如图 5—2 (c)所示;也有的平面变压器原、副边绕组采用同一个多层 PCB 板,现在可以达到 20 层^[5]。

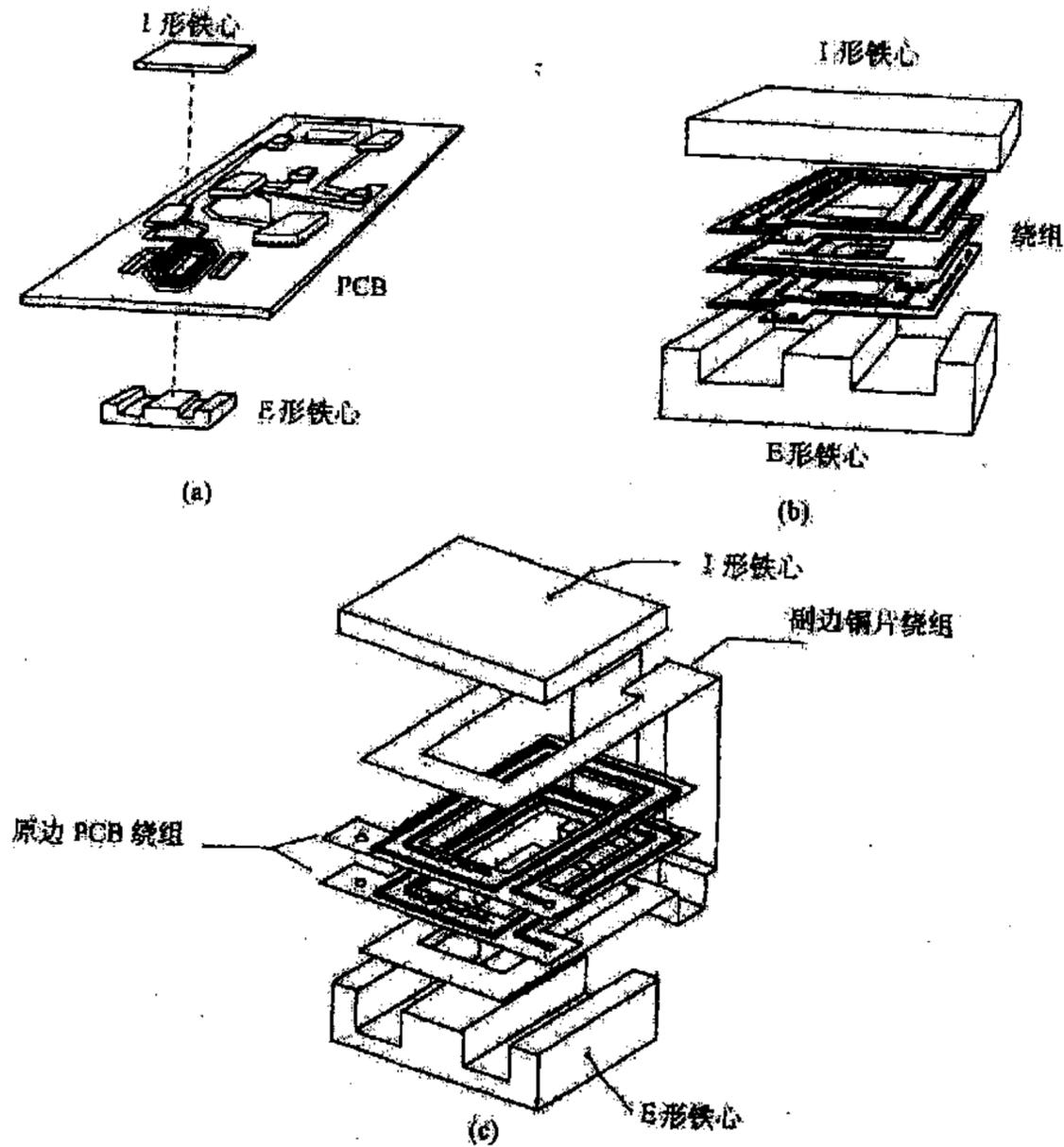


图 5—2 平面变压器的绕组结构

5.2 LLC 谐振变换器平面集成磁件的设计^{[26][27][28][29]}

设计磁性器件的理论依据是电磁场方程，再加上各种限制条件。磁性器件铁芯的最大工作磁密要小于其饱和磁密，铁芯工作磁密的交变量要尽量小，以使铁芯损耗不至于太大。圆铜导线选取应根据三个原则，一，铜导线中流过的电流值应小于导线能通过的最大电流值，以免导线损坏或者失效。二，导线的直径要尽量小，以满足对铁芯窗口的匝数要求，并有利于减小磁件的体积和重量。三，在满足上述两个条件的前提下，线圈导线的截面积应尽可能的大，以使线圈的直流电阻和铜损尽可能小，并考虑集肤效应和临近效应影响，必要时采用多股线绕制和原、副边分层交替绕制。