

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 15/18 (2006.01)

G01R 19/165 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680053050.X

[43] 公开日 2009年3月4日

[11] 公开号 CN 101379405A

[22] 申请日 2006.12.19

[21] 申请号 200680053050.X

[30] 优先权

[32] 2005.12.19 [33] US [31] 11/311,517

[32] 2005.12.19 [33] US [31] 11/311,603

[32] 2006.6.30 [33] US [31] 11/428,082

[86] 国际申请 PCT/US2006/048325 2006.12.19

[87] 国际公布 WO2007/075617 英 2007.7.5

[85] 进入国家阶段日期 2008.8.19

[71] 申请人 硅谷实验室公司

地址 美国得克萨斯州

[72] 发明人 蒂莫西·J·迪普伊

约翰·B·佩沃卡 威沃克·萨尔达

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 王波波

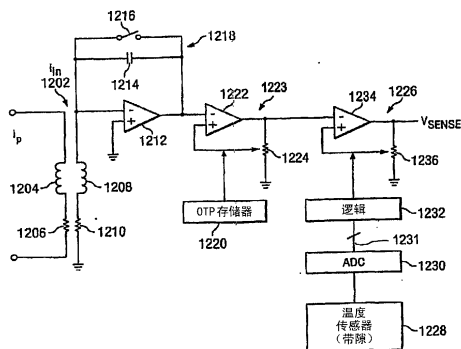
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 16 页

[54] 发明名称

电流传感器

[57] 摘要

一种电流传感器，包括一个或多个电感器，当一个或多个电感器与导体感应耦合时，所述电感器响应导体中的电流而产生感测的输出电流。所述电流感应器包括集成电路管芯，所述管芯包括与一个或多个电感器耦合的积分器电路，所述积分器电路用于响应感测的电流而产生感测的电压，所述感测的电压指示了导体中的第一电流。所述电感器可以被形成在集成电路中，所述导体可以被结合在容纳管芯的封装中。



1. 一种用于感测电流的装置，包括：

至少一个电感器，当所述电感器与导体感应耦合时，所述电感器响应所述导体中的电流而产生感测的电流；以及

集成电路管芯，所述集成电路管芯包括与所述至少一个电感器耦合的积分器电路，所述积分器电路用于响应感测的电流而产生感测的电压，所述感测的电压指示了所述导体中的电流。

2. 如权利要求1所述的用于感测电流的装置，其中，所述至少一个电感器被形成在所述集成电路管芯中。

3. 如权利要求1所述的用于感测电流的装置，其中，所述至少一个电感器被形成在包含所述集成电路管芯的集成电路封装中。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的用于感测电流的装置，还包括包含所述集成电路管芯的集成电路封装，所述导体被形成在所述集成电路封装中。

5. 如权利要求1至3中任一项所述的用于感测电流的装置，还包括包含所述集成电路管芯的集成电路封装，其中，所述导体被形成为印刷电路板的一部分，所述集成电路封装安装在所述印刷电路板上。

6. 如权利要求4所述的用于感测电流的装置，还包括用于支撑集成电路管芯的引线框。

7. 如权利要求1至5中任一项所述的用于感测电流的装置，其中，所述积分器电路还包括：

运算放大器，用于响应输出电流而产生感测的电压；

电容器，连接在所述运算放大器的输入和所述运算放大器的输出之间；以及

开关，连接在所述运算放大器的输入和所述运算放大器的输出之间，用于响应复位信号而复位所述积分器电路。

8. 如权利要求1至7中任一项所述的用于感测电流的装置，还包括：

第一补偿电路，用于针对所述积分器电路中的部件差异而补偿感

测的电压；以及

第二补偿电路，用于响应感测的温度而补偿感测的电压。

9. 如权利要求8所述的用于感测电流的装置，其中，第一补偿电路还包括：

第一可编程放大器，用于响应第一控制值而补偿感测的电压，所述第一控制值将所述第一可编程放大器配置为补偿积分器电路中不同部件之间的差异；以及

存储器，用于存储所述第一控制值；

以及

第二补偿电路还包括：

第二可编程放大器，用于响应第二控制值而补偿感测的电压，所述第二控制值将所述第二可编程放大器配置为补偿温度的差异；

温度传感器，用于产生温度信号；以及

控制逻辑，响应温度信号，用于产生第二控制值。

10. 如权利要求1至9中任一项所述的用于感测电流的装置，其中，响应复位控制信号而复位所述积分器电路。

11. 如权利要求10所述的用于感测电流的装置，其中，所述复位信号是根据用于开关电源的开关控制信号而确定的。

12. 如权利要求1至11中任一项所述的用于感测电流的装置，其中，一个或多个电感器包括与所述积分器电路耦合的两个电感器。

13. 如权利要求1至12中任一项所述的用于感测电流的装置，还包括引线框，用于支撑所述集成电路管芯及用于承载要感测的电流。

14. 如权利要求1至13中任一项所述的用于感测电流的装置，还包括放置在电流承载导体和管芯之间的玻璃电介质，所述一个或多个电感器被形成在所述玻璃电介质上。

15. 一种方法，包括：

在集成电路管芯中的至少一个电感器中产生第一电流，所述至少一个电感器与承载第二电流的导体感应耦合，所述导体在容纳所述集成电路管芯的集成电路封装中；以及

在所述管芯上的积分器电路中对第一电路进行积分，以提供指示

电流的感测的电压。

16. 如权利要求15所述的方法，还包括：由复位控制信号来复位所述积分器电路，所述复位控制信号是根据用于开关电源的开关控制信号而确定的。

17. 如权利要求15至16中任一项所述的方法，还包括针对积分器电路中的部件差异来补偿感测的电压。

18. 如权利要求15至17中任一项所述的方法，还包括响应感测的温度来补偿感测的电压。

19. 如权利要求15至18中任一项所述的方法，还包括感测集成电路的两个电感器中的第一电流，并向积分器电路提供两个电感器中感生的电流。

电流传感器

技术领域

本发明涉及电流传感器，更具体地，涉及具有低损耗、小尺寸、低成本和高精度的改进的电流传感器。

背景技术

在如电源之类的各种电路实现方式中，通常需要检测电路中特定点处提供的电流。例如，检测的电流可以用作反馈，用于控制电路的其他部分。当前，各种技术被用于感测电子电路中的电流，但每个技术都有缺点。如图 1 所示的一种方法利用了电阻器 102 跨接在运算放大器 104 的输入之间，用于提供可以用于确定电流 106 的电压 V_{SENSE} 。可以使用在 10mOhms 范围内的低值电阻器。然而，这个方法的缺点在于电路提供了高损耗。可以通过减小电阻器 102 的值来消除高损耗，然而，这也减小了可以检测到的信号 V_{SENSE} 。虽然这种电路可以用于感测直流（DC）应用中的电流，但是，电阻器 102 一般不能被容易地集成在集成电路上。

现在参照图 2，示出了利用 Hall 效应设备 202 的另一现有技术的系统，所述 Hall 效应器件 202 跨接在运算放大器 204 的输入之间。Hall 效应器件 202 响应电流 206，在运算放大器 204 的输入之间产生了电压，以提供输出信号 V_{SENSE} 。虽然这种方法具有相对低的损耗，可以用于检测直流（DC），但是，Hall 效应器件 202 的使用一般提供了更高成本的电路。进一步，在使用了 Hall 器件的电流传感器中，由于 Hall 电压相对而言是一个较小的值，因此精度和噪声的问题一般更大。

参照图 3，示出了使用磁致电阻传感器的电流传感器。磁致电阻传感器由磁致电阻元件 302 组成，磁致电阻元件 302 跨接在运算放大器 204 的输入之间，以检测电流 306。磁致电阻元件 302 具有如下特性，即该元件的电阻随电流 306 所产生的磁场而改变。这个电路需要

使用特殊的技术，从而提高了设备的成本。此外，即使可以以非常低的损耗感测电流，但是出现了精度问题。

现在参照图 4，示出了一种用于通过使用变流器 402 来检测电流的选择性的现有技术。如图所示，变流器 402 的初级线圈侧 404 带有单个线圈，次级线圈侧 406 带有多个线圈。负载电阻 408 与变流器 402 的次级线圈侧 406 并联。变流器 402 用于检测电流 410。变流器 402 产生等于 I_p/n 的输出电流，其中 I_p 是检测到的电流， n 是变流器 402 的匝数比。在这个配置中，变流器的次级线圈侧的电阻以比例 $1/n^2$ 反映在初级线圈侧。虽然变流器对于检测电流工作地很好，但是其尺寸大并具有中等的损耗水平，而且只能在交流（AC）电路中工作。

另一种测量电路的方法引入了 Rogowski 线圈的使用。不幸地，Rogowski 线圈中感生的电压非常小，当测量的电流小于例如 100Amps 时，容易受干扰。然而，与图 4 所示的变流器相比，Rogowski 电流传感器具有多个优点。例如，Rogowski 电流传感器是线性的，没有磁芯饱和效应，具有宽的带宽和宽的测量范围、和相对简单的结构。Rogowski 线圈包括螺旋管形的绕组，环绕要测量的导体放置。Rogowski 线圈是有效的互感器，与要测量的电感器耦合，其中绕组的输出是正比于电流的变化率的 EMF。虽然上述技术提供了在某些应用中感测电流的启示，但是，如上所述，这些技术各自都具有许多缺点。

需要一种在例如功率电子电路之中的用于检测电流的技术，能够解决上述现有技术的许多缺点。

发明内容

根据本发明的一个实施例，提供了一种方法，用于在集成电路管芯中的至少一个电感器中产生第一电流，所述电感器与承载第二电流的导体感应耦合。所述导体被放置在容纳集成电路管芯的集成电路封装中。所述方法还包括在管芯上的积分器电路中对第一电流进行积分，以提供指示第二电流的感测的电压。

在另一个实施例中，提供了一种用于感测电流的装置，包括至少一个电感器，当电感器与导体感应耦合时，电感器用于响应导体中的

电流产生感测的电流。所述装置还包括集成电路管芯，所述管芯包括与至少一个电感器耦合的积分器电路。积分器电路对感测的电流进行积分并响应感测的电流产生感测的电压，所述感测的电压指示了导体中的电流。

附图说明

参照附图，将更好地理解本发明，对本领域技术人员而言，本发明的多个目的、特征和优点将是显而易见的。

图 1 示出了现有技术的电流传感器。

图 2 示出了另一现有技术的电流传感器。

图 3 示出了又一现有技术的电流传感器。

图 4 示出了另一现有技术的电流传感器。

图 5a 示出了与根据本发明实施例的与大电流承载导线紧密接近的线圈。

图 5b 示出了集成电路的透视截面视图，包括耦合的线圈和导线。

图 6 是集成电流传感器封装的第一实施例的横截面视图。

图 7 是集成电流传感器封装的第一实施例的顶视图。

图 8 是图 6 和 7 中所示的集成电流传感器的模型（等效电路）。

图 9 是集成电流传感器封装的选择性实施例的横截面视图。

图 10 是图 9 的集成电流传感器封装在回流处理步骤之后的横截面。

图 11 是图 9 和 10 中所示的集成电流传感器封装的选择性实施例的模型（等效电路）。

图 12 是集成电流传感器的示意图。

图 13 是示出了在开关电源电路中的集成电流传感器的示意图。

图 14 是示出了图 13 的开关电源电路的操作的定时图。

图 15 示出了用于控制集成电流传感器的复位开关的进一步的电路。

图 16 是集成电流传感器封装的另一实施例的顶视图。

图 17 是图 16 中的集成电流传感器封装的实施例的沿着线 17-17

的横截面视图。

图 18 是图 16 中的集成电流传感器封装的实施例的沿着线 18-18 的另一横截面视图。

图 19 是电路的电示意图，所述电路包括在降压（转换器 buck converter）应用中实现的电流传感器。

图 19a 是示出了图 19 的电路的操作的定时图。

图 20 示出了包括电流传感器的电路，所述传感器带有根据本发明的一个方面配置的复位电路。

图 20a 和 20b 是示出了图 20 的复位电路的操作的定时图。

图 21a 示出了使用两个线圈替代了一个线圈来感测电流的实施例。

图 21b 示出了另一种两个线圈的实施例，其中，在电流传感器封装上实现的电流承载导线是“U”形的。

图 22 示出了双线圈电流传感器的实施例的另一视图。

图 23A 示出了在示例性实施例中，双线圈如何与积分器耦合。

图 23B 示出了示例性双线圈实施例的横截面。

图 24 示出了电流承载导体被放置在印刷电路板上的实施例。

图 25 示出了电流承载导体被放置在承载集成电路管芯的封装的衬底上的实施例。

图 26 示出了一个实施例，其中利用了四层衬底，用于感测电流的电感器被放置在四个衬底的金属层上。

图 27 示出了图 26 所示的实施例的顶视图。

图 28 示出了使用引线框封装的实施例的顶视图。

图 29 示出了图 28 所示的实施例的横截面视图。

图 30 示出了图 28 所示的实施例的另一个横截面视图。

图 31 示出了一个实施例，其中，管芯附着在引线框上，承载要感测的电流的电流承载导体被形成在 PCB 上。

图 32 示出了图 31 所示的实施例的顶视图。

图 33 示出了图 31 所示的实施例的顶视图。

图 34 示出了一个实施例的横截面视图，实施例中管芯通过玻璃电

介质与导体分离，电感器以图案形式形成在所述玻璃电介质上。

图 35 示出了图 34 所示的实施例的顶视图。

图 36 示出了图 34 和 35 所示的实施例的另一个横截面视图。

具体实施方式

现在参照附图，尤其参照图5a，图5a示出了与大电流承载导线（或导体）504紧密接近的线圈或电感器502，使得线圈502和电流承载导线504作为耦合的电感器。耦合的电感器与以下将要讨论的片上电子器件一起，允许以具有非常低的损耗、非常小的尺寸和非常低的成本的实现方式来产生 V_{SENSE} 信号，所述 V_{SENSE} 信号与输入电流 i_p 成正比。一般地，这提供了一种与关于图1-4所描述的实现方式相比更好的解决方案。通过电流承载导线504提供的电流可以高达例如10A。其他实施例可以提供与此相当的通过导体的电流承载能力。线圈502被放置在靠近电流承载导线504的位置，以便建立导线504和线圈502之间的感应耦合。如图所示，导线504只与线圈502的一侧重叠，使得绕组全部向相同的方向，磁通量加在一起。这在线圈502的不与导线504重叠的另一侧中产生了感生电流。

现在参照图5b，图5b示出了图5a中所示的线圈502和导线504的透视截面视图。在这个配置中，耦合的电感器之一被放置在集成电路芯片的管芯部分606顶部的二氧化硅层604中。线圈502由位于二氧化硅层604中的金属层（例如M5层）中的金属组成。导线504放置在二氧化硅层604上足够接近线圈502的位置，使得通过导线504的电流可以在线圈502中的导线504不位于其上方的部分中感应产生另一个电流。

在芯片封装中实现耦合的电感器配置有多种方式。其中第一种包括导体602，如图6所示。导体602可以被沉积在管芯606的二氧化硅层604的顶部。导体602可以包括例如 $15\ \mu\text{m}$ 的铜，或其他合适的高导电性材料。如图所示，电感器502被嵌入二氧化硅层604中。

现在参照图7，图7示出了封装配置的顶视图。导体602被放置在管芯606（在图7中未示出）的二氧化硅层604上。电感器502位于二氧化硅层604中，与导线602平行。连接线702将管芯606上的导体602与外

部输出相连。典型地，键合引线（bond wire）702支持最大电流1-2安培，因此，需要许多键合引线与导体602连接以用于更高的电流。附加键合引线704将管芯606的部分连接至芯片的外部管脚706。使用上述封装配置，可以容易地构造10A的传感器。

现在参照图8，图8提供了图6和7中所示的感应线圈封装的模型（等效电路）。线圈802在初级线圈侧，包括500pH线圈。线圈804在次级线圈侧，包括2 μ H线圈。与500pH线圈802的第一端连接的是与0.5 mOhm电阻器810串联的1.5 mOhm电阻器808。与2 μ H线圈804的一个输出端连接的是20 kOhm电阻器812。0.5 mOhm电阻器810包括由线圈802所提供的电阻。由于铜线602不太粗，并与芯片的线圈502非常靠近，假定从线圈502（例如形成在M5层）与铜线602之间的距离约为2微米，则铜线602与线圈502之间的耦合系数非常好。

现在参照图9，图9示出了一种选择性配置，其中使用了封装引线框和倒装芯片的配置。引线框可以设计如下。管芯902被倒过来放置，二氧化硅层904悬挂在大的铜块（slug）或其他合适的导体906上方一段短的距离处。为了低损耗，铜块906可具有大的横截面面积。在本实施例中，块906具有200 \times 200 μ m的横截面。管芯902被悬挂在焊凸块（solder bump）908上的导体906上方，焊凸块908放置在引线框910的顶部。在器件组装期间，当加热时，焊凸块908回流，导致管芯902的二氧化硅层904直接放置在导体906上。

现在参照图10，图10示出了图9的实施例的视图，其中在回流操作之后，管芯902的二氧化硅层904直接放置在导体906的顶部。

现在参照图11，图11示出了图9和10中所示实施例的电路图。在这个图中，利用了200 \times 200 μ m的铜块906，铜块906距离线圈502 3 μ m，初级线圈侧包括与0.5 mOhm电阻器1104串联的520pH线圈1102。次级线圈侧由2 μ H线圈1106与20 kOhm电阻器1108串联组成。由于块中的低电流密度，耦合系数降低。

参照图16，图16示出了另一配置的顶视图，其中使用了片上引线（lead-on-chip, LOC）配置。管芯1604通过键合引线1606与引线框1602连接。通过例如双面胶带、非导电性环氧树脂或其他电介质

1702，将管芯 1604 附着在电流承载导体（导线）1608 上。电流承载导体 1608 与管芯 1604 中的电感器感应耦合。应注意，虽然为了容易理解，将电介质 1702 示意为比导体更宽，但是，在优选实施例中，电介质 1702 与导体一样宽。

现在参照图 17，图 17 示出了图 16 沿着线 17-17 的横截面视图。如上所述，管芯 1604 经由胶带 1702 与导体 1608 连接。管芯 1604 经由键合引线 1606 与引线框 1602 连接。胶带 1702 可以是例如约 75 μ m 厚。如图所示，该结构被包含在模料（mold compound）1704 中。现在参照图 18，图 18 示出了图 16 沿着线 18-18 的横截面视图。

转到图 12，图 12 示出了电子电路的示意图，当使用图 5A 和 5B 所示的耦合的电感器来检测电流 i_p 时，必需使用这样的电子电路来重新建立 V_{SENSE} 信号。耦合的电感器 1202 包括上述的配置封装，或选择性地，可以包括不同的未描述的配置封装，所述封装将线圈放置在紧密接近导线的位置，以便将它们感应耦合在一起。初级线圈侧由与电阻器 1206 串联的电感器 1204 来建模。次级线圈侧由与电阻器 1210 连接的电感器 1208 来建模。接着，电阻器 1210 接地。电感器 1208 的与运算放大器 1212 的负（反相）输入连接的另一端输出感生电流 I_n 。运算放大器 1212 的正（非反相）输入接地。

通过次级线圈的电流由电阻器 1210 的电阻损耗决定，由初级线圈电流导出。积分器电路 1218 用于积分感生电流 I_n 。积分器电路 1218 包括运算放大器 1212、电容器 1214（连接在运算放大器 1212 的输出和运算放大器 1212 的负输入之间）以及与电容器 1214 并联的复位开关 1216（连接在运算放大器 1212 的输出和运算放大器 1212 的负输入之间）。因此，电流 I_n 可以根据下列等式确定：

$$I_n = (L_m / R_1)(di_p / dt)$$

通过在电容器 1214 上的积分，输出电压 V_{SENSE} 根据下列等式得到：

$$V_{SENSE} = 1/C \int I_n dt = (L_m / R_1 C) i_p$$

在这种情况下，很好地控制了互电感 L_m ，但是由于组装的变化，互电感 L_m 在不同部件之间可能变化。电容 C 在不同部件之间可能变化，

并可能被控制在 $\pm 5\%$ 的精度。一般地，电容器 1214 不具有任何明显的温度系数。 R_1 由线圈的金属电阻决定，在不同部件之间可能变化，并等于电阻器 1210 的值，还具有大的温度系数。

为了得到在不同部件之间可能变化的电容 C 的总体精度，可以采用使用一次可编程 (OTP) 存储器 1220 的出厂校准。在一个优选实施例中，可以利用低成本的 32 位 OTP 存储器。OTP 存储器 1220 为可编程增益放大器 1222 提供了控制变量。由可编程放大器 1222、可编程电阻 1224 和 OTP 存储器 1220 组成的第一增益级 1223 补偿电路的不同部件之间的变化。在制造厂，基于在此所做的测量，可以对 OTP 存储器 1220 进行编程。可编程增益放大器 1222 的负输入与运输放大器 1212 的输出连接。可编程电阻 1224 连接在可编程放大器 1222 的输出和地之间。可编程放大器 1222 的正输入与可编程电阻 1224 连接。通过 OTP 存储器 1220 提供的值，控制了可编程电阻 1224 的值，从而控制了第一增益级 1223 的增益。

第二增益级 1226 补偿由器件中的温度变化引起的电阻的差异。使用温度传感器 1228 和模拟数字转换器 (ADC) 1230 来产生数字温度值，用于补偿线圈电阻的温度系数。温度传感器 1228 检测温度并产生温度的模拟表示。ADC 1230 将模拟信号转换为数字信号。数字温度信号经由控制总线 1231 被提供给控制逻辑 1232。在一个实施例中，控制逻辑 1232 可以由查找表组成。查找表可以包括与特定温度值相关联的各种控制值。选择性的实施例可以包括被编程为根据各种温度等级来控制输出的微处理器或其他种类的数字逻辑。控制逻辑 1232 向可编程增益放大器 1234 和可编程电阻 1236 提供了控制值。放大器 1234 的负输入与可编程放大器 1222 的输出连接。可编程电阻器 1236 连接在可编程放大器 1234 与地之间。放大器 1234 的正输入与可编程电阻 1236 连接。经由控制逻辑 1232 的输出，控制了可编程电阻 1236 的特定值，从而控制了第二增益级 1226 的增益。放大器 1234 的输出提供了已补偿的 V_{SENSE} 信号。在运算放大器 1212 响应施加在开关 1216 上的复位信号而被复位的阶段期间，更新由控制逻辑 1232 提供的代码。当感测的电流 i_p 为零时，施加复位信号。

电流传感器被设计用于例如开关电源。当电流 i_p 等于零时，可以向开关 1216 施加复位信号，以复位电容器 1214，响应当前从温度传感器 1228 所感测到的温度，更新经由控制逻辑 1232 施加给放大器 1234 的逻辑值。现在参照图 13，图 13 提供了如何将复位信号施加给降压转换器电路中的电流传感器 1302 的一个示例。在这种情况下，降压转换器电路控制信号 ϕ_2 被施加给晶体管 1304，晶体管 1304 的漏极/源极通道连接在 12 伏和节点 1306 之间。第二晶体管 1308 的漏极/源极通道连接在节点 1306 和节点 1310 之间。晶体管 1308 由第二控制信号 ϕ_1 控制。电流传感器 1302 连接在节点 1310 与地之间，用于检测电流 i_p 并提供控制信号 V_{SENSE} 。电感器 1312 连接在节点 1306 和节点 1314 之间。电容器 1316 连接在节点 1314 与地之间。负载 1318 也连接在节点 1314 与地之间。在一个实施例中，对电流传感器 1302 的开关 1216 的复位信号可以被配置为控制信号 ϕ_2 。

如图 14 所示，当信号 ϕ_1 为低且当信号 ϕ_2 为高，例如在时间 t_1 ，电流 i_p 为零。在阶段 2，当信号 ϕ_2 为高期间，复位积分器 1218，由于在此期间电流 i_p 为零，因此电流传感器将接受信号 ϕ_2 作为输入，以驱动对开关 1216 的复位信号。可以看到，每次信号 ϕ_2 为高，电流 i_p 为零，使得复位信号能够被施加给积分器电路 1218。

现在参照图 15，图 15 示出了一个选择性的实施例，其中对复位开关 1216 的复位信号响应单触发电路而产生，所述单触发电路由负短时脉冲（glitch）检测电路 1502 和单触发电路 1504 组成。如图所示，当电流 i_p 为低，例如在图 14 中的 t_1 ，负短时脉冲检测电路 1502 将检测到电流 i_p 的负沿。作为对这一检测的响应，负短时脉冲检测电路 1502 向单触发电路 1504 产生脉冲。接着，单触发电路 1504 响应来自负短时脉冲检测电路 1502 的脉冲，向复位开关 1216 产生复位信号。也可以利用其他方法用于检测感测的电流 i_p 何时降为零，以向复位开关 1216 产生复位信号。图 13-15 中所示的示例仅作为其中一些实施例的示例而提供。

参照图 19，图 19 描述了降压功率转换器 1900 的相关部分，包括感测由电源+V 提供的电流的电流传感器 1902。参照图 19a，定时图

1970 描述了与转换器 1900 结合使用的各种波形。在这个应用中，信号 ϕ_1 驱动开关 1904 使电流 “i” 流动（从电源 +V 通过电感器 1920），通过电感器 L1 和电容器 C1，向负载 1912 提供功率。流过电感器 1920 的电流 “i” 感应了流过电感器 1922 和电阻器 1924 的电流，对电容器 1926 进行充电。当开关 1904 导通时，开关 1906 位于非导通状态。类似地，当开关 1904 位于非导通状态时，信号 ϕ_2 驱动开关 1906 进入导通状态。开关 1904 和 1906 可以被实现为例如增强模式场效应晶体管（FET）。

如图所示，信号 ϕ_2 也可以作为复位信号，用于驱动开关 1908，开关 1908 在导通时将积分器 1910 的电容器 1926 短路，并复位电流传感器 1902 的积分器 1910。可以认识到，为了不对由积分器 1910 产生的输出信号 VOUT 产生不利影响，在电流 “i” 再次流过电感器 1920 之前关闭复位信号是有利的。在现代功率转换器中，由于信号 ϕ_2 的下降沿和信号 ϕ_1 的上升沿可能稍有重叠，因此这样的要求很难满足。在这种情况下，当电流 “i” 再次开始流过电感器 1920 时，积分器 1910 可能仍处于复位状态。因此，输出信号 VOUT（由积分器 1910 提供）不能提供流过电感器 1920 的电流 “i” 的精确指示。对于如图 19a 所示的电流 “i” 之类的电流尤为如此，其中感生电流正比与 di/dt ，“i” 的改变在 ϕ_1 的起始处最为明显。

转到图 20，示出了根据本发明的一个方面配置的复位电路 1950 与图 19 的电流传感器 1902 结合实现。如在图 20a 和 20b 的定时图 1980 和 1990 中分别示出的控制信号与图 19a 的信号 ϕ_2 相对应。然而，可以认识到，该控制信号可以是例如具有不同极性的不同的信号。复位电路 1950 包括单触发多频振荡器 1960 和与门（或一个或更多逻辑门）1962。如此处所使用的，术语“单触发电路”或“单触发多频振荡器”是具有一个稳定状态的器件，在回到稳定状态之前的一个时间段内响应输入信号而提供输出信号。响应控制信号和在多频振荡器 1960 的输出提供的复位_1 信号，由与门 1962 产生复位信号。复位信号的脉冲宽度与复位和复位_1 信号中最短一个的脉冲宽度相对应。如此，除了控制信号 ϕ_1 和 ϕ_2 的极短的脉冲宽度外，根据实现方式，复位电路 1950

确保了积分器的复位比控制信号短,因此在电流升至实质大于零之前,积分器的复位被释放,从而允许精确地感测电流。可以认识到,上述复位电路可以被容易地结合到包括电流传感器的相同的集成电路中, ϕ_2 (或其他信号)的使用容易地允许了外部定时控制。因此,根据电流传感器的位置,可以为一个外部管脚 706 (图 7) 提供合适的 ϕ_1 或 ϕ_2 控制信号,用于产生复位信号。图 13 和 19 示意了用于降压转换器的示例性放置。

在另一个实施例中,使用了两个线圈替代一个线圈来感测电流。参照图 21a,可以看到两个线圈 2101 和 2103 的顶视图在管芯 2105 中与电流承载导线 2107 在垂直方向上移位放置。为了便于示意而示为单匝的线圈 2101 和 2103 可以是多匝线圈。在示例性实施例中,电流承载导体的宽度是 0.75mm。两个电感器的使用允许明显消除来自外部源的杂散场,从而在特定环境下允许了更精确的电流感测。此外,两个电感器的使用允许感应更多的电流,例如与单电感器实施例相比两倍的电流。在图 21b 所示的另一个实施例中,电流承载导体 2109 具有不同的配置并形成“U”形。也示意了潜在的干扰:导体 2111 和 2115。在两个实施例中,电流承载导体 2107 和 2109 可以是铜,可以形成为用于容纳带有双线圈的管芯的封装中的引线框架的一部分。图 22 示出了双线圈电流传感器实现方式的一个实施例的另一个视图,所述双线圈电流传感器具有在管芯 2205 上的两个线圈 2201 和 2203,两个线圈 2201 和 2203 由电介质插入物 2209 与电流承载导体 2107 分离。电介质插入物可以是玻璃、陶瓷、氧化硅、B 级环氧树脂、双面胶带或其他合适的电介质材料。

图 23A 示意了双线圈如何与积分器耦合的示例性实施例。为了便于示意,从图中省略了复位电路以及校正和温度补偿电路。如图 23A 和 23B 所示,电流流动导体 2207 所产生的磁通量造成线圈 2301 和 2303 中电流的方向。如图 23A 所示,对于两个线圈,电流流动导体 2207 所产生的磁通量的方向是相反的方向(一个向纸页内一个向纸页外),从而在特定应用中,与单线圈实施例相比,在消除来自远场干扰源的干扰方面产生了实质的改进,并增大了从导体 2207 中的电流感应

的感生电流。同样应注意，在图 23 中也示出了单匝线圈。在其他实施例中，线圈可以使用足以提供电流感测能力的合适数目的匝数来实现。

图 23B 示意了图 22 所示的两个电感器的实施例的横截面视图。示出了来自导体 2207 中的电流流动的磁通量 2208。

虽然上述实施例大体示出了电流承载导体结合在带有集成电路管芯的封装中，但是，其他实施例可以想到，在例如其上安装有电流传感器的印刷电路板（PCB）上提供电流承载导体。图 24 示出了一个这样的实施例。器件 2400 包括安装在两层衬底 2403 上的管芯 2401。管芯包括用于例如图 12 和 20 所示的电流传感器和感测电路的电感器 2404。两层衬底在表面 2405 和 2407 具有金属层。衬底可以通过合适的衬底材料，如 BT、FR4、弹性胶带、陶瓷或其他合适的材料来形成。衬底在电流承载导体 2409 和管芯 2401 之间提供了高电压电介质。电流承载导体 2409 是形成在 PCB 2410 上的轨迹。通路 2411 和键合引线 2415 提供了管芯 2401 和印刷电路板 2410 上的附加轨迹 2413 之间的连接。封装上的金属焊盘 2412 经由焊接点 2414 与轨迹 2413 连接。键合引线和管芯被封装在塑料模具 2417 中。将电流承载导体从封装上移开使得封装的制造不那么昂贵，但可以导致电流传感器的校准更加困难，这是由于，根据所需的精度，可能需要在安装在印刷电路板 2410 上之后对其进行校准。

在另一个实施例中，如图 25 所示，电流承载导体 2501 被形成在衬底 2503 上。在图 24 所示的示例中，当封装被焊接至其下的 PCB 2410 时，由于将器件 2400 耦合至印刷电路板 2410 的焊接点 1414 的高度变化，器件 2400 和轨迹 2409 之间的缝隙 2416 将有轻微变化。这影响了感测的精度，可能需要在器件被安装在板上之后对其进行校准。然而，在图 25 所示的实施例中，电流承载导体是器件 2500 的一部分。这意味着，电流承载导体 2501 与电感器 2504 之间的距离仅由电介质 2503 限定，而不由将器件 2500 与 PCB 板连接的焊接点的高度的变化限定。这使得器件更精确，此外允许器件 2500 在安装到 PCB 上之前在制造厂中进行校准。比较图 25 和图 16-18，应注意，主要的区别是，在图 16-18 中管芯与电流承载导体的分离是通过如胶带之类的电介质，而

在图 25 中是通过高电压电介质。在图 25 所示的实施例中，由于电介质更厚以及电介质可以是更好质量的电介质，因此有更好的分离，因此图 25 所示的实施例可以提供更高的电压隔离。

参照图 26，在另一个实施例中，用于感测电流承载导体 2619 中的电流的电感器 2601 被形成在四层衬底 2603 的金属层上。管芯 2605 经由键合引线 2609 和形成在衬底中的通路 2611 与线圈连接。附加通路 2615 和键合引线 2617 为管芯 2605 提供了外部连接。最终，电流承载导体 2619 被形成在如图 24 所示的 PCB 上，或如图 25 所示的封装衬底上。

图 26 中的方法的一个优点在于，电流/承载导体可以被制作得比管芯宽。图 27 示出了电流承载导体被放置在两个线圈之间但明显比线圈大的顶视图。这与电流承载导体被管芯的尺寸限制的选择性实施例相比，可以承载明显更多的电流。

现在参照图 28，示意了一个实施例的顶视图，该实施例中，器件 2800 是在引线框 2808 上支撑管芯 2804 的引线框封装。引线框 2808 提供了电流承载导体。在一个实施例中，引线框 2808 是铜。引线框/导体 2808 通过电介质插入物 2802 与管芯 2804 分离。键合引线 2806 提供了管芯 2804 与封装的外部连接 2809 之间的连接。

现在参照图 29，图 29 示出了图 28 沿着线 29-29 的横截面视图。应注意，电介质插入物 2802 可以是例如玻璃、陶瓷、氧化硅、B 级环氧树脂、双面胶带或其他合适的电介质材料。图 30 示出了图 28 沿着线 30-30 的横截面视图。

图 31 示出了另一个实施例，其中，管芯 3101 被安装在引线框 3102 上。然而，承载要感测的电流的电流承载导体 3105 被形成在 PCB 上而不是使用支撑管芯 3101 的引线框叶片 (paddle) 3101。图 32 示出了图 31 所示的实施例的顶视图。图 33 示出了图 31 所示的器件的另一个顶视图，示出了电流承载导体 3105 在管芯 3101 下方。

现在参照图 34，图 34 示出了一个实施例的横截面视图，该实施例中，管芯 3401 通过玻璃电介质 3405 与例如由引线框形成的导体 3404 分离。然而，与图 30 中的实施例不同，电感器被以图案方式形

成 (pattern) 在玻璃电介质上, 而不是形成在管芯 3401 中的金属层中。由于电感器可以是确定管芯的最小尺寸的一个因素, 因此这允许管芯变小。在玻璃电介质顶部形成电感器可以使用现有技术已知的方式来完成, 例如使用铜、合适的掩模和光阻材料。图 35 示出了图 34 所示的实施例的顶视图。图 36 示出了图 35 所示的实施例的另一个横截面视图。在形成电感器之后, 可以在电感器上形成钝化层 3602。应注意, 由于电感器被形成在玻璃电介质上, 该电感器可以比被形成在管芯中的电感器更大, 从而更敏感。厚度为 100 微米的玻璃电介质在管芯 3401 和电流承载导体之间提供了例如 5 至 10 千伏的隔离。

虽然详细描述了各种实施例, 但是, 应理解, 其中可以做出各种改变、替代或选择, 而不背离由所附权利要求所限定的本发明的范围。

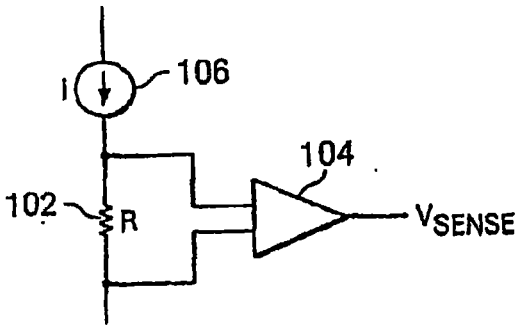


图 1

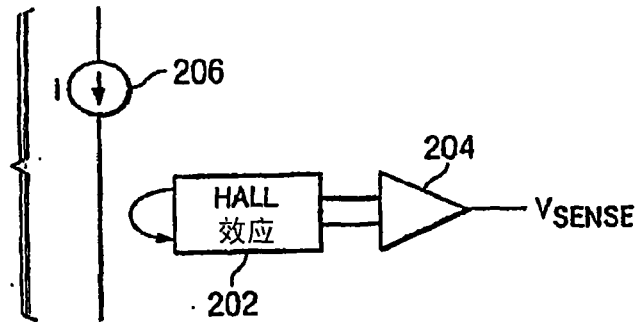


图 2

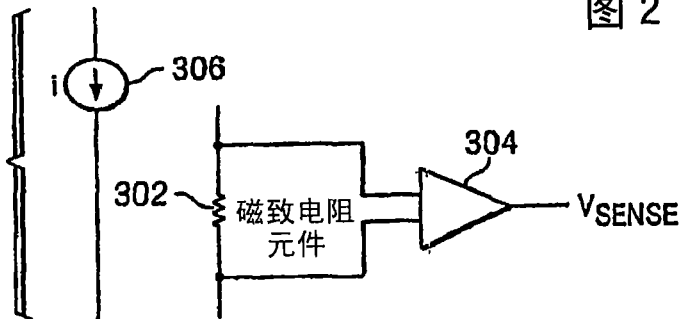


图 3

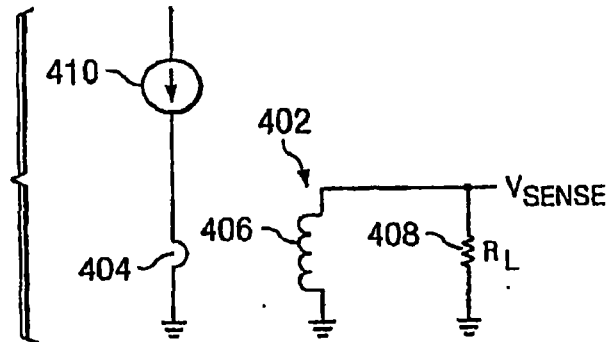


图 4

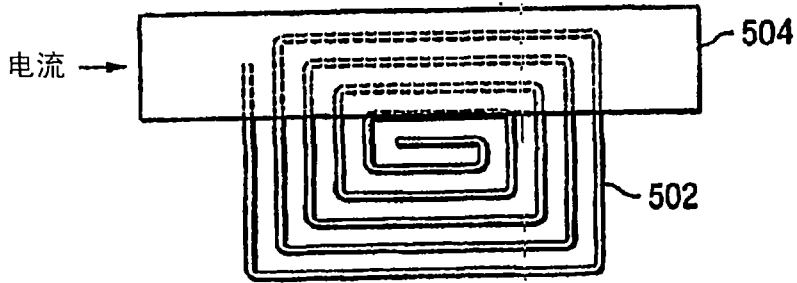


图 5 a

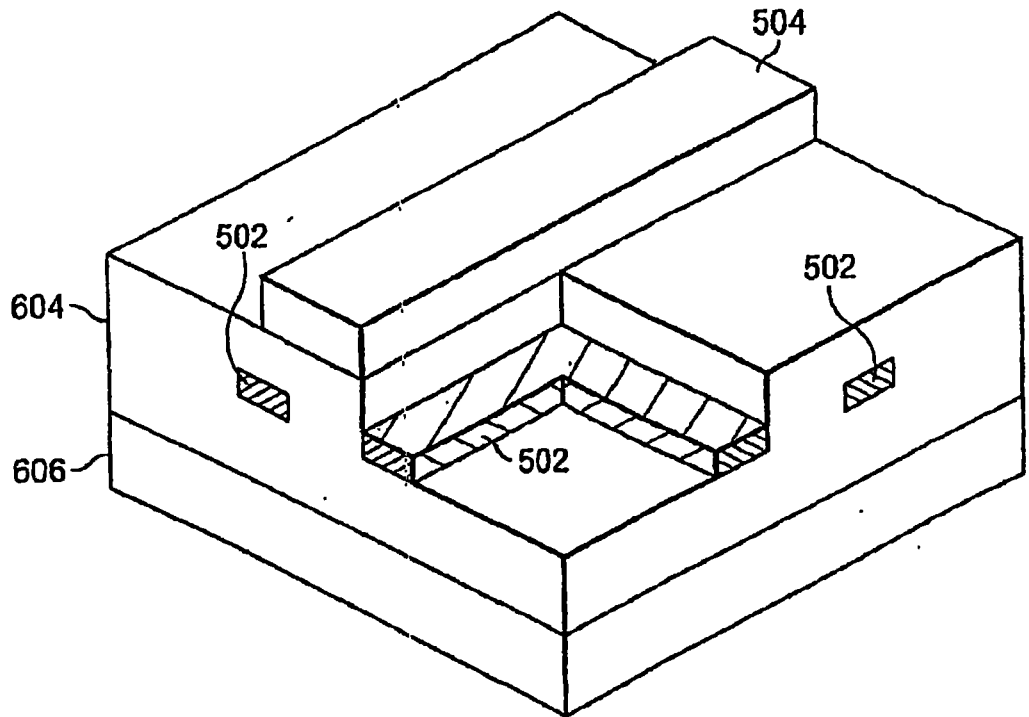


图 5 b

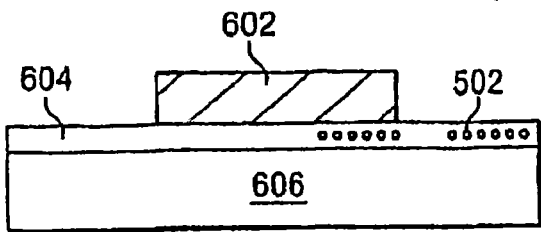


图 6

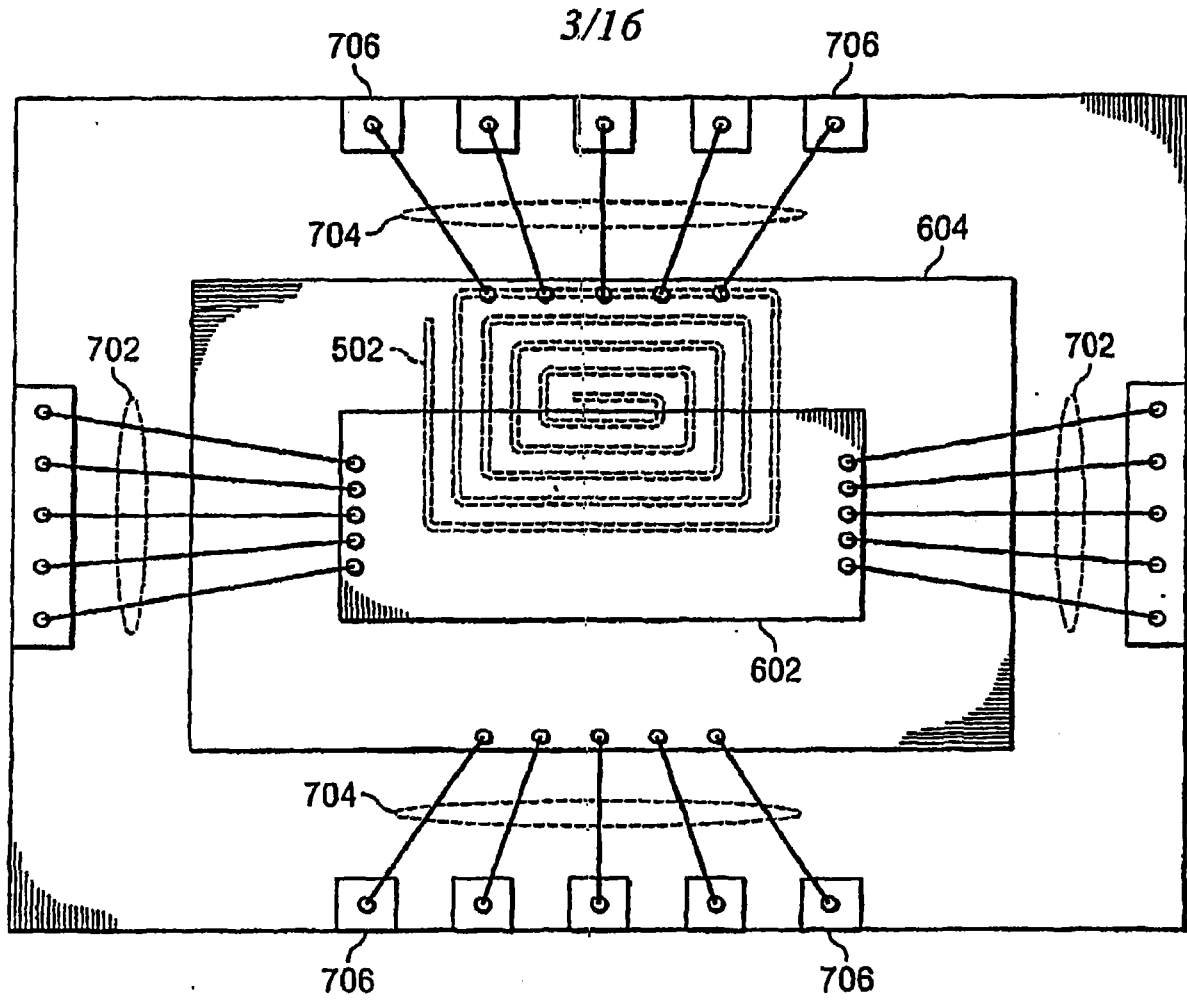


图 7

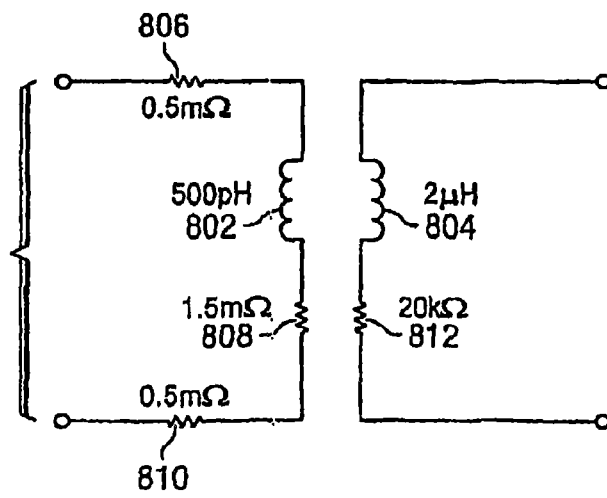


图 8

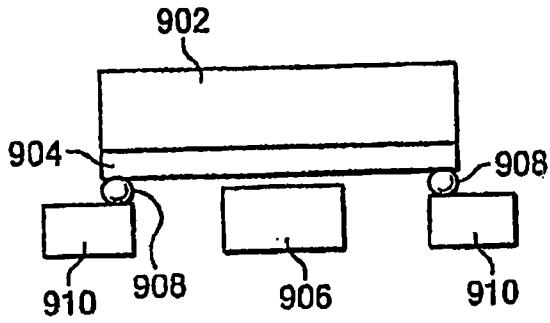


图 9

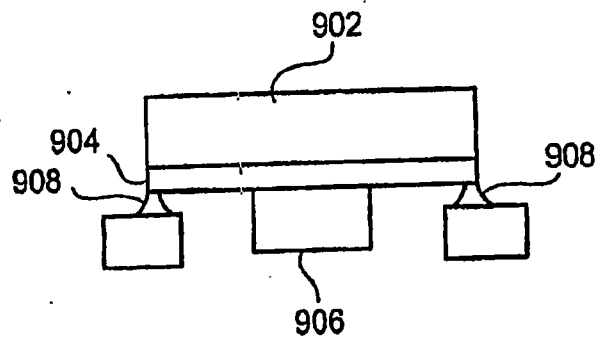


图 10

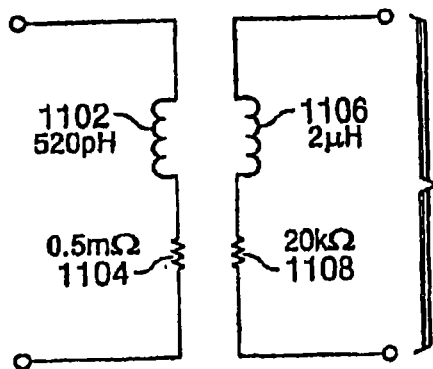


图 11

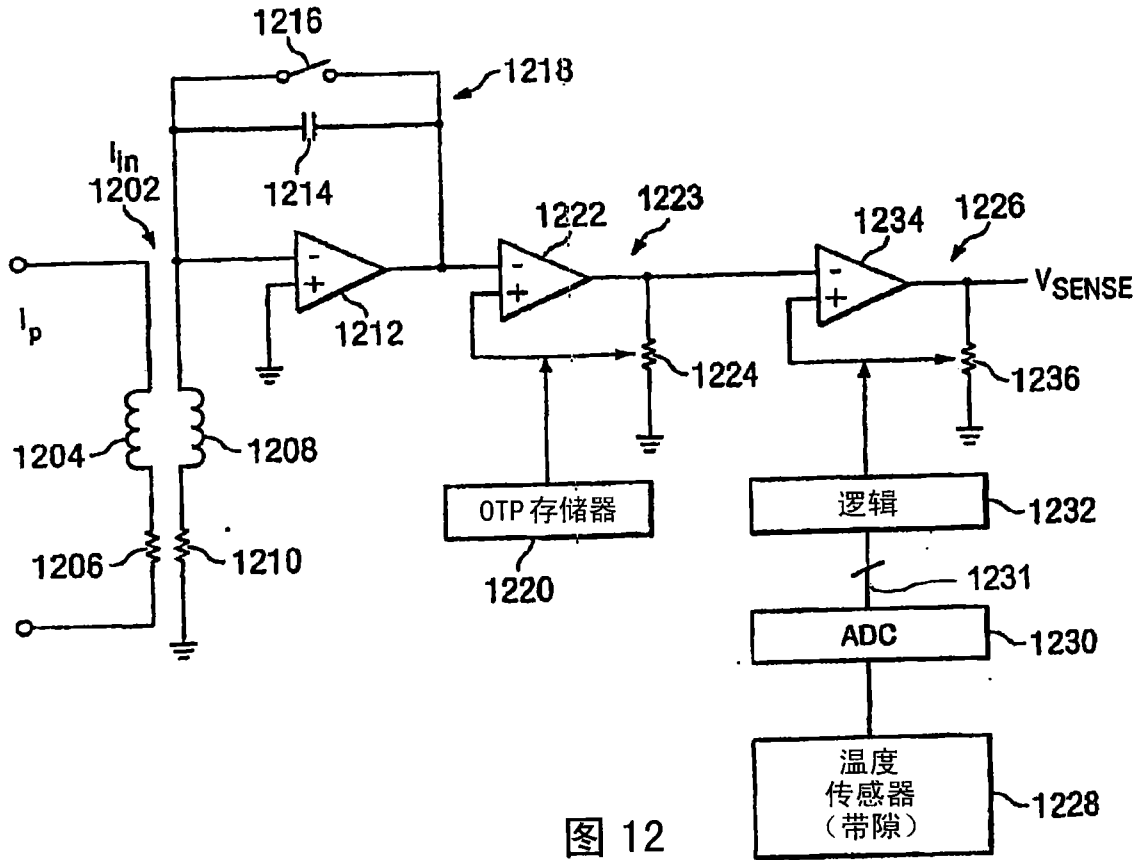


图 12

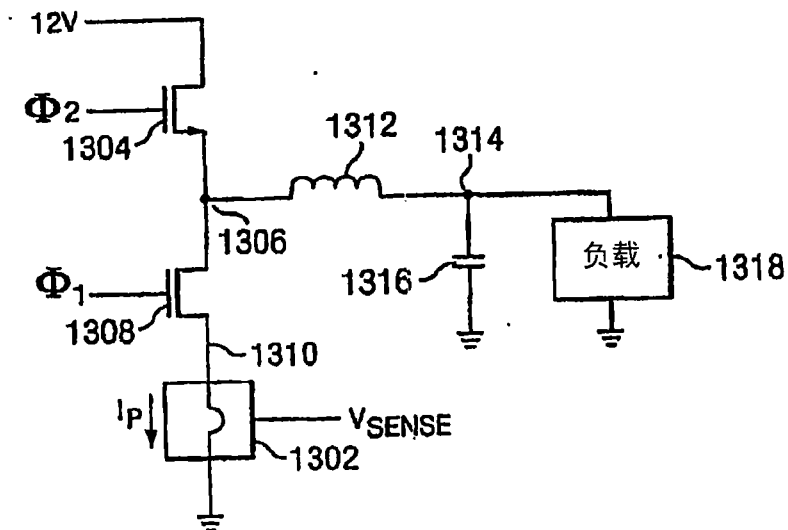


图 13

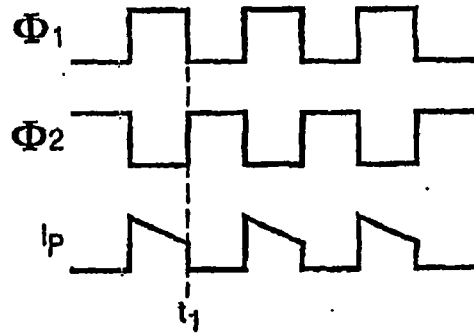


图 14

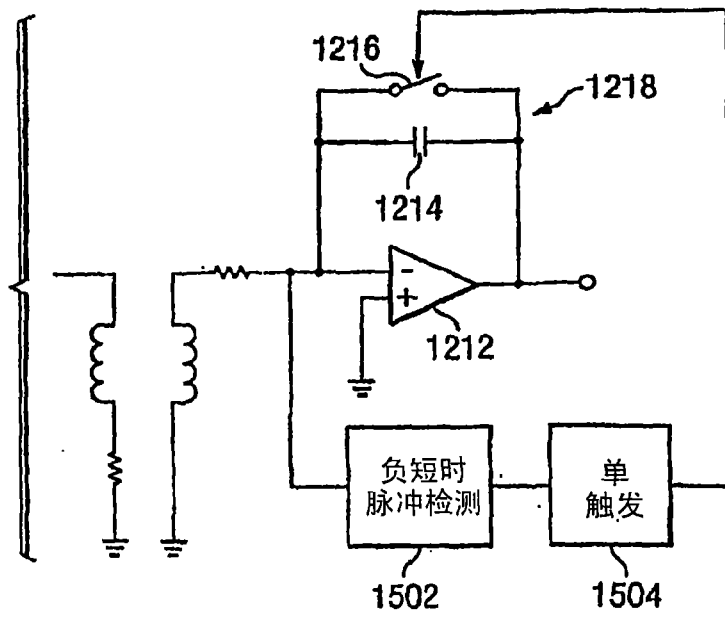


图 15

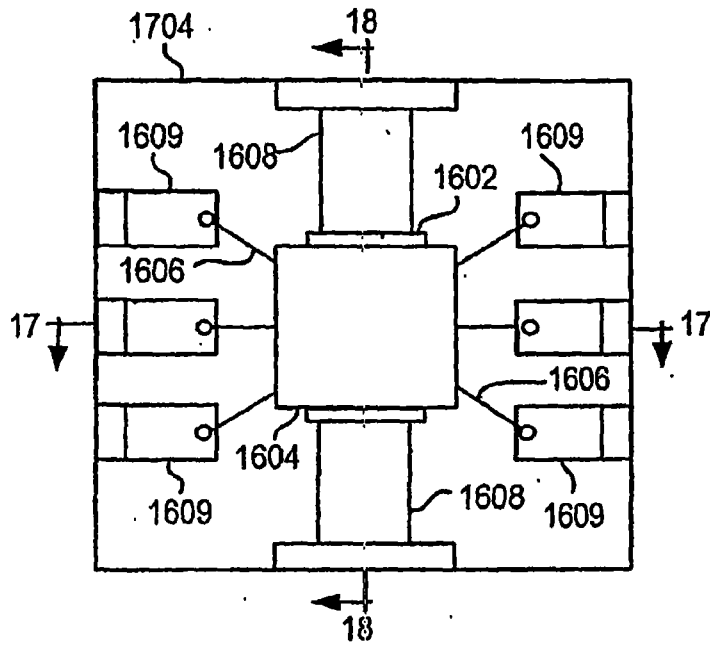


图 16

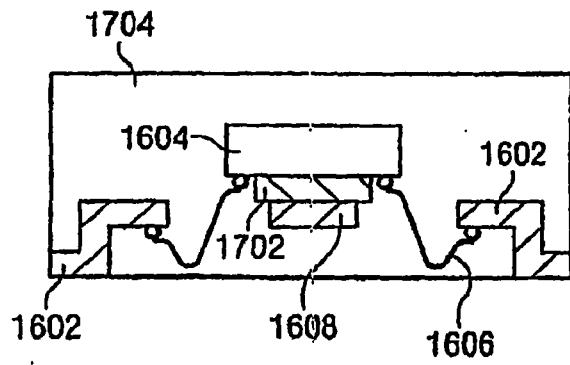


图 17

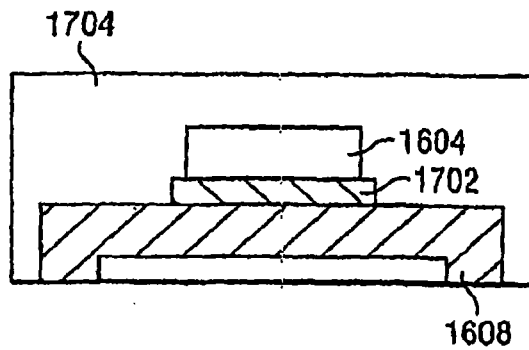


图 18

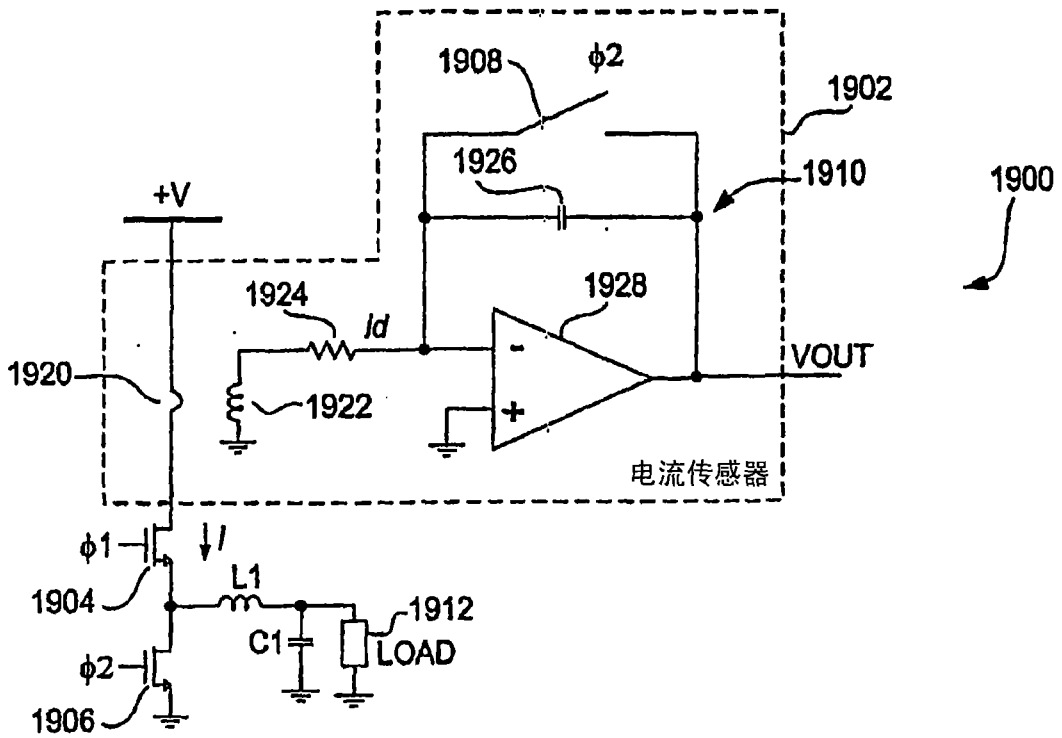


图 19

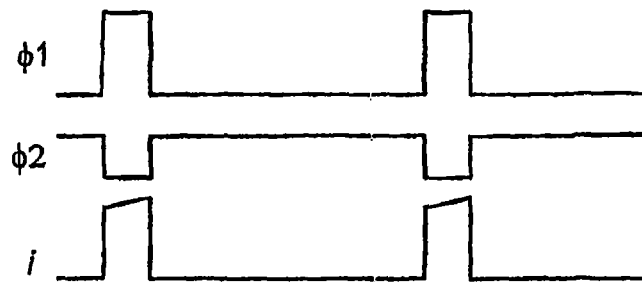


图 19 a

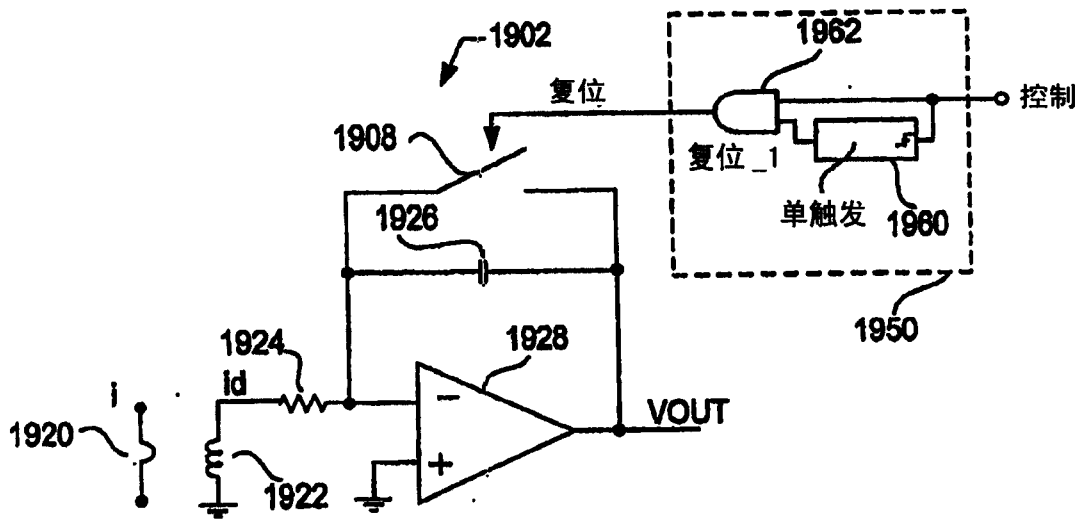


图 20

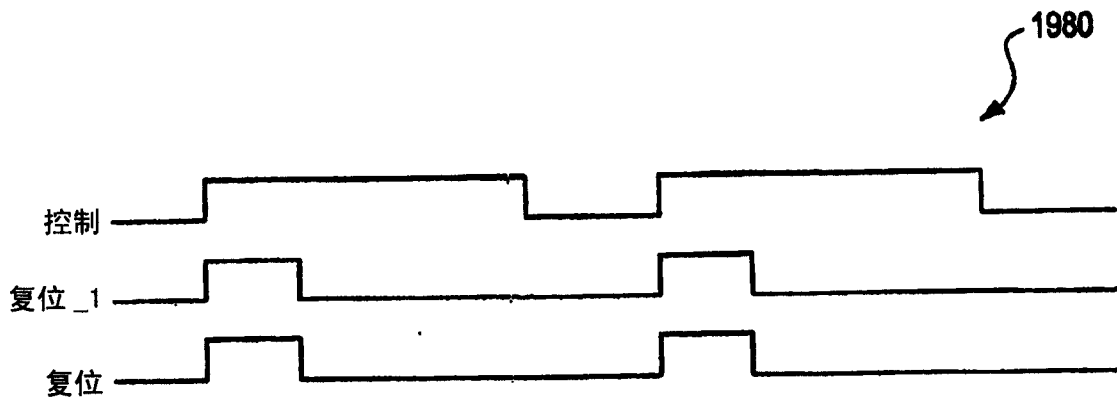


图 20 a

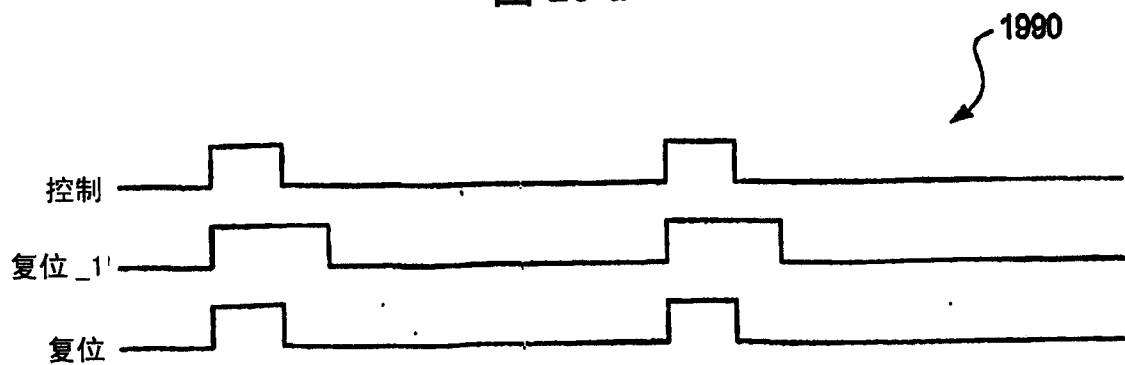


图 20 b

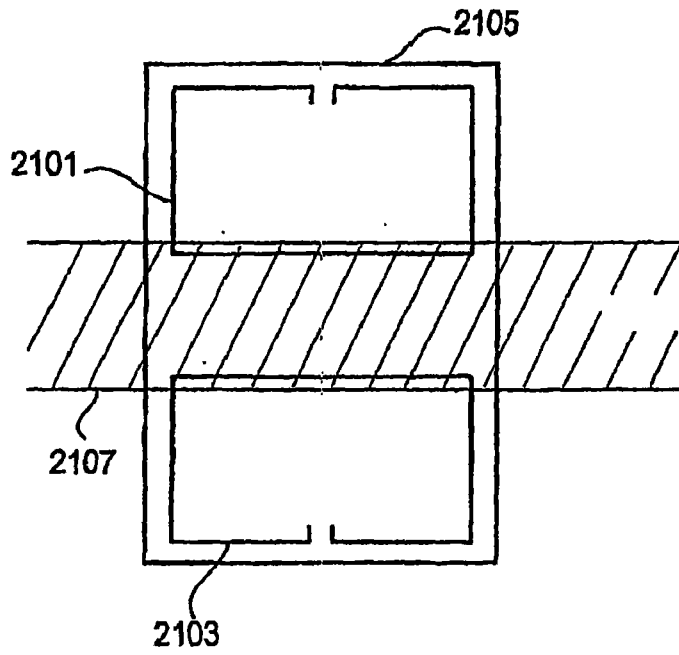


图 21a

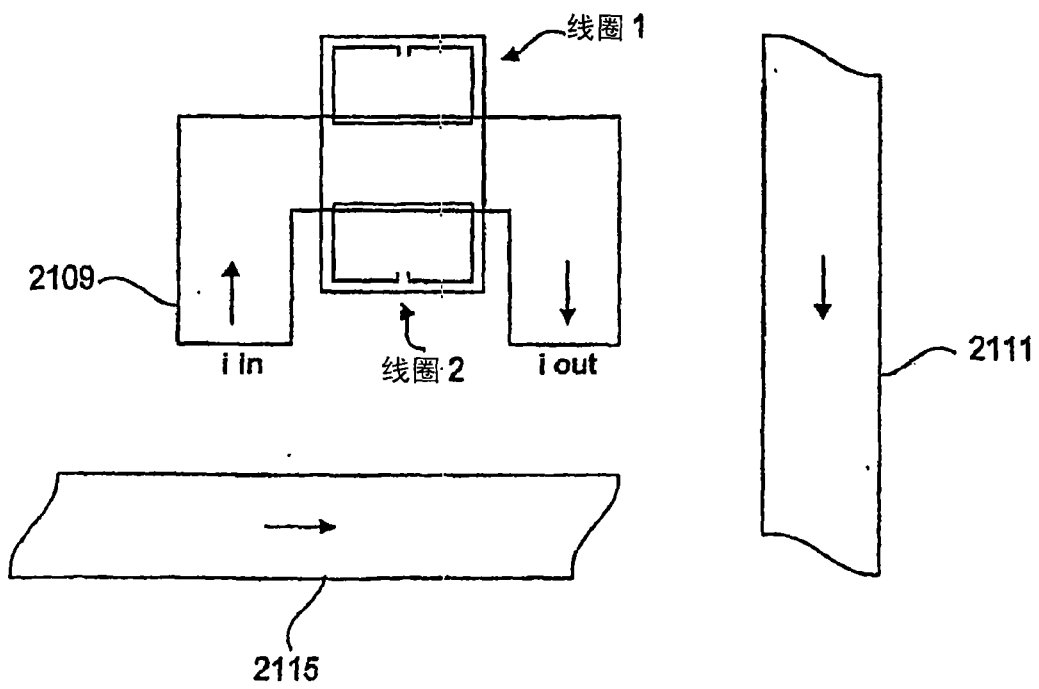


图 21b

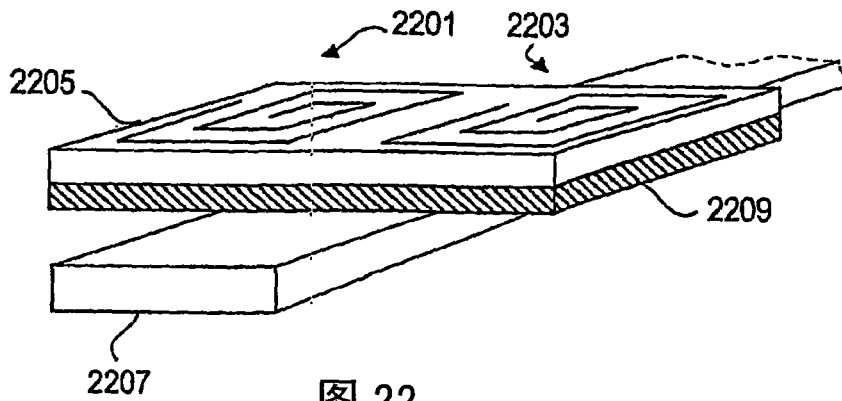


图 22

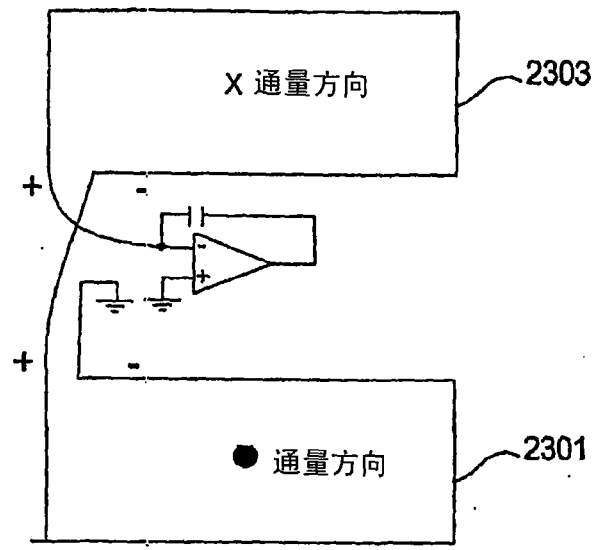


图 23 A

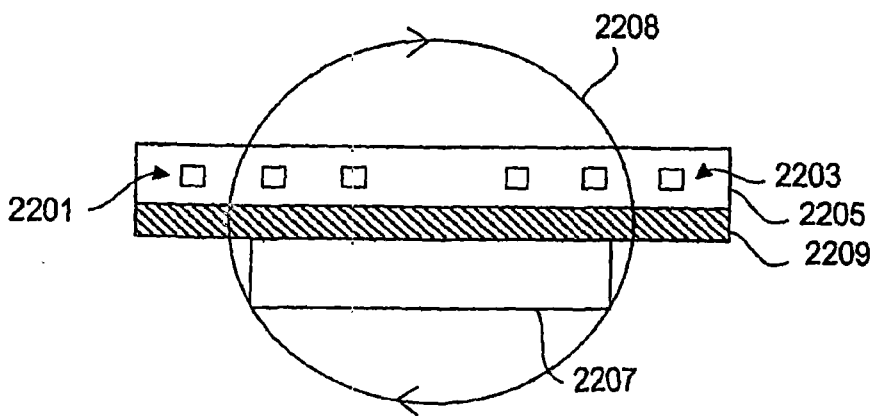


图 23 B

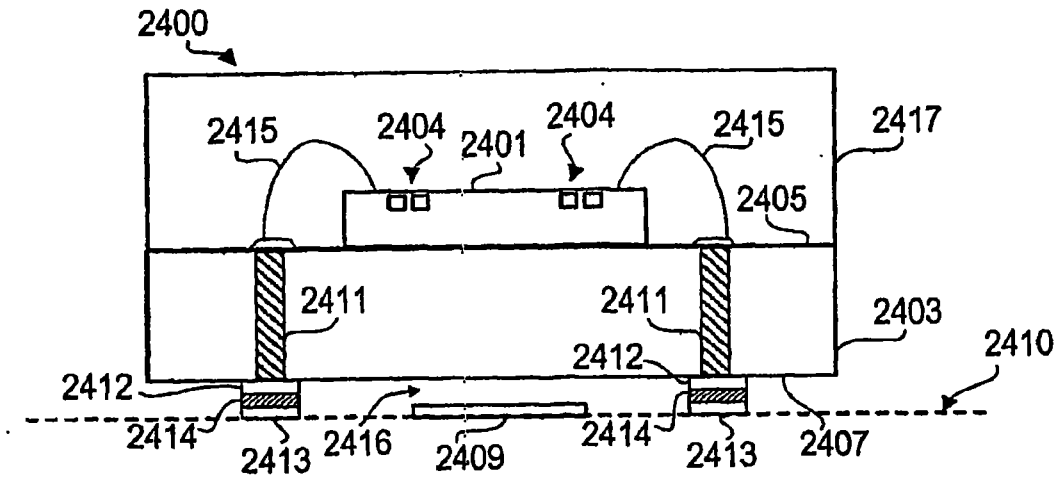


图 24

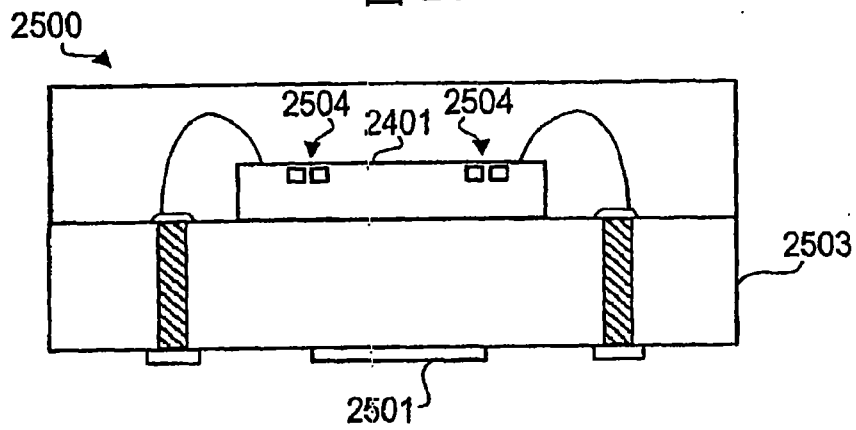


图 25

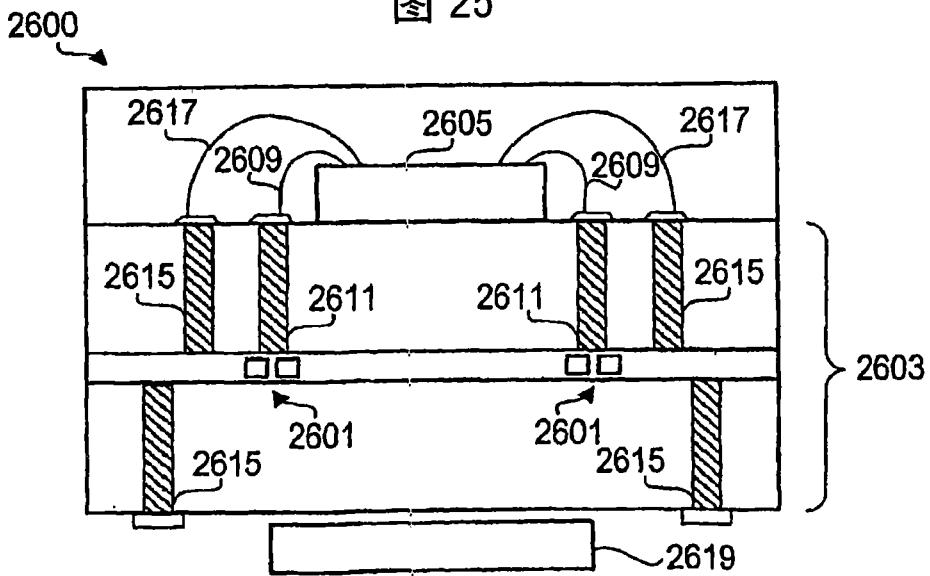


图 26

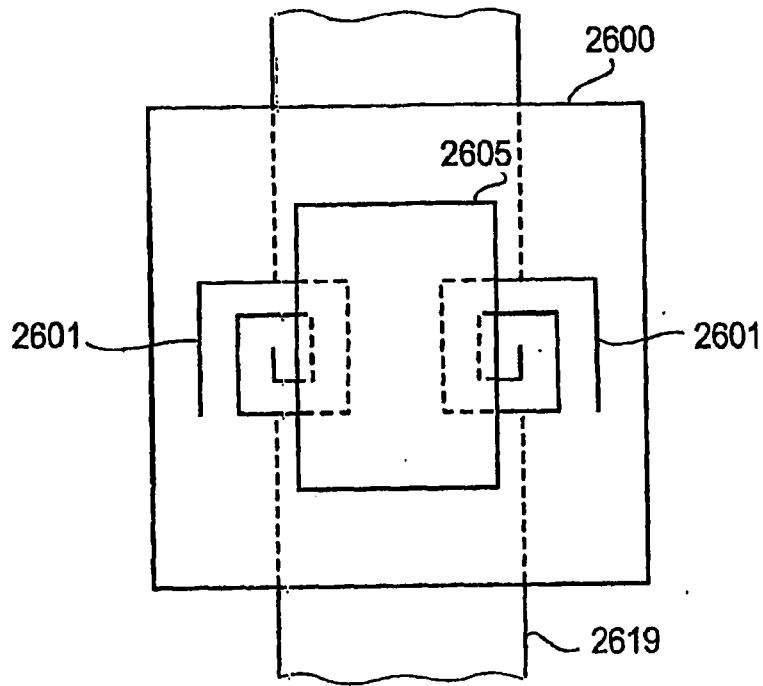


图 27

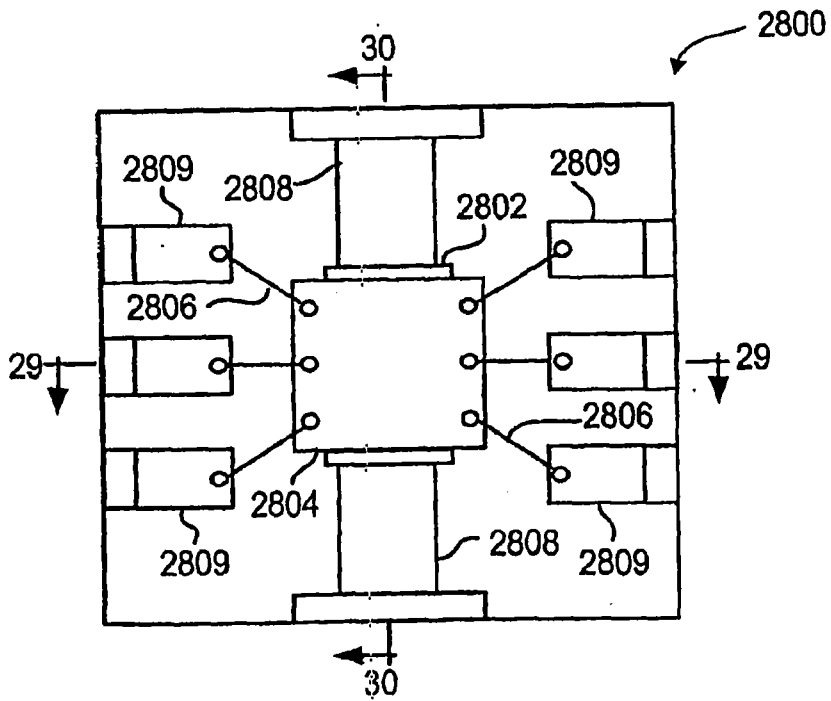


图 28

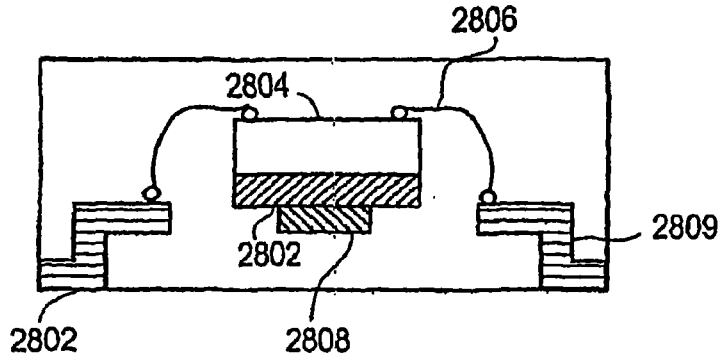


图 29

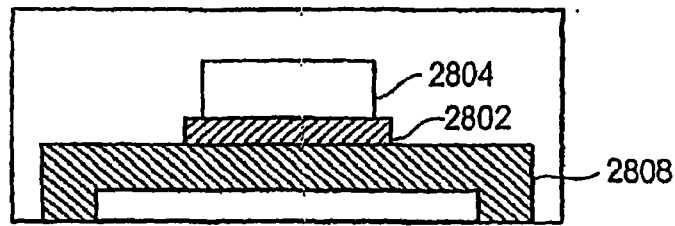


图 30

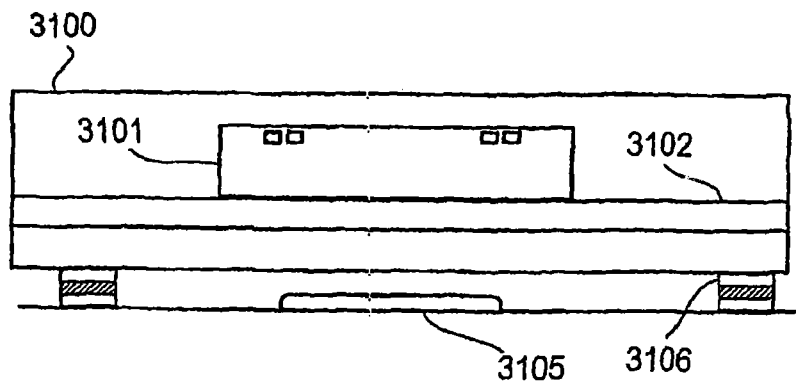


图 31

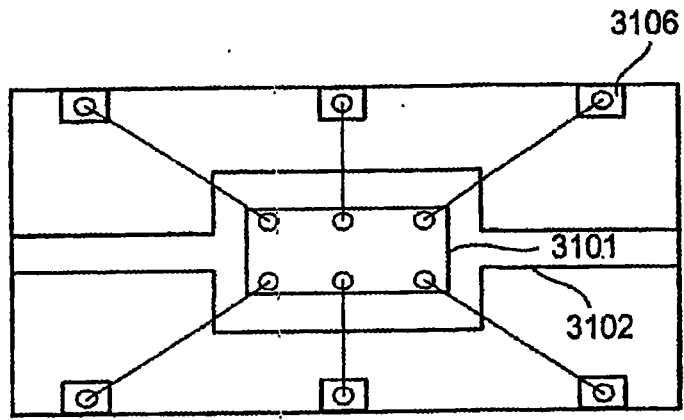


图 32

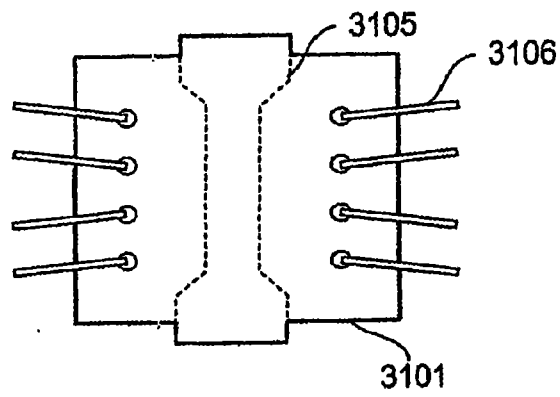


图 33

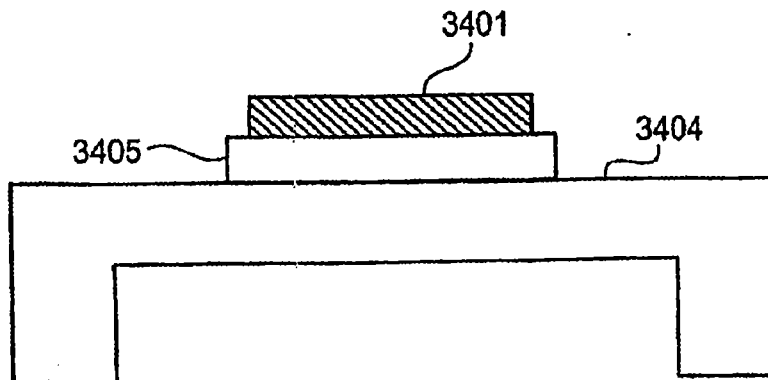


图 34

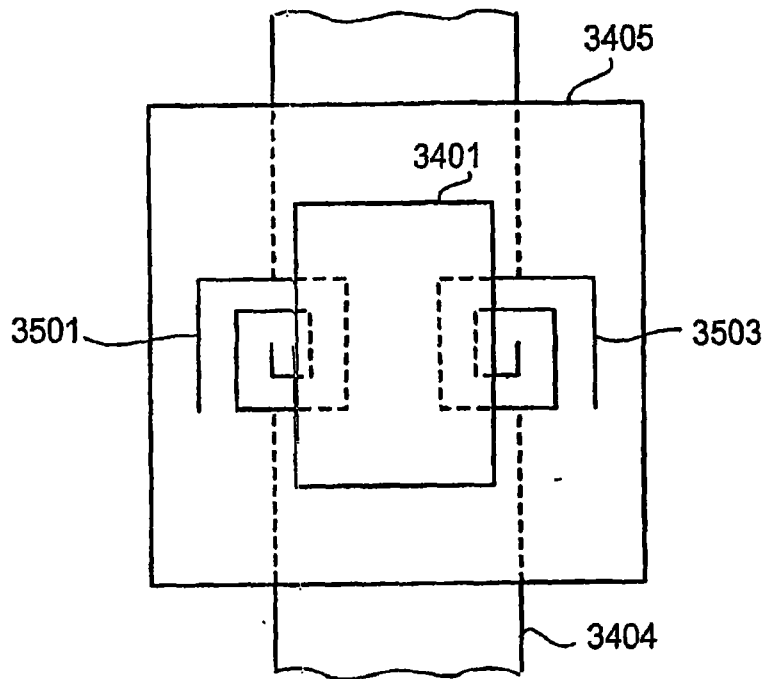


图 35

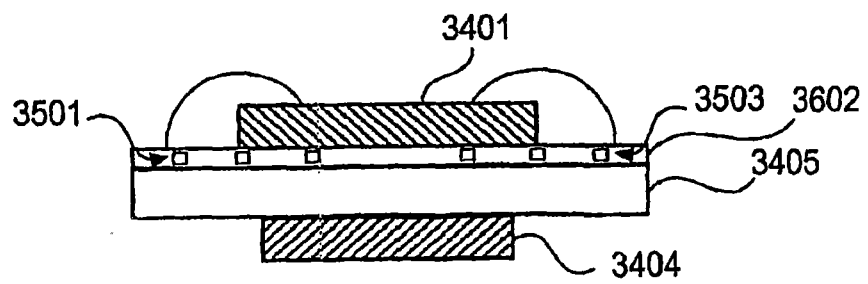


图 36