

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98807037.5

[45] 授权公告日 2002 年 10 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1091664C

[22] 申请日 1998.6.5 [21] 申请号 98807037.5

[30] 优先权

[32] 1997.7.14 [33] US [31] 08/892145

[32] 1997.9.16 [33] US [31] 08/931295

[86] 国际申请 PCT/US98/11588 1998.6.5

[87] 国际公布 WO99/03626 英 1999.1.28

[85] 进入国家阶段日期 2000.1.10

[73] 专利权人 易通艾罗奎普有限公司

地址 美国俄亥俄州

[72] 发明人 J·唐 G·B·赫斯 M·D·穆申斯基

T·S·格林

[56] 参考文献

US5183493A 1993.2.2 B22F9/00

US5520715A 1996.5.28 B06B1/20

US5609919A 1997.3.11 B05D1/02

审查员 杨永红

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

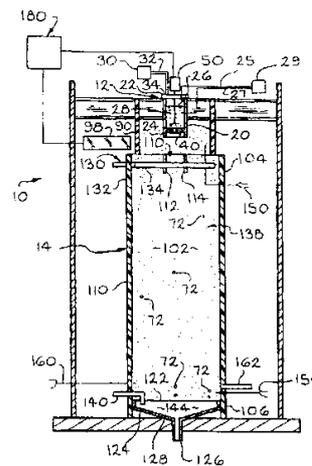
代理人 卢新华 钟守期

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图页数 3 页

[54] 发明名称 用于制备大小和形状均匀的小球的设备和方法

[57] 摘要

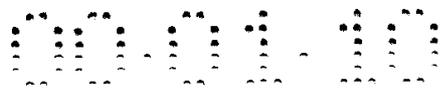
大小和形状均匀的小球(72)是通过向低粘度液体物料施加精密的周期性扰动形成的。压力迫使物料呈稳定层流穿过坩埚(20)的至少一流孔。该物流进入封闭的温控固化环境(14),该环境包含至少一传热介质。当物流离开坩埚破碎为多个小球时,充电机构(110)向该物流充电以便在小球通过电场时受到偏转。封闭的温控固化环境使小球冷却和基本固化。





权 利 要 求 书

1. 一种形成大小和形状均匀的小球的方法，它包括下列步骤：
向坩埚（20）供应一种低粘度液体物料（28），
向坩埚中的低粘度液体物料施加精密的周期性扰动，
5 向低粘度液体物料施加压力，该压力迫使物料以稳定层流经过坩埚
中的至少一个流孔（44），流出的物流进入一封闭的温控固化环境（14），
该封闭的温控固化环境包含至少一种传热介质（102），
在物流离开流孔并破碎为多个小球（72）时向物流（70）施加电荷，
使带电小球通过电场以偏转小球，以及
10 使小球通过封闭的温控固化环境中的传热介质（102）以使小球冷却
和固化。
2. 权利要求 1 的方法，其中传热介质在封闭的温控固化环境（14）
中形成热梯度。
3. 权利要求 1 的方法，其中封闭的温控固化环境包括带电小球通过的
15 的第一或气相环境（102），该第一或气相环境包含第一传热介质（138），
该介质包括冷却流体、液化气体或卤碳化物的喷雾，冷却流体在封闭的
温控环境中蒸发并吸收小球的熔化热。
4. 权利要求 3 的方法，其中封闭的温控固化环境包括小球通过的第二
20 或液相环境（122），该第二或液相环境包含第二传热介质，该介质包
括供给液化气体或卤碳化物。
5. 权利要求 4 的方法，其中小球通过第二或液相环境，以便吸收小
球的比热并使小球在与封闭的温控固化环境底（128）接触之前得到缓
冲。
6. 权利要求 1 的方法，还包括目视监测步骤，当低粘度液体物流破
25 碎为小球时，监测该物流以提供有关小球直径和形状以及物流稳定性的
信息。
7. 权利要求 1 的方法，其中固化的小球收集在封闭的温控固化环境
的漏斗形底（124）中。
8. 权利要求 1 的方法，其中小球的直径界于 12 - 1000 微米之间。
- 30 9. 权利要求 1 的方法，其中小球在与封闭的温控固化环境底接触之
前，通过封闭的温控固化环境的时间约为 0.5 - 1.5 秒。
10. 权利要求 1 的方法，其中封闭的低温固化环境的温度约低于 0



C.

11. 权利要求 4 的方法，其中在物流破碎为小球和小球接触第二或液相环境之间的距离是变化的，以加长或缩短小球的固化时间。

12. 权利要求 1 的方法，其中用压电致动器 (50) 向低粘度液体物料施加精密的周期性扰动。

13. 权利要求 12 的方法，其中压电传感器包括安装在坩埚顶部 (22) 的压电晶体叠片组 (52)。

14. 权利要求 1 的方法，其中用安装在坩埚顶部的电动传感器向低粘度液体物料施加精密的周期性扰动。

15. 权利要求 1 的方法，其中通过一喷嘴施加精密的周期性扰动，该喷嘴具有界定坩埚的流孔的固定纵横比。

16. 权利要求 1 的方法，其中向低粘度液体物流施加基本恒定的正压，迫使低粘度液体物料呈稳定层流流过流孔。

17. 权利要求 1 的方法，其中偏转机构 (110) 包括两个在空间上分开的表面 (112', 114')，在两个表面之间形成电场以偏转向下移动的小球。

18. 一种形成大小和形状均匀的小球的设备，它包括：

承受低粘度液体物料供应的坩埚 (20)，

向坩埚中的低粘度液体物料施加精密周期性扰动的激励装置 (50)。

20 向低粘度液体物料施加压力的压力调节器 (30)，以使低粘度液体物料呈稳定层流 (70) 通过坩埚的至少一个流孔，该物流在离开流孔时破碎为多个大小基本均匀的小球 (72)，

当物流离开流孔并破碎为小球时，向低粘度液体物流施加电荷的充电部件 (80)，

25 当带电小球通过偏转机构形成的电场时用于偏转带电小球的偏转机构 (110)，以及

30 封闭的温控固化环境 (14)，该环境界定第一或气相环境 (102)，并且它包含至少一种传热介质，封闭的温控固化环境接受低粘度液体物流和小球，在第一或气相环境中的传热介质吸收熔化热，使小球冷却并基本固化。

19. 权利要求 18 的设备，其中传热介质在封闭的温控固化环境中形成热梯度。

20. 权利要求 18 的设备, 其中封闭的温控固化环境还包括第二或液相环境 (122), 该液相环境吸收小球的比热, 并在小球与封闭的温控固化环境底 (128) 接触之前使小球得到缓冲。

21. 权利要求 20 的设备, 其中第二或液相环境接收含液化气体或卤碳化物的第二传热介质的供应。

22. 权利要求 20 的设备, 还包括观察系统 (98), 以监测物流破碎成小球并提供有关小球直径和形状的信息。

23. 权利要求 18 的设备, 其中封闭的温控固化环境的底包括一漏斗 (124)。

24. 权利要求 18 的设备, 其中流孔 (44) 的直径在 12 - 1000 微米范围内。

25. 权利要求 18 的设备, 其中在坩埚流孔和封闭的温控固化环境底之间所界定的距离在 1 - 5 米的范围内。

26. 权利要求 18 的设备, 其中封闭的温控固化环境的温度约低于 0 °C。

27. 权利要求 20 的设备, 其中在物流破碎成小球和小球接触第二或液相环境之间的距离是变化的, 以加长或缩短小球固化的时间。

28. 权利要求 18 的设备, 其中激励装置 (50) 包括压电致动器。

29. 权利要求 28 的设备, 其中压电致动器包括安装在坩埚顶部的压电晶体的叠片组 (52)。

30. 权利要求 18 的设备, 其中激励装置包括电动传感器。

31. 权利要求 18 的设备, 其中激励装置包括有固定纵横比的喷嘴, 它界定坩埚的流孔。

32. 权利要求 18 的设备, 其中压力调节器 (30) 提供包括一种干的惰性气体的正压。

33. 权利要求 18 的设备, 其中偏转机构 (110) 包含两个空间上分开的表面 (112', 114') 和在表面之间提供电力场的电压源 (116)。

说明书

用于制备大小和形状均匀的小球的设备和方法

5 发明领域

本发明是共同待决美国专利中系列号 08/892,145 的部分继续申请, 该申请于 1997,07,14 提交, 目前仍处于待决。

本发明涉及大小均匀和形状均匀的球体或球状物的制造。从一个方面看, 本发明涉及制造用于焊料组合物的大小均匀的金属球体。

10 发明背景

对于形成具有已知大小的材料小滴曾经提出多种制造方法。本发明是对 Chun 等人的美国专利 No.5,266,098 方法的改进, 将其引此作为参考。Chun 等人的该专利描述使小滴带上电荷, 试图制造大小均匀的小滴。Chun 等人的方法所制造的小滴合格率很低, 不合格部分是扁平的、椭圆的或不规则的。Chun 等人的方法只限于制造具有粗糙不平表面的不规则形状的小滴。

其它考虑过的使小滴带电荷来制造小滴的方法包括: Smith 的美国专利 No.5,560,543 叙述了一种制造方法, 该法使小滴通过带电板和接地板, 以选择性地偏转小滴。苏联专利 No.541682 039 - A1 叙述了制造小滴的方法, 该法使小滴通过电场带上电荷。Orme 等人的美国专利 Nos.5,171,360; 5,226,948; 5,259,593 和 5,340,090 叙述了几种制造纯产品的方法和设备, 它们将大小均匀的小滴流引向有合格产品形状的收集器。C.H.Passow 的学位论文, 麻省理工学院 (MIT) 1992 年 5 月, 叙述了一种制造均匀小滴的方法, 该法将平行板置于带电荷板下, 选择性地使某些小滴偏转到收集的一边。

其它制造小滴的各种方法包括: Hayes 的美国专利 No.5,411,602 叙述的方法, 该法将焊料滴从喷射装置射入惰性气流中, 并收集固化的焊料球; Hommel 等人的美国专利 No.4,956,128 叙述了小滴穿过一种氯化钙硬化水溶液的方法; Yabuki 等人的美国专利 No.4,744,821 叙述了形成滴并将其通过油和水层的方法; Fulwyler 等人的美国专利 No.4,302,166 叙述了一种小滴成形设备, 其中小滴滴入一种非离子型表面活性剂的水溶液中。Green 等人的美国专利 No.4,628,040 叙述了利用

文丘利方法使水珠成形，其中小滴通过油固化；Eylon 等人的美国专利 No.4,787,935 叙述了用旋流冷却流体固化小滴制备粉末的方法；Anderson 的美国专利 Nos.4,216,718,和 4,419,303 叙述了用于高压放电灯的钠汞齐颗粒的制造方法，其中振动出料喷嘴使滴珠成形并落入一
5 流体中；Rhim 等人的美国专利 No.4,981,625 叙述了聚合物微球粒的成形方法，该法采用喷射单体小滴，使小滴珠带电，在冷冻液中使小滴冷冻，再用辐照使小滴融化，以便激活使单体聚合的自由基。

现有技术有关小滴生成的方法出于数种原因不能完全满足要求，主要的问题是
10 小滴颗粒尺寸的分布太宽。小滴尺寸不一致使小滴难于用作焊料。另一个问题是在小滴生成之后，需要去除小滴表面上的杂质或氧化物或者清除油和溶液，后两种东西是在小滴通过时沾上的。小滴的清洁会增加制造时间和制造费用。

另一个主要问题是小滴珠的形状不规则和/或表面凹凸不平。非球状的小滴难于加工和应用。

15 因此，本发明的目的是开发一种制造高质量的大小和形状均匀的小滴的设备和方法。本发明还提供了一种不用多个生成步骤和/或清洁步骤的方法。

发明概述

20 本发明提出一种用选定材料或各种材料制造大小和形状均匀的小球的高精密方法和设备。该设备包括小球形成装置和温控固化环境。在优选的实施方案中，小球的形成采用一种将低粘度的液体物料送入坩埚或进料系统的均匀小球生成装置。坩埚带有加热和熔化物料的部件。坩埚中的低粘度液体物料受到扰动传动机构的一定周期性的扰动。坩埚至少有一流孔供物料通过。物料经受压差（宜为 4-50 psi）
25 以流过流孔。施加在物料上的周期性扰动引起物流有控制地破碎为尺寸均匀的小球。小球形成之后，充电机构使小球带上正电荷或负电荷。如果充电机构相对于物流保持一个预先给定的电压时，充电机构和物流之间的电位和电容组合使物流的前导点带电，每个小球在脱离物流之前一直保持电荷，电荷使其保持球状。球上的电荷使相邻的球相互
30 排斥，各个小球上的相同电荷阻止小球在其运动途径上与相邻的小球融合。

在一个特别优选的实施方案中，物流用激励致动装置引入的精密

周期扰动(优选 1-30 kHz)破碎。在某些实施方案中激励致动装置包括一电动的或压电传感器。在一个特别优选的实施方案中,传感器包括安装在坩埚顶部的五层压电晶体,下部的四片晶体是机械串接并平行地接到正弦高压源上。顶部的压电晶体作移动探测器。输出电压是激励致动器装置振幅的表征。在另一实施方案中,物料的周期扰动可从整体式多层压电激励致动器获得。一种优选的多层致动器的尺寸如下:长 5mm、高 5mm、宽 5mm。该多层致动器包括大约 29 层共烧结的压电陶瓷片,多层致动器能膨胀 3 微米以上。在某些实施方案中,一个延伸部件,比如一根棒,附着在激励致动器装置的底部,并延伸到物料中。激励致动器装置通过棒将精密的周期扰动传送给物料。

在另一个实施方案中,激励致动器装置可包括一具有喷嘴的压电陶瓷材料,该陶瓷材料与电压源相连。喷嘴具有一决定坩埚流孔的固定纵横比。正弦电压直接施于喷嘴引起精密的周期扰动,该扰动经喷嘴壁传送到物流中。亦可考虑,在某些温度很高的情况下(例如低粘度液体物料的温度大于 300℃)可采用铌酸锂(LiNbO₃)代替压电陶瓷材料。

至少有一个压力调节器保持坩埚内的恒定静压。在一个优选的实施方案中,压力调节器在小球形成装置运行之前将坩埚保持在负压状态,负压防止材料从喷嘴滴出。在一个优选的实施方案中,压力调节器在小球形成装置运行期间将坩埚中低粘度液体物料维持在预定的液位,从而使坩埚保持正压。在一个优选的实施方案中,压力调节器向坩埚中的低粘度液体物料上方供应一种干的情性气体,例如氮。正压使物料通过坩埚流孔流出。物料上方压力的大小控制物料流出流孔的流量。在小球形成装置运行期间,施加的恒定正压使物料从喷嘴流出并形成喷射流或物流。激励致动器的正弦频率使物流按精密的周期得到扰动。由于雷利(Rayleigh)不稳定效应,由于动量能在物流中形成扰动,将物流破碎为形状和大小均匀的互相隔开的小球。两个相邻小球之间的距离 λ 是喷射速度 V_j 和扰动频率的函数, $\lambda = V_j/f$ 。

在某些实施方案中,本发明提供一种偏转机构,该机构与充电机构的关系是在空间上保持一个距离。偏转机构包括至少一组折射面,这些折射面在空间上相互隔开。高压跨接这组折射面,使表面之间产生电场,偏转机构形成电力场,小球通过此电力场。由于小球带电荷,

根据它们的极性，小球在电场中发生偏移。偏转机构在空间上将小球在垂直于中心或垂直轴的平面上隔开，防止球的融合，保持其尺寸的一致性。

5 小球的偏移距离是小球大小和速度、小球的电荷和偏转场力的函数。通过折射机构，大球滞留在靠近中心轴的地方，而小球偏移中心轴较远些。

目视系统安置在离坩埚流孔有一段距离的地方，以监测小球的形成并测定小球的尺寸。在优选的实施方案中，目视系统在操作上与激励致动器装置关联，以便增加或减少施于低粘度液体物料的周期性扰动。目视系统同样在操作上与偏转机构相配，以根据目视系统收集的信息决定增加、保持或减少小球的电荷。

本发明是对 Chun 等人的美国专利 No.5226098 的工艺的改进，后者的小滴不是在温控环境中形成的。根据本发明的另一方面，小球形成机构在温控固化环境中运行。温控固化环境使小滴在短时间和小距离内形成。同时温控固化环境使小球表面上出现沾污如氧化物的可能性减少。温控固化环境至少含有一种传热介质，例如冷气或液化气。传热介质提供一种固化环境，小球可在其中有控制地冷却和固化。在某些实施方案中，温控固化环境提供一种温度梯度，可使小球能以可控的方式很快冷却，致使形成的小球具有一致的圆形或球形，同时具有均匀的大小。在采用锡-铅合金制造焊料小球的实施方案中，温控固化环境中的温度梯度的情况是：在靠近坩埚的上部小室的温度约为室温 - -90°C （某些方案中约为 0°C ），而在靠近温控固化环境底的下部小室的温度约为 -110°C - -170°C 。在另一个用不同的低粘度物料制造小球的实施方案中，固化环境的温度控制使小球能很快地并均匀地形成。温控固化环境的温度受所用传热介质的种类的影响，不言而喻，各种传热介质，包括液化气、卤-碳流体、氨、水和蒸汽皆在本发明考虑的范围之内，而且传热介质的温度与用于制造小球的低粘度液体物料的种类有关，其范围约为室温 - -200°C 。

30 在一实施方案中，其低粘度液体物料含有一种由辐射热固化的材料，例如铜和钢一类金属，这可采用不同类型的传热介质，而且传热介质可以不同的温度提供。例如制造钛小球的实施方案中，传热介质可包括热气或蒸汽。

在某些实施方案中曾经发现，小球与快速移动或流动的传热介质接触有可能使小球的形状变得不均匀。因此，在某些优选方案中希望传热介质有较小的运动或流动。温控固化环境中的传热介质基本上保持静止以致没有与形成的小球进行接触并使其变形的介质流动。

5 在某些实施方案中，温控固化环境包括两种环境，第一种或气相环境包括第一种传热介质，第二种或液相环境包括第二种传热介质。在另一些实施方案中，温控固化环境包括第一或气相环境而不包括第二或液相环境。但是，本文将详细叙述气相/液相温控固化环境以便完全理解本发明的全部实施方案。还应理解，所有的实施方案皆在本发明考虑范围之内。应用气相/液相温控固化环境在形成较软的或有延度性的材料的小球和在形成大直径的小球或有高熔化潜热（即材料从液相转化为固相时的放出的热量）的小球时特别有用。

一旦小球离开偏转机构，小球以首先在小球的外表面生成外皮或外壳而开始固化。在小球离开气相环境区以前，该小球基本上已经固
15 化，即熔化热已从小球转移到气相传热介质或者已辐射出去。小球可能仍处于高温下，仍具有一定的延度性。小球然后进入液相环境，该环境宜含有低温惰性液体物料，例如提供液氮。液相环境进一步冷却小球，去除其比热并使其固化。液相环境同时起缓冲介质作用，它防止球相互碰撞或与上部小室和下部小室的底和壁碰撞时发生机械
20 变形。

在一个优选的实施方案中，低温液体物料悬浮在温控固化环境的顶部区和底部区。悬浮在顶部区的低温液体悬浮入气相环境并至少部分汽化，从而将气相环境保持在优选的低温。在某些实施方案中，考虑使悬浮在顶部的液体能接触下行的小球，以加速其冷却。

25 在一个优选的实施方案中，温控固化环境的底部有一漏斗，该漏斗包含第二或液相环境。液相环境在小球撞击漏斗底之前能使小球得到缓冲。一旦小球已经通过液相环境池，则无需另外的加工步骤。也无需从球的表面去除任何油或其它物料。

本发明的范围包括监测用于形成均匀大小小球的操作参数的任何
30 变化并对其作出反应。第一热电偶测量温控固化环境顶部的温度，第二热电偶测量温控固化环境底部的温度。压差传感器监测坩埚的压力。数据采集/控制系统与压力传感器、热电偶、小球形成装置和目视

观察系统相连。数据采集/控制系统收集压力和温度的测量数据并控制小球的形成装置。数据采集/控制系统和目视观察系统提供能动地控制形成的小球的尺寸的现实可能性。小球的尺寸由目视观察系统测量。数据采集/控制系统连续接收并修改有关坩埚压力和由激励致动器装置提供的频率，以使小球直径保持在预定的大小。不言而喻形成的小球的实际尺寸取决于最终的使用要求。

按照本发明，小球的形成和对小球的形状和直径的控制都准确到微米之内。小球直径的精密在约1%的范围内。本发明是对Chun等人的美国专利No.5266098的技术进一步改进，因为根据本发明制造的小球基本上呈球形并且表面光滑。本发明的小球有高的球形度，通过小球各部分的直径变化均小于约1.0%。

本发明的方法和设备可用于制造大小和形状均匀的小球，其直径范围约12-1000微米。本发明特别适用于制造其直径大于500微米的，在某些优选的实施方案中可大于760微米(0.030英寸±0.0003)。封闭式的温控固化环境控制小球从液态到固态的转化速率。制造出的小球的体积和表面比影响小球的冷却速率。较大直径的小球在温控固化环境中控制地固化，以使小球基本保持圆形和平滑的表面，并具有均一的形状。

操作参数，包括流孔直径，小球周期性扰动的频率和振幅均可进行变化，以可得到不同直径的小球。不言而喻，小球的最佳直径部分取决于所制小球的类型。其它一些参数，诸如金属进入坩埚的进料速率、坩埚压力、成小球材料的温度、小球所带电荷量等同样影响大小和形状均匀的小球的大小和形成速率。

不言而喻，低粘度液体物料本身温度影响小球的热状态。在某些实施方案中物料的温度可正好高于熔点，而在另外一些实施方案中，例如可高于物料熔点50℃。物料的温度差别影响实心小球的形成速率。

在本发明的某些实施方案中，另一可变参数是球形成装置和小球的固化点之间的“远离”距离。

本发明能使小球的固化比在常规的小滴形成设备中的快。在优选方案中，小球穿过封闭的温控固化环境下降，并在与封闭环境的底面接触之前的下降时间约为0.5-1.5秒。封闭的温控固化环境能在短得

多的距离内（约为 1-5 米，而常规制球设备为 10-20 米）及在短得多的时间内（约为 0.5-1.5，优选 0.8 秒，而常规方法为 7-10 秒）形成小球。

在温控固化环境中制出的小球基本不含杂质或氧化物。

5 在优选方案中，小球由低粘度液体形成，该液体包括例如玻璃、陶瓷和金属。在本发明考虑范围内的某些方案中，小球可由多种金属制成，它包括锡、铅焊料合金、金、铝、钢或铜的合金。此外，小球可将镀类金属，诸如银、金或钯或涂复有机涂层，以便防止其制成后氧化。

10 小球特别可用于将集成电路内连到印刷电路板上的焊料，特别是作球栅阵列、芯片封装和倒装芯片封装的焊料。

在某些实施方案中，按照本发明形成的小球特别适于作焊料组合物，而且小球勿需添加任何焊剂来防止在小球表面上生成氧化物。

15 虽然这里给出并叙述了某些优选实施方案，但应该理解，本发明并不局限于此，并可在下述权利要求的范围内具体化。

附图简述

图 1 表示本发明的制造大小和形状均匀的小球的一种设备。

图 1A 是图 1 中一部分的放大图。

图 2 是小球在冷却过程中的放大截面图。

20 优选实施方案叙述

参看附图，概况示出一种制造大小和形状均匀的小球的设备 10。

设备 10 至少包括一个小球形成装置 12 和一封闭的温控固化环境 14。

25 小球形成装置 12 通常包括坩埚 20 和激励致动器 50。坩埚 20 有一顶部区 22，该区与底部区 24 在空间上是隔开的。坩埚 20 界定一封闭空间 26，该空间接受低粘度液体物料 28 的供应。在某些高温应用中，坩埚 20 由陶瓷材料制成。坩埚 20 内部的温度用热电偶探测器 25 和温度控制器 27 监控，它们与加热部件 29 连接。加热部件 29 将物料 28 的温度保持在其熔点以上。坩埚 20 通过在供料进口 34 处的供料部件 34 和压力调节机构 30 相连。坩埚 20 的压力用置于近供料进口 34 处的压力传感器 36 监测。坩埚 20 内的压力由压力调节器 30 调节。在本发明的考虑范围内，压力调节器 30 可将如氮的惰性气体送入坩埚 20 以形成正压。

充电系统 80 附装于坩埚端盖 40。充电系统 80 和端盖 40 之间的距离可根据选定的操作参数调节。在一优选的实施方案中，充电系统 80 可由铝材制成。高压由电压源 82 施于充电系统 80。物流 70 破碎为小滴 72，同时穿过充电系统 80 中的开口 84。充电系统 80 赋予物流 70 以电荷。当小球 72 形成时，小球 72 保留了电荷。小球 72 的电荷在邻近小球 72 之间形成作用力，防止小球 72 融合。

带电荷的小球 72 穿过封闭的温控固化环境 14，在所示实施方案中，该环境包括第一或气相环境 102 和第二或液相环境 122。

在所示实施方案中，封闭的温控固化环境 14 包括上部小室 90 和下部小室 100。在某些实施方案中，上部小室 90 维持在第一温度，下部小室 100 维持在第二温度。第一和第二温度界定在封闭的温控固化环境中的温度梯度。在制造锡铅合金小球的方案中，希望上部小室 90 中的第一温度在室温到约 -90°C （在某些方案中约为 0°C ）范围内，而下部小室 100 中的第二温度在约 -110°C 到约 -170°C 范围内。

小球形成装置 12 通过支撑杆 92 安装在上部小室 90 内。上部小室 90 与下部小室 100 密封连接。上部小室 90 与下部小室 100 的联接使上部小室 90 和下部小室 100 界定第一或气相封闭环境 102。上部小室 90 至少具有一透明段 94。在一个优选方案中，上部小室 90 包括一段丙烯酸材料，例如，其尺寸约为 $12 \times 12 \times 24$ 英寸。目视观察系统 98 置于上部小室 90 的透明段 94 附近。目视观察系统 98 监测小球 72 的形成，并在小球通过目视观察系统 98 时测定小球尺寸。

下部小室 100 至少有壁 104 和底部区 106。在某些实施方案中，下部小室 100 优选由 CPVC 管材制造，其内径优选 14 英寸。下部小室 100 包括偏转机构 110。在所示实施方案中，偏转机构 110 包括两块折射板 112 和 114。板 112 和 114 各具有排斥或带电表面 112' 和 114'。相邻板 112 和 114 之间的距离界定开口 118，带电荷的小球 72 通过此开口。吸引或排斥表面 112' 和 114' 优选由高导电材料如铜、铝、钢等制成，其长度在某些方案中约为 150-400 毫米。表面 112' 和 114' 之间的开口通常约为 10-40 毫米。应该明白，在其它一些实施方案中，其长度和距离至少部分决定于低粘度液体物料的种类、所制球的尺寸和其它操作参数。当球 72 下降时，小球 72 通过偏转机构 110。经高压源 116 给偏转机构 110 施加高压，高压在板 112 和 114 之间产生电场。由于小球

72 带有电荷，电场对小球 72 或者吸引，或者偏转。小球的偏转距离是小球的电荷、大小和速度的函数。较大的球 72 的下降途径接近通过偏转机构 110 的中心轴，而较小的球从偏转机构 110 的中心轴偏离开。

5 下部小室 100 的底部区 106 包容液相环境 122。在一些优选实施方案中，底部区 106 包括不锈钢制的漏斗 124。低温阀 126 置于漏斗 124 的底部区 128。开启这个阀门可将漏斗 124 中的球 72 收集和返回。

10 下部小室 100 包括第一或上传热介质进料供给机构 130，该机构置于下部小室 100 的上区 132 中。为在优选实施方案中，进料供给机构 130 包括铜管 134，该管呈环绕延伸到下部小室 100 的壁 104 附近。铜管 134 上有多个径向开孔 136。在一个优选实施方案中，孔 136 通常沿铜管 134 均匀分布。孔 136 容许第一传热介质 138 悬浮到下部小室 100 之中。由于下部小室 100 与上部小室 90 是相通的，传热介质 138 既冷却上部小室 90 又冷却下部小室 100。在传热介质 138 含液氮的实施方案中，传热介质使封闭的气相环境 102 的温度保持在约 -80°C - 约 -170°C 内。

20 在所实施方案中，下部小室 100 同时具有第二或下传热介质供应机构 140，该机构置于漏斗 124 附近，但在空间上是隔开的。漏斗 124 按预定数量盛放第二传热介质 144。应该理解，第一和第二传热介质可能是同一物料，或者是不同物料，例如液化气体如液氮和/或液态卤-碳化物。第二传热介质 144 的供给界定第二或液相环境 122。在所实施方案中，温控固化环境 14 包括气相环境 102 和液相环境 122，它允许小球 72 在与漏斗 124 的底 128 接触之前固化，熔化热散发到气相环境 102 中，比热散发到液相环境 122 中。漏斗 124 中的液相环境 122 使小球 72 在与漏斗 124 接触之前得到缓冲。

25 在所实施方案中，第一个热电偶 150 监测上部小室 90 的温度，第二个热电偶 154 监测下部小室 100 的温度，以使气相环境 102 和液相环境 122 保持在优选的小球固化温度下。但是，应理解，可附加热电偶以监测封闭的温控固化环境的温度梯度。

30 在小球形成装置 12 运行之前，封闭的温控固化环境 14 和坩埚 20 用干的惰性气体吹洗。氧含量监测器 160 置于小室 100 之中以监测大小均匀的小球的制造设备 10 在整个运行期内的氧含量。从封闭的温控固化环境 14 延伸出的释放 162 提供温控固化环境 14 中预期的压力和传

热介质的量。

在运行中，喷嘴 42 的流孔 44 对准充电系统 80 的开口 84。充电系统 80 使物料 70 带上电荷，在每个小球 72 形成并脱离物流 70 时，每个小球 72 保留部分电荷。当带电荷的小球 72 下降时，该小球经或接近偏转机构 110 的带电板 112 和 114 穿过。

在带电表面或排斥表面 112' 和 114' 保持预定电压的条件下，在开口 118 处形成的电场使小球 72 进一步带电。小球 72 相互之间以及与带电表面或排斥表面 112' 和 114' 之间保持预定距离。图 2 中的箭头通常表示排斥力。每个小球 72 下降时，前导小球不但与后继小球 72 相排斥，而且与带电表面 112' 和 114' 的边相排斥，从而防止了相同电荷的小球相互融合。

不言而喻，根据所制球的最终用途可采用各种合适的材料。球上的实际电荷不单是所用金属的函数，而且亦是球径和带电板 112 和 114 及小球 72 间电压的函数。球上的电荷宜为 10^{-7} 库仑 - 克量级；但是不言而喻，亦可采用其它的电荷量，电荷量与上面讨论的各种参数有关。

带电小球 72 在穿过气相环境 102 向下运动时固化，而在与液相环境 122 接触之前完全固化。从图 2 可以看出，小球 72 首先生成表皮部分 172，它屏蔽熔融部分 174。当小球 72 向下运动和固化时，表皮部分 172 变厚，直到球 72 与漏斗 124 接触之前熔融部分 174 消失。

不言而喻，本发明的制球设备 10 在操作上与数据采集/控制系统 180 相连，以收集和测量数据并且控制制球设备。数据采集/控制系统 180 同样测量热电偶和压力传感器的输出电压。数据采集/控制系统 180 还与目视观察系统 98 相连，以提供能动地控制制球。在设备 10 操作期间，测量所形成球的尺寸和形状。数据采集/控制系统 180 改变坩埚压力和激励致动器 50 所产生的频率，从而使球的大小和形状保持在预定的直径。

不言而喻，本发明仅描述了上述的优选实施方案，但在不偏离下列权利要求所定义的本发明的实质和范围下可有各种替代方案、修改方案和选择方案。

30

说明书附图

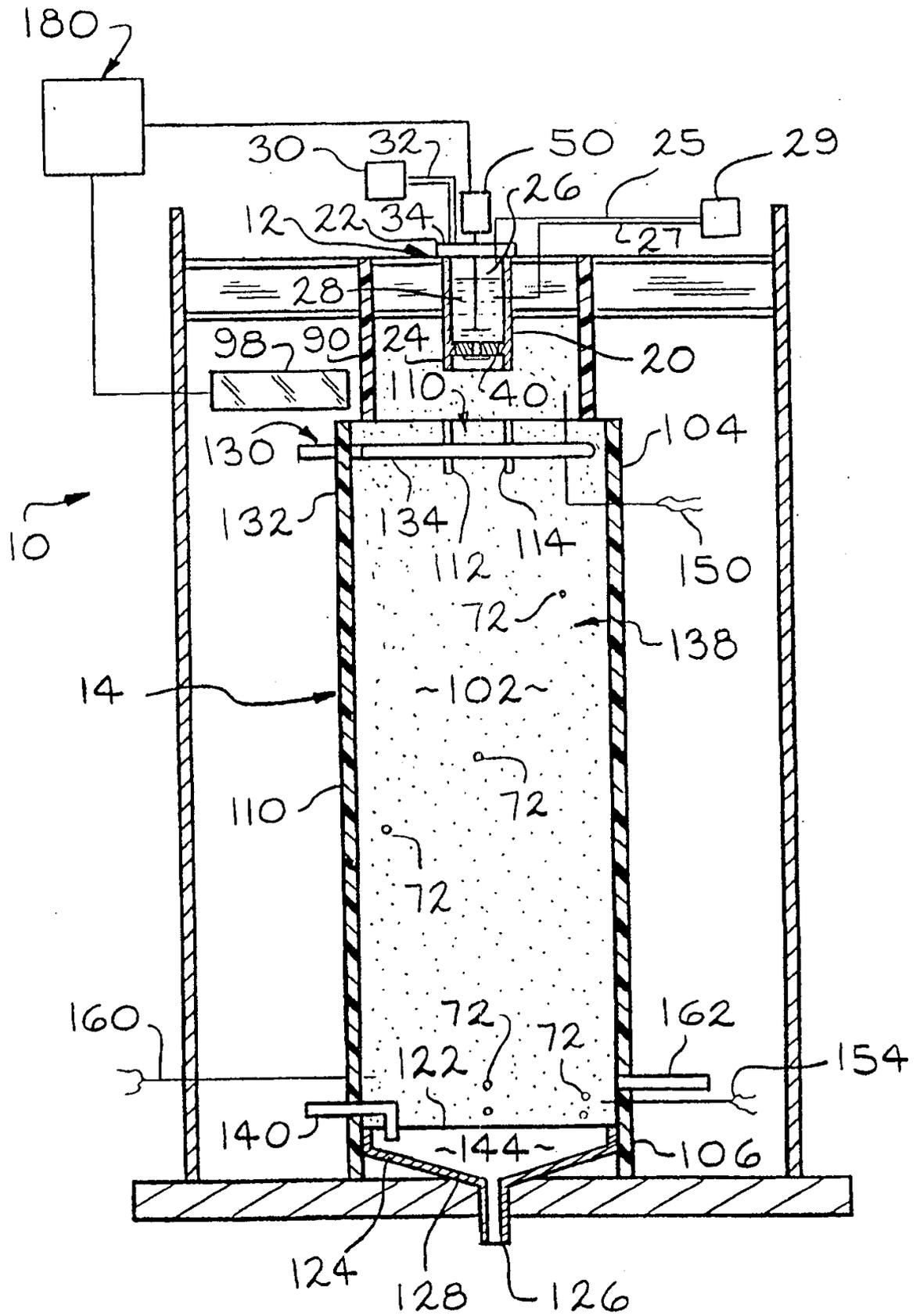


图 1

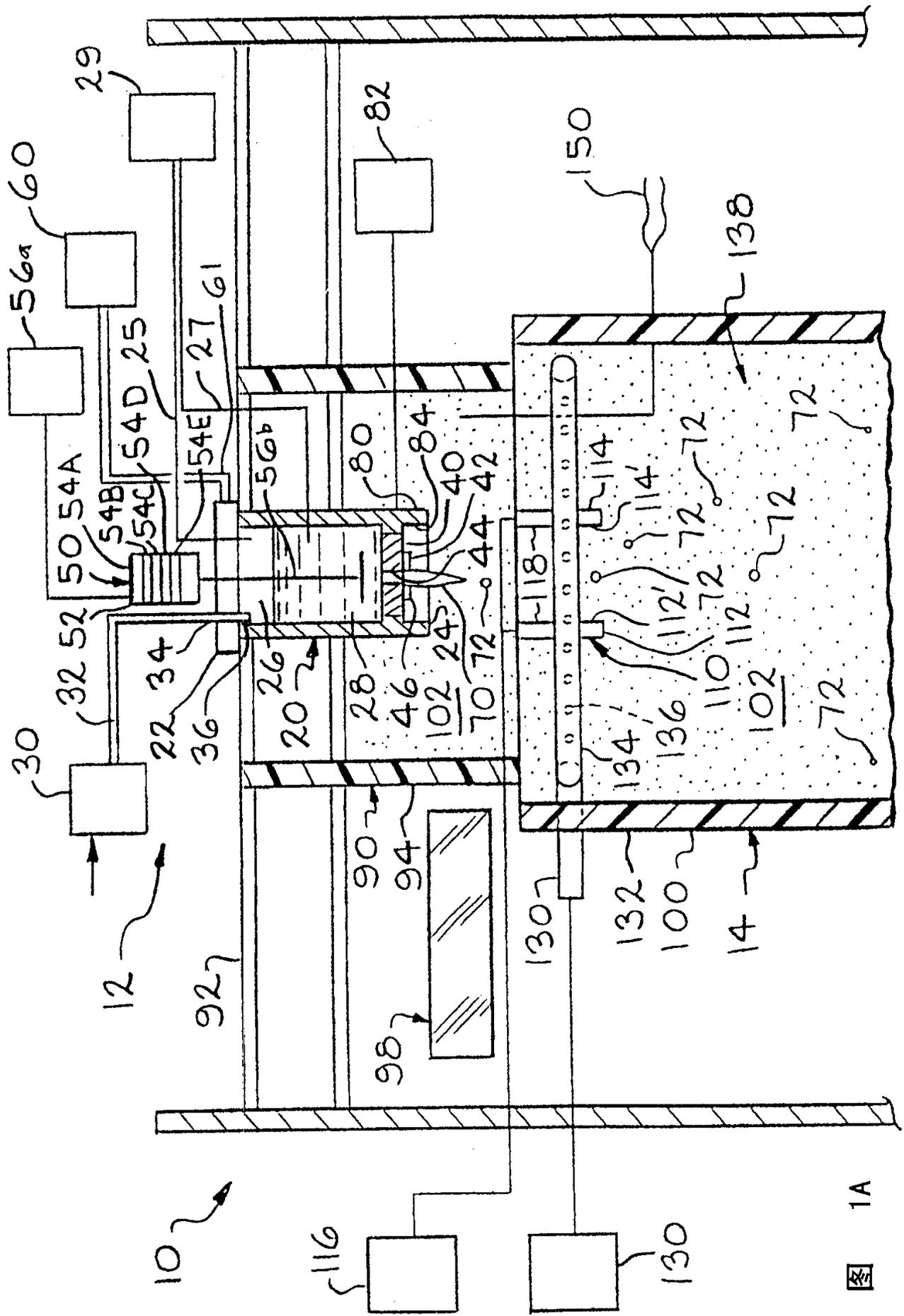


图 1A

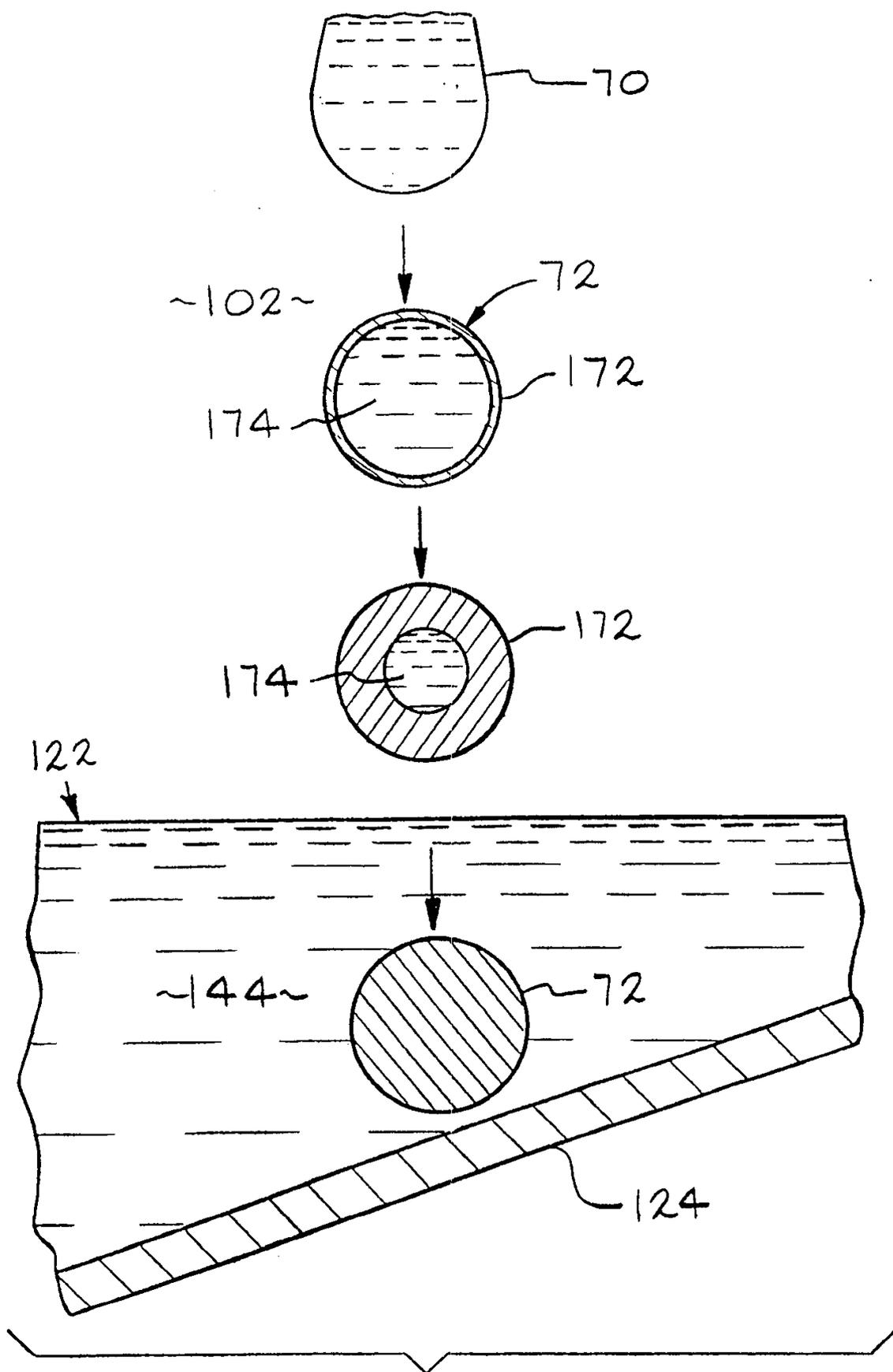


图 2