



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102906833 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 30

(21) 申请号 201180025009. 2

H01L 25/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2011. 06. 27

(30) 优先权数据

12/827, 316 2010. 06. 30 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 11. 20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/041951 2011. 06. 27

(87) PCT申请的公布数据

W02012/012108 EN 2012. 01. 26

(71) 申请人 美国国家半导体公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 W·弗兰茨 P·J·霍波 P·司美思

A·咖布利斯 D·I·安德森

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

H01F 38/40 (2006. 01)

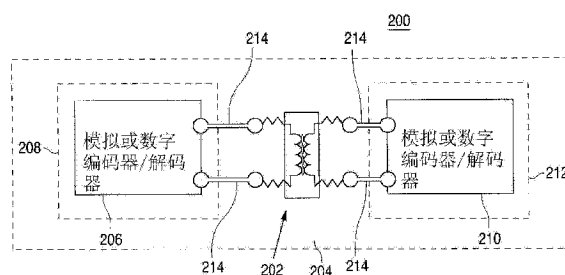
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

电隔离变压器

(57) 摘要

一种集成电路管芯或裸芯系统, 包含第一集成电路管芯或裸芯, 第二集成电路管芯或裸芯, 以及在电介质衬底(例如石英)上形成的并且电气连接在第一集成电路管芯和第二集成电路管芯之间以提供其间电隔离的变压器。



1. 一种集成电路系统,包含:

第一集成电路管芯,所述第一集成电路管芯具有形成在其上的第一个集成电路;

第二集成电路管芯,所述第二集成电路管芯具有形成在其上的第二个集成电路;以及
形成在电介质衬底上并且电气连接在所述第一集成电路和所述第二集成电路之间的
变压器。

2. 根据权利要求1中所述的集成电路系统,其中,所述电介质衬底包含石英衬底。

3. 根据权利要求1中所述的集成电路系统,其中,所述电介质衬底包含玻璃衬底。

4. 根据权利要求1中所述的集成电路系统,其中,所述变压器包含空气芯变压器。

5. 根据权利要求1中所述的集成电路系统,其中,所述变压器包括磁芯。

6. 根据权利要求1中所述的集成电路系统,其中,所述第一集成电路管芯和所述第二
集成电路管芯附在所述电介质衬底上。

7. 根据权利要求1中所述的集成电路系统,其中,所述第一集成电路具有与其相关的
高于或者等于5千伏的电压。

8. 一种集成电路系统,包含:

石英衬底;

第一集成电路管芯,所述第一集成电路管芯附在所述石英衬底上并且具有形成在其上
的第一集成电路,所述第一集成电路具有与其关联的第一电压;

第二集成电路管芯,所述第二集成电路管芯附在所述石英衬底上并且具有形成在其上
的第二集成电路,所述第二集成电路具有与其关联的第二电压,所述第二电压小于所述第
一电压;

在所述石英衬底上形成的并且电气连接在所述第一集成电路和所述第二集成电路之
间以提供其间电隔离的变压器。

9. 根据权利要求8中所述的集成电路系统,其中,所述第一集成电路管芯和所述第二
集成电路管芯形成在所述石英衬底上。

10. 根据权利要求8中所述的集成电路系统,其中,所述第一电压高于或者等于5千伏。

11. 根据权利要求8中所述的集成电路系统,其中,所述变压器系统包含内绕线变压
器。

12. 根据权利要求8中所述的集成电路系统,其中,所述变压器系统包含堆叠式变压
器。

13. 根据权利要求8中所述的集成电路系统,其中,所述变压器系统包含多个内绕线变
压器以提供所述第一集成电路和所述第二集成电路之间的多通道信号的通信。

14. 根据权利要求8中所述的集成电路系统,其中,

所述第一集成电路包括对所述第一集成电路产生的数据进行编码并将编码过的数据
通过所述变压器传输给所述第二集成电路的第一编码/解码器,以及其中,

所述第二集成电路包括对由所述第一集成电路传输过来的编码过的数据进行解码并
且提取数据以供所述第二集成电路使用的第二编码/解码器。

15. 一种形成集成电路系统的方法,包括:

提供第一集成电路管芯,所述第一集成电路管芯具有形成在其上的第一集成电路;

提供第二集成电路管芯,所述第二集成电路管芯具有形成在其上的第二集成电路;以

及

将在电介质衬底上形成的变压器系统电气连接在所述第一集成电路和所述第二集成电路之间以提供其间的电隔离。

16. 根据权利要求 15 中所述的方法,其中,所述电介质衬底包含石英。.

17. 根据权利要求 15 中所述的方法,其中,所述第一集成电路管芯系统和所述第二集成电路管芯系统附在所述石英衬底上。

18. 根据权利要求 15 中所述的方法,其中,所述变压器系统包含内绕线变压器。

19. 根据权利要求 15 中所述的方法,其中,所述变压器系统包含堆叠式变压器。

20. 根据权利要求 12 中所述的方法,其中,所述变压器系统包含多个内绕线变压器以提供所述第一集成电路和所述第二集成电路间之间的多通道信号的通信。

电隔离变压器

技术领域

[0001] 本发明关于电气系统中的电隔离,并且,尤其关于在电介质(例如石英,或者玻璃)衬底上的电隔离变压器的构成。

背景技术

[0002] 具有不同接地参考,又或具有产生冲击电流能力的任何电气系统需要加入电隔离以保障系统和使用者的安全。

[0003] 集成电路的电隔离要求器件把两个系统电气隔离开在高目标隔离电压,例如 5 千伏,但要求在不同的接地电位的系统之间进行数据传输。有很多提供两系统之间电隔离的解决方法存在。一种是多管芯的方法,该方法在要彼此隔离的管芯之间利用变压器;在一个管芯系统上产生的短脉冲经过变压器传输以供第二个管芯系统解码。另一种解决方法类似刚才所述,只是使用电容器取代变压器来隔离两个管芯系统。然而还有一种解决方法就是采用光耦合,其通过一个管芯系统上的发光二极管(LED)发射光和第二个管芯系统上的光电二极管检测光并产生相应的电气电流。

[0004] 图 1 示出多管芯电隔离的设计 100,其利用在单个硅衬底 104 上形成的变压器 102 以在第一个硅管芯 108 上形成的第一集成电路 106 和第二个硅管芯 112 上形成的第二集成电路 110 之间产生电隔离。图 1 示出在第一集成电路 106 和第二集成电路 110 之间通过焊线 114 连接的变压器 102,该焊线 114 电气相连第一个硅管芯 108 和第二个硅管芯 116 到“变压器”的衬底 104。在变压器 102 各绕组之间形成的电介质 116 (如图 1 示意显示)必须足够厚以抵挡第一个集成电路 106 和第二个集成电路 110 之间的电压差。在图 1 的集成电路系统 100 中,为传输数据,被包括在第一个集成电路 106 里的模拟或者数字编码/解码器获取第一集成电路 106 产生的数据,对其编码,并将其传输通过变压器 102。用于传输电压/电流通过变压器有很多现有方法,例如,很短的方波脉冲,或者通过高频射频载波正弦波。包括在第二个集成电路 110 里的模拟或者数字编码/解码器检测传输到的经过编码的数据,对其解码并提取数据以供第二个集成电路 110 使用。

[0005] 通常用于半导体 IC 工业的集成电路变压器有两种基本类型:内绕线平面型和堆叠型。内绕线型采用单金属层,并且各绕组因布局设计而分开。堆叠型采用两层金属,所述两层金属之间分开足够大以抵挡两绕组之间的电压差的距离。

[0006] 为了提供电隔离,例如,具有大于或等于隔离目标电压(例如 5 千伏)的电压的集成电路(IC)的电隔离,则至少需要四种类型隔离的方法:绕组到绕组隔离,绕组到衬底隔离,焊线到焊线隔离,以及管芯到管芯隔离。绕组到绕组隔离方式的最小距离由各绕组之间所使用的绝缘体的介电强度来决定。下方表格 1 提供了在半导体加工和封装工业中普遍使用的几种介电材料和隔离 5 千伏电压所需的距离的一览。通常情况下,考虑到电介质质量的不同和不均匀性,为了安全,在实际器件里使用的距离会更大。

[0007] 表 1

[0008]

材料	介电强度 (V/ μm)	对于 5kV 隔离的最小间距 (μm)	介电常数
Cookson Group Plaskon® 7115 环氧模塑料或化合物	20	250	3.5
二氧化硅	250-900	20-6	3.9
BCB	530	9.5	2.65
聚酰亚胺	200-300	25-17	3.4
SU8 2000	112	45	3.2-4
聚对二甲苯	220	23	3.1

[0009] 对于堆叠式变压器和内绕线变压器,绕组到衬底隔离方式的最小距离以不同方式确定。对于堆叠式变压器,高电压侧在顶金属层,通过设计,该顶金属层位于距衬底足够远的距离以避免电介质击穿到衬底。然而,对于内绕线变压器来说,金属层,即变压器的两绕组,都必须离硅衬底有足够的距离以使在隔离电压下不会发生电介质击穿。这个距离类似于表格 1 所示的距离并取决于金属层和衬底之间的材料堆叠。

[0010] 焊线到焊线的间距是由最后封装注入的模塑料或模塑化合物决定。通常的模塑料可以是所列出的介电强度为 15V/ μm 的 Sumitomo G700 系列的模塑料。焊垫片或盘和线路间的间距必须足够大以保证在模塑料里面永远不会发生击穿。模塑料是封装里面的所有材料中最不好控制的,因此,会带来很多的变化。

[0011] 管芯到管芯的击穿电压类似地由模塑料限定。一般来说,集成电路是建立在铜引线框架上的衬底上,这意味着两个硅管芯不能同时放在相同的管芯粘接垫上(DAP)。这迫使使用具有间距的两个 DAP 引线框架,该间距之间随后被填充模塑料。同样的对于焊线来说,两个 DAP 之间的距离必须足够大以超过额定的电介质耐受电压。

发明内容

[0012] 在本文要求保护的主题的一个实施例中,集成电路系统包含第一集成电路管芯或裸芯,所述第一集成电路管芯具有形成在其上的第一集成电路;和第二集成电路管芯或裸芯,所述第二集成电路管芯具有形成在其上的第二集成电路;以及在电介质衬底(例如石英或者玻璃)上形成的并且电气连接在第一集成电路和第二集成电路之间以提供其间电隔离的变压器。

[0013] 在本文要求保护的主题的另一个实施例中,集成电路系统包含石英或者玻璃衬底,附加到衬底并具有与其关联的第一电压的第一集成电路管芯系统,附加到衬底并具有与其关联的第二电压的第二集成电路管芯系统,其中第二电压小于第一电压,以及在衬底上形成的并且电气连接在第一集成电路管芯或裸芯系统和第二集成电路管芯或裸芯系统之间以提供其间电隔离的变压器。

[0014] 在本文要求保护的主题的另一个实施例中,形成集成电路系统的方法包含提供第一集成电路管芯或裸芯,所述第一集成电路管芯具有形成在其上的第一集成电路;提供第二集成电路管芯或裸芯,所述第二集成电路管芯具有形成在其上的第二集成电路;以及将形成在电介质(例如,石英或者玻璃)上的变压器电气地连接在第一集成电路和第二集成电路之间以提供其间的电隔离。

[0015] 本文所公开的主题的各方面的特点与优势,在考虑了下面的详细描述和附图后会更清楚和容易想到,详细描述和附图给出了要求保护的本主题所采用的概念的说明性实施例。

附图说明

[0016] 图 1 框图说明了为提供两个集成电路之间电隔离的变压器的利用。

[0017] 图 2 框图说明了在电介质衬底上形成的以提供两个集成电路之间电隔离的变压器的利用。

[0018] 图 3 示意布局图说明在石英衬底上形成的内绕线变压器。

[0019] 图 4 是说明图 3 的内绕线变压器的剖视图的示意。

[0020] 图 5 是在硅衬底和石英衬底上的内绕线变压器的 Q 因子随频率变化的对比图。

[0021] 图 6 平面示意图说明利用多个内绕线变压器在两个多通道集成电路之间提供电隔离的多通道系统的实施例。

具体实施方式

[0022] 如上所述,一般的集成电路变压器在处理高电压隔离,比如,电压等级等于或者大于 5 千伏时,要求变压器(内绕线或堆叠型)高电压的绕组高于半导体(例如硅等)晶片衬底足够的距离,以避免泄露或者电介质击穿到衬底。这造成了明显的额外工艺与成本。本文公开和要求保护的主体提供在一层或者多层金属层中,但是在石英晶片之上而不是硅晶片之上,产生电隔离变压器的工艺。石英,类似于二氧化硅,是一种电介质绝缘体,因此意味着变压器高电压的绕组上到衬底的击穿将被消除。

[0023] 图 2 示出包括在电介质衬底 204 形成的并且连接在第一集成电路 206 和第二集成电路 210 之间的变压器 202 的集成电路系统 200,所述第一集成电路 206 在第一半导体(例如硅)管芯或裸芯 208 上形成,所述第二集成电路 210 在第二半导体(例如硅)管芯或裸芯 212 上形成。在一实施例中,第一半导体管芯 208 和第二半导体管芯 212 也都形成在电介质衬底 204 上。电介质衬底 204 可以包括,但不局限于,石英晶片或任何绝缘晶片,诸如玻璃晶片或由其衍生的版本,例如耐热玻璃,苏打-石灰或称碱石灰,硼硅酸盐玻璃,铝硼硅酸盐玻璃。第一集成电路 206 具有与其相关的第一电压,例如,高于或者等于 5 千伏,并且第二集成电路 210 具有与其相关的小于第一电压的第二电压。图 2 示出将变压器 202 电气连接在第一集成电路 206 和第二集成电路 210 之间的焊线 214。在图 2 的集成电路系统 200 中,为了传输数据,被包含在第一集成电路 206 里的模拟或者数字编码/解码器获取由第一集成电路 206 产生的数据,对其编码并将该数据以非常短方波脉冲或者高频载波的方式经过变压器进行传输;被包含在第二集成电路 210 里的模拟或者数字编码/解码器检测脉冲,对其解码并提取数据以供第二集成电路 210 使用。

[0024] 图 2 所示的集成电路系统的设计通过在一个封装里使用双管芯贴装片(DAPs)来实现。DAP 用于对管芯或裸芯提供支撑。然而,这导致在只有单一的金属层级可用时使用焊线的困难以及更高的成本。因此,图 2 的设计示出完全在单一石英衬底 204 上形成的系统。第一硅管芯 208 与第二硅管芯 212 利用键合粘接粘接在石英衬底 204 上。本领域技术人员熟知的键合粘接能用来键合连接石英到硅或到金属板,例如,使用铜,能够被图案化并且之

后键合在金属板和硅之间形成,这是一个更加标准的方法。将集成电路系统整个形成在石英衬底上的优点包括,但不限于:实现三组电路之间的绝缘;在封装里能采用单 DAP,从而简化封装设计;DAP 可以是可导电又可以是不导电的,这样可以得到最小的成本消耗;在石英上使用铜互连的本地布线的能力,从而允许用于从 DAP 引线键合到引线框架的键合垫片的最优布局;与在封装中使用多个 DAP 的封装相比,此类管芯的封装变得更紧凑;这两个硅管芯也能够被凸起(垫片为金属凸块),被倒装,以及被键合到石英衬底的表面上的铜垫片,从而减少焊线的数量和伴随的寄生效应。

[0025] 变压器 202 可以是采用单金属层和基于布局设计而被电介质材料分开的各绕组的内绕线型,也可以是采用由电介质材料分开足够大距离以抵挡两绕组之间的电压差的两层金属的堆叠型。在这两种内绕线型和堆叠型变压器中,电介质材料可以选自(但不局限于)上面表格 1 中所标出的电介质材料。本文所述变压器是空气芯变压器;然而,本领域技术人员应明白,本文所公开的概念也可以应用于带磁芯的变压器。

[0026] 图 3 所示的内绕线变压器 300 形成在石英衬底 302 上。焊线 304 提供在第一半导体管芯上形成的高电压集成电路(例如,具有等于或者大于 5 千伏的电压)与内绕线型变压器 300 的高电压铜绕组 306 之间的电气连接。焊线 308 提供在第二半导体管芯上形成的“低”电压集成电路与内绕线型变压器 300 的低电压铜绕组 310 之间的电气连接。如上所述,高电压铜绕组 306 和低电压铜绕组 310 被电介质(例如苯并环丁烯(BCB))分开并根据布局设计具有一个最小的绕组间分开厚度。在使用 BCB 的实施例中,在一个具有 7/7 圈(没显示在图 3 的示意图中),在外侧的大小为 $2100 \times 2100 \mu\text{m}$ 、内侧的大小为 $800 \times 800 \mu\text{m}$ 的变压器内,变压器各绕组的铜金属的宽度可以为 $20 \mu\text{m}$,各绕组之间的间距为 $25 \mu\text{m}$,其各绕组的厚度可以为 $5 \mu\text{m}$ 。图 4 示出图 3 中带有 $10 \mu\text{m}$ 厚的分开高电压铜绕组线圈 306 和低电压铜绕组线圈 310 的 BCB 层的内绕线变压器的剖视图。

[0027] 由于根据本领域技术人员所熟知的技术,高电压铜绕组 304 和低电压铜绕组 308 可以直接电镀或沉积在石英衬底 302 上,图 3 和图 4 所示的内绕线平面变压器实施例 300 的工艺方面相当优越。铜与石英的粘合是非常好的,如同应力与晶片弯曲度。如上所述,因为石英是绝缘体,所以不会发生电介质击穿到衬底 302。石英的介电强度为 $25\text{--}40\text{V}/\mu\text{m}$,则对于 $750 \mu\text{m}$ (或者更厚的)厚石英衬底来说,将不会有到衬底的过早击穿。在石英可以被封装以前,减薄晶片,例如薄至 16 密耳,需要小心以确保到衬底的击穿电压保持在额定隔离等级以上。

[0028] 使用石英衬底的另一个优点是在频域里,用于电感的公认的优值被称作“Q 因子”并被定义为阻抗的虚数部分与实数部分的比率。在硅衬底上形成的电感器或者变压器里,随着频率的提高,会在硅衬底发生涡流电流。这是在硅的集成螺旋电感器中公知的现象。石英衬底的使用有效地消除了涡流电流的存在,并且允许电感器或者变压器获得他的最大可能频率响应。结果是最大 Q 的值大幅增长。(应注意的是,本领域里技术人员将明白本文所公开的关于在石英衬底上形成的变压器的概念和主题,同样适用于在石英衬底上形成的电感器。)

[0029] 图 5 示出的是图 3 和图 4 示出的在石英上的内绕线变压器 300 的频率响应。如上所述,在本设计里,金属是 $5 \mu\text{m}$ 厚的铜,螺旋线圈有 7 个绕组,金属的宽度为 $20 \mu\text{m}$,并且金属与金属之间的间距是 $25 \mu\text{m}$ 。金属被 $10 \mu\text{m}$ 厚的 BCB 层覆盖作为钝化层。如图 5 所示,石

英衬底能在 400MHz 频率下达到最大 Q 值,与此相比,同样的设计下硅晶片只能达到 70MHz 的频率。石英衬底的最大 Q 值在图 5 里与硅晶片的 10 相比可以达到更高的 19。

[0030] 图 6 示出高电压硅管芯与低电压硅管芯以及四个内绕线变压器键合到石英衬底上形成的一个多通道实施例。虽然图 6 所示的是内绕线八角变压器设计,但是其他的内绕线设计(例如图 3 和图 4 所示的设计)或者堆叠设计也可以被采用。石英上的本地铜布线被用来将四个内绕线变压器互连在高电压管芯和低电压管芯之间。在图 6 的实施例中,四个变压器可以被集成进 44 个引脚的 PLCC 封装。这就允许焊线的金属垫片围绕石英衬底的边缘分布并且使用本地铜互连来连接到变压器。如果不使用公共的石英衬底和互连在石英上的本地铜布线以分布线焊垫片,此多通道设计不能装进 44 个引脚的 PLCC 封装。

[0031] 应理解的是,本文所述的特定的实施例是通过实例的方式阐述的,并且本领域技术人员容易想到许多修改而不偏离如在权利要求和其等同物所表达的要求保护的主体范围。

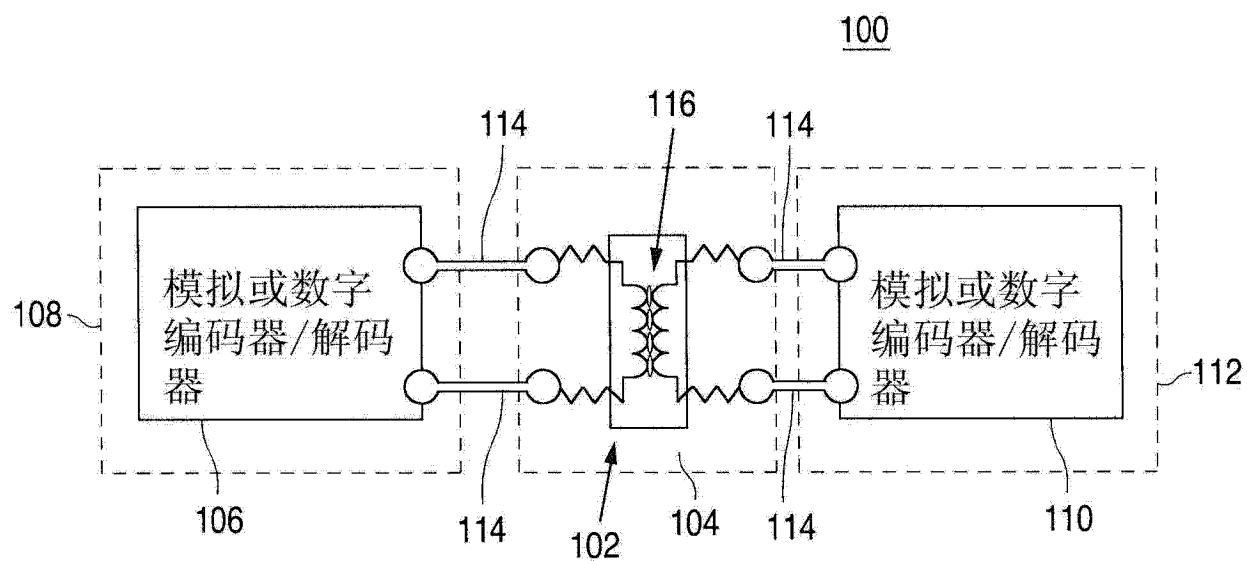


图 1(现有技术)

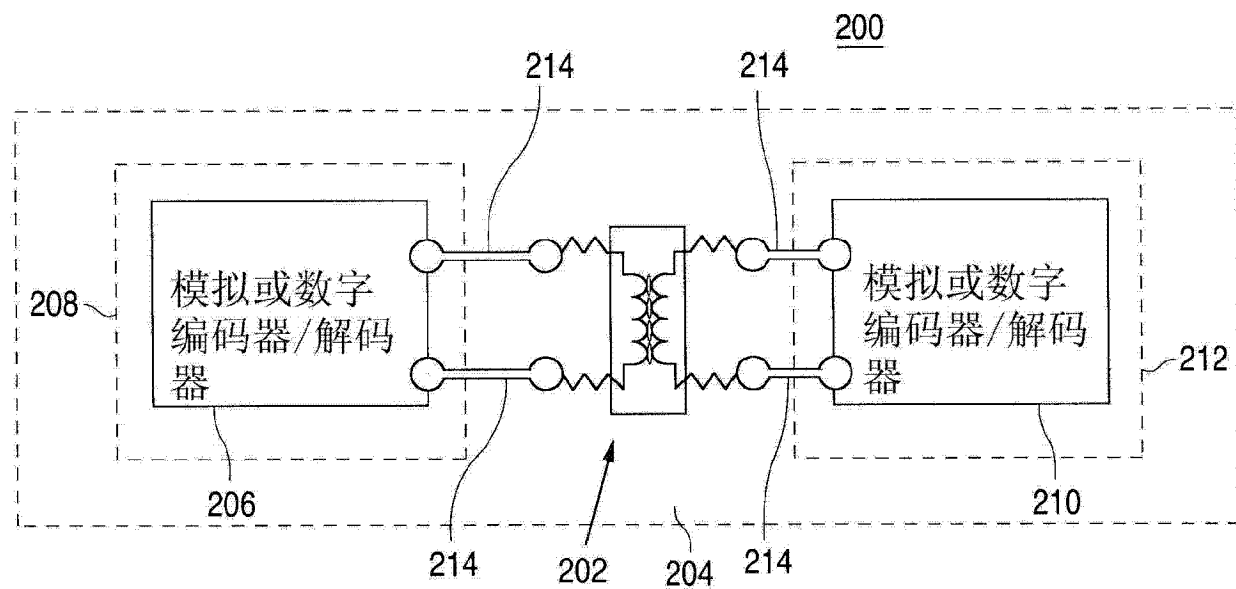


图 2

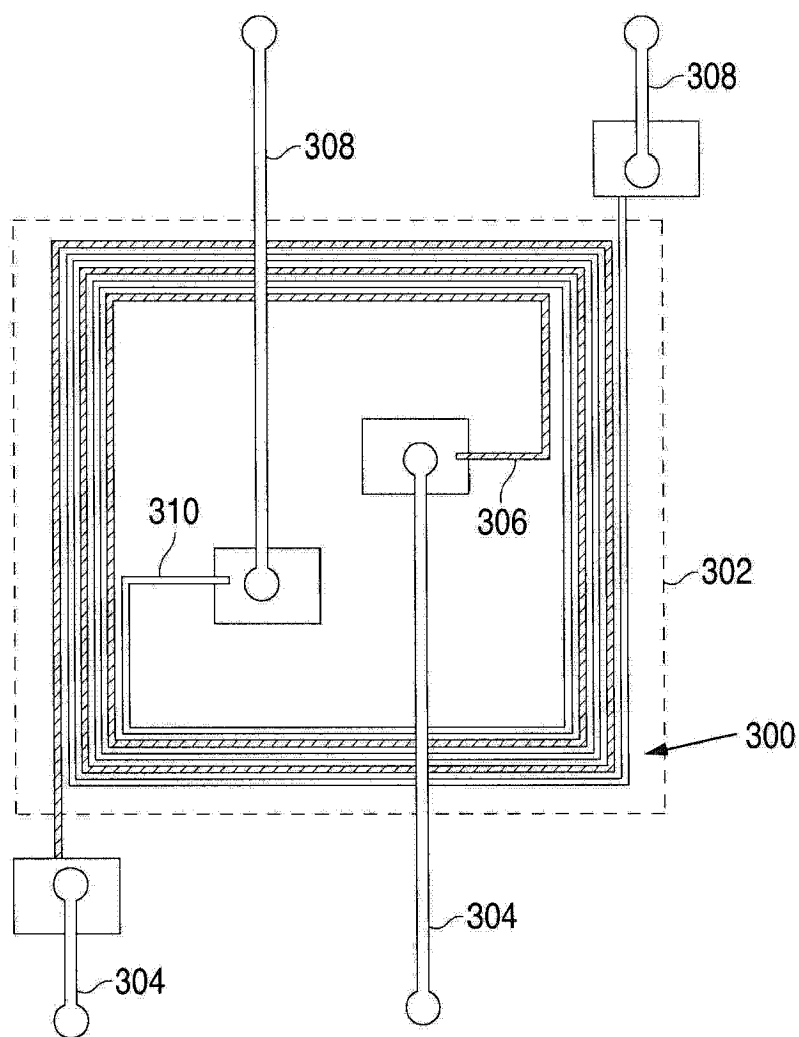


图 3

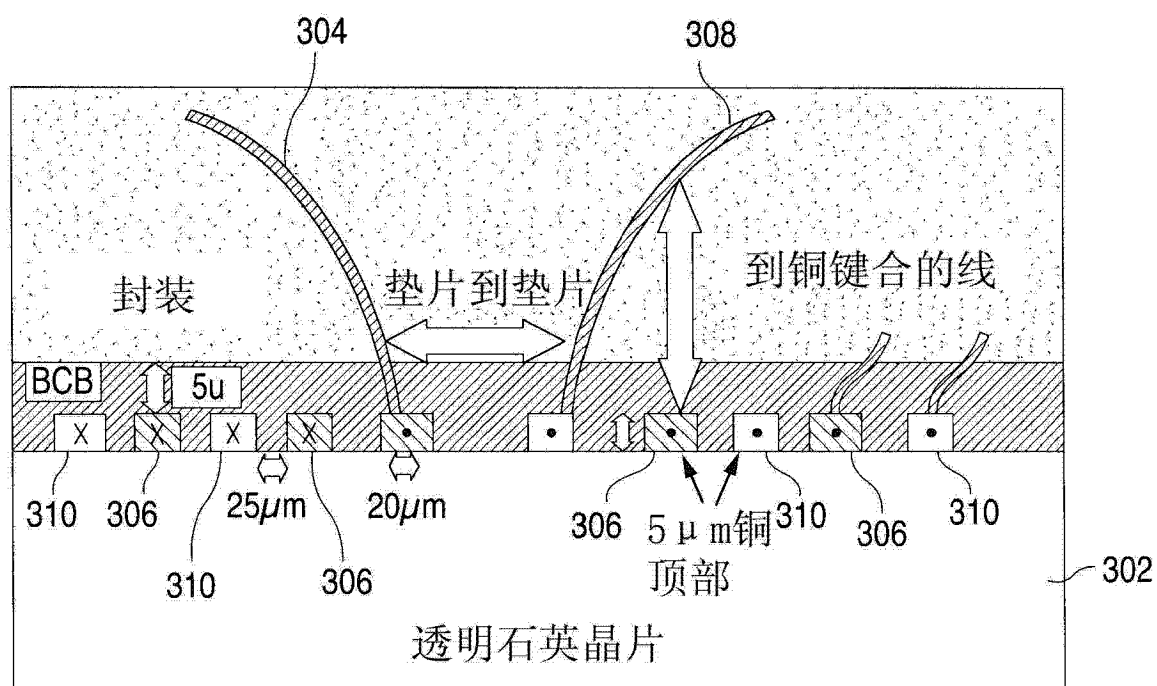


图 4

Q vs 频率

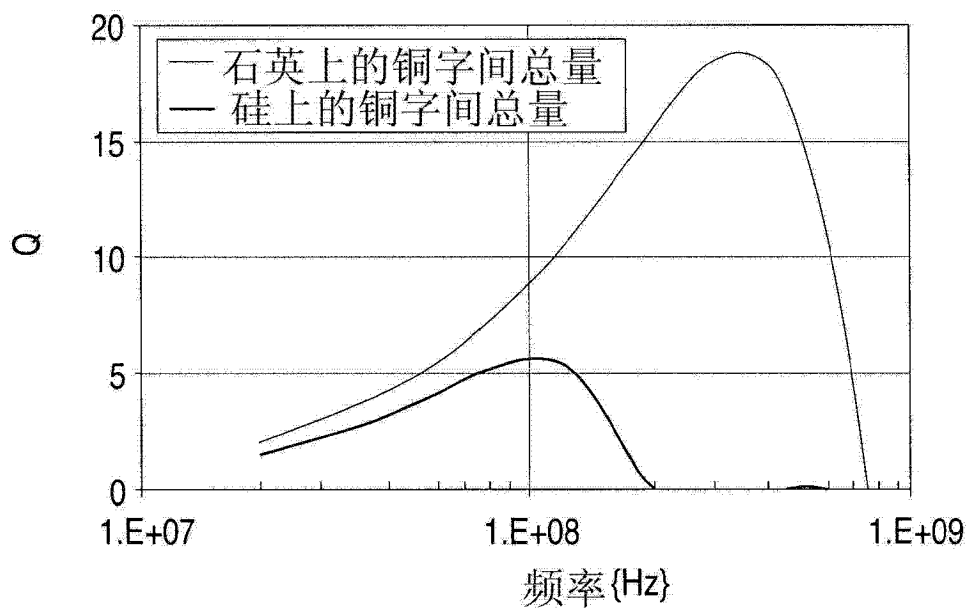


图 5

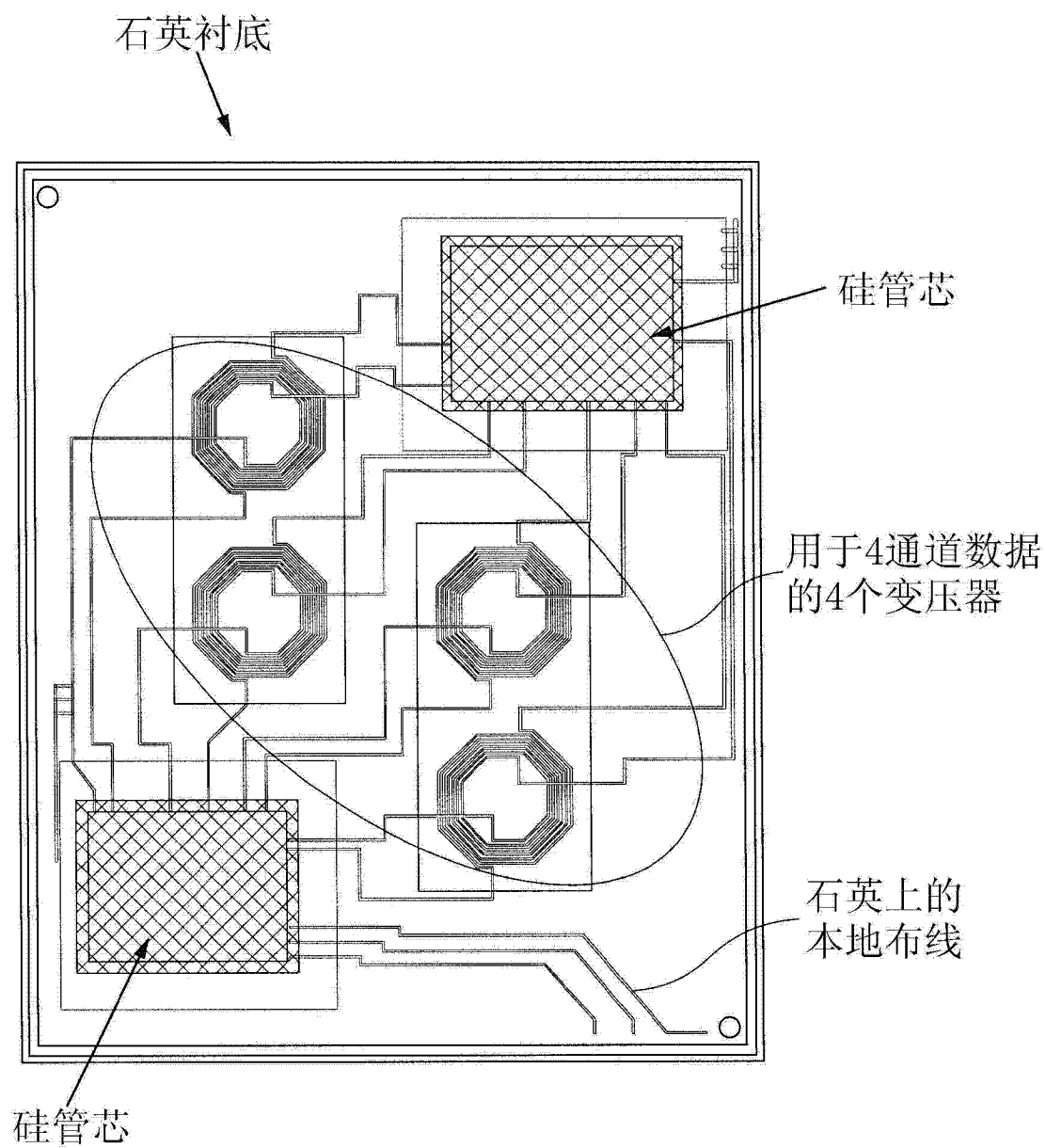


图 6