



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101687416 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 01

(21) 申请号 200880023336. 2

(22) 申请日 2008. 06. 27

(30) 优先权数据

0712861. 4 2007. 07. 03 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 01. 04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2008/002231 2008. 06. 27

(87) PCT申请的公布数据

W02009/004318 EN 2009. 01. 08

(73) 专利权人 伊斯曼柯达公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 A·克拉克 J·希金斯 A·霍维

D·吉布森 S·德斯鲁索瓦

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 崔幼平 杨松龄

(51) Int. Cl.

B41J 2/03(2006. 01)

(56) 对比文件

W0 98/53946 A1, 1998. 12. 03, 说明书第 7 页
第 22 行至第 8 页第 26 行以及附图 3, 4.

US 2001/015735 A1, 2001. 08. 23, 说明书第
[0001], [0015], [0059]–[0067], [0074]–[0077]
段以及附图 2, 5.

W0 98/53946 A1, 1998. 12. 03, 说明书第 7 页
第 22 行至第 8 页第 26 行以及附图 3, 4.

EP 1193066 A1, 2002. 04. 03, 说明书第
[0022]–[0028] 段以及附图 4A.

US 2002/0051029 A1, 2002. 05. 02, 说明书第
[0052]–[0061], [0081]–[0083], [0087] 段以及
附图 2, 10.

US 2001/015735 A1, 2001. 08. 23, 说明书第
[0001], [0015], [0059]–[0067], [0074]–[0077]
段以及附图 2, 5.

审查员 余娟娟

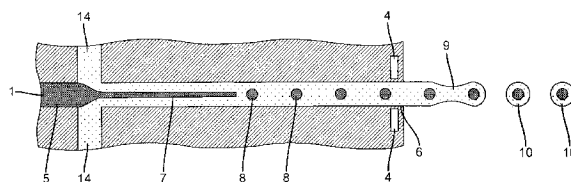
权利要求书2页 说明书9页 附图11页

(54) 发明名称

形成用于喷墨系统的组合液滴的方法及微流
体装置

(57) 摘要

本发明提出一种形成用于喷墨系统的组合液滴的方法, 该方法包括在一组通道 (5, 14) 内使第一流体 (1) 与第二流体接触。在这些流体之间的界面的特征是界面张力。第一流体在第二流体内部形成分离的液滴 (8), 第一流体和第二流体的组合物通过孔 (6) 形成射流 (9)。



1. 一种形成用于喷墨系统的组合液滴的方法,它包括在一组通道内使第一流体射流与第二流体接触,其特征在于,所述流体之间的界面具有界面张力,所述第一流体射流在到达孔之前形成包含在所述第二流体内的间隔开的液滴,所述一组通道中由所述第一流体射流流经的通道具有与所述孔类似的尺寸,所述第一流体的液滴和所述第二流体的组合物经过所述孔形成组合射流,所述组合射流受到扰动以便启动破碎,从而所述第一流体的液滴被包裹在所述第二流体内。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述组合射流在所述孔处的速度为 U 射流,其中

$$U_{\text{射流}} \geq \sqrt{\frac{\sigma}{R\rho}}$$

其中, σ 是所述第一流体的表面张力 (N/m), R 是所述射流的半径 (m),而 ρ 是所述组合射流的平均密度 (kg/m^3)。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述流体之一是含水组合物。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,所述流体之另一是不可与所述含水组合物混溶的液体组合物。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述第一流体,所述第二流体或这两者包含或包括下列成分的一种或多种:着色剂,染料,色素,聚合物,单体,表面活性剂,分散剂,无机颗粒物,有机颗粒物,或半导体聚合物或半导体颗粒物,或导体聚合物,或导体颗粒物,包含交联部分的分子,化学活性物质。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,让所述第一流体和所述第二流体在 T- 接头处接触。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,让所述第一流体和所述第二流体在横向流动接头处接触。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述第一和第二流体的组合物流过比第一和第二流体流过的通道宽的通道,然后经过喷嘴。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述第一流体的液滴是以介于 0.2 倍的所述组合射流的 Rayleigh 频率和 2 倍的所述组合射流的 Rayleigh 频率之间的速度形成的。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述第一流体包括两种或两种以上液体的层流混合物。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,所述第一流体中的所述两种或两种以上的液体的比例可以改变。

12. 如权利要求 1 至 11 中任一项所述的方法,其特征在于,所述第一流体的液滴为第一液滴,并且所述第一流体的所述第一液滴包括含有第二液滴的组合流体。

13. 如权利要求 1 至 11 中任一项所述的方法,其特征在于,所述第二流体内的所述第一流体的液滴的通道分别受到扰动。

14. 一种用于连续式喷墨印刷机的微流体装置,所述微流体装置包括用于给送第一流体的至少一个第一通道、用于给送第二流体的至少一个第二通道,以及喷嘴,所述至少一个第一通道具有与所述喷嘴类似的尺寸,所述第一通道和所述第二通道相交以便剪切力使得所述第一流体的射流能够在所述第二流体内部形成,并且随后在到达所述喷嘴之前在所述第

二流体内碎裂形成包含在所述第二流体内的第一流体的间隔开的液滴,以便所述第一流体的液滴和所述第二流体的组合射流穿过所述喷嘴射出。

15. 如权利要求 14 所述的微流体装置,其特征在于,给送所述第一流体的所述第一通道设有扰动所述第一流体的流动的装置。

16. 如权利要求 14 所述的微流体装置,其特征在于,给送所述第二流体的所述第二通道设有扰动所述第二流体的流动的装置。

17. 如权利要求 14 所述的微流体装置,其特征在于,其包括扰动所述组合射流的流动的装置。

18. 如权利要求 14 所述的微流体装置,其特征在于,其包括分别扰动所述第二流体内的所述第一流体的每一个液滴的通过的装置。

19. 如权利要求 18 所述的微流体装置,其特征在于,引导所述第一流体的某些液滴经过喷嘴以便形成组合射流并且引导所述第一流体的某些液滴经过另外的出口通道。

20. 如权利要求 14 所述的微流体装置,其特征在于,其包括在所述组合射流的下游,具有比与喷嘴接触的所述第一或第二通道更大截面积的通道。

21. 一种用于连续式喷墨印刷机的微流体装置,它包括用于给送第一流体的至少一个第一通道和用于给送第二流体的至少一个第二通道,所述第一通道和所述第二通道相交以便剪切力使得所述第一流体的射流能够在所述第二流体内形成,给送所述第一流体的通道设有启动所述第一流体的液滴在所述第二流体内形成的装置,所述第一流体的液滴和所述第二流体的组合物经过孔形成组合射流,所述组合射流受到扰动以启动破碎,使得所述第一流体的液滴被囊裹在所述第二流体的液滴内。

形成用于喷墨系统的组合液滴的方法及微流体装置

技术领域

[0001] 本发明涉及连续式喷墨印刷或打印领域,特别是涉及使用微流体装置产生组合液滴。

背景技术

[0002] 随着消费打印机市场的增长,喷墨印刷(或打印)业已成为广泛使用的技术,这种技术用来以成像的方式将少量的液体供给到表面上。业已设想并且制造出了按需滴墨(或喷墨(DOD))装置和连续滴墨(CIJ)装置。同时,喷墨印刷的主要发展一直是用于伴有基于溶剂的系统的某些应用的水基系统,下面的技术正在被更广泛的应用。

[0003] 喷墨印刷持续追求更高的空间分辨率。因为在所有现有的系统(DOD和CIJ)中,着色剂以稳定的浓度均匀地分布在所述油墨或墨液内,这种分辨率是由液滴大小来决定的。因此,为了争取更高的分辨率,必须以更高的频率产生更小的液滴。在产生更小的液滴时,若干技术局限变得越来越严重。

[0004] 首先,需要更高的液滴速度以保持液滴惯性,并因此需要更大的投射距离和定位精度。其次,为了生产更小的液滴,需要更小的孔。由此需要更好地过滤,因为这样的喷嘴更容易堵塞。第三,更小的喷嘴直径需要更高的反压力,以便确保相同的射流韦伯数(Weber number)。

[0005] 利用毛细力(毛细管作用力)驱动的细的液体射流的破碎是众所周知的。这种不稳定性是由通过形成液滴降低所述射流的表面积的毛细力造成的,并且被称作 Rayleigh-Plateau 不稳定性(J. Plateau 1873;例如,参见 T.E. Faber, "Fluid dynamics for physicists", CUP 1995, p295 或 P.G. deGennes, F. Brochard-Wyart, D. Quere, "Capillarity and Wetting Phenomena", Springer 2004, pi 18.)。这一过程能够在自然界中在蜘蛛网上形成的露珠上看到,其中,在每一个细线上的均匀的薄膜最终成珠形成分离的液滴。这种现象通常还可在家用水龙头的滴水中见到。近年来,在连续式喷墨印刷领域业已对这种不稳定性进行了广泛地研究。对于按需喷墨(DOD)印刷来说,通常有依随液滴喷射的液体线,它随后碎裂形成不想要的依随小颗粒。对于连续喷墨(CIJ)来说,以受控制的方式由射流形成连续的液滴对于该工艺过程的可靠工作来说是重要的。会更好地理解的是,随机扰动对射流(半径,压力,速度,表面张力等)的增长导致以相当于大约 9 倍射流半径的平均频率,即所谓的 Rayleigh 频率形成液滴。同样众所周知的是,通过定期扰动所述射流,液滴的形成频率可以稳定在大约 $0.25 \times$ Rayleigh 频率和 $1.25 \times$ Rayleigh 频率之间。在超过大约 $1.39 \times$ Rayleigh 频率的频率下,所述射流实际上是稳定的。尽管大部分注意力一直集中在空气中的液体射流上,实际上在目前驱动力是界面张力的情况下,相同的过程也发生在其他液体中的不可混溶的射流上。同样观察了 Rayleigh 频率,尽管最终的破碎过程在细节方面略微不同。

[0006] 最近业已开发出一种基于 MEMs 形成喷嘴组的新的连续喷墨装置(参见专利文件 US 6554410)。在这个装置中,由高压喷嘴形成液体油墨射流。一个或多个加热器与每一个

喷嘴相关联,以便提供对所述射流的热扰动。这种扰动足以通过 Rayleigh-Plateau 不稳定性启动将所述射流的破碎成规则的液滴。通过改变施加在所述加热器上的电脉冲的时机或定时,或大或小的液滴可以被形成,并且随后通过气体横向流动被分裂成印刷和非印刷液滴。所有连续喷墨工艺过程都需要捕获并且再循环非印刷液滴。这些工艺过程对于含有很多有用添加剂,如聚合材料和胶体材料,如色素的液体来说是有问题的。另外,由于需要对印刷液滴和非印刷液滴进行分类,连续色调 (contone) 印刷一般是不可能的,即所有印刷液滴具有相同的大小和相同的着色剂密度。通过进行连续色调印刷对高空间分辨率的要求显著降低,因为对于二元印刷配置或布置来说,空间分辨率被用于产生颜色变化的假象。

[0007] 在过去几年中,微流体学领域取得了显著发展。喷射墨滴发生装置是微射流装置 (microfluidic device),就是说,它们采用非常小规模液体通道。这种设计的含义是以下 Reynolds 数 (量)

$$[0008] \quad Re = \frac{\rho U L}{\mu}$$

[0009] 其中, ρ 是液体密度 (kg/m^3), U 是特征速度 (m/s), L 是特征长度 (m), 而 μ 是液体粘度 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$), 其足够小,以至于其惯性效应足够小,从而所述流体的性质主要是片状的。对于典型的连续式喷墨系统来说,所述速度可能为 20m/s , 而长度可能为 $5\mu\text{m}$, 密度大约为 1000kg/m^3 , 且粘度为 $1\text{mPa} \cdot \text{s}$, 因此,所述 Reynolds 数大约为 100。在直管中向湍流的过渡是在 Re 处于 2000 之上发生的。

[0010] 微射流装置在所述液体流是片状的情况下必然地避免了混合。事实上,用于混合的唯一的现有机制是扩散流。例如,考虑使用 T 接头,其中,将两股流体喷射成彼此伴随流动。在所述通道进行混流之前,所述流体要在所述通道中向下流多远? 简单的估计或评估需要颗粒或分子横贯整个通道扩散,假设时间为 $t_0 \sim w^2/D$, 其中, w 是所述通道的宽度,而 D 是扩散常数。在这个时间内,所述材料会沿所述通道向下移动距离 $z \sim U_0 w^2/D$, 因此,完全混合所需要的通道宽度的数量将在这样的数量级上

$$[0011] \quad \frac{z}{w} \sim \frac{U_0 w}{D} \sim Pe$$

[0012] 公式右侧的无因次数被称为 Peclet 数 (Pe), 它表示对流与扩散的相对重要性。在这个示例中,完全混合所需要的通道宽度数随着 Pe 线性变化。采用在下表中使用时 Stokes-Einstein 公式估算的扩散率,我们可以看出,即使是随着所述流体流动的染料分子以 1m/s 的速度通过 $10\mu\text{m}$ 的通道,也需要 $Pe \sim 250000$ 的通道宽度,以便完全混合。另外,以 1m/s 的速度随所述流体流动的染料分子需要 $z \sim 25\text{mm}$ 的管长度来扩散 $1\mu\text{m}$ 。

[0013]

室温下在水中的特征扩散率		
颗粒	典型尺寸	扩散常数
溶质离子	10^{-1}nm	$2 \times 10^3 \mu\text{m}^2/\text{s}$
染料分子	5nm	$40 \mu\text{m}^2/\text{s}$
胶体颗粒	100nm	$2 \mu\text{m}^2/\text{s}$
细菌	$1 \mu\text{m}$	$0.2 \mu\text{m}^2/\text{s}$
哺乳动物/人细胞	$10 \mu\text{m}$	$0.02 \mu\text{m}^2/\text{s}$

[0014] 最近被证明非常感兴趣的一种类型的微流体装置是流体聚焦装置 (FFD, 例如, 参见 Anna 等人 Appl Phys Lett 82,3(2003)364; 专利文件 US 2005/0172476)。在 FFD 中, 一种液体流入中间通道, 而第二种不可混溶的液体流入一个或多个外部通道。然后强制这两种液体相流经位于所述通道下游的小孔。所述外部流体产生压力和粘性应力, 它迫使内部流体形成细线, 所述细线随后在所述孔的内部或下游破碎。上述装置令人感兴趣, 是因为通过对控制的几何结构或滴液模式的操纵, 可以形成具有很多用途的单分散液滴, 例如, 乳液形成, 药物胶囊化, 颗粒工程等。不过, 单分散液滴不是以射流方式形成的, 即使, 其中, 所述中央不可混溶的液体按照 Rayleigh 定律通过毛细力 (或毛细管作用力) 破碎。

[0015] 另一种液滴形成装置将两种不可混溶的液体在 T 接头处汇合在一起 (专利文件 W02002/23163)。在这个装置中, 所述外部流体作用在所述内部液体的界面上的剪切力以滴液模式形成了所述液滴。由此形成的液滴的大小是通过作用在所述液体-液体界面上的剪切应力和界面张力的比例来控制的。

[0016] 采用上述这些装置, 可以对液滴实施各种操作 (参见专利文件 US2005/0172476, US 2006/0163385, US 2006/0234051, US 2007/0054119, W0 2004/091763)。一般, 操作的目的是对液滴或颗粒进行工程操作, 或胶囊化 (或进行囊裹), 例如, 药物的胶囊化。实现了液滴流的合并 (专利文件 US2007/0003442), 液滴的混合和聚合 (专利文件 W02005/103106), 并且形成了多种乳液 (专利文件 W02006/096571)。

[0017] 专利文件 EP1364718 披露了一种通过使不可混溶的液体共同 (或协调) 流动生成胶囊化液滴的方法。在这一方法中, 所述液体是通过同轴配置的喷嘴输送的, 这种喷嘴难以作为阵列制造。另外, 这一方法依赖于强静电场, 以便确保破碎所述同轴配置的液体。

[0018] 专利文件 JP1996207318 同样使用同轴管道和静电来破碎液滴。这种情况下的中央管道可以输送胶体颗粒或多种颗粒以便提供颜色水平。电泳装置通过电场的配置或布置能够阻挡所述颗粒的流动。

[0019] 专利文件 W0 2006/038979 披露了一种同心压电系统, 能够进行囊裹的液滴的按需喷墨印刷。

[0020] 专利文件 US 6713389 披露了将多个分离的部件放置在表面上, 以便形成电子装置。

[0021] 专利文件 US5113198 披露了使用载体气流流股将蒸汽染料引向表面。该文件采用共同 (或协调) 流动的气体流股而不是液体。

[0022] 专利文件 US6377387 披露了用于生产颗粒的胶囊化（或囊裹的）分散体的各种方法。

[0023] 专利文件 WO 2002/23163 披露了用于制备用于生物学用途的乳液液滴的横向流装置。

[0024] 本发明要解决的问题

[0025] 本发明的目的是提供一种生产使用在印刷工艺或过程中的组合液滴的方法，所述方法克服了上述技术难题。

发明内容

[0026] 根据本发明，提供有一种用于产生使用在喷墨系统中的组合液滴的方法，所述方法包括使第一流体与第二流体在一组通道内接触，所述这些流体之间的界面的特征是界面张力，所述第一流体在所述第二流体内形成分离或间隔开的液滴，所述第一流体和所述第二流体的组合物或组合体通过孔形成射流，所述组合射流受到扰动以启动破碎，使得所述第一流体的液滴被囊裹在所述第二流体的液滴内。

[0027] 本发明还提供有一种用于使用在连续式喷墨印刷机中的微流体装置，所述微流体装置包括用于给送第一流体的至少一个第一通道和用于给送第二流体的至少一个第二通道，所述这些通道相交以便剪切力使得所述第一流体的射流能在所述第二流体内形成，并且随后在所述第二流体内碎裂形成所述第一流体的分离的液滴，以及包括后续的喷嘴，以形成组合射流。

[0028] 本发明的有益效果

[0029] 本发明的方法消除了对油墨或墨液捕获和循环的复杂过程的要求。没有了循环，本发明的方法快捷并且明显更为简单。因此，其成本也较低。

[0030] 通过使用微流体系统按需或连续以单独液滴的形式提供着色剂到载体液体中，它的组合物或组合体可以连续喷射，用连续喷墨实现的高速度的优点可以与 DOD 系统的液体控制优点相结合。另外，所述方法可以 CIJ 方案进行连续色调印刷，方式是改变所述着色剂液滴的大小或密度，而不影响所述外部液滴。

[0031] 通过如此聚焦所述着色剂，提高了印刷的分辨率，因为所述空间分辨率取决于所述着色剂定位，而不是所述液体定位。

[0032] 另外，通过将一种或多种油墨成分放入所述中央液滴中，区分射流的液体要求和液滴形成要求与所述油墨的材料特性。即，可以优化所述外部液体的喷射，同时可以优化所述内部液体的成像或印刷的图案形成。

[0033] 油墨成分与所述喷嘴的相互作用会导致喷嘴磨损，液滴破碎波动和油墨的热降解。通过将一种或多种油墨成分放入所述流体内的不可混溶的液滴，它们可以保持与所述喷嘴分离，并因此不会与它相互作用。

[0034] 通过能够控制添加到所述载体流体中的着色剂的比例，可以将所述比例降低到零。这还允许“空”液滴，以便必要时仅用着色剂连续印刷。

[0035] 可以在相同液滴中喷射多种成分。所述方法可以喷射诸如反应性物质，高粘度物质的困难成分。它还可以印刷在困难的，不可渗透的，低能量表面上，如聚丙烯，聚乙烯等上。

[0036] 通过提供空气或气体作为所述内部流体,可以减少被印刷液体的总量。因此,使得最终印刷品的干燥更容易。

[0037] 本发明的方法使得多种着色剂存在于一个液滴中。

附图说明

[0038] 下面将结合附图对本发明进行说明,其中:

[0039] 图 1a, 1b 和 1c 表示用于在另一种液体内形成一种不可混溶的液体的液滴的现有技术的各种装置(专利文件 W02006/096571, US2007/0054119 和 W02002/0231163);

[0040] 图 2a, 2b 和 2c 示意性表示具有囊裹的(或胶囊化)液滴的连续喷墨液滴发生器构形或构造;

[0041] 图 3a 和 3b 示意性表示提供囊裹的喷墨液滴的组合流体的方法;

[0042] 图 4 示意性表示具有膨胀室的连续喷墨液滴发生器;

[0043] 图 5a, 5b 和 5c 示意性表示具有第一流体组合物或成分的不断变化的连续喷墨液滴发生器;

[0044] 图 6 示意性表示具有内部液滴分选的不断喷墨液滴发生器;

[0045] 图 7 示意性表示具有按需内部液滴发生的连续喷墨液滴发生器;

[0046] 图 8 表示适合于实施本发明方法的装置;

[0047] 图 9 表示适合于实施本发明方法的另一种装置;

[0048] 图 10 是表示射流破碎成液滴的照片的拷贝;

[0049] 图 11 是水压与油压的曲线图;

[0050] 图 12 表示适合于实施本发明的方法的另一种装置;和

[0051] 图 13a 是表示液体射流中的液体破碎的照片的拷贝,而图 13b 是表示在所述装置外部的所述组合射流破碎的照片的拷贝。

具体实施方式

[0052] 图 1 表示可用于在另一种液体内形成一种不可混溶的液体的液滴的现有技术。图 1a 和 1b 表示流体聚焦装置的两种变化形式,而图 1c 表示剪切流 T 部件。在所有情况下,这些装置被用于以流体形式产生液滴,其中,所述外部和内部液体流流动足够缓慢,使得所述内部液体不会形成射流,因为在这种条件下产生有单分散液滴。在本发明中,我们设置了孔,以便形成自由射流,即空气中的液体射流。为此,液体速度 U 射流必须大于

[0053]

$$U_{\text{射流}} \geq \sqrt{\frac{\sigma}{R\rho}}$$

[0054] 其中, σ 是所述外部液体的表面张力(N/m), R 是所述射流的半径(m),而 ρ 是所述组合射流的平均密度(kg/m^3)。对于典型值来说,它可能为大约 4m/s。而且,由于我们需要内部液滴具有与所述最终射流相似的尺寸,因此形成所述内部液滴的内部装置具有与所述孔类似尺寸的通道,因此,所述速度类似于所述最终射流的速度,并且因此所述内部装置必须以射流的方式工作。

[0055] 图 2a 图示出在射流喷嘴之前使用流体聚焦装置形成不可混溶的液滴,其中,所述

自由射流是通过所述喷嘴的部位或区域的加热器扰动的。所述第一流体 1 通过通道或管道 5 进入,而与所述第一流体不可混溶的所述第二流体通过通道或管道 14 进入。流速足够高,以至形成所述第一流体的射流 7。所述射流能自然地破碎成液滴 8。所述液滴被所述流体流携带流出喷嘴 6,以形成自由射流 9,所述自由射流破碎成液滴 10。为了从射流 9 形成均匀的液滴,设置有致动器 4。将会理解的是,所述致动器可以是加热器,或压电装置或者任何能够扰动所述射流的装置,并且可以环绕或部分环绕所述射流或形成的节段。必需的要求就是它能够扰动射流 9 的流动。另外,所述扰动与所述第一流体的液滴经所述喷嘴的通过具有特定的相位关系。

[0056] 可能同样有利的是对内部射流 7 施加扰动。这一过程如图 2b 和 2c 所示。如图 2b 中所图示的,加热器 11 对所述第一流体施加流动扰动。本发明并不局限于使用加热器。这一目的还可以通过压电装置实现或者实际上可以通过任何能够扰动流体的装置实现。另外,如图 2c 中图示的,加热器 11 或压电装置等可以对所述第二流体施加流体扰动,它实际上是由于接触而扰动射流 7。有利的是,保持施加在射流 7 上的扰动和施加在喷嘴 6 上的扰动之间的特定的相位关系。

[0057] 另外,如图 3 中所示,存在有多种方法将组合的第一流体输送到通道 5。在图 3a 中,让两种流体 17 和 18 在接头 19 处会合,以便形成组合流体射流 12。由于通道内的流体是层流,这两种流体是分离的,且所得到的液滴是 Janus 液滴。可以插入混合装置,以便所述流体在所述流体聚焦接头 20 之前完全合并或结合。在图 3b 中,形成了在自由喷射的液滴内的液滴内液滴。这一目的是通过层叠两个流体聚焦装置 21 和 22 实现的。上述和其它众所周知的微流体(工艺)过程可以根据需要在流出喷嘴之前合并(或结合)。没有示出扰动所述流体以便形成组合射流的包括装置在内的各种变化。不过,对于本领域技术人员显而易见的是,结合图 2 和图 3 所示特征的装置将是有利的。

[0058] 尽管在附图中没有示出,对于本领域技术人员显而易见的是,通道 14 与所述装置的轴线形成的角度并不重要,并且可以选择以便优化采用特定(或选定的)流体的特定装置。另外,将会理解的是,通过采用图 1a 所示的圆柱形构形(或构造),图 1b 所示的平板构形或图 1c 所示的 T 形构形,或者能够产生液体包液体射流的任何其它通道构形或构造生产出实质上相同的装置。另外,同样将会理解的是,所述通道的任何合适的截面都是可以接受的,例如,正方形,圆形,半圆形,矩形等。对于任何此类构形或结构来说,所述装置的内表面相对所述第二流体来说应当是亲液的,而对于所述第一流体来说是疏液的。要注意的是,在图 3b 中,这意味着装置 22 的内表面具有与装置 21 相反的亲液性。

[0059] 在图 2 和 3 中,所述第一流体和所述第二流体的接头与喷嘴 6 之间的通道的长度应当足够大,以便内部射流 7 有足够的时间破碎成液滴。由于液体速度高,这一距离相对所述通道尺寸来说较大。它本身对于制造目的来说不是最佳的,并且沿所述通道还需要大的压力差。为了避免这种情况,图 4 示出图 2 所示的装置具有入口区 23 和扩张区 24,以使得射流 7 能够减速并且破碎成液滴。减速的倍数与入口区 23 和射流形成区 24 的相对截面积成正比。同样,其尺寸并不重要,只要它们足以实现射流 7 破碎成液滴就行。

[0060] 流速,表面张力和内腔或腔室的长度是相互配置或布置成,使得所述第一流体的射流在所述内腔中破碎。为此,可以考虑射流在空气中的线性方程:

$$[0061] \quad L_B = \frac{1}{U\alpha} \ln\left(\frac{R}{\xi_i}\right)$$

[0062] 其中, L_B 是第一流体的射流的断裂长度 (m), 是从所述入口到所述内腔测量的, U 是流体速度 (m/s), R 是射流半径 (m), α 是有益的 (或感兴趣的) 频率的增长速度 (1/s) (例如, Rayleigh 频率 $f_R \sim U/(9.02R)$), 而 ξ_i 是初始扰动 (m) 的大小。所述增长速度可以通过以下公式获得

[0063]

$$\alpha^2 + \frac{3\eta(kR)^2}{\rho R^2} - \alpha \frac{\sigma}{2\rho R^2} (1 - (kR)^2) kR = 0$$

[0064] 其中, η 是第一流体的粘度 (Pa·s), σ 是界面张力 (N/m), 而 κ 是波矢 (1/m) ($\kappa = 2\pi f/U$)。因此, 可以估算断裂长度 L_B , 并且与膨胀室 (或膨胀内腔) 长度 L 进行比较。

[0065] 对于产生液滴的流股的连续式喷墨印刷来说, 通常要分离会落在要印刷的基片上的液滴和不会落在所述基片上的液滴。那些不会落在所述基片上的液滴被送回或回流到储墨装置。这是一个麻烦的过程, 而在本发明中可以在很大程度上缓解这一问题。图 5a, 5b, 5c, 6 和 7 图示出减轻对液滴分选要求的实施例。图 5 表示连续色调 (contone) 印刷。图 6 表示内部液滴分选过程。在图 5 中, 设置有可变形部件 25, 以便当其变形至上部位置时, 液体 13 受到限制, 而当其变形到下部位置时, 液体 15 受到限制。在所述上部位置和所述下部位置之间的成比例的位 置提供了液体 13 和 15 的连续可变的比例。例如, 液体 13 和 15 可以是含有着色剂的液体 13 和可以与液体 13 相同但是不含所述着色剂的液体 15。液体的任何此类组合都是可行的。

[0066] 在图 6 中, 示出了液体分选的另外的特征, 在这种情况下, 在射流形成区域内设置有通道 26 和 27, 以使得电极能够与所述外部流体耦合或联接, 并且产生电渗透流。这样一种系统只适用于导电的外部第二流体。所产生的横向流动会使所述第一流体的液滴转向, 以便它们流向内部通道 28, 它们例如可以被带走回流到所述流体中。没有转向的所述第一流体那些液滴, 或向上转向的液滴继续前进, 以便按上文所述方式形成射流液滴。因此, 形成了所述第二流体的空心液滴 29 和实心 (或充填的) 液滴 30。这些液滴可用于印刷, 而不需要向常规连续喷墨系统那样捕获和循环。将会理解的是, 可以采用各种机制, 以便偏转或节制所述液滴。尽管所披露的用于所述第二流体的电渗透方法是导体, 但如果所述第二流体是非导体, 就可以采用电泳方法。

[0067] 图 7 表示通过常规热气泡射流过程形成所述第一流体的液滴。加热器 31 提供气泡, 以便产生压力扰动, 所述压力扰动导致弯月面 32 破碎液体的液滴。与图 6 所示装置一样, 其结果是所述第二流体的液滴有和没有所述第一流体, 因此缓解了捕获和循环。还可将压电装置用于形成所述第一流体的液滴。

[0068] 下面将结合图 8 和 9 说明用于实施本发明方法的两种实施例。

[0069] 图 8 表示适合于实施本发明方法的微流体装置第一实施例。

[0070] 所述装置包括第一臂 33 和第二臂 34。这两个臂分别供应管道 35 和 36。所述管道 35 和 36 在 T 接头 37 处会合或交汇。喷嘴 38 位于紧靠接头 37 的下游处。所示出的截面积比喷嘴 38 大的腔室或内腔 39 位于喷嘴 38 的下游。不过, 所述腔室不是本发明的重要特征。

[0071] 诸如去离子水的流体从臂 33 处给送, 并且通过管道 35。将一种流体, 如含有染料

的油（癸烷）从臂 34 给送到管道 36。

[0072] 在一定范围的相对压力下，所述油在水流股中形成液滴，如上文所述。所述组合的流股形成了射流，所述射流破碎成液滴。

[0073] 图 9 表示适合于实施本发明方法的另一种装置。

[0074] 在图 9 中所示出的装置具有中央臂 50 和上、下臂 54。所述上、下臂 54 与中央臂 50 在接头 56 处会合或交汇。在接头 56 的下游设置有喷嘴 58。

[0075] 将诸如十六烷的第一流体给送到中央臂 50。将诸如去离子水的第二流体以相同的压力从所述上、下臂 54 输送。在交叉接头 56 处形成了水包油液滴的组合流体。图 10 表示所述油在水相内破碎成液滴。

[0076] 根据用于驱动所述液体的压力，或同样根据所述液体流速，所述油射流要么完全贯通（或横贯）所述腔室并且从所述喷嘴中喷出以便形成共挤压的射流，要么所述油射流完全停止，并且弯月面平衡（或悬着）或向后移动，或者如果所述水和油的压力在合适范围内，在所述腔室内形成液滴，并且随后以大于 7m/s 的运行速度在液滴内形成液滴。图 11 中的曲线归纳了上述实验。在上述液体源处测量压力，因此，所述压力可能由于过滤器的改变，管道工件等而略有不同，正如本领域技术人员可以预料的。当所述组合流体贯通所述喷嘴或孔 58 时，所述油液滴开始破碎所形成的射流，以便一个油液滴被囊裹在每一个水滴中。业已示出了图 9 的装置用于去离子水 + 十二烷基硫酸钠 / 癸烷 + 苏丹红；去离子水 / 十六烷；和去离子水 / 1- 辛醇。

[0077] 图 12 表示适合于实施本发明方法的微流体装置的另一实施例。所述装置具有与业已说明的图 9 所示的装置相同的重要特征。所述装置具有中央臂 50 以及上、下臂 54。所述上、下臂 54 与中央臂 50 在接头 56 处会合。在接头 56 的下游设置有喷嘴 58。腔室或内腔位于喷嘴 58 的下游。另外，这个实施例具有靠近臂 50, 54 和喷嘴 58 放置的加热器部件 11。另外，加热器部件 4 位于所述腔室的出口处。加热器部件可以包括 20nm 的蒸发的白金，它以 Z 字形图案在玻璃通道的一侧位于蒸发的 10nm 的钛之上。可以确定的是，加热器 11 可以相位锁定在所述装置中破碎的射流 7。

[0078] 图 13a 表示在 60kHz 的频率下在这个通道中的这种液滴形成的图像，其中，最大宽度为 100 μm ，且长度为 500 μm 。所述油相射流 7 是癸烷，而外层相是去离子水。图 13b 表示在所述装置外部的组合液滴形成。还可以确定的是，加热器 4 能够扰动水的射流，并且启动这种射流的破碎。

[0079] 以上说明是结合被囊裹在含水载体流中的油 / 溶剂液体进行的。本发明同样适用于在油基载体流内形成的含水液滴。两项要求是这两种液体形成了具有相关联的界面张力的界面，并且通道壁相对所述第二流体来说是亲液的。这意味着任何两种不可混溶的液体都是合适的。不过，通过较高的界面张力可以促进液体射流中的液体破碎。因此，两种不可混溶的溶剂是合适的，或者用于聚合物的单体前体和不可混溶的溶剂或材料，它们是液体或液体组合物而不是溶剂，例如，UV 可固化的油墨。另外，与任一种流体兼容的任何添加剂都可以使用。例如，用于图形印刷的色素形式的颗粒物，或用于印刷导电轨迹的胶态金属颗粒或适合于喷墨工艺过程的胶态陶瓷颗粒或的聚合物。本发明包括但不限于这样的流体和颗粒物。本发明还包括着色剂，染料，单体，表面活性剂，分散剂，无机颗粒物，有机颗粒物，或半导体聚合物或半导体颗粒物，或导体聚合物，或导体颗粒物，包含交联部分的分子，

或化学活性物质。本领域技术人员可以想到的其它成分。

[0080] 以上业已结合本发明的优选实施例对本发明进行了说明。本领域技术人员将会理解的是,可以在本发明的范围内进行变化和改进。

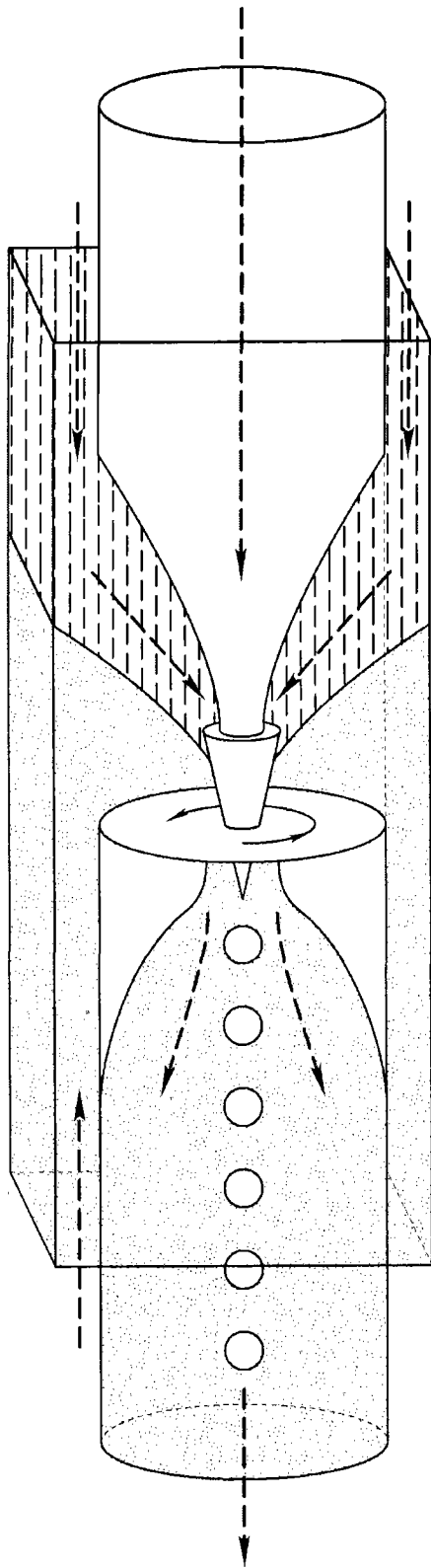


图 1A

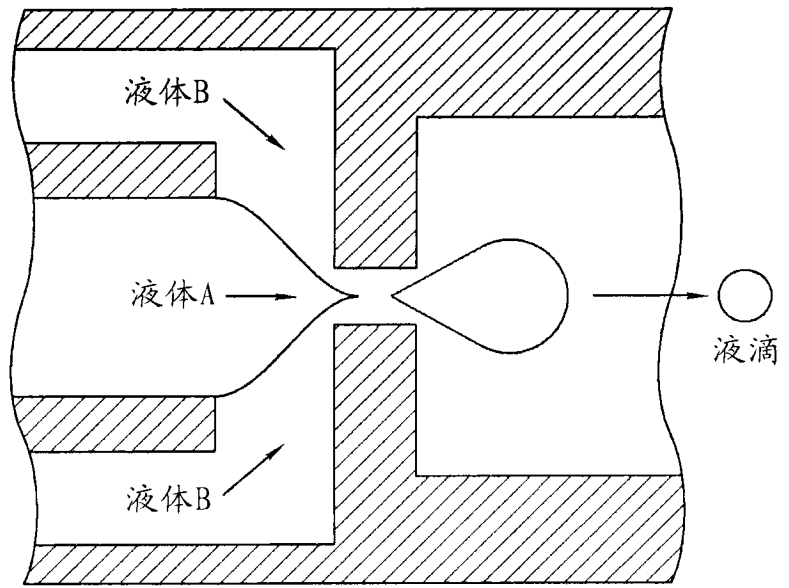


图 1B

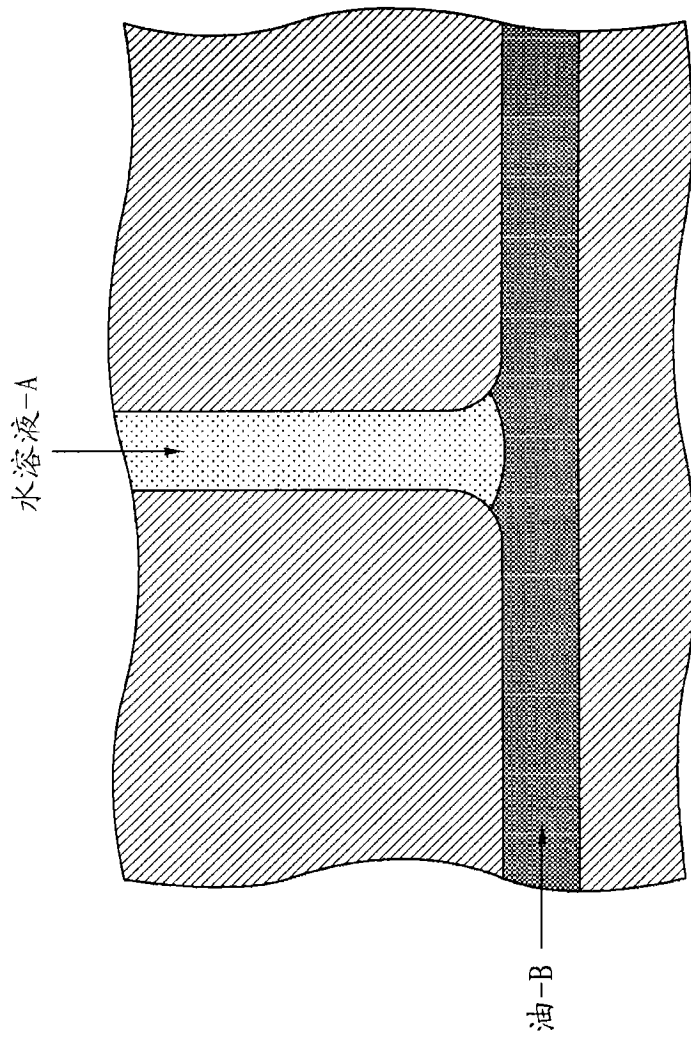


图 1C

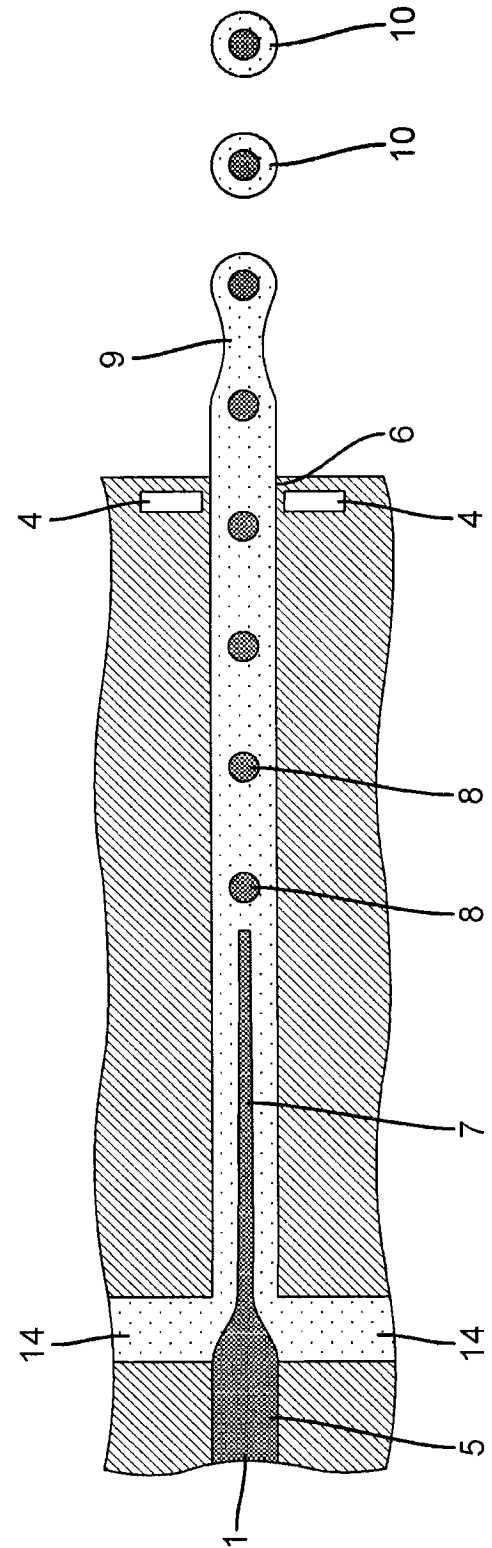


图 2A

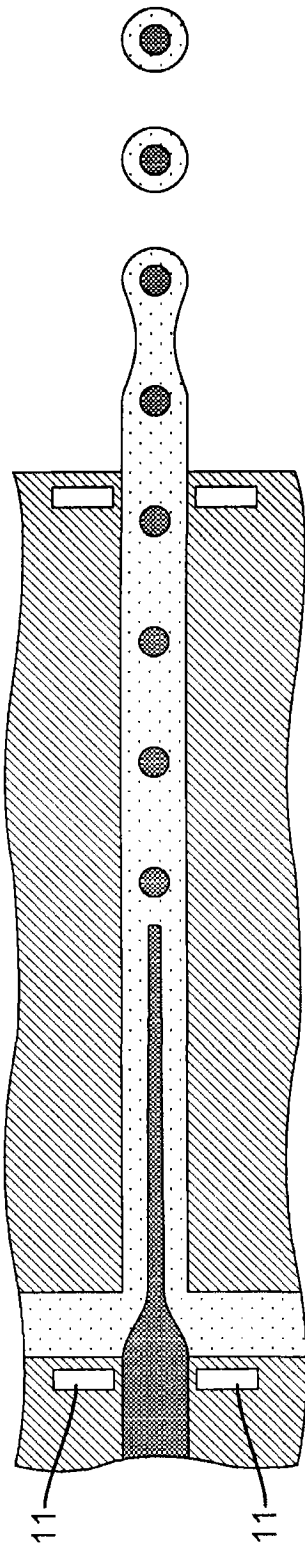


图 2B

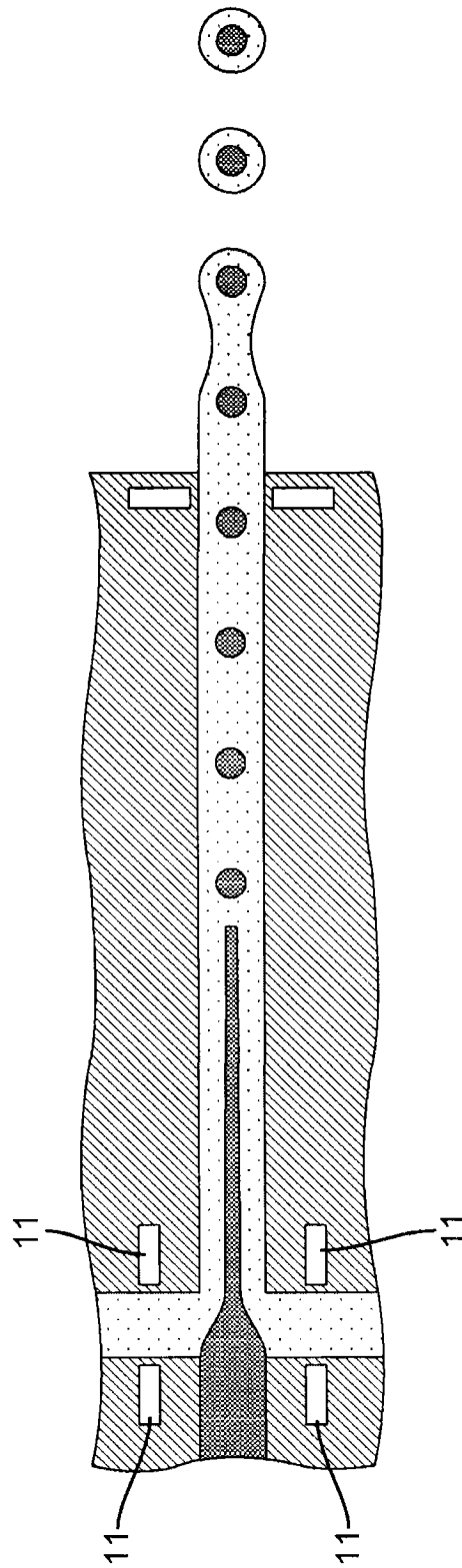


图 2C

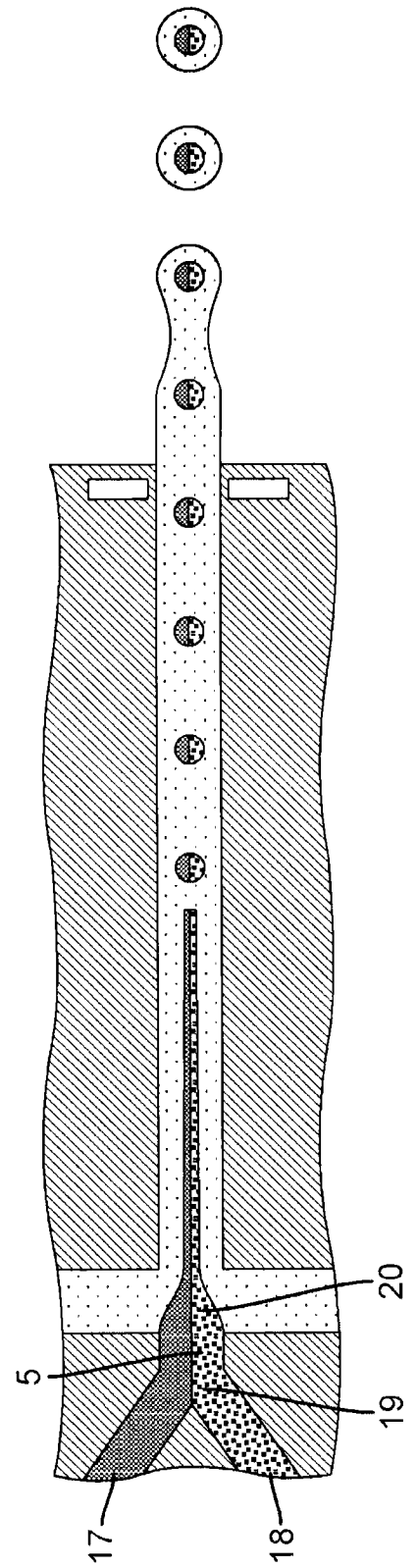


图 3A

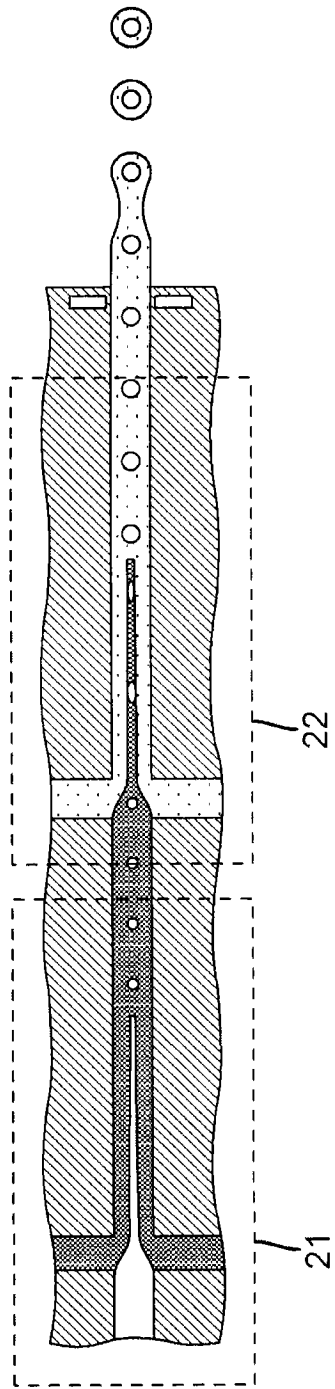


图 3B

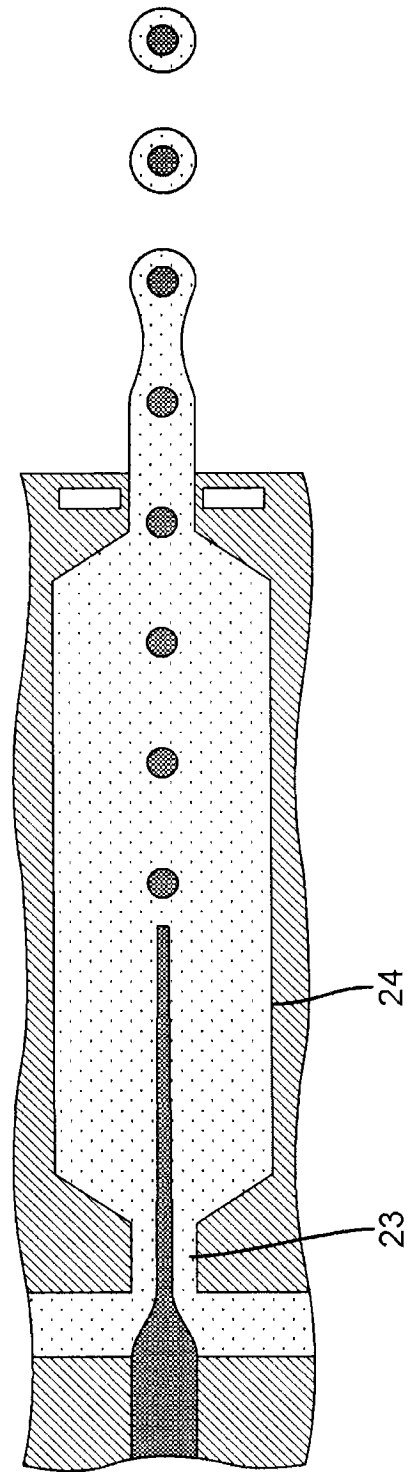


图 4

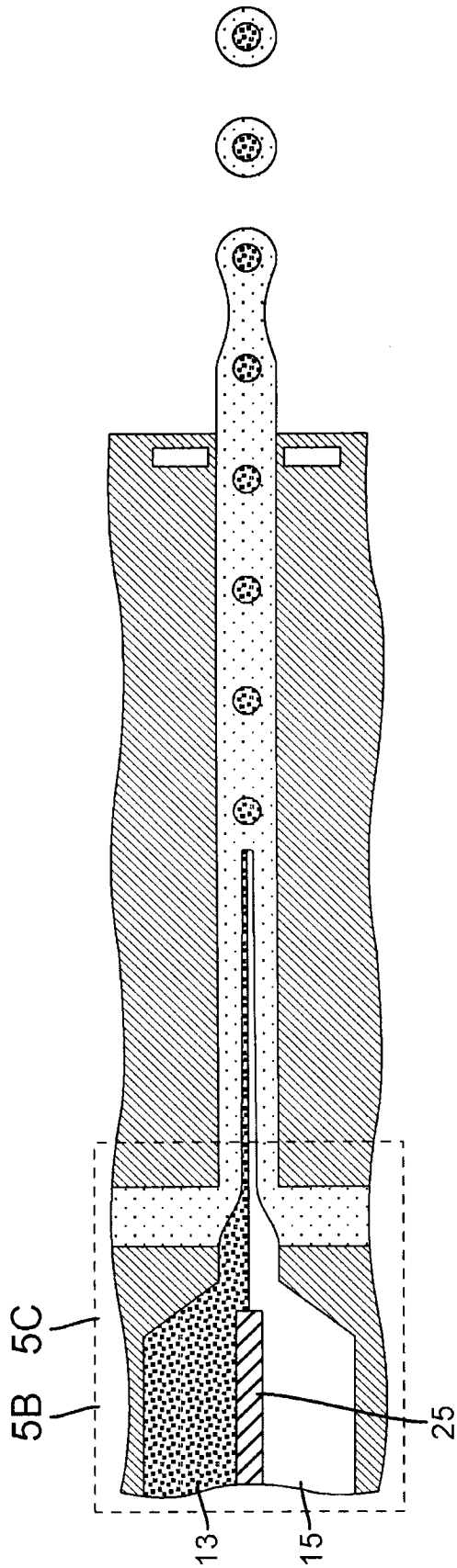


图 5A

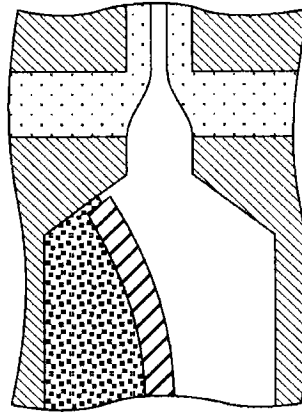


图 5B

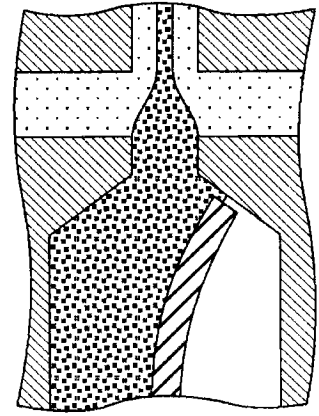


图 5C

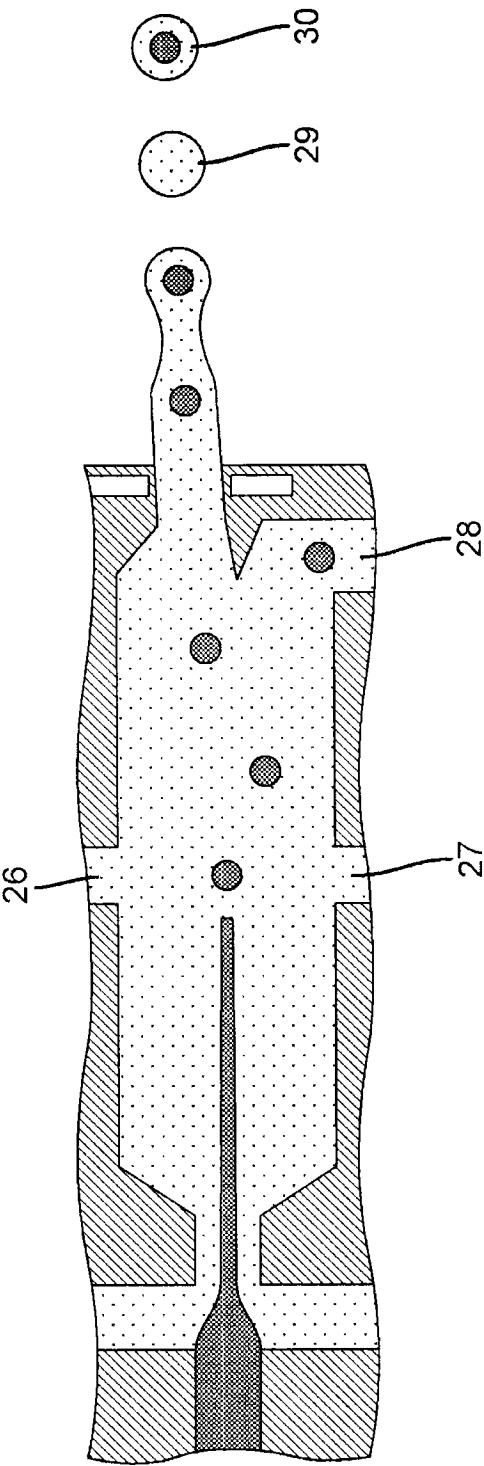


图 6

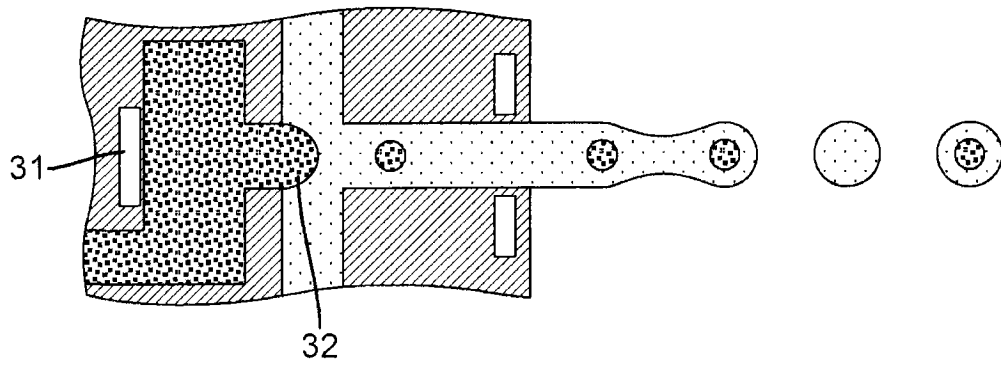


图 7

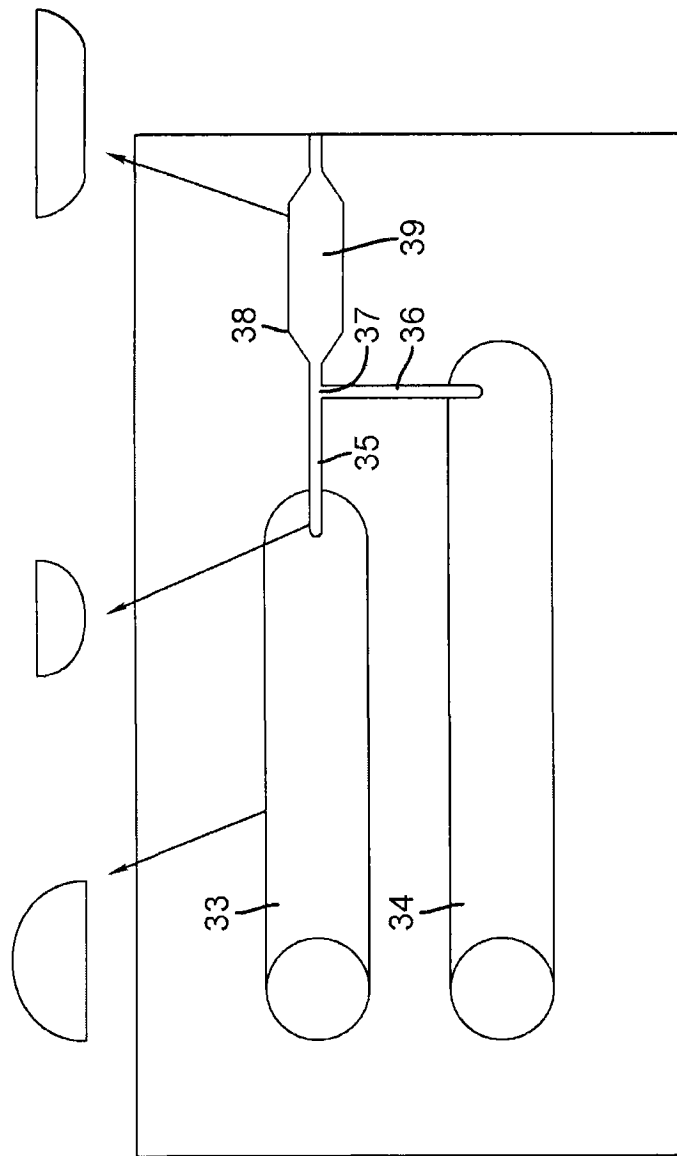


图 8

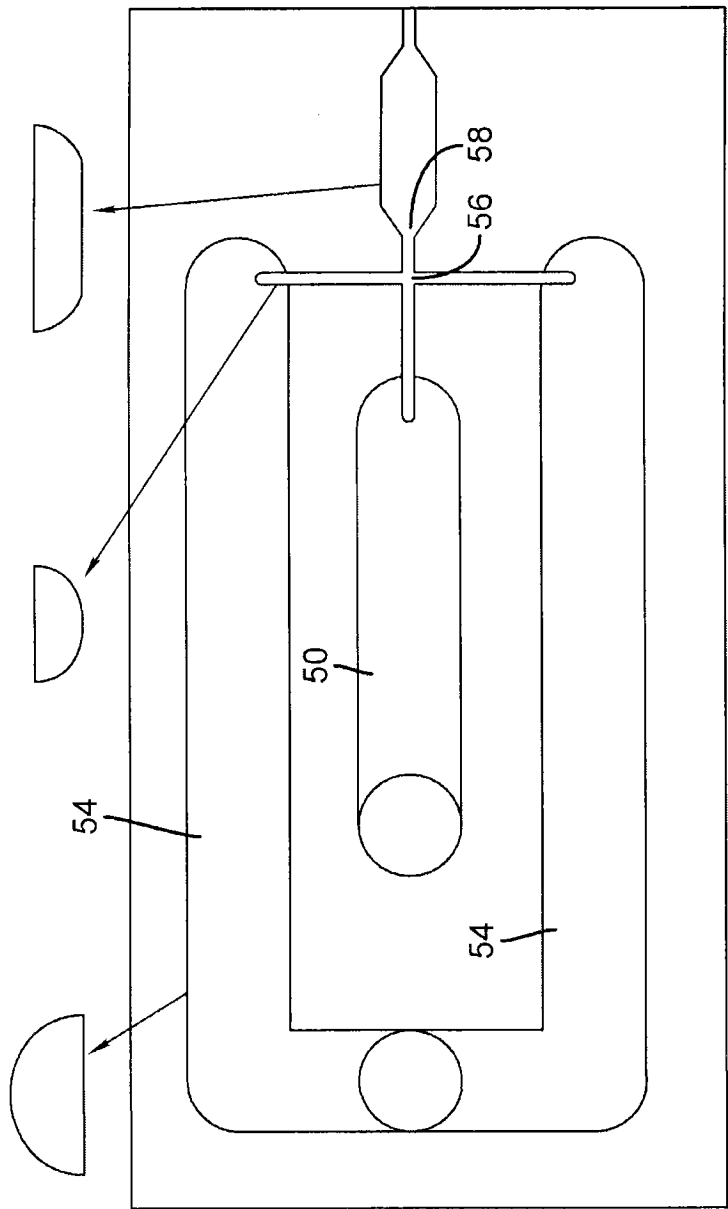


图 9

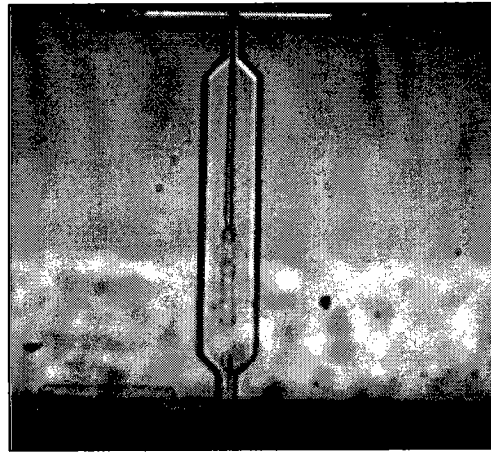


图 10

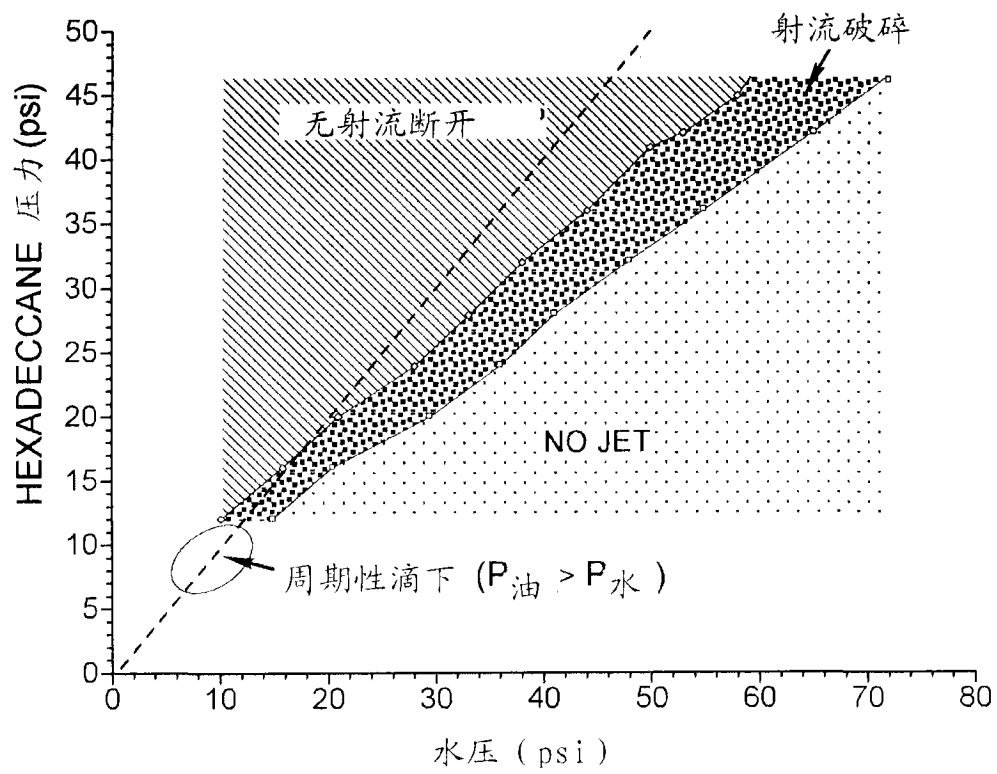


图 11

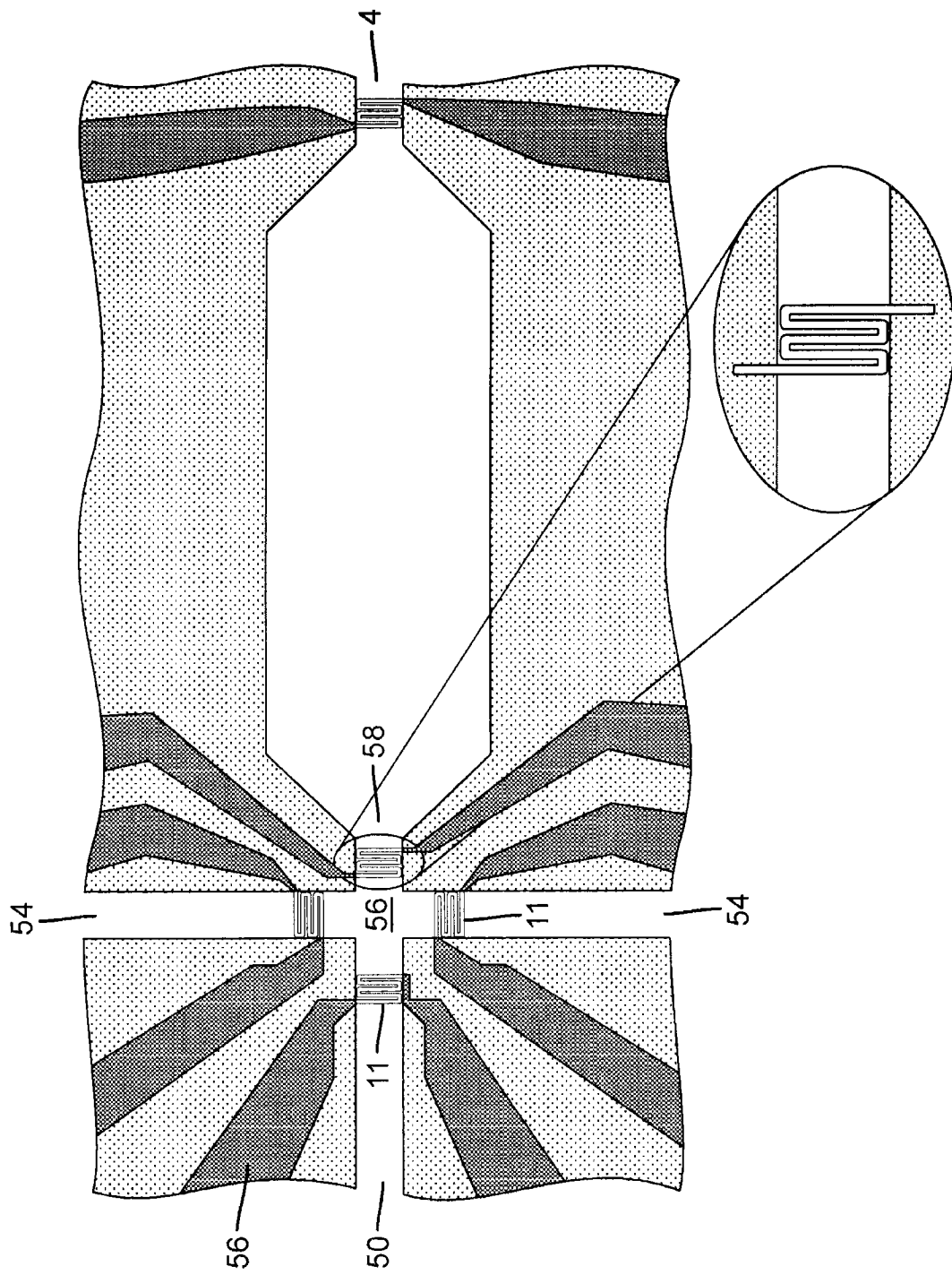


图 12

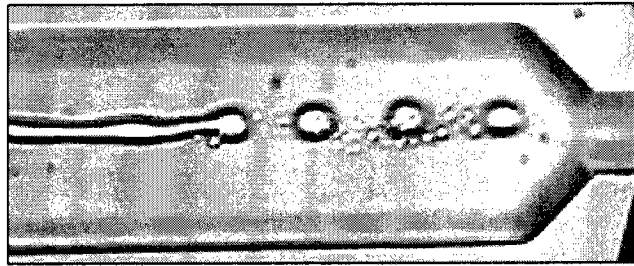


图 13A

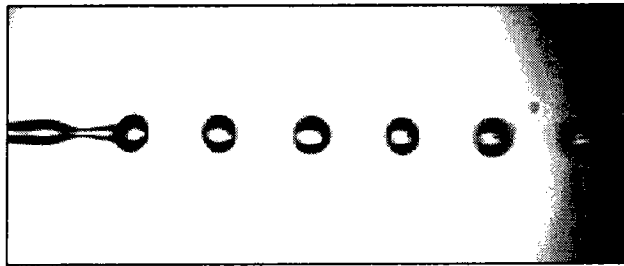


图 13B