

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04R 23/00

H04R 3/00 G01F 1/684



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02806787.8

[43] 公开日 2004 年 5 月 19 日

[11] 公开号 CN 1498514A

[22] 申请日 2002.6.14 [21] 申请号 02806787.8

[30] 优先权

[32] 2001.6.15 [33] US [31] 09/881,793

[86] 国际申请 PCT/US2002/018969 2002.6.14

[87] 国际公布 WO02/104067 英 2002.12.27

[85] 进入国家阶段日期 2003.9.18

[71] 申请人 特克斯特罗恩系统公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 霍华德·C·雀 埃姆尔·S·比拉

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

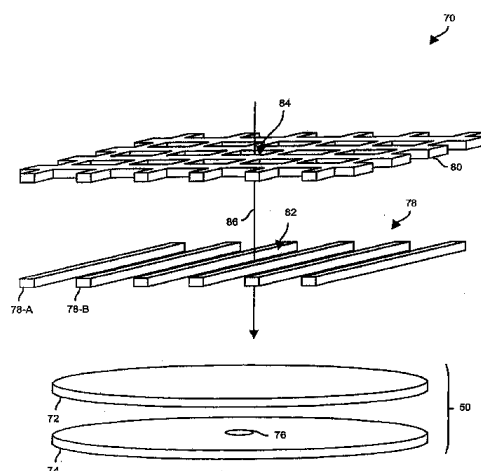
代理人 陈瑞丰

权利要求书 5 页 说明书 23 页 附图 22 页

[54] 发明名称 用微电子机械系统技术感测声音信号的系统和方法

[57] 摘要

一种具有声音传感器和处理电路的声音系统。所述声音传感器包括基座，还包括具有由基座支撑的一组热线延展部件的热线式风速计。这组热线延展部件限定一个实际上与麦克风振动膜平行的平面。所述处理电路接收来自麦克风的声压信号和来自热线式风速计的风速信号，并根据来自麦克风的所述声压信号和来自热线式风速计的所述风速信号提供一个输出信号(例如，去除风噪声的准确的声压信号)。各热线延展部件限定实际上与麦克风振动膜平行的平面，可以以 MEMS 器件容易地实现这种结构，使这种结构适合于小型化的应用。



ISSN 1008-4274

- 1.一种声音传感器，包括：
- 5 基座；
- 由所述基座支撑的麦克风，所述麦克风包括麦克风振动膜；和
- 由所述基座支撑的热线式风速计，所述热线式风速计包括一组热线
- 延展部件，这组热线延展部件限定一个实际上与所述麦克风振动膜平行的平面。
- 10 2.如权利要求 1 所述的声音传感器，其中，第一导电材料层确定所述
- 麦克风振动膜，第二导电材料层确定所述一组热线延展部件，并且所述
- 基座包括一个衬底，该衬底支撑所述第一层导电材料和第二层导电材料。
- 3.如权利要求 2 所述的声音传感器，其中，所述麦克风还包括：
- 刚性部件，它被所述基座支撑，并且实际上与所述麦克风振动膜平
- 15 行，它限定一个电容式麦克风的空腔；第三层导电材料确定所述麦克风的
- 刚性部件；所述衬底支撑所述第三导电材料层；并且所述麦克风振动
- 膜延伸到接近所述基座，在所述一组热线延展部件与电容式麦克风的空
- 腔之间形成密封。
- 4.如权利要求 2 所述的声音传感器，其中，所述一组热线延展部件包
- 20 括：在该组热线延展部件限定的平面内实际上彼此平行的多个钨丝电桥。
- 5.如权利要求 2 所述的声音传感器，其中，还包括：
- 由衬底支撑的保护材料层，所述保护材料层确定一个网格，使外部
- 位置的声波能够通过保护材料层，到达所述热线延展部件和麦克风振动
- 膜。
- 25 6.如权利要求 2 所述的声音传感器，其中，所述第一导电材料层确定
- 多个麦克风振动膜，其中包含上述麦克风振动膜；所述多个麦克风振动
- 膜被排列成二维 $N \times M$ 麦克风振动膜阵列；所述第二导电材料层确定多
- 组热线延展部件，其中包含上述一组热线延展部件；所述多组热线延展
- 部件排列成二维 $N \times M$ 热线延展部件组阵列，它们对应于所述二维 $N \times$
- 30 M 麦克风振动膜阵列。

7.如权利要求 6 所述的聲音传感器，其中，所述二维 $N \times M$ 的麦克风振动膜阵列包括：

第一麦克风振动膜，用以响应第一频率范围内的声波；和

5 第二麦克风振动膜，用以响应与第一频率范围是不同的第二频率范围内的声波。

8.如权利要求 6 所述的聲音传感器，其中，所述二维 $N \times M$ 的麦克风振动膜阵列包括用以响应第一频率范围内声波的第一行麦克风振动膜，和用以响应与第一频率范围是不同的第二频率范围内声波的第二行麦克风振动膜。

10 9.一种声音系统，包括：

声音传感器，它具有(i)基座，(ii)具有麦克风振动膜的麦克风，它被所述基座支撑，以及(iii)具有一组热线延展部件的热线式风速计，它被所述基座支撑，这组热线延展部件限定一个实际上与所述麦克风振动膜平行的平面；和

15 处理电路，它从麦克风接收声音及风压信号，从热线式风速计接收风速信号，并且根据来自麦克风的所述声音及风压信号和来自热线式风速计的所述风速信号给出一个输出信号。

10.如权利要求 9 所述的聲音系统，其中，所述聲音传感器是微电子机械系统器件；第一层导电材料确定所述麦克风振动膜，第二层导电材料
20 确定所述一组热线延展部件；所述基座包括衬底，用于支撑所述第一导电材料层和第二导电材料层。

11.如权利要求 10 所述的聲音系统，其中，所述聲音传感器的麦克风还包括：

刚性部件，它实际上与所述麦克风振动膜平行，用以形成电容式麦
25 克风的空腔；第三层导电材料确定所述麦克风的刚性部件；衬底支撑所述第三导电材料层；所述麦克风振动膜延伸到接近基座，在所述一组热线延展部件与电容式麦克风的空腔之间形成密封。

12.如权利要求 10 所述的聲音系统，其中，所述聲音传感器的热线式风速计中的所述一组热线延展部件包括：在该组热线延展部件限定的平
30 面内实际上彼此平行的多个钨丝电桥。

13.如权利要求 10 所述的聲音系統，其中，所述聲音傳感器還包括：

由衬底支撐的保護材料層，所述保護材料層確定一個網格，使外部位置的聲波能夠通過保護材料層，到達所述一組熱線延展部件和麥克風振動膜。

5 14.如權利要求 10 所述的聲音系統，其中，所述第一導電材料層確定多個麥克風振動膜，其中包含上述麥克風振動膜；多個麥克風振動膜排列成二維 $N \times M$ 麥克風振動膜陣列；第二導電材料層確定多組熱線延展部件，其中包含上述一組熱線延展部件；多組熱線延展部件排列成二維 $N \times M$ 熱線延展部件組陣列，它們對應於所述二維 $N \times M$ 麥克風振動膜
10 陣列。

15.如權利要求 14 所述的聲音系統，其中，所述二維 $N \times M$ 麥克風振動膜陣列包括：

第一麥克風振動膜，用以響應第一頻率範圍內的聲波；和

15 第二麥克風振動膜，用以響應與第一頻率範圍是不同的第二頻率範圍內的聲波。

16.如權利要求 14 所述的聲音系統。其中，所述二維 $N \times M$ 麥克風振動膜陣列包括用以響應第一頻率範圍內聲波的第一行麥克風振動膜，以及用以響應與第一頻率範圍是不同的第二頻率範圍內聲波的第二行麥克風振動膜。

20 17.如權利要求 9 所述的聲音系統，其中，所述處理電路包括：

轉換級，它將來自所述熱線式風速計的風速信號轉換成含有風壓分量的模擬風壓信號；和

輸出級，它從來自麥克風的所述聲音及風壓信號減去所述模擬風壓信號的風壓分量，生成一個輸出信號。

25 18.如權利要求 17 所述的聲音系統，其中，所述轉換級和輸出級都是模擬電路，這些模擬電路被設置在一塊專用集成電路內。

19.如權利要求 9 所述的聲音系統，其中，所述處理電路包括：

相關級，它使風速信號數字化，并使被數字化的風速信號與檢查表中的一系列風壓值相關聯，再以相關信號的形式提供一系列風壓值；

30 輸出級，用於(i)從相關級接收所述相關信號，(ii)從麥克風接收所述

声音及风压信号，以及(iii)从所述声音及风压信号减去所述一系列风压值，提供一个输出信号。

20.一种提供声音信号的方法，其中，所述方法包括以下步骤：

响应所述麦克风振动膜上的声音和风压，生成声音及风压信号；

- 5 响应所述具有一组热线延展部件的热线式风速计上的风速，生成风速信号，所述一组热线延展部件确定一个实际上与所述麦克风振动膜平行的平面；和

根据已生成的声音及风压信号和已生成的风速信号给出一个输出信号，作为所述声音信号。

- 10 21.如权利要求 20 所述的方法，其中，所述方法还包括下述步骤：

提供微电子机械系统器件，作为所述麦克风和热线式风速计。

22.如权利要求 20 所述的方法，其中，所述给出输出信号的步骤包括以下各步：

把风速信号转换成具有风压分量的模拟风压信号；和

- 15 从所述声音将风压信号中减去所述模拟风压信号的风压分量，给出输出信号。

23.如权利要求 20 所述的方法，其中，所述给出输出信号的步骤包括以下各步：

使风速信号数字化；

- 20 使被数字化的风速信号与检查表中的一系列风压值相关联；和
从所述声音及风压信号中减去上述一系列风压值，给出输出信号。

24.一种制造微电子机械系统器件的方法，其中，所述方法包括以下步骤：

在基座结构上淀积第一材料层；

- 25 在第一材料层上淀积第二材料层；和

至少去除部分第一材料层和部分第二材料层，使第二材料层的剩余部分形成多个由基座结构支撑的延展部件，所述各延展部件彼此平行；所述淀积第一材料层、淀积第二材料层以及去除步骤都在低于 700℃ 的温度范围内发生。

- 30 25.如权利要求 24 所述的方法，其中，所述淀积第二材料层的步骤包

括利用等离子增强化学气相淀积工艺淀积导电材料，作为所述第二材料层。

- 26.如权利要求 25 所述的方法，其中，所述淀积步骤包括在所述第一材料层上设置钨，作为导电材料，使所述微电子机械系统器件能够作为
5 热线式风速计而工作。

27.如权利要求 24 所述的方法，其中，所述基座结构包括衬底，并且所述反复还包括以下步骤：

- 在所述基座结构上预先淀积第一材料层，同时在所述基座结构的衬底上形成麦克风振动膜，在所述去除步骤之后，所述麦克风振动膜处于
10 所述多个延展部件与衬底之间。

28.如权利要求 27 所述的方法，其中，还包括以下步骤：

去除部分衬底，形成电容式麦克风空腔的第一部分；

在另一衬底上形成刚性部件，并去除部分另一衬底，形成电容式麦克风空腔的第二部分；和

- 15 将所述衬底与另一衬底压焊在一起，以使所述电容式麦克风空腔的第一和第二部分对准，并使麦克风振动膜被设置在所述多个延展部件与电容式麦克风的空腔之间，形成具有热线式风速计和电容式麦克风的声部件，作为微电子机械系统器件。

用微电子机械系统技术感测声音信号的系统和方法

5

技术领域

本发明涉及用微电子机械系统技术感测声音信号的系统和方法。

背景技术

- 10 麦克风是将气压取样(即声信号)转换成电信号的转换器。在典型的动力麦克风中,麦克风的振动膜相对磁场移动线圈,使电流流入线圈。在典型的电容式麦克风中,麦克风的振动膜(如带电荷的金属电极板,驻极体等)相对于刚性背板移动,使电流从电源流出,在麦克风振动膜与刚性背板之间产生恒定的电位差。
- 15 风噪声会干扰麦克风感测声音信号的能力。比如,当一个人冲着麦克风讲话时,风噪声会掩盖这个人的声音,致使与麦克风相连的装置(如扩音器、录音器、送话器、扬声器等)传出的声音含混不清。风噪声还可以掩盖重要的声音信息,使比如自动目标/对象识别装置,方位辨别等系统等自动系统的性能下降。
- 20 有些麦克风配置了风挡,覆盖在麦克风上,意在减少由麦克风感测到的风噪声。常规的风挡,常见于覆盖在电视记者手持的麦克风上面,它是由海绵制成,并呈球形(如覆盖在麦克风上,直径约为 10 厘米的海绵球)。这种风挡已经被使用多年,并且可以有效的去除会使关键的声音(如电视记者的声音)含混不清的风噪声(如令人讨厌的隆隆声)。
- 25 一些科学实验试图以电去除的方式,从目标位置的声音与风噪声中去除风噪声(比如要从过往的卡车中获得声信号)。通常,这些试验利用麦克风传感声音和风压,在麦克风周围(比如距离麦克风几毫米处)设置一套热线式风速计,用以感测风速,并用计算机设备存储和处理由麦克风感测到的声音和风压,同时,由热线式风速计所测得的风速。典型的
- 30 热线式风速计是一种脆性的装置,它通过加热一小段线路(比如一段

1.5mm 长的钨或铂), 测量由于风吹过线路所造成的热损失(热量或能量的损失与风速直接相关)。

下面将说明一种实现上述试验的方法。第一模-数(A/D)转换器将来自麦克风的信号转换成数字化的声音和风压信号, 这些信号被保存在计算机的存储器中。同时, 第二 A/D 转换器将来自热线式风速计的信号转换成数字化的热损失信号, 这些信号也被保存在存储器中。接下来, 数字信号处理器处理声音和风压信号以及热损失信号。特别是, 采用一种算法, 可以利用热损失信号产生风压数据, 并从声音和风信号中减去风压数据。尽管实验结果仍是混合信号, 但理论结果应该是能够从目标位置获得一个已经除去了风噪声的声音信号。

上述实验参考以下两篇文章的全部内容, 一篇是在 1998 年 10 月的 Acoustical Society of America 136th Meeting Lay Language Paper 中, 由 Shust 等人著的名为 “Electronic Removal of Outdoor Microphone Window noise” 的文章。另一篇是在 1997 年 1 月的 AIAA 期刊第 35 卷第 1 期中, 由 McGuinn 等人著的题为 “Low Flow-noise Microphone for Active Noise Control Applications” 的文章。这些实验提供了令人振奋的试验结果, 但前提是传送到麦克风振动膜上的气流充分正常。本文参考的另一个相关的实验和风信号算法(如流体动力学方程), 在密歇根工学院 1998 年 3 月 6 日的电器工程博士论文(Ph.D.Dissertation in Electrical Engineering)中由 Shust 著的题为 “Active Removal of wind Noise from Outdoor Microphone using Local Velocity Measurements” 的论文中有所描述。

发明内容

遗憾的是, 传统的减少麦克风感测到风噪声的方法有一些不足之处。例如, 上述传统的风挡体积庞大, 因此影响了一些特定的麦克风的应用(如在助听器、免提电话设备、隐藏监视设备等方面的应用)。另外, 这种风挡的体积庞大, 有碍于当前麦克风和声音系统小型化的趋势(如掌上摄像机、手机等)。此外, 要想保持风挡去除风噪声的效果, 风挡就无法实现小型化。

至于上文提到的另外一种传统方法, 是在麦克风周围设置一套热线

式风速计，以电的方式去除麦克风所感测的声音和风压信号中的风噪声，这种方法产生混合的效果，而且还不能像风挡那样有效地去除风噪声。这种混合的效果归因于多种因素。比如，热线式风速计不能感测来自麦克风所处位置的风噪声，而是感测麦克风临近位置的风噪声(即距离麦克风几毫米处)，而这种风噪声与麦克风所处位置的风噪声相比具有显著差别。而且，当吹向风速计的风经过麦克风时，麦克风周围的气流使风速计处的风速发生变化，从而使系统引入误差。另外，这种方法只有在吹到麦克风振动膜上的风充分正常时才是有效的。

此外，上述传统的以电的方式去除风噪声的方法还有一些实施上的缺陷。比如，有些方法需要大量的计算机设备(比如多个 A/D 转换器、存储信号信息的存储器、应用对声音和风压信号及风速信号进行数字信号处理的技术等)。此外，这些方法是在信号信息被数字化并被保存到存储器以后，从声音和风信号中减去风压数据，这就需要用到存储器，并且需要等待的时间。这样的置后处理方法不适用于某些特殊应用，比如需要使用中(即实时地)去除风噪声的声音系统，例如，现场广播、手机、军用/国防战场传感器、助听器等。

与上述传统的减少风噪声的方法相比，本发明的几种具体实施例都提供一种使用微电子机械系统(MEMS)技术直得声音信号的方法。譬如，可以将像麦克风和热线式风速计这样的感测部件布置在一个 MEMS 器件中(如在一个位置上以极小的间隔设置或者相互接触)。因此，基本上可以在同一位置感测风速、声音和风压。于是，根据风速生成一个精确的风压信号，然后，再从声音和风压信号中减去所生成的风压信号，这样就给出一个去除风噪声的精确声音信号。

按照本发明的一种方案，提供一个声音系统，所述声音系统包含声音传感器和处理电路。所述声音传感器包括(i)基座，(ii)被支撑于所述基座上的麦克风，该麦克风有一个麦克风振动膜，和(iii)置于所述基座上的热线式风速计，该热线式风速计有一组热线延展部件。这组热线延展部件的一个平面与麦克风振动膜完全平行。

所述处理电路从麦克风接收声音和风压信号，从热线式风速计接收风速信号，并根据从麦克风接收的声音和风压信号与从热线式风速计接

收的风速信号给出一个输出信号(比如去除风噪声的精确声音信号)。因为热线延展部件的一个平面与麦克风振动膜完全平行,所以热线延展部件与麦克风振动膜可以彼此靠得非常近(比如分开微小的、有限的距离),或者甚至彼此接触,这样就可以感测到同一位置的精确的风速、声音和

5 风压。

按照一种方案,第一层导电材料是麦克风振动膜(比如多晶硅、硅化物等),第二层导电材料是这组热线延展部件(比如钨)。按照这种方案,所述基座包括衬底(比如硅),用来支撑所述第一层和第二层导电材料。因此,可以作为 MEMS 器件实现所述声音传感器。由于这种 MEMS 声

10 音传感器能够给出去除风噪声的声音,所以可以将这种 MEMS 声音传感器称作 MEMS 电子风挡麦克风(MEWM)。

按照一种方案,所述声学传感器麦克风还包括一个刚性部件(如一块背板),它与麦克风振动膜完全平行,形成电容式麦克风的空腔。按照这种方案,第三层导电材料是麦克风的刚性部件。所述衬底支撑所述第三

15 层导电材料。最好使所述麦克风振动膜一直延伸到所述基座,在热线延展部件与电容式麦克风空腔之间形成密封。有此,则麦克风振动膜可阻止沾染物(如灰尘、湿气、颗粒、碎片等)沿着所述热线延展部件进入电容式麦克风的空腔。沾染物进入电容式麦克风的空腔将导致麦克风操作失效。

按照一种方案,所述这组热线延展部件包括多个钨丝电桥,这些电桥在热线延展部件限定的平面内完全平行。因此,为了获得能转换成风速的热量损失值,可以加热钨丝电桥,并测量风吹过电桥所造成的热量

20 损失。

按照一种方案,所述声音传感器还包括一层由衬底支撑的保护材料

25 (如氮化硅)。最好将这层保护材料做成网格状,从而,使声波能从外面通过保护材料到达这组热线延展部件和麦克风振动膜。相应地,这种网格可以使声音和风从外面进入风速计和麦克风,也还降低了污物进入风速计和麦克风的可能性。

按照一种方案,所述第一层导电材料确定多个麦克风振动膜。最好

30 使多个麦克风振动膜排列成二维 $N \times M$ 的麦克风振动膜阵列(N 和 M 是

正整数)。另外,所述第二层导电材料确定多组热线延展部件。最好使多组热线延展部件排列成二维 $N \times M$ 的热线延展部件组的阵列,并与所述二维 $N \times M$ 的麦克风振动膜阵列对应。由此,所述声音传感器有多个感测部件(一对麦克风和风速计),用以增加稳定性,譬如,增强容错能力,提高信噪比(即在一些特殊的感测部件中减少随机噪声)等。

按照一种方案,所述二维 $N \times M$ 的麦克风振动膜阵列包括:第一行麦克风振动膜,用以响应第一频率范围(如 0-10KHz)内的声波;还包括第二行麦克风振动膜,用以响应第二频率范围内的声波;所述第二频率范围与第一频率范围不同(比如是 10-20KHz)。其他各行可以响应其他的频率范围。于是,这种声音传感器能专门适用于感测特殊类型的声音(比如语音、汽车信号等)。

按照一种方案,所述处理电路包括一个转换级,用于将热线式风速计测得的风速信号转换成含有风压分量的模拟风压信号,还包括一个输出级,用于从麦克风的聲音和风压信号中减去模拟风压信号的风压分量,从而生成输出信号。为了实时输出去除了风噪声的声音信号,所述方案可以实时地进行操作。因此,这种方案适用于需要当场去除风噪声的场合,如现场广播、手机、军用/国防的战场传感器、助听器等。

按照一种方案,所述转换级和输出级是设在专用集成电路(ASIC)内的模拟电路。这样就可以在很小的空间内封装整个系统(如声音传感器的 MEMS 器件和处理电路的 ASIC 器件)。

按照一种方案,所述处理电路包括一个相关级,用于使风速信号数字化,并使数字化的风速信号与检查表中的一系列风压值联系起来,以相关信号的形式提供一系列的风压值。这里的处理电路还包括一个输出级,用于(i)从相关级接收相关信号,(ii)从麦克风接收声音和风信号,(iii)从声音和风压信号中减去这串风压值,然后生成输出信号。这种方案对风速信号使用一种算法。按照这种方案,所述系统不需要转换级,或者可以绕过转换级。

如上所述,可将本发明的特点用于声音系统、声音装置和声音方法以及其他电子设备,例如,麻萨诸塞州 Wilmington 的 Textron Systems 公司的一些设备。

附图说明

在下面的本发明优选实施例中，将参考附图详细说明本发明的上述以及其他目的、特点和优点；所有附图中描述的相同部分都采用相同的附图标记。

图 1 是适用于本发明的声音系统的方框图；

图 2 是图 1 的声音系统中声音传感器各部分的透视图；

图 3 是当图 1 中声音传感器用作微电子机械系统(MEMS)器件时的侧视剖面图；

10 图 4 是附图 3 中声音传感器的俯视图；

图 5 是图 3 和 4 中声音传感器的热线式风速计所用的热线部件的俯视图；

图 6 是使用图 1 之声音系统的程序流程图；

图 7 是具有声音感测部件阵列的声音传感器的俯视图；

15 图 8 是可供选的声音系统的方框图，该声音系统有多个级，用以根据风速的测量值生成风压信号；

图 9 是一个 MEMS 结构的剖面图，所述结构包括衬底、外延层、一层导电材料和光刻胶区域(比如使用光刻及光掩膜技术后布图后)；

20 图 10 是图 9 中的 MEMS 结构去掉部分导电材料层和光刻胶区域后的剖面图；

图 11 是图 10 中的 MEMS 结构被附加了低温氧化层和光刻胶区域后的剖面图；

图 12 是图 11 中的 MEMS 结构已经去掉低温氧化层部分和光刻胶区域后的剖面图；

25 图 13 是图 12 中的 MEMS 结构被附加了聚酰亚胺并使结构表面被抛光之后的剖面图；

图 14 是图 13 中的 MEMS 结构被附加了一层导电材料(如钨)后的剖面图；

图 15 是图 14 中的 MEMS 结构被附加了光刻胶区域后的剖面图；

30 图 16 是图 15 中的 MEMS 结构已经去掉导电材料层和光刻胶区域后

的剖面图;

图 17 是图 16 中的 MEMS 结构被附加了聚酰亚胺后的剖面图;

图 18 是图 17 中的 MEMS 结构被附了光刻胶区域后的剖面图;

图 19 是图 18 中的 MEMS 结构已经去掉部分聚酰亚胺和光刻胶区域
5 后的剖面图;

图 20 是图 19 中的 MEMS 结构被附加了一层基座材料(如等离子增强化学气相淀积的氮化物)和光刻胶区域后的剖面图;

图 21 是图 20 中的 MEMS 结构已经去掉基座材料部分和光刻胶后的剖面图;

10 图 22 是图 21 中的 MEMS 结构被附加了一层保护层材料后的剖面图;

图 23 是图 22 中的 MEMS 结构在衬底(即 MEMS 器件的底部)上被附加了光刻胶区域后的剖面图;

图 24 是图 23 中的 MEMS 结构已经去掉衬底部分(如各向异性的湿
15 法蚀刻)后的剖面图;

图 25 是图 24 中的 MEMS 结构已从衬底上去除光刻胶部分后的剖面图;

图 26 是另一种 MEMS 结构的侧向剖面图,该 MEMS 结构包括衬底、硼硅玻璃层、外延层、导电材料层和光刻胶区域;

20 图 27 是图 26 中的 MEMS 结构已经去掉导电材料层部分和光刻胶区域后的剖面图;

图 28 是图 27 中的 MEMS 结构被附加了光刻胶区域后的剖面图;

图 29 是图 28 中的 MEMS 结构已经去掉外延层和光刻胶区域部分后的剖面图;

25 图 30 是图 29 中的 MEMS 结构的剖面图,在将所述 MEMS 结构反转后该结构剩余的外延层和导电材料层上被附加了一层保护材料层,并且在硼硅玻璃层部分和衬底部分覆盖了光刻胶区域后,经各向异性蚀刻,以形成电容式麦克风的空腔部分;

图 31 是一种 MEMS 器件的剖面图,这种 MEMS 器件是把图 25 的
30 MEMS 结构与图 30 的 MEMS 结构压焊在一起(如经过阳极焊),并去除

保护层后形成的，用以形成具有多个声音传感器的 MEMS 器件；

图 32 是适用于图 1 中声音系统的 MEMS 器件形成过程的流程图；

图 33 是另一种 MEMS 结构的侧面剖面图，该结构包括衬底和光刻胶区域；

5 图 34 是图 33 中的 MEMS 结构的侧视剖面图，该结构已经去除了部分衬底和光刻胶区域，形成多个孔，或者作为选择，是在固体衬底上已经钻通多个孔；

图 35 是图 34 中的 MEMS 结构的侧视剖面图，该结构已经在衬底上覆盖了一层导电材料，使所述衬底内的孔是敞开的(比如在衬底上电子束蒸发一层导电材料)；

图 36 是图 35 中的 MEMS 结构被附加了光刻胶区域后的侧视剖面图；

图 37 是图 36 中的 MEMS 结构已经去除导电材料部分和光刻胶区域后的侧视剖面图；

15 图 38 是一种 MEMS 器件的剖面图，该 MEMS 是将图 25 中的 MEMS 结构与图 37 中的 MEMS 结构压焊在一起(如经阳极焊)，并去除保护层后形成的，以形成具有多个声音传感器的 MEMS 器件；

图 39 是图 23 中的 MEMS 结构已经去除部分衬底(如各向异性等离子蚀刻)后的剖面图。

20

具体实施方式

本发明的各实施例均涉及利用微电子机械系统(MEMS)技术获得声音信号的方法。譬如，可将诸如麦克风和热线式风速计之类的感测部件设置在 MEMS 器件内(比如，可按有限的精密分开被布置在一个位置处)。

25 因此，可在几乎同一位置处测量风速、声音和风压。结果，根据该位置的风速生成风压信号，然后从该位置的声音及风压信号中减去所生成的风压信号，从而提供去除了风噪声的精确声音信号。

图 1 是适用于本发明的一个声音传系统 40 的方框图。所述声音传系统 40 包括声音传感器 42 和处理电路 44。所述声音传系统 40 还包括附加电路 46(例记录器、放大器、送话器等)。所述声音传感器 42 包括用于

30

感测风速的热线式风速计 48 和用于感测声音及风压的麦克风 50。所述处理电路 44 包括转换级 52，用于将风速信息转换成风压信息，还包括输出级 54，用于输出去除了风噪声的声音信息。所述声音系统 40 可有效的去除进入麦克风 50 的非固定和非线性的风噪声，而不需要有传统的泡沫状的风挡。仅作为示例，所述附加电路 46 包括模-数(A/D)转换器 56 和数字信号处理器 58，用于处理从输出级 54 输出的声音信息。

最好将所述声音传感器 42 做成一个 MEMS 器件(即微机械器件)。这样，所述声音传感器 42 就适用于小型化的情况，如掌上摄像机、手机、隐蔽的监视设备等。也可以用于非小型化的情况(如手持麦克风)。因为声音传感器 42 能够提供去除了风噪声的声音信息，所以可以将声音传感器 42 的 MEMS 器件方便地称作 MEMS 电子风挡麦克风(MEWM)。

此外，可将所述处理电路 44 封装在单个集成电路(IC)内，例如专用集成电路(ASIC)。按照一种方案，所述处理电路 44 是 ASIC 内的一个专有的模拟电路，这样就减少了对多个 A/D 转换器的需求，也就是所述附加电路 46 只有一个 A/D 转换器来使声音系统 40 的信息数字化，而不是像上述的以往科学实验中那样，需要多个转换器来分别转换风速信号、声音和风压信号。可将多个声音传感器 42 作为一个 MEMS 器件来实现，并且模拟电路能去除输出级 54 输出的声响/声音中的风噪声。按照另一种方案，可将所述处理单元 44 可以作为混合电路来实现，也就是将多个 IC 封装块装配到一个小型电路板上。

在声音系统 40 的工作过程中，为了获得清晰的没有风噪声的声音信号，所述声音系统 40 将原始的物理风速信号(即风/紊动气流/速度信号)转化成声音的等效电信号，并从包括声音和风压部分的全部麦克风信号中减去该电信号。特别是，热线式风速计 48 为转换级 52 提供一个风速信号 60(即热损失信号)。转换级 52 将风速信号 60 转换成风压信号 62，并将该风压信号 62 输送到所述输出级 54。该输出级 54 从转换级 52 接收所述风压信号 62，同时，还从麦克风 50 接收声音及风压信号 64，并向所述附加处理电路 46 输出一个输出信号 66。所述输出信号 66 是根据来自转换级 52 的风压信号 62 和来自麦克风 50 的声音及风压信号 64 生成的。特别地，所述输出信号 66 包括由麦克风 50 感测的已经去除了风

噪声的声音。按照一种方案,所述输出信号 66 是模拟信号,可以通过 A/D 转换器 56 将其转换成数字信号 68,为的是利用数字信号处理器 58 对其进行信号处理。

应该理解,由于风速信号 60 和风压信号 62 之间的转换,造成了声音及风压信号 64 与风压信号 62 之间的延迟,可以通过在声音及风压信号 64 中引入一个小的延迟补偿这种延迟。可以通过使用较长的导体(如较长的导电材料通路、较长的蚀刻线等)、延迟缓冲器等来实现这种小的延迟。以下将参考图 2 对进一步说明本发明。

图 2 表示图 1 中声音传感器 42 的组件 70 的透视图。组件 70 包括构成麦克风 50(即电容式麦克风)的麦克风振动膜 72 和刚性部件 74(即刚性背板)。所述刚性部件 74 上确定孔 76。组件 70 还包括热线式风速计 48 的一组热线延展部件 78-A、78-B...(共同组成所述延展部件 78)。这组热线延展部件 78 与麦克风振动膜 72 严格地平行。组件 70 还包括一层网格状的保护材料层 80(如纵横交错的栅格)。声音和风 86 可以通过热线延展部件 78 和保护材料 80 的网格内的孔 84 之间的间隙 82 激活麦克风 50。下文将参考图 3 和 4 进一步说明本发明。

图 3 和 4 分别给出图 1 中声音传感器 42 的侧视剖面图 90 和图 3 中平面 106 的俯视图 110(即麦克风振动膜 72 的平面 106)。如图 3 和 4 所示,声音传感器 42 包括基座 94,它用以支撑麦克风振动膜 72 和刚性部件 74(也可见图 2)。按照一种方案,所述声音传感器 42 为 MEMS 器件,而且基座 94 是由多层材料形成的(如硅、外延硅、低温二氧化硅、等离子氮化物等)。基座 94 还支撑热线延展部件 78(图 4 中的虚线所示)以及保护材料 80 的网格(图 4 中未示出)。

基座 94 在麦克风振动膜 72 和刚性部件 74 之间形成电容式麦克风的空腔 96,以及通向外部位置 100 的声音传感器开口 98。通过热线延展部件 78 和保护材料 80 网格内的孔 84 之间的间隙 82,声音 102 和风 104 可以从外部位置 100 传到麦克风振动膜 72。刚性部件 74 中的孔 76 使空气能够进出所述电容式麦克风的空腔,这就使麦克风振动膜 74 在响应声音 102 和风 104 时,易于相对刚性部件 74 振动。

应予以理解的是,由于麦克风振动膜 72 很好的密封了电容式麦克风的

空腔 96，所以能防止沾污物(如灰尘、湿气、粉末等)从位置 100 进入电容式麦克风的空腔 96 中。此外，声音传感器 42 的器件封装也能阻止沾污物通过孔 76(即通气孔)进入电容式麦克风的空腔 96。

5 麦克风 50 是电容式麦克风。即随着麦克风振动膜 72 的振动，它和刚性部件 74 之间的距离发生变化。当电源在麦克风振动膜 72 与刚性部件 74 之间提供恒定电位差时，通过电源流向麦克风振动膜 72 和刚性部件 74 的电流变化，可以检测麦克风振动膜的振动。只是作为示例，图 4 示出通向麦克风振动膜 72 的蚀刻线 112 和焊盘 114(即电源线)。类似的结构可以用来连接刚性部件 74。

10 应理解，所述一组热线延展部件 78 的平面 106 与麦克风振动膜 72 严格平行。此外，还应理解，可以优选微机械器件实现所述声音传感器 42，从而使这组热线部件 78 基本上与麦克风振动膜 72 配置于一起，也就是说，热线延展部件 78 与麦克风振动膜 72 之间有极小的间隔(比如几个微米)，或者作为选择也可以彼此接触。因此，热线式风速计 48 和麦
15 克风 50 可在同一位置分别感测风速、声音和风压。另外，由于这种配置，声音传感器 42 对各个方向的声音和气流都是有效的，而不需要像有些科学实验中那样要求流向麦克风振动膜的声音和气流充分正常。以下将参考图 5 进一步说明本发明。

图 5 是热线式风速计 48 内热线部件 120 的俯视图。所述热线部件 120
20 包括一组热线延展部件 78(也可参见图 2 和 4)，一组连接部件 122 和一组焊盘 124。连接部件 122-A 将各热线延展部件 78 的尾部连接到焊盘 124-A，另一连接部件 122-B 将各热线延展部件 78 的另一尾部连接到另一焊盘 124-B。如上所述，这组热线延展部件 78 由基座 94 支撑，因此各延展部件 78 就形成一个与麦克风振动膜 72 严格平行的平面 106(参见
25 图 3)。

工作期间，由于电流的流过，使这组热线延展部件 78(如钨)温度升高。风经过各热线延展部件 78 而带走热量，因而导致流过各热线延展部件 78 的电流或电压发生变化，这种变化可被处理电路 44 检测到。因此，热线延展部件 78 能精确的指示风速，这个风速可以转换成风压信号。以
30 下将参考图 6 进一步说明本发明。

图 6 表示使用图 1 的声音系统 40 时的程序 130。在步骤 132，为了在一个特定的位置检测声音、风压以及风速，使用了音传感器 42(可参见图 3 和 4)。回顾所述声音传感器 42 包含一组热线延展部件 78，这组热线延展部件 78 有一个与麦克风振动膜 72 严格平行的平面 106，这样就

5 将热线式风速计 48 与麦克风 50 配置在一起(比如在一个 MEMS 器件内)。

在步骤 134，声音传感器 42 中的麦克风 50 响应麦克风振动膜 72 上的声音和风压，生成一个声音及风压信号 64(可参见图 1)。按照一种方案，所述麦克风 50 生成一个电流信号，作为所述声音及风压信号 64。而按另一方案，所述麦克风 50 生成一个电压信号，作为所述声音及风压

10 信号 64。

在步骤 136，声音传感器 42 中的热线式风速计 48 响应所述一组热线延展部件 78 上的风速，生成风速信号 60。按照一种方案，这组热线延展部件 78 包括一组钨丝电桥，用以提供一个电流信号，作为所述风速信号 60(即热损失信号)。而按另一方案，所述风速计 48 提供一个电压信

15 号，作为所述风速信号 60。同时进行步骤 134 和 136 是更为可取的，所以声音及风压信号 64 和/或风速信号 62 不会发生延时，或者只需有最小的延时(例如使用一个或多个延使缓冲器)。

在步骤 138，处理电路 44 根据所述声音及风压信号 64 和风速信号 60 生成输出信号 66。特别是所述处理电路 44 中的转换级 52，它将风速信号 60 转换成一个含有风压分量的模拟风压信号 62(即风压电流信号)。然后，所述输出级 54 根据来自麦克风 50 的声音及风压信号 64 和来自所述转换级 52 的模拟风压信号 62，生成输出信号 66。比如，输出级 54 从声音及风压信号 64 中减去模拟风压信号 62 中的风压分量。所述输出信号 66 是麦克风感测到的去除了风噪声后的声音信号。所述输出信号 66 还可受到附加电路 46 的处理(如滤波、放大、数字化、存储、复制、传输等)。以下将参考图 7 进一步说明本发明。

20

25

应予以理解，上述包含一个热线式风速计 48 和一个麦克风 50 的声音传感器 42 仅只是一个示例。在其他的方案中，所述声音传感器 42 包含多对风速计和麦克风。图 7 表示具有多个声音感测部件 142 的声音传感器 140 的俯视图。每个声音感测部件 142 包含图 3 和 4 所示的被配置于

30

一起的一个热线式风速计 48 和一个麦克风 50(即一对风速计/麦克风)。也就是说,各感测组件的热线式风速计 48 和麦克风 50 被集成在一起。按照一种方案,将所述各热线延展部件 78 设置在麦克风振动膜 72 的正上方(比如只有几微米的微小间隔)。按另一方案,将所述各热线延展部件 78 设置在麦克风振动器 72 的顶部(即相互接触)。这两种方案都能精确地测量风速,都优于传统的用一个或几个热线式风速计的试验,传统试验中热线式风速计距离麦克风有几毫米(甚至更远的距离)。

在声音传感器 140 内,所述各声音感测部件 142 被排列成 $N \times M$ 的阵列(仅为示例,图 7 中 N 和 M 等于 3)。因此,声音传感器 140 基本上是一个微型声音传感器阵列。

如果将声音传感器 140 做成一个微机械器件,这种声音传感器 140 最好包括导体通路 144-1、144-2...(共同构成导体 144),这些导体通路有条理地将过声音感测部件 142 的各热线式风速计 48 和麦克风 50 连接到处理电路 44(可参见图 1)。回顾图 4,它示出一个连接麦克风振动膜 72 和焊盘 114 的短的导体通路 112。最好是类似的、但较长的导体通路 144,从每个声音感测部件 142 延伸到外部阵列 140 的焊盘位置,所以外部导线(未示出)可以实现声音传感器阵列 140 与处理电路 44 之间的电连接。仅为示例,图 7 以列的形式示出各连接声音感测部件 142 的导体 144。

按照一种方案,将每个声音感测部件 142 调整到不同的特定频率范围。例如,将声音传感器 140 的第一声音感测部件 142 调整到 0-10KHz 的第一频率范围,将第二声音感测部件 142 调整到 10-20KHz 的第二频率范围等。这就使得所述声音传感器 140 能适用于特殊的频率范围,实现特定的目标(比如感测特殊的声音信号、整体覆盖较宽的频率范围等)。

按照另一种方案,将声音感测部件 142 排列成组,比如,部件 142 的列,部件 142 的行,部件 142 的 $I \times J$ 阵列(I 和 J 是正整数)等。将每组调整成接收不同频率范围内的声音和风压(例如第一频率范围 0-10KHz、第二频率范围 10-20KHz 等)。通过逐组的改变声音感测部件 142 的一个或多个物理特征(如数目、形状、大小、厚度等)能完成这样的调整。就是说,可以调整第一组声音感测部件 142 中的麦克风振动膜 72 的特征,使它响应第一频率范围,调整第二组声音感测部件 142 中的麦克风振动

膜 72 的特征, 使它响应第二频率范围等。仅为示例, 图 7 中声音传感器 140 内的第一列声音感测部件 142 被调整到 0-10KHz 的第一频率范围, 第二列声音感测部件 142 被调整到 10-20KHz 的第二频率范围, 第三列声音感测部件 142 被调整到 20-30KHz 的第三频率范围。

5 应予以理解, 声音传感器 140 具有很高的稳定度。例如, 由于声音感测部件 142 的尺寸微小, 而且他们的数目众多, 所以能较好的去除噪声(即有较好的信噪比)、增强信号、提高容错能力等。以下将参考图 8 进一步说明本发明。

图 8 示出了一种适用于本发明的声音系统 150。所述声音系统 150
10 与图 1 的声音系统 40 类似, 它包括声音传感器 42, 所述声音传感器 42 具有感测风速用的热线式风速器 48 和感测声音和风压用的麦克风 50。并且所述声音系统 150 与声音系统 40 有类似的工作方式(参见图 2-6)。作为选择, 所述声音系统 150 包含图 7 的声音传感器 140。

图 8 中的声音系统 150 还包括处理电路 152。所述处理电路 152 具
15 有转换级 52、输出级 154、相关级 156 和一个或多个检查表 158。所述处理电路 152 与图 1 的处理电路 44 有类似的工作方式, 即转换级 52 能将风速信息转换成风压信息, 输出级 154 能输出去除了风噪声的声音信息。特别是, 所述转换级 52 能将风速信号 60 转换成风压信号 62, 并将风压信号 62 输送到输出级 154。输出级 154 能从转换级 52 接收风压信
20 号 62, 同时从麦克风 50 接收一个声音及风压信号 64, 并根据来自转换级 52 的风压信号 62 和来自麦克风 50 的所述声音及风压信号 64 生成输出信号 164。这个输出信号 164 是由麦克风 50 感测的并去除了风噪声的声音信号。

处理电路 152 还能以绕过转换级 52 的方式工作。在此情况下, 相关
25 级 156 使风速信号 60 关于风压信号 162 具有高保真。特别是, 相关级 156 根据风速信号 60 生成数字化的风速信息, 并对数字化的风速信息实行一种算法(如一种或多种流体动力学算法、实时 DSP 算法等), 以生成风压信号 162。按照一种方案, 所述检查表 158 包含一系列含有风压值的项, 并且相关级 156 的处理器(比如在嵌入程序中运行)从已被数字化的风速
30 信息(如风速信号 60 的电流值)中生成一系列的关键字(指针)。这种关键

字用于识别检查表 158 中的项。处理器根据这些关键字从检查表 158 中查找风压值(即查找一系列与风速信号 60 相关的风压值),并将风压信号 162 中的这些数值提供给输出级 154(例如使用数模转换器转换后的的模拟信号)。输出级 154 执行减法操作,生成去除了风噪声的声音信号,作为所述输出信号 164。因此,用户可按多种操作模式做出选择(即使用转换级 52 或绕过转换级 52),以及使用相关级 156,这都取决于该种模式能更好的去除特定位置的风噪声。

应理解,所述相关级 156 可以包含 D/A 转换器,用来为输出级 154 提供风压信号 162 的模拟信号。另外,所述风压信号 162 可以是一个数字信号,输出级 154 可以包含一个 A/D 转换器,在生成输出信号 164 之前使声音和风压信号 64 数字化,并根据数字的风压信号 162 和(数字化的)声音及风压信号 64 生成输出信号 164。

还应当理解,对风速信号 60 实行的所述一个或多个算法可以是传统的算法(如成熟的宏观流体力学方程、最近发展的微观流体力学方程、基于声音系统 140 特殊应用的动态输入方程,或者他们的组合)。例如,用户最初可以使用宏观流体力学方程来操作声音系统 140。然后,用户可以引入一个特殊的微观流体力学方程(即适用于微机械器件水平的流体力学方程)或用其替换一个宏观流体力学方程,并且运行声音系统 140,以确定这样的引用或替换是否改善了输出信号 164。之后,用户用动态输入流体力学方程(或者根据新的试验数据)来调整声音系统 140,确定是否还能改善输出信号 164,等等。

应该理解,上述的声音传感器 40 和 140 可以是 MEMS 器件。这样配置时,声音传感器 40 和 140 适用于小型化的使用,例如掌上摄像机、手机、隐蔽式监视设备等(以及非小型化的应用)。因此,声音传感器 40 和 140 适用于很多场合,在这些场合中,泡沫状的风挡很笨重,或者不适用。

本发明的各实施例涉及用于构成 MEMS 器件的方法,这种 MEMS 器件包括被配置在一起的热线式风速计 48 和麦克风 50,并如上述,他们与声音传感器 40 和 140 相连。以下将参考图 9 至 39 详细说明如何能够构成这样的器件。

图 9 是一种 MEMS 结构的剖面图 200, 这种 MEMS 结构是经过
了微机械加工得到, 用以形成图 7 所示的声音传感器 140(即有多个声
音感测部件 142 的声音传感器)。应当理解, 类似的 MEMS 结构可以
用于形成图 3 和 4 中的声音传感器 40(即单个的声音感测部件)。用于
声音传感器 40、140 的微机械加工过程包括多个步骤, 应保持 MEMS
结构的温度在摄氏 700℃ 以下, 而不能像传统的半导体制造工艺那样
使温度等于或超过 700℃。因此, 当制造该 MEMS 器件的微设计结构
时, 不存在使用高温生产工艺所引致的形变或者形变很小。

如图 9 所示, MEMS 结构最初包括衬底 202、外延层 204、层导
电材料层 206 和光刻胶区 208-A、208-B、... (一起构成光刻胶区 208)。
衬底 202 最好是单晶硅的, 为了作为阻止蚀刻而工作, 外延层 204 是
有掺杂的外延硅。也就是说, 外延层 204 的厚度可在 1-10 μm 之间变
化, 可以用作湿法各向异性蚀刻(将有简短的说明)的组止蚀刻。标号
206 是导电材料层, 如多晶硅、适宜的硅化物等。光刻胶区 208 是聚
合物的, 在蚀刻下层材料的过程中作为蚀刻掩膜。可利用正性抗蚀剂
或负性抗蚀剂工艺(即紫外线曝光、显影、浸蚀等), 由光刻胶层形成
光刻胶区域 208。

图 10 是图 9 中 MEMS 结构去掉部分导电材料层 206 和光刻胶区
域 208 后(即绘制及蚀刻金属后)的剖面图 210。外延层 204 的末端为
柔性配置。因而, 外延层 204 上所保留的导电材料层 206 的各部分将
最终形成声音传感器 140 的麦克风振动膜 72(也可见于图 2 和 4 的麦
克风振动膜 72)。也就是说, 导电材料层 206 能够响应风和声压, 即
风/气流的流动和声音的传播(声音) 而移动。

图 11 是图 10 的 MEMS 结构附加低温氧化物(LTO)层 222 和新光
刻区域 224 后的剖面图 220。按照一种方案, 低温氧化物(LTO)层 222
是二氧化硅, 是利用化学气相淀积(CVD)工艺生成的(如使用 CVD 炉)。

图 12 是图 11 的 MEMS 结构去除部分 LTO 层 222 和光刻胶区域
224 后的剖面图 230。剩余的 LTO 层 222 形成了声音传感器 140 的基
座部分(即壁)(也可见于图 3 的基座 92)。

图 13 是图 12 的 MEMS 结构附加聚酰亚胺 242 之后以及使结构表

面平整化(比如用聚酰亚胺、回流以及灰化覆盖使 MEMS 结构表面平整化)之后的剖面图 240。作为选择,也可以抛光 MEMS 结构,直至使 LTO 部分的顶部露出来。因此,聚酰亚胺 242-A、242-B、...现在填充在 LTO 层 222 被去掉的部分所在的位置。

5 图 14 是图 13 的 MEMS 结构附加一层导电材料层 252(如钨)后的剖面图 250。按照一种方案,所述导电材料层 252 包括金属材料,如钨,用 CVD 的方法使钨覆盖在 LTO 层和聚酰亚胺部分上面。也可用其他材料,比如多晶硅、适宜的硅化物、碳,或者其他高阻抗材料,这些材料也都适用于 MEMS 或半导体生产工艺。

10 图 15 是图 14 的 MEMS 结构把光刻胶区 262 附加在在导电材料层 252 上之后的剖面图 260。

图 16 是图 15 的 MEMS 结构去掉(如蚀刻掉)部分导电材料层 252 和光刻胶区域 262 后的剖面图 270。导电材料层 252 的一些剩余部分形成声音传感器 140 中热线式风速计 48 的多组热线延展部件 78(还形成焊盘 124-A、124-B)。这些微机械加工的部件比传统的脆性热线式风速计部件更加稳定和具有弹性。导电材料层 252 的其它部分形成了部分基座(见图 3 的基座 92)。

15

图 17 是图 16 的 MEMS 结构把另外的聚酰亚胺 282 附加在在导电材料层 252 的剩余部分和较早给出的聚酰亚胺 242 上之后的剖面图 280。聚酰亚胺 242, 282 为导电材料层 252 的剩余部分提供保护和支撑,但最终将被去掉。

20

图 18 是图 17 的 MEMS 结构把光刻胶区 292-A、292-B、...附加在在聚酰亚胺 282 上之后的剖面图 290。

图 19 是图 18 的 MEMS 结构去掉(如蚀刻掉)部分聚酰亚胺 282 和光刻胶区域 292 之后的剖面图 300。这种蚀刻可以发生在常规的反应器里,指向各向异性的蚀刻。

25

图 20 是图 19 的 MEMS 结构在把基座材料层 312 附加在覆盖在导电材料层 252 和聚酰亚胺 282 的剩余部分上,以及把光刻胶区域 314 附加在基座材料 312 上之后的剖面图 310。按照一种方案,所述基座材料层 312 是利用等离子增强化学气相淀积(PECVD)工艺生成的氮化硅。作为选择,

30

在使用玻璃旋转工艺的同时，也可以使用氧化硅。

图 21 是图 20 的 MEMS 结构去掉部分基座材料 312 和光刻胶部分 314 之后的剖面图 320。利用氟可以进行等离子蚀刻。基座材料层 312 的剩余部分形成基座 92 的一部分(见图 3 中标号 92-A 部分)。基座材料层 312 的其他剩余部分 322 形成保护材料网格 80，例以栅格图样的方式(见图 2 和 3)。

图 22 是图 21 的 MEMS 结构附加保护材料层 332 之后的剖面图 330。这种保护层包括较多的聚酰亚胺，而且最终被去掉。

图 23 是图 22 的 MEMS 结构在衬底 202(即 MEMS 结构的底部)上附加光刻胶区域 342 之后的剖面图 340。在附加保护层 332 之后(图 22)，为了形成光刻胶区 342，可使 MEMS 结构被翻转(上下倒转)并受到处理。

图 24 是图 23 的 MEMS 结构去掉部分衬底 202，形成空腔部分 352-A、352-B、352-C 之后的剖面图 350。按照一种方案，所述 MEMS 结构受到各向异性湿法蚀刻，比如使用氢氧化钾/异丙醇。另外，也可用氢氧化四甲铵。

图 25 是图 24 的 MEMS 结构从衬底 202 上去掉光刻胶部分 342 之后的剖面图 360。为了形成声音传感器 140，现在准备将这种 MEMS 结构与其他 MEMS 结构结合。以下将参考图 26-30 详细说明如何形成所述的其他 MEMS 结构。

图 26 是另一种 MEMS 结构的侧向剖面图 400，这种 MEMS 结构适于微机械加，为的是形成图 7 中声音传感器 140 部分。用于制造声音传感器 140 部分的微机械加工工艺包括半导体/微机械加工的制造步骤，应保持 MEMS 结构的温度低于摄氏 700℃。因此，没有或者很少有各种生产特征的形变。

如图 26 所示，所述 MEMS 结构最初包括衬底 402、在衬底 402 上的外延层 404、在外延层 404 上的导电材料层 406、在衬底 402 相对侧的硼硅玻璃层 408，还包括在导电材料层 406 上的光刻胶区 410-A、410-B、...(一起构成光刻胶区 410)。

正如图 9 中的衬底 202 一样，图 26 中的衬底 402 也是单晶硅，而且为了用以阻止蚀刻，所述外延层 404 是有掺杂的外延硅。导电材料层 406

可以是比如多晶硅、适宜的硅化物等导电材料。光刻胶区 410 是聚合物的，在蚀刻下层材料时作为蚀刻掩膜。

图 27 是图 26 的 MEMS 结构去掉部分导电材料层 406 和光刻胶区 410 之后的剖面图 420。外延层 404 上剩余的导电材料层 406 部分中，最终形成声音传感器 140 的麦克风 50 的刚性部件 74(也可见于图 2-4)。

图 28 是图 27 的 MEMS 结构附加光刻胶区域 432 之后的侧视剖面图 430。

图 29 是图 28 的 MEMS 结构去掉部分外延层 404 和光刻胶区 432 之后的剖面图 440。相应地，现在由外延层 404 和导电层 406 的剩余部分上限定多个孔 442-A、442-B、...每个孔 442 将成为电容式麦克风空腔上的孔 76(见图 3)。

图 30 是图 29 的 MEMS 结构经过多道工序后的侧视剖面图 450。特别地，图 30 表示，所述 MEMS 结构经过如下工序，将 MEMS 结构上下颠倒之后；把保护材料层 452 附加在剩余的外延层 404 和剩余的导电层 406 上之后；以及给部分硼硅玻璃层 408 和部分衬底 402 覆盖以光刻胶区 454，并经过各向异性的蚀刻形成电容式麦克风空腔 96 的部分 456 之后。随后，将光刻胶区 454 去调。

图 30 是一种 MEMS 器件的侧视剖面图 406，这种 MEMS 器件是将图 25 中的 MEMS 结构和图 30(去除光刻胶区 454 后)中的 MEMS 结构压焊在一起形成的。按照一种方案，通过阳极焊的方法，将图 25 和附图 30 中的 MEMS 结构焊在一起。保护层(即聚酰亚胺部分 242、282 和 332)也已经被去掉。最终的结果是有多个声音感测部件 142(见图 7)的声音传感器 140(即声音感测 MEMS 器件)。

图 32 是形成诸如图 31 中 MEMS 器件的声音传感器生产过程 470 的流程图。

在步骤 472，在基座结构的衬底上形成麦克风振动膜。有如上面参考图 9 和 10 所述的，通过在衬底 202 上形成金属部分 206，可以实现这种工序。

在步骤 474，在基座结构上淀积第一层材料。有如上面参考图 11-13 所述的，通过在衬底 202 上形成 LTO 区域 222 和聚酰亚胺区域 242(例如

由 LTO 区域 222 限定的圆柱形空腔内的聚酰亚胺区域), 可以实现这种工序。

在步骤 476, 在第一层材料上淀积第二层材料。有如上面参考图 14 所述的, 用 CVD(或 RTP)方法, 可由 LTO 区域 222 和聚酰亚胺区域 242 形成的第一层上淀积一层钨(或者选择多晶硅、适宜的硅化物等), 实现所述工序。

在步骤 478, 至少去掉第一层的一部分和第二层的一部分, 以使第二层的剩余部分形成多个延展部件, 该延展部件由基座结构支撑, 并且彼此之间严格平行。尤其是, 去掉聚酰亚胺区 242 形成第一层的一部分, 去掉部分钨形成第二层的一部分。可以有如上述参考图 15 和 16 那样实现去掉部分钨。最好是, 在整个工艺接近尾声的时候去掉聚酰亚胺, 这样在最后的步骤中聚酰亚胺能够支撑和保护延展部件。最后, 多个延展部件形成了热线式风速计 48 的一组热线延展部件。

在步骤 480, 去掉一部分衬底(例如通过各向异性的蚀刻), 形成电容式麦克风空腔的第一部分。可以如上述参考图 23-25 那样实现所述工序。

在步骤 482, 在其它的衬底上形成一个刚性部件, 去掉一部分衬底(例如通过各向异性的蚀刻), 以形成电容式麦克风空腔的第二部分, 并将两块衬底压焊在一起(例如通过阳极焊), 以使电容式麦克风的空腔排成一行, 并使麦克风振动膜被设置在延展部件和电容式麦克风的空腔之间。最后形成具有声音感测部件的 MEMS 器件(例如见图 3 和 4 中的声音传感器 42)。这种部件包括热线式风速计 48 和麦克风 50(见图 1)。

应能理解, 还有可选的方法用于形成上述 MEMS 器件的各部分。例如, 用其它的方法来生成 MEMS 的底部。

图 33 是另一种 MEMS 结构的侧面剖面图 500。这种 MEMS 结构适于微机械加工, 为的是形成图 7 中声音传感器 140 的下部。同上述其他工艺一样, 用于制造声音传感器 140 部分的微机械工艺包括: 半导体/微机械制造步骤, 应保持 MEMS 结构的温度低于摄氏 700℃。相应地, 没有或者很少有各种微机械加工特点的形变。

如图 33 所示, 所述 MEMS 结构最初包括衬底 502, 在衬底 402 上的光刻胶层 504。

图 34 是图 33 的 MEMS 结构去掉了部分衬底 502 和光刻胶层 504 形成多个孔 512 之后的侧视剖面图 510。也可以通过较长时间的各向异性蚀刻来形成各孔 512。作为选择, 也可以简单地预先钻通衬底 502(如硼硅玻璃晶片)来形成各孔 512。使用硼硅玻璃晶片(即使带有预先钻的孔)可以明显降低 MEMS 结构的成本, 因为减少了掩膜步骤, 而且不需要在衬底 502 上淀积硼硅玻璃层(见图 26 的硼硅玻璃层 408)。

图 35 是图 34 的 MEMS 结构在衬底 502 上加给导电材料层 522, 使衬底 502 内留下开孔 512(比如为了避免孔 512 被填充, 使导电材料经电子束蒸发)之后的侧视剖面图 520。

图 36 是图 35 的 MEMS 在导电材料层 522 上附加光刻胶层 532 之后的侧视剖面图 530。

图 37 是图 36 的 MEMS 结构去掉部分导电材料层 522 和光刻胶层 532 之后的侧视剖面图 540。

图 38 是一种 MEMS 器件的剖面图 550, 通过将图 25 中的 MEMS 结构和图 37 中的 MEMS 结构压焊在一起(如在两种 MEMS 结构间使用阳极焊), 并去除保护层(如聚酰亚胺)形成该 MEMS 器件, 以形成具有多个声音感测部件的 MEMS 器件。

应当理解的是, 导电材料 522 的剩余部分形成麦克风 50 的刚性部件 74。与图 31 的 MEMS 器件相反, 刚性部件 74 设在电容式麦克风的空腔 352 内, 该空腔 352 是由衬底 202 和衬底 502 限定的(回顾图 31 MEMS 器件的刚性部件放在电容式麦克风空腔 352 之外)。

还应理解的是, 由于各向异性湿法蚀刻, 所述电容式麦克风空腔 352 的侧面逐渐变细。在其它方案中, 电容式麦克风空腔的侧面完全是平直的(如基本上垂直于由金属部件 206 形成的麦克风振动膜)。图 39 是图 23 的 MEMS 结构去掉部分衬底后(如各向异性等离子蚀刻)的剖面图 560, 这样剩下的电容式麦克风的空腔 562 的侧面基本上就是平直的。

应能理解, 上述各个制造步骤可以采用标准的硅工艺。另外, 这些制造步骤不需要昂贵的照相平版印刷技术, 因为能够以相当大的尺寸来实现这些特征(例如可以是微米级的而不是亚微米级)。此外, 至于形成电容式麦克风空腔的衬底的蚀刻部分, 可采用各向异性等离子蚀刻来取

代各向异性湿法蚀刻，为的是省去 V 型槽，从而可减小整个芯片的尺寸。

此外，正如早先所阐释的，最好是在低于 700℃ 的温度下制造本发明用于声音系统的 MEMS 器件。这样会使温度形变很小，从而使 MEMS 器件具有高的精密度，也就是说，以较高的微机械加工精度进行制造。

5 再有，本发明所实现的 MEMS 器件比先前所述传统的采用具有精细的 1.5mm 细丝的热线式风速计的试验方案更加耐用也更加可靠。因此，本发明的声音系统 40，150 适于商业应用(如摄像机、户外记录设备、广播、助听器、手机等)。还可以用于军事/国防方面(如无人军用战场传感系统、声音感测阵列等)。

10 如上所述，本发明的一些实施例是针对利用 MEMS 技术获得声学信号的方法。例如，实质上可将诸如麦克风和热线式风速计等感测部件配置于一个 MEMS 器件中。因此，可以测得几乎为同一位置的风速、以及声音及风压信号。风压信号是基于所在位置的风速信号所产生的，这样，从声音及风压信号中减掉风压信号，就可以得到去除风噪声的、而且是
15 精确的声音信号。

上述声音传感器 40，150 适于商业应用，如摄像机、助听器、电话、手机等。也适用于军事/国防方面，如无人军用战场传感器(比如用来识别坦克，汽车和卡车的信号)、战场声音监控系统、飞机、导弹，定位传感器，战术隐蔽监视设备等。如上所述，本发明的这些特征可用于电子系
20 统设备和方法中，例如麻萨诸塞州，Wilmington 的 Textron Systems 公司的一些产品中。

虽然已经参考各优选实施例对本发明进行了特定的揭示和阐述，但是本领域的技术人员应该理解，在不脱离本发明精神实质和由权利要求所限定的保护范围情况下，本发明在形式和细节上可进行改变。

25 例如，应该理解，上述包括一个 $N \times M$ 阵列的声音感测部件 142 的声音传感器 140(见图 7)只是一种示例的方式，其他结构也同样适用于声音传感器 140。例如，可将声音感测部件 142 排列成同心圆式的、半圆形式的、三角形结构式的、六边形结构式的等环形结构。另外， $N \times M$ 阵列不需要包括垂直的行和列，而且在某种程度上， $N \times M$ 阵列可以是不
30 规则形状(如梯形的)，或不规则图样。

另外，还应理解，可将上述声音感测部件 142 可以组合成多个组，每组的单元 142 可以具有不同的属性(例如不同数目、形状、厚度或大小)。按照一种方案，单元 142 的不同的列(或行)具有不同的属性，因此可以将每组中的部件 142 调整到不同的频率。按照另一种方案(例如一种不规则图样的排列、一个 $N \times M$ 阵列排布等)，将第一麦克风振动膜设置成用于响应第一频率范围的声波，而将第二麦克风振动膜设置成用于响应与第一频率范围不同的第二频率范围声波。再一种方案，使所有单元 142 具有相同的几何形状排列，但是不同组的信号被以电的方式加权。例如，沿着声音传感器 140 边缘部分的声音感测部件 142 的风速以及声音和风压信号的权重要小于中央附近部件 142 的权重。

再有，还应该理解，有如所述 3×3 阵列的声音传感器 140 的声音感测部件 142 仅是作为一种示例，其他数目的行和列同样是适用的。行和列数目的大小、数量，在很大程度上可根据特定的应用而指定。由于微机械加工技术的进步，可以以极其精确的公差和极高的可靠性生产出大型的阵列。

此外，应该理解的是，所述网格状保护层 80 也是优选的。如果由其它部件(如 MEMS 器件封装)为声音传感器 40、140 提供保护，则无需采用网格状保护层 80。还应该理解，适用于网格状的保护层 80 除了栅格图样外，还可以是其他图样，如圆形、六边形等。

另外，可以理解，上述相对的呈杆形并彼此平行的热线延展部件 78 仅作为一种示例。其他形状和排列同样适用于热线延展部件 78，例如手指形部件、交叉的指状排列、环形部件等。

另外，可以理解，所述热线式风速计 48 和所述电容式麦克风仅是示例而已，其它类型的风速计和麦克风也同样适用。例如所述麦克风可以采用比如电动式麦克风(即通过在磁场中移动线圈来感测电流)，比如惠斯登电桥(即响应因麦克风振动膜的物理运动所致电阻改变，而检测电压的变化)等。

此外，可以理解，上述处理电路 44、152 是用 ASIC 实现的，这仅是作为示例。其他的实现方式，如采用混合电路(即电路板材料一小部分上的多个 IC)、一个标准尺寸的电路板或者远程电子设备(通过发送器和接收器进行通信)上多个 IC 等也都是适用的。

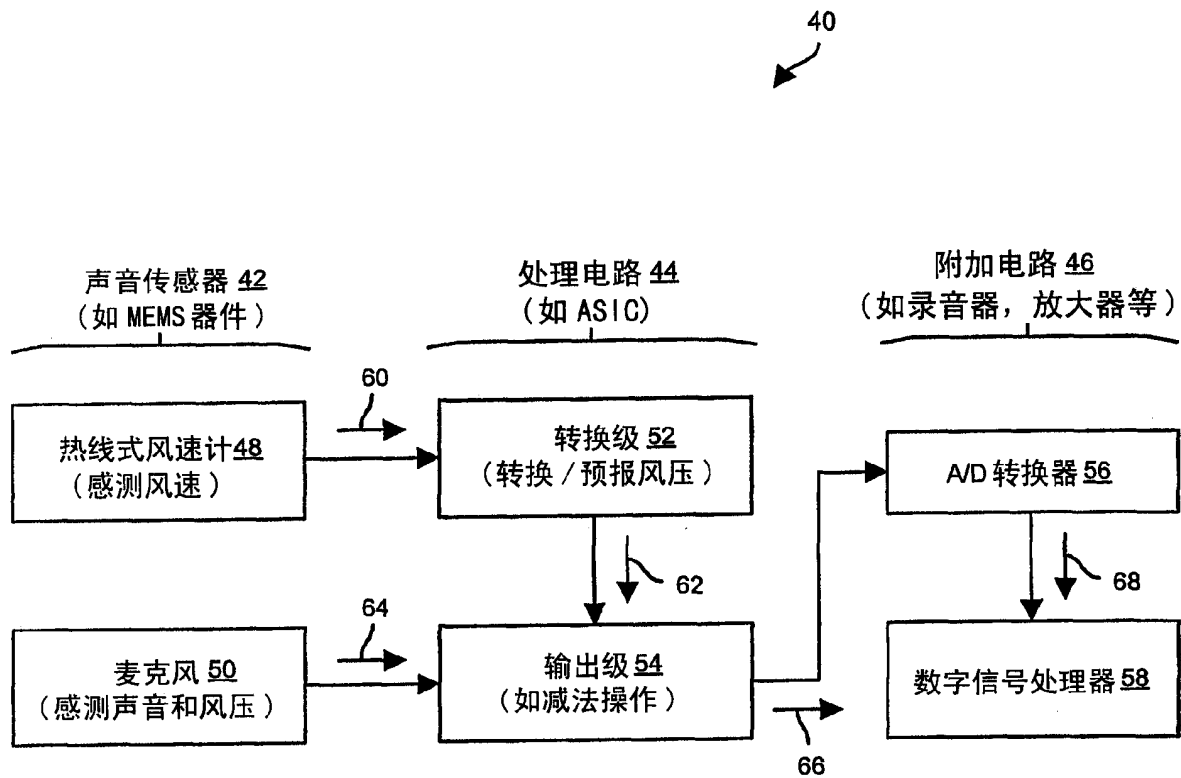


图 1

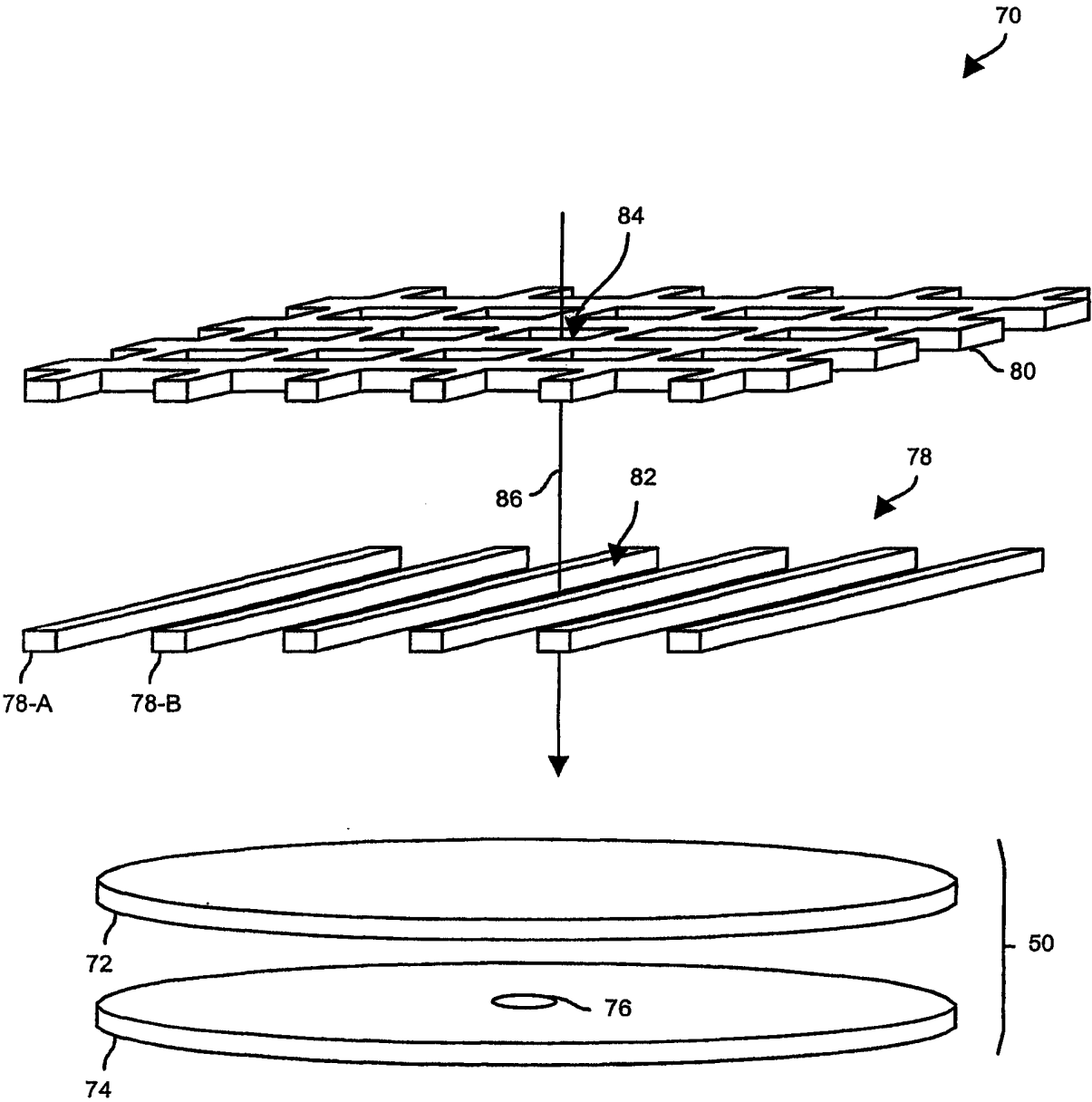


图 2

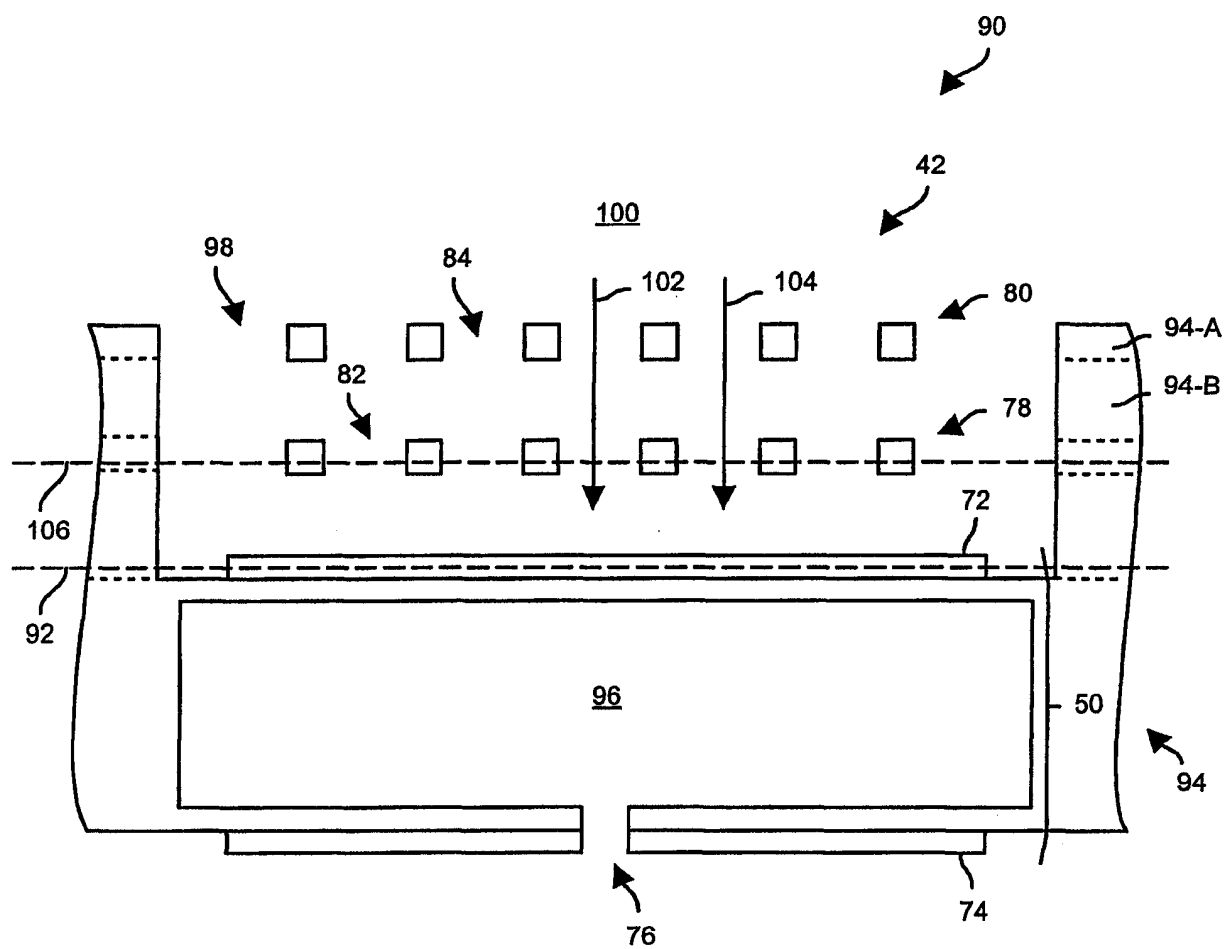


图 3

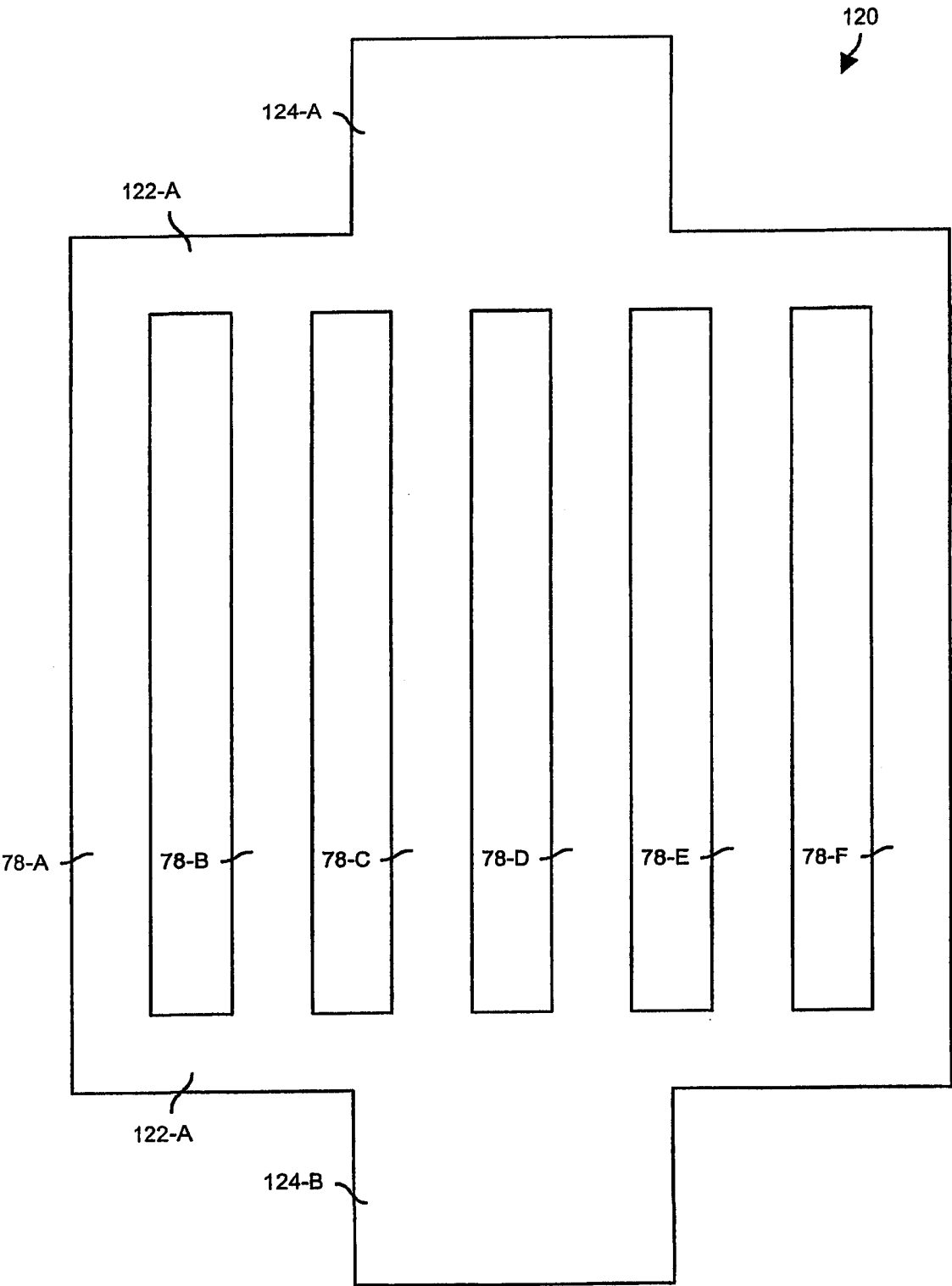


图 5

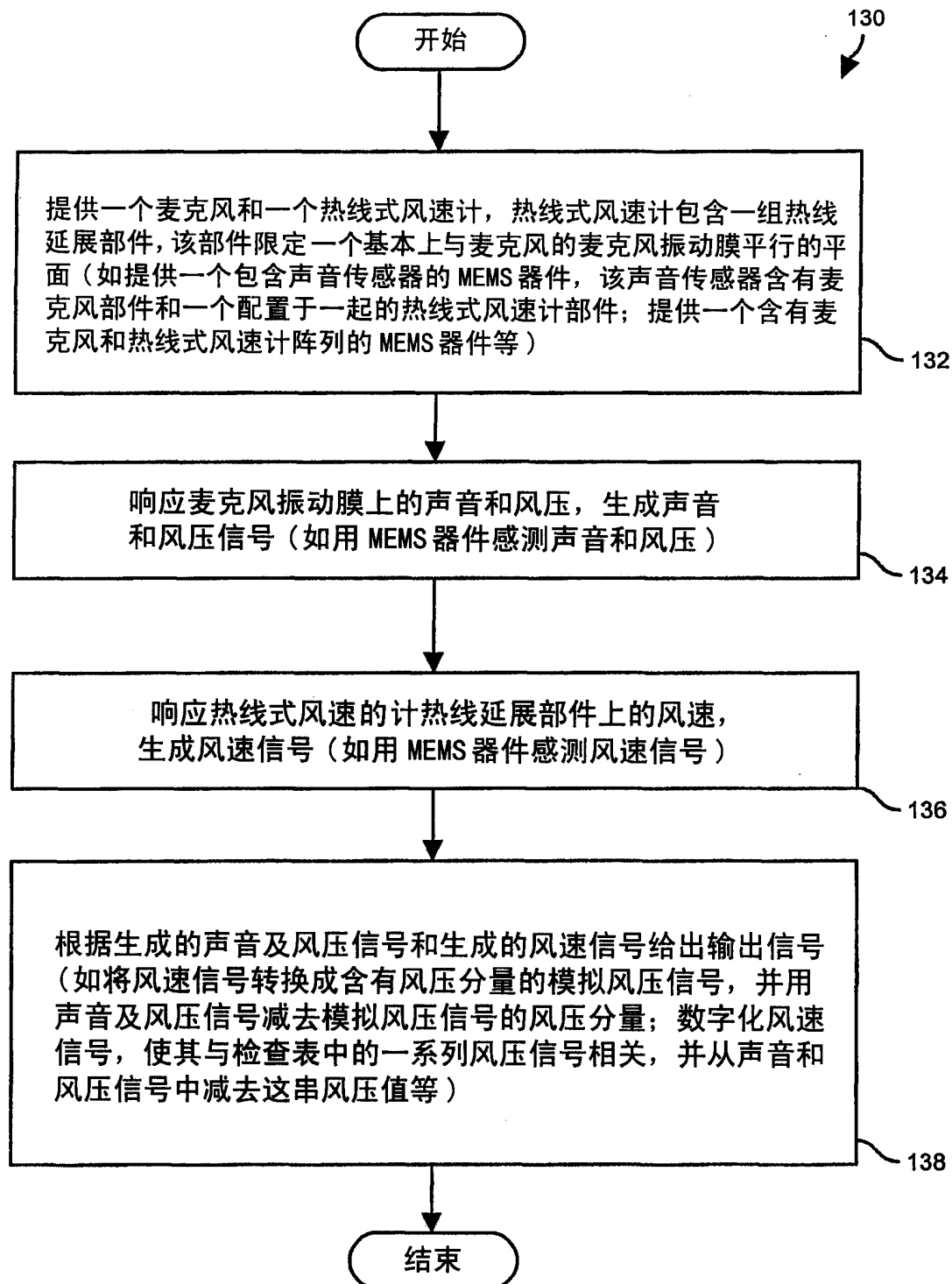


图 6

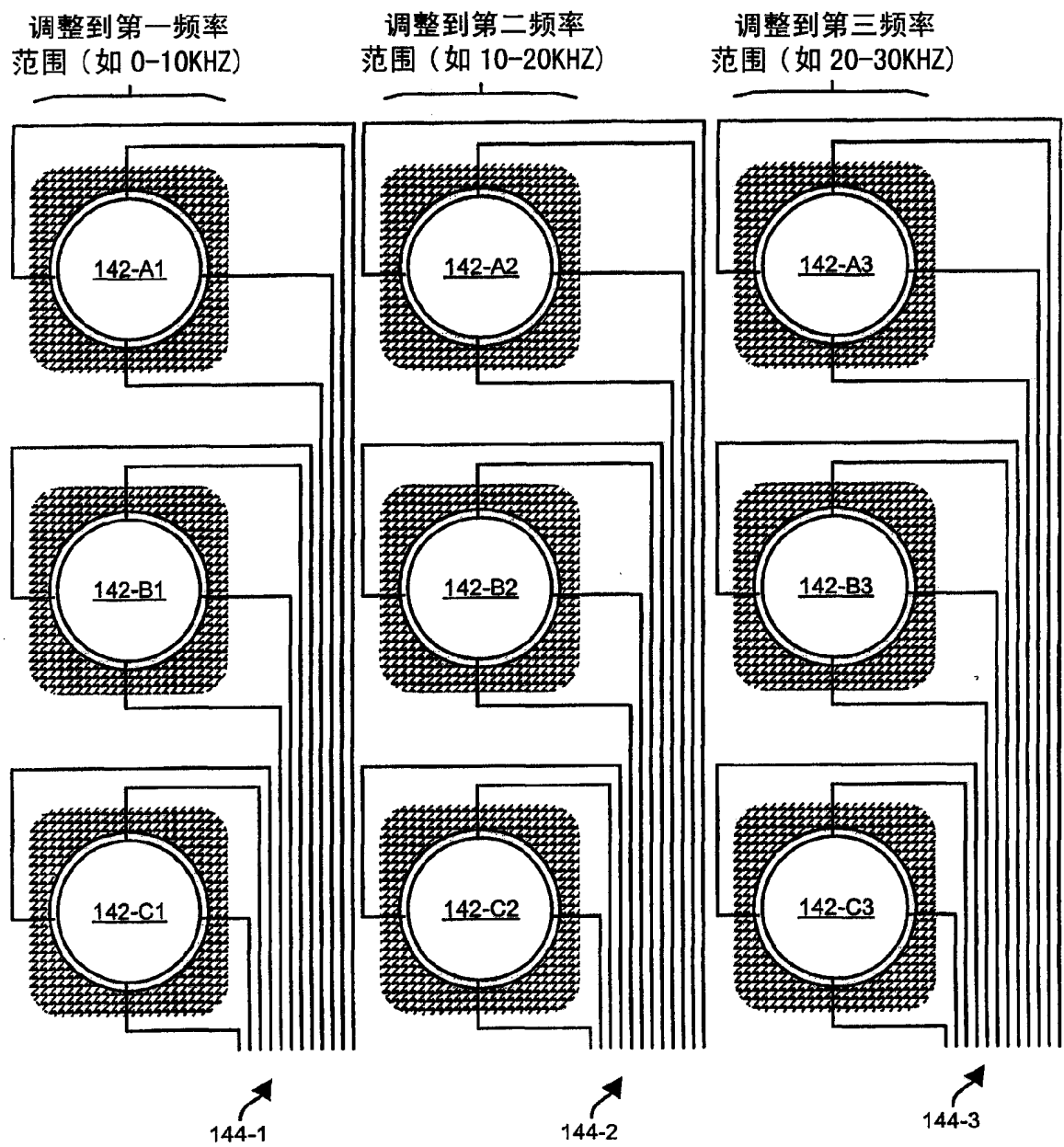


图 7

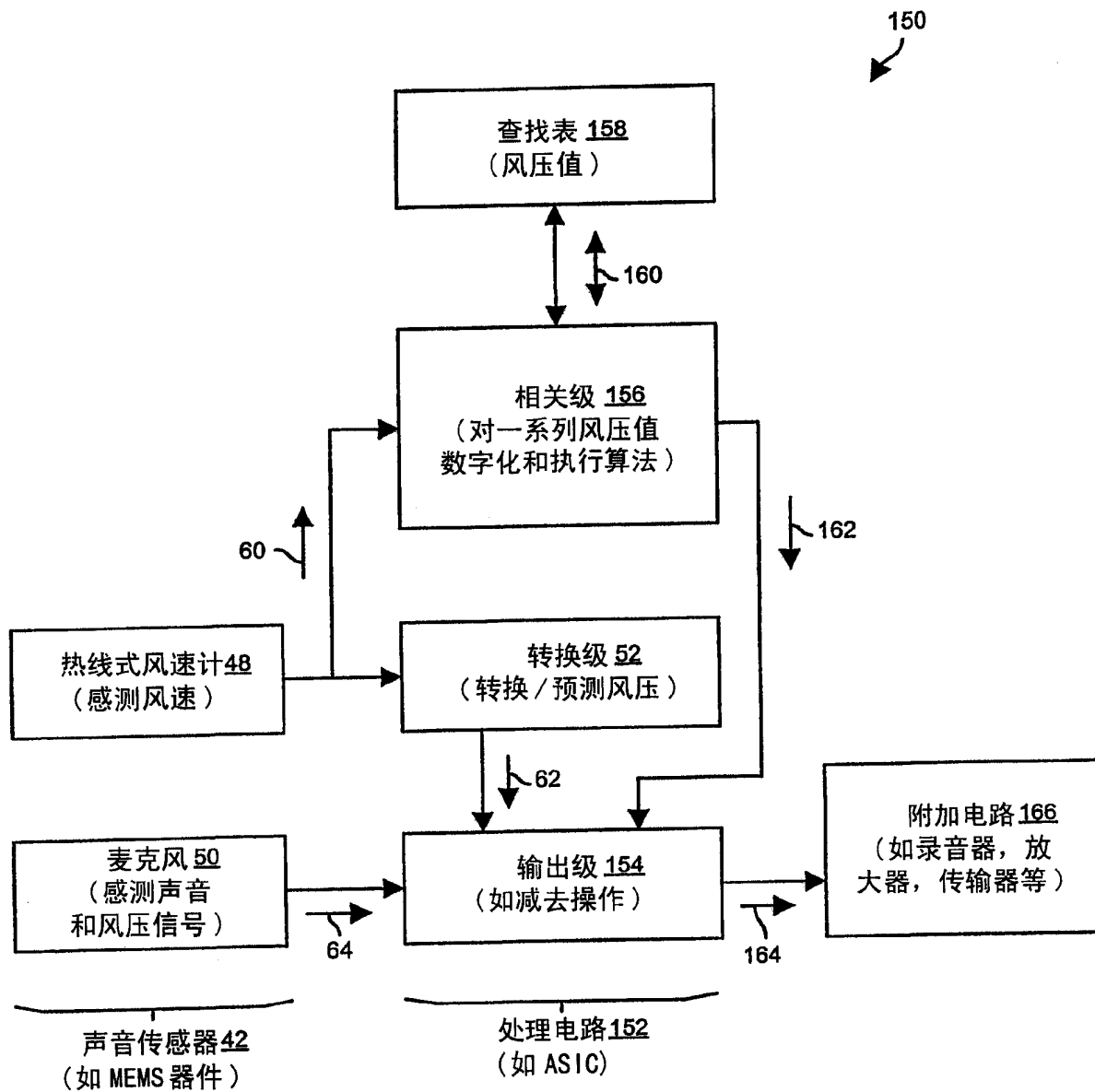


图 8

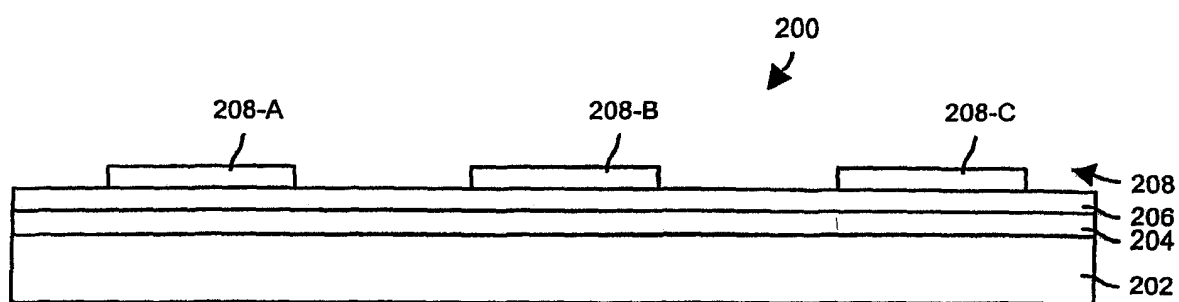


图 9

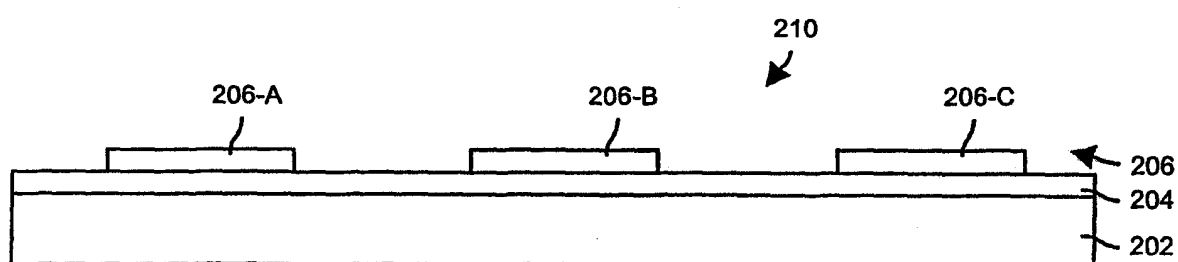


图 10

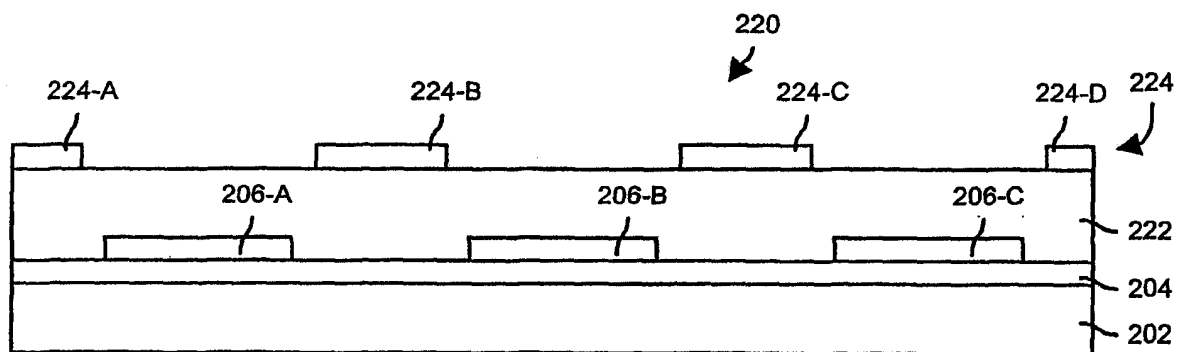


图 11

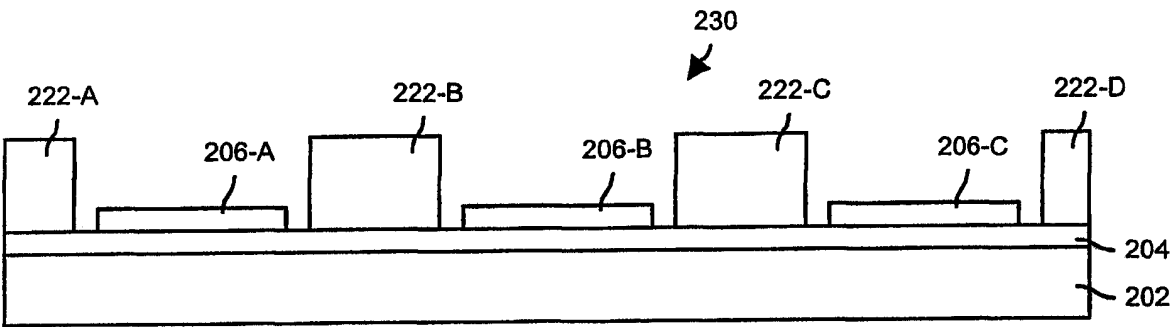


图 12

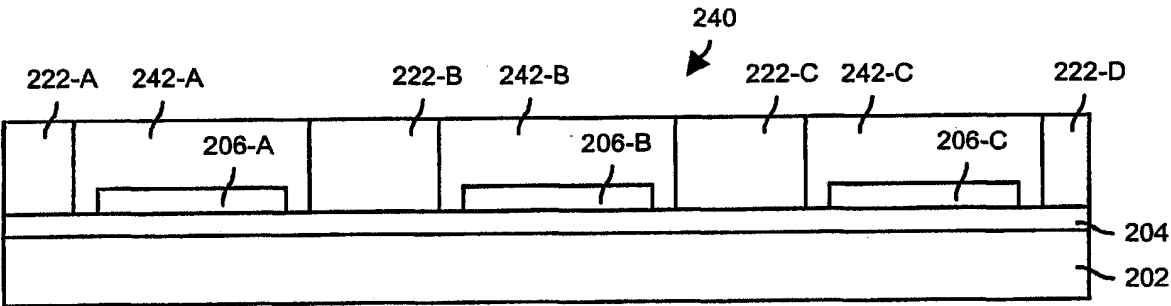


图 13

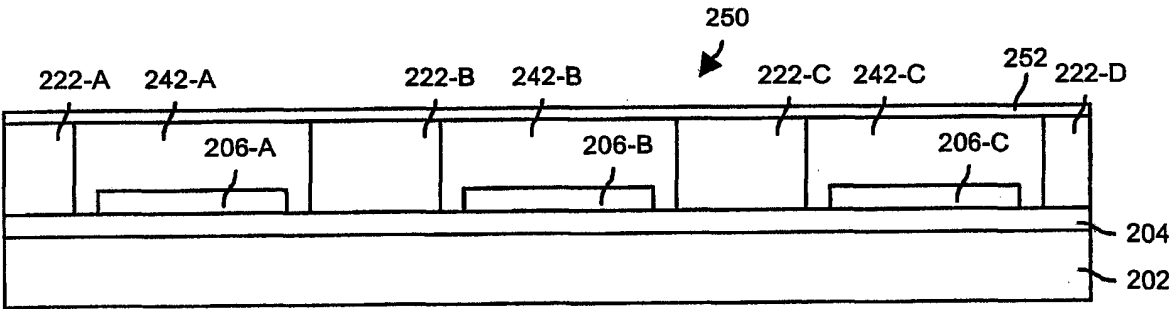


图 14

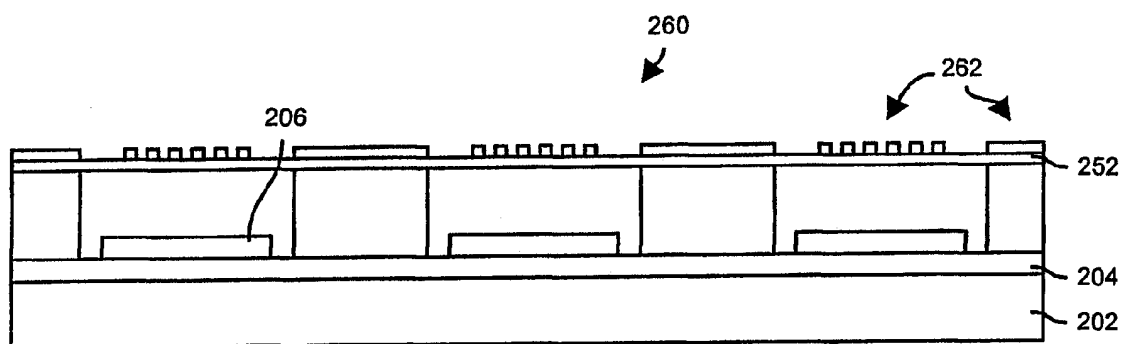


图 15

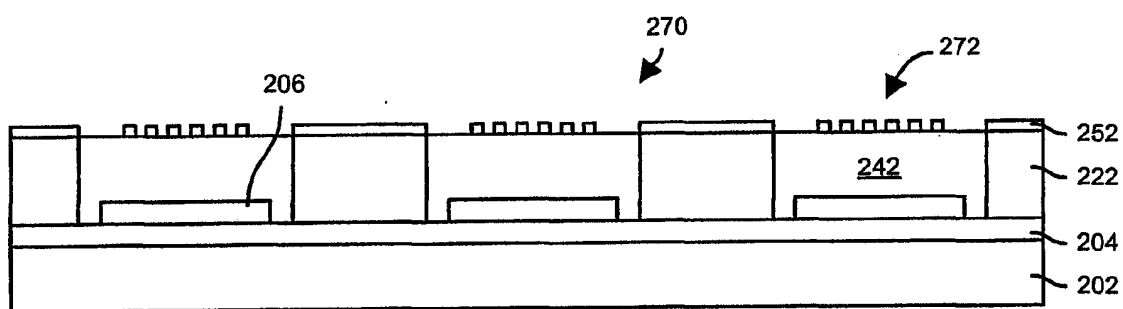


图 16

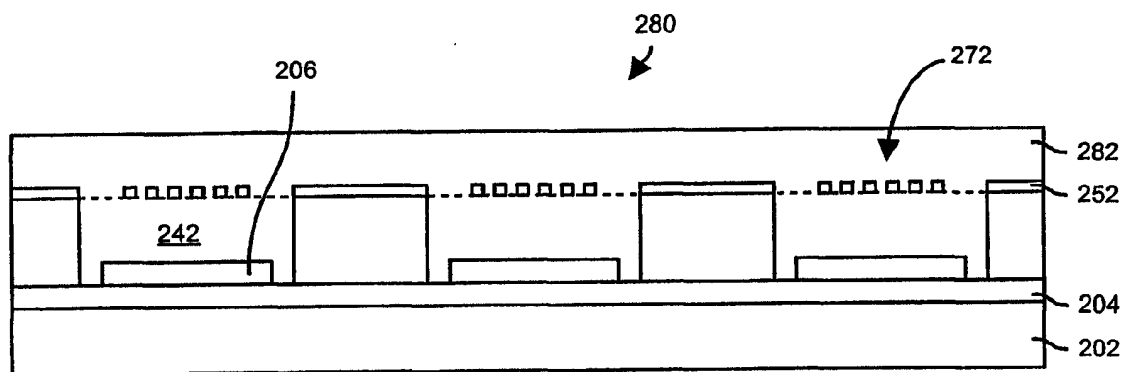


图 17

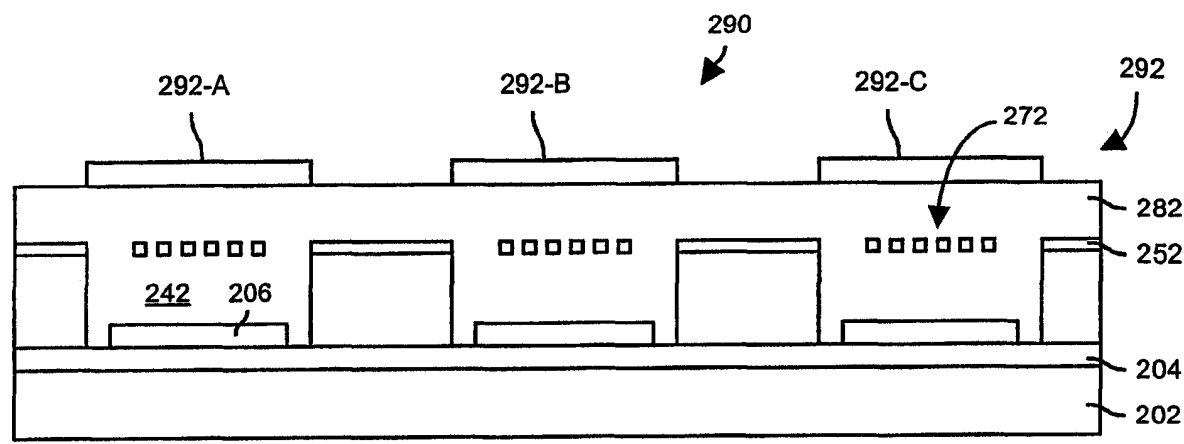


图 18

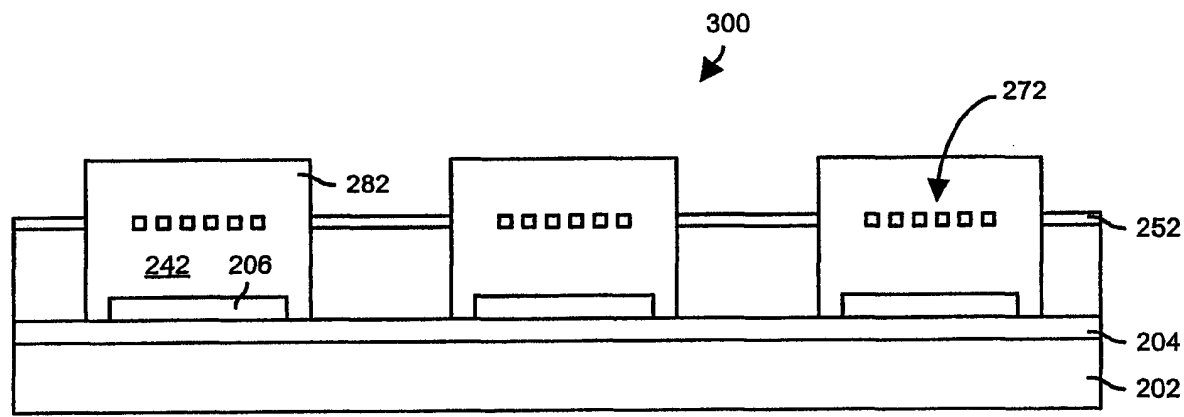


图 19

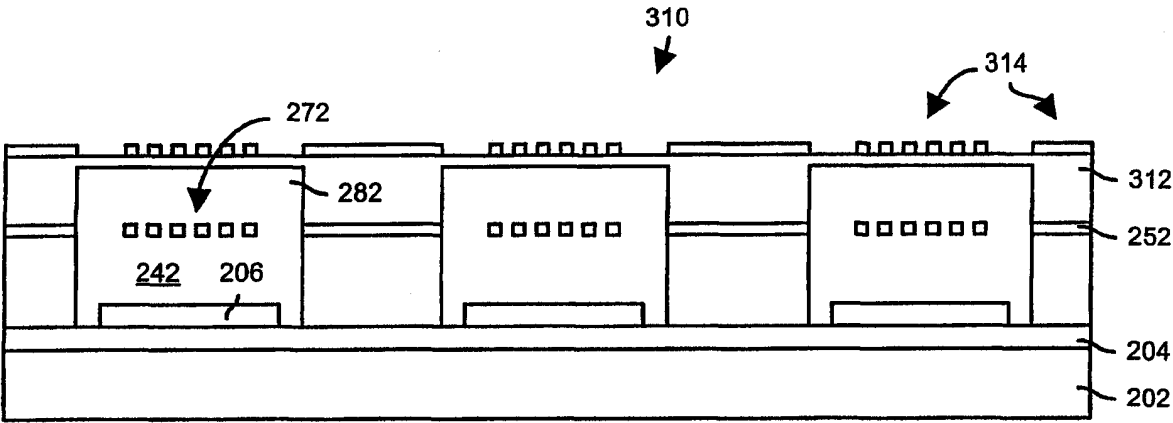


图 20

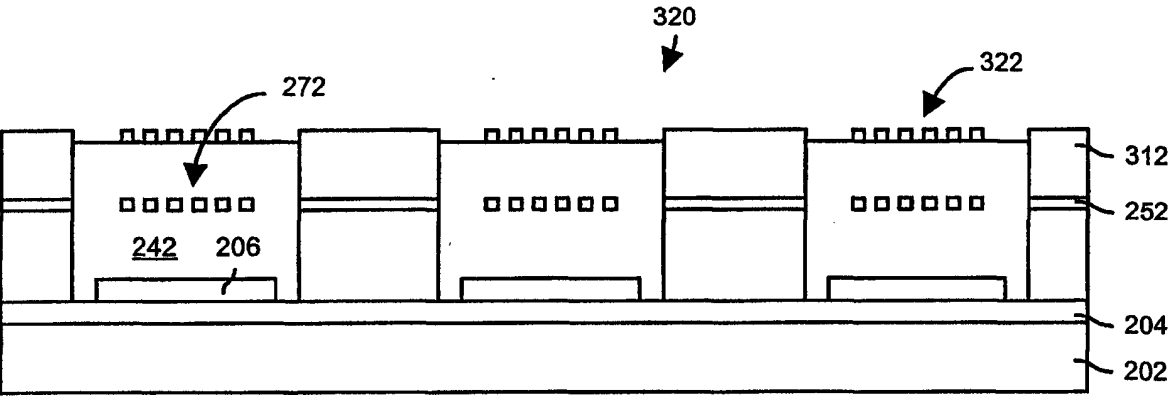


图 21

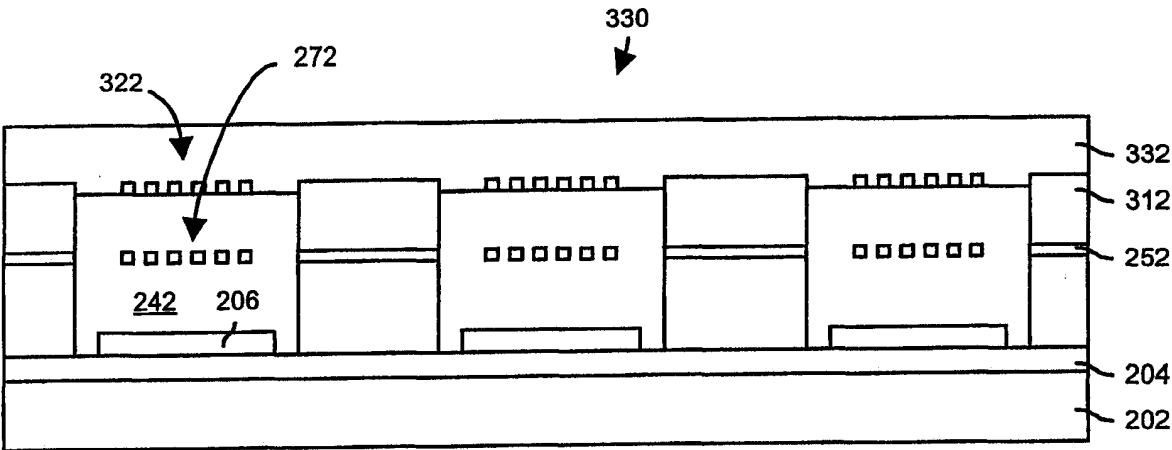


图 22

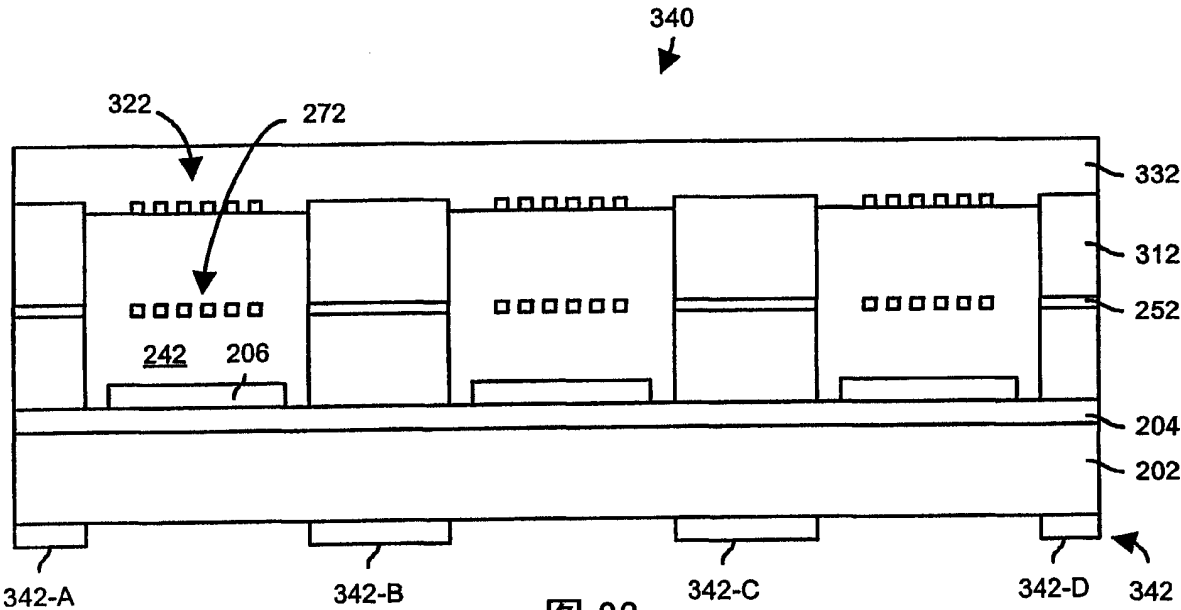


图 23

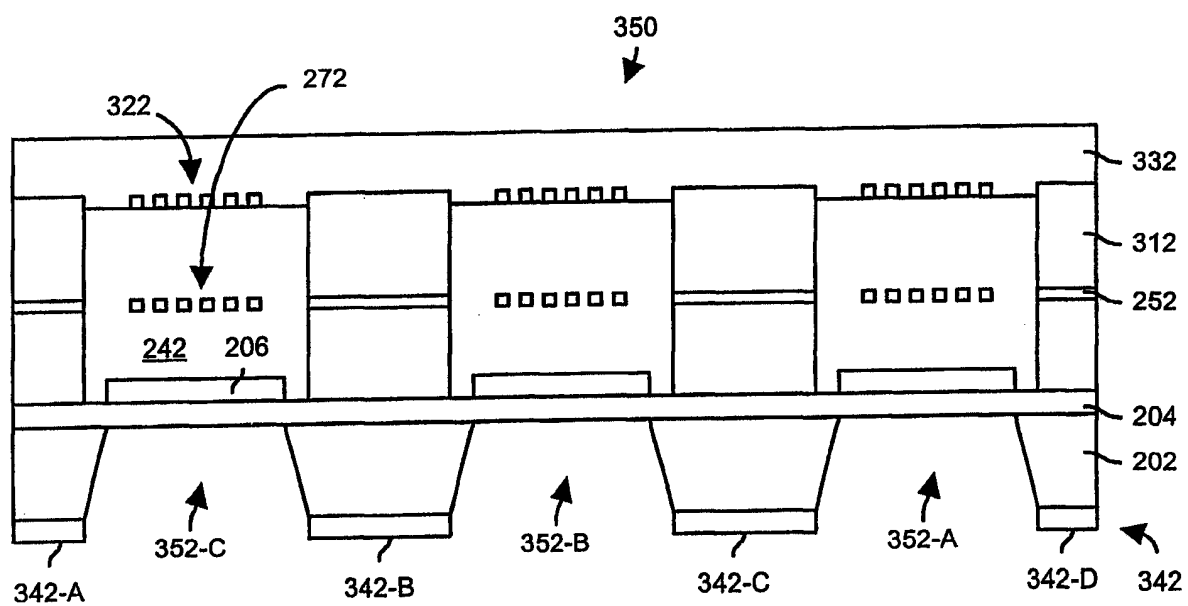


图 24

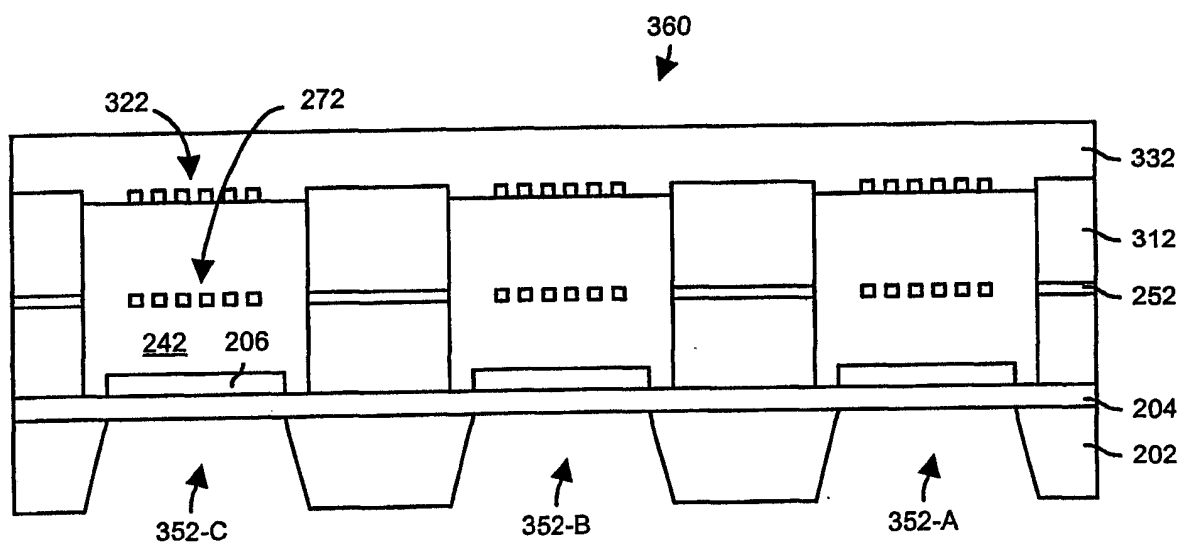


图 25

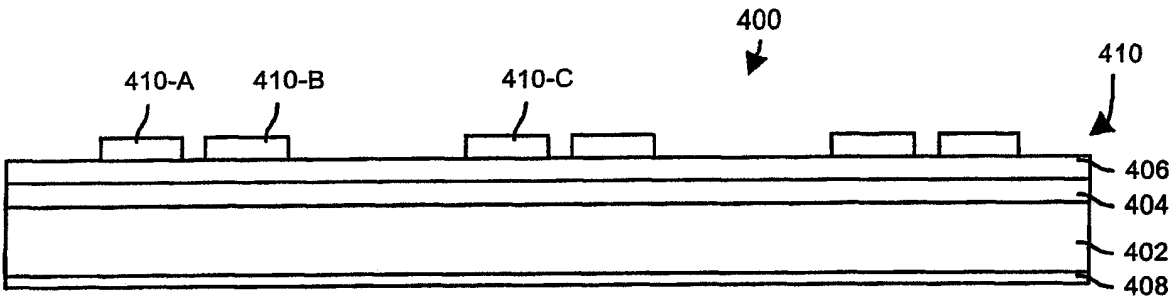


图 26

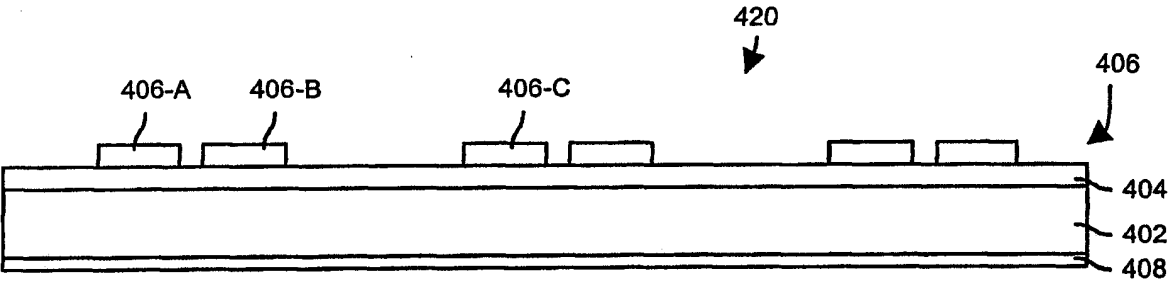


图 27

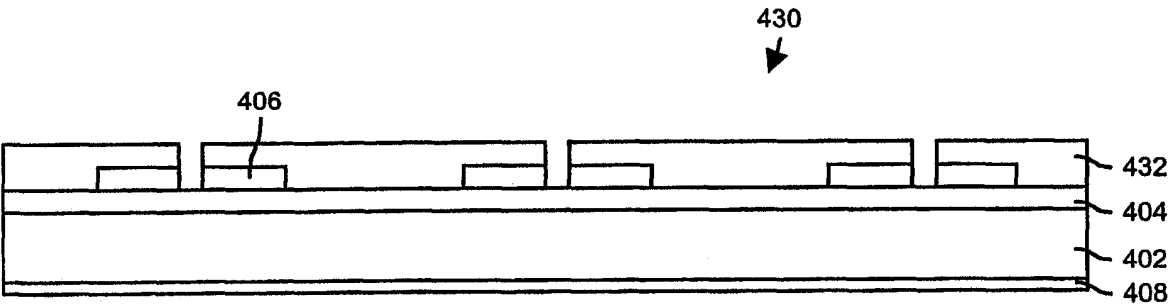


图 28

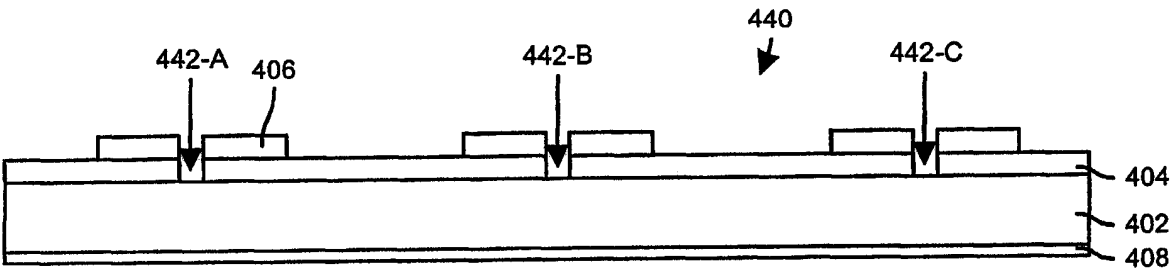


图 29

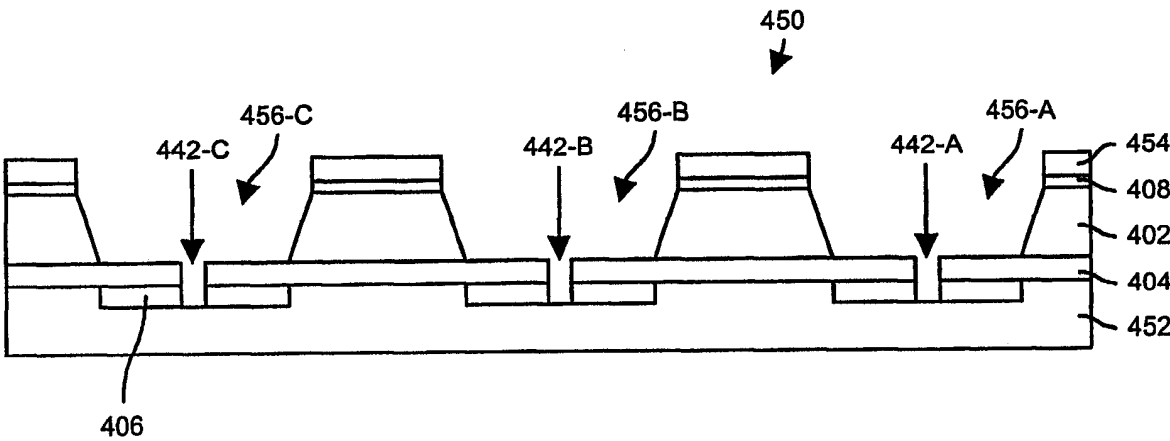


图 30

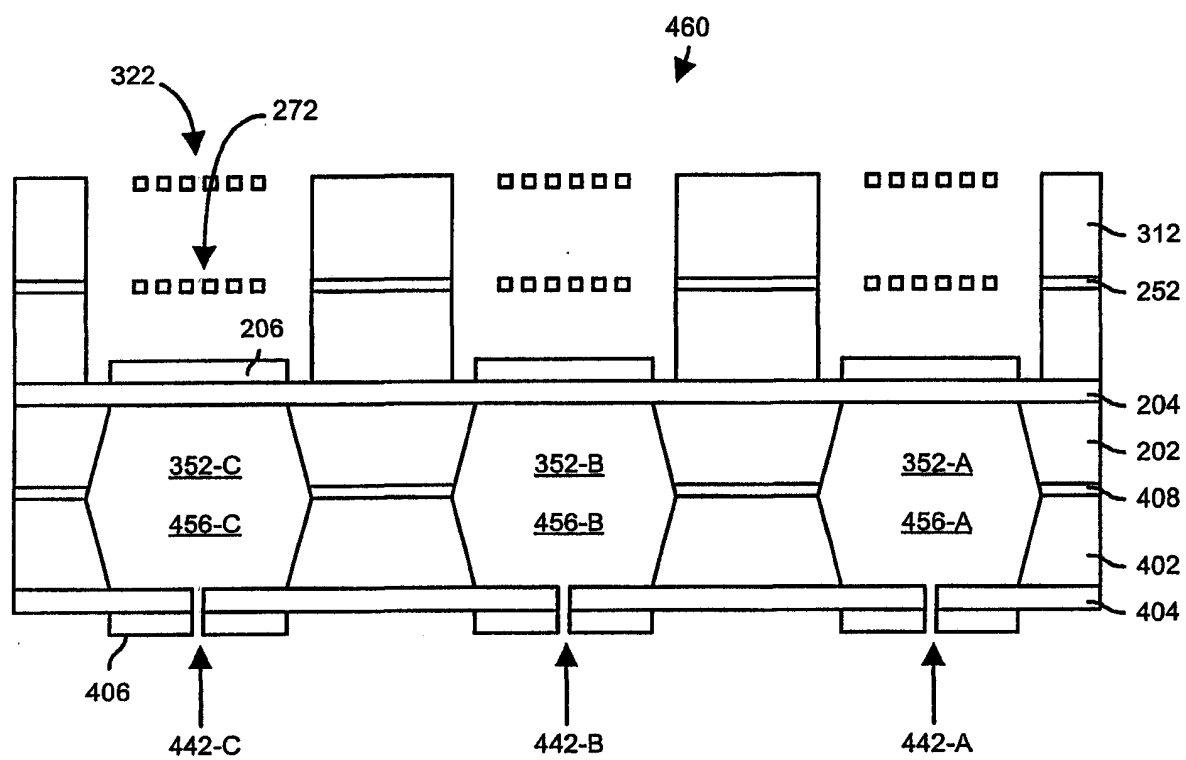


图 31

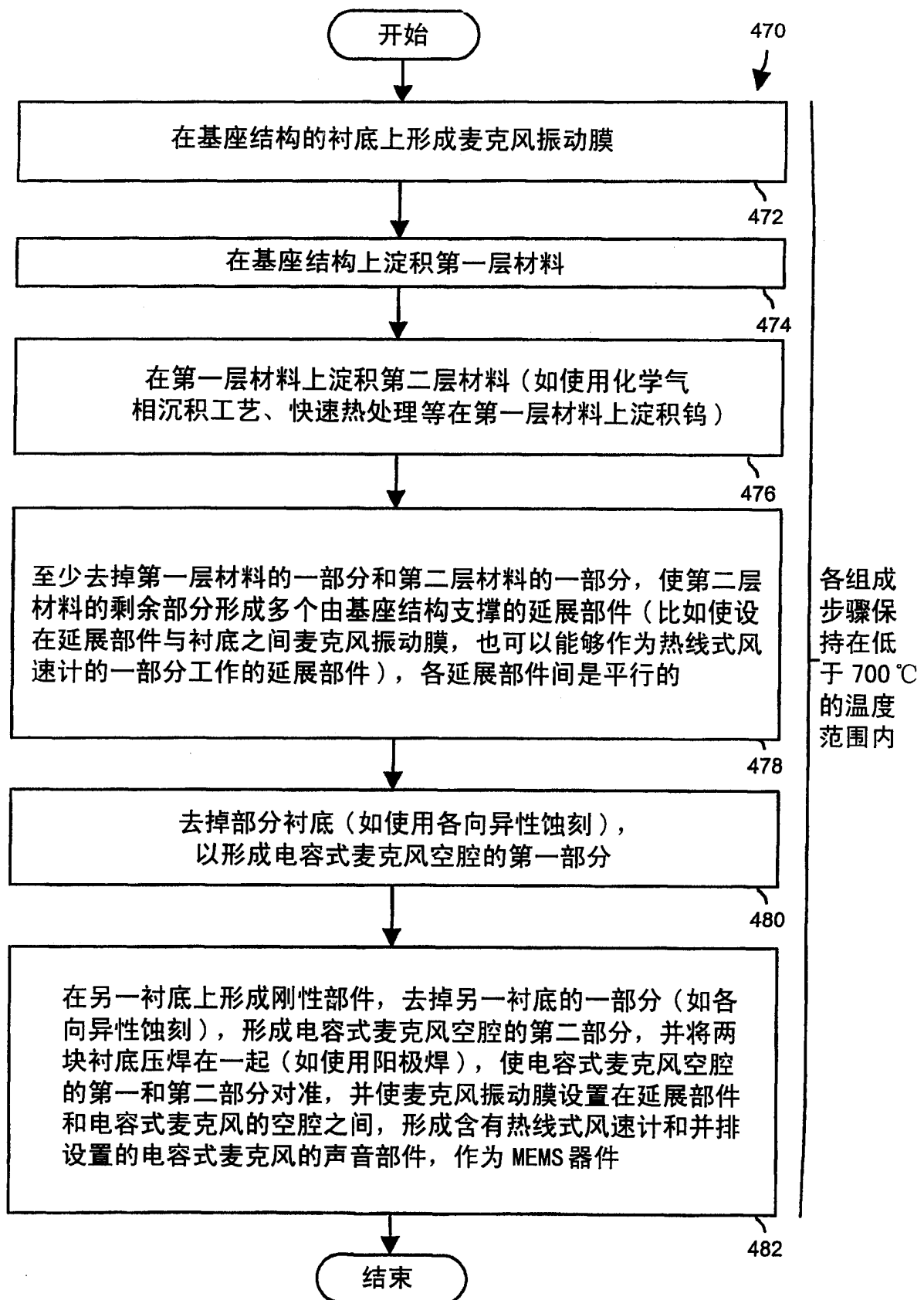


图 32

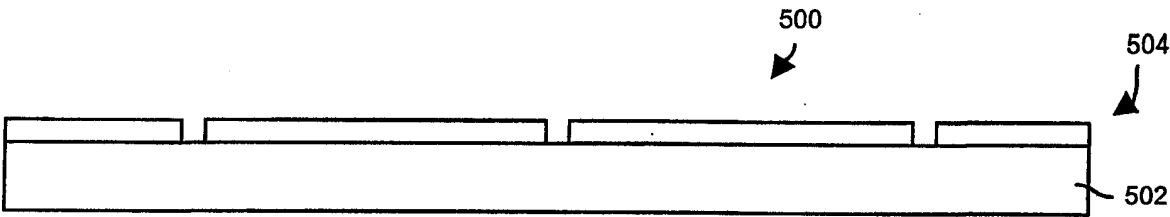


图 33

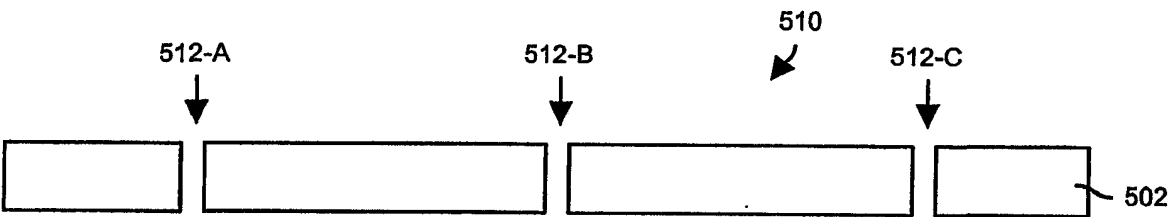


图 34

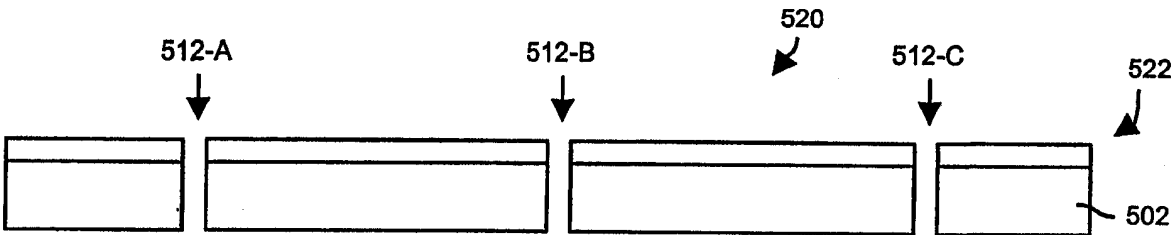


图 35

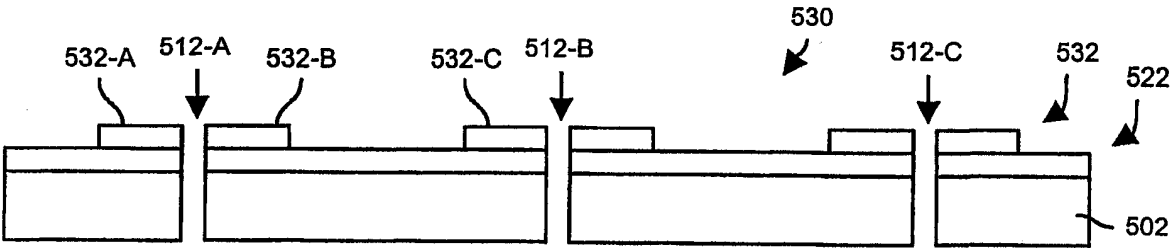


图 36

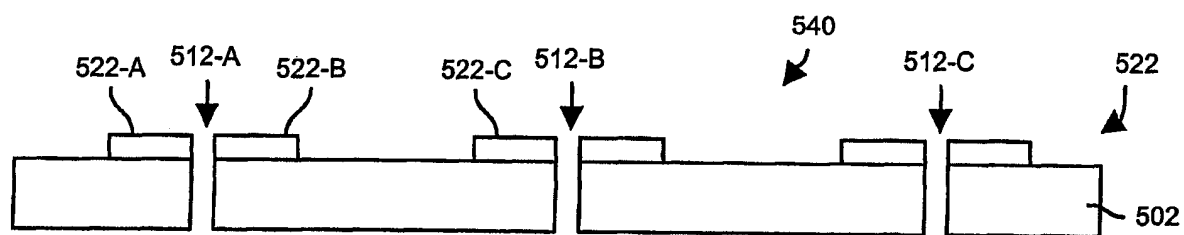


图 37

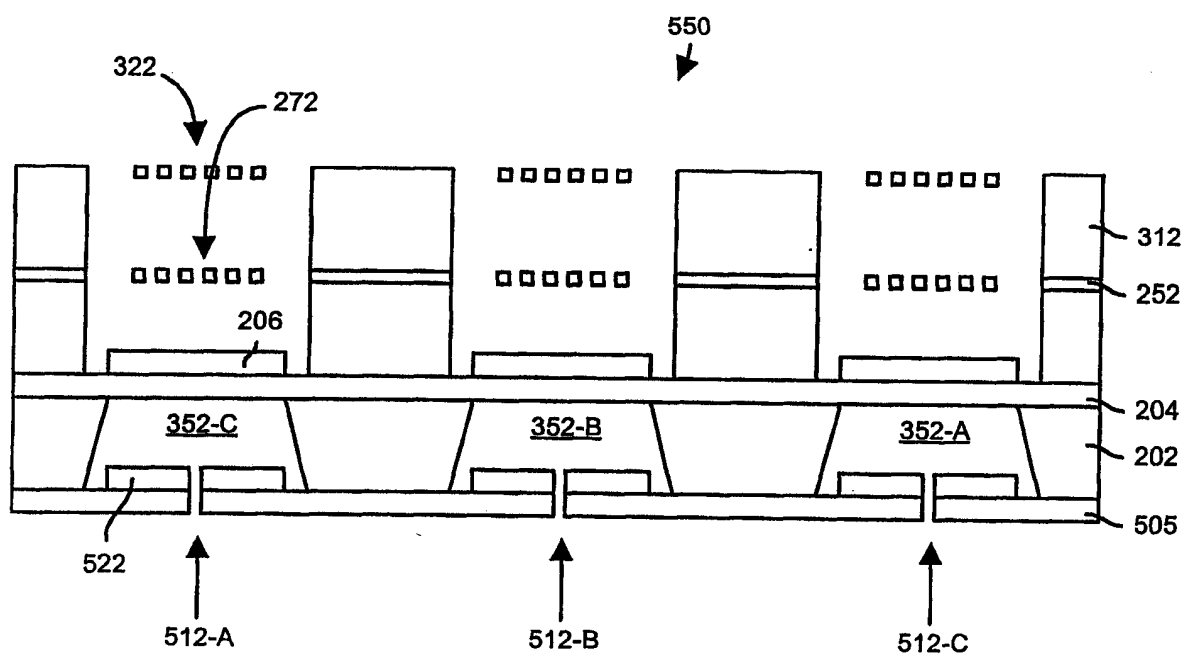


图 38

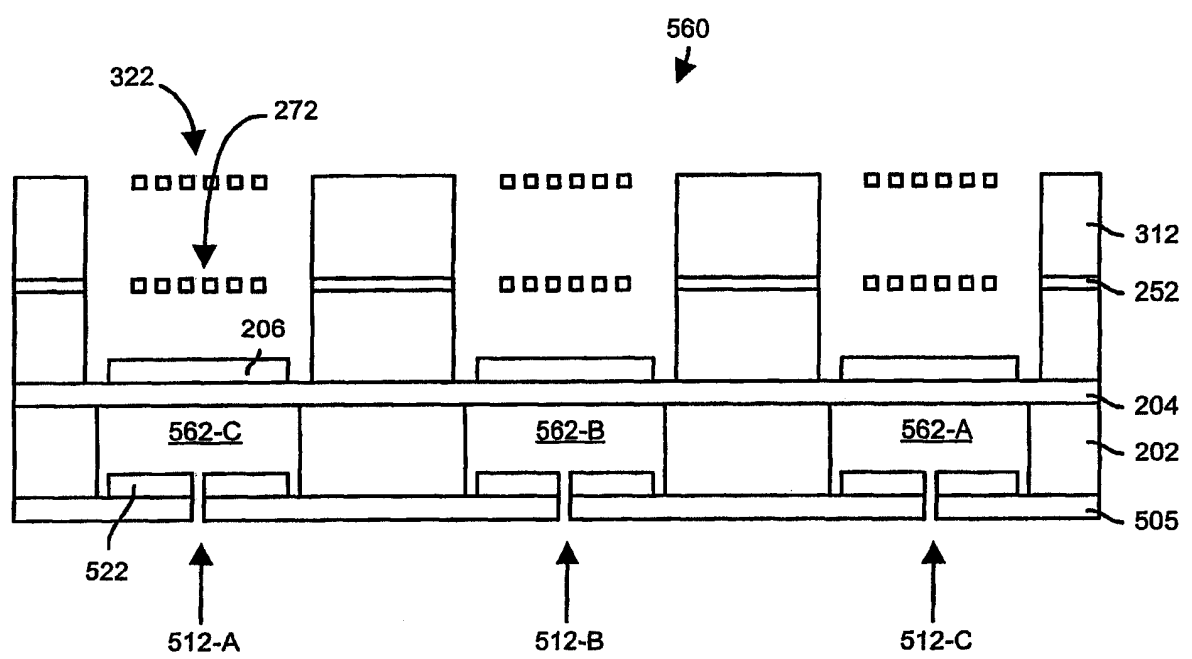


图 39