(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115605351 A
(43)申请公布日 2023.01.13

(21)申请号 202180035106.3

(22)申请日 2021.05.13

(30)优先权数据
2007236.9 2020.05.15 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.11.14

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2021/062792 2021.05.13

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/229040 EN 2021.11.18

(71)申请人 3C项目技术有限公司
地址 爱尔兰威克洛

(72)发明人 G·J·麦卡沃伊

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
专利代理师 张鑫

(51)Int.Cl.
B41J 2/14(2006.01)

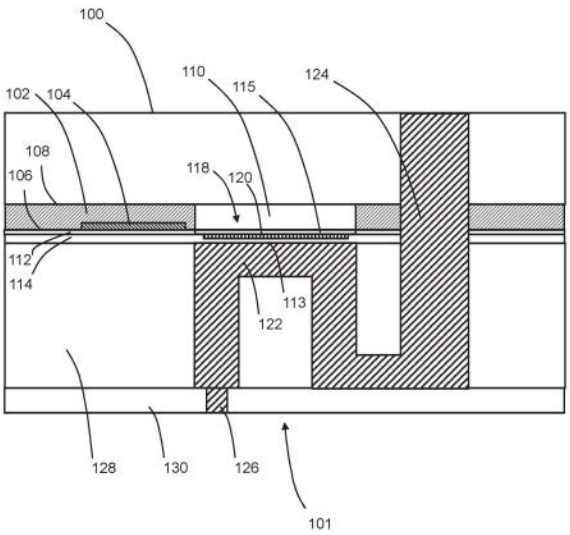
权利要求书3页 说明书16页 附图12页

(54)发明名称

液滴喷射器组件结构和方法

(57)摘要

一种用于打印头的液滴喷射器组件，包括基板，基板包括CMOS控制电路；多个层，该多个层在所述基板的所述第一表面上；流体腔室，流体腔室具有液滴喷射出口；以及压电致动器元件，压电致动器元件由一个或多个所述层形成并且包括与压电体接触的第一电极和第二电极。压电致动器元件限定流体腔室的部分。至少一个所述电极电连接到所述CMOS控制电路。液滴喷射器包括流体腔室，流体腔室具有液滴喷射出口。压电致动器元件与液滴喷射出口间隔开，并且压电体由在低于450℃的温度下可加工的一种或多种压电材料形成。因此，CMOS控制电路与液滴喷射器组件集成。CMOS控制电路可以接收模拟致动器喷射脉冲和串行数字控制信号，并使用串行数字控制脉冲来确定哪些压电致动器元件连接到各个致动器喷射脉冲并由其驱动。



CN 115605351 A

1.一种用于打印头的液滴喷射器组件,所述液滴喷射器组件包括:基板,所述基板具有第一表面和相对的第二表面,所述基板包括CMOS控制电路;多个层,所述多个层在所述基板的所述第一表面上;流体腔室,所述流体腔室具有液滴喷射出口;以及压电致动器元件,所述压电致动器元件由一个或多个所述层形成并且包括压电体和与所述压电体接触的第一电极和第二电极,所述压电致动器元件限定所述流体腔室的部分;至少一个所述电极电连接到所述CMOS控制电路;液滴喷射器,所述液滴喷射器包括流体腔室,所述流体腔室具有液滴喷射出口,其中所述压电致动器元件与所述液滴喷射出口间隔开,并且所述压电体由在低于450℃的温度下可加工的一种或多种压电材料形成。

2.如权利要求1所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述压电体包括一种或多种非铁电压电材料,并且所述CMOS控制电路被配置为通过在第一方向上向所述压电体施加电势梯度以使所述压电体在第一指向上弯曲来致动所述压电体,然后在相反方向上向所述压电体施加电势梯度以使所述压电体在相反的第二指向上变形。

3.如权利要求1或权利要求2所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述压电体具有小于100的相对介电常数ε_r。

4.如前述权利要求中任一项所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述压电体具有大于100V/μm的击穿电压,并且所述CMOS控制电路被配置为在所述压电体内施加大于100V/m的电势梯度。

5.如前述权利要求中任一项所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述CMOS控制电路包括以下各项中的一者或多者:(a)数字寄存器、(b)喷嘴微调计算电路和/或寄存器、(c)温度测量电路、(d)流体腔室填充检测电路。

6.如前述权利要求中任一项所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述CMOS控制电路包括喷射晶体管。

7.如前述权利要求中任一项所述的液滴喷射器组件,包括用于接收致动器驱动脉冲的电输入,并且其中,所述CMOS控制电路被配置为将所述压电致动器或每个压电致动器中的至少一个电极切换地连接到接收到的致动器驱动脉冲或与接收到的致动器驱动脉冲断连,从而选择性地致动所述压电致动器。

8.如前述权利要求中任一项所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述CMOS控制电路被配置为单独地和选择性地致动至少三个所述压电致动器元件,所述至少三个压电致动器元件由同一基板上的一个或多个所述层形成并限定不同的相应流体腔室和液滴喷射出口的部分,任选地其中所述至少三个致动器元件中的致动器被配置为用于喷射不同颜色或成分的流体。

9.如权利要求8所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述至少三个致动器元件位于所述基板上,并且所述CMOS控制电路连接到具有一个或多个电信号导体的柔性打印头线缆,其中所述CMOS控制电路被配置为响应于通过所述同一信号导体接收到的致动命令而单独地和选择性地致动所述至少三个致动器元件中的致动器元件。

10.如权利要求8或权利要求9所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述CMOS控制电路被配置为单独地和选择性地致动数量为所述CMOS控制电路用于接收致动控制信号的信号导体的至少两倍的压电致动器元件。

11.如权利要求8至11中任一项所述的液滴喷射器组件,进一步包括流体供应块,所述

流体供应块与所述层中的一者或多者接触并且限定至少三个单独的流体供应歧管,以用于将不同颜色或液体成分的流体供应到不同的所述流体腔室。

12.如权利要求11所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述流体供应歧管包括流体导管,所述流体导管连接到多个流体腔室中的每一者,以将相同成分的流体供应到所述多个流体腔室内的每一者中,其中限定所述多个流体腔室中的每一者的部分的所述压电致动器元件由所述CMOS控制电路致动,所述致动是任选地响应于通过所述同一信号导体接收到的致动命令的。

13.如前述权利要求中任一项所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述CMOS控制电路被配置为将接地和单个固定非零电压线中的一者或多者,或不同电压的多个固定电压线切换地连接到压电致动器的一个或两个电极,以引起液滴喷射,所述多个固定电压线中的一者或多者可接地。

14.如前述权利要求中任一项所述的液滴喷射器,其特征在于,所述CMOS控制电路被配置为响应于由所述CMOS控制电路存储的数据或来自一个或多个传感器的测量来修改施加到一个或多个压电致动器的一个或多个电极的电压脉冲,所述传感器通常在所述液滴喷射器组件内。

15.一种喷墨打印机,包括控制器和如权利要求7所述的一个或多个液滴喷射器组件,所述一个或多个液滴喷射器组件与所述控制器电子地通信并且受所述控制器控制,其中所述控制器进一步包括脉冲发生器,所述脉冲发生器被配置为生成致动器驱动脉冲序列并且所述液滴喷射器组件的电输入通过到所述控制器的电连接来接收致动器驱动脉冲,并且其中所述一个或多个液滴喷射器组件的所述CMOS控制电路被配置为将所述多个压电致动器或多个压电致动器中的每个压电致动器中的至少一个电极切换地连接到接收到的致动器驱动脉冲或与接收到的致动器驱动脉冲断连,从而选择性地致动所述压电致动器。

16.如权利要求15所述的喷墨打印机,包括多个液滴喷射器组件,其中,来自所述脉冲发生器的脉冲被传导到是多个液滴喷射器组件的部分的多个控制电路,其中所述控制器进一步被配置为生成数字控制信号,所述数字控制信号被传导到所述液滴喷射器组件并且在所述液滴喷射器组件的所述CMOS控制电路中被处理以确定哪些致动器驱动脉冲被传导到所述一个或多个液滴喷射器组件的所述压电致动器的至少一个电极以引起液滴喷射。

17.如前述权利要求中任一项所述的制造用于液滴喷射器的液滴喷射器组件的方法,所述方法包括:提供具有第一表面的基板,在所述第一表面上形成CMOS控制电路,在所述第一表面上形成多个层,所述多个层包括压电致动器元件,所述压电致动器元件包括第一电极和第二电极以及压电体。

18.一种操作如权利要求1至14中任一项所述的液滴喷射器组件或如权利要求15或16所述的喷墨打印机的方法,其特征在于,所述CMOS控制电路接收数字致动控制信号并处理所述数字致动控制信号,以选择性地致动所述压电致动器元件以引起液滴喷射。

19.如权利要求18所述的方法,包括以下步骤:生成致动器驱动脉冲并通过电连接将所述致动器驱动脉冲传导到所述液滴喷射器组件,以及将所述多个压电致动器或多个压电致动器中的每个压电致动器中的至少一个电极切换地连接到接收到的致动器驱动脉冲或与接收到的致动器驱动脉冲断连,从而选择性地致动所述压电致动器。

20.如权利要求18或19所述的方法,包括生成多个不同的致动器驱动脉冲序列并将所

述多个不同的致动器驱动脉冲序列通过单独的电连接传导到所述液滴喷射器组件,以及将所述多个压电致动器或多个压电致动器中的每个压电致动器中的至少一个电极切换地连接到从所述多个不同的致动器驱动脉冲序列中的可变序列接收到的一个或多个接收到的致动器驱动脉冲或与所述一个或多个接收到的致动器驱动脉冲断连。

21.如权利要求18至20中任一项所述的方法,包括将电极在接地连接与到固定电压的连接或不同电压的多个固定电压线之间切换,并再次切换回接地,以引起液滴喷射。

22.一种用于打印头的液滴喷射器组件,所述液滴喷射器组件包括:基板,所述基板具有第一表面和相对的第二表面,所述基板包括CMOS控制电路;多个层,所述多个层在所述基板的所述第一表面上;流体腔室,所述流体腔室具有液滴喷射出口;以及压电致动器元件,所述压电致动器元件由一个或多个所述层形成并且包括压电体和与所述压电体接触的第一电极和第二电极,所述压电致动器元件限定所述流体腔室的部分;至少一个所述电极电连接到所述CMOS控制电路;液滴喷射器,所述液滴喷射器包括流体腔室,所述流体腔室具有液滴喷射出口,其中所述压电体由在低于450℃的温度下可加工的一种或多种压电材料形成。

23.如权利要求22所述的液滴喷射器组件,其特征在于,所述压电体具有大于100V/μm的击穿电压,并且所述CMOS控制电路被配置为在所述压电体内施加大于100V/m的电势梯度。

24.如权利要求22或权利要求23所述的液滴喷射器组件,包括用于接收致动器驱动脉冲的电输入,并且其中所述CMOS控制电路被配置为将所述压电致动器或每个压电致动器的至少一个电极切换地连接到接收到的致动器驱动脉冲或与致动器驱动脉冲断连,从而选择性地致动所述压电致动器,或者其中,所述CMOS控制电路被配置为将接地和单个固定非零电压线中的一者或多者,或不同电压的多个固定电压线切换地连接到压电致动器的一个或两个电极,以引起液滴喷射,所述多个固定电压线中的一者或多者可接地。

25.一种喷墨打印机,包括控制器和如权利要求22至24中任一项所述的一个或多个液滴喷射器组件,所述一个或多个液滴喷射器组件与所述控制器电子地通信并且受所述控制器控制,其中所述控制器进一步包括脉冲发生器,所述脉冲发生器被配置为生成致动器驱动脉冲序列并且所述液滴喷射器组件的电输入通过到所述控制器的电连接来接收致动器驱动脉冲,并且其中所述一个或多个液滴喷射器组件的所述CMOS控制电路被配置为将所述多个压电致动器或多个压电致动器中的每个压电致动器中的至少一个电极切换地连接到接收到的致动器驱动脉冲或与接收到的致动器驱动脉冲断连,从而选择性地致动所述压电致动器。

液滴喷射器组件结构和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于诸如喷墨打印头、增材制造和流体分配打印头等应用的采用压电致动器的液滴喷射器组件的领域。

背景技术

[0002] 为了使分辨率最大化，压电喷墨打印头寻求提供相对高密度的可单独控制的致动器，该可单独控制的致动器被配置为通过相应的喷嘴选择性地喷射液体。为了提供所需的分辨率，可商购的高密度压电喷墨打印头通常包括打印头控制电路，该打印头控制电路与一个或多个液滴喷射器组件分离，并具有到该一个或多个液滴喷射器组件的大量电连接，以便控制多个致动器。例如，来自富士®、理光®或爱普生®的高密度打印头当前采用头驱动集成电路和膜上的柔性组件以驱动打印头内的各个压电致动器，该膜通过许多并联电连接连接到打印头。

[0003] 为了简化制造、改进可配置性和提高可靠性，减少到喷墨打印头的单独有线连接的数量将是有利的。这可以通过将嵌入集成电路基板中的控制电路与压电致动器集成来实现。然而，问题在于，至少是由于制造过程中所需的(峰值)温度，CMOS驱动电路与工业标准压电致动器不兼容。

[0004] 更详细地，目前，用于喷墨打印头的压电致动器通常由锆钛酸铅(PZT)形成。PZT具有高幅值的压电常数(>100)，这是有利的。PZT需要在将会损坏CMOS器件的温度下进行处理。例如，PZT可以通过物理气相沉积来沉积，但这需要在大于450℃的温度下进行后续退火和/或极化步骤，或者它可以通过溶胶-凝胶法来沉积，但需要高温(大于600℃)退火步骤。与在高温下处理CMOS相关联的许多问题包括掺杂剂迁移率和互连布线方案的退化。已知CMOS电子器件能够承受450℃的温度。为了获得高产量，期望低得多的温度(即，低于300℃)。

[0005] 沉积的PZT和其他压电材料通常还需要极化步骤——这主要涉及将压电材料暴露在非常高的电场下以定向晶体。极化步骤也是CMOS不兼容的。

[0006] 制造PZT致动器然后制造集成在其上的CMOS电路是不可能的，因为铅不被允许进入CMOS制造铸造厂。

[0007] 因此，PZT压电材料不与CMOS兼容，并且不能与CMOS控制电路一体形成。PZT不能用替代材料来代替，因为替代的已知压电材料具有低得多的压电常数。

[0008] 因此，本发明寻求改进压电液滴喷射器组件的集成，并在一些实施例中改进打印头内液滴喷射器的密度。

[0009] WO 2018054917(McAvoy)提出了一种液滴喷射器组件，其中具有CMOS器件的基板与由压电材料形成的致动器集成，该压电材料可在低于450℃的温度下加工并且与CMOS兼容，但这仅仅是因为致动器的新颖设计而成为可能，其中基板与喷嘴形成层集成，其中压电致动器位于喷嘴形成层的喷嘴部分上。尽管压电系数降低了至少一个数量级甚至潜在的两个数量级，这种不同于喷嘴位于与致动器相对的流体腔室的壁中的典型结构的致动器结构

相对于其他设备结构实质上提高了液滴喷射效率,并且允许使用除PZT以外的压电材料。

发明内容

[0010] 在第一方面中,本发明提供了一种用于打印头的液滴喷射器组件,该液滴喷射器组件包括:基板,该基板具有第一表面和相对的第二表面,基板包括CMOS控制电路、在基板的第一表面上的多个层、具有液滴喷射出口的流体腔室以及由一个或多个所述层形成的压电致动器元件(压电致动器元件在使用中可变形),并且包括压电体和与该压电体接触的第一电极和第二电极,压电致动器元件限定流体腔室的部分(例如,流体腔室的壁)。

[0011] 通常,至少一个所述电极(任选地,第一电极和第二电极)电连接到CMOS控制电路。CMOS控制电路可以包括或可以是被配置为控制压电致动器的致动器的CMOS致动器控制电路。

[0012] 压电体可由在低于450℃的温度下可加工的一种或多种压电材料形成。

[0013] 通常,压电致动器元件与液滴喷射出口间隔开。我们已经发现,令人惊讶的是,使用除PZT以外的材料来构建高效的液滴喷射器组件是可能的,而不需要液滴喷射出口是压电致动器元件的部分(通常是穿透的孔径)的结构。

[0014] 然而,在一些实施例中,液滴喷射出口可以是压电致动器元件的部分或与压电致动器元件分离。

[0015] 在第二方面中,本发明提供了一种喷墨打印机,包括控制器和根据第一方面的一个或多个液滴喷射器组件,该一个或多个液滴喷射器组件与控制器电子地通信并且受控制器控制。所述控制器可以使打印控制器。控制器可以包括一个或多个微控制器或微处理器,该一个或多个微控制器或微处理器可以是集成的或分布式的,与存储程序代码的存储器通信或包括该存储器。喷墨打印机可以包括一个或多个进一步的控制器。

[0016] 本发明在第三方面延伸到操作根据第一方面的液滴喷射器组件或根据第二方面的喷墨打印机的方法,其中CMOS控制电路接收数字致动控制信号(通过至少一个输入,通常来自所述控制器)并处理该数字致动信号以选择性地致动压电致动器元件,以引起液滴喷射。

[0017] 通常,CMOS控制电路形成在基板的第一表面上。通常,CMOS控制电路包括在基板的第一表面上的至少一个CMOS晶体管。通常,CMOS控制电路包括在基板的第一表面上的至少一个CMOS晶体管,该CMOS晶体管电连接到第一电极或第二电极,而没有进一步的中间半导体结。

[0018] 在300℃以上,集成电子部件(例如,CMOS电子部件)的制造通常开始退化,损害器件操作并降低效率。在450℃以上,集成电子部件(例如,CMOS电子部件)通常会甚至更实质性地退化。因此,使用在低于450℃的温度下可加工的压电材料,允许在不对所述CMOS控制电路造成实质性损坏的情况下,将压电致动器与CMOS控制电路进行加工和集成。

[0019] 压电体可包括由在低于300℃的温度下可加工的一种或多种压电材料(例如,由其形成)。使用在低于300℃的温度下可加工的压电材料,允许将压电致动器与CMOS控制电路进行加工和集成,与在高达450℃的温度下加工相比,对CMOS控制电路的损坏更小。使用在低于300℃的温度下可加工的压电材料允许通过在单个基板(例如,从单个基板晶片)上大规模制造多个流体喷射器来实现功能器件的更高产量。

[0020] 通过将压电致动器与CMOS控制电路集成，减少或消除了提供单独的液滴喷射器驱动电子器件(通常作为现有设备中的流体/致动器/喷嘴压电打印头组件的单独部件提供)的需要。这消除了对大量外部连接的要求，从而有助于增加每个组件的喷嘴计数，减小整个打印头尺寸，并允许比现有压电打印头更高的打印头喷嘴密度。与在单个打印头组件上集成相关联的其他好处包括制造成本的降低、模块化和设备可靠性。

[0021] 在低于450℃(或低于300℃)温度下可加工的压电材料通常具有比需要在更高温度下加工的压电材料更差的压电性能(例如，更低的压电常数)。例如，所有其他因素都相等的情况下，由诸如锆钛酸铅(PZT)之类的高温可加工压电材料形成的压电致动器能够施加的力比由诸如氮化铝(AlN)之类的低温可加工压电材料形成的压电致动器能够施加的力大一个数量级。

[0022] 在低于450℃(或低于300℃)的温度下可加工的压电材料通常是在低于450℃(或低于300℃)温度下可沉积的压电物质。在低于450℃(或低于300℃)的温度下可加工的压电材料通常不需要在450℃处或450℃以上(或300℃处或300℃以上)的温度下进行任何沉积后处理(诸如沉积后退火)。因此，在低于450℃(或低于300℃)的温度下可加工的压电材料通常是在低于450℃(或低于500℃)的温度(沉积后)下可退火的压电材料(即，如果需要对压电材料进行退火以使压电体压电)。

[0023] 该一种或多种压电材料通常在低于450℃(或低于300℃)的温度下可加工(例如，可沉积，并且如果需要，可退火)，使得压电致动器在低于450℃(或300℃以下)的温度下可制造。在低于450℃(或低于300°C)的温度下制造压电致动器允许将压电致动器与与基板集成的CMOS控制电路集成。

[0024] 因此，压电体通常在低于450℃(或低于300℃)的温度下可成形(例如，通过沉积该一种或多种压电材料，并且如果需要，退火该一种或多种压电材料)。

[0025] 该一种或多种压电材料通常在低于450℃(或低于300℃)的基板温度下可加工(例如，可沉积，并且如果需要，可退火)。换句话说，在该一种或多种压电材料的加工(例如，沉积，并且如果需要，退火)期间，基板的温度通常不会达到或超过450℃(或300℃)。在压电体的形成期间，基板的温度通常不会达到或超过450℃(或300℃)。在压电致动器的制造期间，基板的温度通常不会达到或超过450℃(或300℃)。液滴喷射器组件的(例如，整个)制造期间，基板的温度可能未达到或超过450℃(或300℃)。

[0026] 压电体通常通过一种或多种(例如，低温)物理气相沉积(PVD)方法可沉积(例如，通过其沉积)。压电体通常通过一种或多种(例如低温)物理气相沉积方法在低于450℃(或更优选低于300℃)的温度(即，在基板温度)下可沉积(例如，被沉积)。

[0027] 压电体可以包括一种或多种(例如，低温)PVD可沉积压电材料(例如，由一种或多种(例如，低温)PVD可沉积压电材料形成)。压电体可以包括一种或多种(例如，低温)PVD沉积的压电材料(例如，由一种或多种(例如，低温)PVD沉积的压电材料形成)。

[0028] 物理气相沉积方法(例如，低温物理气相沉积方法)可包括以下沉积方法中的一种或多种：阴极电弧沉积、电子束物理气相沉积、蒸发沉积、脉冲激光沉积、溅射沉积。溅射沉积可以包括从单个或多个溅射靶溅射材料。

[0029] 该一种或多种压电材料通常具有低于450℃(或低于300℃)的沉积温度。该一种或多种压电材料可具有低于450℃(或低于300℃)的PVD沉积温度。该一种或多种压电材料可

具有低于450℃(或低于300℃)的溅射温度。该一种或多种压电材料可具有低于450℃(或低于300℃)的沉积后退火温度。应当理解,沉积温度、PVD沉积温度、溅射温度或退火温度通常是基板在相应的工艺期间的温度。

[0030] 压电体可以包括一种压电材料(例如,由一种压电材料形成)。替代地,压电体可以包括多于一种压电材料(例如,由多于一种压电材料形成)。

[0031] 压电体通常具有压电常数d_{31},压电常数d_{31}的大小小于30pC/N,或更通常小于20pC/N或甚至更通常小于10pC/N。该一种或多种压电材料通常具有压电常数d_{31},压电常数d_{31}的大小小于30pC/N,或更通常小于20pC/N或甚至更通常小于10pC/N。

[0032] 该一种或多种压电材料通常是CMOS兼容的。由此,将理解,该一种或多种压电材料通常不包括损坏CMOS电子器件结构的物质,或者通常在不使用这些物质的情况下是可加工的(例如,可沉积的,并且如果需要,可退火的)。例如,该一种或多种压电材料的加工(例如,沉积,并且如果需要,退火)通常不包括使用(例如,强)酸(诸如盐酸)和/或(例如,强)碱(诸如氢氧化钾),或可能损坏CMOS铸造厂/CMOS铸造厂中不允许使用的其他材料。

[0033] 因此,压电体不是由PZT形成的,并且通常不包括PZT。这是非常有利的,因为PZT中的铅对环境有害。

[0034] 压电体可包括陶瓷材料(例如,由陶瓷材料形成),所述陶瓷材料包括铝和氮以及任选地选自以下各项的一种或多种元素:钪、钇、钛、镁、铪、锆、锡、铬、硼。

[0035] 压电体可以包括氮化铝(AlN)(例如,由氮化铝(AlN)形成)。

[0036] 压电体可以包括氧化锌(ZnO)(例如,由氧化锌(ZnO)形成)。

[0037] 一种或多种压电材料可以包括氮化铝和/或氧化锌(例如,由氮化铝和/或氧化锌组成)。

[0038] 氮化铝可由纯氮化铝组成。替代地,氮化铝可以包括一种或多种元素(即,氮化铝可以包含氮化铝化合物)。氮化铝可以包括以下元素中的一种或多种:钪、钇、钛、镁、铪、锆、锡、铬、硼。

[0039] 压电体可以包括氮化钪铝(ScAlN)(例如,由氮化钪铝(ScAlN)形成)。通常氮化钪铝中钪的百分比被选择为在可制造性范围内优化d_{31}压电常数。例如,$Sc_xAl_{1-x}N$中x的值通常选自范围$0<x\leq0.5$。钪的含量越高通常导致d_{31}的值越大(即,压电效应越强)。氮化钪铝中钪的质量百分比(即,重量百分比)通常大于5%。氮化钪铝中钪的质量百分比(即,重量百分比)通常大于10%。氮化钪铝中钪的质量百分比(即,重量百分比)通常大于20%。氮化钪铝中钪的质量百分比(即,重量百分比)通常大于30%。氮化钪铝中钪的质量百分比(即,重量百分比)通常大于40%。氮化钪铝中钪的质量百分比(即,重量百分比)可以小于或等于50%。

[0040] 包括氮化铝化合物(尤其是氮化钪铝)的氮化铝、以及氧化锌是可在450℃以下,或更优选在300℃以下沉积的压电材料。包括氮化铝化合物(尤其是氮化钪铝)的氮化铝、以及氧化锌是可在450℃以下,或更优选在300℃以下通过物理气相沉积(例如,溅射)沉积的压电材料。包括氮化铝化合物(尤其是氮化钪铝)的氮化铝、以及氧化锌是在沉积后通常不需要退火的压电材料。

[0041] 压电体可以包括通过低于450℃、或更优选低于300℃的物理气相沉积沉积的氮化铝(例如氮化铝化合物,例如氮化钪铝)和/或氧化锌(例如,由其形成)。

[0042] 压电体可以包括一种或多种III-V族和/或II-VI族半导体(即,包括周期表第III族和第V族以及/或第II族和第VI族元素的化合物半导体)(例如,由其形成)。此类III-V和II-VI半导体通常以六方纤锌矿晶体结构结晶。在六方纤锌矿晶体结构中结晶的III-V和II-VI半导体由于其非中心对称晶体结构而通常是压电的。

[0043] 压电体可以包括一种或几种非铁电材料(例如,由一种或多种非铁电压电材料形成或由一种或多种非铁电压电材料组成)。

[0044] 一种或多种压电材料可以分别是非铁电压电材料。非铁电压电材料的示例包括例如,氮化铝、氮化钪铝和氧化锌。

[0045] 有利地,非铁电压电材料通常不需要极化。液滴喷射器组件的制造可能不包括极化。

[0046] 通常,非铁电压电材料不具有与PZT的压电常数大小相当的压电常数。例如,ZnO、AlN和ScAlN是非铁电压电材料,其压电常数d_{31}为-3.3、-1.9和-5.8,而PZT的压电常数为-10至-260。

[0047] CMOS控制电路可被配置为通过在第一方向上向压电体施加电势梯度以使压电体在第一指向上弯曲,然后在相反方向上向该压电体施加电势梯度以使其在相反的第二指向上变形来致动压电体。

[0048] 通过调节施加到第一电极和/或第二电极的电压来施加电势梯度。(一个电极可以保持接地,在这种情况下,只需要调节施加到另一个电极的电压)。

[0049] 通过在第一方向上向压电体施加电势梯度以使压电体在第一指向上弯曲,然后在相反方向上向压电体施加电势梯度以使其在相反的第二指向上变形,致动器可以用作推挽式致动器,并且容易地实现喷射周期的抽吸和喷洒部分。这对于诸如PZT之类的铁电材料是不可能的。

[0050] 此外,从第一方向上的变形到另一方向上的变形可以有更大的偏转。与诸如PZT之类的铁电材料相比,这可以补偿降低的压电常数。

[0051] 在没有施加电势梯度的默认配置中,压电体可能是平面的,并且当分别在第一方向和第二指向上弯曲时,压电体最靠近流体腔室的表面分别是凹形的和凸形的,反之亦然。

[0052] 有利的是,使得压电体能够在致动周期期间被致动为凹形和凸形配置,而在没有施加电势梯度时保持平面,因为默认平面配置可以提高设备的寿命。这与已知的具有由PZT形成的铁电压电体的推挽式压电致动器形成对比,所述铁电压电体需要持续地施加电势差以在致动周期之间保持压电体处于变形配置,或在启动致动周期之前需要直流电压达预定时间段。

[0053] 压电体可具有小于100的相对介电常数ε_r。

[0054] 这与使用PZT形成的压电体形成对比,使用PZT形成的压电体的相对介电常数ε_r远大于100,并且在某些成分下大于1000。电极之间的电容是中间电介质的相对介电常数ε_r的函数(在平行板电容器的情况下,与其相对介电常数成比例)。压电体的电容影响其功耗,并且通过使用具有(与使用PZT的相对应设备相比)相对低的介电常数的材料,压电体具有(与使用PZT的相对应设备相比)相对低的电容,从而能够实现降低的功耗和/或更大的喷嘴密度。

[0055] 压电体可具有大于100V/μm的击穿电压。

[0056] 通过选择击穿电压大于100V/μm的压电材料,可以施加比击穿电压约为50V/μm的PZT更大的致动力。

[0057] 通常,CMOS控制电路被配置为在压电体内部(例如,跨压电体,取决于结构)施加大于100V/μm的电势梯度。CMOS控制电路可被配置为在第一方向上在压电体内(例如,跨压电体,取决于结构)施加大于100V/μm的电势梯度,然后在相反方向上在该压电体内(例如,跨压电体,取决于结构)施加小于100V/μm的电势梯度。

[0058] 该方法可以包括向第一电极和第二电极施加电势以在压电体内(例如,跨压电体,取决于结构)生成大于100V/μm的电势梯度。该方法可包括向第一电极和第二电极施加电势以在第一方向上在压电体内(例如,跨压电体,取决于结构)施加大于100V/μm的电势梯度,然后在相反方向上在该压电体内(例如,跨压电体,取决于结构)施加小于100V/μm的电势梯度。

[0059] 使用击穿电压大于100V/μm的压电材料可以使得能够抵消与PZT相比减小的致动器力。

[0060] CMOS控制电路可包括(a)数字寄存器。CMOS控制电路可包括(b)喷嘴微调计算电路和/或寄存器。CMOS控制电路可包括(c)温度测量电路。CMOS控制电路可包括(d)流体腔室填充检测电路。

[0061] 例如,数字寄存器可以是移位寄存器或锁存寄存器。该方法可以包括将数据存储在CMOS控制电路内的寄存器中或从该寄存器读取数据。该方法可以包括使用CMOS测量电路的温度敏感部件测量温度。该方法可包括测量流体腔室的填充水平。

[0062] CMOS控制电路可被配置为响应于由所述CMOS控制电路存储的数据或来自一个或多个传感器的测量来修改施加到一个或多个压电致动器的一个或多个电极的电压脉冲,所述传感器通常在所述液滴喷射器组件内。该方法可包括CMOS控制电路响应于由所述CMOS控制电路存储的数据或来自一个或多个传感器的测量来修改施加到一个或多个压电致动器的一个或多个电极的电压脉冲,所述传感器通常在所述液滴喷射器组件内。

[0063] 修改电压脉冲可以包括在时间上使它们移位。修改电压脉冲可以包括压缩或扩展它们。修改电压脉冲可以包括修改其幅度。修改电压脉冲可以包括在具有不同轮廓的多个(通常重复的)接收到的致动器驱动脉冲序列之间交换(swapping)。CMOS控制电路通常被配置为响应于由CMOS控制电路存储的与各个压电致动器相关的数据或来自一个或多个传感器的测量来修改施加到一个或多个各个压电驱动器的一个或多个电极上的电压脉冲,并且该方法通常包括修改施加到该一个或多个各个压电致动器的一个或多个电极上的电压脉冲。

[0064] CMOS控制电路可包括喷射晶体管喷射晶体管通常与压电致动器的电极直接电连通(没有中间开关半导体结)。该方法可以包括控制喷射晶体管以使来自喷射晶体管的电势输出直接施加到压电致动器的电极。

[0065] 液滴喷射器组件可包括具有相应液滴喷射出口的多个所述流体腔室和由基板的第一表面上的一个或多个层形成的多个所述压电致动器元件,并且每个压电致动器包括压电体和与压电体接触的第一电极和第二电极,每个压电致动器元件限定相应流体腔室的部分。因此,液滴喷射器组件可包括多个可独立致动的液滴喷射器。通常CMOS控制电路控制多个压电致动器元件。同样,每个液滴喷射出口可以与压电致动器元件分离。每个流体腔室、

压电致动器元件和压电体可以如本文所述。

[0066] 液滴喷射器组件可以包括用于接收致动器驱动脉冲的电输入。该方法可以包括接收致动器驱动脉冲的步骤。

[0067] 控制器可包括脉冲发生器，该脉冲发生器被配置为生成致动器驱动脉冲(通常是致动器驱动脉冲序列)。液滴喷射器组件通常包括连接到控制器的电输入，通过该电输入接收致动器驱动脉冲。该方法可包括(例如，在控制器中)生成致动器驱动脉冲并通过电连接将致动器驱动脉冲传导到液滴喷射器组件的步骤。

[0068] 致动器驱动脉冲通常是模拟信号。致动器驱动脉冲通常包括周期性重复电压波形。

[0069] CMOS控制电路可被配置为将多个压电致动器或多个压电致动器中的每个压电致动器的至少一个电极切换地连接到接收到的致动器驱动脉冲或与接收到的致动器驱动脉冲断连，从而选择性地致动压电致动器。该方法可包括将多个压电致动器或多个压电致动器中的每个压电致动器的至少一个电极切换地连接到接收到的致动器驱动脉冲或与接收到的致动器驱动脉冲断连，从而选择性地致动压电致动器。

[0070] 控制器可包括生成多个致动器驱动脉冲序列的一个或多个脉冲发生器，并且液滴喷射器组件的电输入通过到控制器的多个电连接接收(由该一个或多个脉冲发生器生成的)多个致动器脉冲序列，并且CMOS控制电路被配置为将多个压电致动器或该多个压电致动器中的每个压电致动器中的至少一个电极切换地连接到选自多个不同的接收到的致动器脉冲序列的接收到的致动器驱动脉冲或与其断连。该方法包括(例如，在控制器中)生成多个不同的致动器驱动脉冲序列并将其通过单独的电连接传导到所述液滴喷射器组件，以及将多个压电致动器或该多个压电致动器中的每个压电致动器中的至少一个电极切换地连接到从所述多个不同的致动器驱动脉冲序列中的可变(和可选择)序列接收到的一个或多个接收到的致动器驱动脉冲或与其断连。

[0071] 关于压电致动器的至少一个电极连接到哪一个接收到的致动器脉冲序列的选择可以响应于特定于相应压电致动器所存储的数据和/或响应于相应压电致动器的操作的测量。因此，CMOS控制电路通常可以选择(并且该方法通常包括选择)每个压电致动器是否在周期性液滴喷射决策点序列中的每一者处喷射液滴。通过决策点，我们指的是致动器驱动脉冲开始之前的时间，在此处确定是否将该致动器驱动脉冲传送到特定压电致动器的至少一个电极。在一些实施例中，CMOS控制电路还可以选择，并且该方法通常包括从多个致动器脉冲(来自相同或不同的致动器脉冲流)中选择哪个致动器脉冲被施加到每个所述液滴喷射决策点处的相应压电致动器的至少一个电极。

[0072] 通常，致动器驱动脉冲周期性地重复。致动器驱动脉冲可被控制器放大。致动器驱动脉冲可能未被液滴喷射器组件放大。液滴喷射器组件可不生成致动器驱动脉冲。

[0073] 通常，来自脉冲发生器的脉冲被传导到多个控制电路，该多个控制电路可以是多个液滴喷射器组件的部分。因此，单个脉冲发生器电路可以驱动同一基板上的多个压电换能器和/或具有单独基板的多个液滴喷射器组件，每个单独基板都具有多个压电换能器。

[0074] 数字致动控制信号通常从控制器接收。数字致动控制信号通常通过柔性连接器接收。可以串行形式接收数字致动控制信号，并使用CMOS控制电路内的移位寄存器将其转换为并行控制信号。

[0075] 控制器可包括脉冲发生器，该脉冲发生器被配置为生成传导到液滴喷射器组件(或多个液滴喷射器组件)的致动器驱动脉冲和传导到液滴喷射器组件(或多个液滴喷射器组件)的数字控制信号，并且数字控制信号在(多个)液滴喷射器组件的(多个)CMOS控制中被处理以确定哪些致动器驱动脉冲被传导到该压电致动器或该一个或多个液滴喷射器组件的压电致动器的至少一个电极，以引起液滴喷射。

[0076] 该方法可包括生成致动器驱动脉冲(例如，在控制器处)和数字控制信号，并将致动器驱动脉冲和数字控制信号两者传导到(多个)液滴喷射器组件的(多个)CMOS控制电路，(多个)CMOS控制电路处理数字控制信号，并响应于该数字控制信号将选定的致动器驱动脉冲传导到该压电致动器或该一个或多个液滴喷射器组件的压电致动器的至少一个电极，以引起液滴喷射。

[0077] 因此，通常模拟致动器驱动脉冲和数字控制信号由CMOS控制电路(并且通常由液滴喷射器组件)输入。通常数字控制信号被用于选择性地切换模拟致动器驱动脉冲，从而选择性地将它们传输到压电致动器。

[0078] 这使得能够管理增加的电压，抵消了除PZT和/或非铁磁压电材料以外的压电材料的限制。

[0079] 在一些实施例中，CMOS控制电路被配置为切换地连接，并且该方法可以包括将接地和单个固定非零电压线中的一者或多者，或不同电压的多个固定电压线(其中一者或多者可以接地)切换地连接到压电致动器的一个或两个电极，以引起液滴喷射。例如，CMOS控制电路可(并且该方法可包括)将电极在接地连接与到固定电压的连接或不同电压的多个固定电压线之间切换，并再次切换回接地，以引起液滴喷射。

[0080] 在接地连接和到固定电压连接之间或者在固定电压线之间切换电极可包括操作锁存器。

[0081] CMOS控制电路可被配置为单独地和选择性地致动至少三个(或至少四个)所述压电致动器元件，至少三个(或至少四个)所述压电致动器元件由同一基板上的一个或多个所述层形成并限定(具有不同的相应液滴喷射出口)的不同的相应流体腔室的部分，任选地其中所述至少三个(或至少四个)致动器元件被配置为喷射不同颜色或成分的流体或作为冗余的液滴喷射器出口。

[0082] 所述至少三个(或至少四个)压电致动器元件可位于基板上(任选地彼此相邻，任选地排成行)并且CMOS控制电路连接到具有一个或多个电信号导体的柔性打印头线缆，其中所述CMOS控制电路被配置为响应于通过相同信号导体接收的致动命令而单独且选择性地致动该至少三个(或至少四个)压电致动器元件的致动器元件。

[0083] 因此，由于被配置为驱动至少三个(或至少四个)致动器元件的CMOS控制电路的集成，单个信号导体可以传送控制信号，从而致动该至少三个(或至少四个)压电致动器元件的各个致动器元件。控制信号通常是数字控制信号。

[0084] 所述至少三个(或至少四个)压电致动器元件可以包括或可以是一组压电致动器元件，例如被配置为喷射相同颜色或成分的流体(例如具有与相同流体供应流体连通的流体腔室)或不同颜色或成分流体(例如具有与单独的流体供应流体连通的流体腔室)的一组压电致动器元件，或者被分成多个(通常至少三个或至少四个)子组的一组压电致动元件，其中每个子组中的压电致动器元件被配置为喷射相同颜色或成分的流体(例如具有与相同

流体供应流体连通的流体腔室),并且子组中的一些或全部子组的压电致动元件被配置成喷射不同颜色或成分的流体(例如与单独的流体供应流体连通)。同一子组中的压电致动器元件可被布置成阵列,并且各个子组可以有多个阵列。

[0085] CMOS控制电路可被配置为单独地和选择性地致动数量为CMOS控制电路用于接收致动控制信号的信号导体的至少两倍的压电致动器元件。

[0086] 所述CMOS控制电路可被配置为单独地和选择性地致动至少128个(或至少256个)压电致动器元件,并且CMOS控制电路通过最多32个(或最多16个)信号导体接收致动控制信号。

[0087] CMOS控制电路可以包括串并转换电路,所述串并转换电路被配置为将通过一个或多个信号导体以串行形式接收的数字信号转换为对要被致动以同时(即,并行)执行液滴喷射的压电致动器的选择。串并转换电路通常包括一个或多个移位寄存器。

[0088] 液滴喷射器组件可以进一步包括流体供应块,流体供应块与所述层中的一者或多者接触并且限定至少三个单独的流体供应歧管,以用于将不同颜色或液体成分的流体供应到不同的所述流体腔室。

[0089] 流体供应歧管包括流体导管,流体导管连接到多个流体腔室中的每一者,以将相同成分的流体供应到该多个流体腔室内的每一者中,其中限定该多个流体腔室中的每一者的部分的压电致动器元件由CMOS控制电路致动,所述致动通常是响应于通过同一信号导体接收到的致动命令的。

[0090] 液滴喷射器组件通常是点滴式(drop-on-demand)液滴喷射器组件,例如点滴式打印头的部分。

[0091] 本发明延伸到包括由公共控制器驱动的多个液滴喷射器组件的打印头(例如,页宽打印头)。

[0092] 在第四方面中,本发明延伸到根据本发明第一或第二方面的用于打印头的液滴喷射器组件的制造方法,该方法包括:提供具有第一表面的基板,在第一表面上形成CMOS控制电路,在第一表面上形成多个层,该多个层包括压电致动器元件,该压电致动器元件包括第一电极和第二电极以及压电体。

[0093] 形成压电致动器的步骤通常包括:形成第一电极;在低于450℃的温度下,在第一电极上形成一种或多种压电材料的至少一层;以及在一种或多种压电材料的该至少一层上形成第二电极。形成第一电极和形成第二电极的步骤通常也在低于450℃的温度下进行。通常,该一个或多个层中的每一者在低于450℃的温度下形成。因此,在低于450℃的温度下形成压电致动器(例如,形成第一电极、该一种或多种压电材料和第二电极)允许压电致动器与(例如,驱动电路系统的)该至少一个电子部件集成,而不会对所述至少一个电子部件造成实质性损坏。

[0094] 该方法可包括在低于300℃的温度下形成压电致动器。形成压电致动器的步骤可包括:形成第一电极;在低于300℃的温度下,在第一电极上形成一种或多种压电材料的至少一层;以及在一种或多种压电材料的该至少一层上形成第二电极。形成第一电极和形成第二电极的步骤也可以也在低于300℃的温度下进行。

[0095] 在低于300℃的温度下形成压电致动器(例如,形成第一电极、该一种或多种压电材料和第二电极)允许压电致动器与CMOS控制电路集成,而对CMOS控制电路的损坏更少。

[0096] 该方法通常包括在低于450℃(或低于300℃)的基板温度下形成压电体致动器。换句话说,在形成压电致动器期间,基板的温度通常不会达到或超过450℃(或低于300℃)。因此,形成压电致动器的步骤通常包括:形成第一电极;在低于450℃(或低于300℃)的基板温度下,在第一电极上形成一种或多种压电材料的至少一层;以及在一种或多种压电材料的该至少一层上形成第二电极。形成第一电极和形成第二电极的步骤通常也在低于450℃(或低于300℃)的基板温度下进行。在液滴喷射器组件的(例如,整个)制造期间,基板的温度可能未达到或超过450℃(或300°C)。

[0097] 可以在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下执行形成一个或多个层中的全部层的步骤。

[0098] 在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下形成压电致动器的步骤可包括在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下沉积压电致动器。在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下形成压电致动器的步骤可包括在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下通过一种或多种物理气相沉积方法沉积压电致动器。

[0099] 物理气相沉积方法(例如,低温物理气相沉积方法)通常包括以下沉积方法中的一种或多种:阴极电弧沉积、电子束物理气相沉积、蒸发沉积、脉冲激光沉积、溅射沉积。溅射沉积可以包括从单个或多个溅射靶溅射材料。

[0100] 形成压电体的步骤可包括在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下沉积一种或多种压电材料的至少一层。形成压电体的步骤可包括在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下通过物理气相沉积方法沉积一种或多种压电材料的至少一层。

[0101] 该方法可包括在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下对压电体执行任何沉积后处理。该方法可包括在低于450℃(或更通常低于300°C)的温度下对压电体进行退火。然而,更通常地,该方法不包括沉积后处理(例如,退火)步骤。

[0102] 形成压电致动器的步骤可包括由陶瓷材料形成压电体,所述陶瓷材料包括铝和氮以及任选地选自以下各项的一种或多种元素:钪、钇、钛、镁、铪、锆、锡、铬、硼。

[0103] 形成压电体的步骤可以包括形成一种压电材料的至少一层,或多于一种压电材料的多个层。

[0104] 形成一种或多种压电材料的该至少一层的步骤可由形成一层所述一种或几种压电材料的组成。替代地,形成一种或多种压电材料的该至少一层的步骤可由形成多于一层所述一种或几种压电材料的组成。

[0105] 该一种或多种压电材料可以包括氮化铝。附加地或替代地,该一种或多种压电材料可以包括氧化锌。因此,在低于450℃(或更通常低于300°C)的温度下形成压电致动器的步骤(例如,在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下形成一种或多种压电材料的该至少一层的步骤)可包括在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下沉积氮化铝(AlN)和/或氧化锌(ZnO)。

[0106] 氮化铝可由纯氮化铝组成。替代地,氮化铝可以包括一种或多种元素(即,氮化铝可以包含氮化铝化合物)。氮化铝可以包括以下元素中的一种或多种:钪、钇、钛、镁、铪、锆、锡、铬、硼。

[0107] 在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下形成压电致动器的步骤(例如,在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下形成一种或多种压电材料的该至少一个层的步骤)

可包括在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下沉积氮化钪铝(ScAlN)。

[0108] 通常氮化钪铝中钪的百分比被选择为在可制造性范围内优化d_{31}压电常数。例如，$Sc_xAl_{1-x}N$中x的值通常选自范围$0<x\leqslant 0.5$。钪的含量越高导致d_{31}的值越大(即，压电效应越强)。氮化钪铝中钪的质量百分比(即，重量百分比)通常大于5％。氮化钪铝中钪的质量百分比(即，重量百分比)通常大于10％。氮化钪铝中钪的质量百分比(即，重量百分比)通常大于20％。氮化钪铝中钪的质量百分比(即，重量百分比)通常大于30％。氮化钪铝中钪的质量百分比(即，重量百分比)通常大于40％。氮化钪铝中钪的质量百分比(即，重量百分比)可以小于或等于50％。

[0109] 一种或多种压电材料可以包括一种或多种III-V族和/或II-VI族半导体(即，包括来自周期表第III族和第V族以及/或第II族和第VI族的元素的化合物半导体)。此类III-V和II-VI半导体通常以六方纤锌矿晶体结构结晶。在六方纤锌矿晶体结构中结晶的III-V和II-VI半导体由于其非中心对称晶体结构而通常是压电的。因此，在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下形成压电致动器的步骤(例如，在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下形成压电体的步骤)可包括在低于450℃(或更通常低于300°C)的温度下沉积一个或多个III-V和/或II-VI半导体。

[0110] 一种或多种压电材料可以包括非铁电压电材料。铁电材料通常需要在强外加电场下(即，沉积后)极化。非铁电压电材料通常不需要极化。

[0111] 压电致动器的压电体通常具有压电常数d_{31}，压电常数d_{31}的大小小于30pC/N，或更通常小于20pC/N或甚至更通常小于10pC/N。一种或多种压电材料通常具有压电常数d_{31}，压电常数d_{31}的大小小于30pC/N，或更通常小于20pC/N或甚至更通常小于10pC/N。

[0112] 形成第一电极通常包括在喷嘴形成层上沉积一个或多个金属层(例如钛、铂、铝、钨或其合金)。金属可以通过(例如，低温)PVD沉积。金属通常在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下沉积。

[0113] 在压电体上形成第二电极通常包括在压电体上沉积一个或多个金属层(诸如钛、铂、铝、钨或其合金)。金属可以通过(例如，低温)PVD沉积。金属通常在低于450℃(或更通常低于300℃)的温度下沉积。

[0114] 该方法可以包括整体地形成(例如，集成)基板、CMOS控制电路、(例如，包括第一电极、压电体和第二电极的)压电致动器、流体腔室和液滴喷射输出，从而形成单片液滴喷射器组件。液滴喷射器组件可以是液滴喷射器芯片。

[0115] 关于本发明任何方面公开的任选特征是本发明每个方面的任选特征。

附图说明

[0116] 现在将参考以下附图来描述本发明：

[0117] 图1是现有技术液滴喷射器芯片的示意性横截面；

[0118] 图2是根据本发明的示出了单个致动器的液滴喷射器芯片的横截面；

[0119] 图3是具有图2的CMOS和致动器的单片液滴喷射器芯片基板的进一步的示意性横截面；

[0120] 图4和图5示出了根据本发明的可能的液滴喷射器芯片配置；

[0121] 图6和图7示出了控制打印头配置；

[0122] 图8是打印控制电路系统的示意图；

[0123] 图9(a)至图9(c)示出了致动器控制脉冲；x轴是时间，并且y轴是压电体的每μm厚度的电压；以及

[0124] 图10至图12示出了显示单个致动器配置的三个替代液滴喷射器芯片。

具体实施方式

[0125] 参考图1，已知类别的喷墨打印头1包括压电致动器元件2，该压电致动器元件2形成为硅打印头基板4上的层。致动器元件各自形成流体腔室6的壁，流体腔室6通过导管8与储墨器12流体连通，并且与具有半径在6μm至25μm范围内的喷嘴10流体连通。墨水流体腔室和导管形成在流体歧管层14中，流体歧管层14覆盖有其中具有喷嘴的喷嘴限定层16。每个致动器后面的腔室18为致动器提供了空间来弯曲，以将墨水拉入相应的流体腔室并将其从相应的喷嘴喷出。在一些实施例中，腔室可以如图所示直接通到柔性腔中。外部控制器20经由柔性互连22驱动致动器，柔性互连22包含膜上芯片(COF)，膜上芯片(COF)上具有切换单独压电致动器的锁存器和/或喷嘴微调数据。柔性互连通过并联连接24连接到硅，并联连接24包含用于每个压电致动器的单独信号导体。因此，对于具有许多致动器的打印头，柔性互连具有许多单独信号导体。例如，如果每英寸有600个喷嘴，则每英寸至少有600个单独连接。每英寸600个以上的导线附连的可靠实现是很难的。高分辨率打印机的目标需要大于每英寸1000。对于无法扫描以获得高目标分辨率的固定页宽打印头来说，这非常重要。因此，每英寸1200点的四色打印头需要每英寸4800个连接。

[0126] 参考图2，根据本发明的液滴喷射器芯片100(用作液滴喷射器组件)包括硅基板102，硅基板102在基板的第一表面106上包括CMOS控制电路104。另外，在相对的第二表面108上可以存在电路部件。本领域技术人员将理解，CMOS电路包括基板的掺杂区域和形成在基板的第一表面上的金属化层和互连。基板具有DRIE蚀刻的孔径110。也可以使用具有倾斜侧壁的各向异性蚀刻来形成该孔径。在基板的第一表面上形成大致示出为112、114的多个层。层112是CMOS金属化层，并且包括金属导电迹线和钝化绝缘体，诸如SiO_2、SiN、SiON。这些层中的全部或一些可以(或可以不)跨孔径110延伸以形成包括压电体120的压电致动器元件118，在该示例中压电体120由AlN或ScAlN形成，但也可以由在低于450℃的温度下可加工的另一种合适的压电材料形成。压电致动器元件与诸如硅、氧化硅、氮化硅或其衍生物的材料层115形成隔膜，并且具有防止施加的电势接触流体的钝化层113。

[0127] 至少一个金属化层112包括互连，将信号从外部控制器20传导到控制电路以及从控制电路传导到压电致动器元件，特别是传导到第一和第二电极(图2中未示出)，该第一和第二电极被布置为跨压电体两端施加电势差，从而致动压电体。

[0128] 压电致动器元件118限定流体腔室122的壁，流体腔室122通过导管124接收墨水(在喷墨打印机的情况下)或另一种可打印流体(例如在增材制造打印机的情况下)并且与喷嘴126连通以喷射液体。导管由安装到基板的表面上的层的通道限定层128限定，该通道限定层可以例如通过硅基板的DRIE蚀刻和/或晶片接合来限定，并且喷嘴限定层130提供打印头的外表面并具有限定喷嘴126的孔径。压电致动器元件118、腔室122和喷嘴126一起形成被大致示出为101的液滴喷射器。

[0129] 图3示出了图2的液滴喷射器芯片100的CMOS/致动器基板和电连接的更多细节。

CMOS控制电路包括掺杂硅132的图案化区域和金属化层134。金属化层的数量取决于CMOS控制电路的复杂性，但三层应足以满足许多应用。金属化层112从接触垫136延伸，其中线缆138连接到CMOS控制电路，CMOS控制线路随后连接到位于压电体140的相对侧上并与该相对侧接触的第一和第二电极140、142。尽管此处示出了两个电极，但在压电体的任一侧或不同区域上可以有两个或更多个电极。

[0130] 参考图4和图5，图4和图5示出了由具有多个液滴喷射器(单独压电致动器、流体腔室和液滴喷射出口)的单个液滴喷射器芯片100(用作液滴喷射器组件)形成的打印头，具有有限数量的信号导体的柔性线缆互连138通过导线144将外部控制器连接到打印头组件，该打印头组件包括如101所示的多个液滴喷射器以用于喷射不同颜色的墨水。具有多个液滴喷射器的液滴喷射器芯片通常由单个CMOS/致动器基板形成。在这些示例中，以及CMOS控制电路104的主要部分，CMOS控制电路包括与每个液滴喷射器相关联的单独的电路元件104’，电路元件104’例如可以包括用于每个压电致动器的锁存器和喷射器晶体管。

[0131] 图6和图7示出了用于具有单个液滴喷射器芯片/基板的打印头(图6)和用于具有有着单独基板的多个不同液滴喷射器芯片的打印头(图7)的柔性线缆144和柔性线缆互连138和液滴喷射器芯片100的布置。由于控制电路在基板中的集成，信号导体的数量可能少于，并且可能远远少于离散致动器的数量。

[0132] 图8是根据本发明的用于打印头的控制电路系统的框图。致动器控制分布在机器控制器220和液滴喷射器芯片100内的CMOS电路104之间。它们部分地通过延伸穿过单个或多个柔性线缆互连138的导体连接。多个致动器120通过向其电极140、142施加电势来控制。机器控制器至少包括处理器200，诸如具有存储相关数据和程序代码的存储器202的微处理器或微控制器。有线或无线电子接口204从外部设备驱动器接收输入数据。本领域技术人员将理解，机器控制器可以分布在多个单独的部件或功能模块之间，诸如一个部件将图像转换为用于例如使用抖动矩阵进行打印的像素化图案，以及一个分开的部件将该像素化图案转换为打印图案以用于不同喷嘴。

[0133] 机器控制器可包括至少一个波形发生器和电压放大器208，电压放大器208通过一个或多个驱动信号导体210向打印头提供致动器控制脉冲的连续模式(如图9所示)。接地导体212也从机器控制器延伸到液滴喷射器芯片100。(为清楚起见，打印头内的接地连接未示出)。处理器200生成通常作为串行总线的数字控制信号214，并且还将时钟信号216传送到打印头，用于使打印与打印头的移动同步。连接器还提供与CMOS控制电子器件的操作电压相关联的电压电平。

[0134] 在打印头内，接触垫136连接到柔性连接器的导体，并且信号通过图案化金属化层112路由到CMOS控制电路104，并从CMOS控制电路路由到致动各个压电致动器内的各个压电体120的电极140、142。基板102上的控制电路104包括喷射开关电路220，喷射开关电路220包括具有与电极140、142直接电连接(即，没有进一步的中间开关半导体结)的输出的喷射晶体管。喷射开关电路切换致动器控制脉冲信号，并且如果电极中的一个电极保持接地，则喷射开关电路可以简单到每个致动器单个晶体管，或者每个电极单个晶体管来切换施加到该电极的信号。喷射开关电路可以分布在基板周围，其一部分(例如，晶体管或晶体管和锁存器)靠近对应于图4和图5的特征104’的每个液滴喷射器。

[0135] 喷射开关电路不进行功率放大。相反，它切换致动器控制脉冲，针对每个脉冲确定

每个脉冲是否被中继到相应的致动器。通过放大器208在机器控制器中进行电压放大。

[0136] 喷射开关电路由锁存器和移位晶体管222控制，锁存器和转移晶体管222接收并存储来自控制电路224的数字数据，控制电路224处理接收到的数据，例如转换接收到的串行数据，将这些数据存储在寄存器226中，并使用接收到的数据来确定在每个连续致动器发射事件期间要致动哪些致动器。控制电路228还存储用于定制每个致动器的电压切换的精确定时的微调数据，该微调数据通常在设置时在校准步骤期间确定，并且可以存储指示喷嘴的物理布局的配置数据230、安全信息和/或喷嘴致动计数历史信息。控制电路224还从传感器232、234、236接收数据，其中一些传感器与各个致动器相关联(例如，喷嘴填充水平传感器)，以及其中一些传感器感测与打印头整体功能相关的参数(例如，温度传感器)。

[0137] 图9示出了在替代实施例中由波形发生器或电压放大器206生成的三种可能的驱动波形。x轴是时间(以毫秒为单位)并且y轴是致动器的每μm厚度的电势。由于压电体在该示例中由非铁电材料制成，所以可以在任一方向上施加脉冲。在图9(a)中，信号具有为0的默认电压，并且在每个脉冲中切换到正电势，并在预定时间段后返回零。在图9(b)中，信号具有为0的默认电压，并且首先切换到正电势(使压电致动器在一个方向上变形)，然后在返回零之前切换到负电势(使压电致动器在相反方向上变形)。在图9(c)中，信号具有200V的默认电压，并在返回200V之前切换到-200V的电压(导致压电体中的电场反向)。

[0138] 在操作期间，处理器200通过接口204接收数字形式的打印数据(诸如位图)，并通过已知的手段处理该数据，以通过串行连接216向每个液滴喷射器芯片发送打印指令序列。这些打印指令可以与每个液滴喷射器芯片关于在打印周期期间是否和何时喷射液滴的指令一样详细。在一个实施例中，波形发生器生成适合于施加到各个压电致动器的电极的重复电压脉冲。这些是周期性的，其中时间间隔决定了打印头上液滴喷射事件之间的时间。替代地，电压放大208可以向打印头组件提供并维持多个电压电平的单个电压电平。液滴喷射器芯片内的喷射晶体管将根据CMOS控制电路切换这些电压。

[0139] 由于一个或多个波形发生器不位于打印头上并且用于驱动多个压电致动器，因此它或它们可生成大量的热量而不会引起问题。没有实质的基板空间限制，因此它或它们可以是适于以选定的和任选可变的转换速率仔细控制波形形状的相对复杂的电路，并且功率放大器可以被选择为在可以同时被致动的所有致动器被一起致动的情况下产生高达最大可能电流要求的期望电压。

[0140] 单个打印头基板上的控制电路224通过串行连接216接收打印指令并处理这些指令(例如从串行指令转换为并行指令)。参考时钟信号214，确定每个单独压电致动器是否应该在每个打印周期期间被致动以喷射液滴，并且该数据被加载到锁存器222中在每个打印周期的适当时间处，锁存的数据被传递到喷射开关电路，从而将接收到的打印波形切换到相应致动器元件的电极，使其执行液滴喷射周期，或不执行液滴喷射周期，在不执行液滴喷射周期的情况下相应致动器元件的两个电极保持接地并且液滴喷射器不执行液滴喷射周期。

[0141] 在打印期间监测传感器232、传感器234、传感器236。将接收到的打印波形切换到相应致动器元件的电极的精确定时可以响应于使用温度敏感CMOS元件的温度测量而改变。

[0142] 由于打印头组件，由于致动寿命，基于晶片制造(单个晶片上——或晶片批次之间)的差异，每个喷嘴可具有略微不同的喷射特性行为(液滴体积、速度)。该数据可用于通

过CMOS控制电路来改变特定喷嘴的驱动波形——例如——改变致动脉冲持续时间或切换到不同水平——或将特定喷嘴切换到不同的驱动波形。

[0143] 某些墨水的粘度和表面张力对温度高度敏感——这最终会改变液滴喷射特性。某些打印模式会导致某些喷嘴连续发射，而其他喷嘴则偶尔发射。这将导致可变的加热模式。控制电路可以使用监测的温度来修改波形和/或将控制信息反馈给控制器，以进行适当的动作，诸如降低打印速度等。

[0144] 移位寄存器将液滴发射模式信息移动到锁存寄存器。因此，移位寄存器与串行连接对接，并在给定的打印周期中将所有打印数据移动到锁存寄存器。锁存寄存器与喷射寄存器对接以启动打印命令。

[0145] 通过首先在基板102上形成CMOS控制电路104、134和金属互连层112来制造液滴喷射器芯片。CMOS电路通过标准CMOS加工方法形成，标准CMOS工艺方法包括在p型或n型基板上的离子注入，并且互连层也通过诸如离子注入、化学气相沉积、物理气相沉积、蚀刻、化学机械平坦化和/或电镀之类的标准工艺形成。

[0146] 使用连续薄膜沉积技术在基板上形成附加材料层，包括具有中间压电体的电极140和142。每个步骤都必须避免损坏CMOS控制电路。压电体由诸如AlN或ScAlN的材料形成，这些材料可以通过PVD(包括低温溅射)在低于450℃的温度下沉积。电极由例如钛、铂、铝、钨或其合金形成。可以使用诸如DRIE之类的蚀刻程序来形成穿过基板的流体通道和孔径。通道限定层128可以使用硅MEMS基板的DRIE蚀刻和晶片接合来形成。喷嘴限定层可以由金属、硅MEMS晶片或塑料材料通过沉积在稍后限定的通道上或粘附到稍后限定的通道而形成。每个液滴喷射器芯片经由柔性互连连接到机器控制器。与根据图1的现有技术器件相比，柔性互连中的分立导体的数量有限，例如4至16个导体。

[0147] 形成压电体的材料不能是也不是PZT，因为需要避免损坏其上形成压电致动器(包括压电体)的CMOS控制电路。因此，压电致动器具有比PZT低得多的压电常数d31，取决于压电致动器的精确组成通常低至少一个数量级并且可能两个数量级。从表面上看，这将使打印头喷射器正常操作变得不可能。然而，我们发现打印头喷射器仍然有可能操作，因为：

[0148] 诸如AlN、ScAlN和ZnO之类的压电材料可以具有比PZT更高的击穿电压，并且因此可以以更高的电势梯度操作，从而允许向致动器施加相对应的力；

[0149] 诸如AlN、ScAlN和ZnO之类的压电材料可以具有比PZT更高的杨氏模量，从而增加它们可以施加的力；

[0150] 在一些实施例中，致动器控制脉冲可以在芯片外生成并由晶体管切换，其中基板上的控制电路支撑压电致动器，使得在需要时能够向压电体施加相对高的电压；

[0151] 除PZT以外的一些压电材料是非铁电材料，并且因此通过相反方向的电场在不同方向上致动，从而实现电场的更大变化(从负场强到正场强，或从正场强到负场强)，这增加了在打印周期期间施加到致动器的力的变化。

[0152] 液滴喷射器芯片可具有替代配置，并且在图10至图12示出了几种，其中与已经描述的特征相对应的特征标有相对应的数字。在图10和图11的实施例中，存在(例如使用DRIE蚀刻或各向异性蚀刻程序)穿过硅基板102形成的硅通孔。流体腔室122延伸到基板中，并且头容积110在致动期间提供用于空气流动的通风口。

[0153] 返回参考图4和图5，柔性互连可安装到打印头的边缘，并用于驱动几个或许多单

独的液滴喷射器芯片,例如,用于不同颜色的墨水(或在增材打印机的情况下的其他材料)的液滴喷射器芯片或用于不同颜色墨水(或其他材料)中的液滴喷射器都可形成在单个液滴喷射器芯片中的单个连续基板中。

[0154] 在替代实施例中,代替于包括波形发生器的机器控制器和被传导到液滴喷射器组件及其上的CMOS控制电路的波形,CMOS控制电路通过切换施加到每个压电致动器的电极中的一者或多者的电压(例如在接地和固定电压之间,或在多个固定电压电平之间,该多个固定电压电平中的一个或多个可以是接地)来致动压电致动器,从而引起液滴喷射。在该情况下,柔性连接器138包含将固定电压从机器控制器携带到液滴喷射器芯片的一个或多个电导体。

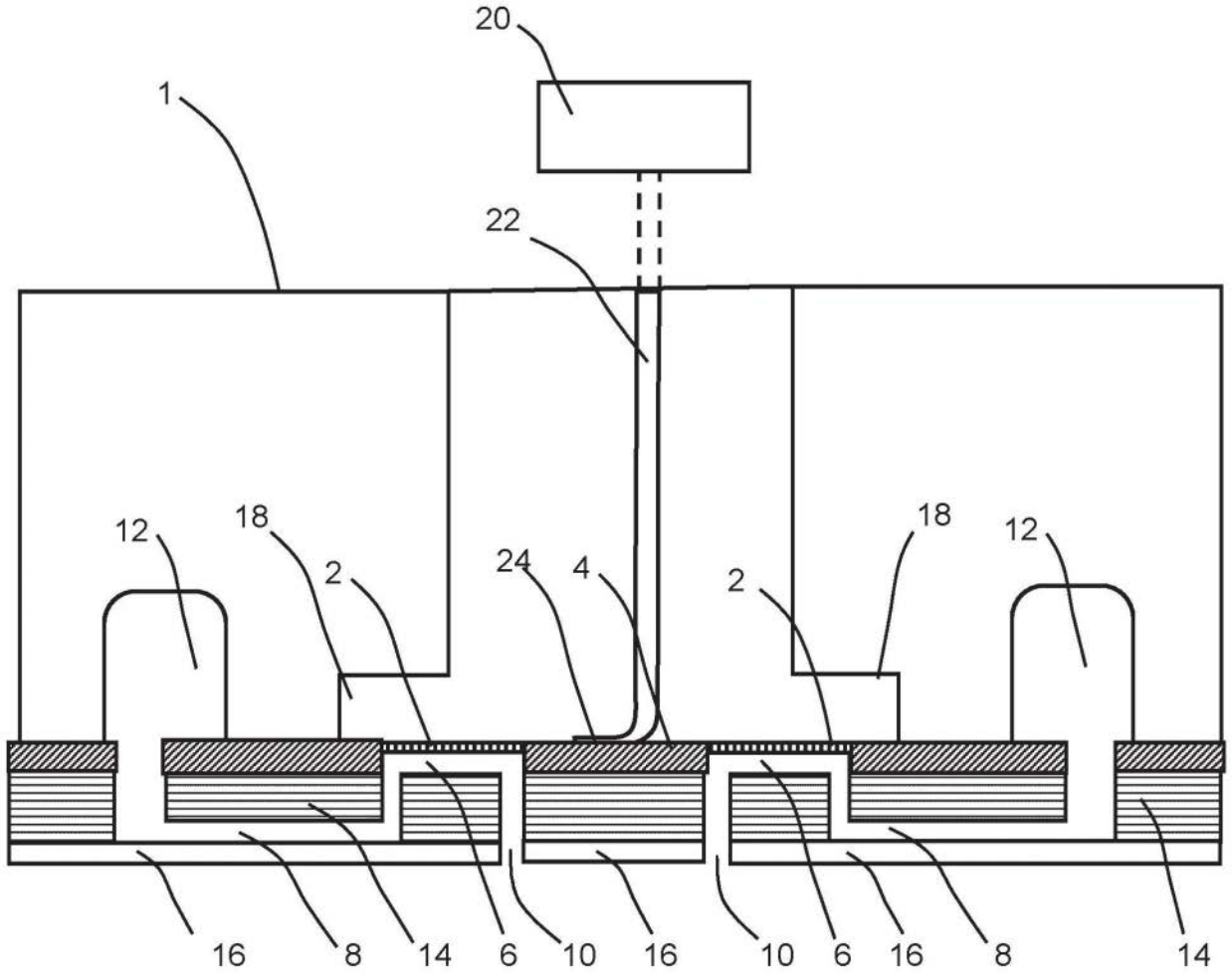


图1

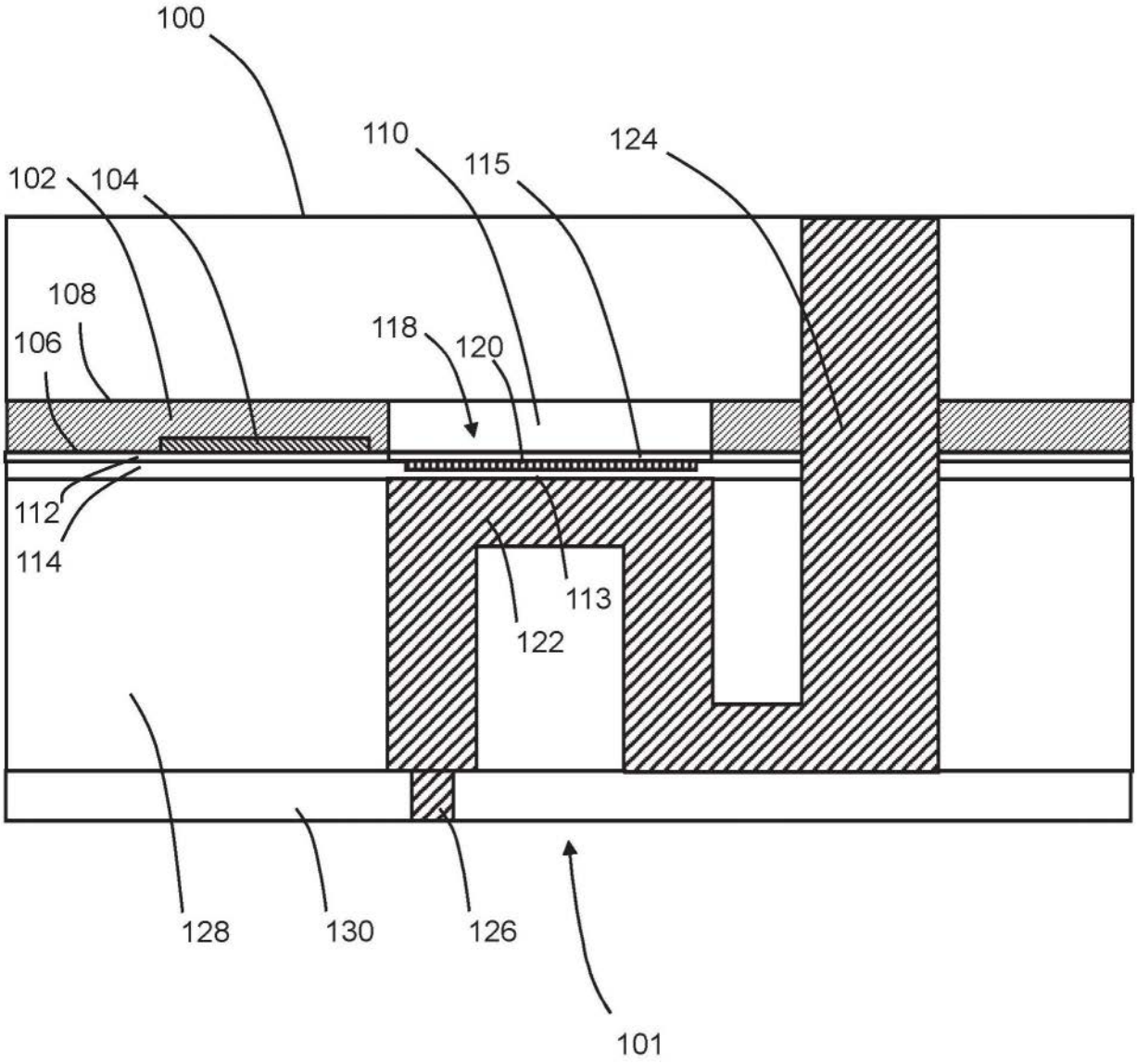

100
110
115
124
102
104
108
106
118
120
112
114
113
122
128
130
126
101

图2

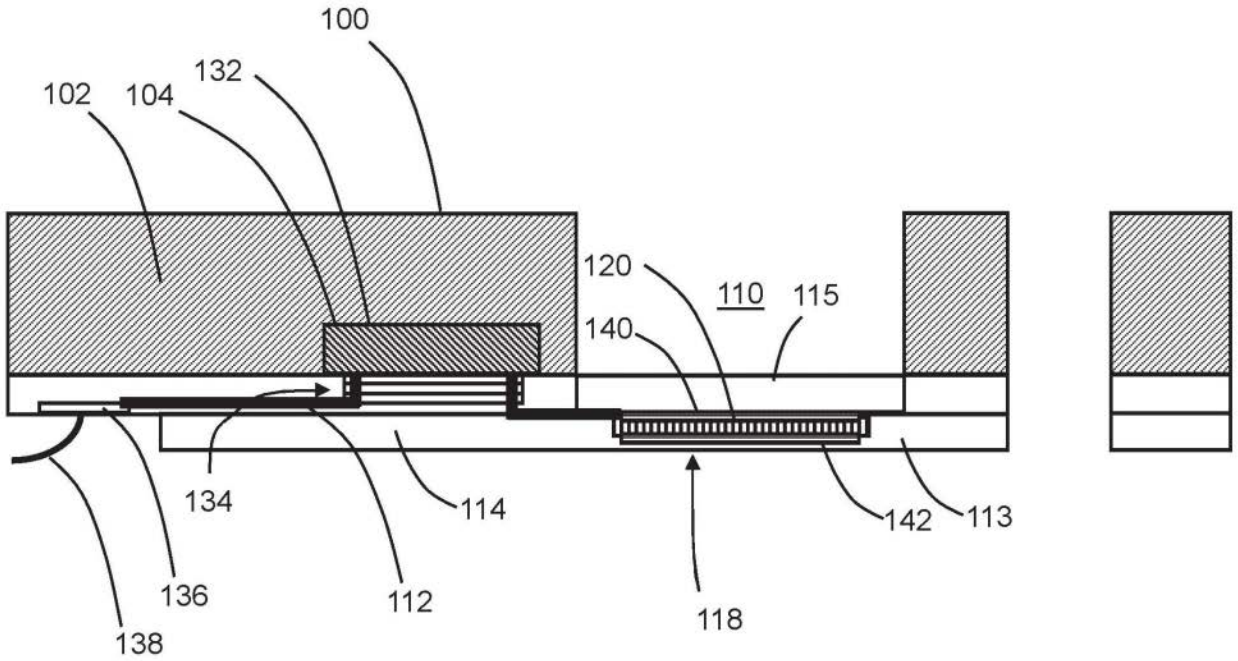


图3

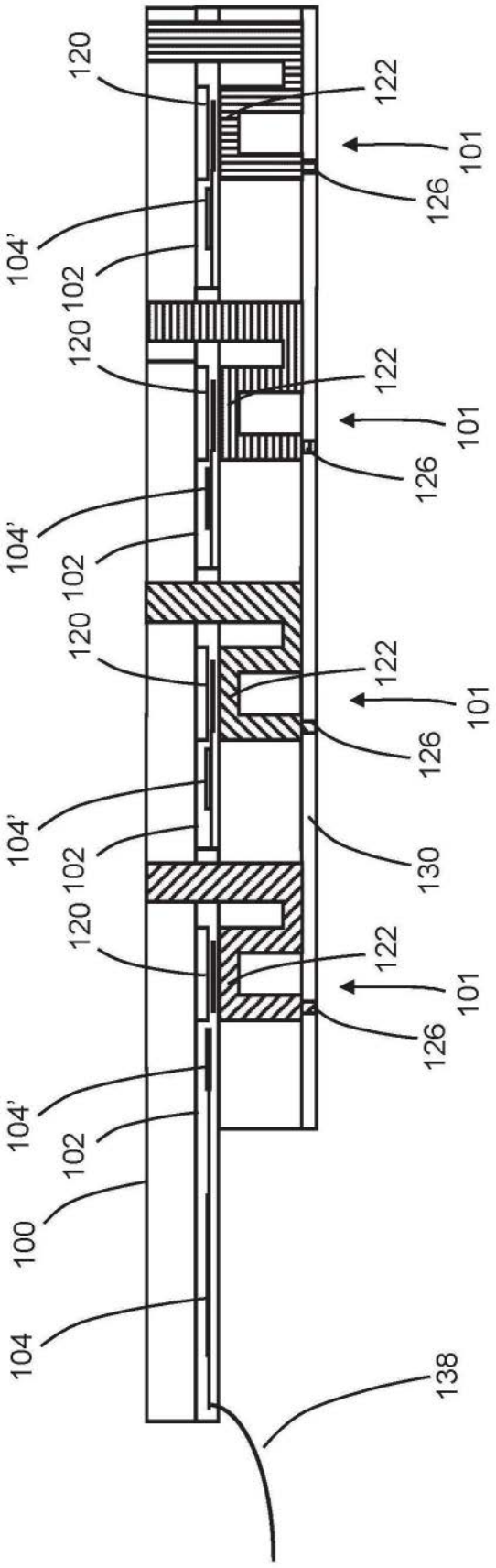

120
122
101
126
104'
102
120
122
101
126
104'
102
120
122
101
126
104'
102
130
120
122
101
126
104'
102
100
104
138

图4

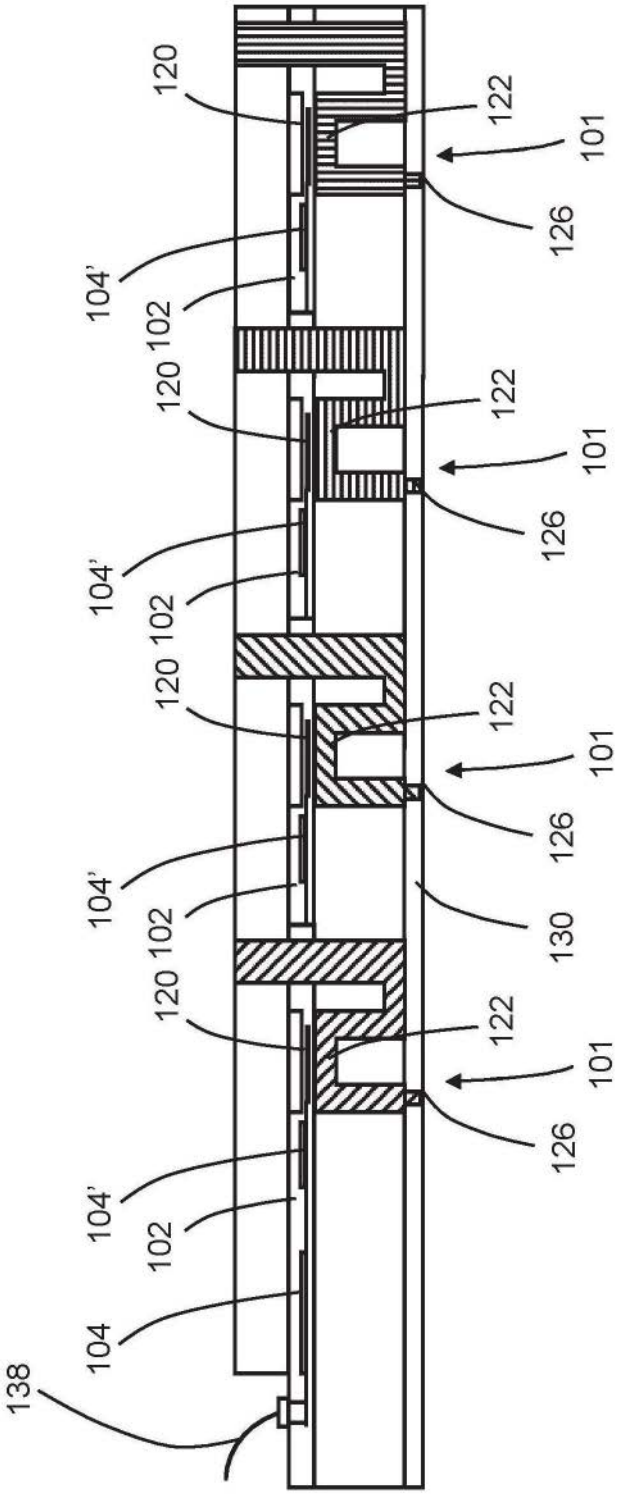

120
122
101
126
104'
102
120
122
101
126
104'
102
120
122
101
126
104'
102
130
120
122
101
126
104'
102
104
138

图5

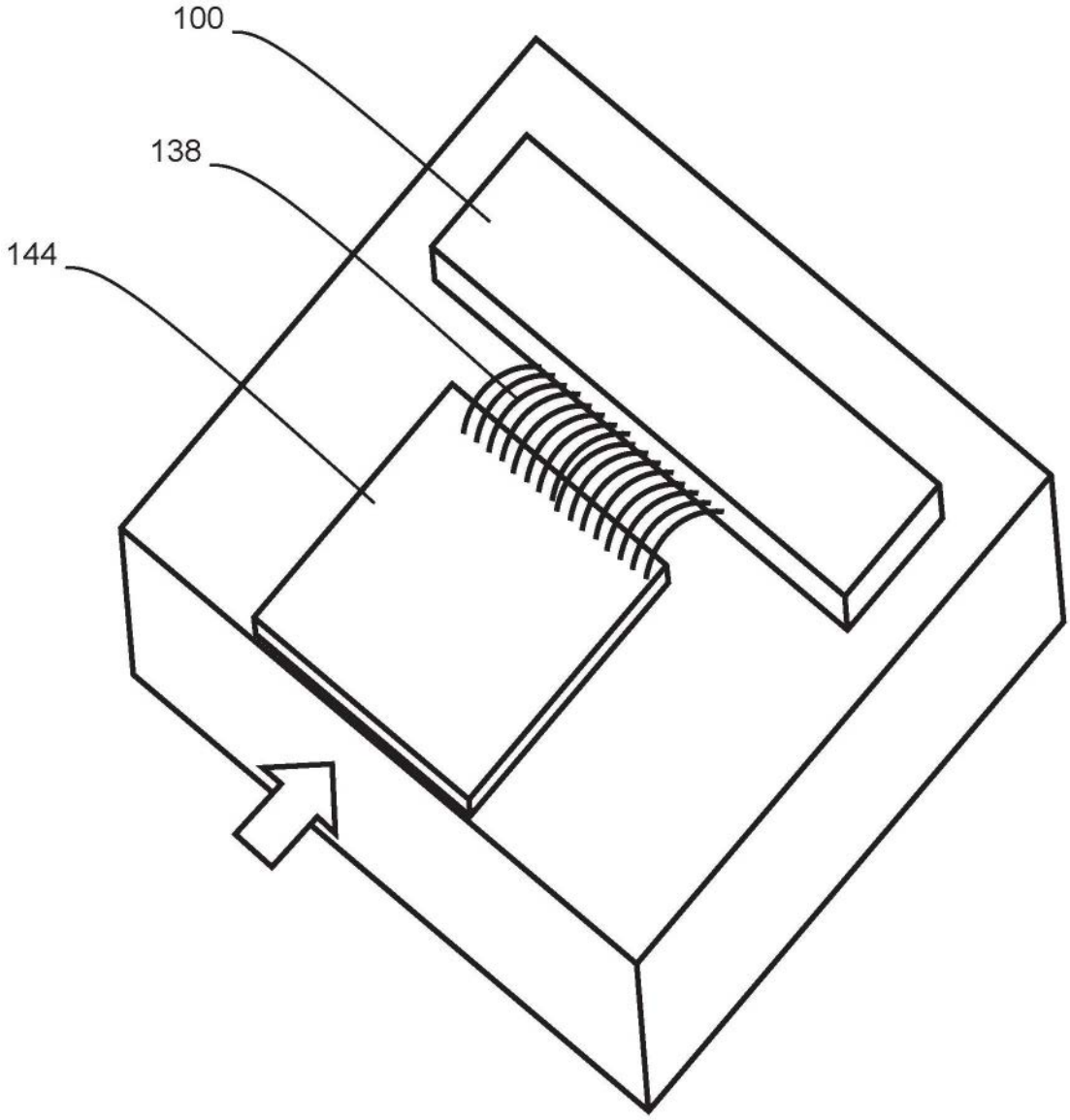


图6

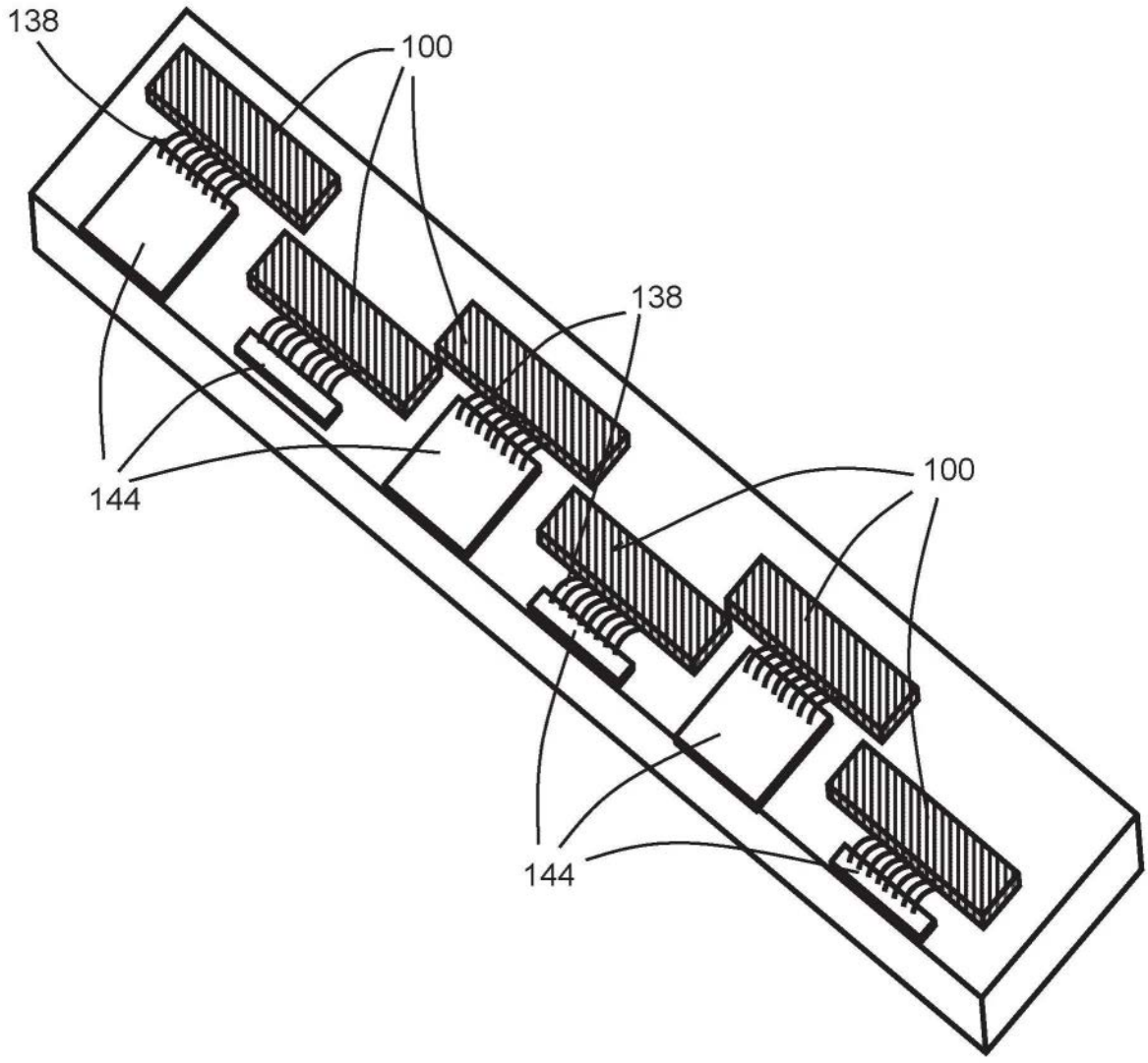


图7

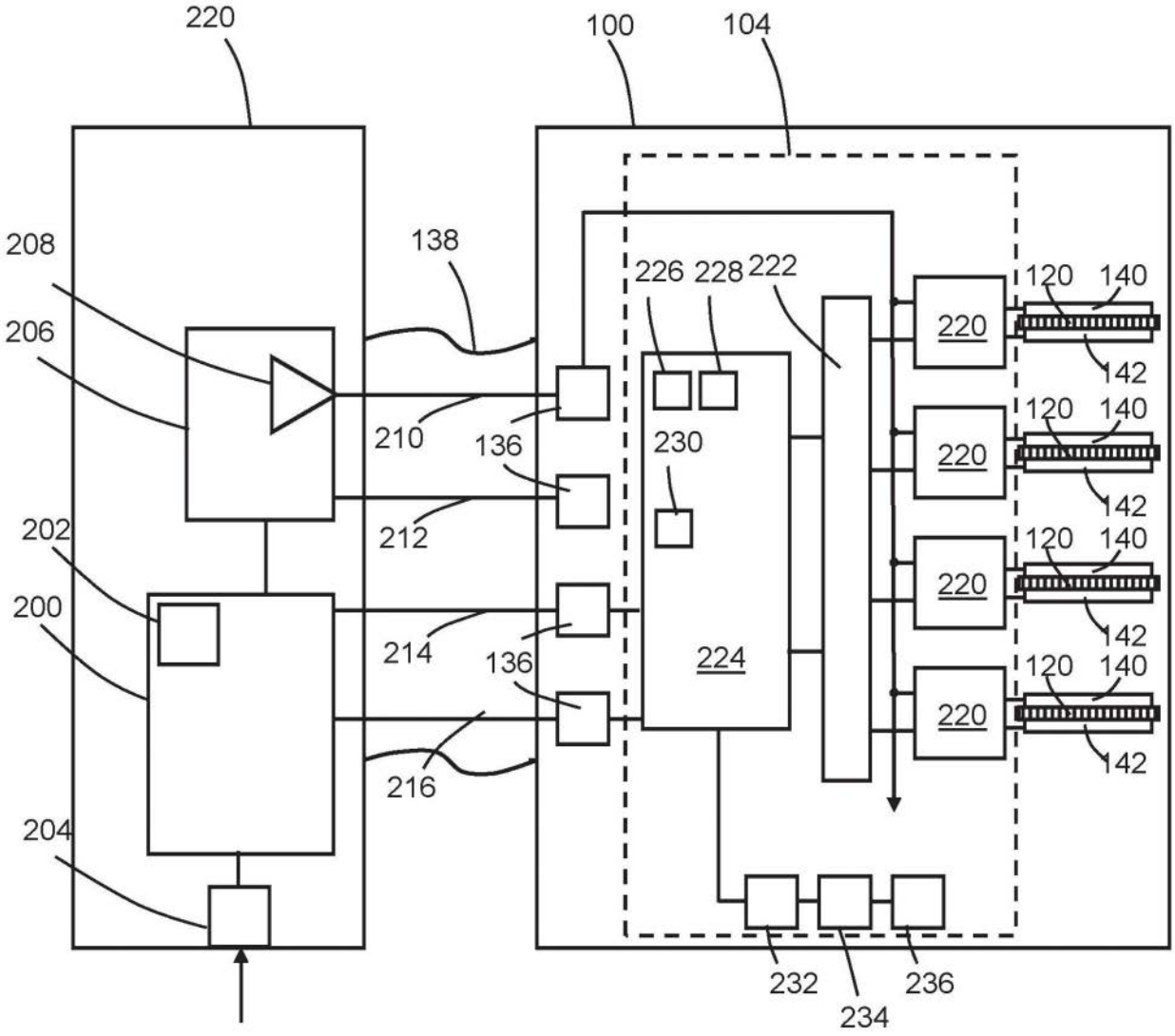
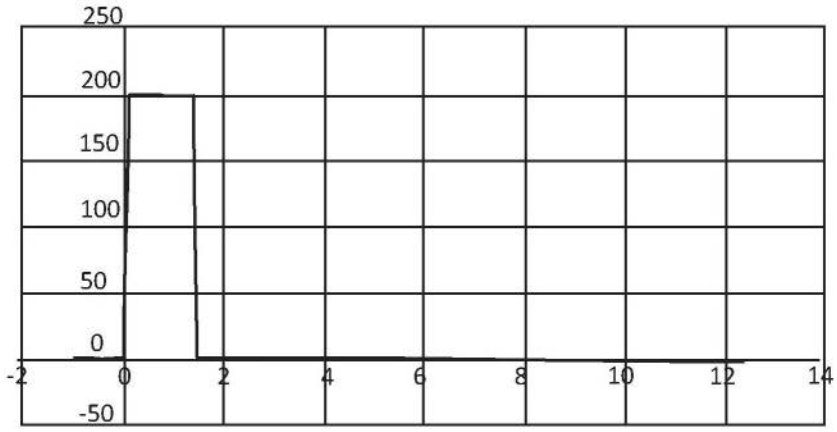
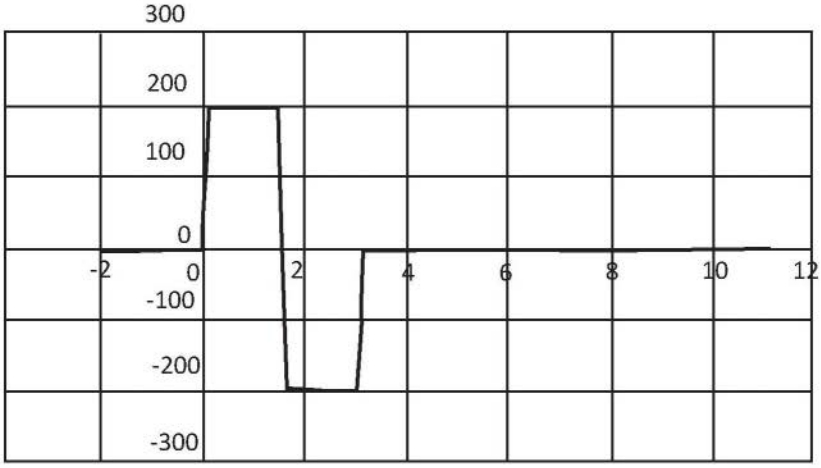

220
100
104
208
206
202
200
204
138
210
136
212
214
136
216
226
228
222
230
224
220
220
220
220
120
140
142
120
140
142
120
140
142
120
140
142
232
234
236

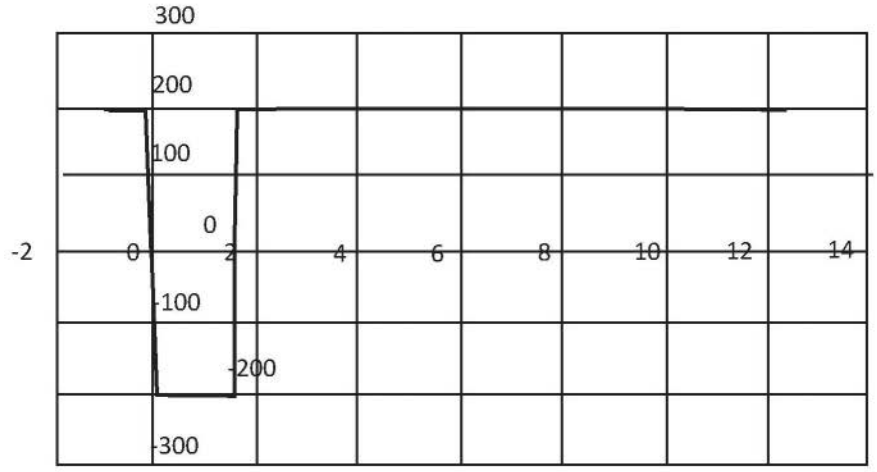
图8


250
200
150
100
50
0
-50
-2
0
2
4
6
8
10
12
14

(a)


300
200
100
0
-100
-200
-300
-2
0
2
4
6
8
10
12

(b)


300
200
100
0
-100
-200
-300
-2
0
2
4
6
8
10
12
14

(c)

图9

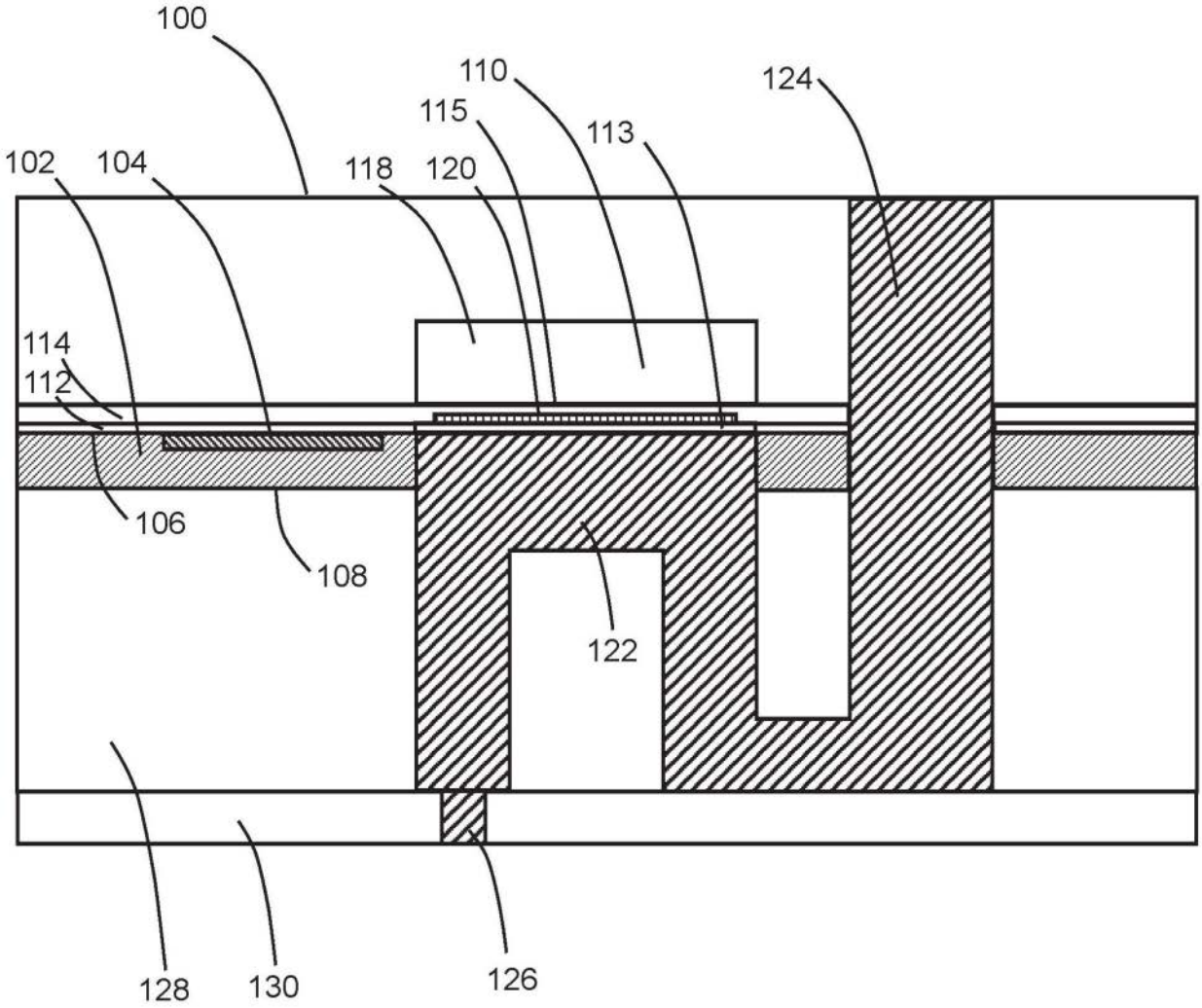

100
110
124
115
113
102
104
118
120
114
112
106
108
122
128
130
126

图10

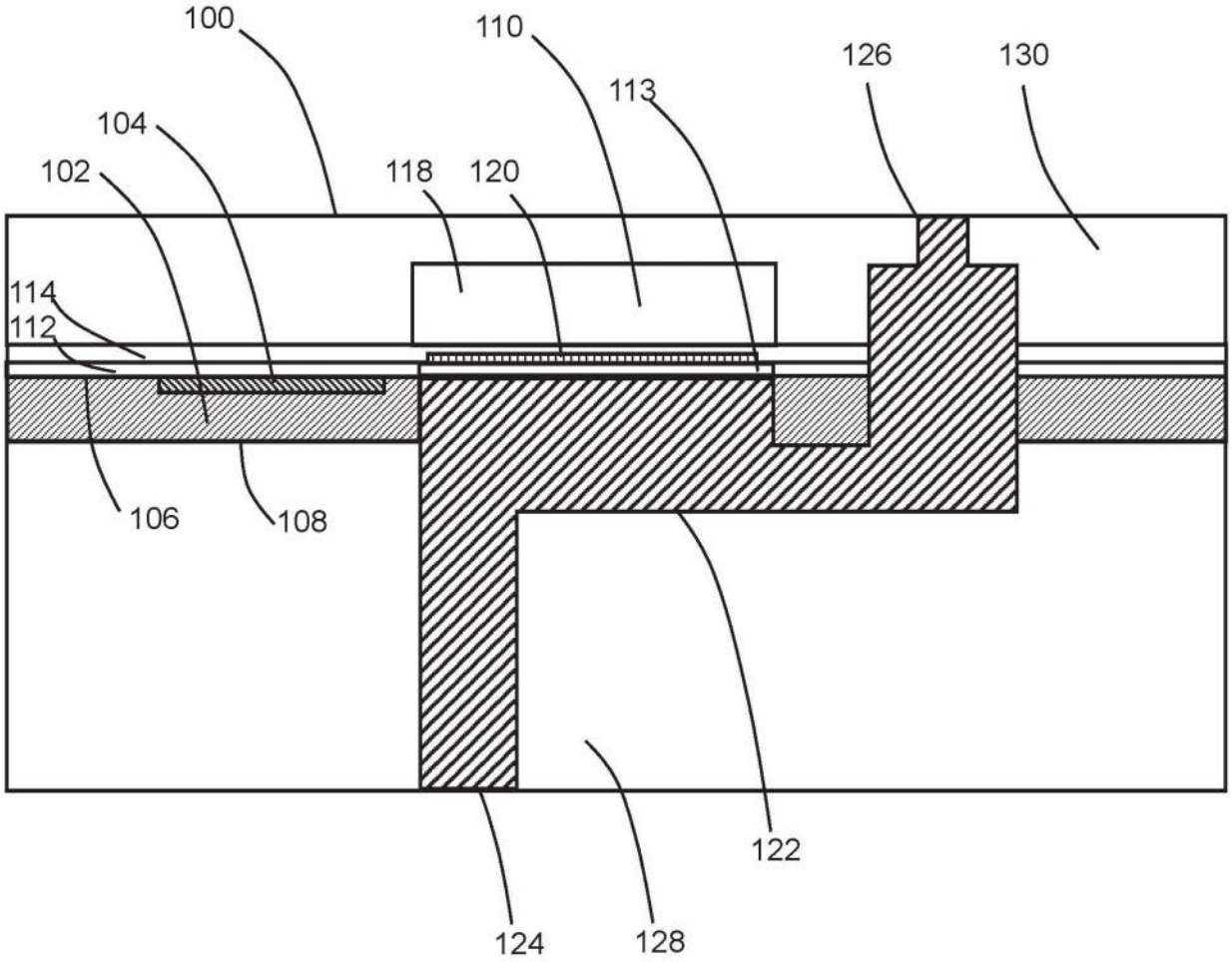


图11

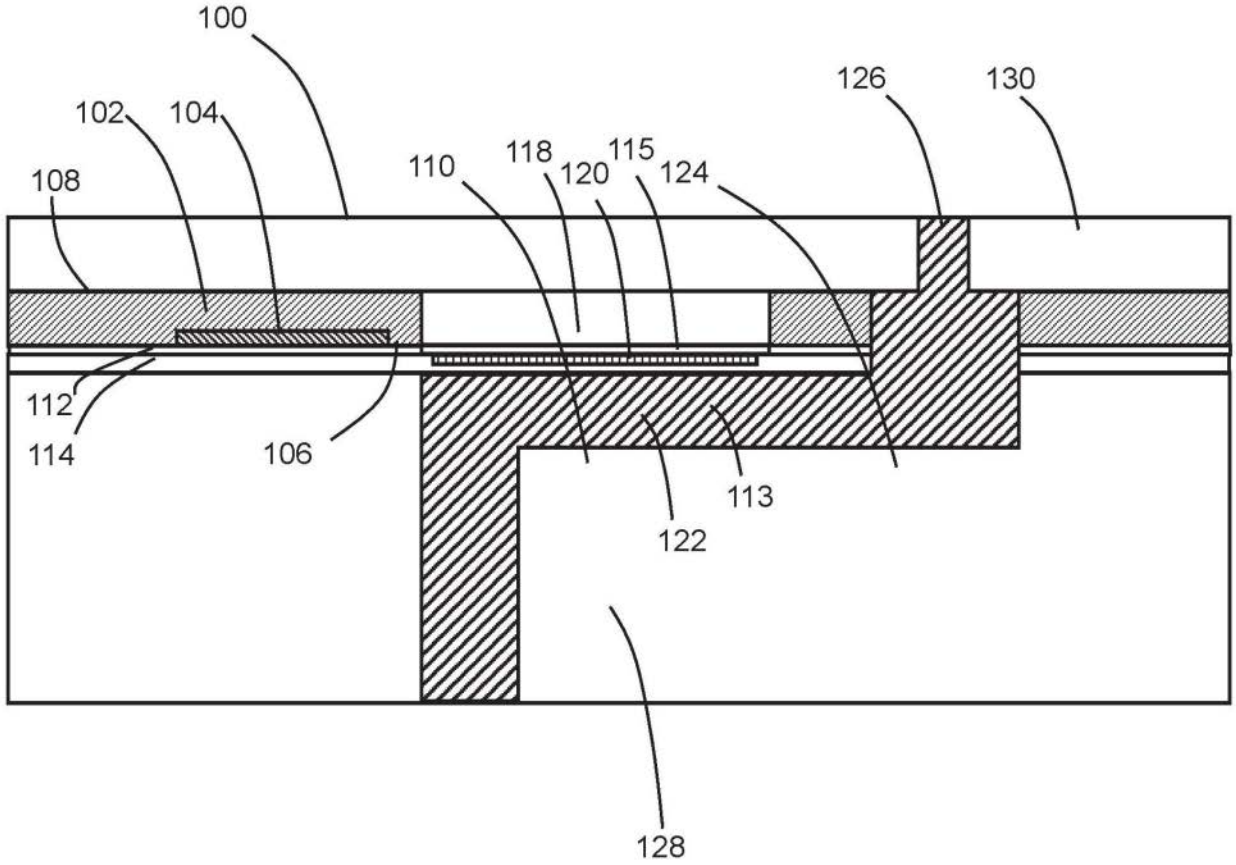

100
102
104
108
110
118
120
115
124
126
130
112
114
106
113
122
128

图12