



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02809058.6

[43] 公开日 2004年6月16日

[11] 公开号 CN 1505845A

[22] 申请日 2002.2.4 [21] 申请号 02809058.6

[30] 优先权

[32] 2001.2.28 [33] US [31] 09/796,953

[86] 国际申请 PCT/US2002/003370 2002.2.4

[87] 国际公布 WO2002/071503 英 2002.9.12

[85] 进入国家阶段日期 2003.10.28

[71] 申请人 阿库森公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 J·P·穆尔三世

W·B·沃尔特斯 S·艾特尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

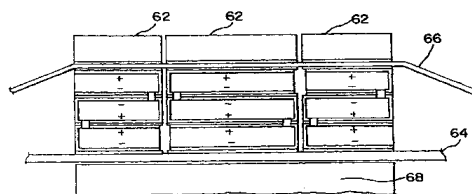
代理人 肖春京

权利要求书2页 说明书19页 附图12页

[54] 发明名称 采用多层元件的换能器阵列及其制造方法

[57] 摘要

本发明提供了用于换能器阵列的多层元件。每个元件包括两层或多层换能器材料(46)。各个元件包括一个或多个：(1)多层多维阵列，其中所述多层是聚合粘接的，而且是通过微粒接触电连接的，(2)元件的多层阵列，其中空气或气体将至少两个元件分开，(3)偶数层，其中每一层是通过微粒接触电连接的，(4)多层，其中每一层包含换能器材料和结构大体相同的电极，(5)在各层上的电绝缘电极(44)，它们是在各层(22)接合在一起之后通过截断或切割而形成的。



1. 一种改进的多维换能器阵列，包括至少一个元件，所述元件包括：
至少两层换能器材料；
5 在至少两层的第一层上的第一电极；
在至少两层的第二层上的第二电极；
所述层是聚合接合的，其中第一和第二电极之间的电接触是微粒接触。
2. 如权利要求1所述的换能器，其中换能器材料包括压电材料。
- 10 3. 如权利要求1所述的换能器，其中微粒接触是通过聚合接合来维持的。
4. 如权利要求1所述的换能器，其中至少两个沿高度方向隔开的元件是由空气分开的。
5. 如权利要求1所述的换能器，其中所述至少两层包括在长度方向等厚度的至少两层。
- 15 6. 如权利要求1所述的换能器包括一个1.5维的阵列。
7. 如权利要求1所述的换能器，其中沿着元件长度方向的厚度是变化的。
8. 如权利要求1所述的换能器，其中所述至少两层包括奇数个层。
- 20 9. 如权利要求1所述的换能器，包括一个部分加工的换能器，其中至少两个沿高度方向隔开的元件是通过部分贯穿切割分开的，且由换能器材料的一个未经切割的桥部彼此相互固定的。
10. 如权利要求1所述的换能器，其中所述至少两层包括三层，每一层包含正电极和负电极，顶层和底层的正电极和负电极与中间层的正电极和负电极在电气上相接触。
- 25 11. 如权利要求1所述的换能器，其中所述至少两层包括偶数个层。
12. 如权利要求1所述的换能器，其中来自超声系统的第一电导线靠近所述至少两层的顶层，来自超声系统的第二电导线靠近所述至少
30 两层的底层。
13. 如权利要求1所述的换能器，其中所述至少两层中的每一层包括由两个断口分开的至少两个电极，所述至少两个电极和两个断口的

结构对每一层来说是基本相同的。

14. 如权利要求 1 所述的换能器, 所述至少两层中的每一层在顶面和底面两个表面上都至少包括一个多数电极和一个少数电极。

15. 一种制造多维换能器阵列的方法, 所述方法包括以下步骤:

5 (a) 将换能器材料的至少第一和第二层叠置起来;

(b) 利用微粒接触将第一和第二层电连接, 微粒接触对应于多维换能器阵列的绝缘的元件。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 还包括:

(c) 组装具有叠置层的换能器;

10 (d) 利用空气将组装好的叠置换能器的第一和第二在高度方向相邻的元件分开。

17. 如权利要求 15 所述的方法, 还包括:

(e) 仅沿着第一层的水平宽度的一部分切穿第一层换能器材料。

18. 如权利要求 15 所述的方法, 其中 (a) 包括叠置奇数个层。

15 19. 如权利要求 15 所述的方法, 其中 (a) 包括叠置偶数个层。

20. 如权利要求 15 所述的方法, 还包括:

(d) 连接来自邻近第一层的超声系统的第一电导线, 以及

(e) 连接来自邻近第二层的超声系统的第二电导线。

21. 如权利要求 15 所述的方法, 还包括:

20 (d) 设置第一和第二层, 其中对于每一层来说至少两个电极和两个断口是基本相同的。

22. 如权利要求 15 所述的方法, 还包括:

(d) 在所述第一和第二层中每一层的顶面和底面上都至少提供一个多数电极和一个少数电极。

25 23. 如权利要求 15 所述的方法, 还包括:

(d) 接合已叠置的各层;

(e) 在步骤 (d) 之后切穿已叠置的各层中的两层;

其中步骤 (e) 将与所述两层中每一层相关的两个电极电绝缘。

采用多层元件的换能器阵列及其制造方法

背景

5 本发明与多层换能器及其制造方法有关。例如，所用的是一种多层，多维换能器。多维换能器阵列包括 1.5 维 (1.5D) 和 2 维阵列。例如，用于以超声扫描病人时提供一 $N \times M$ (N 和 M 部 ≥ 2) 个元件的阵列。1.5D 的阵列通常由在 3, 5 或更多在高度方向分隔行中每一行内的 64 或 128 个水平方向分隔的元件的阵列组成。

10 多维换能器阵列通常具有较小的板面积即从水平与高度平面传递声能的面积。多层是造成小的板面积的原因。有许多层沿着长度方向叠置起来。与仅有一层的等效元件相比，每个多层的元件电抗降低了。换能器元件的电容随形成换能器元件的层数的平方增加。换能器元件的电容增加造成换能器元件的电抗减小。

15 在一种多层换能器组件的制造方法中，采用带铸法从原材料形成一些压电陶瓷片。通过网版印刷将一个内电极印在一片压电陶瓷片上，然后将另一片陶瓷叠在第一片的内电极面上。外电极被印刷并熔烧在第一和第二片的外面。例如，Saithoh, S. 等人发表在 Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 31, suppl. 31-1, PP. 172-74 (1992) 上的文章
20 “A Dual Frequency Ultrasonic Probe (双频超声探测器)” 描述了这种方法。信号电极采用柔性电路、片形跨接器或导线焊接连接到引线。接地电极用导电环氧树脂连接，它使接地电极与一个辅助连接器 (如柔性电路或金属箔) 相接触。

多层换能器也可以采用一些通路将类似取向的各层连接而制成。
25 采用机械方式或激光在压电陶瓷带上钻出或蚀刻出很多孔，以在每层压电陶瓷上形成通路。通路孔中注入金属胶，并用网版印刷法在每一层淀积上表面电极。然后加上多层生胚片 (green tape) 让通路对齐以形成一个多层夹层。将该多层夹层进行层压和烧结以形成一个单一结构。通过在输入垫上电镀或真空淀积而使电极金属化。这个工艺的一个例子可参看美国专利 5,548,564, 我们把它引用到这里作为参考。
30

概要

本发明由后面的权利要求书界定，本节所述的一切都不应该被看成是对那些权利要求的限制。通过介绍，下面描述的优选实施例包括一种多层换能器及制造这种换能器的方法。以下将对多层换能器元件的各个方面进行讨论，并叙述一个或数个发明。

- 5 下面要讨论的各种实施例包括一个或数个：（1）多层多维阵列，其中各层是聚合接合的而且是通过微粒接触从电气上相连的，（2）元件的多层阵列，其中空气或气体将至少两个元件分开，（3）偶数层，其中每一层是通过微粒接触电气相连的，（4）多层，其中每一层包含换能器材料和结构大体相同的电极，（5）在各层上的电绝缘电极，它们是在各层接合在一起后通过截断或切割而形成的。

10 在第一方面中，制成多层多维换能器，以使与每层相关的电极通过微粒接触与其它层的电极电气相连。通过采用特殊的对每层各片的切割和金属化顺序，可通过微粒接触提供各电极的良好连接。只沿着片的水平宽度的一部分而不是其全部进行局部切割。进行局部切割和金属化的次序随着层的不同而改变。然后将各层叠置并接合起来。由于各层是接合的，不需要用填充材料，故在高度方向分隔的各元件之间

15 有空气存在。空气能隔声。

在第二方面中，偶数层通过微粒接触电气相连。可以采用各种制造工艺，包括用切割和金属化形成断裂。

- 20 在第三方面中，各种多层实施例的任何一种包含带断裂的层和同样规格的换能器材料。通过将一层或几层相对于另一层翻转并将各层叠置起来，可以在每一层的两个或多个电极间造成连续的电接触。

在第四方面中，各种多层实施例中任何一个是在使某些电极电绝缘之前将各层接合在一起而制成的。在已接合好的叠层中做出一个切口。此切口贯穿一层并延伸到另一层中。这个切口在一层或两层上隔离出（即形成）多数和少数电极。

25

本发明的其它方面和优点将在下面结合一些优选实施例来讨论。

附图的几个视图的简介

- 30 各图中的元件不一定按比例，重点放在对发明原理的说明。此外，在各图中，相似的标号在不同的视图中代表相应的零件。

图 1 是按本发明的一个实施例的多维换能器阵列中，由水平和高

度方向界定的一个平面的俯视图。

图 2 是按本发明一个实施例的多层换能器元件中，沿图 1 的水平和长度方向的剖视图。

图 3A-3F, 4A-4D 和 5A-5F 是在各个加工阶段中，示于图 2 的换能器元件的第一、第二、三层的透视图和剖视图。

图 6 是在一个实施例中，用于已装配好的换能器的图 2 所示多层换能器元件的剖视图。

图 7 是在另一个实施例中，用于已装配好的换能器的图 2 所示多层换能器元件的剖视图。

图 8 是一个多层换能器元件的实施例中沿高度和长度方向的剖视图。

图 9 是另一个多层换能器元件的实施例中沿高度和长度方向的剖视图。

图 10A-D 是图 8 中两层中的一层或图 9 中几对层 22 中的一对，从顶面和底面方向看的透视图。

图 11 是按一种实施例的柔性电路俯视图。

图 12a 是一层换能器元件的一个实施例的透视图和剖视图。

图 12b-d 是一个换能器元件叠置层的各种实施例的剖视图。

图 12e 是按照一个实施例的多层换能器元件的剖视图。

图 13 是一个多层多维换能器阵列的实施例的剖视图。

图 14a 和 b 是一个元件中一层的一种实施例的透视图和剖视图。

图 14c-e 是一个换能器元件的一个实施例的叠置层的剖视图。

图 15 是具有异极性相反表面连接的多层多维换能器阵列的一个实施例的剖视图。

图 16a 和 b 是图 15 的换能器阵列中顶层的一种实施例的透视图和剖视图。

图 17 是具有异极性相反表面连接的多层换能器阵列的一个实施例的剖视图。

图 18a 和 b 是在接合后形成断口的三层元件的一个实施例的透视图和剖面图。

图 19a-e 是在接合后形成断口的多层换能器元件的另一个实施例的透视图和剖面图。

图 20 是在接合后形成断口的多层多维换能器阵列的一种实施例的剖视图。

图 21a-d 是为减少高度上的侧瓣而设计的多层元件不同实施例的剖视图。

5

优选实施例的详细描述

下面讨论的实施例包含一个换能器阵列的多层元件。每个元件包含两层或多层换能器材料。下面要讨论的各种实施例包括一个或数个：(1) 多层多维阵列，其中各层是聚合接合的而且是通过微粒接触从电气上相连的，(2) 元件的多层阵列，其中空气或气体将至少两个元件分开，(3) 偶数层，其中每一层是通过微粒接触电气相连的，(4) 多层，其中每一层包含换能器材料和结构大体相同的电极，(5) 在各层上的电绝缘电极，它们是在各层接合在一起后通过截断或切割而形成的。这些实施例的每一个将在下面的不同段单独地或与其它实施例结合起来讨论。可以提供其它的组合和单独的实施例。

15

I. 具有微粒接触和空气或气体分隔的多维阵列

在一个实施例中，提供了多层元件的多维阵列。多层换能器材料是通过微粒接触电气相连的。在至少一个方向上（如高度方向），各个元件是被空气分隔的，以将各元件从声学上和机械上隔离。通过相继对每一层进行局部切割、切开以及金属化提供微粒接触和空气隔离。

20

图 1 示出一个 1.5D 元件的换能器阵列。提供三个高度方向分开的元件行。提供 64 式 128 个水平方向分开的元件。在另一些实施例中，可以采用或多或少的高度方向或水平方向分开的元件。如图所示，两个靠外的元件行 12 和 14 在水平高度平面内的元件比中间的元件行 16 要小（即子元件）。在另一些实施例中，每个元件的面积可以相同，或者是作为水平，高或长度方向的函数而变化。还有一些可选的实施例中，可提供二维换能器阵列（如 64×64 个元件的阵列），或 1.75D 的阵列。对于多维阵列，可提供一个 $N \times M$ ($N, M > 2$) 元件的阵列。此阵列可包含任意数量的换能器元件 18。

25

30

图 2 如图 1 的换能器阵列的剖视图。具体地说，示出了三个高度

方向分开的换能器元件 20。每个元件 20 包含三层 22 的换能器材料。可提供较多或较少的层数。

5 换能器材料包括压电陶瓷，如单晶压电体，拼合（复合）或其它的压电材料。在一个实施例中，压电陶瓷包括一些现成的元件，如可从新墨西哥州 Albuquerque 的 CTS 公司买到的那些元件（如 H 阵列 3203）。在另一些实施例中，采用由带铸法或其它工艺形成的陶瓷层。利用商用压电体对成本有利。还有另外一些实施例不采用压电体换能器材料，而采用电容性微机电超声器件等。对于换能器材料的不同层可采用不同的或相同的材料。

10 换能器材料层包括底层 24、中间层 26、和顶层 28。每一层 22 包含一片换能器材料。每一片的厚度是换能器元件总厚度的函数。当每层的厚度相同时，即为换能器元件的总厚度除以层数。在另一些实施例中，不同层可能具有不同的厚度。厚度可以作为阵列内元件所处高度或水平位置的函数而变化，以及/或者作为在所各层 22 或某一个子集的一元件以内所处水平和/或高度位置的函数而变化。

15 各层 22 和元件 20 的尺寸是换能器设计的函数，如所希望的工作频率，带宽，聚焦分辨率，或其它与换能器应用有关的特性。可以采用本领域现有的普通设备和技术（如精研，研磨，切块和粘接等）来形成不同厚度和/或形状的各层，以降低成本，增加适应性，减少投放市场的時間。在另外一些实施例中，一层或多层 22 的厚度是不均匀的，如美国专利 5,438,998 和 5,415,175 所述，这两个专利都被引用到这里作为参考。例如，当阵列或各单个元件具有凹面或凸面形状时，将采用平-凹形换能器或频率有关的聚焦的换能器。

20 每个元件 20 的每一层 22 包含形成在该层上的一个正电极 30 和一个负电极 32。所谓正负电极是指换能器阵列与超声系统的连接方式，其中正电极与信号端相连，负电极与地端相连，或者反过来。通常设计是让正负极反射相反的极性到层上。正负电极的方向可以反过来。顶层 28 的负电极盖住一个底面，最好是顶层 28 底面的大部分。正电极 30 盖住一个顶面，且最好是顶层 28 的整个顶面，一个侧面和底面的一部分。如图所示，这里所谓的顶和底是指该层在长度方向的方位。中层 26 的负电极 32 盖住层 26 盖住层 26 的顶面，最好是盖住层 26 的大部分顶面 26，一个侧面，和一部分底面。中层 26 的正电极 30 盖住

中层 26 的底面，且最好是中层 26 的大部分底面，一个侧面，和顶面的一部分。底层 24 的正电极 32 盖住层的顶面，且最好是层 24 的顶面的大部分。底层 24 的负电极盖住层 24 的底面，且最好是底层 24 的整个底面，一个侧面，和顶面的一部分。在另一些实施例中，在顶层和
5 底层 28 和 24 之一或两者的两个侧面都有电极材料。也可以采用其它的电极安排和连接方式，如导线连接，柔性电路连接，或通路连接等。

连续的正负电极 30 和 32 是用溅射淀积的而且包含金。也可以采用其它的金属（如镍和银），及其它的表面技术。在一种实施例中，电极厚度约为 1,500-3,000 埃，但也可以使用小些或大些的厚度。

10 在每一层 22 上正电极 30 通过一个断口 34 与负电极 32 分开。在顶层 28，断口 34 处于底面和侧面上。对于中层 26，断口 34 处于顶面和底面上。对于底层 24，断口 34 处于顶面和侧面上。断口 34 把正电极和负电极 30 和 32 分开，并使它们电绝缘。各层 22 叠置在一起使得
15 在各层 22 的顶面和底面上的断口对齐。每个元件的各正电极 30 和各负电极 32 分别电耦合在一起。每个元件 20 的每一层 22 基本上在一面有一个正电极 30，在相对的面有一个负电极 32。在另一些实施例中，可将断口 34 设置在不同的位置，例如可将断口设在顶面或底面上而不是在一个侧面处或一个角落上。

每一层 22 的电极 30，32 通过微粒接触与另一些层 22 的电极 30，
20 32 相接触。并不需要有额外的焊接，线条或通路连接，但也可以用。对换能器材料采用研磨，抛光，或其它工艺可获得精细粗糙度的表面。这种表面粗糙度可以让各电极 30，32 之间具有均匀分布的物理和电气接触。

各层 22 是通过聚合接合而连在一起的。在每一层 22 之间加以聚
25 合接合化合物。当各层 22 压在一起时，粘稠的接合化合物将间隙填充并造成各电极间的微粒接触。在另一些实施例中，可以采用其它的接合剂，如相关的阳极接合，焊接或熔接有关的试剂。

按高度方向分开的各元件 20 被空气隙 36 隔开。通过将每个元件
30 20 的各层 22 接合起来，就不需要在各元件 20 之间加入复合填料。在装配后可以用另外的气体将各元件 20 分开。也可以采用气体或空气将各元件在水平方向分开。在另一些实施例中，将液态、等离子态或固态填充材料淀积在各间隙 36 内。如下面将会讲到的，一个实施例的制

造方法给各元件 20 提供间隔, 以便利用空气或其它气体从声学上和机械上将各元件 20 隔开。

可以采用各种方法来制造多维多层换能器阵列。图 3-5 代表一个制造具有奇数层数的多层换能器的实施例。在图 3-5 的例子中, 采用了三层 22, 但任何奇数层都可以。另外如图 3-5 所示, 采用了三个高度方向分开的元件, 但利用下面讨论的方法可以提供任意数的元件。在此例中, 高度方向分开的各元件产生一个水平方向分开的行。在另一些可叠实施例中, 可从相同或不同的压电体或换能器材料片产生两个或更多的水平方向分开的行。

图 3A 表示顶层 28。该顶层 28 被切入式磨削形成开口 40。为形成开口 40 可采用切块锯、蚀刻、激光切割、丝锯或其它的切割方法。开口 40 沿着水平方向伸展, 但不是跨过整个顶层 28 的宽度伸展。在一种实施例中, 开口 40 沿着水平宽度方向居中。在另一些实施例中, 开口 40 是偏心的或伸向一个边缘。开口 40 沿着高度方向的轴线定位, 故元件 20 中的一个是由开口 40 和顶层 28 的一个边缘界定的。由一个或数个桥部 42 将元件 20 与顶层 28 的其余部分相连接。如在此例中所示, 两个桥部 42 是在开口形成之后将元件 20 和顶层 28 的其余部分相连接的。建议沿着顶层 28 长度方向通过整个厚度进行切入式磨削。

形成开口 40 之后, 对顶层 28 进行金属化。采用溅射淀积, 湿法化学电镀, 汽相淀积或其它任何方法来适当控制附着力和厚度, 使电极 44 (如图 3B 所示) 围绕顶层 28 的换能器材料 46 的全部或大部分表面而形成。在一种实施例中, 是把钛晶粒淀积在换能器材料 46 上。接着溅射淀积一较厚的金属, 然后进行电镀加上额外的金。如图 3A 的剖面图 3B 所示, 电极 44 将开口 40 的各个边缘盖住。

参看图 3C, 经第二次切入式磨削形成一个开口 48。该开口 48 与开口 40 平行, 且如上所述, 只延伸到顶层 28 整个水平宽度的一部分。在另一些可选实施例中, 开口 40 和 48 不相平行。在图 3C 的横剖面图 3D 中也显示了开口 48。切入式磨削使得开口 48 中的换能器材料 46 存在裸露的边缘 (即没有电极 44 复盖的边缘)。如图 3C 和 D 所示, 开口 48 界定两个另外的元件 20, 即中间的元件和最右边的元件。

图 3D 还示出从顶层 28 的左边缘 50 将电极材料去掉的情形。通过砂磨, 切块, 切割, 激光切割, 线锯切割或蚀刻等将 KR 材料去掉以露

出边缘 50。

图 3E 表示在电极 44 上形成断口 52 的情形。形成断口 52 可采用切块锯，在电极淀积时图形化出断口，在金属化溅射淀积中采用掩模，采用光刻或其它任何适合除掉几段电极的方法，或有选择性地防止电极的形成。断口 52 将电极 44 的各段电绝级。在一种实施例中，断口 52 是与开口 40 和 48 平行的，但也可以相对一个或两个开口 40，48 成一个角度，可以弯曲，或具有不同的形状使各电极隔离。

图 3F 表示带断口 52 的顶层 28。每个元件 20 具有两个电极 44，它们由换能器材料 46 上的外露表面界定。例如，每个元件 20 包含一个正电极 30 和一个负电极 32。这些电极被断口 52，外露边缘 50，和/或开口 48 隔开。断口 52 区域最好足够宽，以使正电极 30 和负电极 32 电绝缘。对于这个顶层 28，电极 44 应该这样形成，使得至少一部分正电极和负电极处在底面上。断口 52 偏离一个边缘一定的距离，所述距离足以留下适当的少数电极配合表面，以便与相邻层上的一个少数电极造成电接触。然后将各层 22 安置成使得各接触电极形成一个具有交替极性（作为长度尺寸的函数）的组合电极。

顶层 28 是经过极化的。将一个电场（如直流电场）加到电极 44 上使换能器材料的结晶对齐。在另一些可选实施例中，极化是在晚些时候进行，或者不进行极化。

图 4A 表示中层 26。两次切入式磨削形成开口 54。开口 54 沿着水平宽度方向但不是中层 26 的整个水平宽度延伸。由开口 54 界定沿高度方向分开的元件 20。如图 4B 所示，中层 26 被金属化以形成电极 44。电极 44 是在开口 54 之后形成的。电极 44 淀积在换能器材料 46 的全部或大部分表面上（包括开口 54 内）。

图 4C 和 4D 表示断口 52 在中层 26 的顶面和底面上形成的情形。图 4D 是图 4C 的剖面图。断口 52 将正电极 32 与负电极 30 电绝缘。每个负或正电极 30 或 32 分别盖住元件 20 上或下表面的大部分。每个表面的其余部分包括与不同极性相关的电极 44。形成断口 52 时应使中层 26 的正和负电极 30 的 32 接触顶层 28 和底层 24 的电极 44。

在形成正负电极 30 和 32 后，使中层 26 极化。也可以选择使中层 26 极化。

图 5A 表示形成底层 24 的第一个步骤。切入式磨削形成开口 40。

开口 40 产生高度方向分开的元件 20 中的一个。对本例的 1.5 维换能器阵列，元件 20 是处在与顶层 28 的开口 40 确定的元件 20 不同高度的面上（即顶层 28 的切入式磨削形成左边的元件 20，而底层 24 的切入式磨削形成最右边的元件 20）。

5 图 5B 是在底层 24 被金属化后图 5A 的剖视图。电极 40 形成在换能器材料 46 的每个外露边缘上（包括开口 40 内）。图 5C 表示另一个开口 48 的形成，由它确定两个额外的高度方向分开的元件 20。用于形成开口 48 的切入式磨削使得开口 48 内的换能器材料表面外露，如图 5D 所示。电极材料 44 未将开口 48 内的外露表面盖住。图 5D 还画出了
10 电极材料从底层 24 最右边缘 60 被去掉的情形。

图 5E 表示断口 52 形成于底层 24 的一个顶面上。如图 5F 所示，断口 52、开口 50 和边缘 60 内的外露表面共同界定每个元件上的正负电极 30, 32。正负电极是电绝缘的。然后使每个元件 20 的换能器材料极化。也可选择，不进行极化，或者在不同的时间极化。

15 顶、中、底层 28, 26, 24 按图 2 所示叠置起来并对齐。断口 34, 52 相互对齐以形成电路上并联的多层压电元件 20。如图所示，叠置起来的组件从元件 20 底部的负电极 32 开始，以元件 20 顶部的正电极 30 结束。在另一些可叠实施例中，可以采用正的或负的任意一个初始电极取向。建议这样来安置电极 44，使得电极的极性作为元件 20 内层
20 22 的函数而交替变化。

一旦叠置起来后，电极 44 通过微粒接触彼此接触。微粒接触为每层 22 的每个正电极 30 提供与其它层 22 的其它正电极的电连接。微粒接触也为负电极 32 提供电连接。

25 开口 36 用来使各层 22 对齐。将一根棒、杆或其它元件插入一个或几个开口 36 中使各层 22 对齐。在另一些可选实施例中，可采用其它的对准方法，例如叠置在一个模板内、外部机械对准，或下面将讨论到的更多的制造方法。

在对准后，通过聚合接合维持微粒接触可采用能提供具有足够粘度和适当的连结强度的环氧树脂接合或其它接合剂，使相邻电极 44 产生点对点或微粒接触。例如，可采用 EPO-TEC301 等环氧树脂接合剂。
30

换能器是由多层换能器材料组装而成。如图 6 和 7 所示，匹配层 62 被沿着水平宽度方向（或者是整个宽度或宽度的一部分）切块，并

置于叠层 22 的顶上。匹配层 62 可以是任何能使换能器材料 46 声学上与本体或凝胶匹配的材料。匹配层 62 的形状应使每个元件 20 具有类似的水平和高度尺寸。匹配层 62 的厚度、直径或声学特性可以变化，而且/或者由一层或几层组成。匹配层 62 是被接合到换能器材料的叠置层上。

叠层 22 的底部与信号和接地柔性电路 64 相连接。在一个实施例中，柔性电路有一个中心垫区，它由淀积在聚酰胺薄膜（如 KAPTON™，可以 E. I. DuPont 公司买到）上的薄层铜形成。有一些单独的引线从中心垫区的每侧伸出。用环氧树脂接合剂或其它的接合剂把柔性电路接合到换能器材料各叠层上。柔性电路通过微粒接触提供与叠置换能器材料的电极 44 的电接触。由聚合接合保持柔性电路 64 和电极 44 的接触。柔性电路 64 被配置成使单独的信号线与中间和外面的元件 20 相连分离的信号线。在另一些实施例中，各元件 20 被短接在一起。还有一些实施例中柔性电路 64 是与叠层 22 的顶面相连。

可以采用不同的方法将换能器材料叠层的正电极 30 与超声系统相连。在图 6 所示的实施例中，是将箔 66 或其它导电物质铺在顶层 28 上与正电极 30 接触。箔 66 采用聚合接合等接合方法粘到匹配层 62 和顶层 28 上。微粒接触提供箔 66 和每个元件 20 的正电极 32 间的电接触。箔 66 与电气地线相连。

在图 7 所示的另一个实施例中，匹配层 62 被金属化（如采用溅射淀积等方法），以在匹配层 62 的至少是下表面形成一个电极 63。接地总线（如金属化的聚酯薄膜或别的导电物质）与形成在匹配层 62 上的各电极相连。匹配层 62 可由导电材料制成。

柔性电路 64 和叠层 22 又被接合到一种声学支撑材料 68 上。此声学支撑材料 68 包括对阵列的机械支撑，而且具有所需性能的声学特性。

在组装过程中，桥部 42 与开口 36 一起将每一层 22 和相关的元件 20 保持到适当位置。然后将桥部 42 移去使各元件 20 彼此间从机械上和声学上隔离。沿着高度方向对桥部切块以把元件 20 分开。例如，可沿一条垂直于最长的开口 36，40，54，48 方向的线对层 22 切块。切口与开口 40，48，54 的边缘相交，从声学上使各元件隔离。切割通过所有各层 22 进行。

声学上被隔离的元件 20 由空气或气体分开。在另一些可叠实施例中，将一种聚合物或环氧树脂填料插在高度和水平方向分开的各元件 20 之间。在从声学上隔离每个元件 20 之后，将一些高度方向分开的元件 20 沿着水平方向对齐以确定所述阵列。

- 5 上述各实施例可采用如美国专利 6,121,718 中所述的各种工艺、结构和材料，此专利被引用于此作参考。该专利中的单维换能器阵列与多维阵列一样地制造。

II. 具有微粒接触的偶数层的阵列

- 10 在一种实施例中，提供具有偶数层的元件阵列。换能器材料的各层是聚合接合的并通过微粒接触电连接。两层元件可用于低、中超声频率（如 5MHz）声学传输。对于两层的例子，可以采用比工作在相同频率的三层元件更厚的压电层。也可以提供四层或更多层。微粒接触在换能器材料各层之间提供一种最小接合线的薄层，从而使性能改善
15 且使工作频率扩展。

- 在一种实施例中，阵列包括沿水平方向在一个单行内的元件的一维阵列。例如，美国专利 6,121,718 中公布的具有奇数层的多层换能器是以偶数层提供的。也可以选择提供具有偶数层的元件的多维阵列。例如，上面讨论过的对多维多层阵列的制造工艺可用于偶数层的
20 场合。正负电极用微粒接触连接并由断口分开。对任何尺寸的阵列，上面讨论过的各种工艺、材料和结构（包括替换方案）可以用于下面将要谈到的具有偶数层的情况。

- 图 8 和 9 分别为包含两和四层 22 换能器材料的换能器元件 20 的剖面图。或者可以提供六层或更多层。元件 20 也包括正负电极 30 和
25 32、匹配层 62，声学支撑材料 68 和柔性电路 64。此外，可使用较少的或不同的元件。

- 正负电极 30, 32 由断口 34 分开。如图所示，断口 34 是处于相对于声音传播方向的顶面和底面（即沿长度轴线的顶部和底部）。在另一些实施例中，有一个或几个断口 34 处于一个角落处或者沿着一个边
30 缘（即侧）表面。

相邻层 22 的相邻表面的断口是对齐的。每层的正电极 30 和负电极 32 与相邻层的相关正电极和负电极 30, 32 相接触。接触包括微粒

接触,但也可由其它电连接方式提供。

图 10A-D 为图 8 两层中每一层或图 9 的每个层对 22 的顶面和底面透视图。图 10A 和 10C 表示第一层即顶层 22 的俯视和仰视图。图 10B 和 10D 表示第二层即底层 22 的俯视和仰视图。顶层 22 的底面和底层 22 的顶面的断口在将各层叠置时位置是对齐的。当各层叠置时顶层 22 的负电极 32 与底层 22 的负电极 32 接触,顶层和底层 22 的正电极 30 接触。每一层包含两个断口 34。在一种实施例中,为了充分进行制造,两层 22 的电极 30, 32 和断口 34 基本上是一样的,如互为镜象。在另一些实施例中,各层 22 是不对称的。

各层 22 如上面讨论的那样接合或连接在一起(见图 8 和 9)。换能器材料的各层 22 也与柔性电路 64 接合或相连。薄的柔性印刷柔性电路 64 将一个元件 20 阵列的每个元件的正负电极 30, 32 与具有微粒接触的超声系统相互连接起来。图 11 为用于一维元件阵列的一种柔性电路 64 的实施例的俯视图。柔性电路 64 包括将负电极与地或超声系统电气相连的第一组信号线 102, 以及将正电极与超声系统电气相连的第二组信号线 104。隔离段 106 是为与底层 22 底面上的断口 34 对齐而设置的。当各元件沿水平方向切块时,元件 20 之间就形成电绝缘。或者,柔性电路 64 包含一些额外的隔离段,它们使每个元件 20 的信号线 102, 104 分开。下面将讨论的另一种方案中,负信号线 102 与顶层 22 的一个顶面相连,以获得较大的接触面积。

III. 基本相似的各层结构

在一种一维或多维元件阵列的实施例中,每一层具有相同的两电极和两断口结构。每层换能器材料的顶面和底面包含一少数和一多数电极。用相同的工艺形成每一层。或者,用不同的工艺形成一层或数层。各层被叠置起来。为增加一个附加层,可加上结构基本相同的另一层。通过将一些相对于一个邻近层对称的层加以翻转,可使少数和多数电极对齐以便接合。偶数层或者数层都能提供。

图 12a 表示每一层 22 的结构。每一层按基本相同的方法单独处理。两个断口 34 使两电极 120 电绝缘。每个电极 120 处于顶,底和侧面上。设置断口 34 以在每个顶面和底面提供一个少数和多数电极。断口 34 沿着各层 22 水平方向的长度延伸。断口 34 在顶面和底面的位置

与相对的边缘隔开同样一个距离，提供对称层 22。在另一些可叠实施例中，层 22 是非对称的，比为在高度方向为非对称的。

5 两层 22 是对齐的，如图 12b 所示。将一层 22 绕着高度轴线翻转，可使两个少数和多数电极 120 及两个断口 34 对齐。少数和多数电极 120 通过微粒接触电气相连。断口 34 使各电极隔离。一经对齐，层 22 就提供两个隔离的电极 120。

图 12c 表示将一对附加的对齐层 22 叠置起来。断口 34 和电极 120 是在一对的底面和另一对的顶面对齐的。可以叠置任意数目的层 22 的对。

10 图 12d 表示将一个附加单层 22 叠置到四层 22 (两对) 上，即形成五层 22。断口 34 和电极 120 在一层 22 的底面和另一层 22 的顶面对齐。奇数层 22 相对偶数层为镜象或者是相对偶数层 22 是翻转的。在另一些可选实施例中，可提供三或七或者更多层 22。

15 图 12e 所示为具有两层 22 的一个元件 20 的剖面，不过还可以提供附加层 22。此元件 20 是处于一维换能器阵列中，但也可以用多维阵列。可以象图 12d 那样提供奇数层。图 12d 示出 5 层 22，但也可以提供 3, 7 或更多层。

20 如图 12e 所示，柔性电路 64 与电极 120 接合或电气相连接，以形成正负电极 30, 32。柔性电路 64 的一个信号线与处于一个平面上的(例如底层 22 的底面或顶层 22 的顶面)多数和少数电极 120 之一相连接。为获得较好的声学特性，柔性电路 64 包括具有小的电路外形可叠的薄多层电路。在下面要讲到的另一些可叠实施例中，可以在叠层 22 的不同或相反部分提供正和负连接。

25 在各层 22 和柔性电路 64 间的微粒接触为每一层 22 的正负电极 30, 32 提供电连接。在另一些实施例中，焊接，导电材料接合，导线接合，或类似的电连接法为电极 120 和/或柔性电路 64 之间提供电连接。

在组装之后，将叠置的层 22 切块或切割以使各水平方向隔开的元件 20 分离。这样就提供一个元件 20 的一维阵列。

30 图 13 为 1.5D 阵列结构中多维元件阵列的剖视图。可以提供不同的高度方向元件的尺寸和形状。图中所示提供了偶数层 22。在另一些可选实施例中，可以提供奇数层 22。

每一层 22 包括在长-水平面平内结构基本相同的断口 34 和正负电极 30, 32。对于每个元件 20 的每一层 22, 在顶面和底面都有少数和多数电极。一层 22 的断口 34 和相邻层 22 对齐, 就好象翻转一个对称层 22 或镜象层 22 那样。

- 5 柔性电路 64 包括一些与正负电极 30, 32 间的断口 34 有关的绝缘物。单个信号线与每个元件 20 相连接。公共或分立的负线或地线可与每个元件 20 相连接。

10 图 14a-e 表示一个多维阵列中结构基本相同的各层 22 的制造方法。每一层 22 按相似或相同的方法单独处理。上面就图 3-5 所进行的讨论提供各种替代工艺, 结构和材料, 这里不再重复。

图 14a 为一个多维阵列的一层 22 的透视和剖视图。换能器材料 140 经切入或磨削后形成两个开口 40。

15 此层 22 在顶面、两边缘 50 底面被金属化以形成电极 44。在另一些可选实施例中, 另外两边缘或所有表面也被金属化。如图 14b 的透视和剖视图所示, 断口 34 是形成在电极 44 内。与元件 20 相关的层 22 的每一段的两个断口将两个电极 44 隔离。每个元件 20 的一个断口 34 在顶面, 另一个断口 34 在底面, 使每个元件 20 的顶面和底面上都形成一个少数和多数电极。

20 图 14c 示出两个叠层 22。一层 22 的顶面和另一层 22 的底面的断口 34 是对齐的。在表面上的少数和多数电极 44 也是对齐的。电极 44 通过微粒接触电气相连, 为每个元件 20 形成两个隔离的电极 44。每个元件 20 的每一层与两个不同的电极 44 接触。

25 图 14d 表示四个叠层 22, 各层 22 具有基本相同的结构。图 14e 表示五个叠层 22。也可以提供其它的偶数或奇数层数。各层 22 按上面 对图 12b-d 所说的那样叠置。

IV. 相反表面上的异极性连接

30 图 6 和 15 表示将柔性电路 64 与一个表面上的多数和少数电极相连接的另一种实施例。这些替换实施例可采用上面讲过的任何元件和/或工艺。参看图 15, 信号线 150 与一个表面上的正电极 30 相连接, 接地线 152 与一个不同表面上的负电极 32 相连接。如图所示, 信号线 150 连至邻近支撑块 68 的一个底面上, 而接地线 152 连至邻近声学匹配层

62 的一个顶面上。在另一些可叠实施例 5 中，某些或全部信号线或接地线 150, 152 连至不同的位置，为层 22 的不同表面或边缘上。

信号线和接地线 150, 152 包括柔性电路或这里讲述的其它替换的电连接。在一种实施例中，接地线 152 包含一个柔性电路或无隔离段的箔。

当接地线或信号线 150, 152 不包含隔离段时，断口 34 被安置在层的角落或边缘处。例如，图 15 表示无隔离段的接地线 152。在邻近接地线 152 的顶层 22 顶层上的断口 34 形成在层 22 的角落边缘上。其余各层 22 按上述讲过的那样处理或形成。对于带异性极的与超声系统以相反表面连接的奇数层数 22 的例子，请参看美国专利 6,121,718。

图 16a 和 b 表示顶层 22 电极结构的形成。在另一些可叠实施例中，用 16a 和 b 代表底层或者顶层和底层二者的形成。上面结合图 3-5 进行的讨论提供各种替代工艺、结构和材料，它们都可应用这里不再重复。

在图 16a 中，切入式磨削形成顶层 22 内的两个开口 40。层 22 经金属化后提供一个围绕层 22 的一部分或全部的电极。断口 34 形成在电极内，以使每个元件 20 的两个电极隔离，如图 16b 所示。在底面上的断口提供平面上的多数和少数电极。在顶面上的断口 34 提供一个露在表面上的电极。例如，顶面断口 34 处在层 22 的一个角落边缘或边缘上。

异性极，即与超声系统作电连接的相反表面，可用于多维换能器阵列（如图 15 所示）和一维换能器阵列（如图 17 所示）。通过在角落或边缘处隔离电极可提供全平面电连接。全平面互连以表面有单个电极。通过相邻各层 22 各相邻平面上少数和多数电极之间的微粒接触可提供各层之间的电气连续性。

V. 在接合后隔离电极

在另一些制造工艺中，可以在将各层接合在一起之后为一些层 22 制出电极。在各层接合之后隔离电极可用到两层或三层元件上，但也可用于更多层。例如，可将两层或三层接合，然后将各电极隔离。接着将各层和其它层叠置起来。作为另一个例子，可将四层或更多层接合，其中有一层或数层在接合前形成了断口，但至少有一层的断口是

在粘后形成的。对于两或三层元件，所有的断口可以在将各层接合在一起之后形成。

图 18a 和 b 表示一个具有三层 22 的换能器元件 20。对于顶层 28，断口 34 是由一个穿过顶层 28 且处在如上述的一个角落上的切口 180 形成的。在另一些可选实施例中，第二个断口 34 是形成在一个边缘或者顶面上。对于底层 24，断口 34 是由一个穿过底层 24 并处在底面上的切口 182 形成的。在另一些可选实施例中，第二断口 34 是形成在一个角落或边缘上。对于中间的层，断口是由切口 180 和 182 形成的。

切口 180 和 182 穿过一层 22 并至少穿过相邻层 22 的电极。如图中所示，每个切口 180，182 在一层 22 上形成两个断口 34，并在另一层 22 上形成另一个断口 34。

图 18b 示出一个组装元件 20 中的三层 22。正（信号）和负（接地）电极 30 和 32 形成为层 22 的两个连续电极。每一层 22 有一个多数电极，一个少数电极，和一个断口 34，它们都与相邻层 22 对齐。相邻各层 22 的少数和多数电极由微粒接触连接。或者，这些电极也可以用导线连接或以其它方式电连接。

一个跨接器 184 跨过顶层 28 的顶面上的切口 180 作电连接。跨接器 184 可以是一层箔，一个导电膜、一个跨接线、一个柔性电路、一种接合的导电材料或其它的电连接材料。跨接器 184 从柔性电路 64 传导正信号以形成顶层 28 的多数电极。在另一些可选实施例中，跨接器 184 包含一个与地即负信号线相连的柔性电路或箔，以及与一个不同电极相连的带正信号的柔性电路 64。

带负（或地）信号的柔性电路 64 将一个少数电极与底层 24 底面上的一个多数电极电气相连。另一个断口 34 将底层 22 底面上正负电极 30，32 隔离。

图 19a-c 示出在各层 22 接合后形成断口的制造过程中不同时刻的各层 22。这里讨论的是两层的实施例，但也可以提供其它层数。

图 19a 表示两层 22，每层包括基本上被电极 44 所覆盖的换能器材料。如图 19b 所示，由一个连续导电膜（电极 44）围绕着每层 22 的换能器材料。

在各层用导电膜金属化后，如图 19b 所示将它们接合在一起，这在前面已讲过。每层 22 的电极 44 通过微粒接触与另一层 22 的电极 44

相接触。也可以采用其它提供电接触的方法。

图 19c 为带断口 34 的两个接合层 22 的透视和剖视图。在顶层 28 顶面和底层 24 底面上的断口 34 可按前述方法形成。例如,可在各层 22 接合之后或之前将电极 44 切块或切割。每层的另一个断口 34 是通
5 过底层 24 并进入顶层 28 切割或切块切口 182 而形成的。可以使用上面说过的任何一种切割或切块工具,如激光或丝锯。相邻表面上顶层和底层 24, 28 的断口 34 是由切口 182 形成的。柔性电路 64 或其它的电跨接器跨过切口 182 将各电极连起来。在另一些可选实施例中,切口 182 穿过顶层 28 并进入底层 24。切口 182 用聚合物或气体(如空
10 气)填充。

参看图 19e 带有形成的断口 34 的已接合各层 22 与柔性电路 64, 声学匹配层 62 和支撑块 68 组装在一起。柔性电路 64 提供跨越切口 182 的电连接。当沿着底层 22 的底面的柔性电路提供正负两个信号线时,有一个断口 34 处在顶层 22 的顶面上。或者如前面说过的那样,将正
15 负电极隔离的断口 34 处于一个角落或边缘表面上。

可以将带有在接合后形成的断口的层对 22 叠置并接合起来。图 19d 表示已叠置的两个层对 22。跨接器或柔性电路 64 是用于底下的层对 22 的底面。下层对 22 顶面的电极 44 距越切口 182 与上层对 22 的电极电气相连。可以加上额外的层对或单个的层 22。

图 20 为带有在接合后形成的断口 34 的一个多维换能器阵列剖视图。图中所示为带两层 22 的元件 20, 但元件 20 可以有任何偶数或奇
20 数层 22。切口 182 是在各层 22 接合在一起之后切出的。柔性电路 64 跨过每个元件 20 上的切口 182。在另一些可选实施例中,设置了一些不同的跨接器,而且/或者地(或负)信号与顶层 22 相连接。

在制出断口 34 之前将各层 22 接合在一起,可使换能器材料厚一些而且容易控制切割元件。接合层 22 比每个单层 22 更结实一些。处理单个层时可避免由切割电极所引起的弱点。各层 22 的对准是由切口
25 180, 182 实现的,而不象在断口 34 形成之后是一个高误差的对准过程。因此,可以把少数电极的表面积做得最小。

30

VI. 高度上的侧瓣控制

多层换能器元件可以做得能在声学传输过程中对高度上的侧瓣的

产生进行控制。美国专利 5,410,208 和 5,706,820 (均已转让给本发明的受让人,并且其公开的内容被引用到这里作参考)披露了高度上的侧瓣的控制方法。这两个专利中每一个的内容可以单独使用,也可联合使用。

5 在一个实施例中,换能器材料的上表面面积比下表面的小。图 21a 和 b 表示沿长度方向具有不同表面面积的两层和三层 22 换能器材料。例如如图 21a 所示,每层 22 的沿高度方向的宽度中,底层 22 比中层或顶层 22 的要大。顶层 22 的表面面积比中层或底层 22 要小。两层或多层 22 可以具有相同或相似的表面面积和相应的高度方向的宽度。

10 图 21b 是另一个例子,此时每一层 22 或顶层 22 在相对于主声学传播方向或相对于长度轴线在大于 90° 和小于 120° 左右的角度内有一些侧面。每一层 22 沿着一个或几个侧面具有锥形边缘。每一层 22 和元件 20 的表面面积在水平高度平面内较小,而且是沿长度方向的位置的函数。上表面面积比底表面面积小些。

15 在另一些实施例中,可以有四层或更多层换能器材料。还有一种实施例中,一个多维换能器阵列的一个,多个或者部元件 20 所包含的换能器材料上表面具有比下表面小的表面面积。

 图 21c 所示为元件 20 的一层或几层 22 的切口 210。图中所示为两层或 3 层,但也可以使用更多层。这些切口 210 沿高度方向分开或相隔一定距离,以使被传输的声学能量在高度方向的距离变窄。靠近 20 一或数层 22 的一个或两个高度边缘切块或形成一个或几个切口 210。例如,可在每一层 22 的每个高度边缘处形成两或三个切口 210。切口 210 穿过层 22 的大部分或者全部。如上所述,形成这些切口 210 是用来产生断口或提供跨接器,以便为每一层 22 提供正负电极。

25 在图 21d 所示的另一个实施例中,断口 34 的位置使得每一层 22 的换能器材料的有效部分提供不同的表面面积。断口 34 离开换能器材料或层 22 的高度方向的边缘较远,是长度方向的函数。上(或顶)层 22 或各表面的少数电极 44 的表面面积比下(或底)层 22 或各表面的大一些。

30 虽然上面是参照各种实施例对本发明进行描述的,但应指出,可以作很多变化和修改而不偏离本发明的范围。例如,可以采和不同的制造和组装方法。可以采用将下列一种或几种措施的任意组合:在高

度或水平方向分开的各元件之间提供空气，采用上面讲到的切入式磨削、高度上的侧瓣控制、偶数式奇数元件、在相反的表面或同一表面上为异极性、在接合后将电极分开、采用基本相似的层和微粒接触。

- 因此，应把上面的详细描述看成是本发明目前的优选实施例的一个示例，而不是对本发明的限制。只有下面的权利要求书（包括所有的等效物）才对本发明的范围作出限制。
- 5

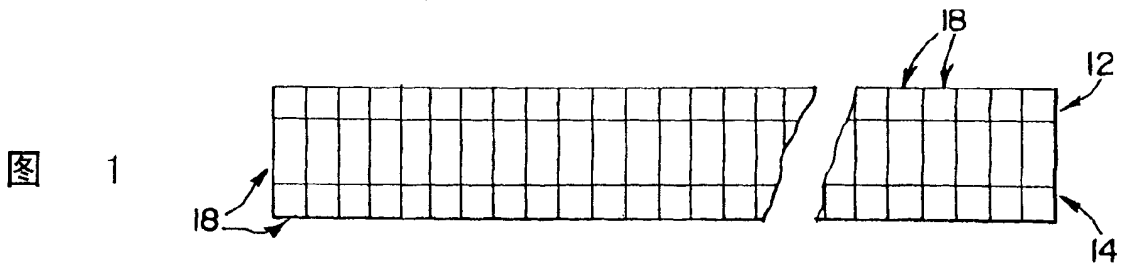


图 1

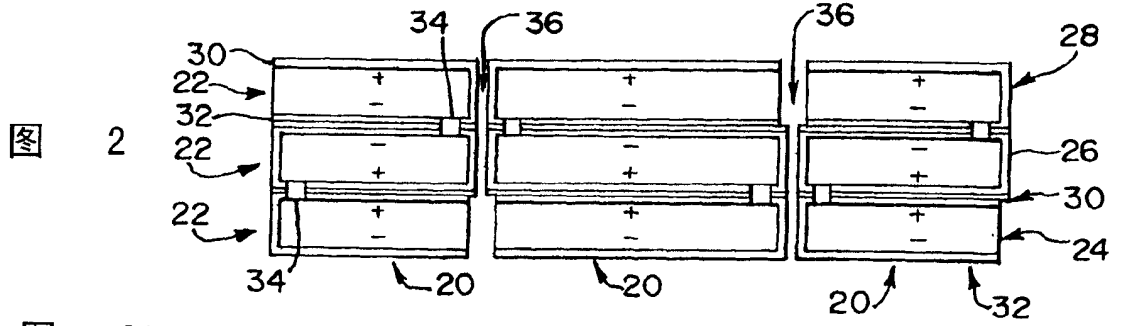


图 2

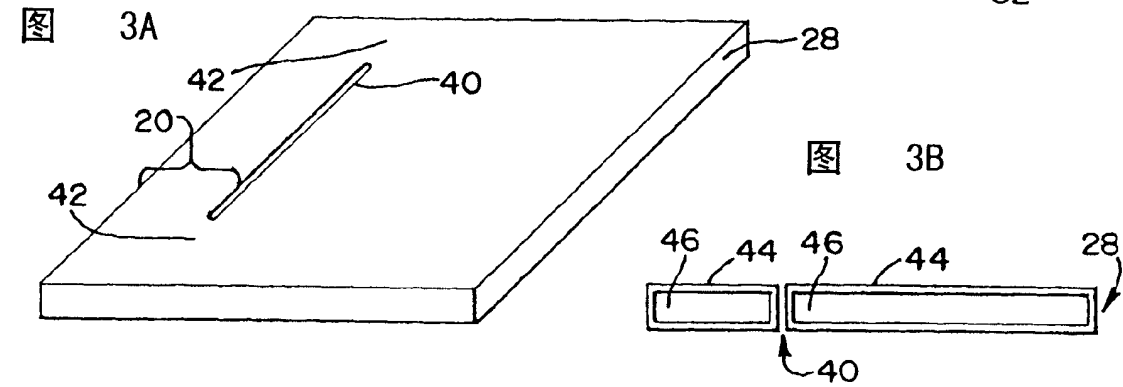


图 3A

图 3B

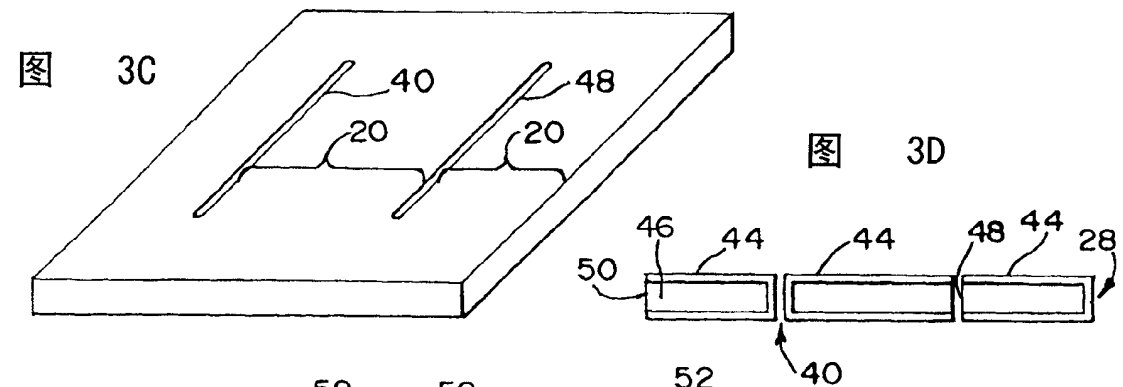


图 3C

图 3D

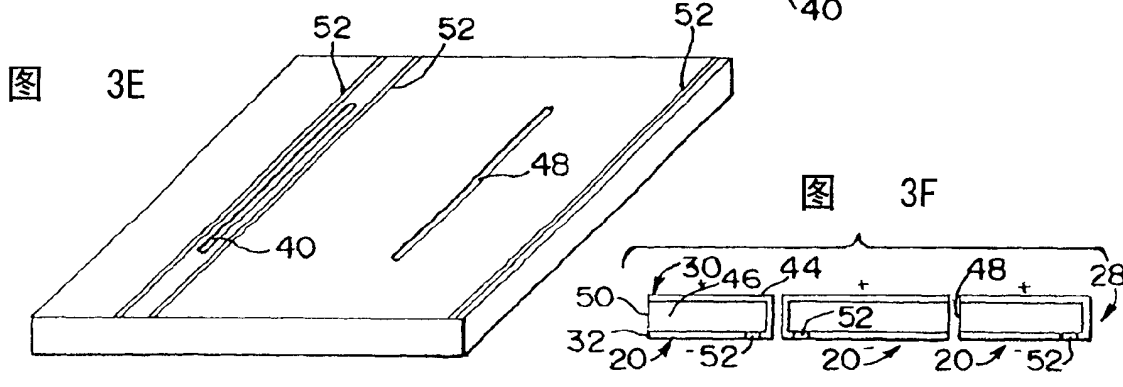
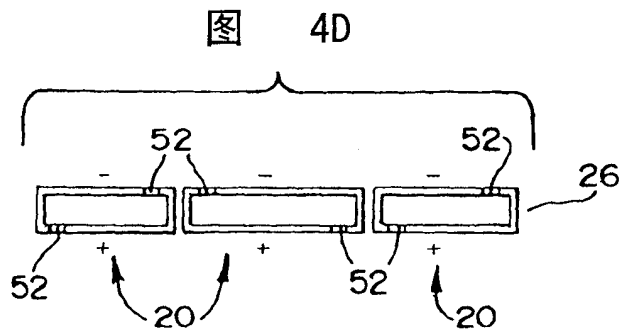
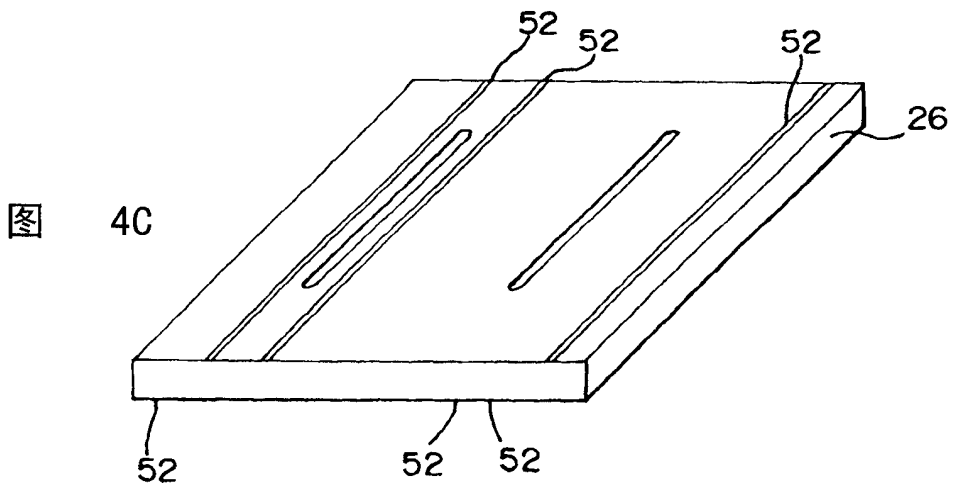
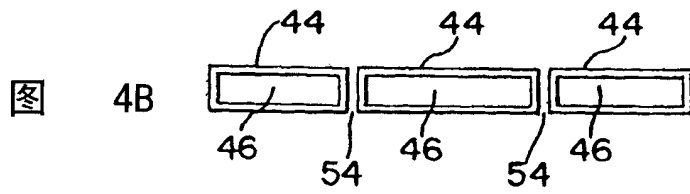
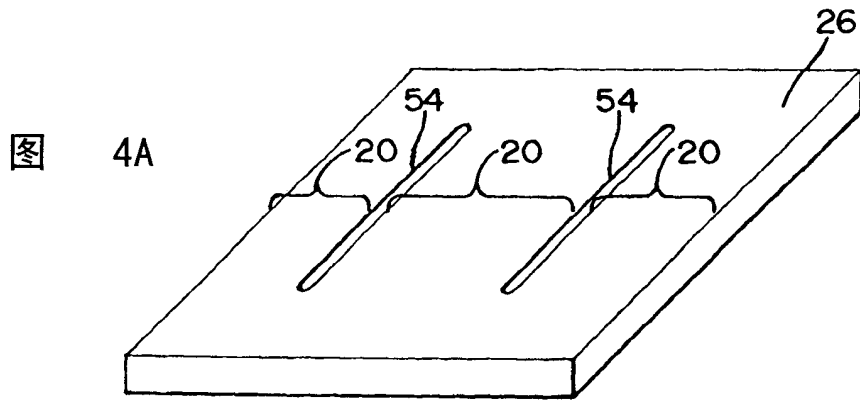


图 3E

图 3F



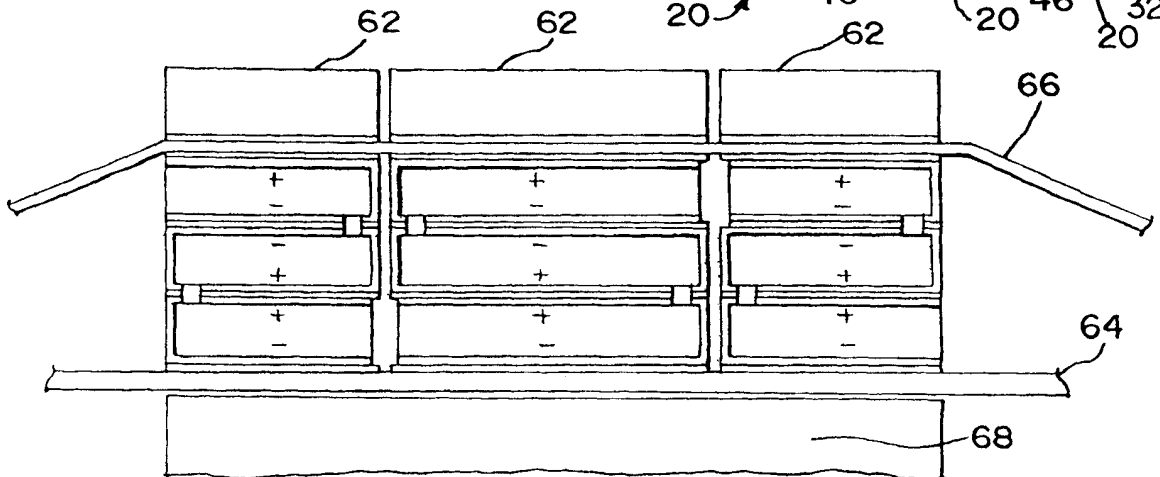
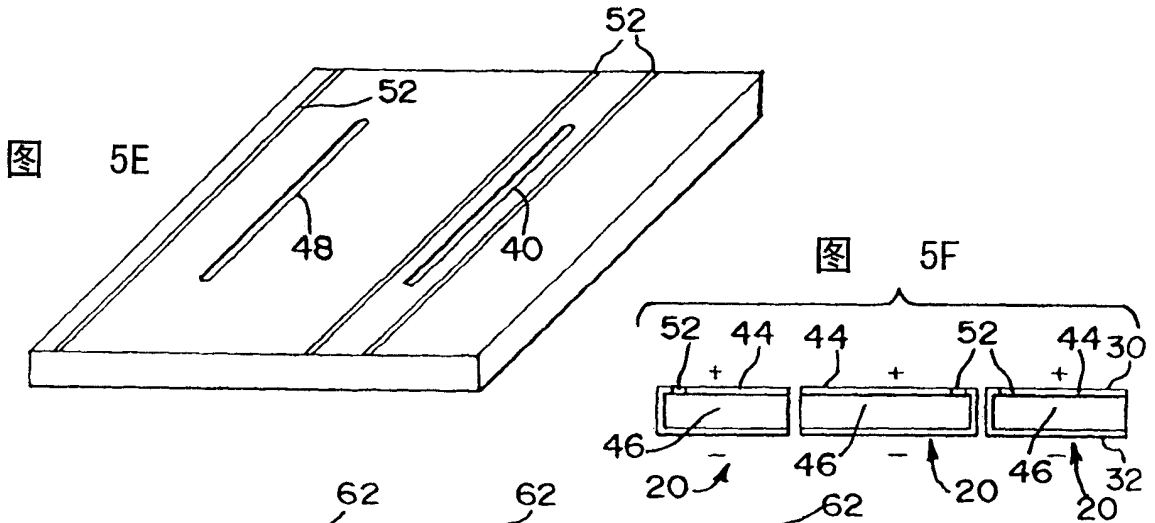
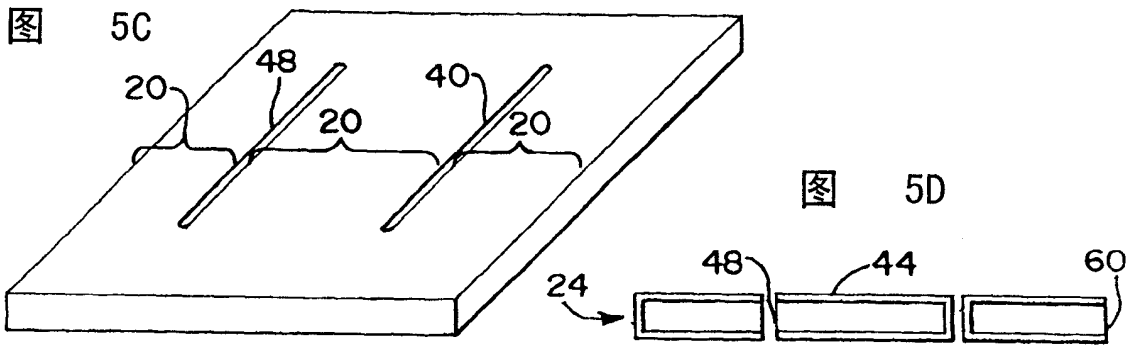
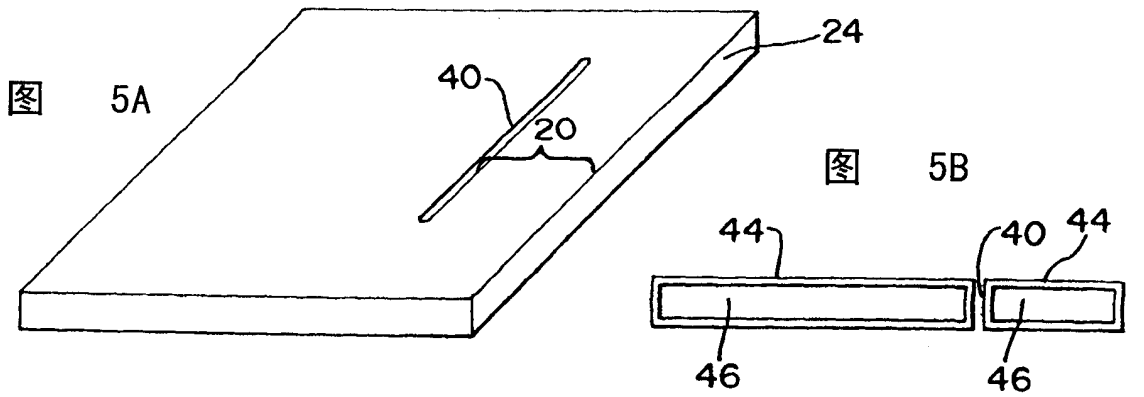


图 6

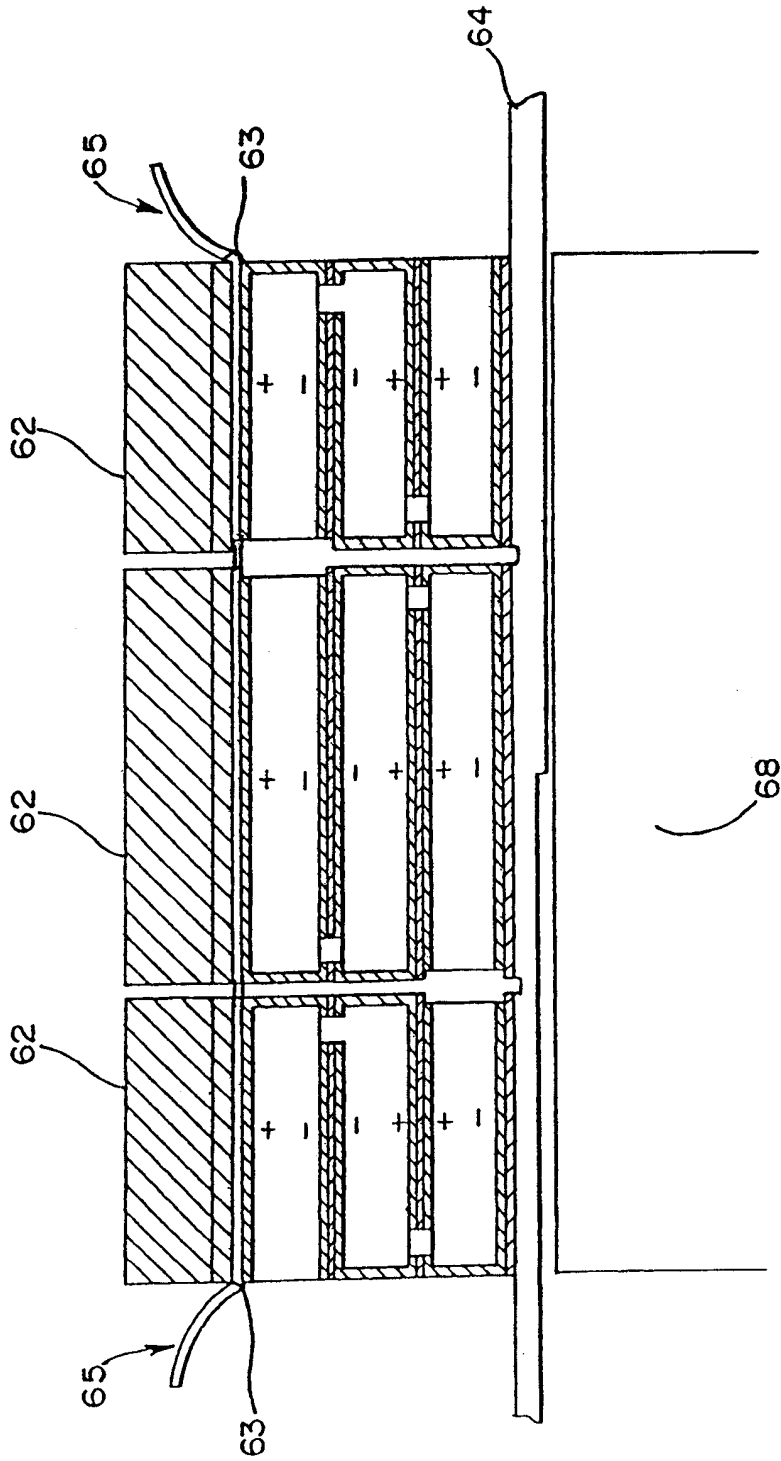


图 7

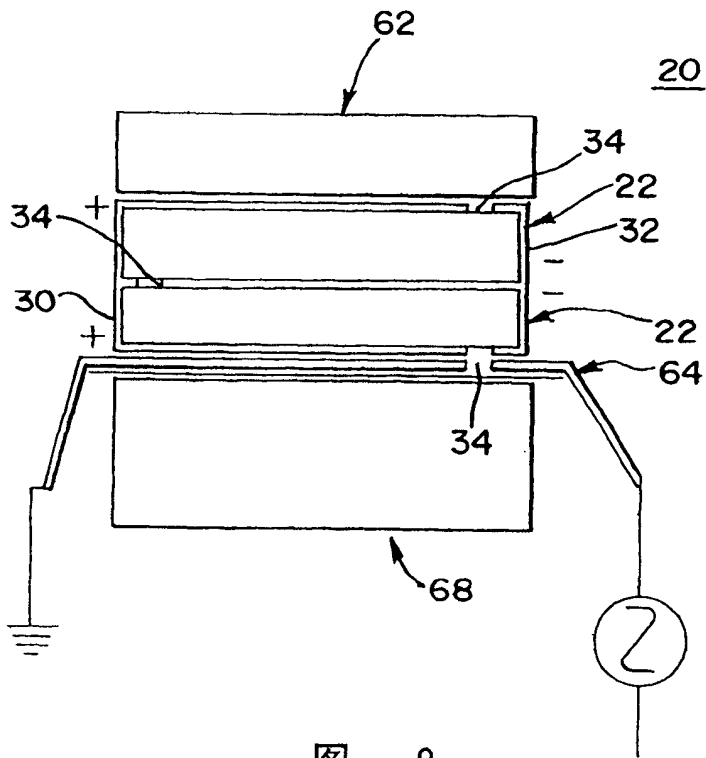


图 8

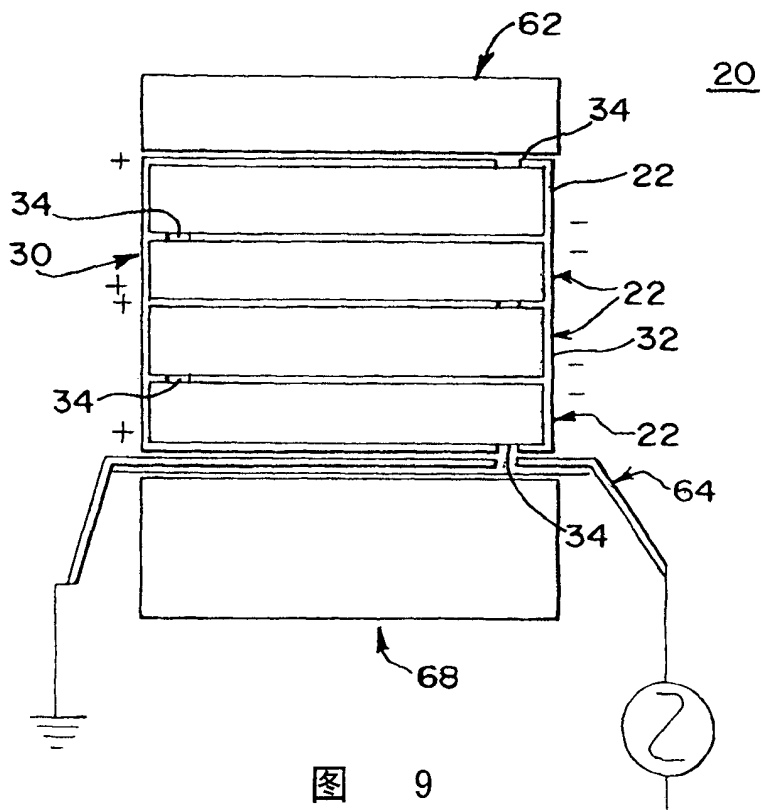


图 9

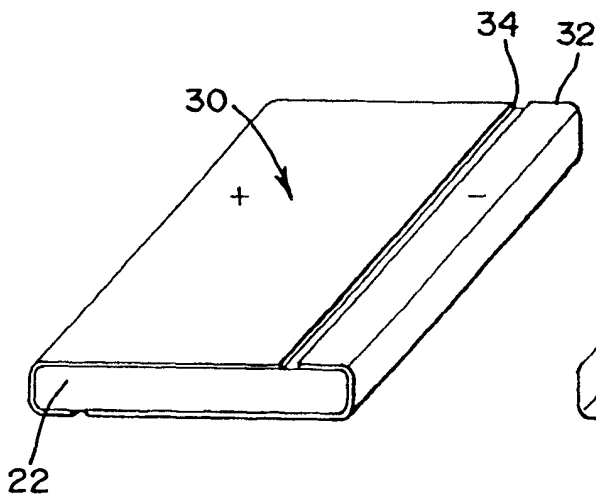


图 10A

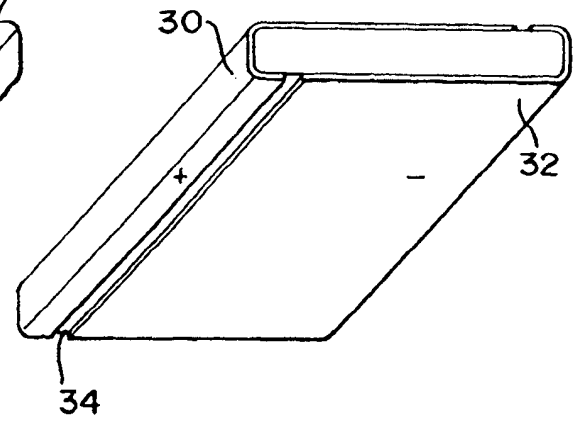


图 10C

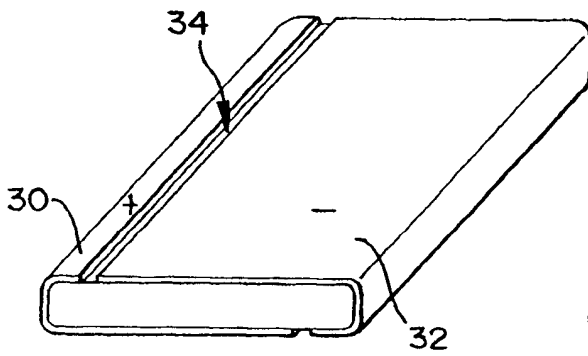


图 10B

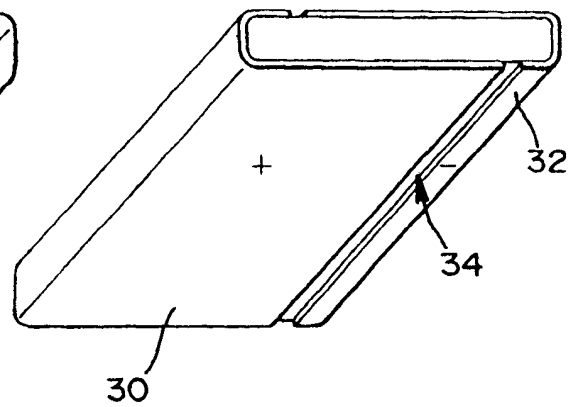


图 10D

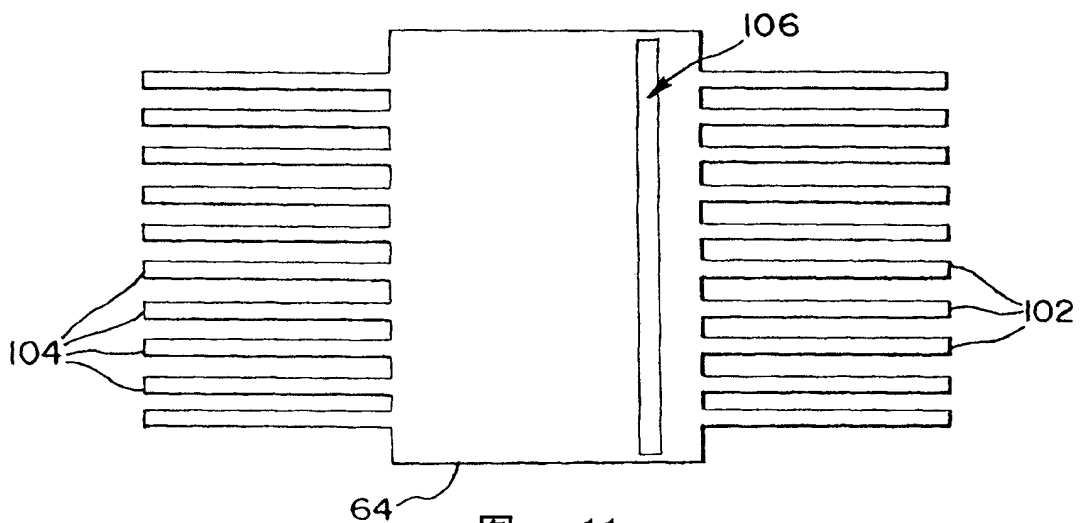
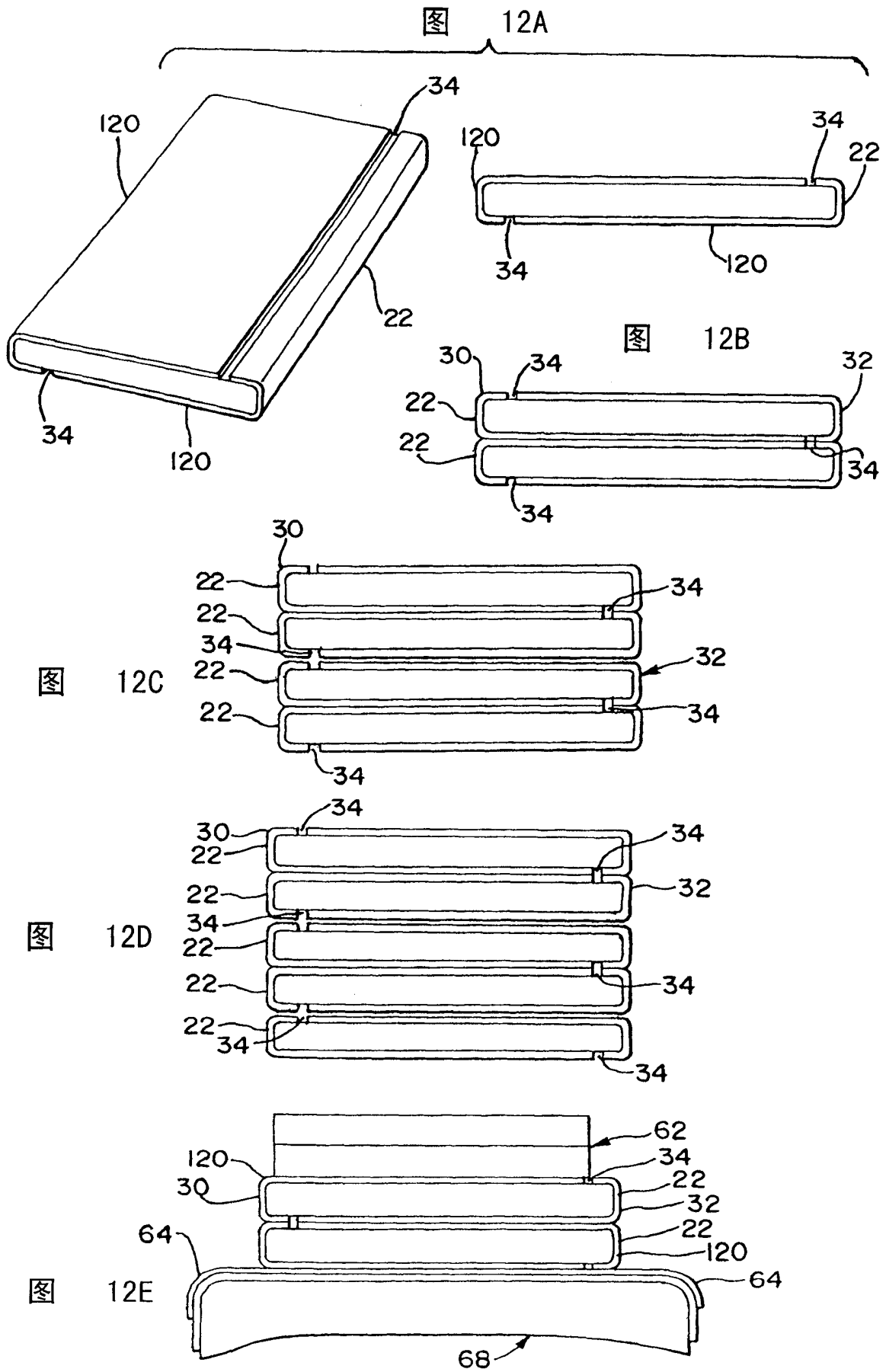
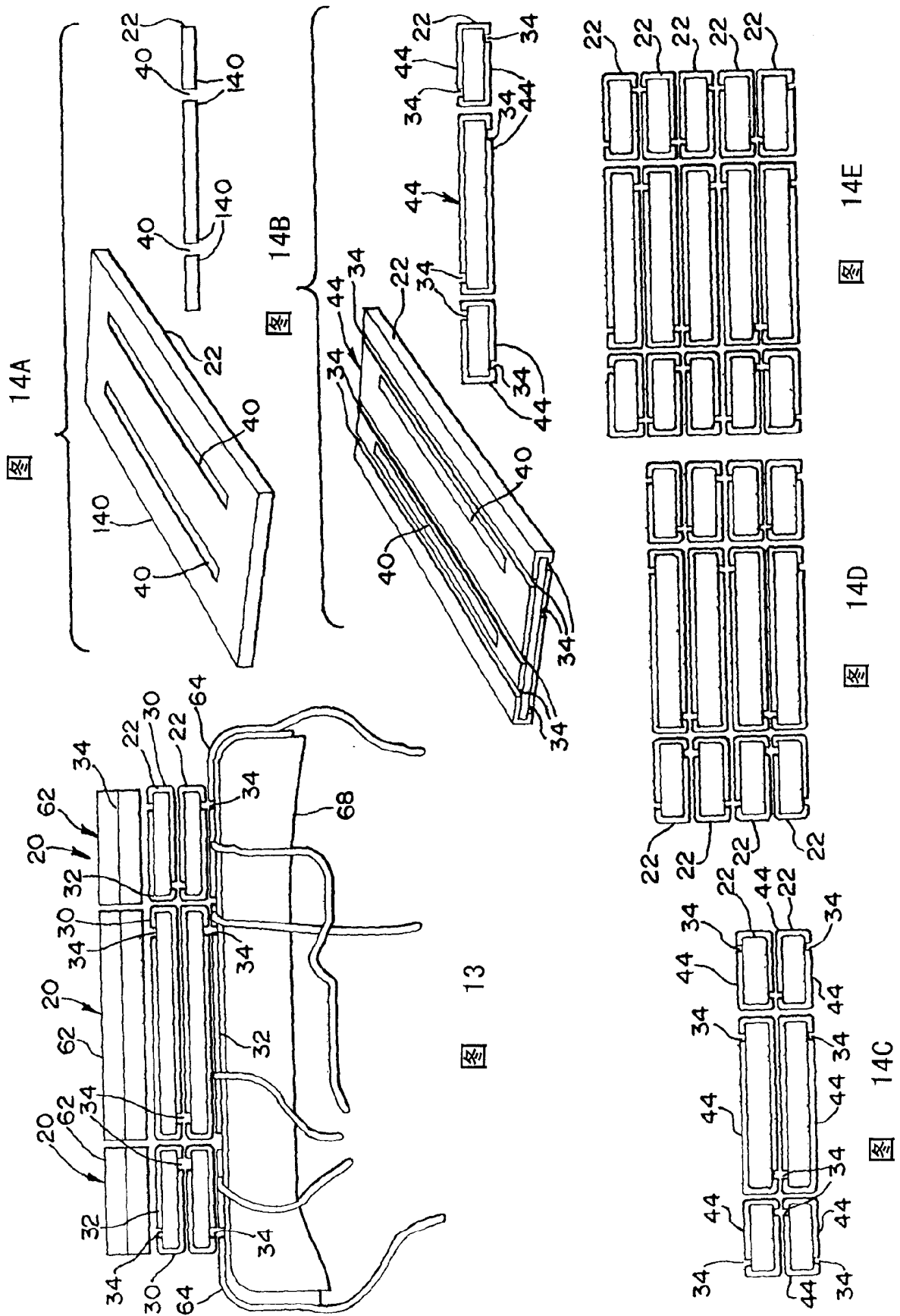


图 11





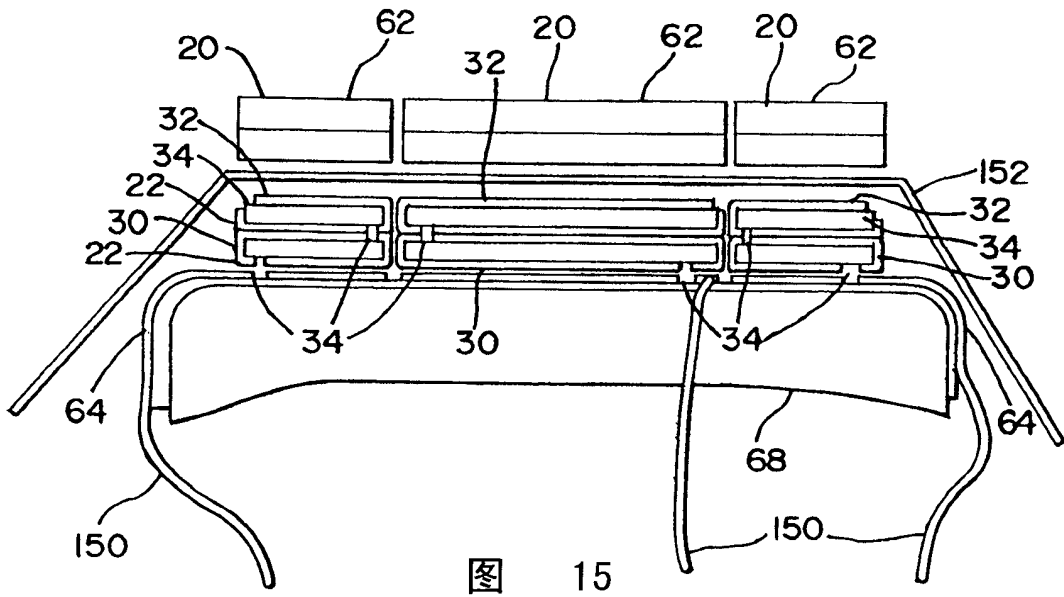


图 15

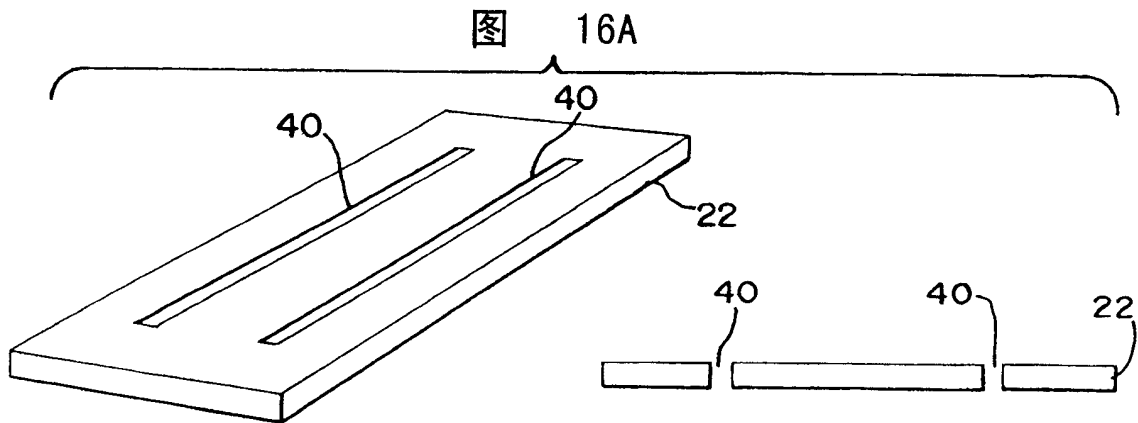


图 16A

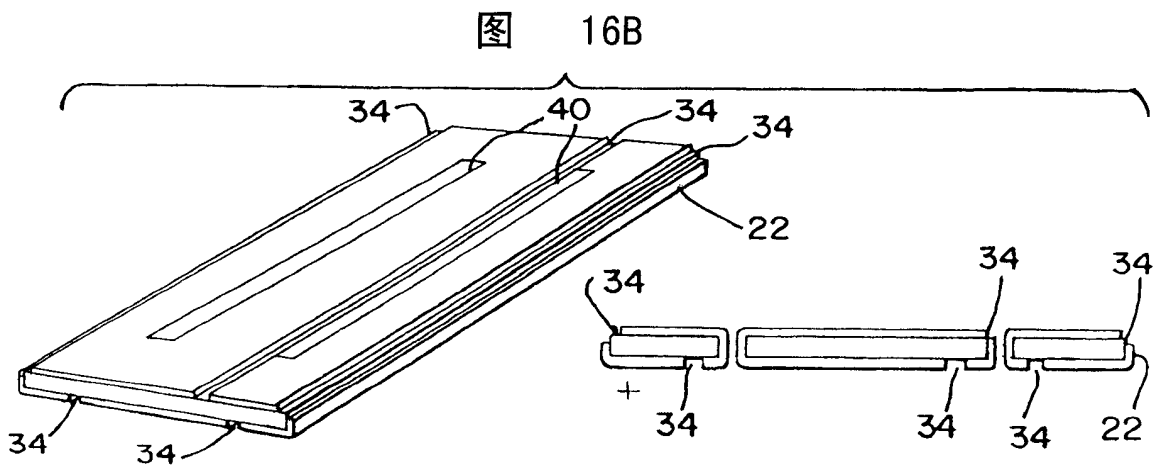


图 16B

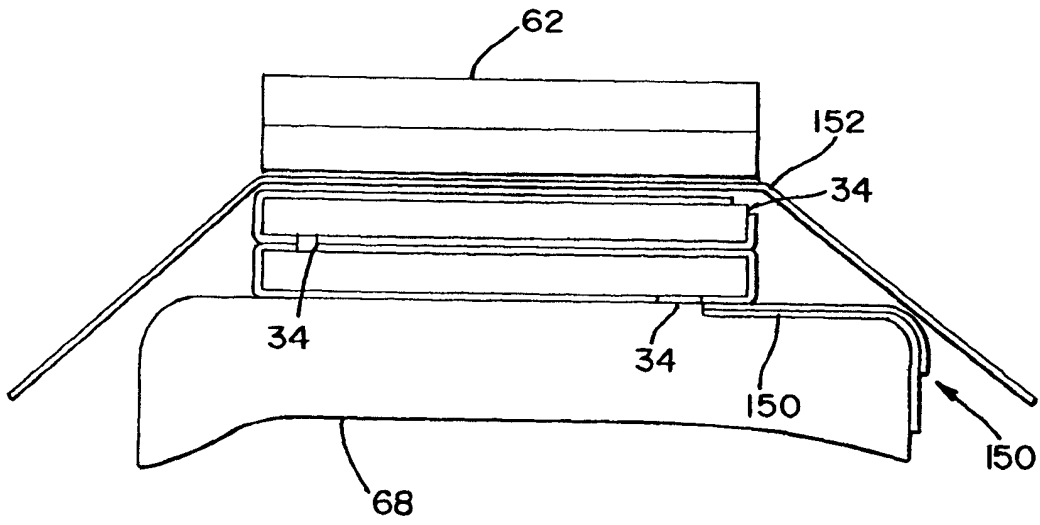


图 17

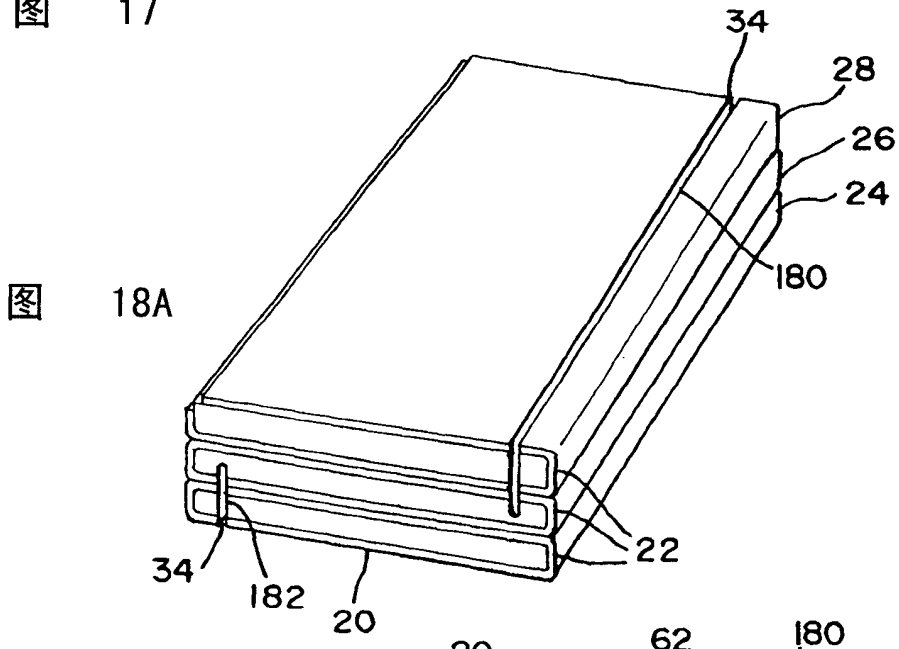


图 18A

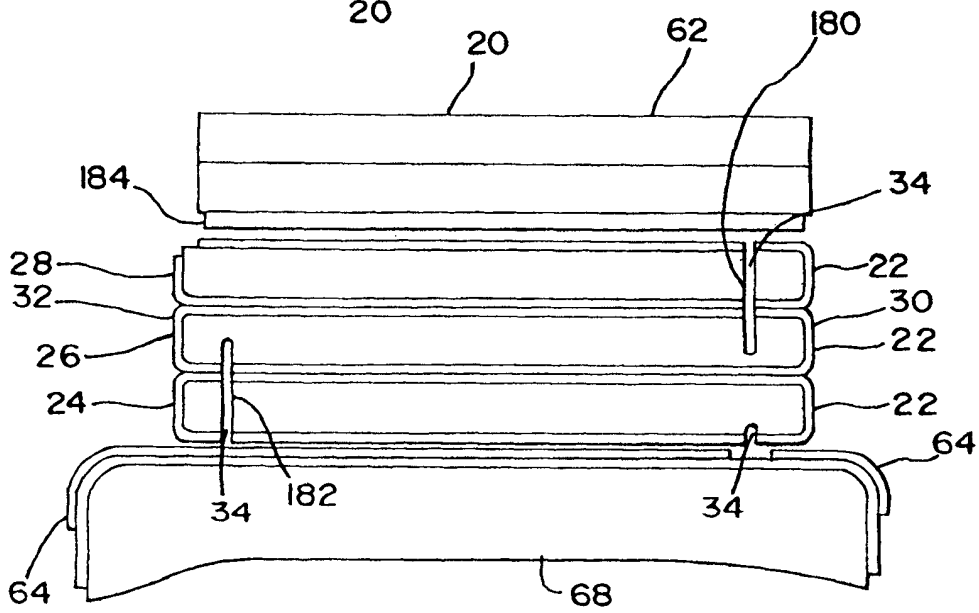


图 18B

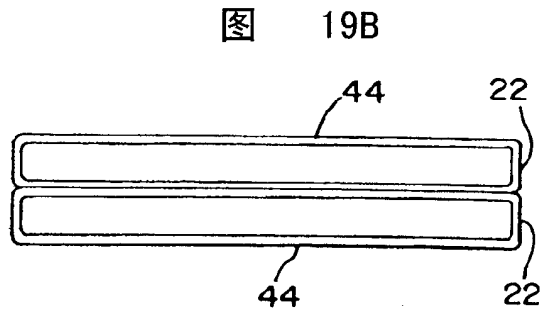
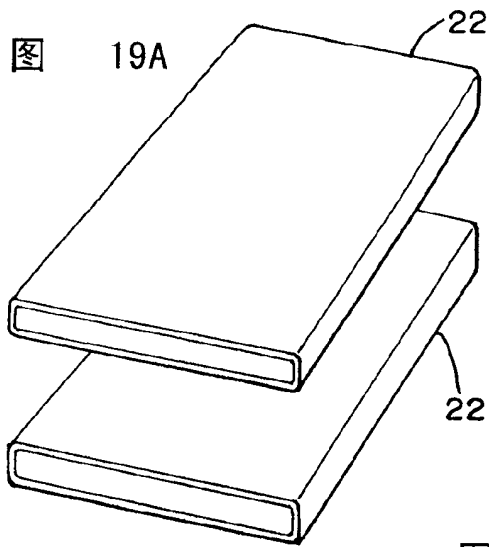


图 19C

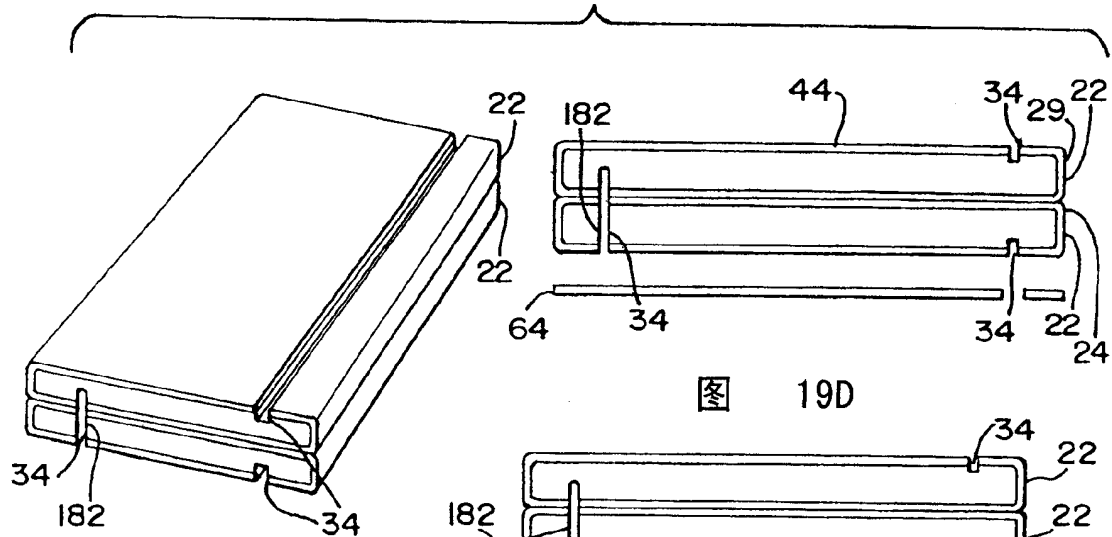


图 19D

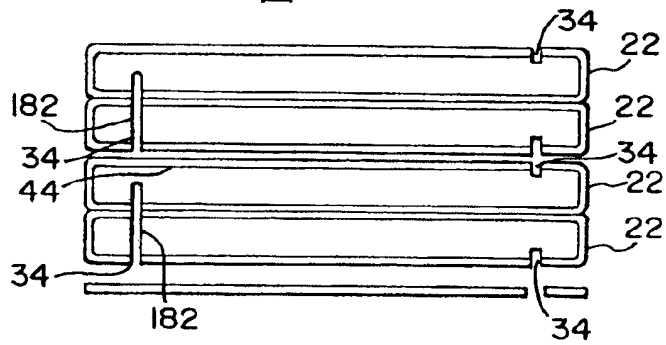
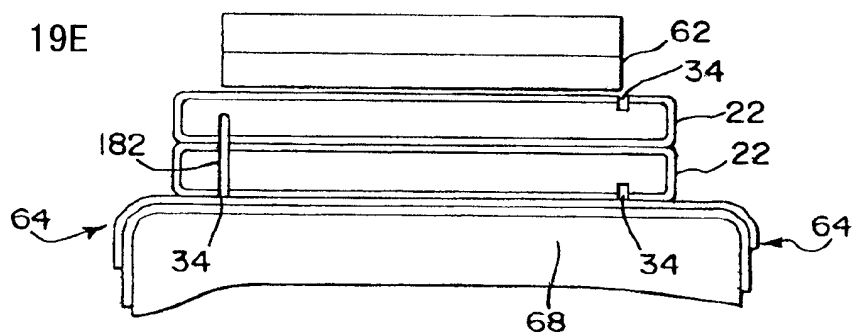


图 19E



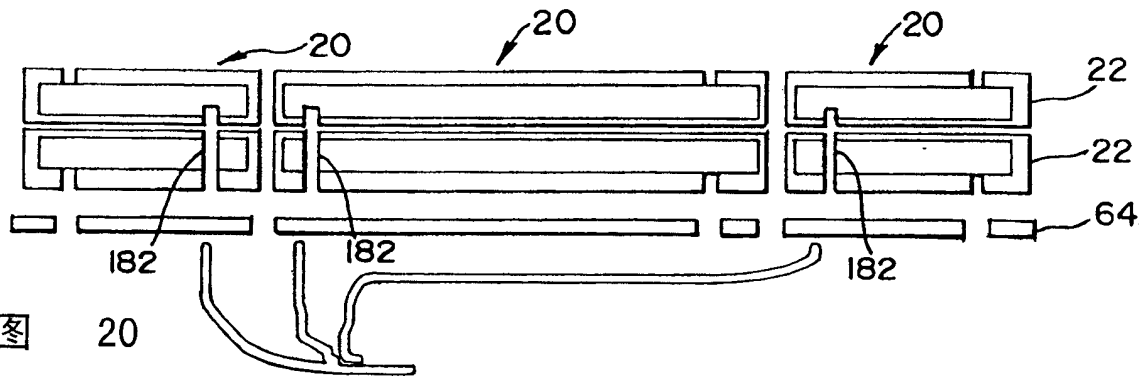


图 20

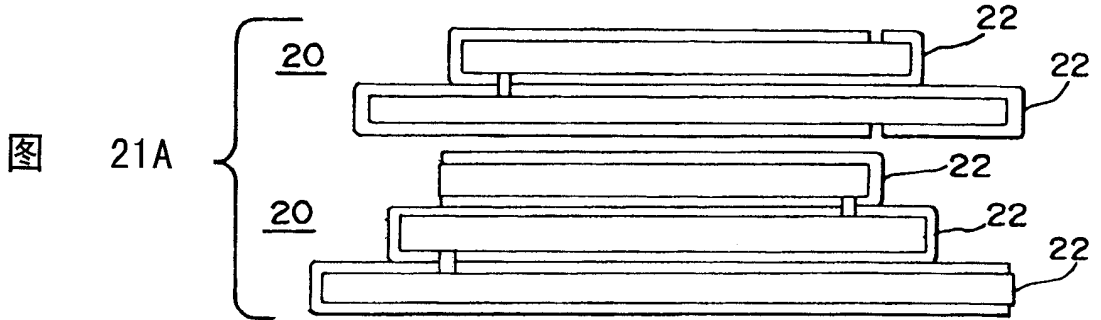


图 21A

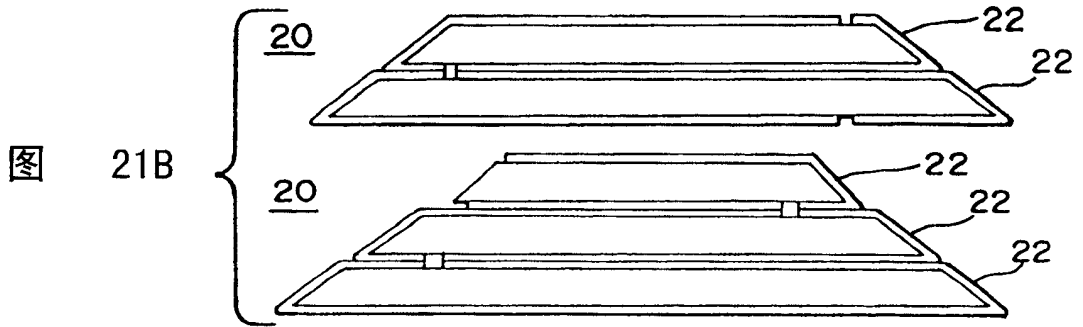


图 21B

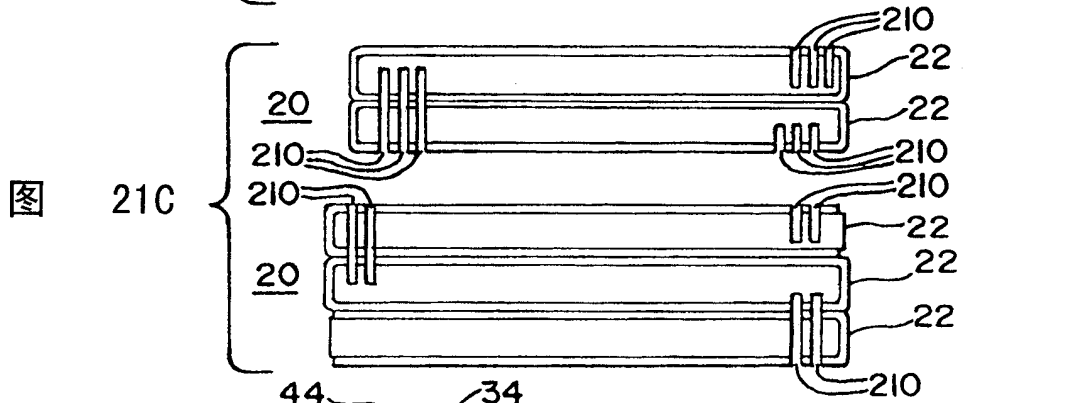


图 21C

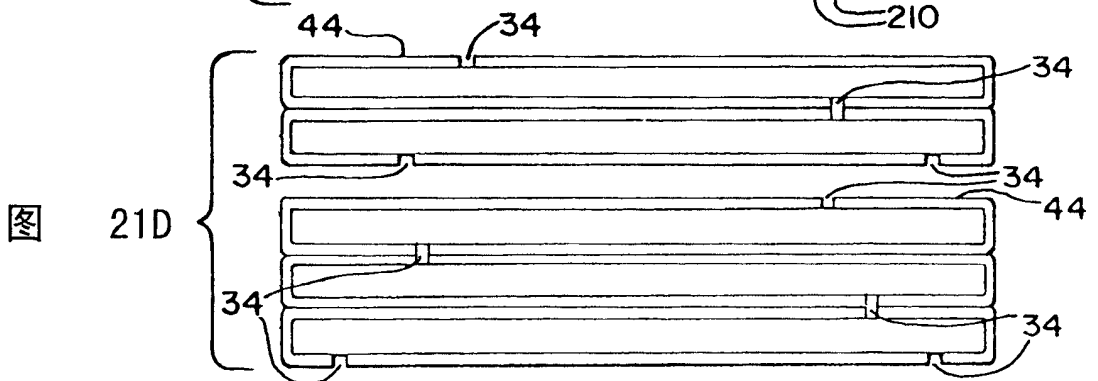


图 21D