[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[6]
F23D 11/10

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 97196149.2

[43]公开日 1999年8月25日

[11]公开号 CN 1226960A

[22]申请日 97.7.8 [21]申请号 97196149.2
[30]优先权
[32]96.7.8 [33]US [31]60/021,306
[32]96.7.8 [33]US [31]60/021,308
[32]96.7.8 [33]US [31]60/021,309
[32]96.7.8 [33]US [31]60/021,310
[86]国际申请 PCT/US97/11710 97.7.8
[87]国际公布 WO98/01705 英 98.1.15
[85]进入国家阶段日期 99.1.4
[71]申请人 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

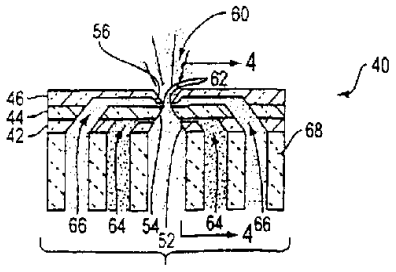
[74]专利代理机构 上海专利商标事务所
代理人 胡晓萍

权利要求书5页 说明书16页 附图页数19页

[54]发明名称 气体助推式雾化装置

[57]摘要

一种气体助推式雾化装置(40)包括可释放液体的液体喷口(64),以及 可释放气体的气体喷口(66)以将液体雾化成液滴。雾化装置(40)由至 少一层第一层(42)和一第二层(44)构成。雾化装置(40)可包括一 气体输送网和一液体输送网,从而将气体和液体分别输送到气体和液体喷口(64 和 66)。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种雾化液体的方法，它包括以下步骤:

使液体在一喷口的雾化边上流过；以及

使气体撞击液体流动，以使液体雾化成 Sauter 平均直径小于 35 微米的液滴，并且气体-液体质量比小于或等于 0.2 。

2.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述气体以小于或等于每秒 100 米的速度撞击液体流动。

3.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，气体撞击液体流动成液体的分离的细流，其细流的平均宽度小于液滴的临界直径 D_{max} 的五倍，其中:

$D_{max}=8\sigma/(C_D\rho_A U_R^2)$

式中:

σ：液体的表面张力;

C_D：直径等于临界直径的一个液滴的牵引系数

ρ_A：气体的密度；以及

U_R：液滴与气体之间的相对速度。

4.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，喷口的最小雾化周边与喷口横截面积的比例至少为 8,000 米$^{-1}$。

5.一种雾化液体的方法，它包括以下步骤:

使液体在一喷口的雾化边上流过；以及

使气体撞击液体流动，以使液体初级雾化成 Sauter 平均直径小于液滴临界直径 D_{max} 的液滴，其中:

$D_{max}=8\sigma/(C_D\rho_A U_R^2)$

式中:

σ：液体的表面张力;

C_D：直径等于临界直径的一个液滴的牵引系数

ρ_A：气体的密度；以及

U_R：液滴与气体之间的相对速度。

6.一种雾化装置，包括:

具有一第一通孔的一基本上平面的第一层；以及

具有一第二通孔的一基本上平面的第二层，所述第二层叠加到所述第一层上，从而第一和第二孔对齐以形成在流动方向引导主气体的主气体喷口，第二孔由具有至少一个雾化边的至少一个内表面包围，

其中，第一和第二层形成至少一个液体喷口，该喷口使将被雾化液体输送到

液体在该处形成一薄膜的第二层的至少一个内表面上。

7.如权利要求 6 所述的雾化装置，其特征在于，所述第二孔由在流动方向上收敛的至少两个内表面包围。

8.如权利要求 7 所述的雾化装置，其特征在于，第一孔由在流动方向收敛的至少两个内表面包围。

9.如权利要求 8 所述的雾化装置，其特征在于，还包括具有第三个通孔的基本上平面的第三层，所述第三层叠置到第二层上，其中第三孔由在流动方向发散的至少两个内表面包围。

10.如权利要求 7 所述的雾化装置，其特征在于，第一孔由基本上平行于流动方向延伸的至少两个内表面包围。

11.如权利要求 10 所述的雾化装置，其特征在于，还包括具有第三个通孔的基本上平面的第三层，所述第三层叠置到第二层上，其中第三孔由基本上平行于流动方向的至少两个内表面包围。

12.如权利要求 6 所述的雾化装置，其特征在于，还包括具有第三个通孔的基本上平面的第三层，所述第三层叠置到第二层上，从而第三孔与第一和第二孔对齐以形成主气体喷口，其中第一、第二和第三孔各自由基本上平行于流动方向延伸的至少两个内表面包围。

13.如权利要求 6 所述的雾化装置，其特征在于，第一和第二层包括一种单质半导体材料。

14.如权利要求 13 所述的雾化装置，其特征在于，所述第一和第二层包括硅。

15.如权利要求 6 所述的雾化装置，其特征在于，第二孔的最小雾化周边与第二孔横截面积的比例至少为 8,000 米$^{-1}$。

16.如权利要求 6 所述的雾化装置，其特征在于，第二孔具有隔开宽度不超过 250 微米的至少两个相对内表面。

17.如权利要求 6 所述的雾化装置，其特征在于，还包括具有第三个通孔的基本上平面的第三层，所述第三层叠置到第二层上，从而第三孔与第一和第二孔对齐以形成主气体喷口，其中第二和第三层形成至少一个辅助气体喷口，该喷口可将辅助气体输送到第二孔的至少一个内表面的雾化边上。

18.如权利要求 17 所述的雾化装置，其特征在于，第三层包括在雾化液体的至少一侧上形成辅助气流的辅助喷口。

19.如权利要求 6 所述的雾化装置，其特征在于，还包括一具有可将主气体提供给主气体喷口的第一槽道以及将液体提供给液体喷口的第二槽道的支管，其中第一和第二槽道在流动方向上相互汇合。

20.一种制造雾化装置的方法，它包括以下步骤：

在一基本上平面的第一层上形成第一孔；

在一基本上平面的第二层上形成第二孔，所述第二孔具有带一雾化边的至少一个内表面；

在第一和第二层至少之一中形成至少一个液体喷口；以及

将第一和第二层连接成第一和第二孔对齐而形成可将主气体沿流动方向引导的主气体喷口，以及使将被雾化的液体输送到第二孔的至少一个内表面上的液体喷口。

21.如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，还包括以下步骤：

在一基本上平面的第三层上形成第三孔；

在第二和第三层至少之一上形成至少一个辅助气体喷口；以及

将第二和第三层连接成第三孔与第一和第二孔对齐以形成主气体喷口，以及可将辅助气体输送到第二孔的至少一个内表面上的雾化边上的辅助气体喷口。

22.如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，第一和第二层由硅制成。

23.如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，多个第一孔形成于第一层上，多个第二孔形成于第二层上，多个液体喷口形成于第一和第二层的至少之一上，并且第一和第二层在连接之后被分成多个雾化装置。

24.一种气体助推式雾化装置，它包括：

一基本上平面的第一层；以及

其中形成有多个喷口的一基本上平面的第二层；

其中第一和第二层形成一气体输送网，该网包括可将气体送到至少一些喷口中的多个气体槽道，以及一液体输送网，该网包括可将液体输送到至少一些喷口中的多个液体槽道。

25.如权利要求 24 所述的雾化装置，其特征在于，多个喷口包括多个气体喷口和多个液体喷口，并且气体槽道可将气体输送到气体喷口上，液体槽道可将液体输送到液体喷口上。

26.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，还包括靠近第二层的一基本上平面的第三层以形成将来自液体和气体喷口之一的流体引导到另一液体和气体喷口上的路径。

27.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，还包括一通气层，其形成一用于将气体输送到多个气体喷口的通气腔。

28.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，气体输送网还包括多个气体通道，它们大于气体槽道并且可将气体输送到气体槽道中，液体输送网还包括多个液体通道，它们大于液体槽道并且将液体送到液体槽道中。

29.如权利要求 28 所述的雾化装置，其特征在于，所述气体输送网还包括一

气体导管，它大于气体通道并且可将气体输送到气体通道，液体输送网还包括一液体导管，它大于气体通道并且将液体输送到液体通道。

30.如权利要求 29 所述的雾化装置，其特征在于，还包括一基本上平面的过滤层，其具有一用于过滤输送到液体导管的液体的过滤器。

31.如权利要求 24 所述的雾化装置，其特征在于，还包括一用于过滤输送到液体槽道的液体的过滤器。

32.如权利要求 24 所述的雾化装置，其特征在于，各液体槽道与至少一个气体槽道相邻。

33.如权利要求 24 所述的雾化装置，其特征在于，还包括一通气层，其形成一用于气体的通气腔，其中第一层具有可使来自液体槽道的液体流入通气腔的液体喷口，形成于第二层中的多个喷口是气体喷口，它们延伸通过第一层中并且与通气腔流体连通。

34.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，各液体槽道和气体槽道的宽度小于 200 微米。

35.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，多个气体喷口各自的宽度小于 75 微米。

36.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，液体槽道的宽度小于或等于由液体槽道供应的液体喷口的最小宽度的五十倍。

37.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，所述液体喷口基本上是槽形的，液体槽道的宽度小于或等于由液体槽道供应的液体喷口的最小宽度十倍。

38.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，液体喷口的厚度小于或等于液体喷口宽度的四倍。

39.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，气体喷口的宽度小于或等于液滴 Sauter 平均直径的十倍，并且离开雾化装置的一个表面的距离是气体喷口宽度的十至一百倍，在气体喷口中的平均气体速度是每秒 100 米。

40.如权利要求 25 所述的雾化装置，其特征在于，对于多个液体喷口中各个喷口而言，液体喷口的最小雾化周边与液体喷口横截面积的比例至少为 8,000 米$^{-1}$。

41.如权利要求 24 所述的雾化装置，其特征在于，第一和第一层包括一单质半导体材料。

42.如权利要求 41 所述的雾化装置，其特征在于，第一和第二层包括硅。

43.如权利要求 24 所述的雾化装置，其特征在于，气体-液体质量比例小于或等于 2 。

44.一种制造气体助推式雾化装置的方法，包括以下步骤:

在一基本上平面的第一层和一基本上平面的第二层中形成一气体输送网和一液体输送网；

在第二层中形成多个喷口用于形成一喷雾；以及

连接第一和第二层使气体和液体输送网可输送气体和液体以在多个喷口处形成喷雾。

45.如权利要求 44 所述的方法，其特征在于，第一和第二层由硅制成。

46.如权利要求 44 所述的方法，其特征在于，多个气体输送网和液体输送网形成于第一和第二层中，多个喷口形成于第二层中，所述第一和第二层在连接之后分成多个雾化装置。

47.一种气体助推式雾化装置，包括:

一基本上平面的第一层；以及

具有多个液体喷口和多个气体喷口的一基本上平面的第二层，

其中，第一和第二层形成一液体输送网，该网包括可将液体输送到多个液体喷口并且迫使液体经过这些液体喷口而成形成液流的多个液体槽道，以及一气体输送网，该网包括可将气体输送到多个气体喷口并迫使气体经过这些气体喷口而使液流雾化的多个气体槽道。

说　明　书

气体助推式雾化装置

发明背景

本申请要求美国临时申请 60/021,306 、 60/021,308 、 60/021,309 和 60/021,310 的优先权。

发明领域

本发明涉及雾化装置和制造该雾化装置的方法，具体地，涉及可产生小液滴的气体助推的、微加工的雾化装置以及制造这种雾化装置的方法。

相关技术的描述

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

传统雾化装置一般可提供尺寸范围较大的液滴的喷雾， 其中较小百分率的液滴的 Sauter 平均直径小于 10 微米。不采用附加机械装置、如超声波动力或高压静电充电，传统的雾化装置很少能够提供较小尺寸范围的液滴且 Sauter 平均直径小于 10 微米的喷雾。

传统雾化装置难以提供小尺寸范围的液滴的问题在于这些装置执行喷雾的方式。传统雾化装置将大量液体分成较粗的细流，将细流通过雾化分成较大的液滴，再将较大的的液滴通过第二次雾化分成较小的液滴。当液滴直径小于 100 微米时，就难于将其分裂，并且第二次雾化一般中断，从而阻止大多数液滴直径变得如 10 微米那样小。而且，由于大量液体比所需的液滴尺寸大得多，所以必须分几次才得变得较小，最终由传统装置所产生的液滴的尺寸范围较大。

已经努力通过增加强制经过雾化装置的气体量来使液滴尺寸减小。然而，这会产生较大的气体-液体质量比，由于这要求有一较大的气体泵、大量气体和较大气体体积，所以在许多情况下这是不希望有的现象。

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经常也将具有不同的喷雾特性。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，出现这些差异比预料的要频繁得多。

发明概述

本发明的一个目的在于提供一种可解决前述问题的雾化装置。

本发明的另一个目的在于提供一种雾化装置，其可产生带有的 Sauter 平均直径为 10 微米或更小的液滴的喷雾。

本发明的再一个目的在于提供一种雾化装置，其可产生较小尺寸范围内的液滴的喷雾。

本发明的又一个目的在于提供一种具有较小气体-液体质量比例的雾化装置。

本发明还有一个目的在于提供一种尺寸非常小的雾化装置。

本发明的再有一个目的在于提供一种雾化装置，其可批量生产，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。

大体上来说，本发明提供了一种雾化液体的方法，包括以下步骤：使液体流过一喷口的雾化边缘，使气体推着液体流动而使液体雾化成液滴，其 Sauter 平均直径小于 35 微米，气体-液体质量比小于或等于 0.2 。

另一方面，本发明提供了一种雾化液体的方法，包括以下步骤：使液体流过一喷口的雾化边缘，使气体撞击液体流动而使液体初级雾化成液滴，其 Sauter 平均直径小于液滴的临界直径 D_{max}，其中：

$D_{max}=8\sigma/(C_D\rho_A U_R^2)$

式中：

σ：液体的表面张力；

C_D：直径等于临界直径的液滴牵引系数；

ρ_A：气体密度；以及

U_R：液滴和气体之间的相对速度。

另一方面，本发明提供了一种雾化装置，它包括一其中有第一通孔的基本上平面的第一层，和其中有第二通孔的基本上平面的第二层，所述第二层叠置到第一层上，并且第一和第二通孔对齐以形成一主气体喷口，该喷口可沿流动方向引导主气体，第二通孔由至少一个内表面包围并且具有至少一个雾化边，其中，第一和第二层构成至少一个液体喷口，该喷口可将要被雾化的液体输送到第二层的至少一个内表面上，在该处液体形成一薄膜。

另一方面，本发明提供了一种制造雾化装置的方法，它包括以下步骤：在一基本上平面的第一层上形成第一个孔，在一基本上平面的第二层上形成第二个

孔，所述第二个孔具有至少一个带有一雾化边的内表面，在至少第一和第二层之一上形成至少一个液体喷口，将第一和第二层连接成第一和第二孔对齐以形成一可沿流动方向引导主气体的主气体孔，并且使液体孔将要被雾化的液体输送到第二个孔的至少一个内表面上。

另一方面，本发明提供了一种气体助推式雾化装置，它包括一基本上平面的第一层，一其中形成有多个喷口的基本上平面的第二层，其中，第一和第二层形成一气体输送网，所述输送网包括可将气体输送到至少某些多个喷口的多个气体槽道，以及一液体输送网，所述液体输送网包括多个可将液体输送到至少某些多个喷口中的液体槽道。

另一方面，本发明提供了一种制造气体助推式雾化装置的方法，它包括以下步骤：在一基本上平面的第一层和一基本上平面的第二层中形成一气体输送网和一液体输送网，在第二层中形成多个喷口以释放喷雾，将所述第一和第二层连接成使气体和液体输送网输送气体和液体以在多个喷口处形成一喷雾。

另一方面，本发明提供了一种气体肋推式雾化装置，它包括其中形成有多个液体喷口和多个气体喷口的一基本上平面的第一层和一基本上平面的第二层。所述第一和第二层形成一液体输送网，所述输送网包括可将液体输送到多个液体喷口中并且迫使液体流过液体喷口而形成液体流的液体槽道，以及一气体输送网，所述气体输送网包括可将气体输送到气体喷口并且迫使气流过气体喷口而使液体流雾化的多个气体槽道。

可以理解，上述概述和以下详细说明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。

附图的简述

以下结合附图对本发明进行描述，附图中示出了本发明的较佳实施例。

图 1 是本发明雾化装置第一个实施例、一副安装架和一分配装置的截面图；

图 2 是第一个实施例的俯视图；

图 3 是第一个实施例沿图 2 中线 3-3 的截面图；

图 4 是第一个实施例沿图 3 中线 4-4 的截面图；

图 5 是本发明雾化装置第二个实施例的俯视图；

图 6 是第二个实施例沿图 5 中线 6-6 的截面图；

图 7 是本发明雾化装置第三个实施例的俯视图；

图 8 是第三个实施例沿图 7 中线 8-8 的截面图；

图 9 是本发明雾化装置第四个实施例的俯视图；

图 10 是第四个实施例沿图 9 中线 10-10 的截面图；

图 11 是本发明雾化装置第五个实施例的截面图;
图 12 是本发明雾化装置第六个实施例的截面图;
图 13 是具有多个雾化装置的一薄片的俯视图;
图 14 是本发明雾化装置第七个实施例的俯视图;
图 15 是第七个实施例沿图 14 中线 15-15 的截面图;
图 16 是第七个实施例沿图 14 中线 16-16 的截面图;
图 17 是本发明雾化装置第八个实施例的俯视图;
图 18 是本发明雾化装置第九个实施例的俯视图;
图 19 是本发明雾化装置第十个实施例的俯视图;
图 20 是本发明雾化装置第十一个实施例的俯视图;
图 21 是本发明雾化装置第十二个实施例的截面图;
图 22 是第十二个实施例的另一截面图;
图 23 是本发明雾化装置第十三个实施例的俯视图;
图 24 是第十三个实施例沿图 23 中线 24-24 的截面图;
图 25 是本发明雾化装置第十四个实施例的俯视图;
图 26 是第十四个实施例沿图 25 中线 26-26 的截面图;
图 27 是本发明雾化装置第十五个实施例的截面图;
图 28 是本发明雾化装置第十六个实施例的截面图;
图 29 是本发明雾化装置第十七个实施例的流体分配网的示意图;
图 30 是图 29 中流体分配网一部分的放大图;
图 31 是第十七个实施例沿图 29 中线 31-31 的截面图;
图 32 是第十七个实施例沿图 29 中线 32-32 的截面图;
图 33 是第十七个实施例沿图 29 中线 33-33 的截面图;
图 34 是第十七个实施例沿图 29 中线 34-34 的截面图;
图 35 是本发明雾化装置第十八个实施例的俯视图;
图 36 是第十八个实施例沿图 35 中线 36-36 的截面图。

较佳实施例的描述

以下对图中所示较佳实施例进行详细描述。

总的如图 1 至 4 所示，本发明雾化装置的第一个实施例 40 包括一基本上平面的第一层 42，一基本上平面的第二层 44 以及一基本上平面的第三层 46。第一、第二和第三层各层的较佳长度为 10 毫米，宽度为 10 毫米、厚度为 1 毫米。

第二和第三层 42、44、46 较佳地由一种可微加工和精密融合在一起的材料制成。尤佳的是，第一、第二和第三层都由一种可蚀刻材料制成，如单质半导

体材料或碳化硅。适用的半导体材料包括(100)取向硅、多晶硅和锗。除非本说明书中专门指出，否则本实施例的中各层和其它实施例中的各层目前推荐都由(100)取向硅制成。

第一层 42 、第二层 44 和第三层 46 分别具有第一孔 52 、第二孔 54 、第三孔 46 。这些孔构成一主气体喷口 60 ，该喷口可沿流动方向引导主气体。在此实施例中，各第一、第二和第三孔 52 、 54 和 56 由四个内表面构成，各内表面都基本上呈矩形。

第一孔 52 的四个内表面和第二孔 54 的四个内表面在流动方向上收敛。这些收敛内表面使主气体加速，这可提高雾化效率并且有助于将液体流到设置于第二孔 54 两个内表面上的喷雾边 62 上。一般地，一喷雾边是一个角或者一面壁或表面的一条边，在其上液体以一薄层流动，在该处高速气流可将薄液体层分成细流或液滴。

第三孔 56 的四个内表面在流动方向上发散．这些发散的内表面可使主气体减速，这可提供一较少湍流的喷雾流。

第二孔 54 内表面上的喷雾边 62 较佳地分开不超过 250 微米的宽度，这可使气流集中在喷雾边 62 处，在该处气体与液体进行最强的相互作用。第二孔 54 最小的喷雾周边(即，一喷口中的喷雾边长度)与该周边平面中第二孔 54 的截面积之比较好的是至少为 8,000 米$^{-1}$，这可提高喷雾效率和降低气体-液体质量比。

第一和第二层 42 和 44 构成两组液体喷口和槽道 64 ，它们各自可将要雾化的液体输送到第二孔 54 的相应内表面上。液体在液体喷口 64 的出口处形成基本上厚度均匀的薄膜。当液体薄膜在第二孔 54 的内表面上牵引时进一步变薄。液体喷口和槽道 64 可通过在第一层 42 、第二层 44 或两者中形成腔室而形成。

例如以每分钟 5 毫升的流速被强制流过液体喷口 64 的液体将在第二孔 54 内表面上形成薄膜。藉由高速气流可将液体薄膜牵引到喷雾边 62 上并且进一步变薄，在该处被强制流过主体气体输送喷口 60 的主气体例如以每分钟 5 升的流速将液体分成细流，并且将这些细流经过初级雾化而分成液滴。

雾化装置较佳地还包括两组辅助气体喷口和槽道 66 ，在主气体喷口 60 的各侧边上一组，它们由第一、第二和第三层 42 、 44 和 46 形成。辅助气体喷口和槽道 66 可以通过在第一层 42 和第二或第三层 44 或 46 或两者上同时提供腔室而形成的。辅助气体喷口 66 可将高速气体输送到喷雾边 62 。辅助气体喷口和槽道 66 可设计成使辅助气体不会在标准操作状态下成为湍流。

被强制流出辅助气体喷口 66 的气体例如以每分钟 1 升的流速冲击喷雾边 62 处的液体，而有效地紧压主、辅气流之间的液体。通过防止液体集中在喷雾边 62 下游侧以及切断主、辅气流之间的液体形成细流，因此辅助气体协助主气体在喷

雾边 62 处形成细流。

第一个实施例的雾化装置 40 可批量生产，与批量生产集成电路类似。例如，如图 13 所示，加工一薄片使之具有多个区域，各区域构成一雾化装置的第三层 46 。这些区域各自具有一第三孔 56 和辅助气体喷口和槽道的部分(图 13 中看不见)。类似地，加工另一块薄片使之具有多个区域，各区域构成一雾化装置的第二层 44 ，再加工一块薄片，使之具有多个区域，各区域构雾化装置的第一层 42 。这些薄片对齐并且连接而形成一批雾化装置，它们被分开并且连接到相应的安装结构上。或者，在分离之前，雾化装置可被连接到其各自的安装结构上。

为便于说明，以下仅结合一个雾化装置详细描述本发明雾化装置的制造情况。以下描述说明了一些目前用于微加工硅层的较佳工艺。除非本说明书专门指明，这些工艺目前对于微加工所有揭示的实施例的硅层是较佳的。

首先，将一掩护层放在或形成在第一层 42 的第一侧上，然后利用集成电路生产中传统技术将一蚀刻图形复制到掩护层中。对第一层 42 的第一侧进行蚀刻以形成第一孔 52 的一部分、液体喷口和槽道 64 的一部分和辅助气体喷口和槽道 66 的一部分。较佳地，采用结晶蚀刻对第一侧进行蚀刻、如氢氧化钾蚀刻，这种技术用于集成电路生产中。由于结晶蚀刻可使硅在(100)晶体轴线上比(111)方向上蚀刻得更快，这可在(100)方向的第一层 42 中形成呈角度的表面(与层平面成 54.7°)，所以结晶蚀刻是有用的。

将一掩护层放在第一层 42 的第二侧上，并且使蚀刻图形与第一侧上的蚀刻图形对齐。采用结晶蚀刻方法将第二侧蚀刻成第一孔 52 的一部分、液体喷口和槽道 64 的一部分和辅助气体喷口和槽道 66 的一部分。

第二层 44 以与第一层 42 相同的方式蚀刻而形成第二孔 54 和辅助气体喷口和槽道 66 的一部分。如果需要的话，第二层 44 可蚀刻成液体喷口和槽道 64 的一部分。

第三层 46 也可以与第一层 42 相同方式蚀刻而形成第三孔 56 和辅助气体喷口和槽道 66 的一部分。

然后将第一、第二和第三层 42 、 44 和 46 连接成雾化装置。具有或不具有可流动层(例如，硼磷硅酸盐玻璃或磷硅酸盐玻璃)或一合金层(例如，铜薄膜)的硅融合粘结方法是目前用于连接此实施例和其它实施例中两层硅层的较佳方法。

图 1 示出了用于向雾化装置提供主气体、辅助气体和液体的较佳结构。此结构包括一副安装架 68 和一分配装置 70 。

副安装架 68 具有用于向雾化装置 40 的相应槽道输送主气体、辅助气体和液体的槽道。较佳地，副安装架 68 由 PYREX(派热克斯玻璃)制成。阳极粘结是目前用于将 PYREX 件连接到此实施例和其它实施例中的硅件上的较佳工艺。由于

槽道较窄而且槽道之间的壁较薄，所以副安装架 68 的槽道最好由一超声波加工艺制成。当槽道没有完全伸过层、槽道较窄或槽道之间有较薄的壁时，超声波加·是目前用于在 PYREX 中形成槽道的较佳工艺。当槽道完全延伸通过层时、槽道不窄和壁较厚时， PYREX 的磨料液体喷射加工是另一种较佳的工艺。

分配装置 70 具有用于将主气体、辅助气体和液体分配到副安装架 68 的相应槽道中的通道。诸叠层 71 和两个外部构件 72 构成这些通道。叠层 71 和外部构件 72 较佳地由金属制成。

分配装置还包括由如金属或硬塑料等硬材料制成的压板 74 ，其可将雾化装置 40 保持在分配装置 70 上。当压板 74 由硬金属制成时，可设置由一弹性体构成的垫 75 而防止雾化装置 40 碎裂或压碎。

副安装架 68 和分配装置 70 较佳地以一由薄层粘合剂、如 PYRALUX 粘合剂(E.I. Du Pont De Nemours and Co.(Inc.))，或者如 KAPTON KJ(Du Pont High Performance Films)的一聚酰亚胺粘合剂薄层制成的密封垫 77 连接。或者，它们可由阳极粘合方式连接。

图 5 至 12 示出了许多方面与图 1 至 4 所示的第一实施例类似的雾化装置实施例。这些实施例与第一实施例之间的不同如下所述。

在图 5 和 6 中示出了第二实施例的雾化装置 80 。在此实施例中，第一孔 52 、第三孔 56 的内表面和构成第一层 42 的喷口和槽道 66 和 64 的所有内表面基本上平行于流动方向延伸。由于第三孔 56 的内表面平行于流动方向延伸，所以它们在液滴喷雾从雾化装置 80 喷出之前将使该喷雾达到所要求的状态，并且可对气流提供稳定的分离点，因而将有助于在雾化装置 80 外的喷雾流中减少湍流。

平行于流动方向延伸的雾化装置 80 的内表面由与第一实施例雾化装置 40 的相应成角度内表面不同的工艺制成。尤其是，这些平行表面最好采用一垂直壁微加工工艺制成，如硅深槽反应离子蚀刻(RIE).艺、垂直壁光电化学(PEC)硅蚀刻工艺(如在本文中引作参考的、由 Richard Mlcak 撰写的、刊登在 HF Electrolytes(1994)(麻省理工学院论文)上的《硅的电化学和光电化学微加工》一文中所述)、一以氢氧化物为基的硅蚀刻或硅或 PYREX 的加工超声波。

由于第一层 42 的内表面全都平行于流动方向延伸，所以它们全都可采用垂直壁微加工工艺制成。第三层 46 由一混合工艺制成，因为它在第三孔 56 中具有平行表面以及构成辅助气体喷口和槽道 66 一部分的倾斜表面．第三孔 56 的内表面通过掩护第三层 46 的第一侧以及进行垂直壁微加工工艺而制成。辅助气体喷口和槽道 66 部分的内表面通过掩护第三层 46 的第二侧和进行结晶蚀刻工艺制成。

第三实施例的雾化装置 82 示出在图 7 和 8 中．在此实施例中，第一、第二

和第三孔 52 、 54 和 56 的内表面和第一、第二和第三层 42 、 44 和 46 的喷口和槽道 64 和 66 的内表面全都基本上平行于流动方向延伸。由于所有内表面都平行于流动方向延伸，所以它们全都采用一垂直壁微加工工艺制成。

第四实施例的雾化装置 84 示出在图 9 和 10 中。在此实施例中，附加孔 86 设置在第三层 46 中(这些孔较佳地用与第三孔 56 相同的蚀刻工工艺制成)。孔 86 在雾化液体的相对侧上形成辅助气流。辅助气流可减少液滴喷雾散开的趋势。辅助气流还可在液滴喷雾周围产生一气体屏障以将喷雾与大气隔开。

第五个实施例雾化装置 88 示出在图 11 中。在此实施例中，设置有一支管 89 以增加主气体、辅助气体和液体入口之间的距离。此支管 89 还可省略副安装架 68 。支管 89 由第一、第二和第三支管层 90 、 92 和 94 构成。

第一和第三支管层 90 和 94 较佳地由 PYREX 构成，它们可阳极粘结到相邻的硅层上。第一和第三支管层中的槽道较佳地由超声波加工而成。第二支管层 92 较佳地由硅制成，并且第二支近层 92 中的槽道较佳地由一垂直微加工工艺或一结晶蚀刻工工艺制成。

第六个实施例雾化装置 98 示出在图 12 中。在此实施例中，提供一层形成的支管 99 ，以增加主气体、辅助气体和液体入口之间的距离。支管 99 较佳地由 PYREX 制成。支管 99 中的槽道较佳地由超声波加工而成。

第七个实施例雾化装置 100 示出在图 14 至 16 中。雾化装置包括一基本上平面的第一层 102 和一基本上平面的第二层 104 。各第一和第二层 102 和 104 较佳地长度为 5 毫米，宽度为 5 毫米，厚 1 毫米。

第一和第二层 102 和 104 形成一气体通道 106 和可将气体输送到形成于第二层 104 中的气体喷口 110 上的多个气体通道 108 。第一和第二层 102 和 104 还构成一液体通道 112 和可将液体输送到多个形成于第二层 104 中的液体喷口 116 上的多个液体通道 114 。如图 14 所示，气体通道 108 和液体通道 114 较佳地是叉指式的。

气体经过一气体入口 118 输送到气体通道 106 中。类似地，液体经过一液体入口 120 输送到液体通道 112 中。液体入口 120 较佳地在其进口处具有一过滤器 122 以将液体中的杂质除去以防止液体喷口 116 堵塞。过滤器 122 较佳地具有极细的过滤孔隙，这些孔隙例如可以是圆形或正方形的。过滤空隙较佳地宽度小于或等于液体喷口 116 宽度的 1/3 。

液体喷口 116 的宽度较佳地小于 75 微米。较佳地，对于一个在其处发行雾化的喷口而言(在此实施例中是气体喷口)，喷孔最小雾化周边与喷口截面积的比例至少为 8,000 米$^{-1}$。

各气体槽道 108 和液体槽道 114 的宽度较佳地小于 200 微米。气体喷口 110

的宽度较佳地小于或等于气体喷口中每秒 100 米的平均空气速度雾化液体的 Sauter 平均直径的十倍。 Sauter 平均直径在离开雾化装置表面距离为气体喷口 110 宽度十至一百倍的一个位置处决定。这可具有较低的气体-液体质量比的优点。

相应地，各液体槽道 114 的宽度较佳地小于或等于各液体喷口 116 的宽度的十倍。各液体槽道的宽度较佳地小于或等于液体喷口 116 最小宽度的五十倍。这可使 气体和液体喷口 110 和 116 间距较近。各液体喷口 116 的厚度较佳地也小于或等于液体喷口 116 宽度的四倍。这可使每平方毫米的雾化喷口阵列上有更多的槽道。

例如以每分钟 10 毫升的流速强制经过由喷口阵列所占据的每平方毫米表面的液体喷口 116 的液体横贯第二层 104 的表面到达气体喷口 110 的雾化边 124 。例如以每分钟 1 标准升的流速强制流过由喷口阵列所占据的每平方毫米表面上的气体喷口 110 的气体可将雾化边 124 处的液体分裂成细流，并且将细流经过初级雾化而分裂成液滴。

第七种实施例的雾化装置 100 可与第一实施例雾化装置类似地在薄片上成批制成。各层的内表面较佳地采用垂直壁微加工工艺制成，因为这可使输送槽道的密度较高，所以可使每平方毫米雾化阵列的流动量较大。

然而，在此实施例和后述的实施例中对应于喷口 110 和 116 的底部和槽道 108 和 114 顶部的第二层 104 的一个位置上设置有一蚀刻挡块。该蚀刻挡块可由诸如扩散、离子注入和外延生长和薄片粘结和变薄的已知方法提供。虽然薄片粘结和变薄工艺要求使用两层来形成一个蚀刻挡块，但由此工艺形成的产品在本说明书中被认为是一个第一层 104 。应当注意，可以通过避免将第一层过长时间地在 600 至 1000°C 范围内加热并且采用具有低含氧量的薄片减少氧化沉淀物的形成。

第一和第二层 102 和 104 然后较佳地通过硅融合粘结而连接以形成雾化装置 100 。

图 17 至 20 示出了具有与第七实施例相同结构的雾化装置的实施例，只是气体和液体喷口的布置不同。为便于说明，图 17 至 20 中的俯视图相对图 14 所示的俯视图相对放大。

如图 17 所示，第八实施例的气体喷口 110 呈锯齿形。此形状可为雾化提供更大的周边，即较长的雾化边 124 ，这可提高雾化性能。

如图 18 所示，第九实施例 128 的气体和液体喷口 110 和 116 由多个圆筒体形成。

如图 19 所示，第十个实施例 130 的气体喷口 110 呈槽口形，它垂直于液体喷口 116 延伸。此布置为雾化提供额外的周边。

如图 20 所示，第十一个实施例 132 的气体和液体喷口 110 和 116 也呈槽口形并且是偏置的。此布置可为雾化提供额外周边。

图 21 和 22 示出第十二实施例的雾化装置 134 。这装置与第七实施例相同，只是第二层 104 较薄，其厚度较佳地小于液体喷口 116 宽度的四倍，液体喷口的尺寸比(喷口厚度对喷口宽度之比)小于 4 。气体和液体喷口 110 和 116 形成在第二层 104 中。气体和液体槽道 108 和 114 主要形成在第一层 102 中。

第一和第二层 102 和 104 的表面较佳地由垂直壁微加工工艺形成。然后将第一和第二层 102 和 104 对齐，用硅融合粘接法连接。

图 23 和 24 示出了第十三个实施例的雾化装置 136 。此实施例与第七实施例相同，只是在第二层 104 上设置有一基本上平面的第三层 138 以形成可将液体引导到气体喷口 110 和将液体形成一非常薄膜的路径 139 。第三层 138 具有足以防止在操作过程中分裂的厚度以及与第一和第二层 102 和 104 一致的长度和宽度。

例如以每分钟 10 毫升的流速经过每平方毫米喷雾阵列面积的上的液体喷口的液体将在第二和第三层 104 和 138 之间的路径 139 中经过而到达雾化边 124 。例如以每秒 200 米的速度经过气体喷口 110 的气体可使液体在喷雾边 124 处分裂成细流并且经过初级雾化而将细流分裂成液滴。

第三层 138 较佳地由一种传统的表面微加工(牺牲层)工艺形成在第二层 104 的侧面上。诸如高磷含量(或可溶解聚合材料)的磷硅玻璃的一快速-可蚀刻牺牲层在第二层 104 中形成喷口 110 和 116 之后放置在第二层 104 上(较佳地，喷口在还未向槽道 108 和 114 开放的状态下底部是封闭的)，并且牺牲层厚度等于第二层 104 和第三层 138 之间所需的间隙。通过在第三层 138 将装到第二层 104 上的区域中进行蚀刻使牺牲层图形化并且去除。接着，第三层 138 、如多晶硅或可溶解聚合层(如聚酰亚胺)的第三层 138 放置在图形化的牺牲层上。第三层 138 可通过在第三层 138 将具有孔的区域中进行蚀刻而图形化并被去除。表面微加工的最后一个步骤是通过蚀刻剩下的牺牲层而进行去除，因而打开第三层 138 和第二层 104 之间的流量路径 139 。

另外，第三层 138 可以是一可粘结的塑料薄膜，如聚酰亚胺(例如 KAPTON KJ)，并且具有通过激光加工(如激发物激光)、 RIE 或等离子蚀刻和/或热模压而在该膜中形成的路径和喷口。较佳地，用于第三层 138 和第二层 104 之间的流体流动路径 139 是在可粘结的塑料薄膜中在一大面积上均匀地激光切割或热模压而形成，这样就不要求第三层 138 中的路径 139 与第二层 104 中喷口的精确对齐。在将第三层 138 粘结到第二层 104 之后，在第三层 138 中蚀刻或激光切割气体喷口。

鉴于由第三层 138 提供路径 139 ，所以如图 24 所示的雾化装置还可通过将

液体流入先用于气体的入口 118 和使气流入先用于液体的入口 120 来进行操作。当切换气体和液体时，较佳地是液体喷口在其周边周围具有高速气流，所以不会形成厚的液体聚集。

图 25 和 26 示出了第十四种实施例的雾化装置 140 。此实施例与图 14 至 16 所示的第七个实施例类似。然而，此第十四个实施例具有一不同的气体输送网。具体地，该雾化装置 140 包括一基本上平面的通气层 142 ，其构成用于气体的通气腔 143 。气体入口 118 将来自一气体源的气体输送到通气腔 143 。

各第一和第二层 102 和 104 的长度和宽度较佳地由所需要的液体雾化速度决定(根据分裂速度，如每平方毫米阵列每分钟 10 毫升)，其厚度在用于批量微加工的硅薄片(例如， 500 微米)的标准范围中。通气层较佳地为硅，不过也可用其它材料制成，如 PYREX 。

形成于第二层一个表面中的气体喷口 110 厚度明显大于第七个实施例的。这些气体喷口 110 伸过第一和第二层 102 和 104 以与通气腔 143 流体连通。气体喷口 110 较佳地具有与第七个实施例中相同的长度和宽度。液体喷口 116 和液体槽道 114 较佳地具有与第七个实施例相同的尺寸。

例如以每平方毫米喷雾阵列面积每分钟 10 毫升的流速经过液体喷口 116 的液体将贯穿第二层 104 的表面移动以到达气体喷口 110 的雾化边 124 。例如以每秒 200 米的速度经过气体喷口 110 的气体在雾化边 124 处将液体分裂成细流并且经过初级雾化而将细流分成液滴。

第十四个实施例的雾化装置 14 可与第一个实施例雾化装置类似的方式在薄片上批量生产。各层的内表面较佳地采用垂直壁微加工工艺制成。然后，这些层对齐并且通过硅融合粘结而形成雾化装置。

图 27 示出了本发明的第十五个实施例。此实施例与第十四个实施例相同，只是在第二层 104 上设置有一基本上平面的第三层 138 以形成可将液体引导到气体喷口 110 的路径 139 。此第三层 138 较佳地具有足以防止操作过程中分裂的厚度以及与第一和第二层 102 和 104 一致的长度和宽度。

例如以每平方毫米喷雾阵列面积每分钟 10 毫升的流速经过液体喷口的液体将贯穿第二层 104 的表面移动以到达雾化边 124 。例如以每秒 200 米的速度经过气体喷口 110 的气体在雾化边上将液体分裂成细流，并且经过初级雾化而将细流分成液滴。

此第三层 138 是通过与第十三实施例相关的上述工艺微加工且装到第二层 104 上的。

在图 28 中示出了第十六实施例的雾化装置 146 。此实施例包括一基本上平面的通气层 142 、一基本上平面的第一层 102 和一基本上平面的第二层 104 。各

第一和第二层 102 和 104 的长度和宽度较佳地由所述的液体雾化速度决定(根据分裂速度,如每平方毫米喷口每分钟 10 毫升),其厚度在用于批量微加工的硅薄片(例如, 500 微米)的标准范围中。通气层 142 较佳地由硅制成,但是也可用其它材料制成,如 PYREX。

通气层 142 和第一层 102 构成气体通气腔 143。一气体入口(未示)将来自一气体源的气体输送到通气腔 143。

气体喷口 110 形成于第二层 104 的一个表面上。这些气体喷口延伸通过第一和第二层 102 和 104 并且与通气腔 143 流体连通。气体喷口 110 较佳地与第七实施例具有相同的长度和宽度,但其厚度明显比第七实施例中的大。

第一和第二层 102 和 104 形成一液体通道(未示)和可将液体输送到形成于第一层 102 中的多个液体喷口 116 的多个液体槽道 114。液体喷口 116 和液体槽道 114 较佳地具有与第七实施例中相同的尺寸。液体经过一液体入口(未示)输送到液体通道,液体入口较佳地具有一过滤器(未示)、如第七实施例的过滤器。

例如以每平方毫米喷雾阵列面积每分钟 10 毫升的流速经过液体喷口 116 的液体将贯穿第一层 102 的表面移动以到达气体喷口 110 的入口。例如以每秒 200 米的速度将通气腔 143 中的气体送入气体喷口 110,并且将液体牵引经过气体喷口到达气体喷口出口。当液体沿气体喷口壁移动时,一些液体被分裂成细流并且被雾化。剩余的液体将被带到气体喷口出口(雾化边)。气流将雾化边处的液体分裂成细流,并且经过初级雾化而将细流分成液滴。

第十六个实施例的雾化装置 146 可与第一个实施例雾化装置类似的方式在薄片上批量生产。各层 142、102 和 104 的内表面较佳地采用垂直壁微加工工艺制成。然后,通气腔、第一和第二层对齐并且通过硅融合粘结而形成雾化装置。如果将 PYREX 用于一通气层,则通过阳极粘结方式连接到硅层上。

图 29 至 34 示出了本发明第十七个实施例 148。此实施例许多方面与图 15 所示的第七实施例类似。然而,此第十七实施例具有一较复杂的输送网,包括导管、通道和叉指式的输送槽道,它们可将气体和液体输送到气体和液体喷口。

如图 29 所示,气体由一气体入口 118 进入并且流过一导管 150 到达较小的通道 152。来自槽道 152 的气体可流入更小的槽道 108,而可将气体输送到气体喷口 110。类似地,液体经一液体入口 120 流过导管 154 而流过较小通道 156,并且流入更小的槽道 114,而将液体输送到液体喷口 116。

如图 31 所示,该雾化装置包括一连接块 158、一基本上平面的过滤层 160、一基本上平面的第一层 102 和一基本上平面的第二层 104。各过滤层 100、第一层 102 和第二层 104 的长度和宽度较佳地由所述的液体雾化速度决定(根据碎裂速度,如每平方毫米喷口每分钟 10 毫升),其厚度在用于批量微加工的硅薄片(例如,

500 微米)的标准范围中(当然第一层较佳地由 PYREX 制成).

连接块 158 具有一气体入口 118 和一液体入口 120 而用于与气体和液体源连接。连接块 158 较佳地由钢或其它不透液体材料的可加工材料制成。

如图 33 所示，过滤层 160 具有一可将气体输送到气体导管 150 中的气体主输送槽道 162 .该气体主输送槽道 162 经过一 O 形环 164 连接到气体入口 118 上。

过滤层 160 也具有可将液体输送到液体导管 154 中的一气体主输送槽道 166 。该气体主输送槽道 166 经过一 O 形环 168 连接到液体入口 120 上。

液体主输送槽道 166 包括多个细长的槽道 170(图 33 和 34)。各槽道 170 在其进口处具有过滤口 173 。这些过滤口 173 例如可以圆形或正方形的，其宽度较佳地小于或等于液体喷口 116 宽度的 1/3 。如图 34 所示，过滤口 173 藉由流体流入液体入口 120 和经过一冲洗口 172 而被冲洗。在正常作过程中，此冲洗口 172 是关闭的，除非采用一循环液压泵系统。

与第二层 104 和过滤层 160 不同，第一层 102 较佳地由 PYREX 制成。第一层 102 具有气体和液体导管 150 和 154(图 31)，它们与气体和液体主输送槽道 162 和 166 流体连通。第一层 102 还具有与气体和液体导管 150 和 154 流体连通的气体通道 152(截面中未示)和液体通道 156(图 32)。

第二层 104 具有气体和液体槽道 108 和 114(图 31)，它们与气体和液体通道 152 和 156 流体连通并且较佳地是叉指状的。气体和液体槽道 108 和 114 可向形成在第二层 104 一个表面中的气体和液体喷口 110 和 116 提供气体和液体。气体和液体槽道 108 和 114 以及气体和液体喷口 110 和 116(图 30)较佳地具有与第七实施例的槽道和喷口相同的尺寸。

例如以每平方毫米喷雾阵列面积每分钟 10 毫升的流速经过液体喷口 116 的液体将贯穿第二层 104 的表面移动以到达气体喷口 110 的雾化边.例如以每秒 200 米的速度经过气体喷口 110 的气体将液体在雾化边处分裂成细流，并且经过初级雾化而将细流分成液滴。

此第十七实施例的雾化装置 148 可与第一个实施例雾化装置类似的方式在薄片上批量生产。各层的内表面较佳地采用垂直壁微加工工艺制成。然而，由 PYREX 制成的第一层 102 内表面较佳地由超声波制成。过滤、第一和第二层然后对齐并且通过阳性粘结而连接，这是一种用于将硅连接到 PYREX 上的较佳工艺。由钢制成的连接块 158 的气体和液体入口 118 和 120 较佳地由普通的加工方法制成，而通气孔、第一和第二层然后藉由 O 形环(或一密封垫)164 和 168 连接到连接块上以形成雾化装置。

上述的较佳实施例适当地对构成本发明前述和其它实施方式的原理进行了论述。

根据本发明，可以理解，上述的雾化装置可对液体进行初级雾化使液体雾化成 Sauter 平均直径小于 35 微米的液滴，并且气体-液体质量比小于或等于 0.2 。由于形成细流的层较薄，所以可产生小于 35 微米的 Sauter 平均直径。由于气体喷口较窄，而可产生小于 0.2 的气体-液体质量比。这种结合可在采用少量气体来雾化一定量的液体时形成小液滴。

另外，上述的雾化装置可将液体初级雾化成 Sauter 平均直径小于液滴的临界直径 D_{max} 的液滴。 D_{max} 是一个液滴的最大稳定直径:

$D_{max} = 8\sigma/(C_D \rho_A U_R^2)$

式中:

σ： 液体的表面张力;

C_D： 直径等于临界直径的一个液滴的牵引系数

ρ_A： 气体的密度; 以及

U_R： 液滴与气体之间的相对速度。由于液体在雾化边处厚度薄，所以可使初级雾化产生的液滴小于临界直径。这可形成略小的平均液滴尺寸以及较窄的液滴尺寸分布。

这些雾化装置还可形成平均宽度小于液滴临界直径 D_{max} 的五倍的液体分离细流。这是因为在雾化边处的液体较薄而形成的。由于对第二级雾化的依赖性减小，所以这是有用的。

雾化装置可使气体撞击液体流动并且可在速度小于或等于每秒 100 米时实现有效的雾化。由于液体在雾化边处的厚度小这是可能实现的。这可使喷雾系统中的湍流减少。

在上述的各雾化装置中，各喷口周边与喷口横截面积的比例至少为 8,000 米$^{-1}$。由于高速气流都集中在发生初级雾化的雾化边处，所以这是有利的。

另外，各实施例中的气体-液体质量比较佳地小于或等于 0.2，最好小于或等于 0.1 。此比例可通过限制所需的气体量而提供更好的性能。

此外，这些雾化装置可以通过可批量生产的制造技术而制成，因而可以同时在单层中制造成百、甚至上百万个雾化装置。

由于这些雾化装置不需要在批量制成后分离，所以本发明还可用于形成喷口大阵列。这对于获得较高的流速、或者对于使流速根据生产环境而成比例增加都是重要的。

这些雾化装置还可由这些方法制成，这些方法可使各装置精确地制成相同并且符合精密的尺寸要求。这对于获得一个雾化装置至下一个雾化装置或者一批雾化装置至下一批雾化装置的可重复生产 r 喷雾特性是重要的。

通过使(a)槽道宽度与(b)喷口厚度的比例保持足够低，而不会发生断裂和/或

分裂，本发明可提供用非常薄的结构进行较大阵列的高压操作。例如，在槽道宽度限制到 100 微米的情况下， 4 微米厚的喷口能以 100psi（磅/平方英寸）进行工作而不会破裂。

通过采用有效的节省空间的输送网，本发明可将流体输送到喷口较大阵列中，而不需要许多空间。这些网可通过批量生产而高效地制成。几十、几百甚至几千个输送槽道可同时形成于一层或叠层中，而不是一次形成一个槽道。同样，可形成多层这样的输送槽道。这对于大阵列喷口来说是重要的。

本发明还可用于多流体阵列，其中相邻的喷口中释放不同的流体。

本发明第十八个实施例雾化装置示出在图 35 和 36 中。此实施例操作情况不同于上述实施例。此实施例是通过液体流或射流的第一级风诱导和第二级风诱导分裂而工作的。

第十八实施例 180 包括一基本上平面的第一层 182 和一基本上平面的第二层 184 。各第一和第二层 182 和 184 较佳地长为 5 毫米、宽 5 毫米以及厚 1 毫米。

第一和第二层 182 和 184 形成一气体槽道 186 和多个可将气体输送到形成于第二层 184 中的多个气体喷口 190 的多个气体通道 188 。第一和第二层 182 和 184 还形成一液体通道 192 和可将液体送到形成于第二层 184 中的多个液体喷口 196 的多个液体槽道 194 。如图 36 所示，气体槽道 188 和液体槽道 194 较佳地是叉指状。

经过一气体入口 198 气体输送到气体通道 186 中。类似地，经过一液体入口 200 液体输送到液体通道 192 中。液体入口 200 在其进口处具有一过滤器(未示)以将杂质从液体中除去以防止液体喷口 196 堵塞。过滤器较佳地具有例如可以是圆形或正方形的极细小的过滤孔。这些过滤孔较佳地宽度为小于或等于液体喷口 196 的宽度的 1/3 。

液体喷口 196 较佳地具有紧凑的横截面(例如是圆形或正方形的)，其厚度小于液体喷口宽度的四倍。

在此实施例中，施加足够的液体压力以起动并保持来自这些液体喷口 196 的液体射流。气流布置成在射流已离开液体喷口 196 之后，气体与射流以足够不同的速度相互作用以在射流分裂之前加速分裂，这是由于其本身的内部不稳定性(雷利(Rayleigh)分裂)。液体射流流速较佳地为每秒 10 米，气流速较佳地为大于每秒 100 米。

此分裂是由风诱发的，即，气体以相对液体射流明显大的速度冲击液体射流。此风诱发分裂可用第一级风和第二级风描述。在第一级风分裂中，液体射流振荡主要仍是膨胀的，并且所形成的液滴直径大致与射流直径相同。在第二级风分裂中，液体射流振荡主要是正弦的，并且所形成的液滴直径比射流直径小得

多。

这种风诱发分裂的好处包括(1)所形成的液滴比由于雷利分裂形成的液滴小，以及(2)液滴尺寸分布是介于雷利分裂(单分散性)和普通雾化(非常宽的尺寸分布)之间。

此实施例的雾化装置180可与第一实施例雾化装置所用的类似方式在薄片上批量生产。各层内表面较佳地采用垂直壁微加工工艺制成。第一和第二层182和184然后由硅融合粘结、或通过阳极粘结(如果第一层182是PYREX的话)以形成该雾化装置180。

此实施例的雾化装置180可用于利用第十四和第十七实施例的输送网。

对于本技术领域中的普通技术人员而言，不脱离本发明的范围或精神还可对本发明的装置作出多种修改和变化。

对于本技术领域中的普通技术人员而言，通过借鉴说明书和本文所述的实施例，还可作出其它实施例。所以，本说明书和实例只是用于举例说明本发明，而本发明实质范围和精神应由所附权利要求来确定。

说 明 书 附 图

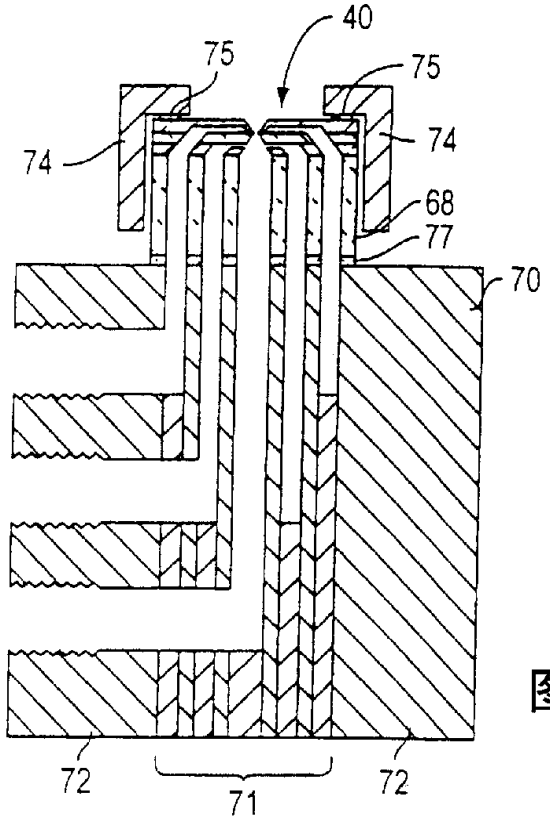


图 1

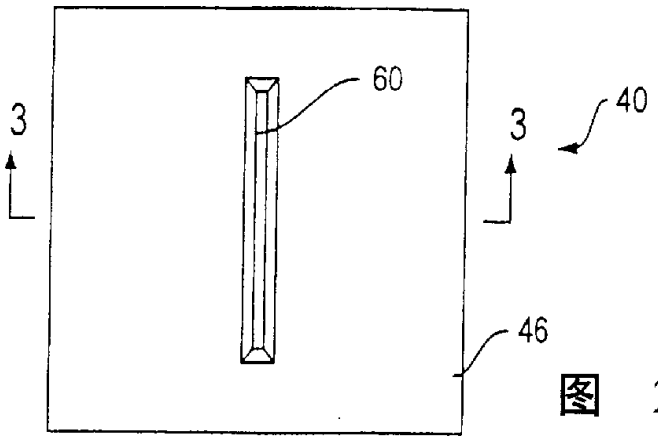


图 2

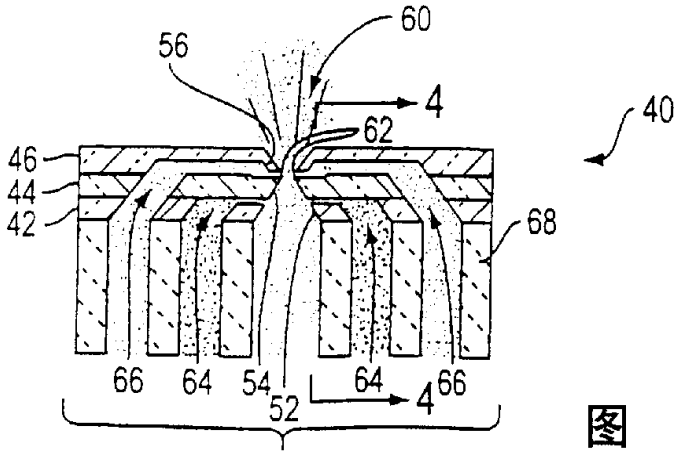


图 3

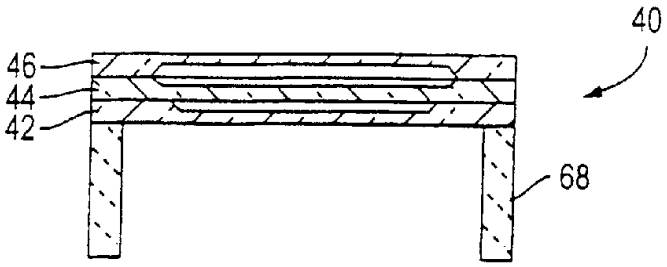


图 4

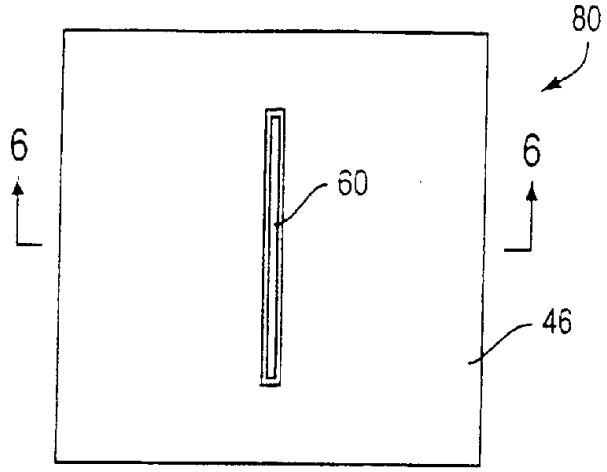


图 5

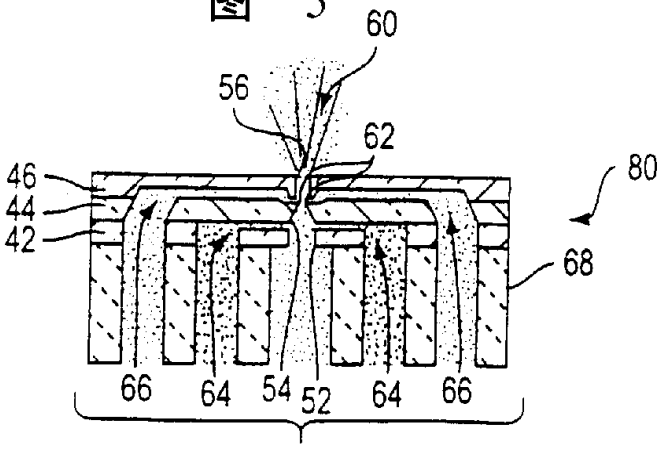


图 6

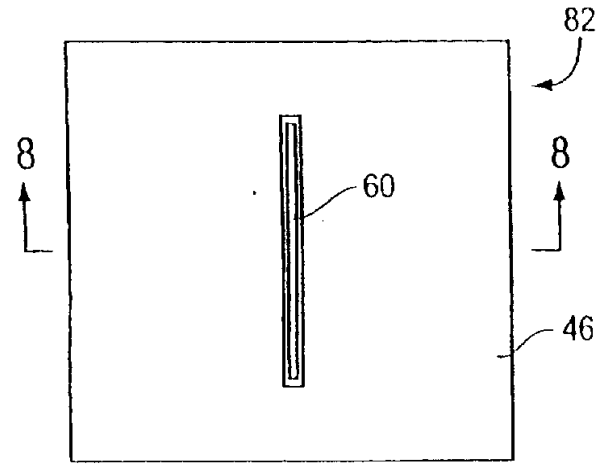

82
8
8
60
46

图 7

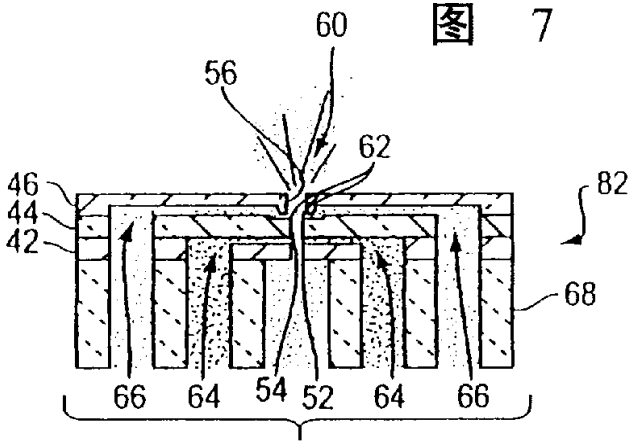

60
56
62
46
44
42
82
68
66
64
54
52
64
66

图 8

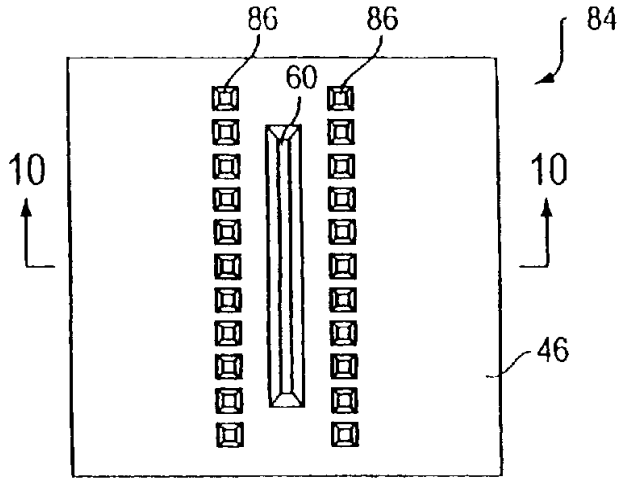

86
86
84
60
10
10
46

图 9

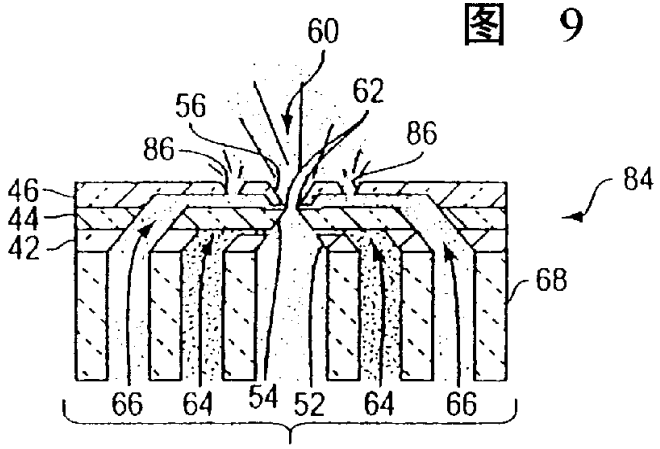

60
62
56
86
86
46
44
42
84
68
66
64
54
52
64
66

图 10

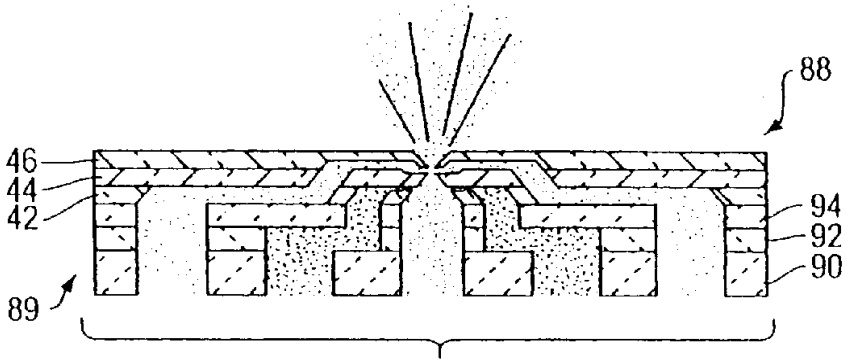


图 11

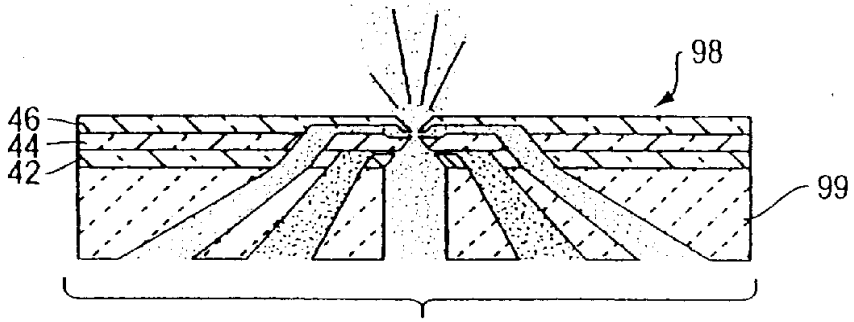


图 12

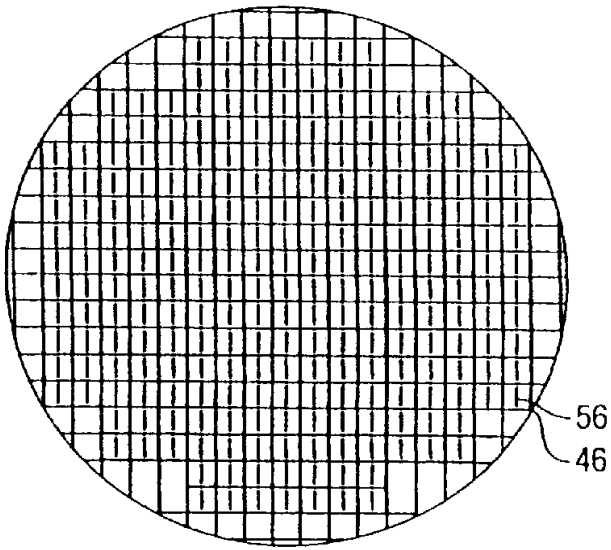


图 13

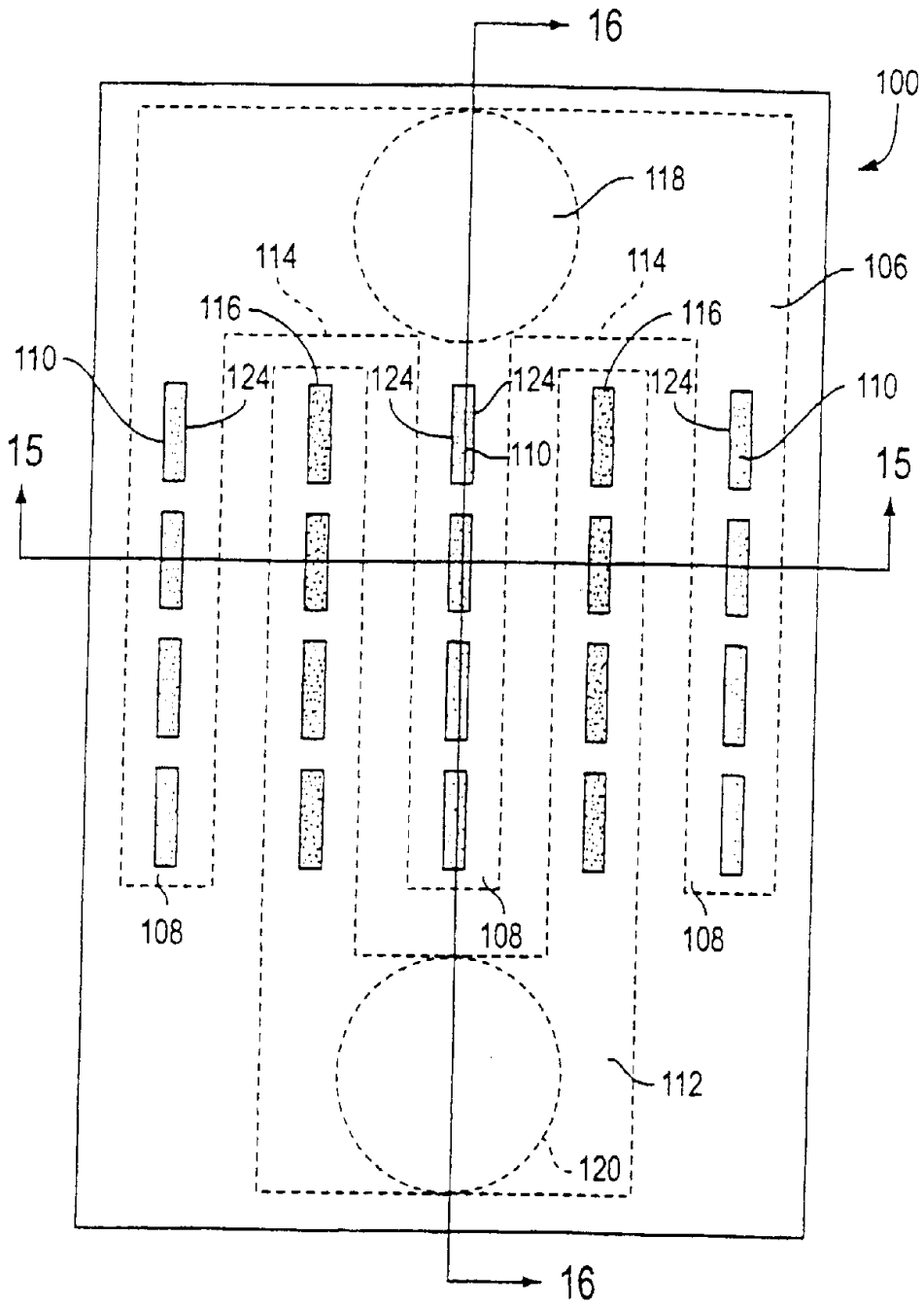

16
100
118
114
114
106
116
116
110
124
124
124
124
110
15
15
110
108
108
108
112
120
16

图 14

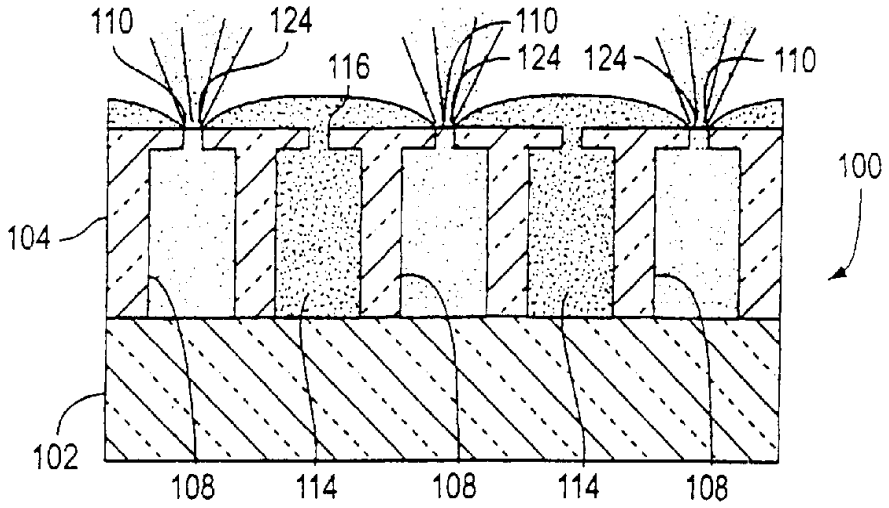

110
124
116
110
124
124
110
100
104
102
108
114
108
114
108

图 15

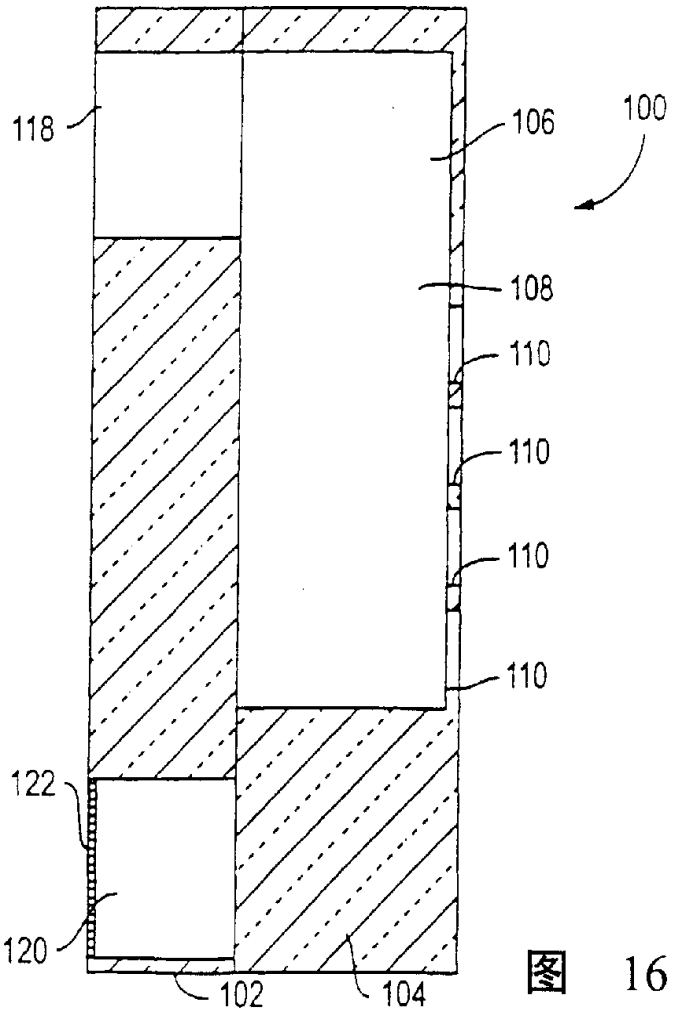

118
106
100
108
110
110
110
110
122
120
102
104

图 16

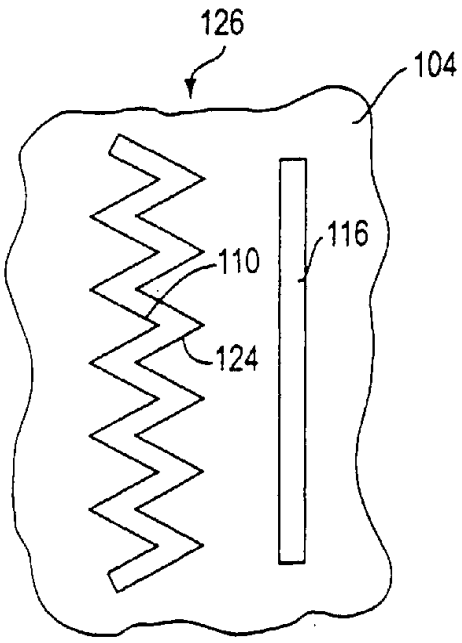


图 17

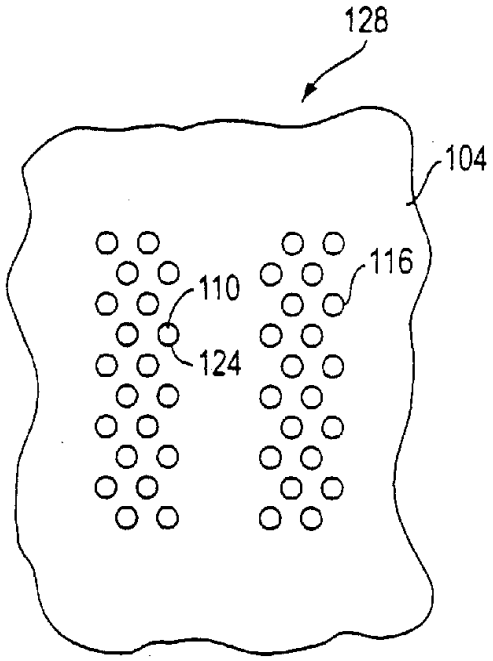


图 18

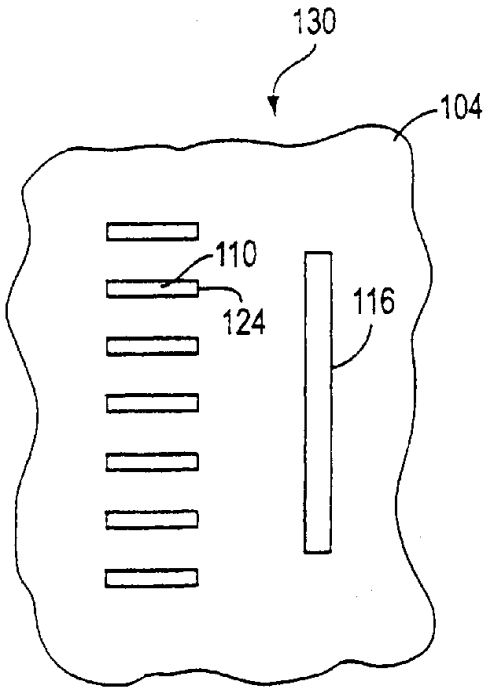


图 19

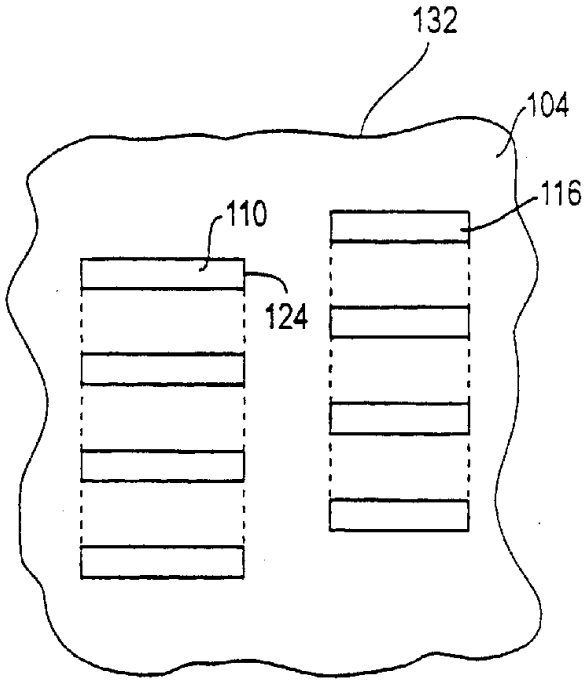


图 20

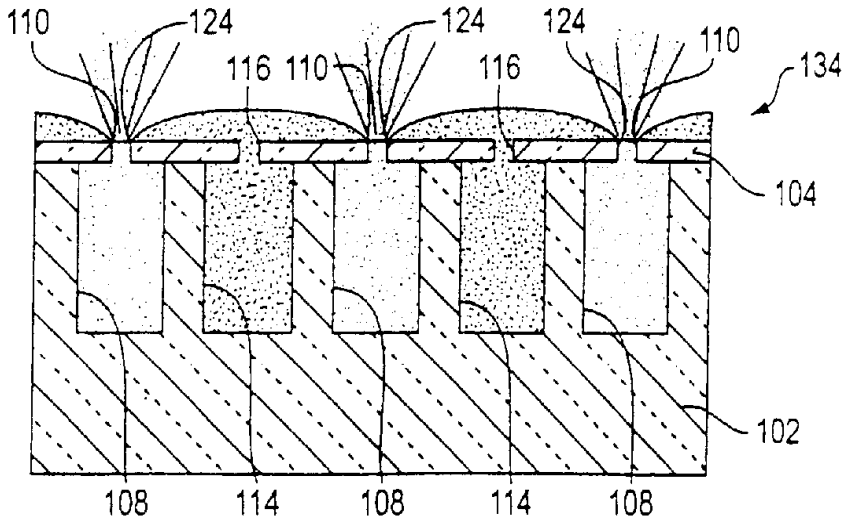

110
124
124
124
110
134
116
110
116
104
102
108
114
108
114
108

图 21

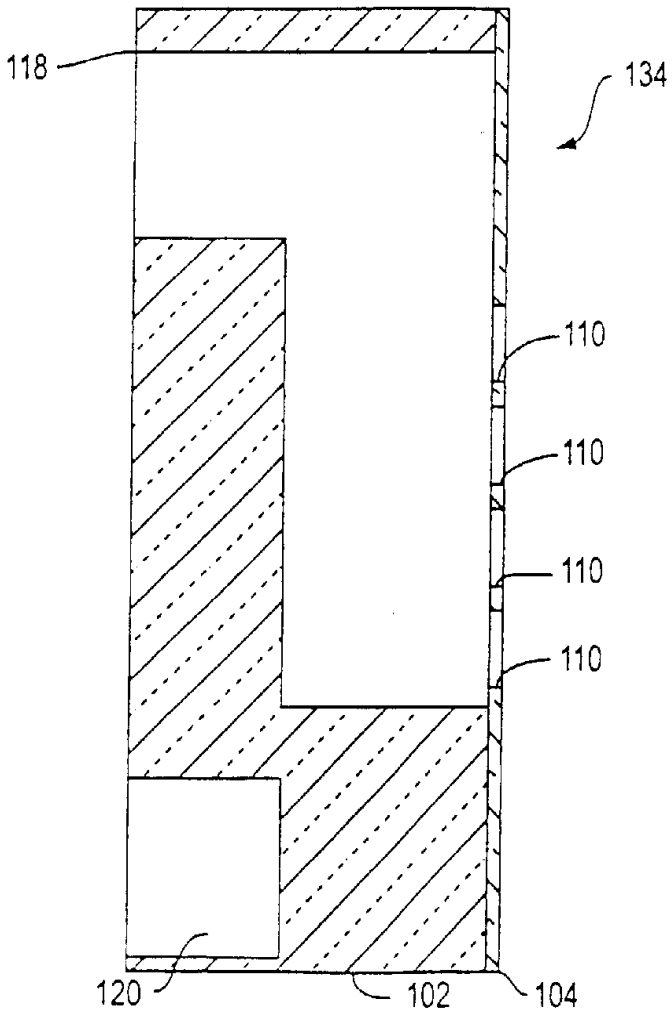

118
134
110
110
110
110
120
102
104

图 22

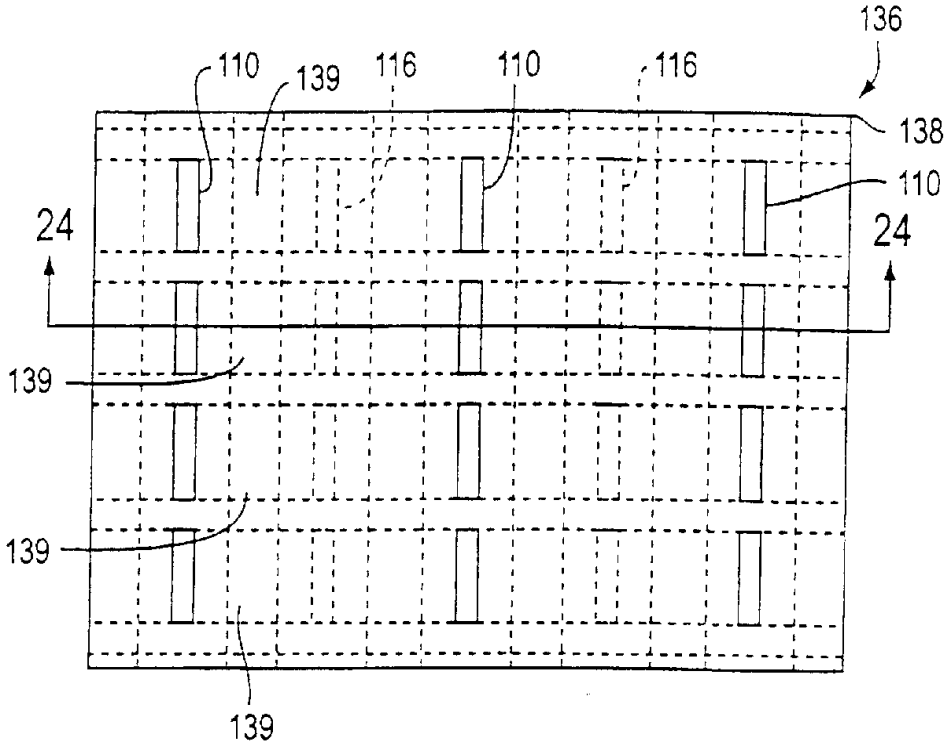

136
110
139
116
110
116
138
110
24
24
139
139
139

图 23

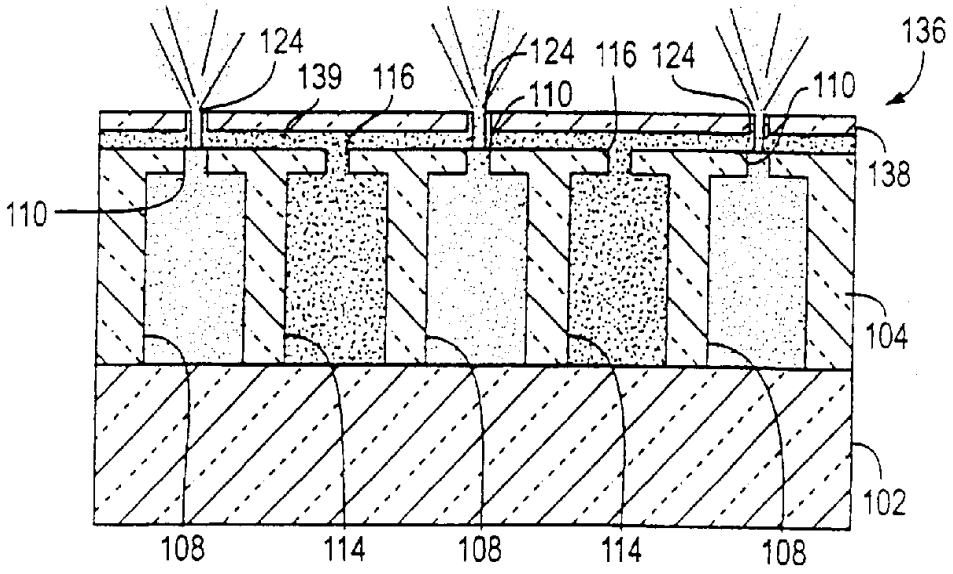

124
139
116
124
116
124
136
110
110
138
110
104
102
108
114
108
114
108

图 24

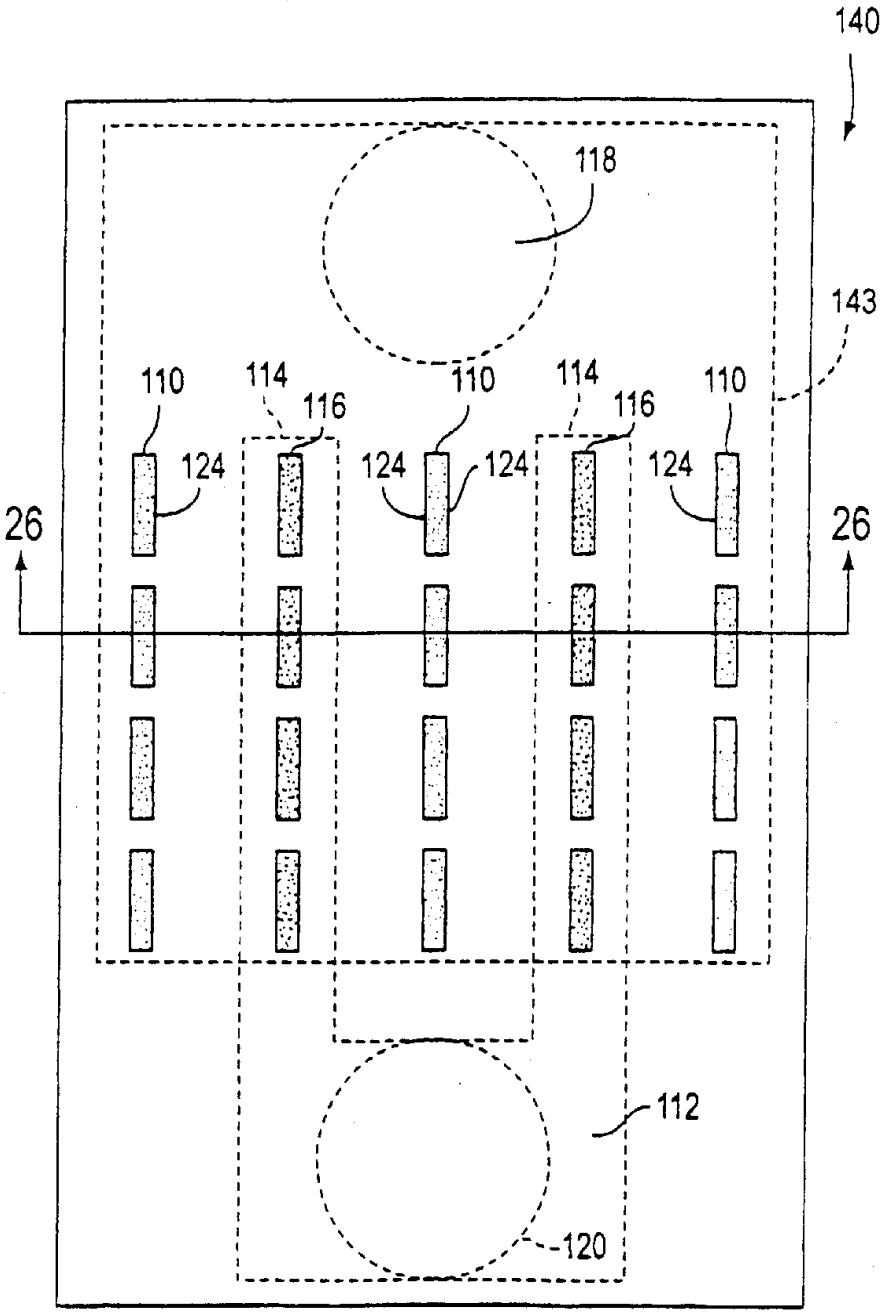

140
118
143
110
114
116
110
114
116
110
124
124
124
124
124
26
26
112
120

图 25

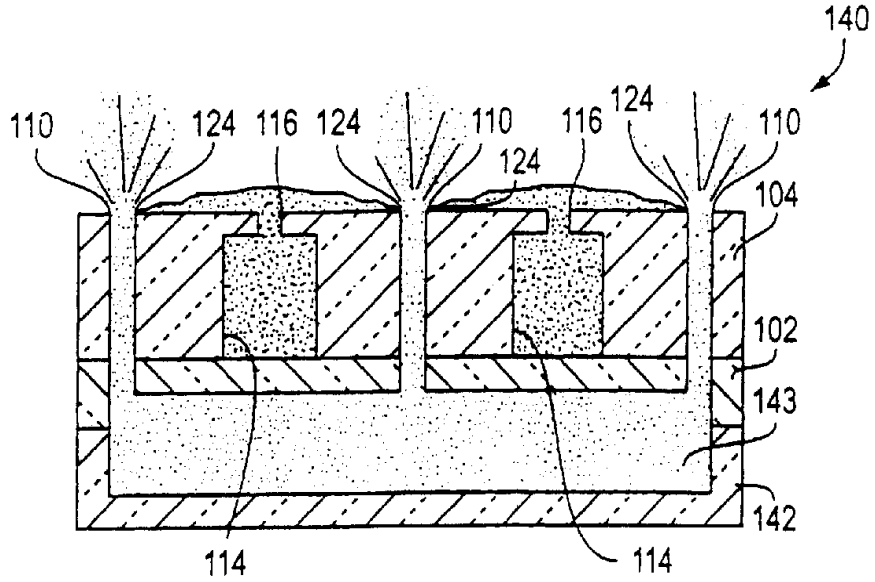

140
110
124
116
124
110
116
124
110
124
104
102
143
142
114
114

图 26

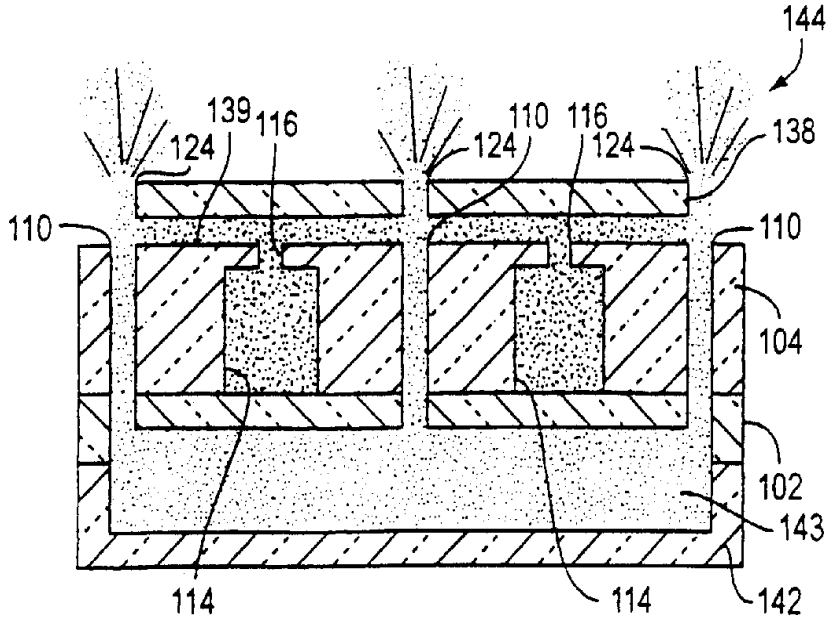

144
139
116
124
110
116
124
124
138
110
110
104
102
143
142
114
114

图 27

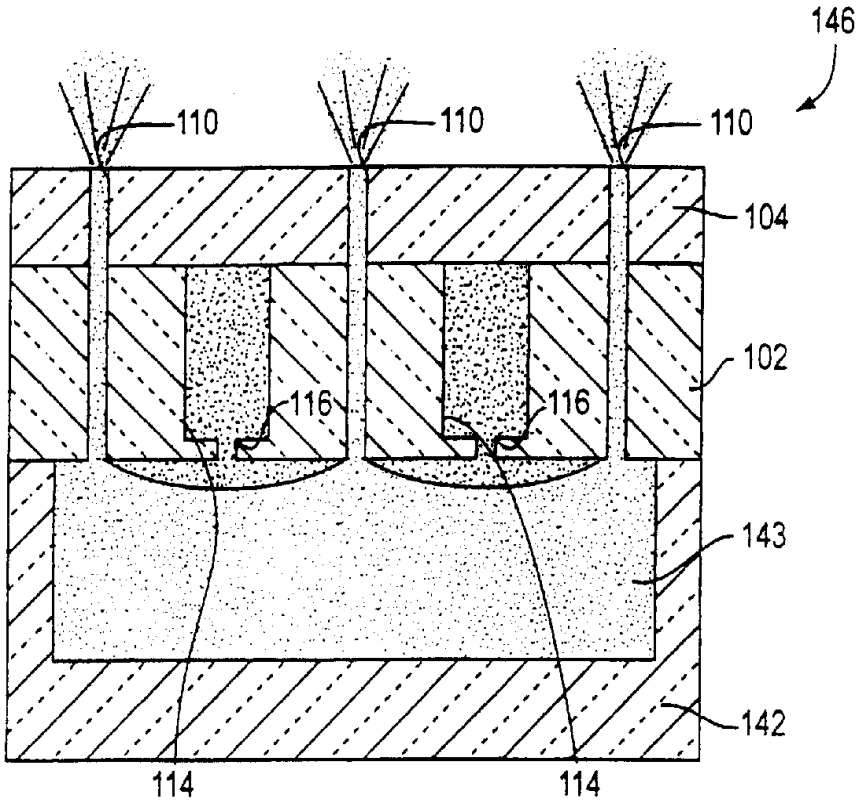


图 28

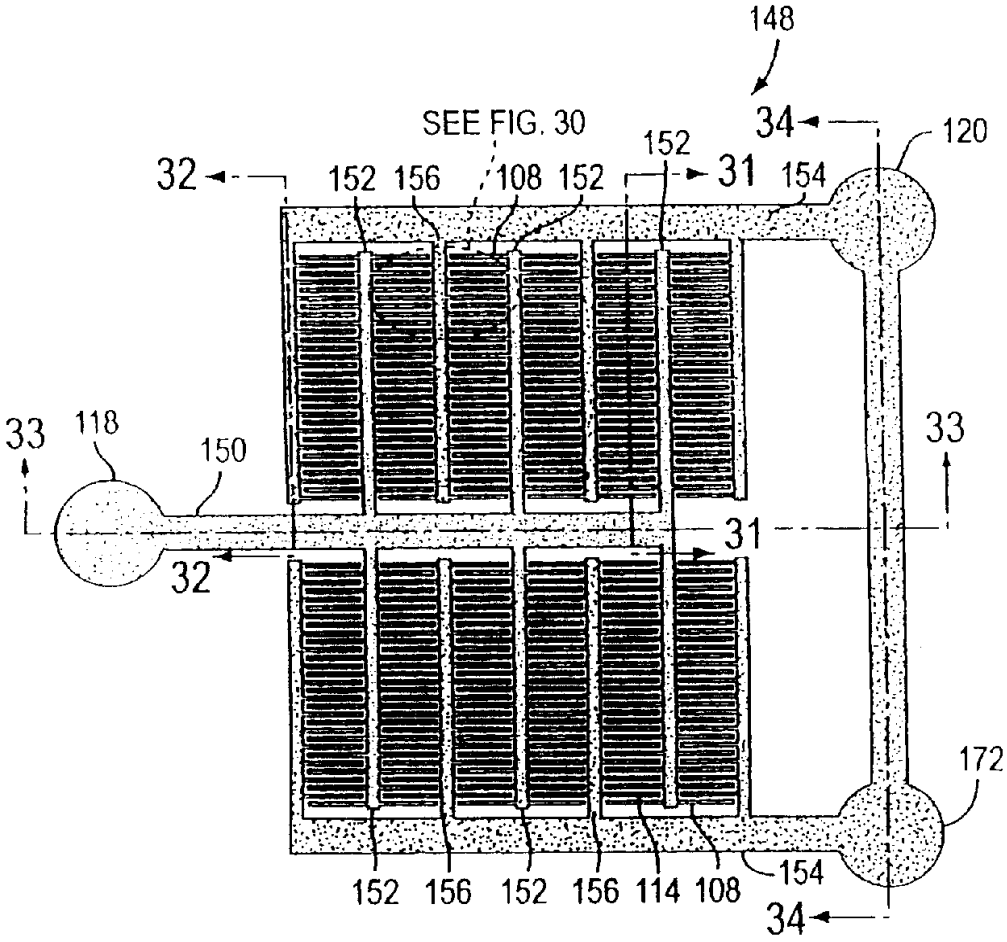

148
SEE FIG. 30
34
120
32
152
156
108
152
152
31
154
33
118
150
33
31
32
172
152
156
152
156
114
108
154
34

图 29

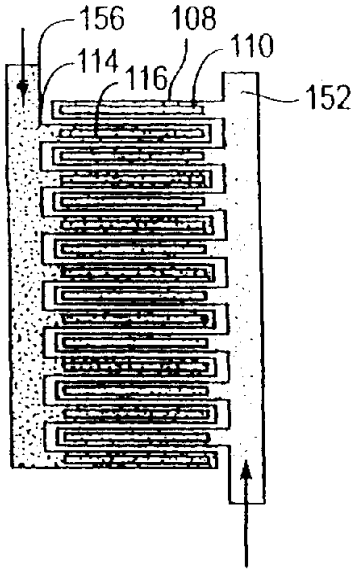

156
108
110
114
116
152

图 30

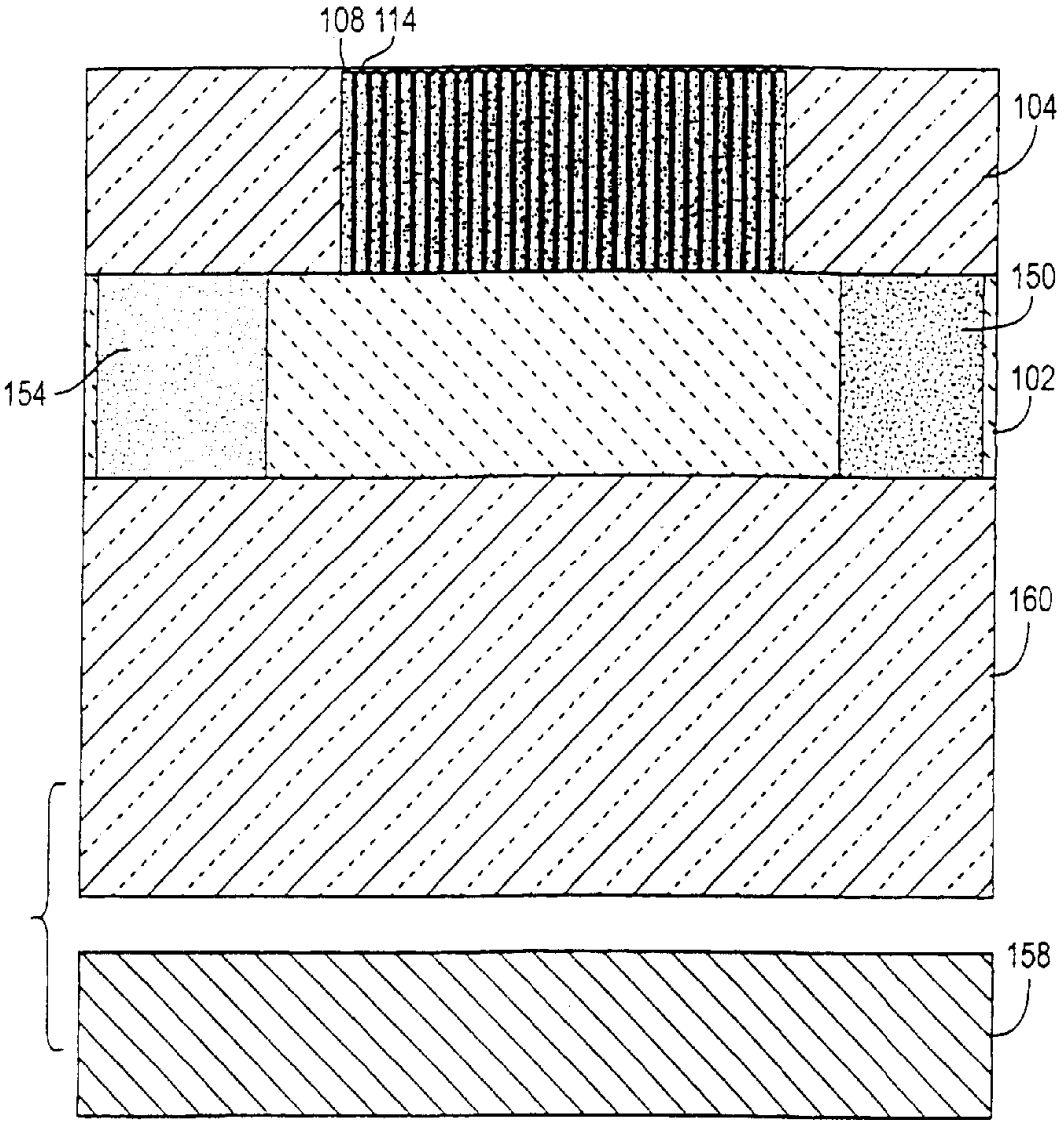


图 31

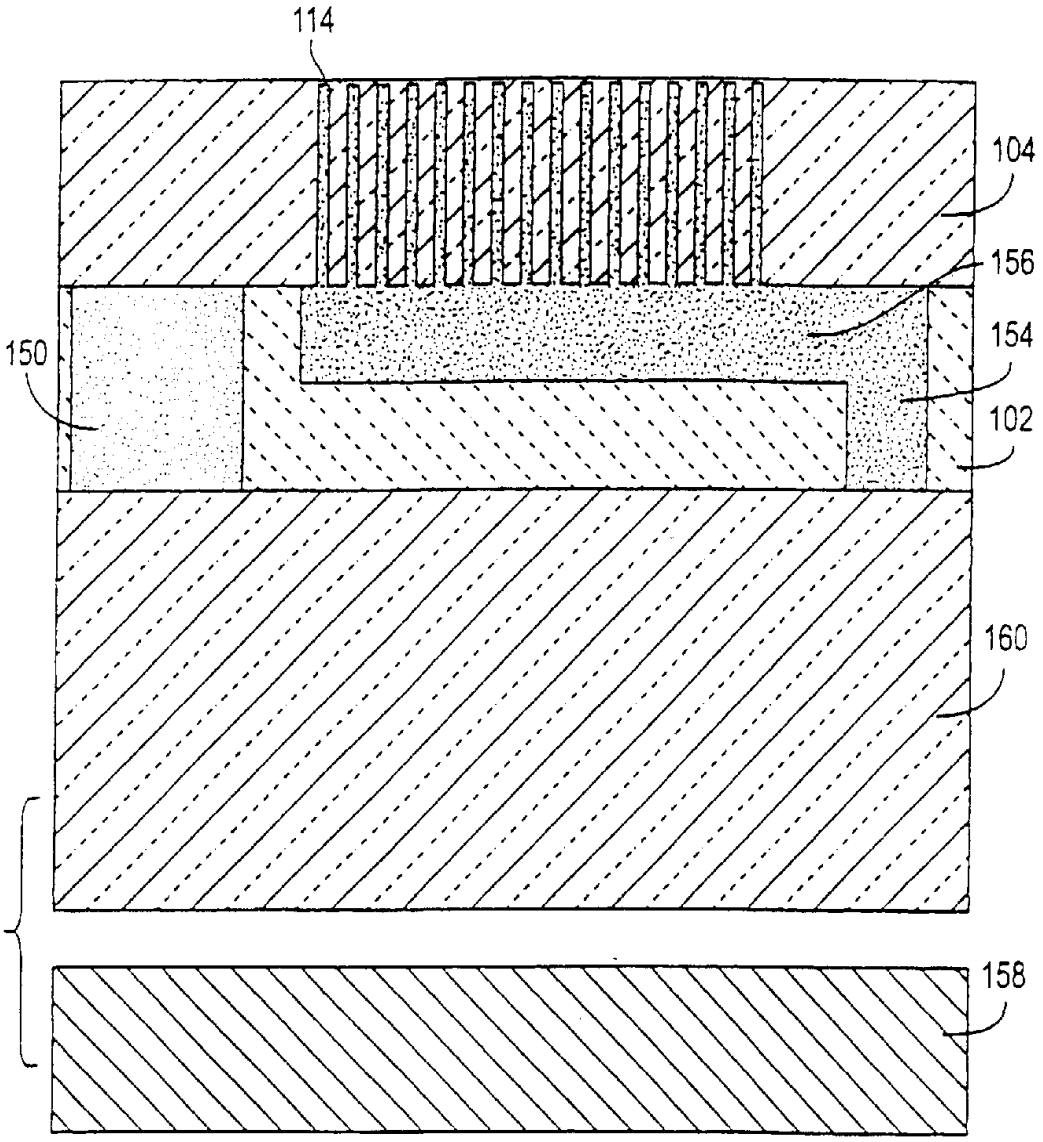


图 32

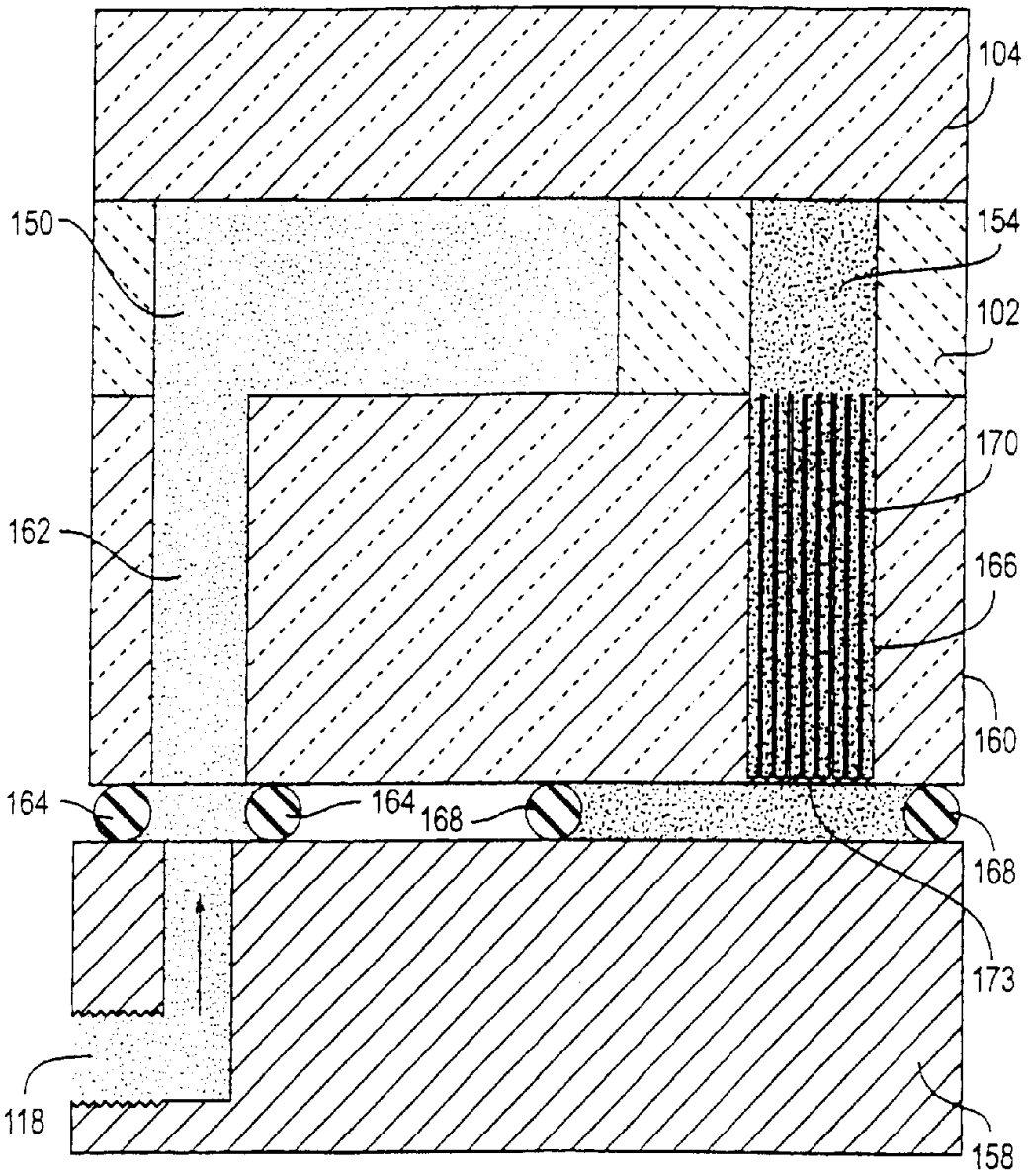


图 33

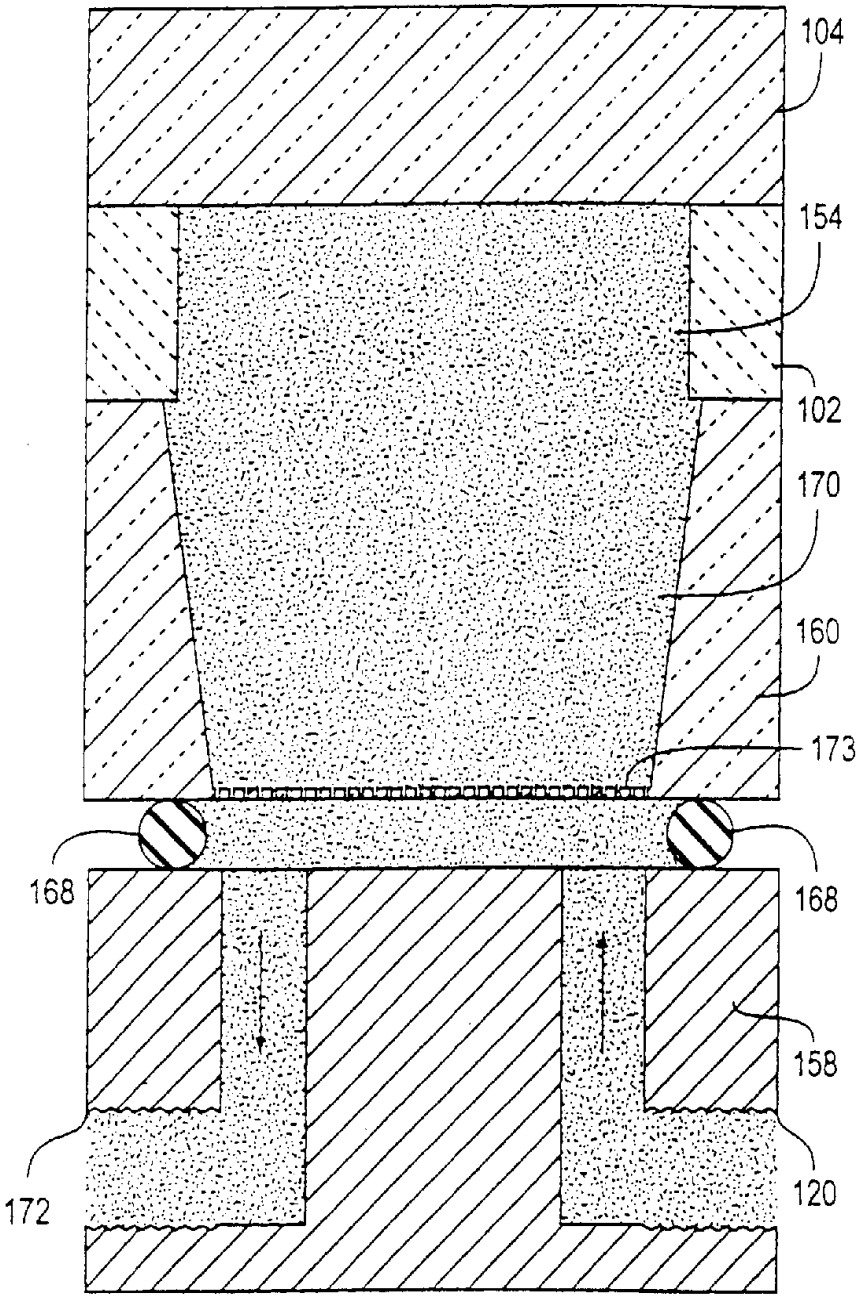


图 34

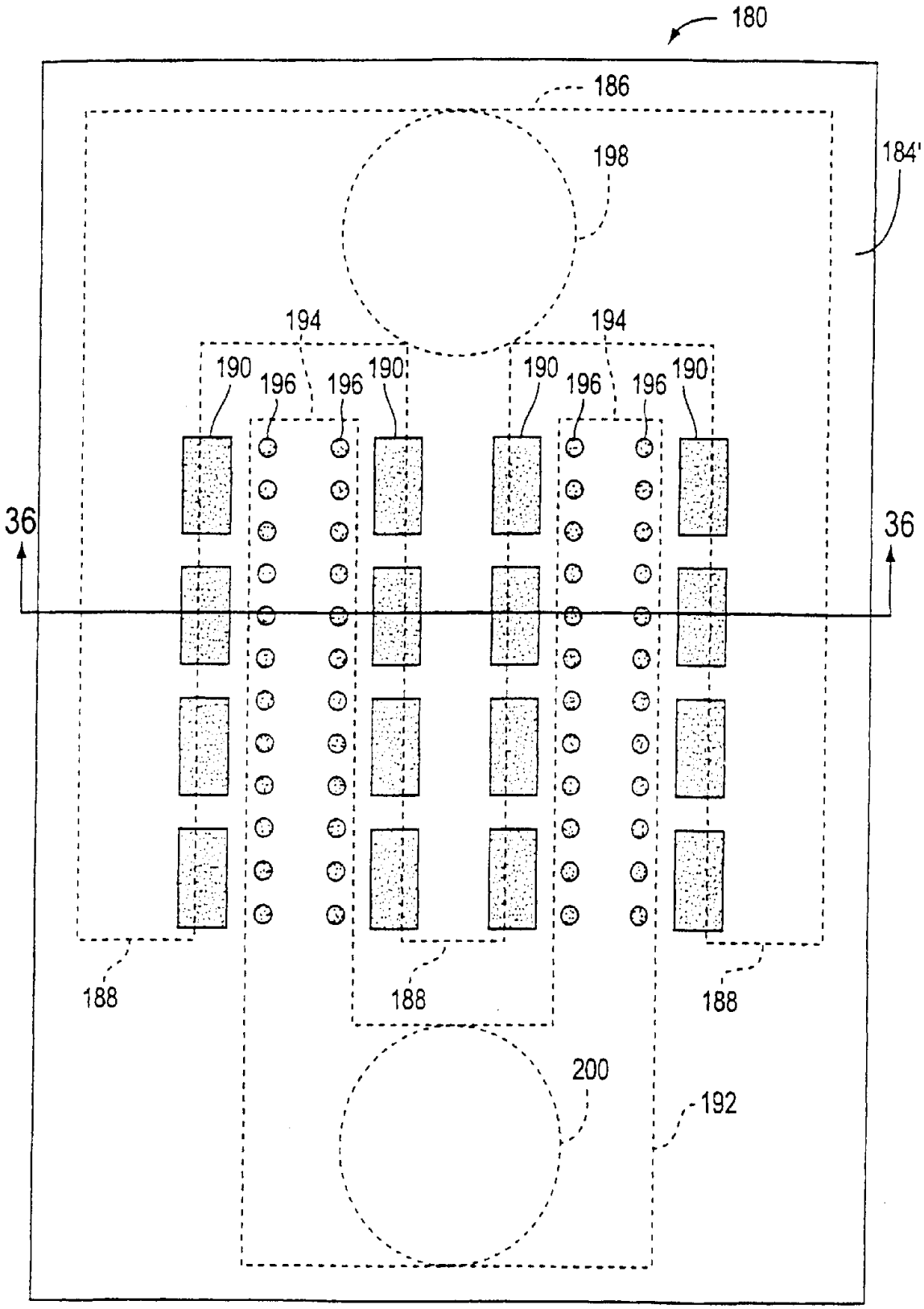

180
186
198
184'
194
194
190
196
196
190
190
196
196
190
36
36
188
188
188
200
192

图 35

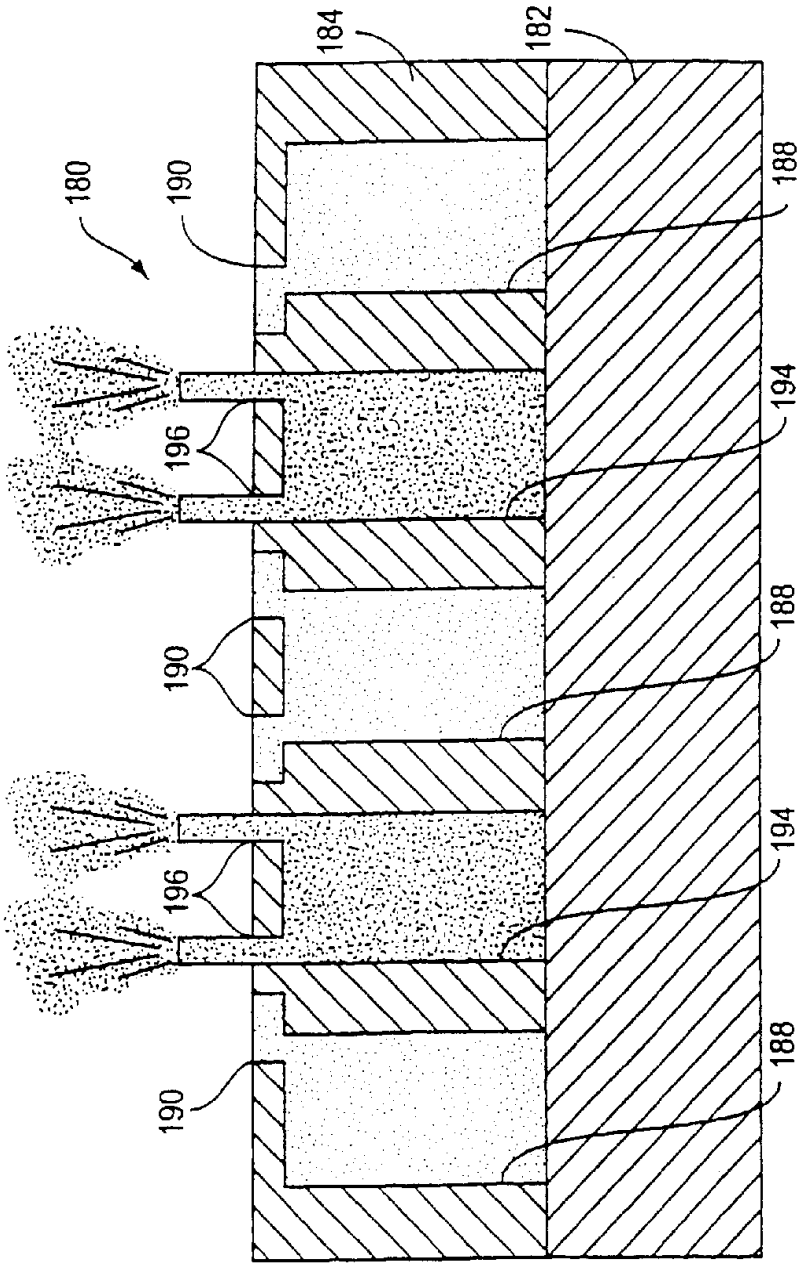


图 36