

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97196140.9

[45]授权公告日 2002年10月16日

[11]授权公告号 CN 1092546C

[22]申请日 1997.7.8 [21]申请号 97196140.9

[30]优先权

[32]1996.7.8 [33]US [31]60/021,307

[32]1996.7.8 [33]US [31]60/021,308

[32]1996.7.8 [33]US [31]60/021,309

[86]国际申请 PCT/US97/11622 1997.7.8

[87]国际公布 WO98/01228 英 1998.1.15

[85]进入国家阶段日期 1999.1.4

[73]专利权人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

[72]发明人 P·R·斯基斯 J·R·塞勒

A·L·罗浮斯达特

[56]参考文献

US3948442A 1976.4.6 A01G15/00

US4223320 1980.9.16 G01D15/18

US4924097A 1990.5.8 G01J1/00

审查员 任淑华

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

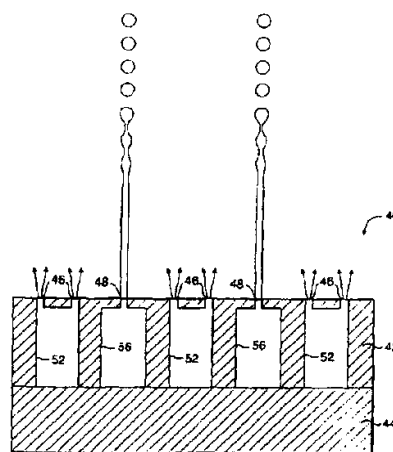
代理人 闻卿

权利要求书4页 说明书13页 附图24页

[54]发明名称 雷利分裂式雾化装置、其制造方法及其用途

[57]摘要

雾化装置(40,60,70,80,94)可通过雷利分裂机理形成液滴。各实施例包括一个或多个下述特征。诸液体喷口(48)形成一些可形成液滴的液体射流。各气体喷口(46)可提供能防止液滴凝聚的气体合流。各液体喷口(48)具有非圆形的横截面形状,以促进雷利分裂。还可设置流体振荡器(101)以促进雷利分裂。输送网络(58,50,52,60,54,56)可分别将气体和液体分别供送到气体喷口和液体喷口(46,48)。





权 利 要 求 书

1. 一种对液体进行雾化的方法，它包括以下步骤：
提供一可蚀刻的材料；
对所述可蚀刻的材料进行蚀刻，以形成一液体喷口和一气体喷口；
使一液体射流流过所述液体喷口，以通过雷利分裂形成液体液滴；以及
使一股气体通过所述气体喷口并撞击各液滴流动，以防止液滴凝聚。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在液体分裂成各液滴之后，所述气体干扰所述液体射流。
3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，将沿着射流表面的所述液体和气体之间的速度差保持得低于第一气流阈值。
4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述气体以一不会使液滴二次雾化的速度进行流动。
5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，藉助提供足够大的气体速度以防止各液滴之间间距减小来防止各液滴的凝聚现象。
6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，藉助提供足够大的气体紊流以使液滴的轨迹移动而不会与相邻液滴相撞来防止各液滴的凝聚现象。
7. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，它还包括以下步骤：将一扰动引入液体射流内，以促进雷利分裂。
8. 一种雾化装置，它包括：
一用来形成一液体射流的液体喷口，它通过雷利分裂将液体射流分裂成各液滴，所述液体喷口包括一用来将一扰动引入所述液体射流内的流体通路；以及
一用来使气体撞击各液滴流动、以防止液滴凝聚现象的气体喷口。
9. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括：多个气体喷口和多个液体喷口。
10. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，气体流过气体喷口的流动方向是基本上平行于液体流过液体喷口的流动方向。
11. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，气体流过气体喷口的方向相对于液体流过液体喷口的方向以一角度延伸。
12. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，所述气体喷口与所述液体喷口以这样一个间距隔开：在液体射流分裂成各液滴之后，气体干扰液体射流。
13. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，所述液体喷口具有一非圆形的横截面形状。
14. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，所述液体喷口包括诸个伸

入液体内、以将一种扰动引入液体射流的条片。

15. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括一基本平的第一片层，其中第一片层形成各液体喷口和气体喷口。

16. 如权利要求 15 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括一基本平的第二片层，其中所述第一片层和第二片层形成一气体输送网络和一液体输送网络，所述气体输送网络包括一将气体输送到气体喷口的气体槽道，所述液体输送网络包括一将液体输送到液体喷口的液体槽道。

17. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括：
一基本平的第一片层，其中所述第一片层形成各液体喷口和气体喷口。

18. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括一基本平的第二片层，其中所述第一片层和第二片层形成一气体输送网络和一液体输送网络，所述气体输送网络包括一将气体输送到气体喷口的气体槽道，所述液体输送网络包括一将液体输送到液体喷口的液体槽道。

19. 如权利要求 18 所述的雾化装置，其特征在于，气体流过气体槽道的方向基本上垂直于气体流过气体喷口的方向，以及液体流过液体槽道的方向基本上垂直于液体流过液体喷口的方向。

20. 如权利要求 18 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括多个气体喷口和液体喷口，其中气体输送网络包括多个将气体输送到气体喷口的气体槽道，所述液体输送网络包括多个将液体输送到液体喷口的液体槽道。

21. 如权利要求 20 所述的雾化装置，其特征在于，每一液体槽道均邻近至少一个气体槽道。

22. 如权利要求 18 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括一用来过滤输送到液体槽道的液体的过滤器。

23. 如权利要求 18 所述的雾化装置，其特征在于，第一和第二片层中的至少其中之一包括一种单质半导体材料。

24. 如权利要求 23 所述的雾化装置，其特征在于，第一和第二片层中的至少其中之一包括硅。

25. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括一通气层，它形成一通气腔，用来将气体输送到气体喷口。

26. 如权利要求 20 所述的雾化装置，其特征在于，所述气体输送网络还包括多个气体通道，它们大于气体槽道，并将气体输送到各气体槽道，液体输送网络还包括多个液体通道，它们大于液体槽道，并将液体输送到各液体槽道。

27. 如权利要求 26 所述的雾化装置，其特征在于，所述气体输送网络还包括一气体导管，它大于气体通道，并将气体输送到各液体通道，所述液体输送网

络还包括一液体导管，它大于液体通道，并将液体供送到各液体通道。

28. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，所述液体喷口包括一用来将扰动引入所述液体射流内的流体通路。

29. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，它还包括多个气体喷口和多个液体喷口。

30. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，气体流过所述气体喷口的方向基本上平行于液体流过所述液体喷口的方向。

31. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，气体流过所述气体喷口的方向相对于液体流过所述液体喷口的方向以一角度延伸。

32. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，所述气体喷口与所述液体喷口以这样一个间距隔开：在液体射流分裂成各液滴之后，气体干扰液体射流。

33. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，所述液体喷口具有一非圆形的横截面形状。

34. 如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，所述液体喷口包括诸个伸入液体内、以将一种扰动引入液体射流的条片。

35. 如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，
所述液体喷口具有喷口壁面，所述液体喷口壁面包括一些形成振动用的凹槽，它们可以在所述液体射流内产生一振动以促进雷利分裂。

36. 如权利要求 35 所述的雾化装置，其特征在于，所述装置在所述液体喷口内的横截面形状为非圆形。

37. 如权利要求 35 所述的雾化装置，其特征在于，所述装置包括一对伸入液体射流内的条片。

38. 一种用来形成一雾化装置的方法，它包括以下步骤：

在一基本平的第一片层和一基本平的第二片层内形成一气体输送网络和一液体输送网络；

在第一片层内形成一液体喷口，它形成一股液体射流，通过雷利分裂可将液体射流分裂成液体液滴；

在第一片层内形成一气体喷口，用来使气体撞击各液滴流动，以防止各液滴发生凝聚现象；以及

将第一和第二片层相连，从而使气体和液体输送网络分别将气体和液体供送到各气体喷口和液体喷口。

39. 如权利要求 38 所述的方法，其特征在于，第一和第二片层中的至少其中之一包括一种由硅制成的单质半导体材料。

40. 如权利要求 39 所述的方法，其特征在于，第一和第二片层中的至少其

其中之一包括硅。

说明书

雷利分裂式雾化装置、其制造方法及其用途

发明背景

本申请要求美国临时申请 60/021,307、60/021,308、60/021,309 的优先权。

发明领域

本发明涉及雾化装置、制造该雾化装置的方法及其用途，具体地，涉及可产生液滴的雷利分裂式雾化装置、制造这种雾化装置的方法以及利用这种雾化装置来雾化液体的方法。

相关技术的描述

液体雾化装置可用于多种机械装置中，如药物雾化器和用于燃烧室的燃料喷射器。如果雾化装置可提供带有微滴的喷雾，则可提高许多此类机械装置的性能。例如，微滴可提高药物雾化器的效果，因为微滴(例如在 2 和 5 微米之间)可被深吸入肺内。另外，微滴(例如小于 20 微米)可通过使燃料快速汽化而提高燃烧装置的效率。

传统雾化装置通常可以提供一种具有较大尺寸范围的液滴的喷雾，其中较小百分率的液滴的 Sauter 平均直径小于 10 微米。如果不采用附加机构，诸如高超声波电源或高压静电充电，传统的雾化装置很少能够提供其液滴尺寸限于较小范围且 Sauter 平均直径小于 10 微米的喷雾。

传统雾化装置不能提供小尺寸范围的小液滴是由于这些装置进行喷雾的方式。传统雾化装置将大量液体分成较粗细流(ligament)，将细流通过雾化分成较大的液滴，再将较大的液滴通过二次雾化分成更小的液滴。当液滴直径小于 100 微米时，就难于将其分裂，并且二次雾化通常会中断，从而阻碍了将大多数液滴的直径变成如 10 微米那样小。而且，由于大量液体比所需液滴的尺寸大得多，所以必须分几次才能变得较小，因此，最终由传统装置所产生的液滴就具有较大的尺寸范围。

已努力通过增大被强制通过雾化装置的气体的量来使液滴尺寸减小。然而，这会导致气体-液体质量比较大，由于它需要一较大的气体泵、大量的气体和较大的气体速度，所以在许多情况下这是不为人们所希望的。

传统雾化装置存在的另一个问题是：即使是相同类型的两个装置也经常会有不同的喷雾特性。这些不同的喷雾特性是由雾化装置结构中的非常微小的差异造成的。采用目前的制造方法，发生这些变化比所预料的要频繁得多。

本发明的概述

本发明的目的在于提供一种能解决上述问题的雾化装置。

本发明的另一目的在于提供一种能产生这样一种喷雾的雾化装置，所述喷雾所具有的液滴具有 10 微米或更小的 Sauter 平均直径。

本发明的又一目的在于提供一种能产生这样一种喷雾的雾化装置，所述喷雾所具有的液滴其直径在一较小范围内。

本发明的又一目的在于提供一种具有较小气体液体质量比的雾化装置。

本发明的又一目的在于提供一种尺寸极小但仍能雾化液体的雾化装置。

本发明的又一目的在于提供这样一种雾化装置，它可以批量生产，并且无论何种情况下，装置与装置之间的喷雾特性可保持一致。

通过下文可进一步了解本发明的其它目的和优点。通过本发明的实施还可了解其它优点。

一方面，本发明提供了一种对液体进行雾化的方法，包括以下步骤：形成一液体射流，以通过雷利分裂形成液体液滴；并使一股气体撞击各液滴流动，以防止液滴凝聚。

另一方面，本发明提供了一种雾化装置，它包括一用来形成液体射流的液体喷口，液体射流可以通过雷利分裂而分裂成各液滴；以及一用来使气体撞击各液滴流动、以防止液滴凝聚的气体喷口。

另一方面，本发明提供了一种制造雾化装置的方法，包括以下步骤：在一基本平的第一片层和一基本平的第二片层内形成一气体输送网络和一液体输送网络；在第一片层内形成一液体喷口，它形成一股液体射流，可通过雷利分裂将液体射流分裂成液体液滴；在第一片层内形成一气体喷口，用来使气体撞击各液滴流动，以防止各液滴凝聚；以及将第一和第二片层相连，从而使气体和液体输送网络能分别将气体和液体输送到各气体喷口和液体喷口。

应予理解的是，前述概述和以下的具体描述都是用于对本发明进行举例说明的，而对由所附权利要求书所限定的本发明没有限制作用。

附图的简要说明

下面将结合附图，对本发明作具体描述，各附图示出了本发明的几个较佳实施例。

图 1 是本发明雾化装置的第一实施例的俯视图。

图 2 是沿图 1 中线 2-2 截取的第一实施例的剖视图。

图 3 是沿图 1 中线 3-3 截取的第一实施例的剖视图。

图 4 是本发明雾化装置的第二实施例的俯视图。

图 5 是沿图 4 中线 5-5 截取的第二实施例的剖视图。

图 6 是本发明雾化装置的第三实施例的俯视图。



图 7 是沿图 6 中线 7-7 截取的第三实施例的剖视图。
图 8 是本发明雾化装置的第四实施例的俯视图。
图 9 是沿图 8 中线 9-9 截取的第四实施例的剖视图。
图 10 至图 17 是本发明雾化装置的第五至第十二实施例的俯视图。
图 18 是本发明雾化装置的第十三实施例的剖视图。
图 19 至图 23 示出了一种用来制造本发明雾化装置的较佳方法。
图 24 是本发明雾化装置的第十四实施例的剖视图。
图 25 至图 27 示出了用来制造所述第十四实施例的雾化装置的第一较佳方法。
图 30 至图 33 示出了用来制造所述第十四实施例的雾化装置的第二较佳方法。
图 34 是本发明雾化装置的第十五实施例的剖视图。
图 35 是本发明雾化装置的第十六实施例的俯视图。
图 36 是沿图 35 中线 36-36 截取的第十六实施例的剖视图。
图 37 是本发明雾化装置的第十七实施例的流体分布网络的示意图。
图 38 是图 37 所示的流体分布网络的局部放大图。
图 39 是沿图 37 中线 39-39 截取的所述第十七实施例的剖视图。
图 40 是沿图 37 中线 40-40 截取的所述第十七实施例的剖视图。
图 41 是沿图 37 中线 41-41 截取的所述第十七实施例的剖视图。
图 42 是沿图 37 中线 42-42 截取的所述第十七实施例的剖视图。
图 43 是一具有多个雾化装置的薄片的俯视图。

较佳实施例的具体描述

下面将对附图所示的各较佳实施例进行具体描述。

图 1 和图 2 示出了一雾化装置 40 的第一实施例。雾化装置 40 包括一基本上呈平面状的第一片层 42 和一基本上呈平面状的第二片层 44。各第一片层 42、第二片层 44 最好每 1 平方毫米面积上每分钟有 5 毫升的雾化液体。更佳的是，各第一、第二片层具有 5 毫米的长度，5 毫米的宽度和 1 毫米的厚度。

第一和第二片层 42、44 最好由一种可以被微加工并精密地熔合在一起的材料制成。更佳的是，第一和第二片层由一种可蚀刻的材料制成，诸如一种单质 (elemental) 半导体材料或碳化硅。较合适的半导体材料包括 (100) 定向硅、多晶硅和锗。除非本发明说明书中有所说明，目前较佳的是：本实施例和其它实施例中的这些片层由 (100) 定向硅制成。但是，在一些情况中，这些片层也可以由其它材料制成，诸如 PYREX (派热克斯玻璃)。

第一片层具有诸个可以形成液体射流的液体喷口 48，所述液体射流通过雷利

分裂而分成诸液滴。液体喷口 48 最好具有一圆形的横截面形状，它所产生的喷射扰动是最小的。液体喷口 48 最好具有 5 微米的厚度。液体喷口 48 的直径最好近似等于各液滴的理想 Sauter 平均直径的一半。在本较佳实施例中，液体喷口 48 具有 5 微米的直径，以产生 Sauter 平均直径为 10 微米的液滴。液体喷口 48 最好以十倍于液体喷口 48 直径的距离彼此相互隔开。

第一片层还具有诸个气体喷口 46，它们可以使气体撞击液滴流动，以防止各液滴相互凝聚。各气体喷口 46 最好具有一矩形的横截面形状，并且其长度最好是其宽度的两倍至三倍。更佳的是，各气体喷口具有 45 微米的长度，15 微米的宽度，以及 5 微米的厚度。在本实施例中，气体流过各气体喷口 46 的方向基本上是与液体流过各液体喷口 48 的方向相平行。

第一和第二片层 42、44 形成一将气体供送到各气体喷口 46 的气体供应网络。所述气体供应网络包括一可将气体供送到一气体通道 50 的气体入口 58。气体通道 50 可将气体供送到气体槽道 52，所述气体槽道 52 可将气体供送到各气体喷口 46。在一些情况中，每一气体槽道 52 均可分成为一组两个或多个相邻的狭窄气体槽道，以提高第一片层 42 的结构完整性。

第一和第二片层 42、44 还形成了一将液体供送到各液体喷口 48 的液体供应网络。所述液体供应网络包括一可将液体供送到一液体通道 54 的液体入口 60。所述液体通道 54 可以将液体供送到各液体槽道 56，各液体槽道可以将液体供送到各液体喷口 48。

气体和液体槽道 52、56 最好具有 100 微米的宽度、1 至 2 毫米的长度、以及一几乎等于第一片层 42 的厚度的厚度。如图 1 所示的，各气体槽道 52 和各液体槽道 56 最好是叉指形。

液体入口 60 最好在其入口处具有一过滤器 61，以将杂质从液体中除去，以防止液体喷口 48 堵塞。过滤器 61 最好具有许多极其微小的过滤孔，过滤孔可以是例如圆形或方形的。过滤孔最好其宽度小于或等于 1/3 的液体喷口 48 宽度。而且，过滤器 61 最好构造得可以很方便地将所俘获的颗粒从过滤器表面上除去。

在所述的较佳实施例中，在每平方毫米喷口阵列所占据的表面上以例如 10 米/秒的速度和 5 克/分的流率强制流过各液体喷口 48 的液体将形成液体射流，它们将由于雷利分裂机理而分裂成各液滴。

在每平方毫米喷口阵列所占据的表面上以例如 0.6 标准升/分的流率强制流过各气体喷口 46 的气体将形成气体射流，当它们离开气体喷口 46 时将膨胀扩散开来。膨胀的气体射流最终与由液体射流形成的各液滴相交并能防止与这些液滴凝聚，即，它们能防止邻近的各液体彼此相撞而形成更大的液滴。凝聚现象最好是借助提供足够大的气体流速来防止的，这样阻力就不会使液滴减速并彼此相

撞。凝聚现象最好还可以藉助提供足够大的气体紊流以使液滴轨迹移动从而使它们不会相互碰撞来防止。

如果液体射流在雷利分裂之前被气体射流充分扰乱，将使得液滴的尺寸不均匀。因此，气体喷口 46 应该设计成这样，在液体射流分裂之前，气体射流不会干扰液体射流。这可以藉助精心选择气体喷口 46、液体喷口 48 的侧向间隔（“侧向”是指垂直于液体流动方向的方向）和精心选择气体流速来实现。

当气体和液体喷口 46、48 被进一步分开时，气体射流对液体的撞击进一步朝下游方向移动。在最佳分裂时（可以根据经验或通过计算流体动态模型来确定），气体将撞击足够下游的液体，而且气体流速在该撞击区域将减慢，这样气体就不会干扰雷利分裂，且仍能防止凝聚现象。在该实施例中，侧向距离最好近似等于液体射流的一个分裂长度（即，从雾化装置的表面至将射流分裂成各液滴的位置的距离）、具体地说，当气体所具有的扩散角为 45° 时，目前认为 60 微米的距离是较佳的。

在液体射流的表面处，尤其是在液体喷口附近，较佳的是：气体流速不应超过液体射流和气体之间的速度差的上限，在此条件下雷利分裂过程控制液体射流分裂成各液滴。在气体喷口 46 处，气体流速可以超过雷利分裂过程起作用的所述速度差上限值很多，气体和液体喷口之间适当大小的侧向间距可以使气体射流侧向膨胀，并在来自气体喷口的气体到达液体射流表面之前得以充分减速。侧向间距还允许有空间用于有限紊流在膨胀气流内发展，它藉助扩散来自每一液体射流的一连串液滴的轨迹而有助于避免出现超过液体射流分裂点的液滴凝聚现象。

可以将雾化装置 40 分批地制造在薄片上，类似于集成电路的批量生产过程。例如，如图 43 所示，对一薄片进行加工以使它具有多个每一均能构成一雾化装置的第一片层 42 的部分。同样，对另一薄片进行加工以使它具有多个每一均能构成一雾化装置的第二片层 44 的部分。将各薄片对齐并相连以形成一批雾化装置，各雾化装置被分离并与各自的安装结构相连。或者，可在分开之前将各雾化装置与它们各自的安装结构相连。

为了便于理解，下面仅结合多个雾化装置中的一个雾化装置，对本发明的雾化装置的制造进行更为具体的描述。下面的描述详细说明了目前对于微加工硅片来说是较佳的某些过程。除非本说明书中另有说明，对于对本文所揭示的所有实施例的硅片进行微加工来说，使用这些方法目前是较佳的。

首先，在第一片层 42 内、在一与喷口 46、48 的底部和槽道 52 和 56 的顶部相对应的位置处设置一蚀刻挡块。可以藉助已知方法，诸如扩散、离子注入技术和外延生长、薄片结合和变薄方法来设置所述蚀刻挡块。虽然薄片结合和变薄方法要求使用两个片层来形成一蚀刻挡块，但是，在本说明书中将藉助该方法所形

成的产品视为一个第一片层 42。应予以注意的是，藉助避免在 600 至 1000°C 的温度范围内对第一片层加热很长一段时间，并藉助使用具有底氧含量的薄片，可以降低氧沉淀的形成。

接下来，将一掩护层设置或形成在第一片层 42 的第一侧上，随后根据集成电路制造中使用的传统技术将一蚀刻图案转印到所述掩护层上。对第一片层 42 的第一侧进行蚀刻以形成气体槽道 52 和液体槽道 56 的各部分。利用内埋的蚀刻挡块可以避免在蚀刻该槽道的过程中蚀刻到喷口 46、48 的壁面。较佳的是利用一种在制造集成电路中使用的已知的垂直壁微加工方法或一结晶蚀刻来蚀刻这第一侧。目前较佳的是利用一种垂直壁微加工方法，诸如硅深槽活性离子蚀刻 (silicon deep-trench reative ion etch) (RIE) 方法、垂直壁光电化学蚀刻 (PEC) 方法 (在 HF Electrolytes (1994) 的、由 Richard Mlcak 撰写的 “Electrochemical and Photoelectrochemical Micromachining of Silicon” (麻省理工学院论文) 中有所描述，本文将其援引作为参考)，以氢氧化物为基的蚀刻方法、或超声波加工。RIE 方法目前是较佳的。

在对第一侧进行加工之后，将一掩护层设置或形成在第一片层 42 的第二侧上，并且使一蚀刻图案与第一侧上的蚀刻图案对齐。然后，最好是利用一垂直壁微加工方法对第二侧进行蚀刻，以形成气体喷口 46 和液体喷口 48。

以与第一片层 42 相同的方式对第二片层 44 进行蚀刻，以形成气体入口 58 和液体入口 60。如果需要，可以对第二片层 44 进行蚀刻，以形成通道 50 和 54 以及槽道 52 和 56 的各部分。

然后，将第一、第二片层 42、44 连接起来以形成雾化装置 40。采用或不采用一可流动层 (例如，硼磷硅酸盐玻璃或磷硅酸盐玻璃) 或一合金层 (例如，金-铟或铜薄膜) 的硅熔融结合方法是目前用来将本实施例和其它实施例中的两片硅片层连接起来的较佳方法。

图 4-图 9 示出了第二至第四实施例，它们在很多方面都与图 1-图 3 所示的第一实施例相类似。下面对第二至第四实施例与第一实施例的差别进行描述。

图 4 和图 5 中示出了雾化装置 60 的第二实施例。在该实施例中，各气体喷口 46 构造成这样：流过各气体喷口 46 的气体流动方向相对于流过各液体喷口 48 的液体流动方向呈一角度延伸。气体喷口 46 要宽于第一实施例中的气体喷口，它们的宽度最好为 65 微米。

该第二实施例可以使气体与更靠近雾化装置 60 表面的液体相接触，而无需将槽道 52 和 56 的壁厚减小到一理想值之下。当例如液体射流具有很小的直径 (例如近似 2 微米) 并因此离所述表面仅一小段距离 (例如近似 100 微米) 将分离成液滴时，可能必需使气流撞击雾化装置 60 表面附近的液体。

图 6 和图 7 示出了雾化装置 70 的第三实施例。在该实施例中，每一液体槽道 56 均具有两列液体喷口 48。这样就可以提供更大的液体喷雾速率。

图 8 和图 9 示出了雾化装置 80 的第四实施例。在该实施例中，每一液体槽道 56 均具有两列液体喷口 48。另外，各气体喷口被构造成：流过各气体喷口 46 的气体流动方向与流过各液体喷口 48 的液体流动方向成一角度延伸。

图 10 至图 17 示出了本发明的第五至第十二实施例的局部俯视图。更具体地说，图 10 至图 17 示出了具有各种非圆形横截面形状的液体喷口 48，它们可以将扰动引入液体射流，它将支配着雷利分裂过程并产生单分散的雾。为了便于说明，将液体喷口 48 的这些视图都予以放大。

对于液体射流来说最稳定的横截面是完全圆形的形状。因此，完全圆形的液体射流内的初始扰动常常是非常小的，并且是随机的，所以，有时候非常容易受来自各气体喷口 46 的气体射流的扰动。

希望能将连续的扰动引入液体射流内，它将控制所述分裂过程并产生单分散的喷雾。所述扰动必须具有一相对较恒定的、与所述扰动所需的特定波长相对应的频率（该频率与射流速度产生的波长有关），或者一具有宽频谱的、包括与最快增长的扰动相对应的（雷利波长）波长在内的频率。非圆形，液体射流的衰减将产生一种具有很多频率的振动。具体地说，表面张力对液体射流的形状作重新修整，以消除那些曲率半径小于射流表面其它部分曲率半径的边缘。这样就可以在所述射流内建立一种振动，当适当优化（根据经验或通过计算）时，这种振动可以促进分裂成尺寸均匀的液滴。

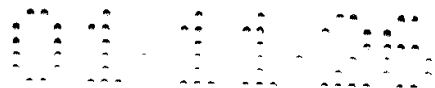
图 10 至图 17 所示的各种形状可以与结合任一其它所揭示的实施例进行图示和描述的相同的总体结构一起采用。由于还可以采用很多非圆形的喷口形状，因此，这些形状仅仅是为了举例说明之用。

图 18 至图 24 分别示出了本发明雾化装置的第十三和第十四实施例的局部剖视图。这些实施例包括将连续扰动主动地引入液体射流内的雾化装置，它将控制雷利分裂过程并呈现出一种单分散雾。

增长最快（并因此在没有主动驱动扰动时控制分裂过程）的自然（被动）扰动的波长是射流直径的 4.5 倍。因此，对于扰动来说，理想的频率可以利用公式 $v = f\lambda$ 来计算，式中， v 是速度， f 是频率， λ 是波长。

例如，如果射流直径是 10 微米，则目标波长就是 45 微米。如果液体的排放速度是 10 微米/微秒，对于一个波长来说需花费 4.5 微秒的时间经过一基准点，因此，驱动频率应该是 222 千赫。这通常是应用于其粘性近似对于水的液体，但不应用于高粘性液体。

图 18 所示的第十三实施例具有一液体喷口 48 结构，它可以与结合任一其它



实施例进行图示和描述的相同的总体结构一起使用。在该第十三实施例中，一些薄的柔性条片(strip)设置在每一液体喷口 48 的出口处。这些条片 90 将一扰动引入所述液体射流内。

这些柔性条片 90 从各液体喷口 48 的边缘延伸至液体流内，因此，当液体从液体喷口 48 射出来时，各柔性条片 90 就在射流内拍动。当液体流过液体喷口 48 时，这种拍动可将一自然振动传入液体内。当构造（以厚度、长度和刚度来表示）得使这种拍动振动的波长与雷利分裂所需的波长相差不大时，自然振动的频率将在有利于液体射流雷利分裂的正确范围内。通常，每一柔性条片 90 所具有的宽度最好小于液体喷口 48 的直径的 $1/10$ ，其长度最好小于液体喷口 48 的直径的 $1/2$ 。

下面将结合图 19 至图 23 对用来制造第十三实施例的雾化装置的较佳方法进行描述。

如图 19 所示，将一高强度表面掩护层 91 设置或形成在第一片层 42 上。掩护层 91 最好是四氮化三硅或二氧化硅和四氮化三硅。各条片 90 包含在用于液体喷口 48 的孔图形内，如图 20 所示的那样。然后，最好是利用一垂直壁微加工方法，但更好的是利用 RIE 方法将液体喷口制成如图 21 所示的那样。

如图 22 所示，进行一第二蚀刻步骤，以除去薄柔性条片 90 下方的硅。该第二蚀刻步骤可以是各向同性蚀刻（例如，等离子蚀刻）或结晶蚀刻（例如氢氧化钾），只要各条片 90 下方的硅的各侧面不是 (111) 平面即可。这样会导致喷口发生一定程度的扩张，因此，掩护层的开口尺寸必须对此扩张进行补偿。

接下来，如图 23 所示，以一种与前述第一实施例相同的方式形成用于各液体喷口 48 的液体槽道 56。

图 24 所示雾化装置 94 的第十四实施例具有一液体喷口 48 结构，它可以与结合任一其它实施例图示和描述的相同的总体结构一起使用。在该第十四实施例中，一些流体反馈振荡器 96 设置在每一液体喷口 48 的出口附近。这些流体反馈振荡器 96 可将扰动引入液体射流内。

流体反馈振荡器 94 是借助在液体喷口 48 内形成一些再循环部分而形成的，这样就可以在流体流动图形中产生再循环区域。这些再循环区域是这样一些反馈回路，所述反馈回路可以在液体流过液体喷口 48 时使液体内产生用于自然振动的状态。当流体反馈振荡器 96 构造得使反馈振动波长与雷利分裂所需的波长相差不大时，自然振动频率将在有利于液体射流雷利分裂的正确范围内。

利用流体反馈振荡器 56 可以很方便地获得所需频率。振动的周期近似等于流体流过一个流动反馈路径的时间的两倍。因此，流体反馈路径的长度应该是射流直径的 2 倍的数量级。可以根据经验来确定具体的几何形状。

下面将结合图 25-图 29，对用来制造第十四实施例的雾化装置 94 的第一种较佳方法进行说明。

如图 25 所示，一高强度掩护层 91 设置或形成在第一片层 42 上。掩护层 91 最好是四氮化三硅或二氧化硅和四氮化三硅。

接下来，最好是利用各向同性硅蚀刻法将各反馈振荡器 96 形成得如图 27 所示的那样。例如，这种各向同性蚀刻法可以是等离子蚀刻法。

如图 28 所示，如果各反馈振荡器 96 的理想深度小于液体喷口 48 的理想深度，则最好利用一种垂直壁(各向异性)硅蚀刻法来完成第二喷口蚀刻步骤。例如，这种各向异性蚀刻法可以是 RIE 法。

接下来，如图 29 所示，以一种与前述第一实施例中相同的方式来形成用于各液体喷口 48 的各液体槽道 56。

下面将结合图 30 至图 33 对用来制造第十四实施例的雾化装置的另一方法进行说明。

如图 30 所示，将一高强度掩护层 91 设置或形成在第一片层 42 上。所述掩护层 91 最好是四氮化硅或二氧化硅和四氮化硅。如图 31 所示，利用一种垂直壁微加工方法，诸如 RIE 方法来制造一喷口。

在第二蚀刻步骤中，进行结晶蚀刻，诸如氢氧化钾蚀刻，以制造出如图 32 所示的形状。

接下来，以与第一实施例中相同的方式形成用于各液体喷口 48 的各液体槽道 56。在该实施例中，在第二蚀刻和第三蚀刻中都使用了内埋式蚀刻挡块。

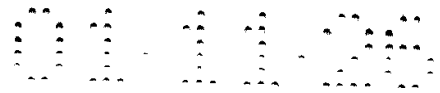
图 34 示出了本发明雾化装置 98 的第十五实施例的剖视图。该实施例提供了一种可以与任一其它实施例一起使用的大块陶瓷压电式振荡器 101。

该压电式振荡器 101 包括一压电陶瓷板 103 和铜箔 105。各铜箔 105 与一高压交流电源 107 相连，所述高压交流电源可以将一驱动电压供送给压电式振荡器 101。可以改变所述驱动电压以使振荡器 101 的频率变成雷利分裂的理想频率。

所有液体射流阵列内的主扰动可以由压电式振荡器 101 来提供，所述压电式振荡器可以位于各片层的前侧、后侧或侧面。压电振荡器的缺点是一它需要一外部高压频率发生器—它可以被以下优点所抵销，即，它可以与液体流率无关地控制所述驱动频率。

图 35 和图 36 示出了雾化装置第十六实施例 140。该实施例与图 1 至图 3 所示的第一实施例相同，只是该第十六实施例具有一不同的气体输送网络。该气体输送网络可以与任一前述实施例一起使用。

雾化装置 140 包括一基本上平的通气层 142，它可以形成用于气体的通气腔 143。气体入口 58 将气体从一气体贮器输送到通气室 143，随后再将气体供送到



各气体喷口 46。虽然通气层 142 可以由诸如 PYREX 之类的其它材料形成，但是最好还是由硅形成。

各气体喷口 46 的厚度比第一实施例中的明显要大，它延伸穿过第一和第二片层 42、44，以与通气室 143 流体连通。另外，各气体喷口 46，以及本实施例中的其它构件最好具有与第一实施例中相同的尺寸。各液体喷口 48 和各液体槽道 56 最好具有与第一实施例中的相同的尺寸。

第十六实施例的雾化装置 140 可以成批地制造在各薄片上，与第一实施例的雾化装置相类似。每一片层的内表面最好是利用一垂直壁微加工方法来形成的。然后使各片层对齐并藉助将硅熔融结合使它们相连以形成雾化装置 140。

图 37 至图 42 示出了本发明的第十七实施例 148。该实施例在很多方面都与图 1 至图 3 所示的第一实施例相同。但是，该第十七实施例具有较复杂的气体和液体供应网络，包括诸导管、通道和叉指式供应槽道。这些供应网络还可以与其它一些实施例一起使用。

如图 37 所示，气体通过一气体入口 118 进入并流过一个导管 150 至一些较小的通道 152。来自各通道 152 的气体流入更小的槽道 108，这些槽道将气体供送到各气体喷口 110。同样，液体通过一液体入口 120 进入，流过各导管 154，流过诸个较小通道 156，并流过更小的槽道 114，这些槽道将液体供送到各液体喷口 116。

如图 39 所示，所述雾化装置包括一连接块 158、一基本平的过滤层 160、一基本平的第一片层 102，以及一基本平的第二片层 104。每一过滤层 100、第一片层 102 和第二片层 104 所具有的长度和宽度最好是由理想的液体雾化速率确定（基于分裂速率，诸如每平方毫米喷口为 10 毫升/分）、其厚度在用来进行批量微加工的硅晶片的标准范围内（例如 500 微米）或在用于 PYREX 的标准范围内（例如 500 微米至 4 毫米厚）。

连接块 158 具有一气体入口 118 和一液体入口 120，用来与气体和液体贮器相连。连接块 158 最好由铁或其它不能渗透液体的可机加工材料制成。

如图 41 所示，过滤层 160 具有一将气体供送到气体导管 150 的主供气管 162。主供气管 162 通过一 O 形圈 164 与气体入口 118 相连。

过滤层 160 还具有一将液体供送到各液体导管 154 的主供液管 166。主供液管 166 通过一 O 形圈 168 与液体入口 120 相连。

主供液管 166 包括多个细长的槽道 170（图 41 和图 42）。每一槽道 170 在其入口处均具有诸个过滤孔 173。这些过滤孔 173 可以例如是圆形的或方形的，并且其宽度最好小于或等于各液体喷口 116 的宽度的 1/3。如图 42 所示，各过滤孔 173 可以藉助使流体流入液体入口 120 并从一冲洗口 172 流出而得到冲洗。在正

常工作过程中，该冲洗口 172 是封闭的，除非使用一再循环液体泵系统。

不同于第二片层 104 和过滤层 160，第一片层 102 最好由 PYREX 制成。第一片层 102 具有诸个气体导管 150 和液体导管 154(图 39)，它们与主供气管 102 和主供液管 166 呈流体连通。第一片层 102 还具有诸个气体通道 152(未在剖视图中显示)和液体通道 156(图 40)，它们与气体导管 150 和液体导管 154 呈流体连通。

第一片层 104 具有诸个气体槽道 108 和液体槽道 114(图 39)，它们与气体通道 152 和液体通道 156 呈流体连通，并且槽道最好是叉指式的。各气体槽道 108 和液体槽道 114 可以将气体和液体供送到那些形成在第二片层 104 一表面上的气体喷口 110 和液体喷口 116。气体槽道 108 和液体槽道 114 以及气体喷口 110 和液体喷口 116 所具有的尺寸最好与第一实施例中的各槽道和各喷口的尺寸相同。

第十七实施例的雾化装置 148 可以分批地制造在各薄片上，与第一实施例的雾化装置相类似。每一片层的内表面最好是利用一种垂直壁微加工方法来形成。但是，由 PYREX 制成的第一片层 102 的内表面最好是利用超声波加工来形成。然后使过滤层、第一片层和第二片层相对齐并藉助阳极结合而相连。由钢制成的连接块 158 的气体入口 118 和液体入口 120 最好是藉助通用的加工方法来形成的，然后将通气层、第一片层和第二片层通过 O 形圈 164 和 168(或一密封垫圈)与所述连接块相连，以形成所述雾化装置。

本发明具有各种优点。

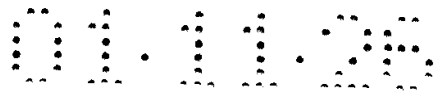
本发明的雾化装置可以提供这样一种喷雾，其中，所述喷雾内液体容积的 90% 将成为其直径是 Sauter 平均直径的 $\pm 50\%$ 的液滴形式。换言之，本发明可以提供一种单分散的喷雾。

本发明的雾化装置可以具有例如小于 2 的较低的气体-液体质量比。

本发明将各气体喷口散置在各液体喷口之中，以防止液体射流被雾化装置表面上的各液滴所俘获。例如，一直径为 1 微米的射流不能穿透位于所述雾化装置喷口上的 1 毫米厚的液滴。各气体喷口可以防止较厚的液滴形成在雾化装置的表面上。

本发明解决了因较大的阻力作用在极小的液滴上而产生的液滴凝聚问题。极小的液滴在空气中迅速减速，并被位于它们之后的液滴所击中，并相结合而形成更大的液滴。这严重降低了喷雾的单分散特性。本发明通过提供一种气体合流 (coflow) 克服了该问题，该合流在或者超过液体射流分裂点具有一高得足以防止大部分液滴彼此相互撞击的速度，由此防止凝聚现象产生。该合流还能提供紊流扰动作用，它能极其有效地使液滴轨迹偏离来自液体喷口的射流。在射流被分裂之后，紊流扰动和合流速度的组合接近等于或大于所需的射流速度。

本发明不允许合流空气射流干扰雷利分裂过程，或者导致液滴的二次雾化。



通过以一适当距离来定位各气体喷口，可以将液体喷口附近的合流速度保持为较低值。

由于设置了一个高品质的非泻流式(non-shedding)过滤器，所以本发明可防止喷口的局部堵塞，所述过滤器作为喷雾装置的整体构件，最好是以这样一种方式来使用，即，最终的用户从不打开过滤器和微喷口阵列薄片之间的喷雾装置。

本发明提供的喷雾装置具有诸个流体振荡器，它们可以在射流内产生膨胀的或曲张的波，它要优于那些产生正弦波的流体振荡器。只需压力和流体振荡器结构就可以对液体射流进行主动的、能加以良好控制的干扰。而且，各流体振荡器具有理想的特性，即，频率趋于正比于排放速度，因此干扰波长是恒定的，就好象射流内增长最快的自然(被动的)干扰的波长是恒定的。

本发明藉助将喷口厚度保持得相对于喷口直径来说较小(在本发明中，喷口的厚度与直径之比一般小于4，通常小于1)，可以将喷口的压力降减至最小。传统的机加工技术不能生产出厚度为几微米的坚强的喷口。但是，采用微加工技术和片层结合技术，可以制造出厚度仅为几微米的坚强的喷口(例如，在100微米宽的槽道上一4微米厚的喷口可以承受100psi(磅/平方英寸)的运送压力，而不会发生破裂或断裂现象)。

此外，这些雾化装置可以藉助一些能进行批量制造的方法来形成，因此，可以在一薄片上同时生产出几百甚至1百万个以上的雾化装置。

本发明还可以提供较大的喷口阵列。这对于对于一生产环境来说，如果要获得较高的流动速率、或者将流动速率按比例增大，这将是很重要的。

这些雾化装置还可以藉助这样一些方法来制造，即，这些方法能使每一雾化装置精确制造地彼此相同，且能根据精确尺寸要求来制造。如要使一雾化装置和下一雾化装置，或者是一批雾化装置和下一批雾化装置具有可再现的喷雾特性，这将是很重要的。

本发明可以制得尺寸均匀的液滴，在某些诸如材料处理(例如，藉助喷射干燥方法来生产药粉)和医用喷雾装置之类的应用中，这是很重要的。

本发明藉助将(a)运送槽道宽度和(b)喷口厚度的比值保持得足够低以便不会发生破裂和/或断裂现象，可以使具有较小厚度的喷嘴的较大阵列进行高压作业。

本发明藉助使用高效的、节省空间的运送槽道网络，将流体运送到喷嘴的较大阵列，而不需要很多空间。借助批量生产可以高效地制造这些网络。可以同时在一层或一叠片层上同时形成几十、几百、甚至几千个运送槽道，而不是一次形成一个槽道。而且，可以形成多层运送槽道。这对喷嘴的较大阵列进行运送是很重要的。

本发明还可以提供多流体阵列，其中相邻的喷口可以释放出不同的流体。

显然，对于本技术领域的那些熟练人员来说，在不背离本发明的保护范围或精神的情况下，还可以对本发明作出种种修改和变化。

根据本说明书和本文所揭示的本发明的实践，本发明的其它实施例对于本技术领域的那些熟练人员来说是显然的。应予认识的是，本说明书和各例子仅仅是为了举例说明，本发明的实际保护范围和精神应由所附的权利要求书来确定。

说明书附图

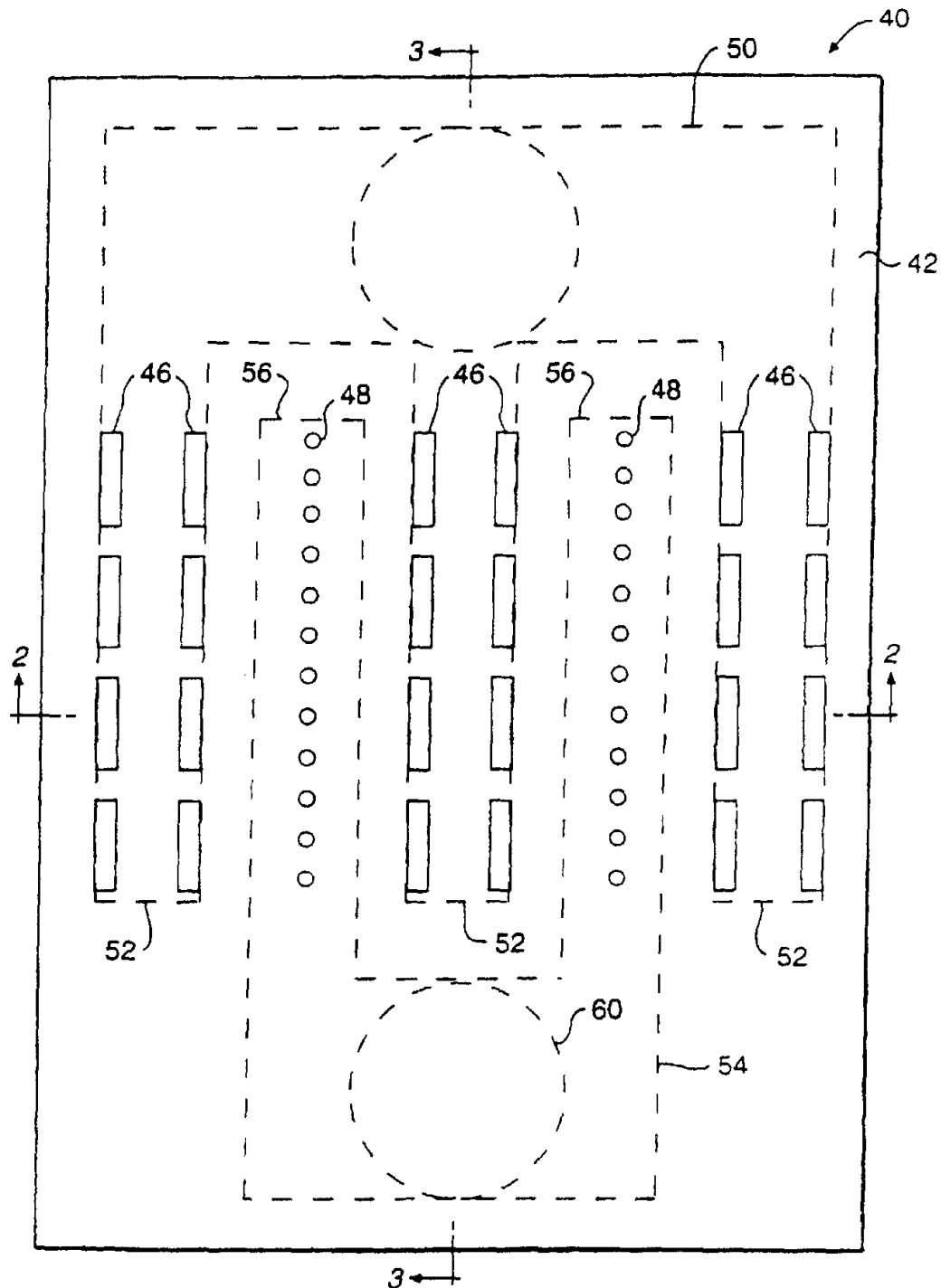


图 1

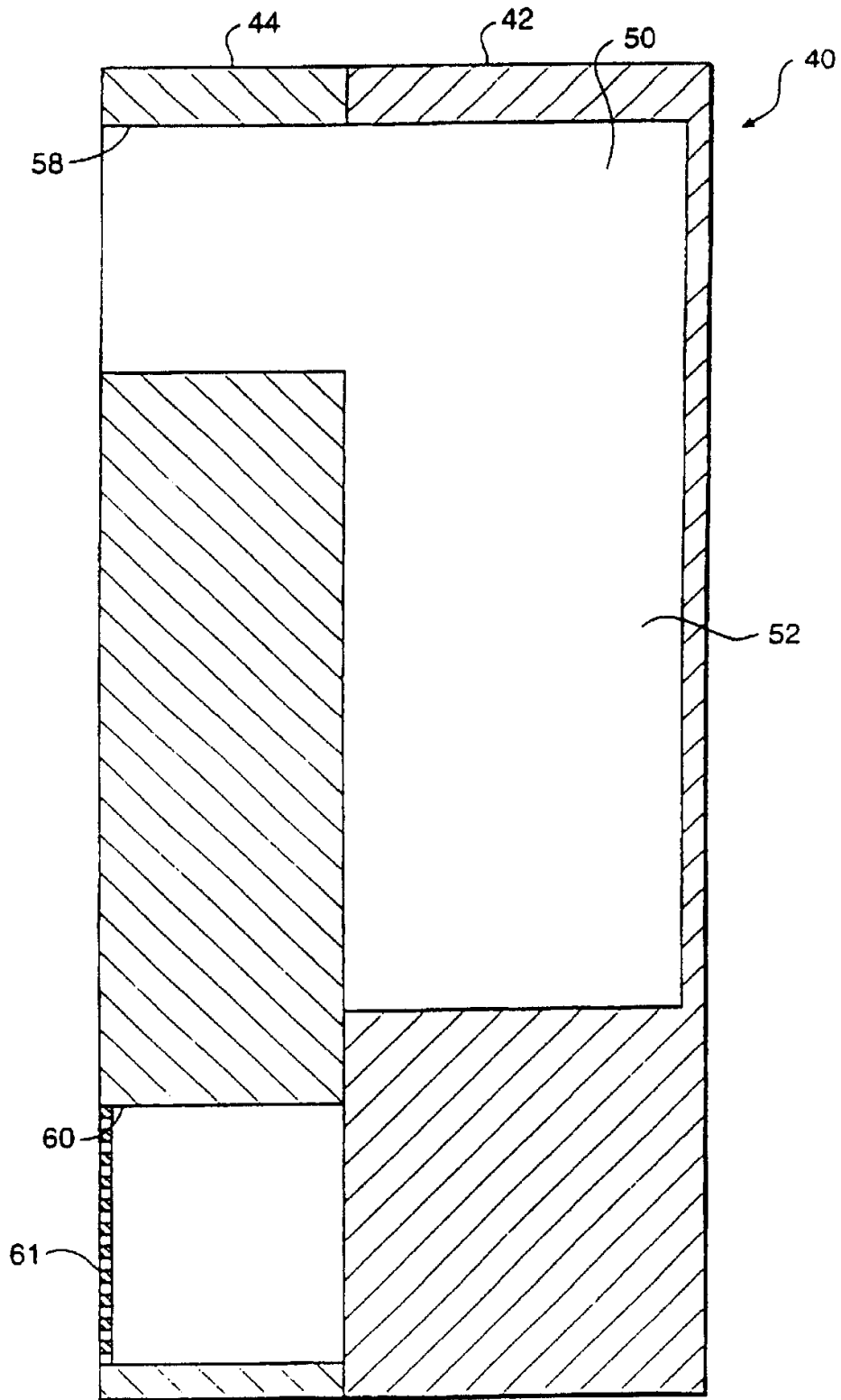


图 3

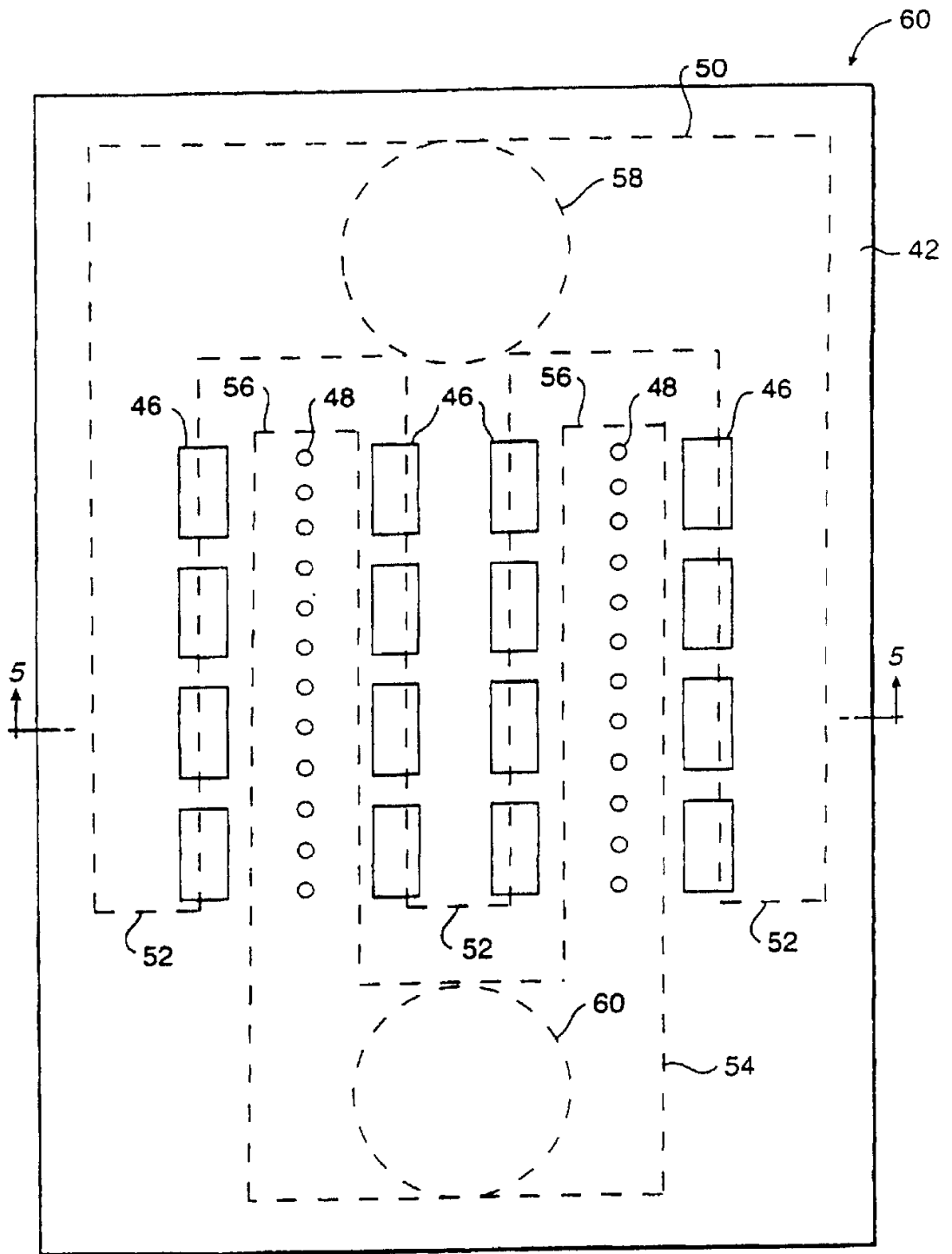
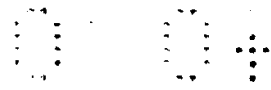


图 4

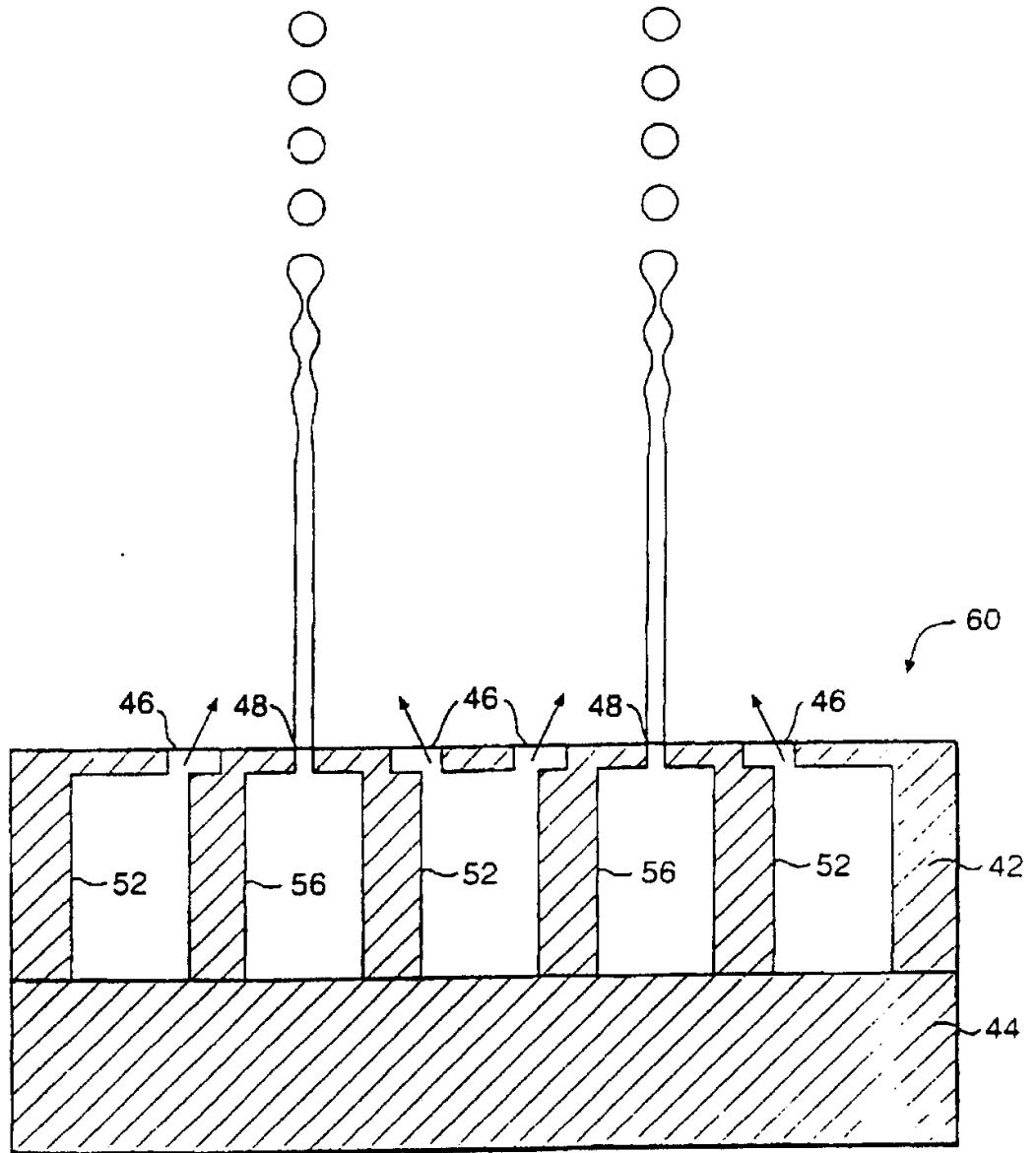


图 5

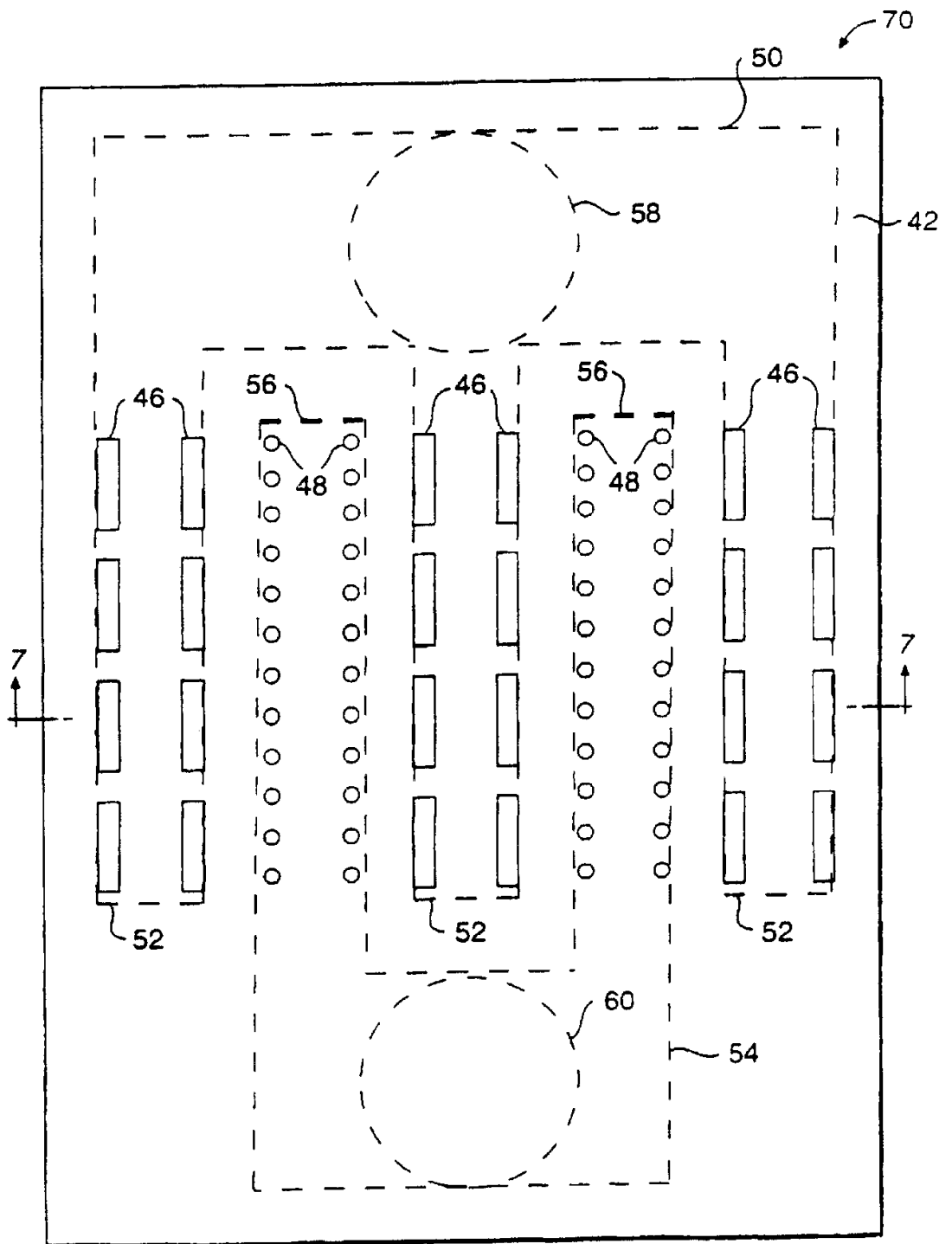


图 6

1004

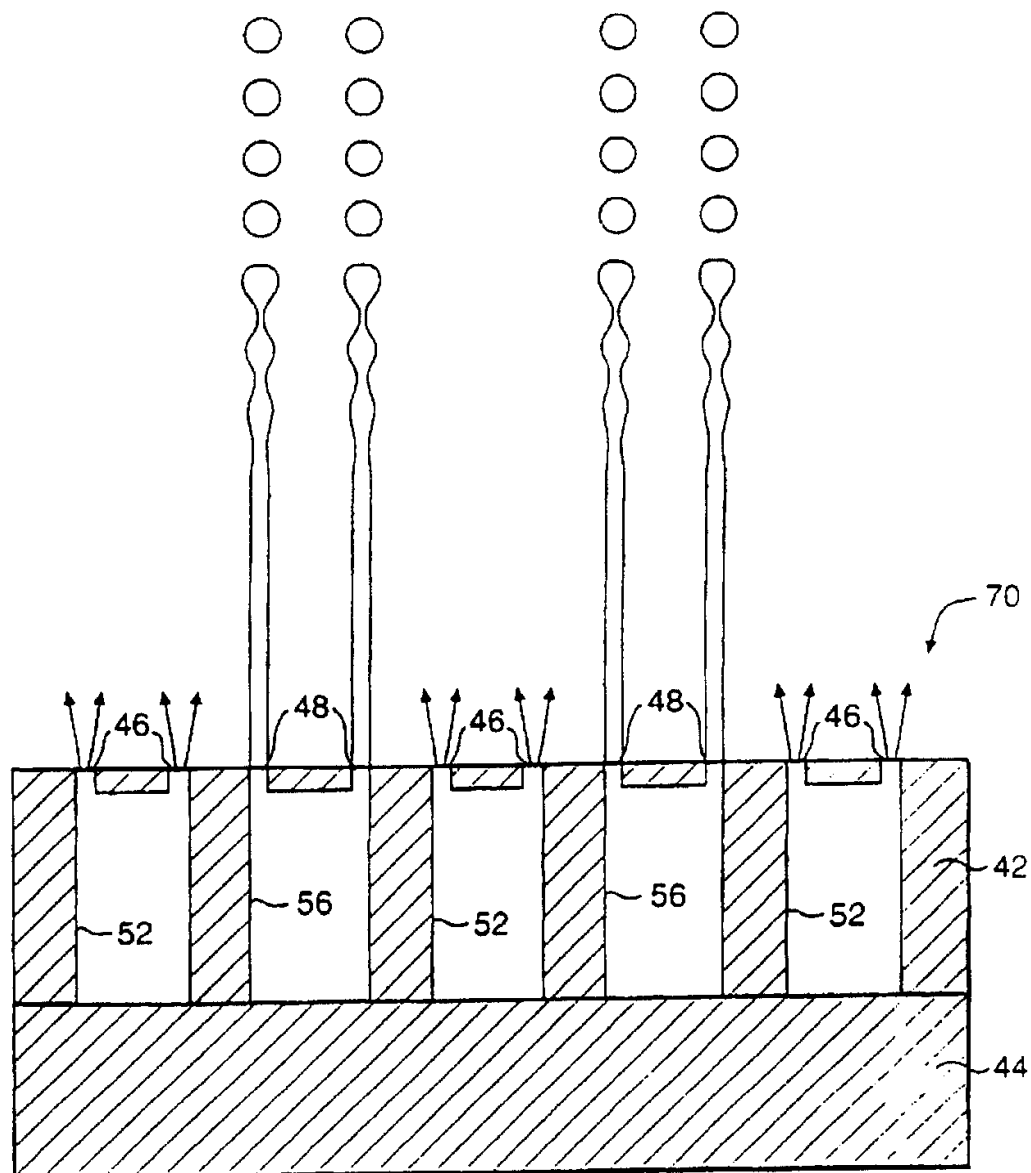


图 7

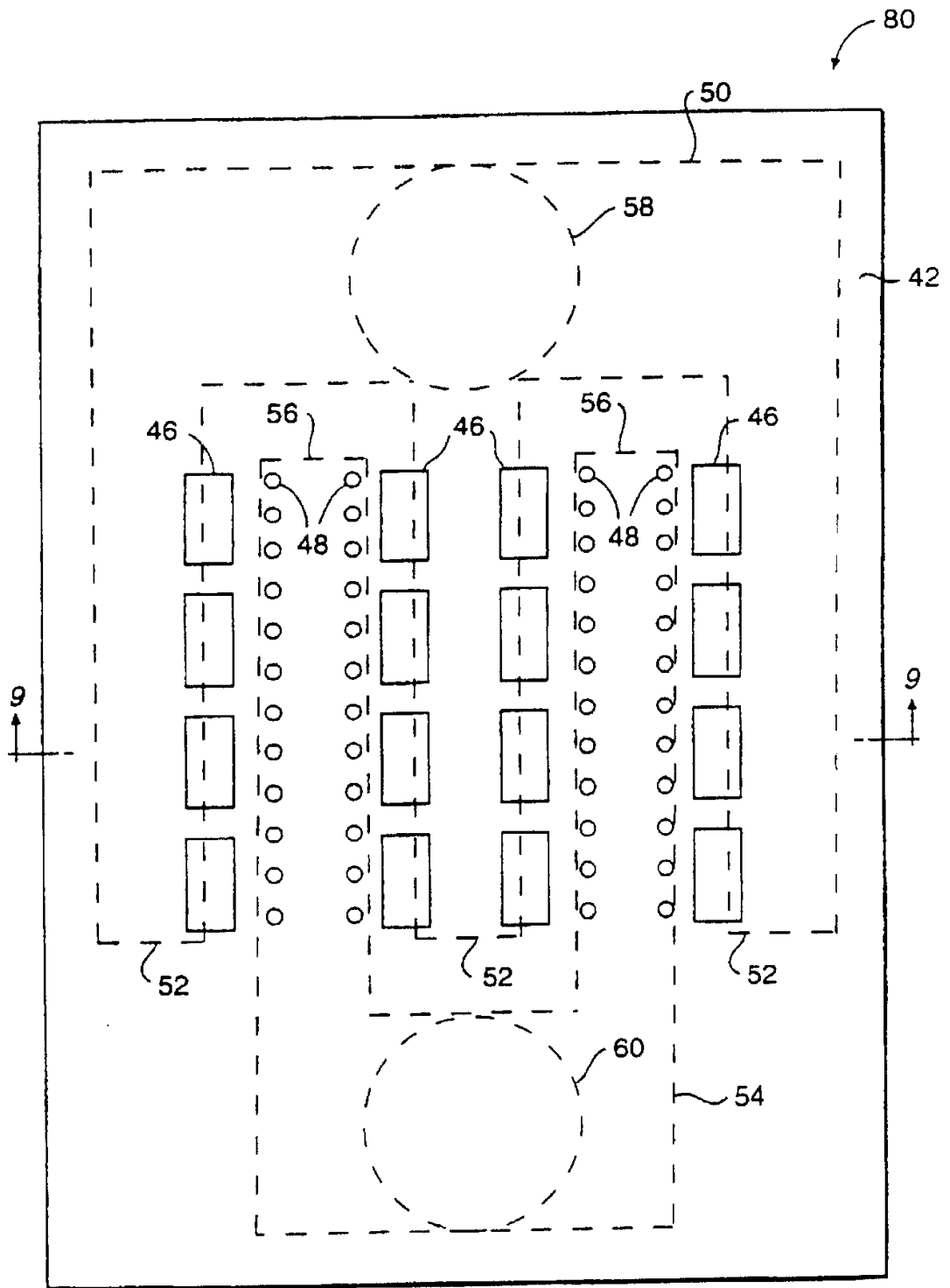


图 8

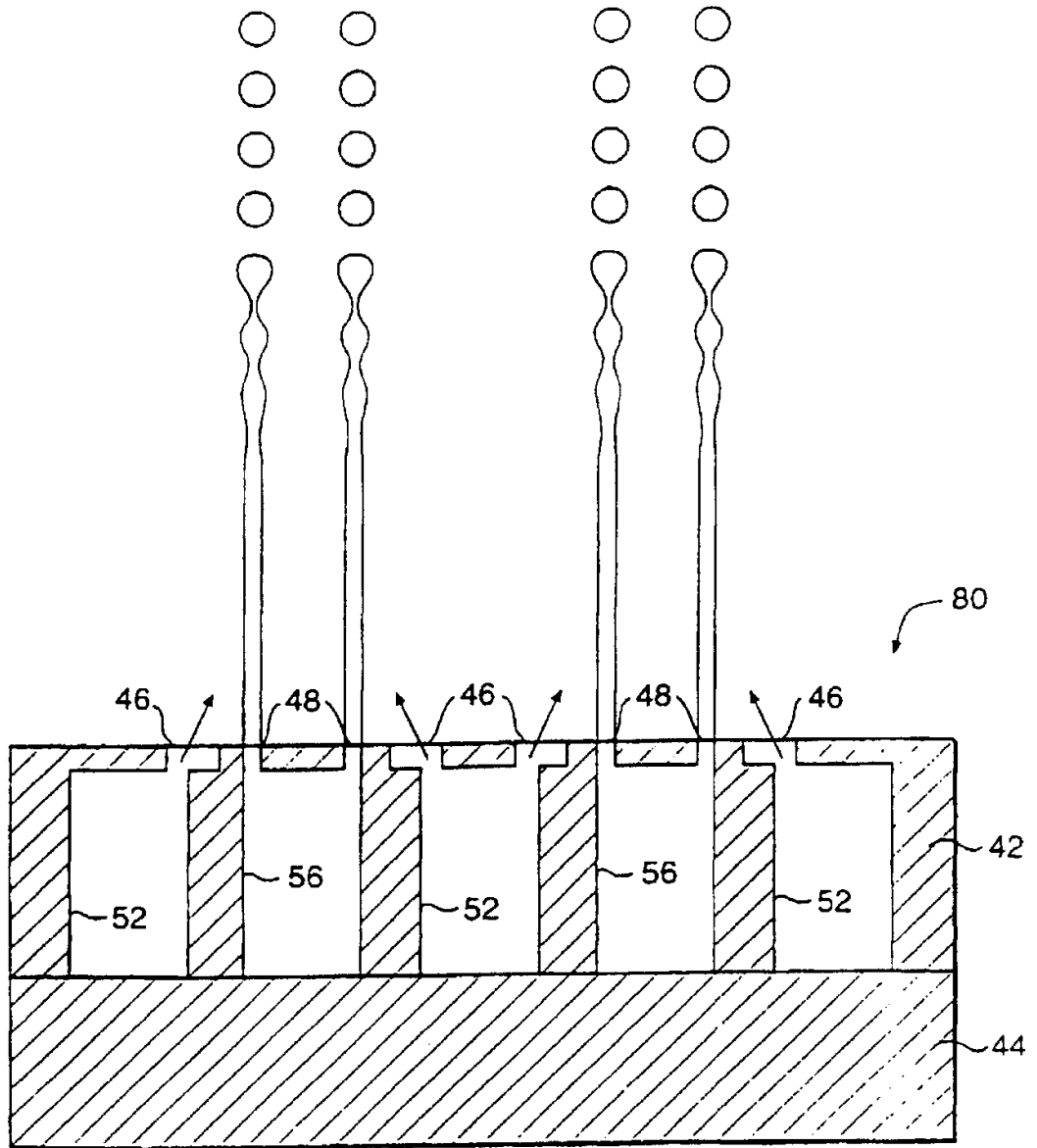


图 9

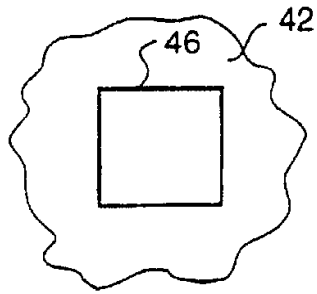


图 10

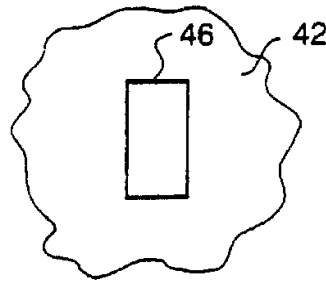


图 11

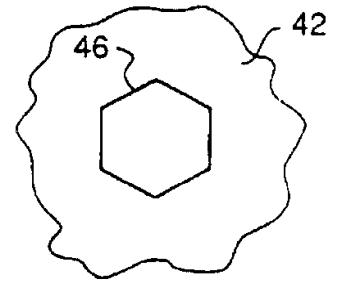


图 12

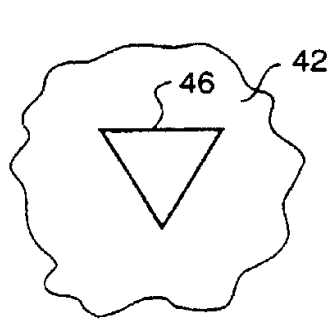


图 13

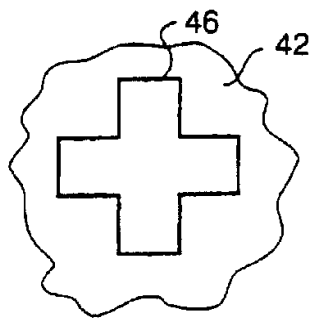


图 14

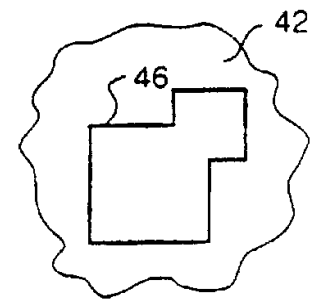


图 15

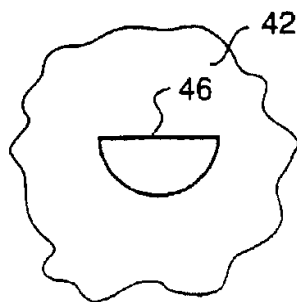


图 16

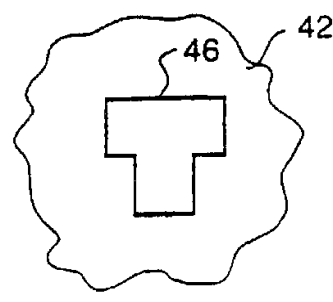


图 17

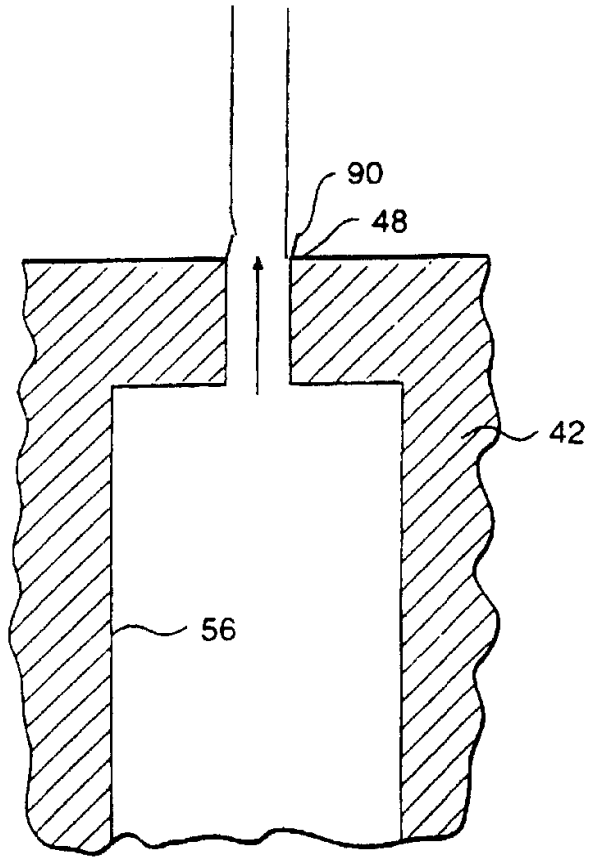


图 18

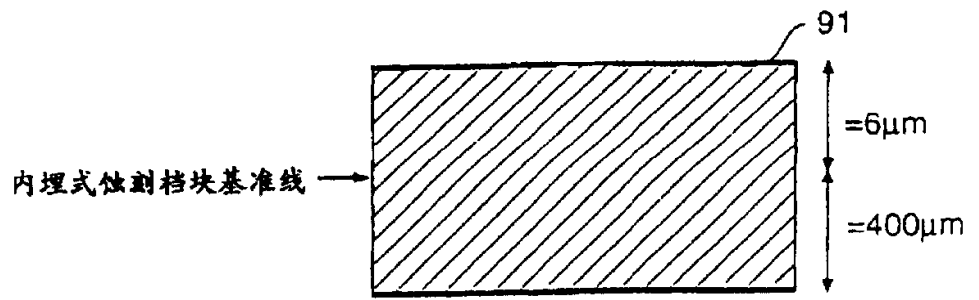


图 19

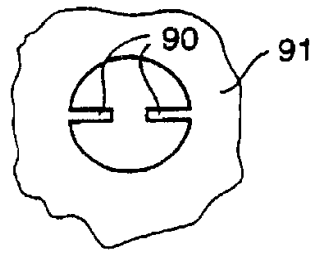


图 20

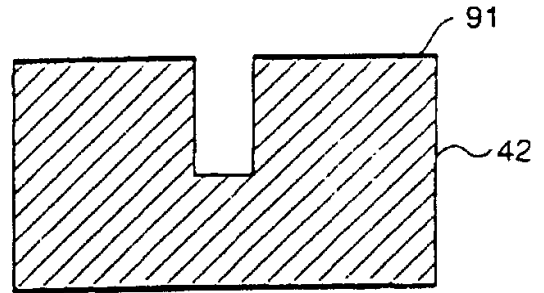


图 21

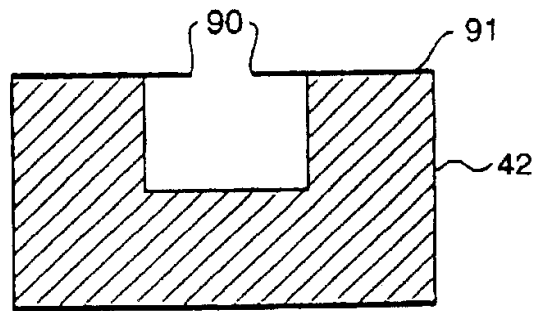


图 22

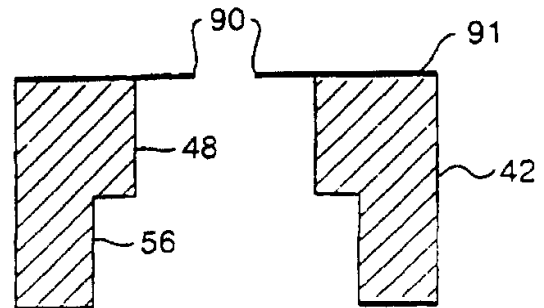


图 23

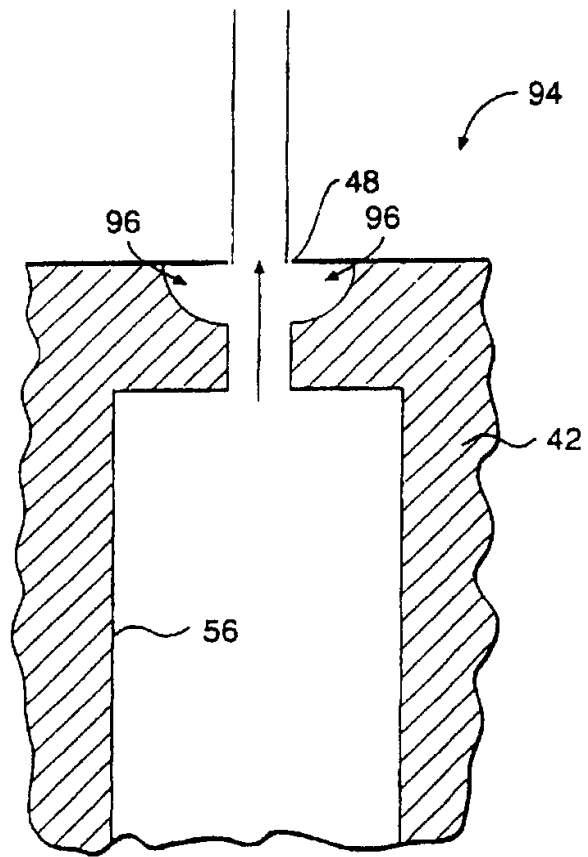


图 24

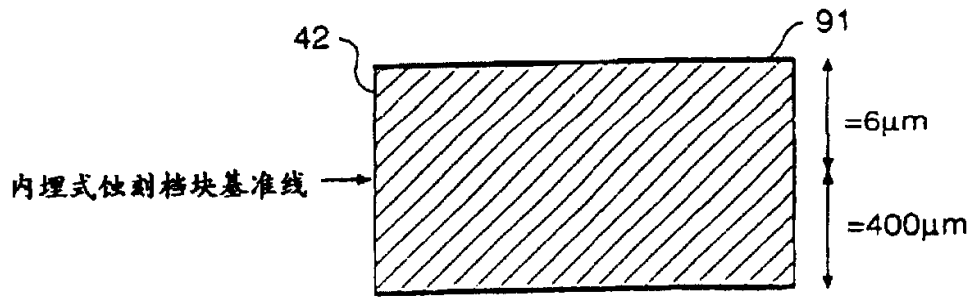


图 25

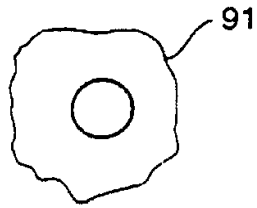


图 26

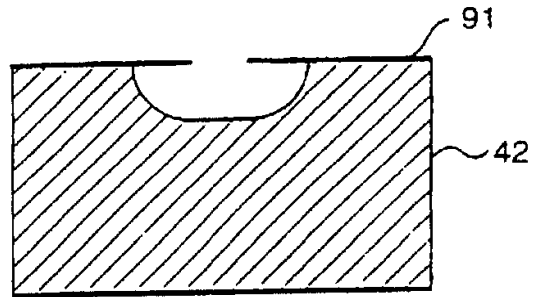


图 27

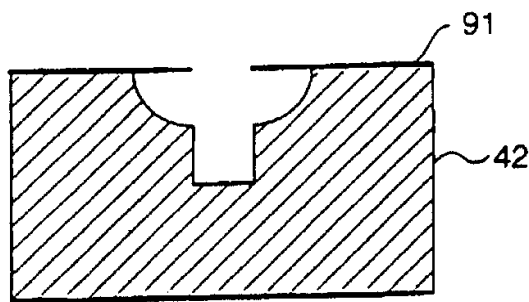


图 28

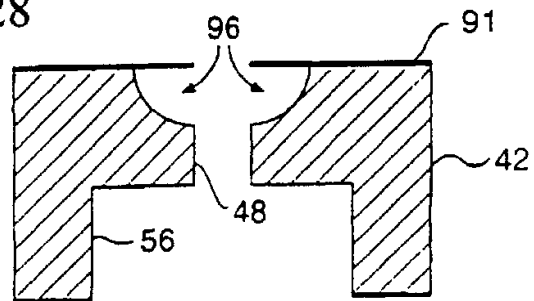


图 29

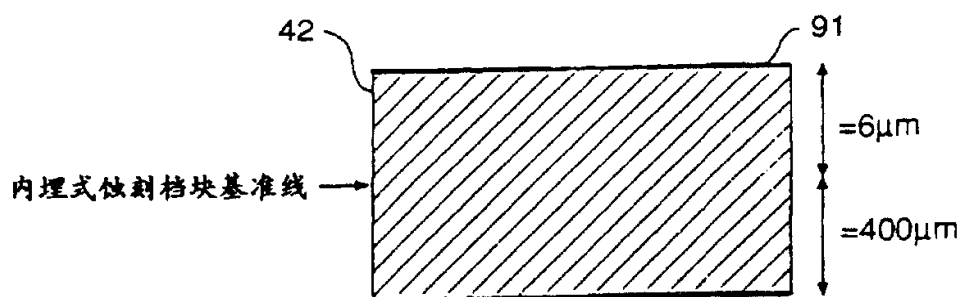


图 30

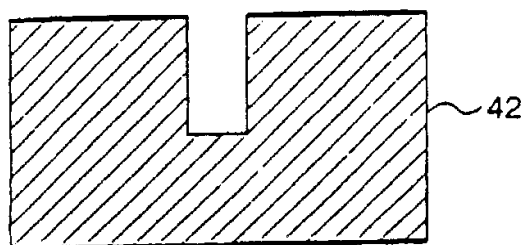


图 31

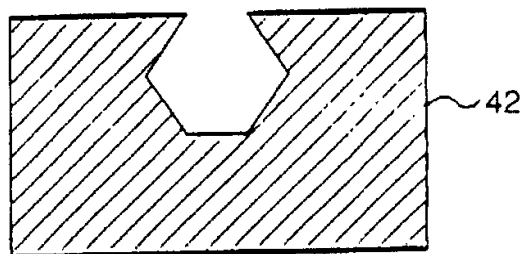


图 32

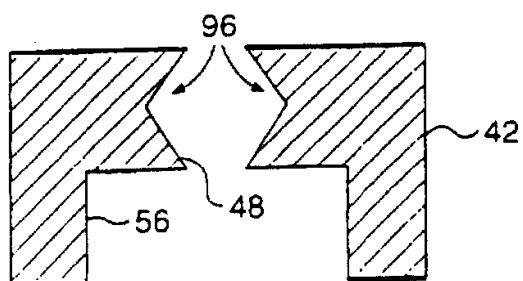


图 33

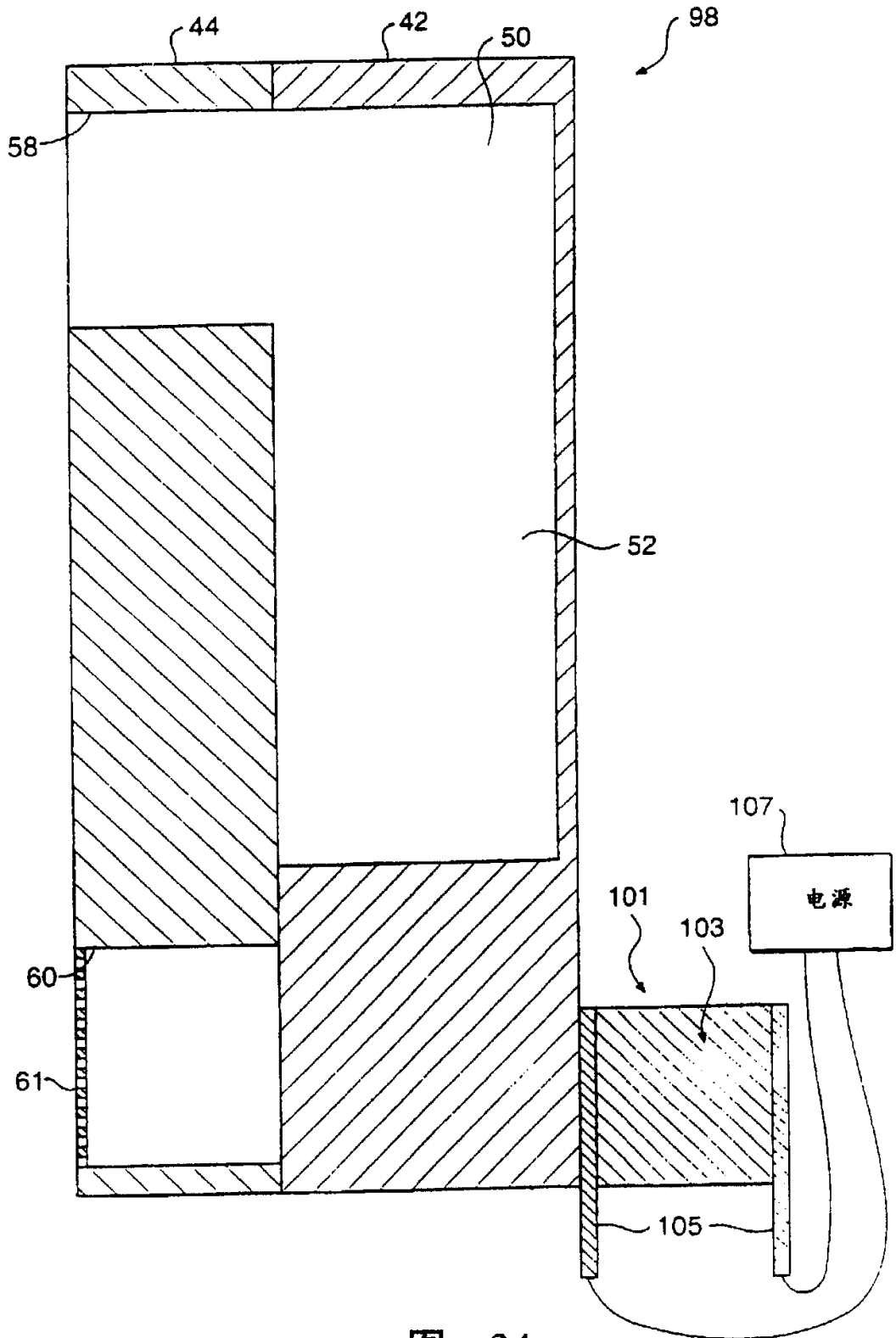


图 34

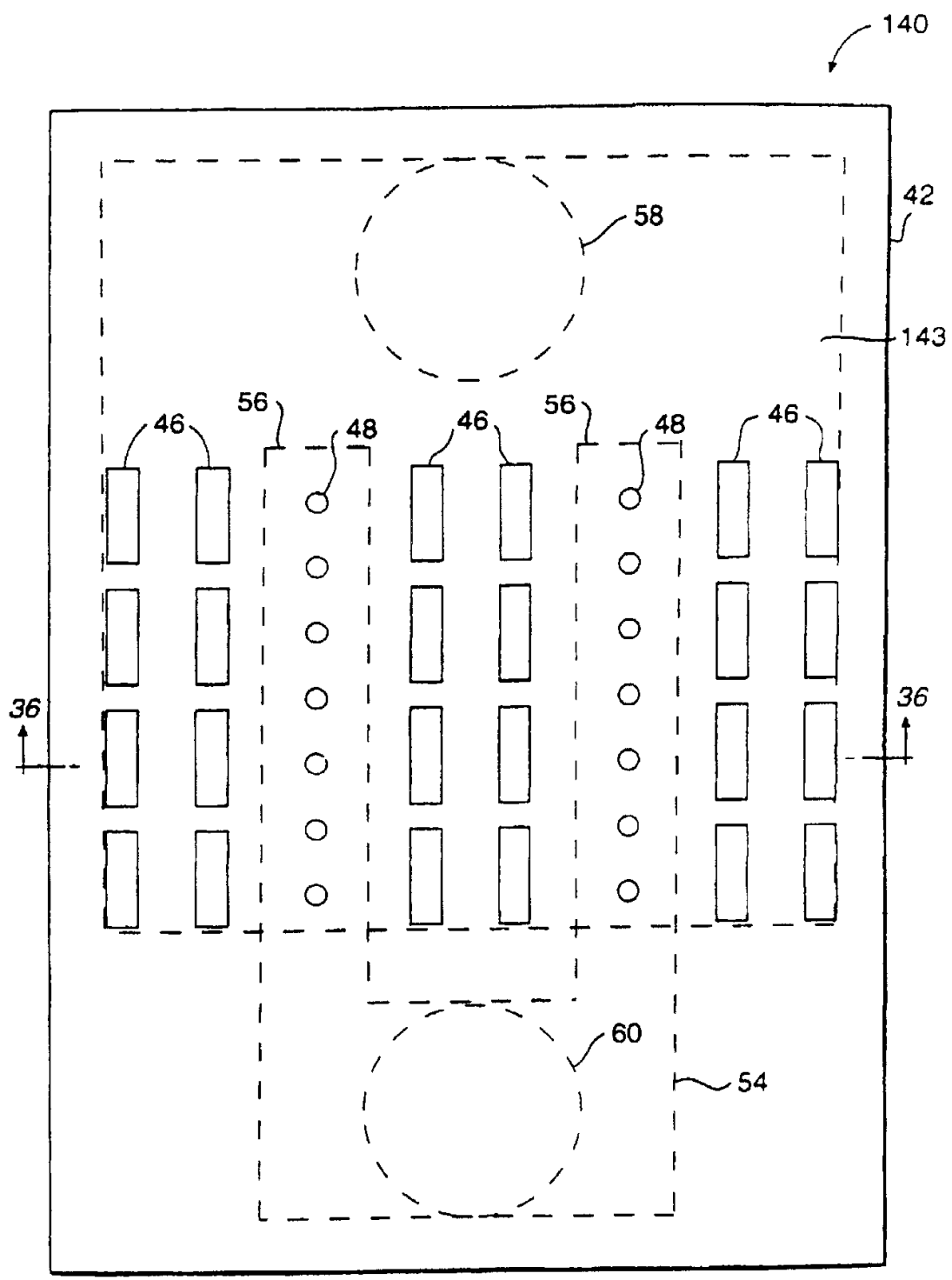


图 35

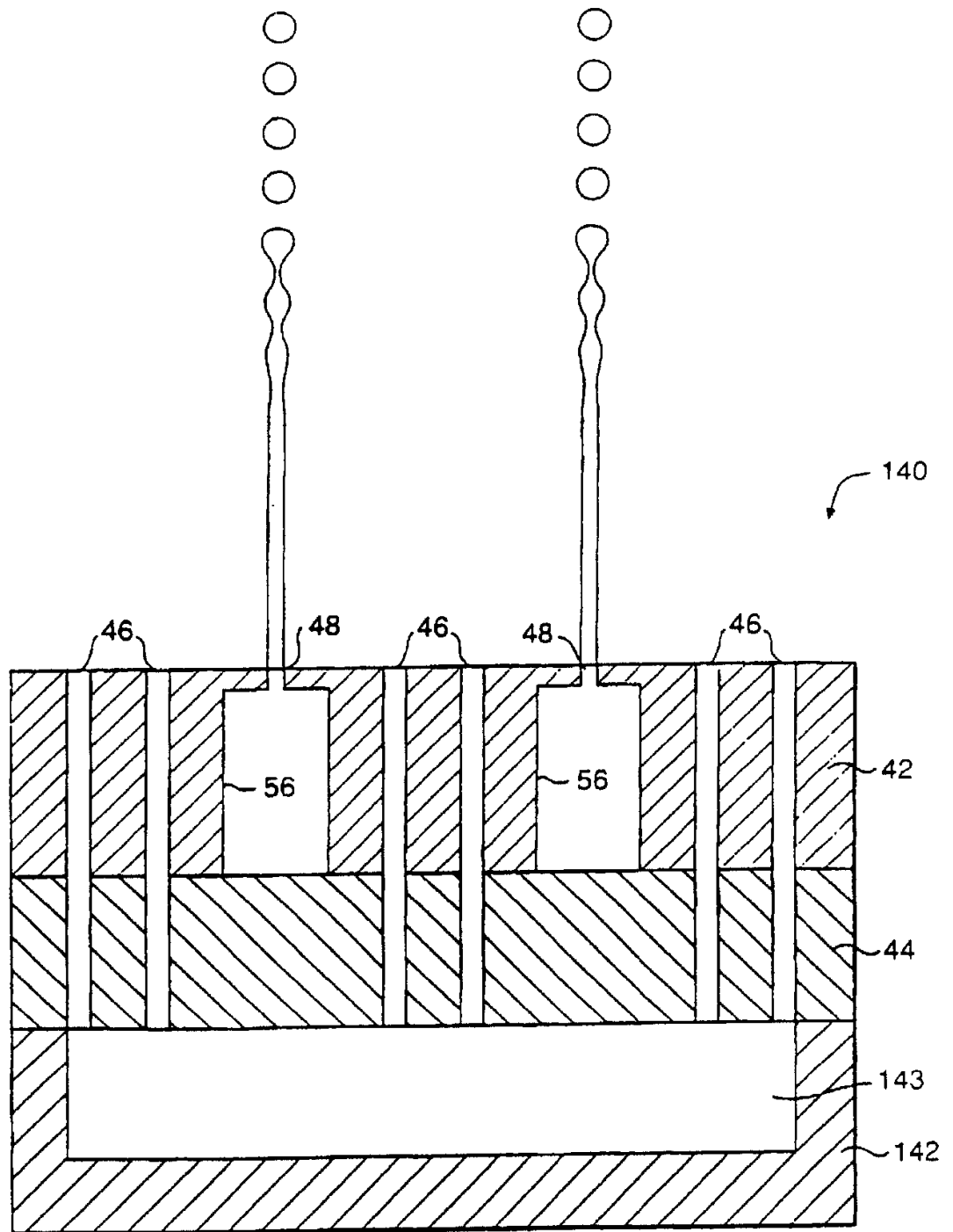


图 36

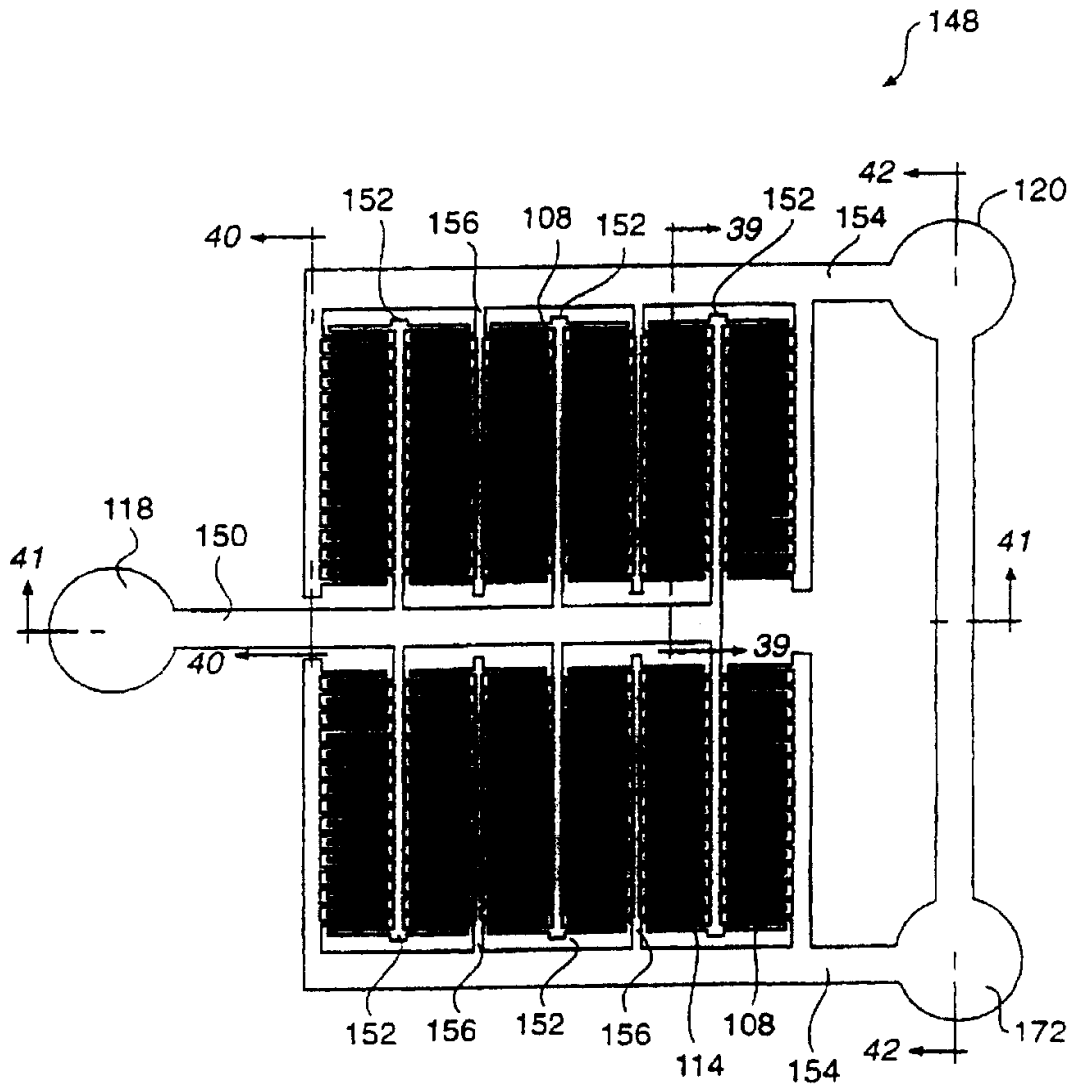


图 37

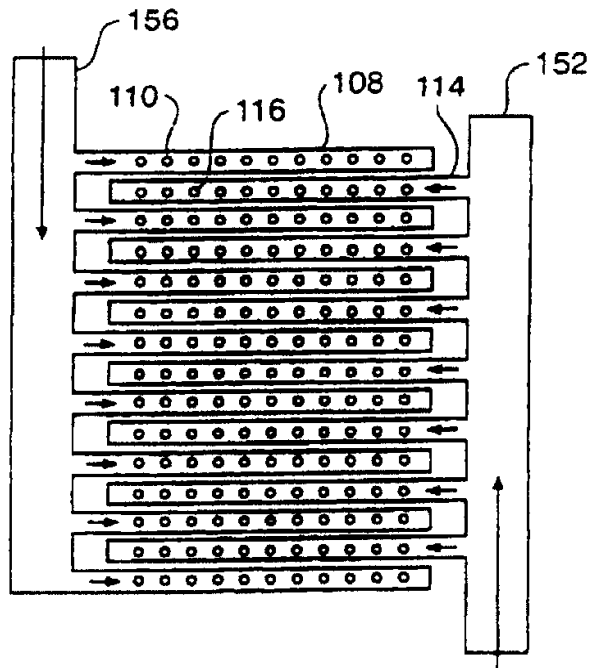


图 38

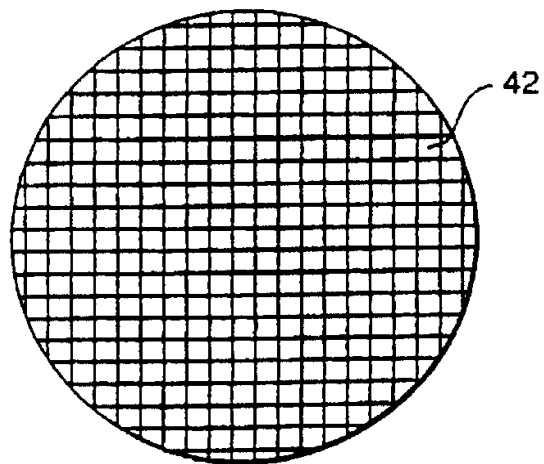


图 43

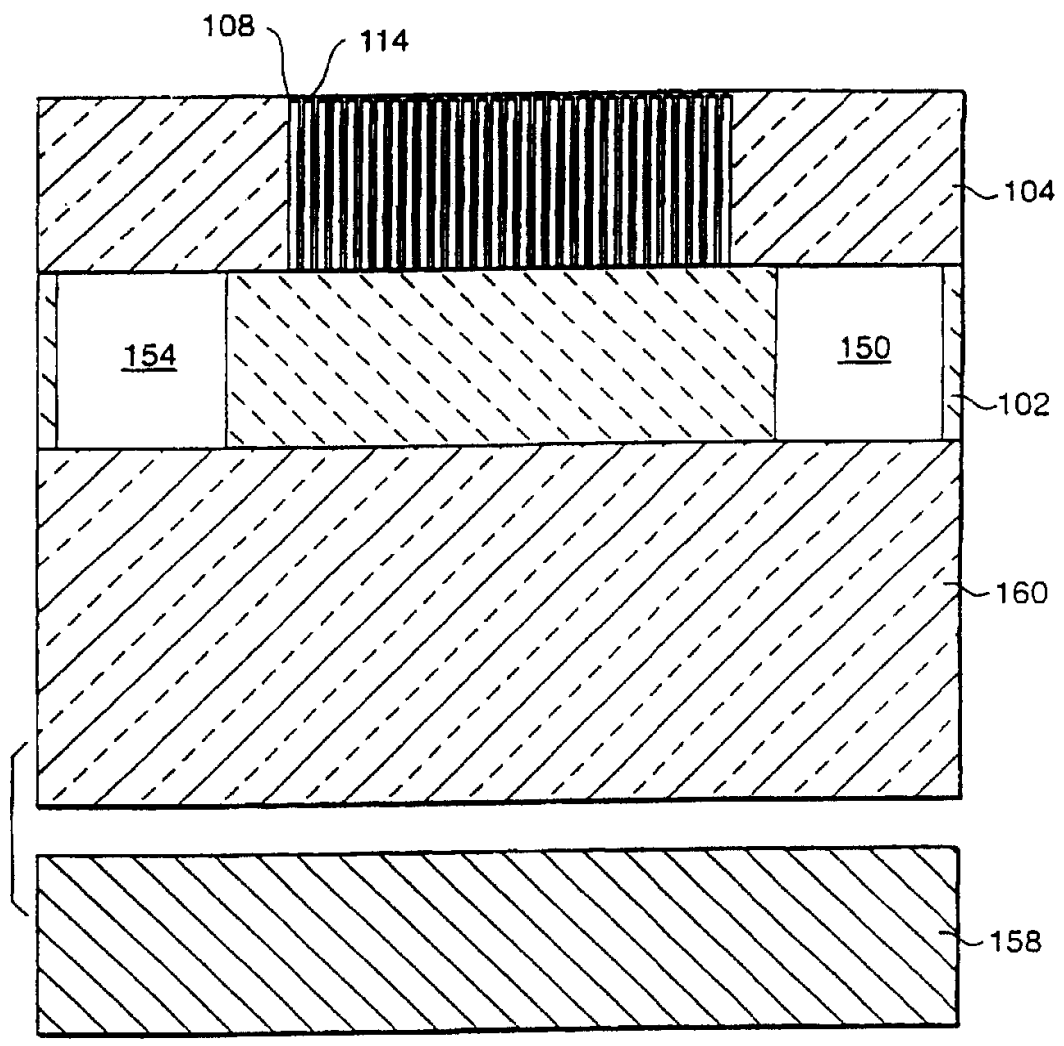


图 39

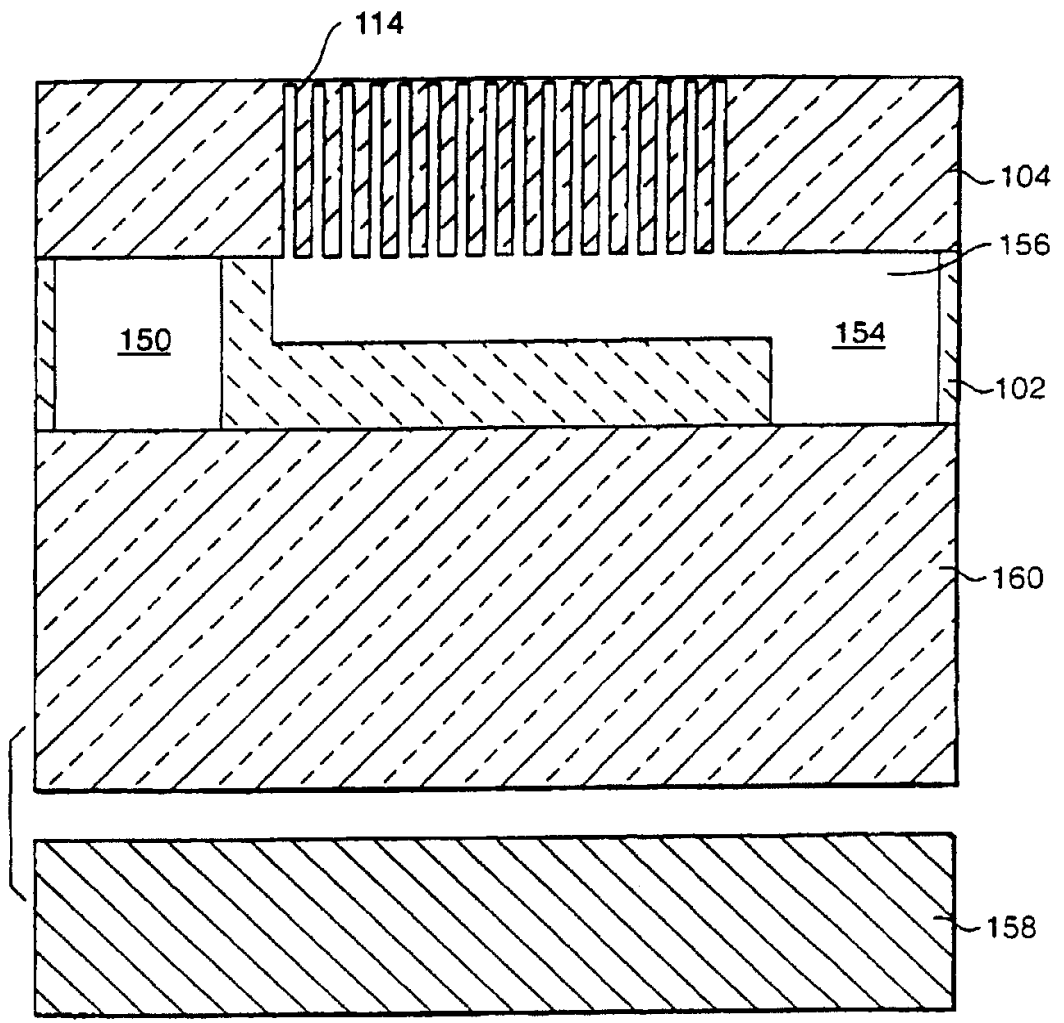


图 40

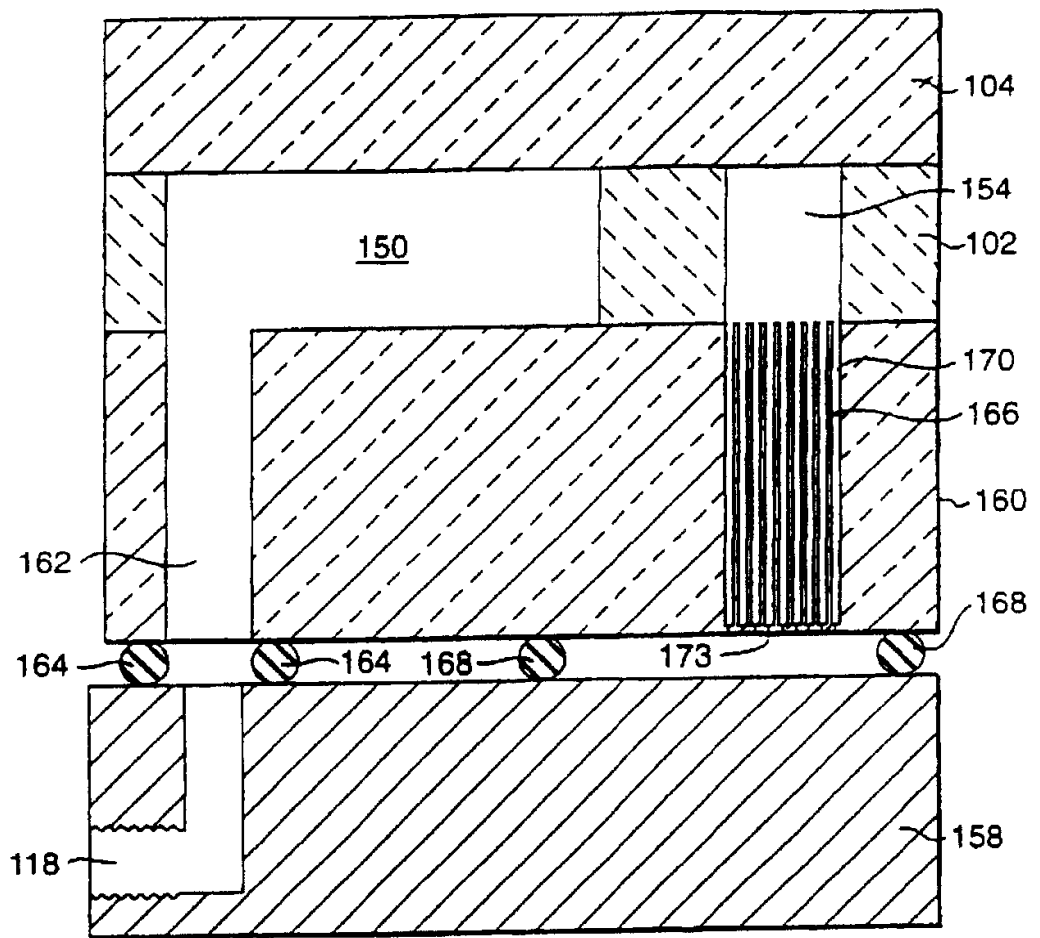


图 41

