



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108352275 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201680066442.3

(22)申请日 2016.11.14

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108352275 A

(43)申请公布日 2018.07.31

(30)优先权数据  
62/256,005 2015.11.16 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.05.14

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/061931 2016.11.14

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02017/087336 EN 2017.05.26

(73)专利权人 卡文迪什动力有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 罗伯托·彼得勒斯·范·卡普恩  
理查德·L·奈普

(74)专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11413  
代理人 邵凤珠 刘继富

(51)Int.Cl.  
H01H 59/00(2006.01)  
H01H 1/00(2006.01)

(56)对比文件  
WO 2014165624 A1,2014.10.09,  
WO 2014165624 A1,2014.10.09,  
WO 2015017743 A1,2015.02.05,  
US 2003227361 A1,2003.12.11,  
CN 102256893 A,2011.11.23,  
CN 104756252 A,2015.07.01,

审查员 王蕾

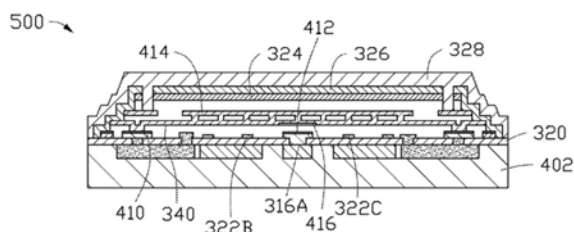
权利要求书3页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

高功率RF MEMS开关的热管理

(57)摘要

本公开总体涉及用于制造可以切换大电功率的MEMS开关的机构。采用额外的着陆电极,其提供沿着MEMS器件的增加的电接触,使得在接触时移除靠近最热点的MEMS结构中的电流和热量。



1. 一种MEMS器件,包括:  
其中形成有多个电极的衬底,其中所述多个电极至少包括锚电极、拉入电极和RF电极;  
设置在所述多个电极和所述衬底之上的绝缘层;  
设置在所述绝缘层之上的开关元件,其中所述开关元件包括锚部分、腿部分和桥部分,  
并且其中所述锚部分电耦接到所述锚电极;  
耦接到所述RF电极的第一柱,其中所述第一柱直接设置在所述绝缘层上;以及  
电耦接到所述锚电极的第二柱,其中所述开关元件能够在与所述第一柱和所述第二柱  
间隔开的第一位置和与所述第一柱和所述第二柱接触的第二位置之间移动。
2. 根据权利要求1所述的MEMS器件,其中所述第二柱包括导电和导热材料。
3. 根据权利要求2所述的MEMS器件,其中所述开关元件具有底面,所述底面具有既导电  
又导热的第一部分和电绝缘的第二部分。
4. 根据权利要求1所述的MEMS器件,其中所述第二柱和第一柱均具有顶面,并且其中所  
述顶面包含相同的材料。
5. 根据权利要求1所述的MEMS器件,其中所述第二柱位于使得当所述开关元件处于所  
述第二位置时所述桥部分与所述第二柱接触的位置。
6. 根据权利要求1所述的MEMS器件,其中所述第一柱位于使得当所述开关元件处于所  
述第二位置时所述桥部分与所述第一柱接触的位置。
7. 根据权利要求1所述的MEMS器件,还包括设置在所述开关元件之上的上拉电极。
8. 一种MEMS器件,包括:  
其中形成有多个电极的衬底,其中所述多个电极至少包括锚电极、拉入电极和RF电极;  
设置在所述多个电极和所述衬底之上的绝缘层;  
设置在所述绝缘层之上的开关元件,其中所述开关元件包括锚部分、腿部分和桥部分,  
并且其中所述锚部分电耦接到所述锚电极;其中所述开关元件具有底面,所述底面具有绝  
缘部分和导电部分;  
耦接到所述RF电极的第一柱,其中所述第一柱直接设置在所述绝缘层上;以及  
设置在所述锚电极之上并且电耦接到所述锚电极的第二柱,其中所述开关元件能够在  
与所述第一柱和所述第二柱间隔开的第一位置和与所述第一柱和所述第二柱接触的第  
二位置之间移动,并且其中所述绝缘部分在所述第二位置接触所述第二柱,并且所述导  
电部分在所述第二位置接触所述第一柱。
9. 根据权利要求8所述的MEMS器件,其中所述第二柱包括导电和导热材料。
10. 根据权利要求9所述的MEMS器件,其中所述开关元件具有底面,所述底面具有既导  
电又导热的第一部分和电绝缘的第二部分。
11. 根据权利要求8所述的MEMS器件,其中所述第二柱和第一柱均具有顶面,并且其中  
所述顶面包含相同的材料。
12. 根据权利要求8所述的MEMS器件,其中所述第二柱位于使得当所述开关元件处于所  
述第二位置时所述桥部分与所述第二柱接触的位置。
13. 根据权利要求8所述的MEMS器件,其中所述第一柱位于使得当所述开关元件处于所  
述第二位置时所述桥部分与所述第一柱接触的位置。
14. 根据权利要求8所述的MEMS器件,还包括设置在所述开关元件之上的上拉电极。

15. 一种形成MEMS器件的方法,包括:

在衬底之上沉积绝缘层,所述衬底中形成有多个电极,其中所述多个电极至少包括锚电极、拉入电极和RF电极,其中所述绝缘层设置在所述多个电极和衬底之上;

移除所述绝缘层的至少一部分以暴露所述锚电极的至少一部分和所述RF电极的至少一部分;

在所述RF电极之上形成与其接触的第一柱,其中所述第一柱直接设置在所述绝缘层上;

在所述锚电极之上形成与其电接触的第二柱;并且

在所述衬底、所述第一柱和所述第二柱之上形成开关元件,其中所述开关元件设置在绝缘层之上,其中所述开关元件包括腿部分、桥部分和电耦接到所述锚电极的锚部分,其中所述开关元件能够在与所述第一柱和所述第二柱间隔开的第一位置和与所述第一柱和所述第二柱接触的第二位置之间移动。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中所述第二柱包括导电和导热材料。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中所述开关元件具有底面,所述底面具有既导电又导热的第一部分和电绝缘的第二部分。

18. 根据权利要求15所述的方法,其中所述第二柱和第一柱均具有顶面,并且其中所述顶面包含相同的材料。

19. 根据权利要求15所述的方法,其中所述第二柱位于使得当所述开关元件处于所述第二位置时所述桥部分与所述第二柱接触的位置。

20. 根据权利要求15所述的方法,其中所述第一柱位于使得当所述开关元件处于所述第二位置时所述桥部分与所述第一柱接触的位置。

21. 根据权利要求15所述的方法,还包括形成设置在所述开关元件之上的上拉电极。

22. 一种形成MEMS器件的方法,包括:

在衬底之上沉积绝缘层,所述衬底中形成有多个电极,其中所述多个电极至少包括锚电极、拉入电极和RF电极;

移除所述绝缘层的至少一部分以暴露所述锚电极的至少一部分和所述RF电极的至少一部分;

在所述RF电极之上形成与其接触的第一柱,其中所述第一柱直接设置在所述绝缘层上;

在所述锚电极之上形成第二柱,其中所述第二柱电耦接到所述锚电极;并且

在所述衬底、所述第一柱和所述第二柱之上形成开关元件,其中所述开关元件包括腿部分、RF电极和电耦接到所述锚电极的锚部分,其中所述开关元件能够从与所述第一柱和所述第二柱间隔开的第一位置和与所述第一柱和所述第二柱接触的第二位置移动,其中所述开关元件具有底面,所述底面具有绝缘部分和导电部分,其中所述绝缘部分在所述第二位置接触所述第二柱,并且所述导电部分在所述第二位置接触所述第一柱。

23. 根据权利要求22所述的方法,其中所述第二柱包括导电和导热材料。

24. 根据权利要求23所述的方法,其中所述开关元件具有底面,所述底面具有既导电又导热的第一部分和电绝缘的第二部分。

25. 根据权利要求22所述的方法,其中所述第二柱和第一柱均具有顶面,并且其中所述

顶面包含相同的材料。

26. 根据权利要求22所述的方法,其中所述第二柱位于使得当所述开关元件处于所述第二位置时所述绝缘部分与所述第二柱接触的位置。

27. 根据权利要求22所述的方法,其中所述第一柱位于使得当所述开关元件处于所述第二位置时所述导电部分与所述第一柱接触的位置。

28. 根据权利要求22所述的方法,还包括形成设置在所述开关元件之上的上拉电极。

## 高功率RF MEMS开关的热管理

[0001] 本公开的背景

### 技术领域

[0002] 本公开的实施例总体上涉及用于限制高电功率应用中的MEMS开关中的温度升高的技术。

### 背景技术

[0003] 在操作MEMS电阻开关(其中板在第一位置和与着陆电极电接触的第二位置之间移动)时,在开关两端施加的高电功率可能导致电流流过独立式MEMS器件。这些电流会导致电阻发热,从而导致MEMS部分的温度升高,这可能会限制器件的使用寿命或以不希望的方式改变器件操作。发热可能导致不希望的热膨胀,进而导致开关电压的变化或者通常用于制造器件的合金材料的相变。

[0004] MEMS器件的板通过向致动电极施加电压而移动。一旦电极电压达到通常称为咬合电压(snap-in voltage)的特定电压,板就向电极移动。一旦电压降低到释放电压,板就会移回原位。由于当板接近致动电极时静电力较高,以及当板移动更接近电极时板和与板接触的表面之间的静摩擦,释放电压通常低于咬合电压。MEMS器件的弹簧常数设定拉入电压和拉离电压的值。如果MEMS材料的性质由于发热而变化,那么这些电压也会改变,这在产品中是不希望的。

[0005] 因此,本领域需要一种能够切换大电压或电流而不会导致MEMS中温度过度升高的MEMS开关。这对于在移动电话应用中切换RF信号特别重要。

### 发明内容

[0006] 本公开总体上涉及一种用于控制由于在切换高功率电信号时在MEMS板中感应出的电流引起的MEMS开关中的温度升高的机构,所述电信号例如可以是存在于移动电话应用中的RF调谐器中的电信号。电着陆柱可以定位成提供并联的电通路,同时还提供热通路以减少板中的热量。

[0007] 在一个实施例中,MEMS器件包括:其中形成有多个电极的衬底,其中所述多个电极至少包括锚电极、拉入电极和RF电极;设置在多个电极和衬底之上的第一绝缘层;设置在绝缘层之上的开关元件,其中开关元件包括锚部分、腿部分和桥部分,并且该锚部分电耦接到锚电极;耦接到RF电极的第一柱;以及电耦接到锚电极的第二柱,其中开关元件能够在与第一柱和第二柱间隔开的第一位置和与第一柱和第二柱接触的第二位置之间移动。

[0008] 在另一个实施例中,MEMS器件包括:其中形成有多个电极的衬底,其中所述多个电极至少包括锚电极、拉入电极和RF电极;设置在所述多个电极和衬底之上的第一绝缘层;设置在绝缘层之上的开关元件,其中开关元件包括锚部分、腿部分和桥部分,并且该锚部分电耦接到锚电极;其中开关元件具有底面,该底面具有绝缘部分和导电部分;耦接到RF电极的第一柱;以及设置在锚电极之上并且电耦接到锚电极的第二柱,其中开关元件能够在与第

一柱和第二柱间隔开的第一位置和与第一柱和第二柱接触的第二位置之间移动,其中绝缘部分在第二位置接触第二柱,并且导电部分在第二位置接触第一柱。

[0009] 在另一个实施例中,一种形成MEMS器件的方法包括:在衬底之上沉积绝缘层,该衬底中形成有多个电极,其中所述多个电极至少包括锚电极、拉入电极和RF电极;移除绝缘层的至少一部分以暴露锚电极的至少一部分和RF电极的至少一部分;在RF电极之上形成与其接触的第一柱;在锚电极之上形成与其接触的第二柱;以及在衬底、第一柱和第二柱之上形成开关元件,其中该开关元件包括腿部分、RF电极和电耦接到锚电极的锚部分,其中开关元件能够从与第一柱和第二柱间隔开的第一位置和与第一柱和第二柱接触的第二位置移动。

[0010] 在另一个实施例中,一种形成MEMS器件的方法包括:在衬底之上沉积绝缘层,该衬底中形成有多个电极,其中所述多个电极至少包括锚电极、拉入电极和RF电极;移除绝缘层的至少一部分以暴露锚电极的至少一部分和RF电极的至少一部分;在RF电极之上形成与其接触的第一柱;在锚电极之上形成与其接触的第二柱,其中第二柱电耦接到锚电极,并且其中第二柱设置在绝缘层之上并与绝缘层接触;以及在衬底、第一柱和第二柱之上形成开关元件,其中该开关元件包括腿部分、RF电极和电耦接到锚电极的锚部分,其中该开关元件具有底面,底面具有绝缘部分和导电部分,其中开关元件能够从与第一柱和第二柱间隔开的第一位置和与第一柱和第二柱接触的第二位置移动,其中绝缘部分在第二位置接触第二柱,并且导电部分在第二位置接触第一柱。

## 附图说明

[0011] 为了能够详细理解本公开的上述特征,可以通过参考实施例来获得之上简要总结的本发明的更具体描述,其中的一些实施例在附图示出。然而,要注意的是,附图仅示出了本发明的典型实施例,因此不应被视为限制本发明的范围,因为本发明可以允许其他等效实施例。

[0012] 图1是根据一个实施例的MEMS欧姆开关的示意性俯视图。

[0013] 图2A和图2B是图1的MEMS欧姆开关的MEMS器件的示意性俯视图和横截面视图。

[0014] 图3A是图1的MEMS欧姆开关的MEMS器件中的单个开关元件的示意性俯视图。

[0015] 图3B-3D是根据各个实施例的图1的MEMS欧姆开关的MEMS器件中的单个开关元件的示意性横截面视图。

[0016] 图4A-4D是根据一个实施例的处于各个制造阶段的MEMS欧姆开关的示意图。

[0017] 图5A-5D是根据另一个实施例的处于各个制造阶段的MEMS欧姆开关的示意图。

[0018] 为了便于理解,在可能的情况下使用相同的附图标记来表示附图中共有的相同元件。可以设想在一个实施例中公开的元件,在没有特别说明的情况下,可以有利地用于其他实施例。

## 具体实施方式

[0019] 本公开总体上涉及一种用于控制由于在切换高功率电信号时在MEMS板中感应出的电流所引起的MEMS开关中的温度升高的机构,所述电信号例如可以是存在于移动电话应用中的RF调谐器中的电信号。电着陆柱可以定位成提供并联的电通路,同时还提供热通路以减少板中的热量。

[0020] 图1示出了从顶部示出的MEMS欧姆开关100的可能实施方式。MEMS欧姆开关100包含单元102的阵列。到每个单元的RF接线104和106位于相对的两端。每个单元102包含并行工作的(5至40个)开关108的阵列。单个单元102中的所有开关108同时被致动,并且在断开时在端子之间提供最小电容或当接通时提供低电阻。可以把多个单元102分组以降低总电阻。

[0021] 图2A示出了图1的MEMS单元102的MEMS器件的俯视图。单元102包含开关108的阵列。在开关108的下方具有用于将开关致动到下位(开关闭合)的拉入电极204和206以及RF电极202。

[0022] 图2B示出了具有用于将开关108致动到上位(开关打开)的上拉电极208、空腔210和下面的衬底212的侧视图。衬底212能够包含用于互连的多个金属层以及用于操作器件的CMOS有源电路。

[0023] 图3A示出了图1和图2A中的阵列单元102中的一个开关108的俯视图。图3B示出根据一个实施例的开关108的横截面视图。开关108包括第一MEMS器件,该第一MEMS器件具有第一电极、第二电极和板,该板能够在与第一电极间隔第一距离的第一位置和与第一电极间隔第二距离的第二位置之间移动。通常, MEMS开关会具有刚性可移动板和与定位MEMS器件的锚部分接触的柔性腿部分,该柔性腿部分起到弱弹簧的作用。刚性MEMS部分位于包含导电柱的着陆电极和一个或多个拉入电极之上,该拉入电极通常驻留在着陆电极和柔性腿部分之间。柔性腿部分提供电连接以使从着陆电极通过MEMS梁的刚性部分到保持腿部刚性端的导电锚的电路闭合。为了使腿部分具有柔性,必须使金属比MEMS器件的刚性部分更薄和/或更窄,这意味着当MEMS器件启动时,当DC或RF AC电流流过MEMS器件时,这些部分的电阻最大并且产生最多热量。为了减少腿部发热的影响,靠近腿部的导电着陆柱可以布置在通过低电阻互连与MEMS器件的刚性锚连接的衬底上。当MEMS开关被拉下以与中央导电电极接触时, MEMS悬臂下侧上的导电部分允许MEMS器件上的电压通过导电柱分流。该接触既减少了流过MEMS窄腿部分的电流,又提供了从MEMS悬臂到衬底的附加热通路。

[0024] 开关108包含由导电层302、304组成的刚性桥,导电层302、304利用柱306的阵列结合在一起。层302可能不会一直延伸到结构的端部,从而使得层302的长度比层304的长度短。MEMS桥通过形成在MEMS桥的下层304和/或上层302中的腿308而被悬置,并且利用通孔310锚定在连接到锚电极314的导体312上。这允许刚性的板部分和柔性腿提供强接触力,同时将工作电压保持在可接受的水平。

[0025] 着陆柱316是导电的并且与MEMS桥的导电下侧接触。316B是着陆柱316上的表面材料,其提供良好的导电性、对环境材料的低反应性以及高熔化温度和高硬度以延长使用寿命。靠近可移动板的腿部分的第二组着陆电极318用于与锚电极314电接触,电极318具有由与316B相同的材料制成的导电表面318B。虽然在这些图中未示出,但是在导电层302、304的顶面和底面之上可以存在绝缘层。能够在着陆柱区域中在层304的下侧上的绝缘体中形成孔,以暴露用于在MEMS被拉下时与导电柱电接触的导电区域316C和318C。如图3B所示,在覆盖锚电极314、拉入电极204、206和RF电极202的绝缘层320中形成开口。在开口内,形成着陆电极316和318或柱。当开关元件与着陆电极318接触时,着陆电极318提供开关元件与锚电极314的电耦合和热耦合。当开关元件与着陆电极316接触时,着陆柱316提供开关元件与RF电极202的电耦合和热耦合。着陆电极318提供了并联于腿308的通向锚电极314的电流通

路,从而减少了通过开关的腿部的电流,因此减少了开关的发热。用于接触层316、316B、316C、318、318B、318C的典型材料包括Ti、TiN、TiAl、TiAlN、AlN、Al、W、Pt、Ir、Rh、Ru、RuO<sub>2</sub>、ITO和Mo及其组合。在向下致动状态下,MEMS桥的层304可以落在多个柱322A-322D上,这些柱被提供用于避免可能导致可靠性问题的MEMS桥的二次着陆。开关元件的底面上形成有薄电绝缘层340。绝缘层340的部分被移除以暴露诸如316C、318C的导电材料,使得当开关处于底部位置时,开关元件会电耦合到第一和第二柱316、318。在图3B中,开关元件的底面具有绝缘部分和导电部分,导电部分接触第一和第二柱316、318。

[0026] 在MEMS桥上方具有介电层324,该介电层用金属326覆盖,用于将MEMS上拉至顶端以处于断开状态。介电层324避免了在向上致动状态下MEMS桥和上拉电极之间的短路并限制了电场,实现了高可靠性。将器件移动到顶部有助于减小开关在断开状态下的电容。空腔由介电层328密封,该介电层328填充用于移除牺牲层的蚀刻孔。介电层328进入这些孔并且帮助支撑悬臂的端部,同时还密封空腔以便在空腔中形成低压环境。

[0027] 图3C示出根据另一个实施例的开关108的横截面视图。在图3C所示的实施例中,导电层304下侧的介电层中在锚柱318上方的介电层不会被移除。因此,当开关落在锚柱上时,柱318提供导热性以在开关与柱318接触时降低开关的温度,但其不携带任何电流。如图3C所示,在开关元件的底面有绝缘部分和导电部分。当开关元件被拉下时,导电部分316C会接触第一柱316,并且当开关元件被拉下时,绝缘部分会接触第二柱318。因此,第二柱318仅向开关元件提供导热性而非导电性,而第一柱316同时提供导热性和导电性。

[0028] 图3D示出根据另一个实施例的开关108的横截面视图。在图3D所示的实施例中,柱318直接设置在绝缘层320上,因此不与锚电极314电接触。因此,当开关与柱318接触时,柱318提供导热性以降低开关温度,但其不携带任何电流。

[0029] 图4A-4D是根据一个实施例的处于各个制造阶段的MEMS欧姆开关400的示意图。如图4A所示,衬底402具有包括锚电极314、拉入电极204、206和RF电极202的多个电极。应该理解,衬底402可以包括单层衬底或多层衬底,例如具有一个或更多个互连层的CMOS衬底。另外,可用于电极314、202、204、206的合适材料包括氮化钛、铝、钨、铜、钛及其包括不同材料的多层堆叠的组合。

[0030] 如图4B所示,然后在电极314、202、204、206之上沉积电绝缘层320。用于电绝缘层320的合适材料包括硅基材料,包括氧化硅、二氧化硅、氮化硅和氮氧化硅。小的着陆柱322A-322D沉积在绝缘层320的顶部上。如图4B所示,在RF电极202之上和锚电极314的部分之上的电绝缘层320被移除以形成开口404、406、408。

[0031] 如图4C所示,然后可以在电绝缘层320之上和开口404、406、408中沉积导电材料410。导电材料410提供到RF电极202和器件锚电极314的直接电连接。可以用于导电材料410的合适材料包括钛、氮化钛、钨、铝及其组合以及包括不同材料层的多层堆叠。在RF电极之上,导电材料可以对应于柱316,并且在锚电极之上,导电材料可以对应于柱318。在导电材料410的顶部上沉积导电接触材料412的薄层,其提供了与落下状态的MEMS桥的接触。可以用于导电接触材料412的合适材料包括W、Pt、Ir、Rh、Ru、RuO<sub>2</sub>、ITO和Mo。小的着陆柱322A-322D可以由导电材料410、412形成或者在单独的步骤中通过绝缘材料形成。

[0032] 一旦导电材料410、412已经被图案化,就可以进行剩余的处理以形成图4D所示的MEMS欧姆开关400。如上所述,开关元件414可以具有涂覆其底面的绝缘材料。在所选择的区



域中,该介电层的部分被移除,因此可以存在导电材料暴露区域416,其会落在表面材料412上。可以在拉离(即上拉)电极326之上形成额外的电绝缘层324,并且密封层328可以密封整个MEMS器件,使得开关元件414被布置在空腔内。在制造期间,使用牺牲材料来限定空腔的边界。

[0033] 图5A-5D是根据一个实施例的处于各个制造阶段的MEMS欧姆开关500的示意图。除了没有在锚柱区域之上形成开口416外,MEMS开关500的制造步骤与MEMS开关400的制造步骤相同。更确切地,开关元件414下侧的绝缘层保持在柱318的位置处,使得当开关元件与柱318接触时,柱318不电耦合而只能热耦合到锚电极314。

[0034] 本文公开的导电柱有利于提供辅助冷却开关元件的热传导。此外,柱还可以在开关元件和锚电极之间提供电连接,这可以进一步冷却开关元件。当开关元件与柱接触时,沿MEMS器件增加的电接触移除靠近最热点的MEMS结构中的电流和热量。

[0035] 虽然前述内容针对本公开的实施例,但是可以在不脱离本公开的基本范围的情况下设计本公开的其他和进一步的实施例,并且本公开的范围由所附权利要求确定。

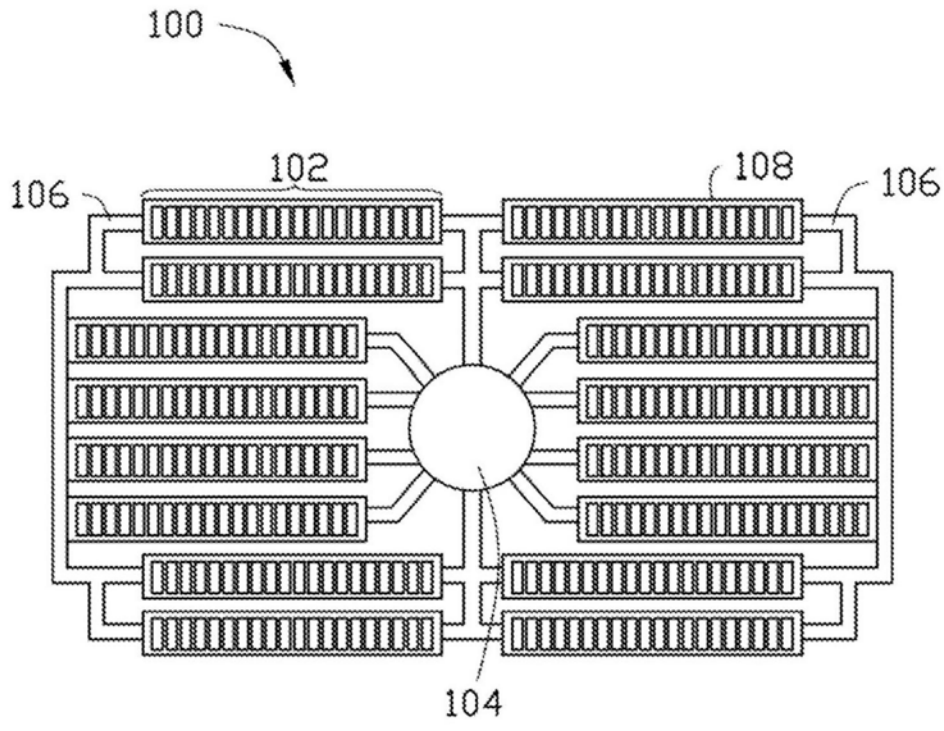


图1

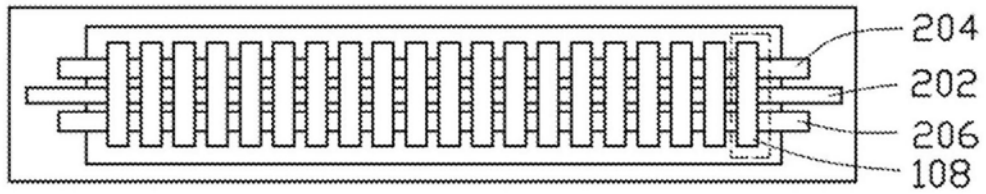


图2A

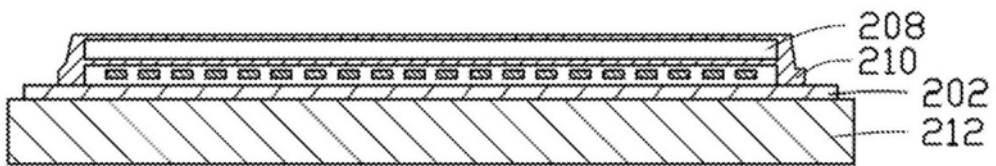


图2B

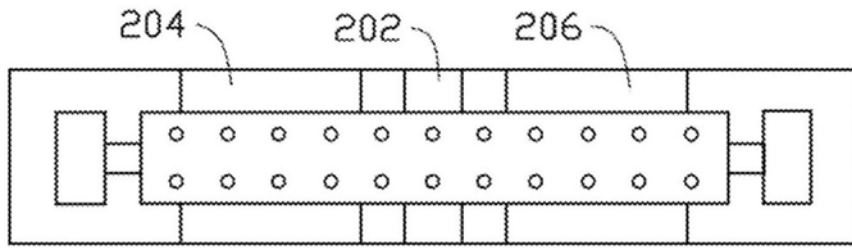


图3A

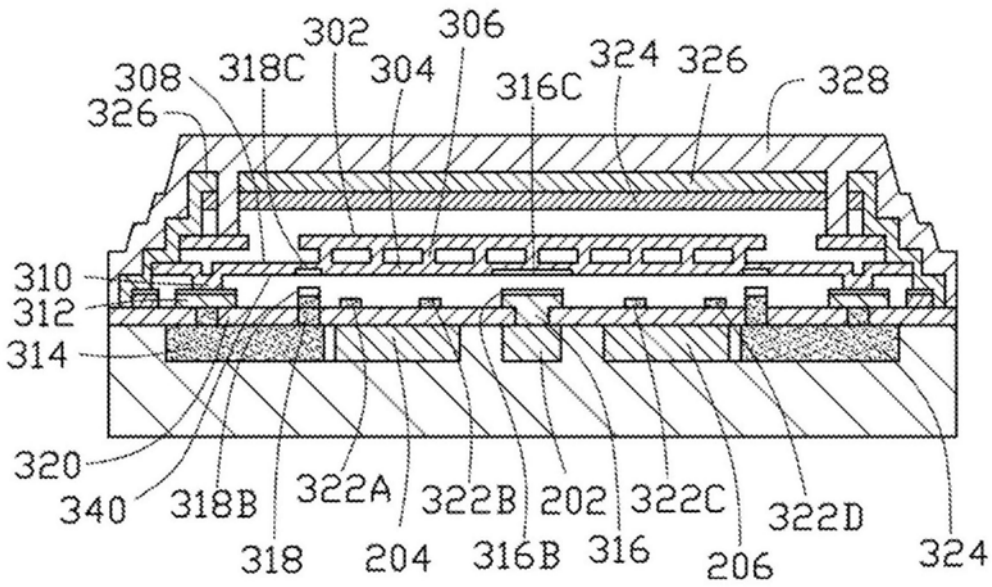


图3B

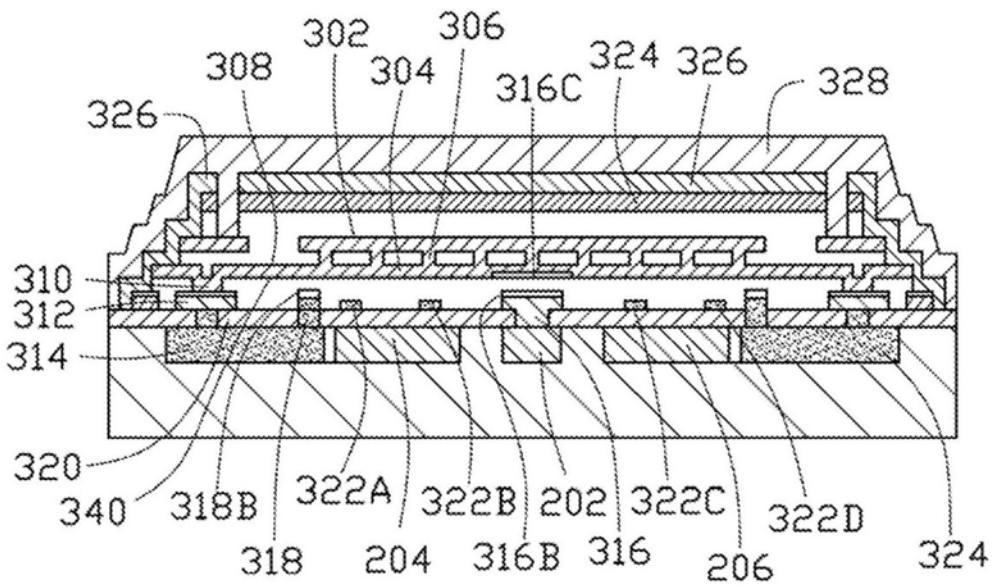


图3C

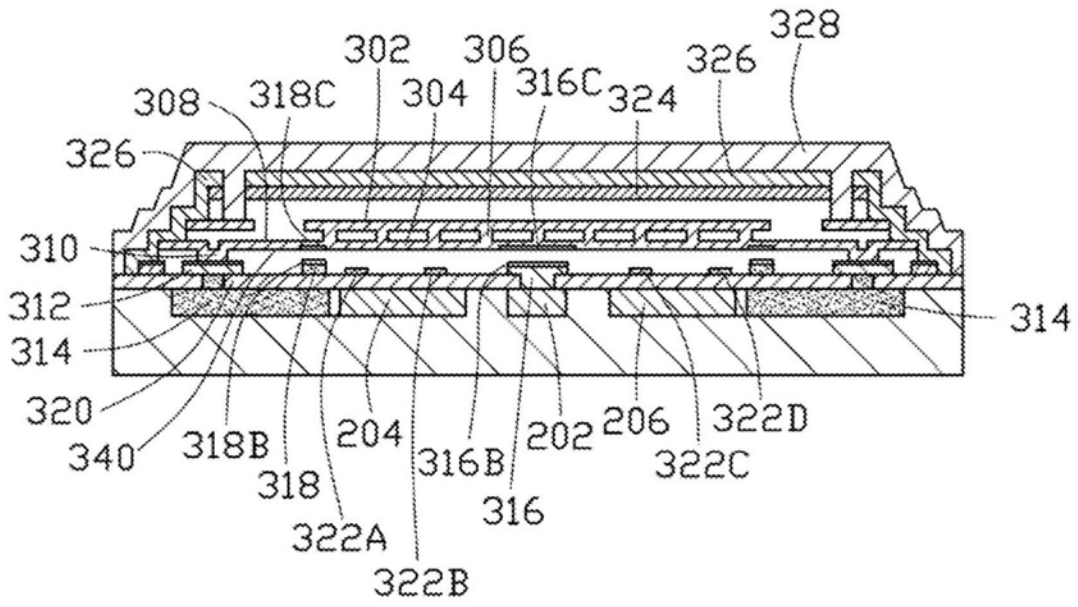


图3D

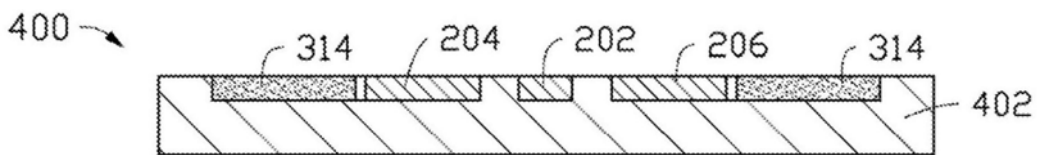


图4A

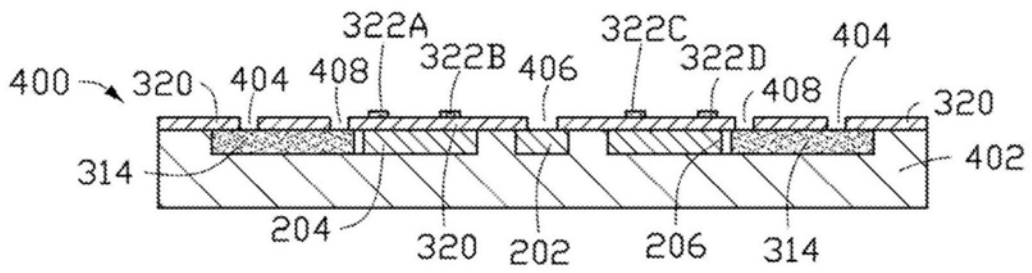


图4B

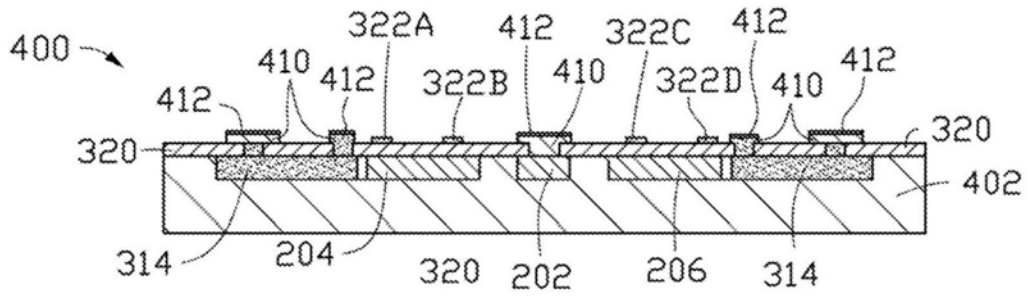


图4C

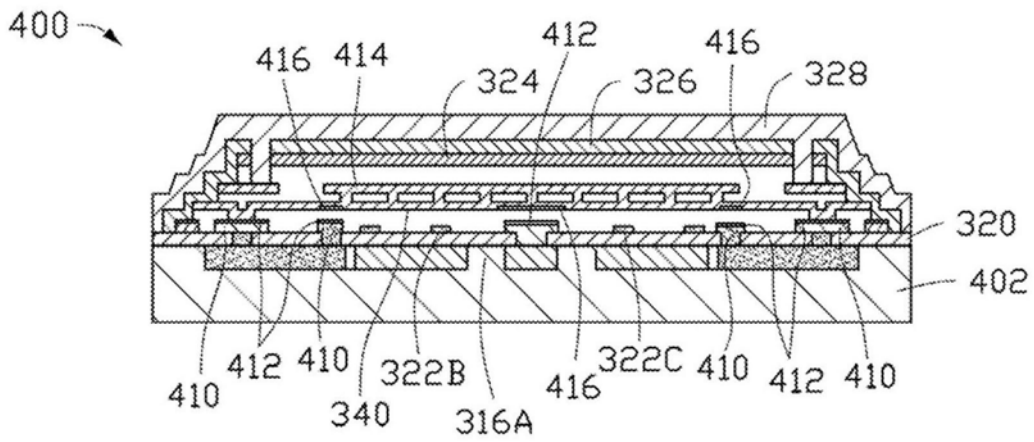


图4D

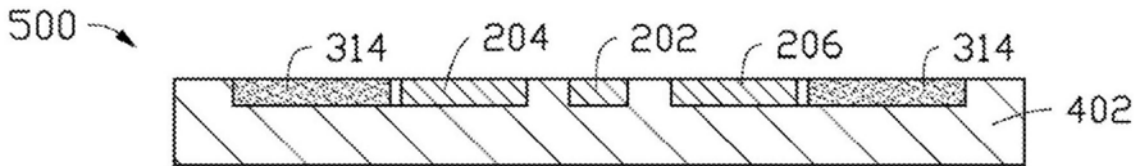


图5A

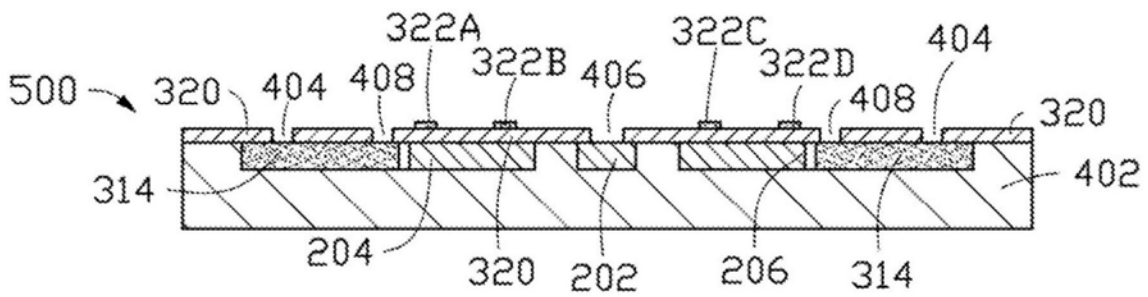


图5B

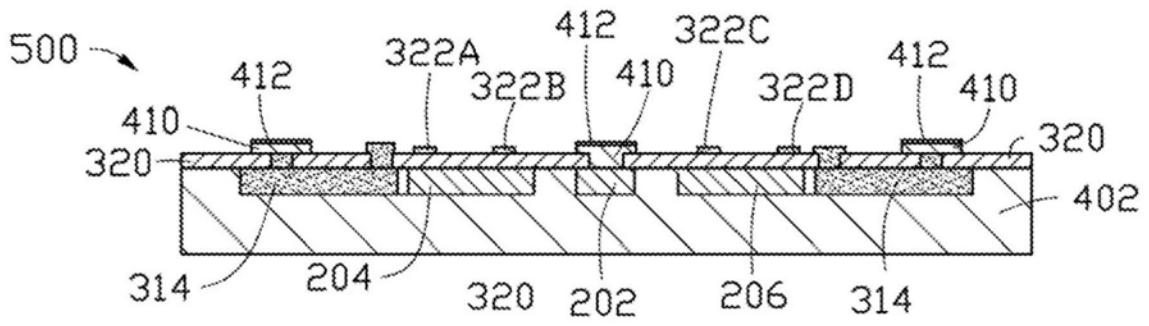


图5C

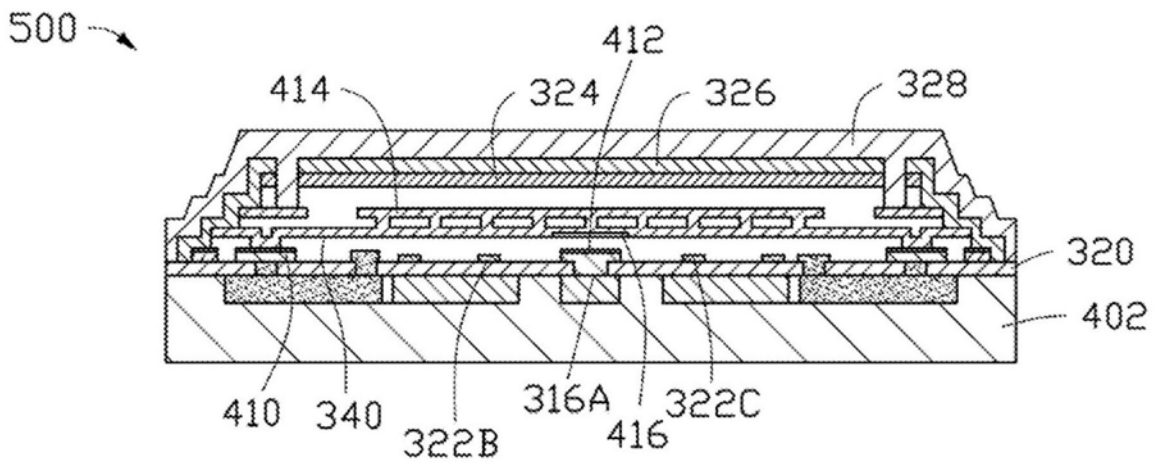


图5D