



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00819460.2

[45] 授权公告日 2005 年 11 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1228795C

[22] 申请日 2000.4.24 [21] 申请号 00819460.2

[86] 国际申请 PCT/US2000/011036 2000.4.24

[87] 国际公布 WO2001/082317 英 2001.11.1

[85] 进入国家阶段日期 2002.10.23

[71] 专利权人 密德康姆股份有限公司

地址 美国南达科他州

[72] 发明人 D·A·埃布尔 J·E·格拉鲍

D·J·J·勒瓦瑟

D·B·里格登 R·W·韦策尔

审查员 李素娟

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

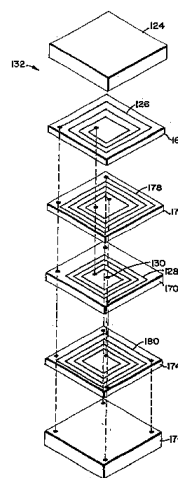
代理人 李家麟

权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 9 页

[54] 发明名称 在磁芯中有电连接的多层变压器

[57] 摘要

用于制造多层变压器(132)的制造方法,装置,和成品,包括了有布置在各层的磁芯区域(114)的多个层(168-174)形成变压器的磁芯,变压器有布置在至少其中一层上的初级线圈(126,128),和布置在至少其中一层上的次级线圈(178,180)。多个互连通路(130)连接层间的初级线圈,并且第二多个互连通道(130)连接层间的次级线圈。在变压器极靠近磁芯的中心布置互连通路,这样,减小了变压器的整个体积,尺寸,重量,和成本而符合标准绝缘安全需要。



1. 一种变压器，有多层带结构，其特征在于，包括：  
一种多层，它限定了形成变压器磁芯的布置在至少两个层上的磁芯区域；  
布置在至少一个层上的初级线圈，初级线圈限定了在至少一层上的中心磁芯区域；  
布置在至少一个层上的次级线圈，次级线圈限定了在至少一层上的中心磁芯区域；和  
第一多个互连通路，连接在层间的初级线圈；  
第二多个互连通路，连接在层间的次级线圈，其中第一和第二互连通路布置在由变压器磁芯的初级和次级线圈限定的磁芯中心区域，  
其中所述次级线圈的始端和末端布置在所述变压器的所述多层的同一层上。
2. 如权利要求 1 所述的变压器，其特征在于，在本发明的另一个实施例中，这些层由共焙烧-陶瓷材料制造。
3. 如权利要求 2 所述的变压器，其特征在于，共焙烧陶瓷材料是低温-共焙烧-陶瓷（LTCC）材料。
4. 如权利要求 2 所述的变压器，其特征在于，共焙烧-陶瓷材料是高温共焙烧-陶瓷（HTCC）材料。
5. 一种多层变压器，其特征在于，包括：  
多个层，它限定了布置在至少两个层上形成变压器磁芯的磁芯区域；  
布置在第一层上的初级线圈，初级线圈限定了在第一层上的中心磁芯区域；  
布置在第二层上的次级线圈，次级线圈限定了在第二层上的中心磁芯区域；  
互相靠近布置的第一和第二层，使得初级线圈和次级线圈以从一层到另一层的交叉关系布置，其中次级线圈的开始端和结束端布置在变压器多个层的同一层上。
6. 如权利要求 5 所述的多层变压器，其特征在于，还包括：  
第一多个连接层间初级线圈的互连通路；和  
连接层间次级线圈的第二多个互连通路。
7. 如权利要求 6 所述的多层变压器，其特征在于，其中第一和第二互连通路布置在由变压器磁芯的初级和次级线圈限定的变压器磁芯中心内。
8. 如权利要求 5 所述的多层变压器，其特征在于，其中初级线圈的开始和

结束端布置在变压器多个层的同一层上。

9. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中初级线圈和次级线圈的开始端和结束端布置在变压器多个层的同一层上。

10. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中多个层是铁磁体共焙烧-陶瓷带。

11. 如权利要求 10 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中铁磁体共焙烧-陶瓷带由低温共焙烧-陶瓷制作(LTCC)。

12. 如权利要求 10 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中铁磁体共焙烧-陶瓷带由高温共焙烧-陶瓷(HTCC)材料制作。

13. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中隔层交叉的初级和次级线圈基本上彼此对准。

14. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中:

初级和次级线圈是各自布置在磁芯中的至少第一和第二层上的初级和次级电传导元件, 通过在第一和第二层间的通路把在第一层上的初级电传导元件的一个端部连接到在第二层的次级电传导元件的一个端部, 第一和第二层互相靠近, 电传导元件垂直于磁芯的磁通线, 布置在由初级线圈限定的中心磁芯区域中的一部分初级电传导元件与由次级线圈限定的在中心磁芯区域中布置的次级电传导元件平行, 两个部分在相反的方向传导大约相等的电流并且产生有相反极性的大约相等的磁场, 这样基本上消除了环绕通路的净磁场。

15. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中布置在相邻层上的初级和次级线圈由第一距离分离, 第一距离小于第二距离, 第二距离是在相同层上初级线圈中的初级电传导元件的两个相邻部分间的间距。

16. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中布置在相邻层上的初级和次级线圈由第一距离分离, 第一距离小于第二距离, 第二距离是在相同层上次级线圈中的次级电传导元件的两个相邻部分间的间距。

17. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中布置在相邻层上的初级和次级线圈由第一距离分离, 第一距离小于第二距离, 第二距离是在初级和次级线圈各自的初级和次级电传导元件间的间距。

19. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中初级线圈是螺旋型。

19. 如权利要求 5 所述的多层变压器, 其特征在于, 其中次级线圈是螺旋

型。

20. 如权利要求 14 所述的多层变压器，其特征在于，其中：

布置在至少第一层上的初级线圈产生初级磁通量；并且

布置在至少次级层上的次级线圈由磁通量耦合到初级线圈上。

21. 一种平衡的多层变压器，其特征在于，包括：

一层或更多层；

布置在这一层或更多层的至少一层上的线圈，线圈产生磁通量；

由线圈形成内部磁芯区域，磁芯区域垂直于磁通量；和

布置在一层或更多层的至少一层顶部的平板，通过平板的横截面区域，该平板提供对磁通量的返回路径，

其中由磁通量覆盖的平板横截面区域与由磁通量覆盖的内部磁芯区域相等；并且

其中一个或更多层都由一种材料形成。

22. 如权利要求 21 所述的平衡的多层变压器，其特征在于，其中一层或更多层都由铁磁体材料形成。

23. 如权利要求 22 所述的平衡的多层变压器，其特征在于，其中铁磁体材料包括：

镍-铜-锌-铁氧体 (NiCuZnFeO)，其中铁氧体 (FeO) 含量是总的 WT% 的 40% - 60%；

占总 (重量) Wt% 的 1% 的铋 (Bi)；和

占总量 Wt% 的 10% 的氧化锌 (ZnO)，其中在陶瓷变压器焙烧后的氧化锌微粒尺寸小于 10  $\mu\text{m}$ 。

24. 一种平衡的多层变压器，其特征在于，包括：

一层或更多层；

布置在这一层或更多层的至少一层上的线圈，线圈产生磁通量；

由线圈形成的内部磁芯区域，磁芯区域垂直于磁通量；

布置在一层或更多层的至少一层顶部的平板，通过平板横截面区域，该平板对磁通量提供返回路径；

其中由磁通量覆盖的平板横截面区域比由磁通量覆盖的内部磁芯区域大；和其中一个或更多的层由一种材料形成。

25. 如权利要求 24 所述的平衡的多层变压器，其特征在于，其中一层或

更多层都由铁磁体材料形成。

26. 如权利要求 25 所述的平衡的多层变压器，其特征在于，其中铁磁体材料包括：

镍-铜-锌-氧化铁 (NiCuZnFeO)，其中铁氧体 (FeO) 含量是总的 WT% 的 40%-60%；

占总 (重量) Wt% 的 1% 的铋 (Bi)；和

占总量 Wt% 的 10% 的氧化锌 (ZnO)，其中在陶瓷变压器焙烧后的氧化锌微粒尺寸小于  $10\ \mu\text{m}$ 。

## 在磁芯中有电连接的多层变压器

### 技术领域

本发明涉及变压器，更具体地，涉及多层陶瓷变压器和方法。

### 背景技术

传统的变压器结构包括线圈和称作磁芯的磁力透过区域。线圈通常由绝缘导线组成并且通常缠绕在磁芯上。线圈也可以缠绕在绝缘的绕线管上，绕线管接着绕磁芯放置。变压器常常有几个有不同匝即圈的线圈来组成初级线圈和次级线圈。

传统的变压器有长的合并的分离磁芯和线圈区域，使得它们就相对磁芯放置线圈而言受到约束。通常，线圈缠绕在磁芯上，这样增加了变压器的整个尺寸和体积。采用当前构造技术把线圈物理地通过磁芯是不切实际的。这样做成本很高又花费时间。另外，大多数通过磁芯材料的可能电路将诱导除了设计的产生的磁场外不需要的磁场。所以，围绕磁芯区域线圈限制了减少传统变压器尺寸的选择余地。减小绝缘变压器的尺寸常常是困难的，因为绝缘变压器的物理尺寸和结构在它的电绝缘特性中起了作用。

除了物理尺寸限制外，通常用于电信应用的变压器也必需符合规范安全标准，因为它们广泛用于将用户的电子设备和通信网络隔离，例如电话网络。许多规范的工具（agency）需要变压器提供一定电压绝缘屏障并且符合变压器中需要的间隙（clearance）距离和漏电（creepage）距离。

间隙距离，定义为在通过空气测量的两个导电部件间的最短距离，并且特别重要，因为空气虽然是好的绝缘体，在足够强的电场下将最终电离并且破坏绝缘屏障。

漏电距离，定义为在沿着绝缘表面测量的两个传导部件间的最短距离，也特别重要，因为在适当的环境条件和足够的时间下，在绝缘表面的两个点间给以足够的电势，绝缘表面将最终被击穿并且导致破坏它的绝缘特性。

通过使用绝缘带，交迭带，清漆，环氧树脂，绝缘线和塑料绕线管制造传统的变压器来符合距离和电压的绝缘需要。使用这些材料的各种结合来保证变压器将经受住所需电压击穿限制和规定距离。

除了物理尺寸限制和电绝缘特性限制，传统的变压器难以自动化制造。因为需要把线圈线头焊接到线轴终端，所以传统的线绕变压器难以自动化制造。另外，在制造工艺中缠绕线圈并且让它们互相分开较难，而且需要许多手工装配劳动。对于较高绝缘电压的行业规范的简单改变将可能需要附加的工艺并且导致变压器的成本超过市场的承受值。

为了克服传统变压器的限制，揭示了许多制造陶瓷变压器的方法。这些陶瓷变压器大多数不强调电隔离需要，诸如需要给出充分电压击穿保护的物理需要。

另外，通常符合安全需要的陶瓷变压器常常不提供充分的性能，诸如常规陶瓷变压器的线圈间的不良耦合。

这样，在工艺上需要有改进的变压器和方法，特别是，低成本，小尺寸的陶瓷变压器易于大批自动化制造并且也符合规范安全需要。

### 发明内容

为了克服在上述现有技术上的限制，并且克服其它在阅读和理解本发明说明书时会清楚的限制，本发明揭示的方法和装置提供了减小物理尺寸和体积而不会不利地影响它的电隔离特性的多层变压器。

在一个实施例中，本发明揭示了一个有多层带结构的变压器，多层带结构包括多个层，它限定了布置在至少形成变压器磁芯的其中两个层上的磁芯区域，初级线圈布置在至少其中一个层上，次级线圈布置在至少其中一个层上，第一多个互连通路连接在层间的初级线圈，第二多个互连通路连接在层间的次级线圈，其中第一和第二互连通路布置在最接近变压器磁芯中心。

在本发明的另一个实施例中，这些层由共焙烧-陶瓷材料制造。

还是在一个实施例中，共焙烧陶瓷材料是低温-共焙烧-陶瓷（LTCC）材料。

在另一个实施例中，共焙烧-陶瓷材料是高温共焙烧-陶瓷（HTCC）材料。

本发明的一个优点是减小了整个变压器的体积，并且制造变压器需要的材料数量也减小了，这明显降低了变压器的整个成本和重量。

本发明也提供了有隔层交叉线圈的多层变压器。在一个实施例中，多层变压器包括多个层，它限定了布置在至少其中两个层上的形成了变压器磁芯的磁芯区域，初级线圈布置在第一层上，次级线圈布置在第二层上，第一和第二层布置得彼此靠近，这样初级线圈和次级线圈以从一层到另一层的隔层交叉关系布置。

还是在一个实施例中，变压器还包括第一多个连接层间初级线圈的互连通路

和连接层间次级线圈的第二多个互连通路。

在一个实施例中，第一和第二互连通路布置在极靠近变压器磁芯中心。

另外在一个实施例中，初级线圈的开始端和结束端布置在变压器一端的多层的相同末端层中。

还是在一个实施例中，多层变压器的次级线圈的开始端和结束端布置在变压器一端的多个层的相同端层。

还是在一个实施例中，多层变压器的初级线圈和次级线圈的开始端和结束端布置在变压器一端的多个层的相同末端层。

在一个实施例中，变压器的多层是铁磁体共焙烧-陶瓷带。共焙烧-陶瓷带由低温共焙烧-陶瓷制作（LTCC）。

在另一个实施例中，共焙烧-陶瓷带由高温共焙烧-陶瓷（HTCC）材料制作。

还是在一个实施例中，初级和次级线圈是各自布置在磁芯中的至少第一和第二层上的初级和次级电传导元件，通过在第一和第二层间的通路把在第一层上的初级电传导元件的一个端部连接到在第二个其中一层的次级电传导元件的一个端部，第一和第二层互相靠近，电传导元件通常垂直于磁芯的磁通线，布置在最靠近通路上的一部分第一电传导元件平行于布置在最靠近通路上的第二电传导元件，这两个部分在相反的方向传导相等的电流，这样基本上消除了环绕通路的磁效应。

另外在一个实施例中，布置在相邻层上的初级和次级线圈由第一距离分开，第一距离小于第二距离，该第二距离是在相同层上初级线圈的初级电传导元件的两个相邻部分间的间距。

另外在一个实施例中，布置在相邻层上的初级和次级线圈由第一距离分开，第一距离小于第二距离，该第二距离是在相同层上次级线圈中的次级电传导元件的两个相邻部分间的间距。

另外在一个实施例中，布置在相邻层上的初级和次级线圈由第一距离分开，第一距离小于第二距离，该第二距离是在初级和次级线圈各自的初级和次级电传导元件间的间距。

另外在一个实施例中，初级线圈是螺旋型。

另外在一个实施例中，次级线圈是螺旋型。

还在一个实施例中，布置在至少第一层上的初级线圈产生初级磁通量，并且布置在至少次级层上的次级线圈由初级磁通量耦合到初级线圈上。

本发明的一个优点是来自变压器的磁通线不会明显地改变，因为围绕通路的

第一和第二电传导元件中的净电流为零。因此，没有明显的杂散磁场引入到变压器磁芯区域。

本发明的另一个优点是线圈间的磁耦合明显地改进。

本发明也提供了平衡的多层变压器。在一个实施例中，变压器包括至少一层并且在这至少一层上布置有线圈，线圈产生磁通量，由线圈形成磁芯区域，磁芯区域基本上垂直于磁通量。在至少一层的顶部布置平板，平板提供对磁通量的返回路径，其中由磁通量覆盖的总的平板横截面区域比由磁通量覆盖的磁芯区域基本相等。

本发明也提供了平衡的多层变压器。在一个实施例中，变压器包括至少一层并且在这至少一层上布置有线圈，线圈产生磁通量，由线圈形成磁芯区域，磁芯区域基本上垂直于磁通量。在至少一层的顶部布置平板，平板提供对磁通量的返回路径，其中由磁通量覆盖的总的平板横截面区域比由磁通量覆盖的磁芯区域大。

本发明的一个优点是平衡变压器实现了具有平衡横截面区域，这样对于给定尺寸的磁通量密度最大。

本发明也提供了用于陶瓷变压器的铁磁体材料。在一个实施例中，材料包括镍-铜-锌-氧化铁 (NiCuZnFeO)，其中铁氧体 (FeO) 含量是总的 WT% 的 40%-60%。铁磁体材料也包含数量只是总 (重量) Wt% 的 1% 的铋 (Bi)，和数量只是总量 Wt% 的 10% 的氧化锌 (ZnO)，其中在焙烧后陶瓷变压器的氧化锌微粒尺寸小于 10 μm。

这些和各种其它表示本发明特性的创新优点和特征由附加的并形成说明书一部分的权利要求指出。但是，为了更好地理解本发明，它的优点，和采用它所得到的产品，并且伴随描述的问题，制作了另外形成说明书一部分的附图作为参考，其中根据本发明示出和描述了装置的特定例子。

### 附图说明

现在参考附图，其中相同的参考数字一直代表相应的部分：

图 1A, B 示出了常规线绕变压器的侧面图和横截面图。

图 2 示出根据本发明较佳实施例的多层变压器顶层平面图。

图 3 示出根据本发明较佳实施例的示出在一个极性中电流的变压器线圈层。

图 4 是根据本发明较佳实施例的示出在图 3 相对极性中的另一个变压器线圈层。

图 5 根据本发明较佳实施例示出的在堆式布置中的如图 3 和 4 所示的两个变压器线圈层，进一步描述了在各层的电流和相应的磁通线。

图 6A, B 示出在常规多层变压器一层上的有分离的初级和次级线圈的磁通线路径。

图 7A, B 根据本发明较佳实施例示出在极靠近多层变压器分离层上的磁通线路径和第一和第二线圈。

图 8A, B 根据本发明较佳实施例示出多层变压器的一层和横截面区域的平面图。

图 9 示出根据本发明较佳实施例的多层变压器的部分分解图。

图 10 示出根据本发明较佳实施例的平衡多层变压器的区域。

图 11A, B 和 C 根据本发明较佳实施例示出不同螺旋线圈图案三个例子的平面图。

### 具体实施方式

本发明提供有多层带结构的变压器。本发明也提供有互连关系耦合的初级和次级线圈的多层变压器。本发明还提供平衡多层变压器。另外，本发明提供用于变压器的铁磁材料。

在下面描述的较佳实施例中，进行了形成说明书一部分的附图的引用，其中通过可以实施本发明的特定实施例示出。可以理解在不背离本发明范围时可以使用其它实施例并且可以作出制造结构的改变。

图 1A 示出常规变压器的侧面图，描述了有开始引线 46 和末端引线 48 的线圈，它们缠绕绝缘绕线管 44 几次。线圈包括绝缘导线。通过线圈 46 和 48 的电流产生了磁场。磁通线垂直于线圈。通过让磁通线通过有低磁阻，即阻力的可透过磁性的芯 42 来建立磁通线用这个方法产生的磁通线，是集成的即加强的。为了进一步保证低磁阻，在磁芯 42 中建立封闭的磁路径 40。通常常规变压器的其它例子有两个或更多的线圈，包括初级和次级的线圈，到磁芯需要至少四个引线接头。

图 1B 示出图 1A 中常规变压器的横截面区域 A-A 的剖面图。磁芯横截面区域垂直于磁通线路径 40 (图 1A)。优化磁芯横截面区域 42 的整个尺寸来匹配磁芯材料最佳磁线密度规格和诸如电感的应用中的电学需要，这是重要的。也包括对线圈区域 50 的进一步描述并澄清线圈缠绕在线圈磁芯 42 部分并且不通过磁芯 42 的中心部分。

图 2 示出根据本发明较佳实施例的多层变压器的顶层。多层变压器的顶层 61 可以包括四个导电的接线垫片和四个导电直通孔，称作通道 60。导电的接线垫片各自对应于初级线圈开始引线和初级线圈末端引线 52, 54。其它导电的接线垫片 56, 58 各自对应于次级线圈开始引线和次级线圈末端引线。顶部平板 61 和后面的所有层可以由铁氧体带材料制造，诸如低温 cofire 陶瓷(LTCC)材料或高温 cofire 陶瓷 (HTCC) 材料，等等。通过传导通路 60 在几层间可以布置和互连初级和次级线圈。主级和次级线圈的开始和末端引线在平板 61 的外部表面 63 上终止。传导通道 60 通常朝向平板 61 的内部部分。在这个实施例中，在相同的平板上布置用于初级线圈和次级线圈的接线垫片。可以理解初级线圈和次级线圈的接线垫片可以布置到不同的平板或层上。

在图 3 中，示出了根据本发明的较佳实施例的多层变压器。在铁氧体带基层上印刷传导材料来形成电传导元件或线圈 62。电流流过线圈 62 产生垂直于并且围绕线圈 62 的磁场 64。通过电流的方向确定磁场 64 的极性。多层变压器各个相继的层具有相似的线圈。各个线圈有一个或更多个带有开始端和结束端的匝并且通过传导通道 60 电连接到传导接线垫片 52, 54, 56, 或 58 (图 2)。可以理解由给定的变压器规格确定每个初级和次级线圈的匝数。线圈 62 把铁氧体基层分成内部磁芯部分 68 和外部磁芯部分 66。传导通道 60 较佳地位于内部磁芯部分 68 来减小变压器的尺寸。可以理解通道或几个通道可以被布置在内部磁芯 68 的外面。因此，在一个较佳的实施例中，所有传导通道可以从层 76 通过内部磁芯部分 68 传到邻近层 74 (图 4 和 5)。通过内部磁芯部分 68 利用通道 60 来互连传导线圈 62 明显地减小了变压器的整个体积而不会不利地影响变压器的磁性质。

图 4 示出了根据本发明较佳实施例的多层变压器的层 74。传导线圈 72 印刷到铁氧体带基层上。电流流过线圈 72 产生垂直于并且环绕线圈 72 的磁场 70。通过电流的方向确定磁场 70 的极性并且它与在变压器相邻层 76 (图 3) 上产生的磁场 64 (图 3) 的极性相反。线圈 72 有一个或更多的匝。线圈的开始端和结束端可以电连接到通过传导通道 60 的传导接线垫片 52, 54, 56, 或 58 (图 2)。线圈 72 把层 74 的铁氧体带基层分成内部磁芯部分 69 和外部磁芯部分 67。传导通路 60 较佳地位于内部磁芯部分 69。因此，所有传导通路可以通过从层 74 到层 76 的内部磁芯部分 69。类似地，由给定的变压器规格确定每个初级和次级线圈的匝数。

根据本发明的这个较佳实施例，图 5 进一步示出多层变压器的层 76 和层 74。层 76 和 74 可以是多层变压器的两个相邻的层，或是两个层的变压器。层 76 的传

导线圈 62 通过采用传导通路 60 电连接到层 74 的传导线圈 72。电流流过线圈 62，产生了磁场 64，磁场与由层 74 上的传导线圈 72 产生的磁场 70 的极性相反。磁场 64 和 70 的极性包围了一部分传导线圈 62 和 72，极性位于变压器的中间磁芯区域，方向彼此相反从而互相抵消。所以，在磁芯区域中心的净磁场为零。这个特点使得互连线圈通过多层变压器的中间磁芯区域时不会不利地影响它的磁特性。另外，变压器的整个体积和成本也可以减小。

本发明的这个较佳实施例提供了平衡的，多层变压器，而符合击穿电压的安全标准或需要。在用户的设备和电话线之间要连接变压器的某些应用中可能需要高达 1500VAC 的绝缘保护。在初级线圈和次级线圈间的绝缘电压常常需要大约 1.6 倍的值而没有多的漏电通过变压器。在一个较佳的实施例中，多层变压器可以包括厚度为 0.0035 英寸的层。层的厚度基本上等于初级线圈和次级线圈之间的距离。层厚度是在线圈中良好得到的磁耦合和提供足够的绝缘保护之间折衷的函数。例如，在线圈间的较厚层比较薄层的绝缘性好。但是，因为线圈是进一步分开的，所以对较厚层的磁耦合比对较薄层上的磁耦合差。

为了改善在多层变压器中的初级和次级线圈间的磁耦合和绝缘特性，本发明也为变压器提供改进的材料。在一个较佳实施例中，材料包括有大约 50% 重量的铁氧体 (FeO) 的镍铁氧体基本材料 (NiCuZnFeO)。为了增加绝缘保护即绝缘电压，在基层材料的合成物中存在的 Bi 要减小到微量而 Zn 的百分比含量也减小了。基层材料大体上是半导体。通过减小在合成物中的 Zn 含量，并且把 Zn 颗粒磨成直径尺寸小于  $5-10\ \mu\text{m}$ ，由此得到的阈值电压来控制漏电流到可接受的程度已是足够地高了。合成物中使用的 Zn 的实际百分比含量依赖于诸如 Zn 微粒直径尺寸，在合成物中的杂质数量，以及在变压器层的初级和次级线圈间的整个厚度之类的因子。例如，在较佳的有厚度为 0.0035 英寸的实施例中，Zn 含量小于 Wt% (重量百分比) 的 10% 而小于 At% (原子量百分比) 的 4%。可以理解可以基于特定应用所需的最小绝缘电压和漏电流可以使用不同的层厚度。为了符合不同的需要，Zn 微粒直径尺寸，含量百分比，和层厚度可以在本发明的范围之内作出相应的调整或改变。

通常，改进变压器的单个线圈间的耦合系数也需要控制单个线圈的物理设计。在图 3-5 中描述了通过减小各个陶瓷层的厚度和通过中间磁芯区域进行耦合把线圈在物理上靠近在一起。线圈靠得越近，通过各个线圈的磁通线就越多，从而增加了变压器的耦合系数并且产生了电信号的较好转换。

图 6A 和 B 示出了有长的磁路 98 的常规变压器 96 的切面图和横截面图，并且

导致在初级线圈 100 和次级线圈 102 之间的不良耦合。图 6B 进一步示出初级线圈 100 到次级线圈 102 之间必需保持防止绝缘击穿的距离 X。在常规的变压器中，X 也是在相同层上两个线圈间的距离。

根据本发明的这个较佳实施例，图 7A 和 B 示出变压器 110 的放大图和横截面图。在这个变压器中，示出了更短的磁路 112，它导致了在初级线圈 182 和次级线圈 184 之间的良好耦合。在本发明的这个较佳实施例中，布置初级和次级线圈的设计，使得最大数目的磁通线 112 从磁芯区域中心通过初级线圈 182 并且耦合到次级线圈 184 上。如图 7A, B 所示的良好耦合的图案可以通过隔层交叉初级线圈 182 和次级线圈 184 得到。另外，各个线圈 182, 184 有螺旋型来保持平衡的变压器结构并且把线圈间的距离减到最小。在一个实施例中，线圈可以是有环形角直线螺旋图案的或曲线螺旋图案的。图 7A 进一步示出了安装在主要或次级线圈层顶部的平板 118。

另外，在根据本发明的这个较佳实施例中，距离 Y 要选择得小于距离 X（图 6B）。距离 X（图 6B）的范围从 0.005 英寸到 0.100 英寸，在一个较佳实施例中范围可以从 0.006 英寸到 0.050 英寸，而在另外一个较佳实施例中范围可以从 0.006 英寸到 0.010 英寸。距离 Y，也就是，在任意两个相邻线圈中的垂直间距，选择为小于 X（图 6B）来优化电绝缘和磁耦合特性。线圈越近，耦合越强。

图 8A 示出由线圈 120 形成的有磁芯区域 114 的变压器层 122 的平面图。图 8B 根据本发明的这个较佳实施例，示出多层变压器的几层横截面区域的切面图。在图 8B 中，示出了初级线圈层 158, 162 和各自的初级线圈 159, 161，次级线圈层 160, 164 和各自的次级线圈 161, 165，顶部平板 156 和底部平板 166。

图 9 是多层平衡变压器 132 的放大图，示出了端部盖（顶层）124，底部盖（底层）176，分别有初级线圈 126 和 128 的初级线圈层 168, 170，和分别有次级线圈 178 和 180 的次级线圈层 172, 174，和传导通路 130。在根据本发明的这个较佳实施例中，初级线圈层 168 和 170 堆在交替的相邻层上。初级线圈 126 和 128 基本上在各自的顶部对准。类似地，次级线圈层 172 和 174 堆到交替的相邻层上。次级线圈 178 和 180 基本上布置在各自的顶部对准。另外，初级线圈 126 和 128 以及次级线圈 178 和 180 以隔层交叉关系布置到不同层上，并且基本上相互对准来达到在多层变压器中的最佳磁耦合。隔交层初级和次级线圈可以理解存在许多布置。

作为一个实例，表 1 示出了可以用于隔层交叉初级和次级线圈的六种不同组合，其中线圈有不同的匝数。在表 1 中，“P/x”指总的初级匝数并且“S/x”指总

的次级匝数，其中  $x$  是那个线圈的总的匝数。

表 1

组合	1	2	3	4	5	6
	P/1	S/2	P/2	S/4	P/4	S/6
	S/1	P/1	S/1	P/2	S/2	P/3
		S/2	P/2	S/2	P/2	S/3
				P/2	S/2	P/3
				S/4	P/4	S/3
						P/3
						S/6

可以理解可以使用许多其它布置来隔层交叉初级和次级线圈。

图 10 是示出多层变压器的几个横截面区域切面图的变压器层 116 的平面图。图 10 示出内部磁芯区域 214，总的顶部平板的两个侧面区域 218，传导线圈 220 的区域，和层 216 的外部横截面区域 222。由磁通线覆盖的顶部平板横截面区域包括顶部平板区域 218 的所有 4 侧（只有两侧示出）。

在图 10 中示出的参数确定了变压器的整个电感。可以用下面的公式计算电感：

$$L = (0.4\pi N^2 A \mu) / l \cdot 10^8$$

其中  $N$  是由线圈确定的匝数， $A$  是内部磁芯横截面面积 214， $\mu$  是磁芯的导磁率，并且  $l$  是平均磁路长度。本发明多层变压器的整个横截面区域是平衡的，这样，对已给定的变压器尺寸使磁场达到最大。平衡的磁芯横截面区域提供了平衡的变压器，因为当磁通线通过平板横截面区域回来，通过变压器层和通过变压器磁芯横截面区域返回时，磁路不在任意方向上受到约束。

在一个较佳实施例中，由磁通线覆盖的总的平板横截面区域 218 包括所有四个侧面并且基本上等于由磁通线覆盖的磁芯区域 214。

在另一个实施例中，由磁通线覆盖的总的平板横截面区域 218 包括所有的四侧并且大于由磁通线覆盖的磁芯区域 214。

图 11A, B 和 C 是根据本发明这个较佳实施例的三个不同线圈图案的平面图。这些图案是直线螺旋图案 148，有环形角 152 的直线螺旋图案 150，和曲线螺旋图案 154。有环形角的直线图案 150 和曲线图案 154 通过在提供所需匝数时减小螺旋

线圈的总平板区域来帮助降低微量电容量。在制造过程中，圆形角或曲线螺旋也帮助减小线圈的两个传导部段间的短电可能性。

图 1A 和 B 示出的常规线绕变压器有长的分离磁芯 42（图 1A）和线圈区域 50（图 1B）。相对磁芯 42（图 1A）放置线圈是困难的。在本发明的这个较佳实施例中，这些限制被克服了，将传导线圈 62, 72（图 5）通过传导通道 60（图 2, 3, 4, 5）和通过多层陶瓷变压器的中心磁芯区域 68, 69（图 3 和 4）来得到紧凑的尺寸，在线圈间良好的电感耦合，并且满足了安全规则。

本发明的这个较佳实施例可以使用共焙烧陶瓷技术。一个例子是使用低温共焙烧陶瓷技术（LTCC）。另一个例子是使用高温共焙烧陶瓷技术（HTCC）。把磁芯和电绝缘体浇铸成一个带并且由一种铁氧体材料制成。如果必需的话，带基本上切割成包含定位孔的薄片。作为层间传导互连使用的通道可以采用各种在陶瓷混合电路制造工艺上公知的技术在铁氧体带上形成的孔洞。通过用传导材料基本上填充孔洞使通道成为导电的，传导材料诸如银（Ag），钯银（PdAg），铂钯银（PtPdAg），或其它在混合电路制造工艺中通常使用并公知的呈胶或油墨形式的其它传导材料。采用类似的传导元件或合成物在铁氧体带上沉积传导变压器线圈。传导通路由此结束并且电连接到线圈上。通路和线圈可以位于变压器层的中心磁芯区域中。在图 9 所示的形成多层变压器结构的过程中，伴随适当排列的通路，接着可以把单个包括填充通路和沉积传导线圈图案的铁氧体带层堆积到其它层的顶部来保证在各种层间的电连接。接着在诸如加热和压力等等的条件下，可以把堆起来已调整的层熔合一起，并且接着在一个炉中焙烧整个结构，这样形成均匀的单片电路铁氧体多层变压器。焙烧温度的范围从 1300°C 到 800°C。在一个较佳的实施例中，焙烧温度的范围可以从 1000°C-1200°C，或更适宜地在 1100°C 附近。

使用这里揭示的工艺，可以同时制造大批量的变压器，以致通过在铁氧体材料的薄片上形成大阵列的通路和传导线圈可以大批量进行制造它们。在炉中焙烧前或后可以单独取出单个变压器。

当然，工艺上的能手可以理解在不背离本发明精神时在这个工艺中可以进行许多修改。

本发明较佳实施例的以上描述是为了演示和描述。这不意味着无遗漏或限制本发明到所揭示的精确形式。从以上述的观点来看，可以有许多的修改和变化。这意味着本发明的范围不由这个详细描述限制，而是由附加的权利要求限制。

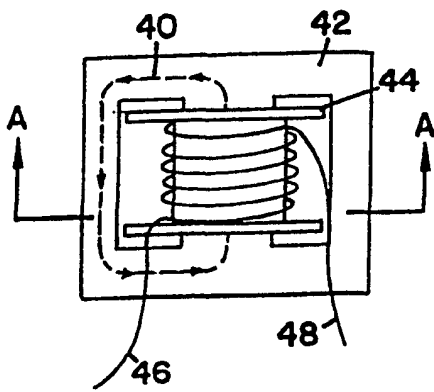


图 1A  
相关工艺

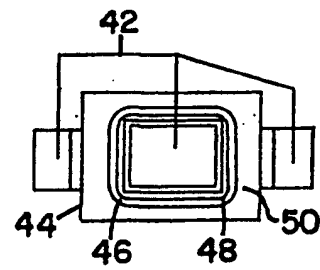


图 1B  
相关工艺

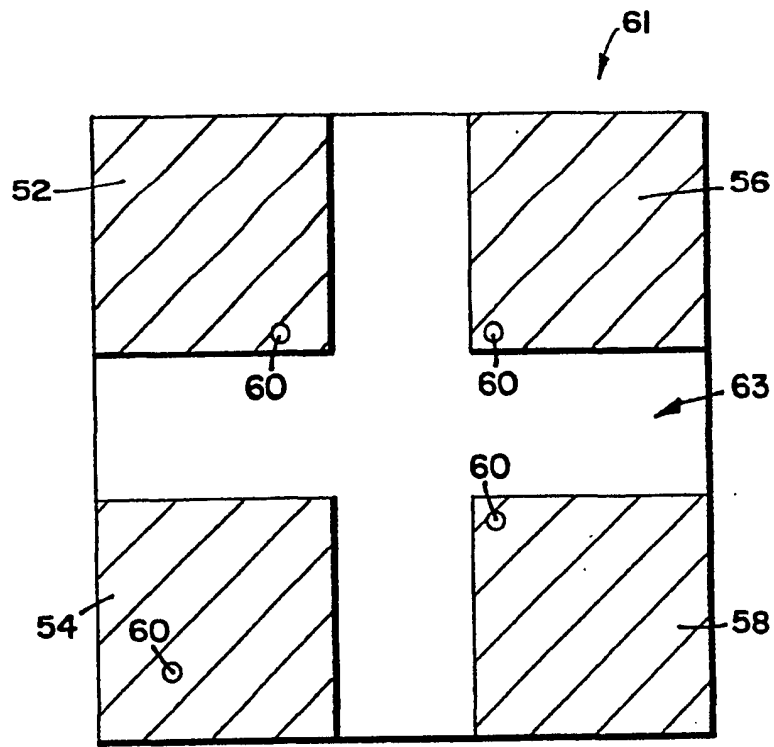


图 2

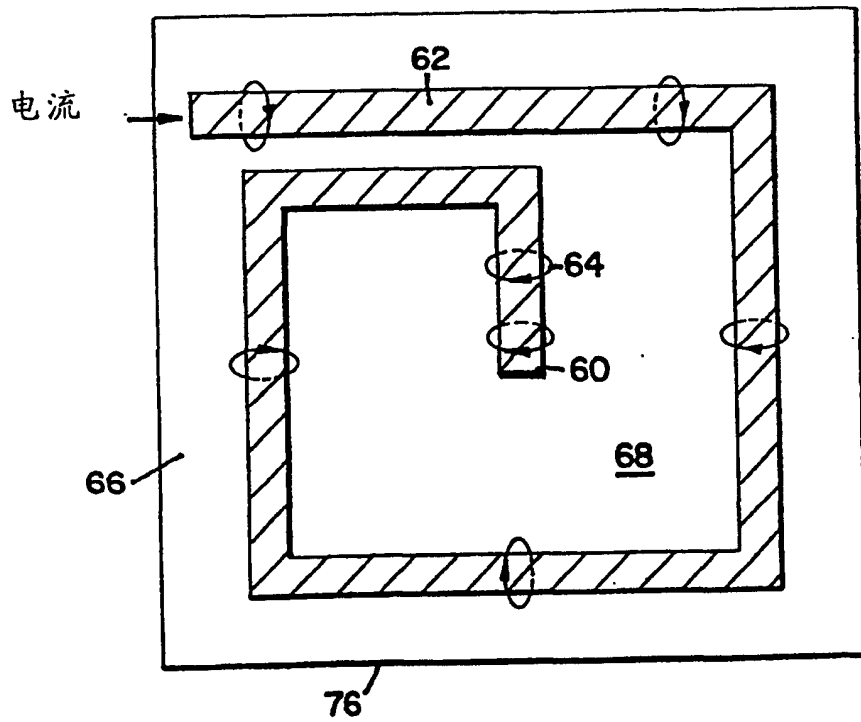


图 3

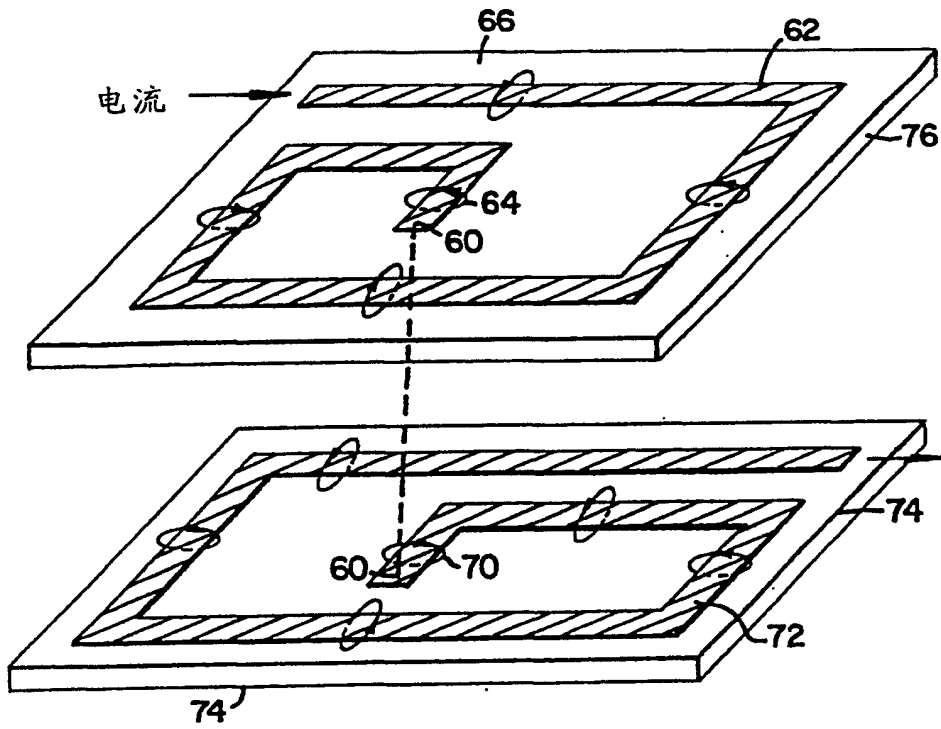


图 5

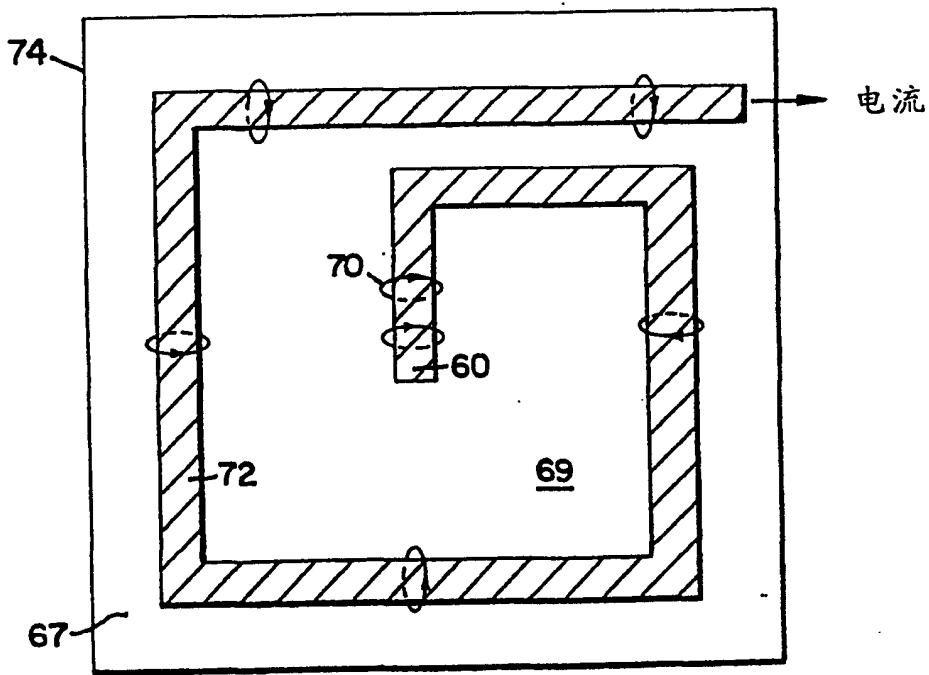


图 6

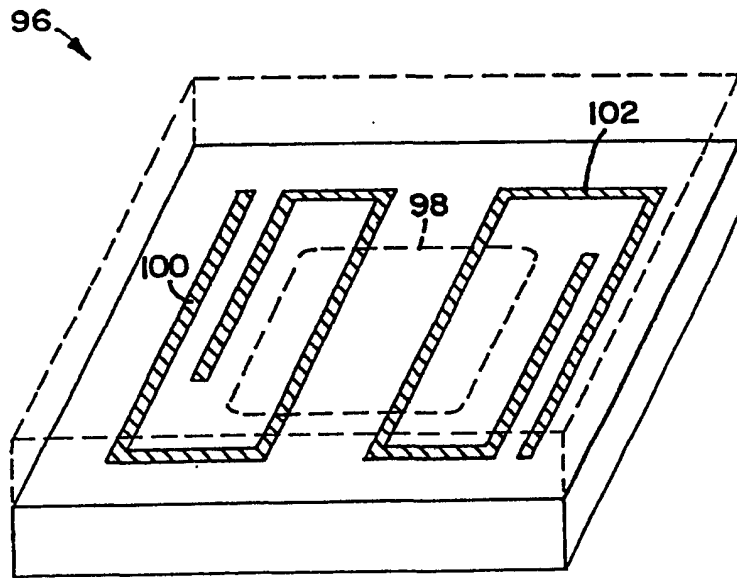


图 6A  
相关工艺

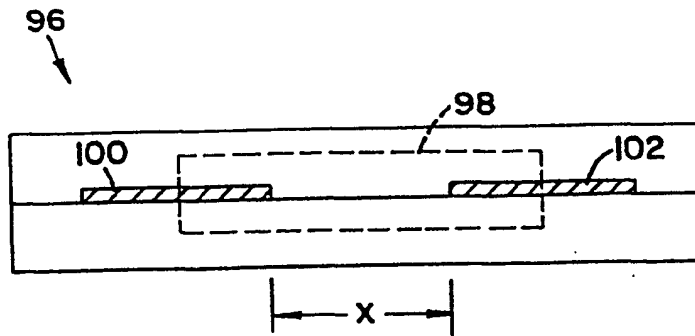


图 6B  
相关工艺

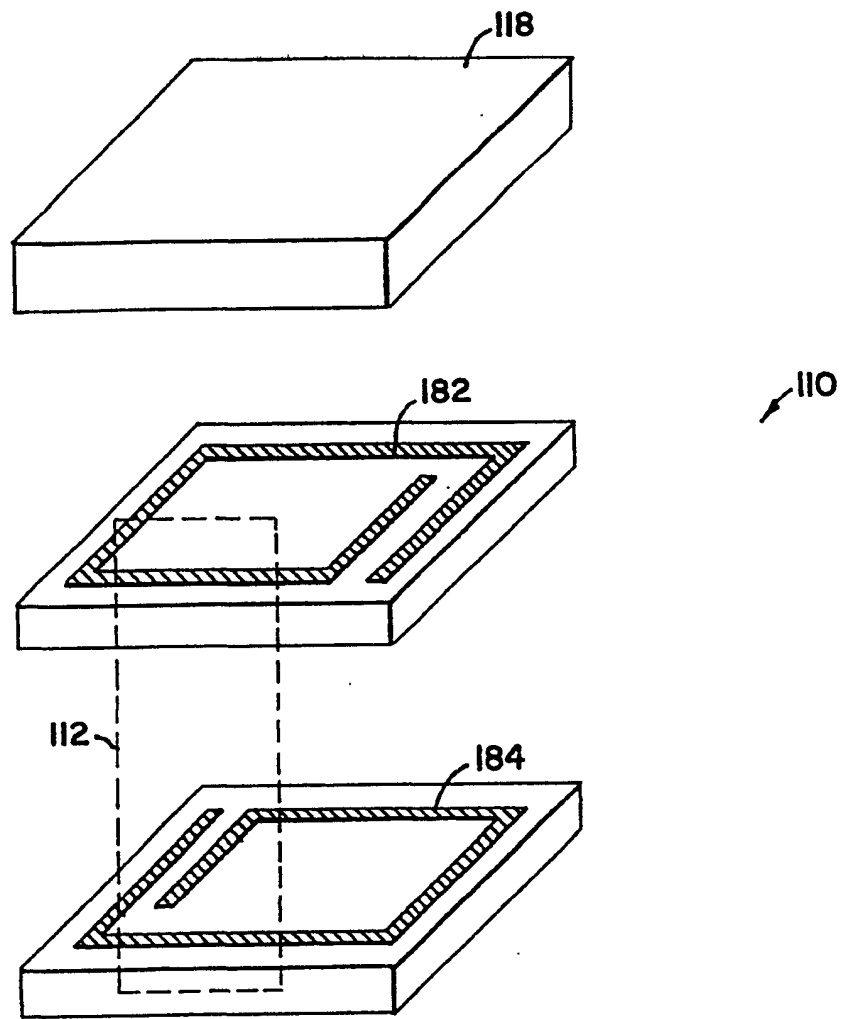


图 7A

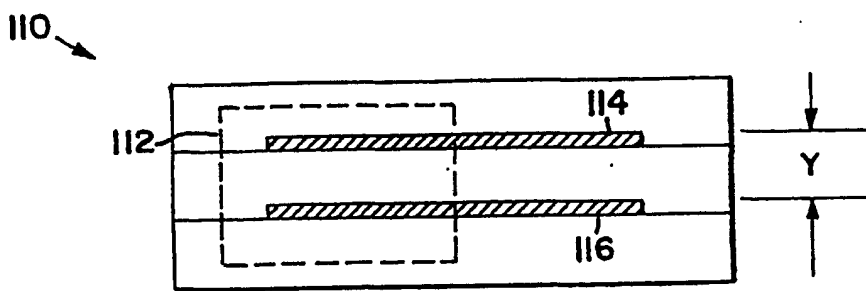


图 7B

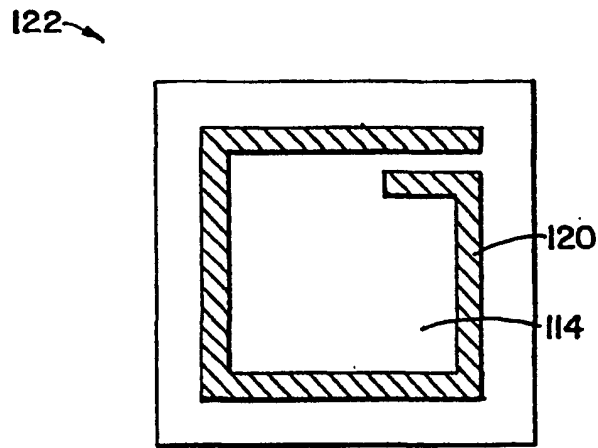


图 8A

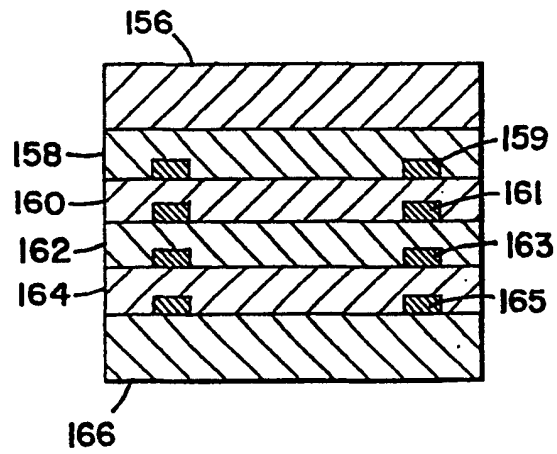


图 8B

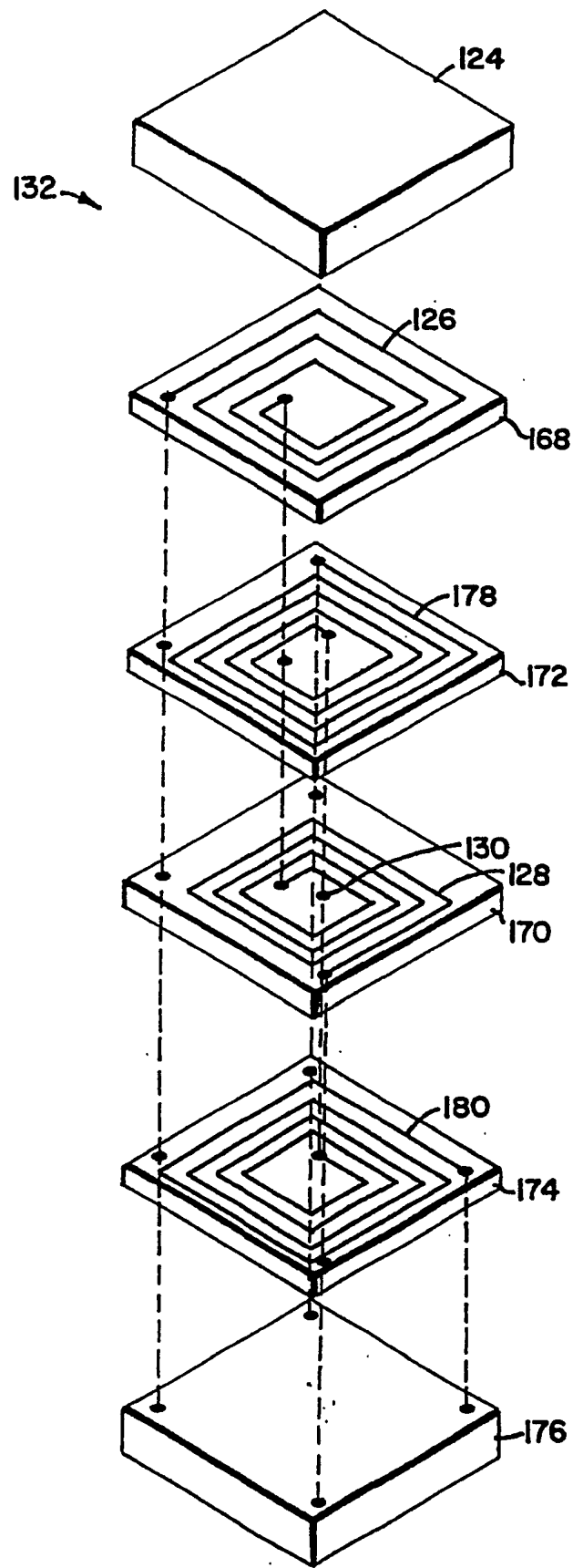


图 9

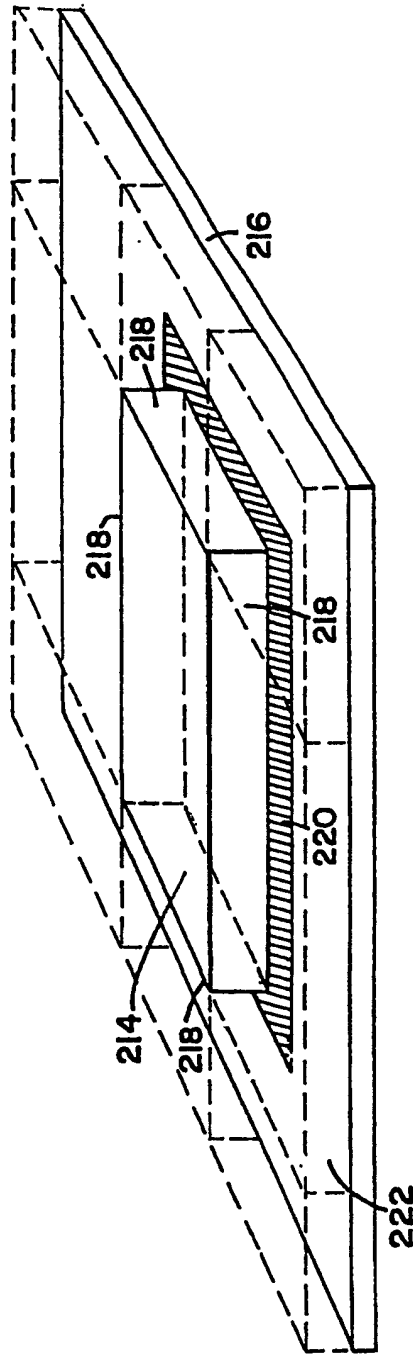


图 10

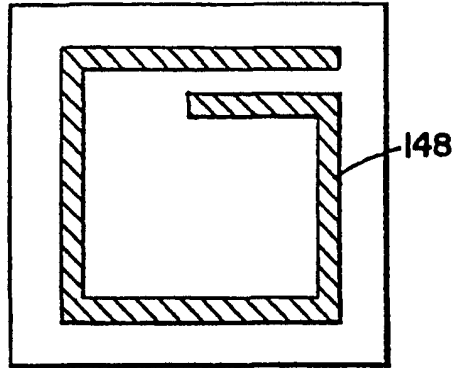


图 11A

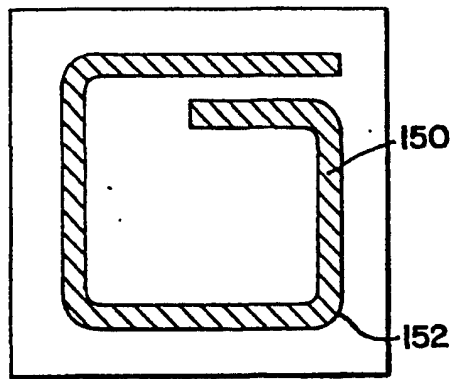


图 11B

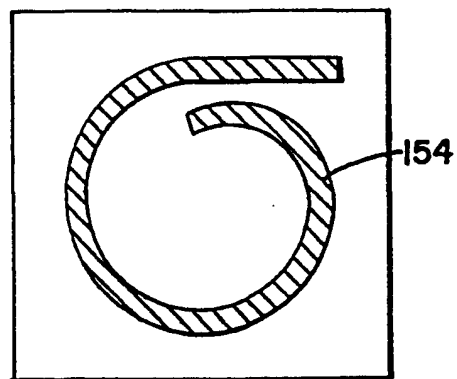


图 11C