

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B29D 11/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480022593.6

[43] 公开日 2006 年 9 月 13 日

[11] 公开号 CN 1832848A

[22] 申请日 2004.6.10

[21] 申请号 200480022593.6

[30] 优先权

[32] 2003.6.13 [33] US [31] 10/461,122

[86] 国际申请 PCT/US2004/019227 2004.6.10

[87] 国际公布 WO2004/113059 英 2004.12.29

[85] 进入国家阶段日期 2006.2.6

[71] 申请人 第一优质光纤有限责任公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 J·F·彼得森二世 P·卡佩利尼
H·博达希

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 赵 辛

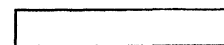
权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图 7 页

[54] 发明名称

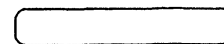
扁平塑料光纤及使用这种光纤的照明设备

[57] 摘要

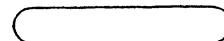
介绍了具有均匀纤芯截面的大体扁平的塑料光纤(见图 6)、制造这种光纤的方法和系统、以及采用这种光纤的照明装置。



(a) 矩形



(b) 带有圆角的矩形



(c) 具有两个相对直边和两个相对圆整边的跑道形椭圆

1. 一种塑料光纤，包括：
具有均匀截面的大体扁平的塑料光纤纤芯，和
5 围绕所述塑料光纤纤芯的塑料光纤涂复层，
其中，所述塑料光纤通过沿大体竖直向上方向连续螺旋共挤出
形成，且
所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之
0.5。
- 10 2. 一种塑料光纤，包括：
具有均匀截面的大体扁平的塑料光纤纤芯，和
围绕所述塑料光纤纤芯的塑料光纤涂复层。
3. 根据权利要求2所述的塑料光纤，其特征在于，所述塑料光
纤是通过连续螺旋共挤出形成的。
- 15 4. 根据权利要求2所述的塑料光纤，其特征在于，所述均匀截
面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之5.0。
5. 根据权利要求2所述的塑料光纤，其特征在于，所述均匀截
面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之1.0。
6. 根据权利要求2所述的塑料光纤，其特征在于，所述均匀截
20 面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之0.5。
7. 根据权利要求2所述的塑料光纤，其特征在于，所述塑料光
纤通过沿大体竖直向上方向共挤出形成。
8. 根据权利要求2所述的塑料光纤，其特征在于，所述塑料光
纤是一种阶跃指标塑料光纤。
- 25 9. 根据权利要求2所述的塑料光纤，其特征在于，所述塑料光
纤是一种分级指标塑料光纤。
10. 一种制造塑料光纤的方法，包括以下步骤：
熔融第一挤出机中的第一聚合物初始材料，

熔融第二挤出机中的第二聚合物初始材料，

挤出所述熔融的第一聚合物初始材料，形成具有均匀截面的大体扁平的塑料光纤纤芯，和

5 共挤出所述熔融的第二聚合物初始材料，在所述塑料光纤纤芯周围形成塑料光纤涂复层。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述第一挤出机和所述第二挤出机是连续螺旋挤出机。

12. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之 5.0。

10 13. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之 1.0。

14. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之 0.5。

15 15. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述挤出沿大体竖直向上的方向进行。

16. 一种制造塑料光纤的系统，包括：

可使第一聚合物初始材料熔融的第一挤出机，

可使第二聚合物初始材料熔融的第二挤出机，和

20 挤出块，用于挤出所述熔融的第一聚合物初始材料，形成具有均匀截面的大体扁平的塑料光纤纤芯，以及共挤出所述熔融的第二聚合物初始材料，在所述塑料光纤纤芯周围形成塑料光纤涂复层。

17. 根据权利要求 16 所述的系统，其特征在于，所述第一挤出机和所述第二挤出机是连续螺旋挤出机。

25 18. 根据权利要求 16 所述的系统，其特征在于，所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之 5.0。

19. 根据权利要求 16 所述的系统，其特征在于，所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之 1.0。

20. 根据权利要求 16 所述的系统，其特征在于，所述均匀截面

的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之0.5。

21. 根据权利要求16所述的系统，其特征在于，所述挤出块沿大体竖直向上的方向进行挤出。

22. 一种制造塑料光纤的系统，包括：

- 5 在第一挤出机中使第一聚合物初始材料熔融的机构，
 在第二挤出机中使第二聚合物初始材料熔融的机构，
 挤出所述熔融的第一聚合物初始材料的机构，可形成具有均匀
 截面的大体扁平的塑料光纤纤芯，和
 共挤出所述熔融的第二聚合物初始材料的机构，可在所述塑料
10 光纤纤芯周围形成塑料光纤涂复层。

23. 一种照明设备，包括：

光源，

通过共挤出形成的塑料光纤，其包括：

- 具有均匀截面的大体扁平的塑料光纤纤芯；
15 围绕所述塑料光纤纤芯的塑料光纤涂复层；
 沿所述光纤长度方向的一个或多个位置，经过处理使光线能
 够以受控方式在所述位置输出；
 其中，所述光源光学连接到所述塑料光纤。

20 24. 根据权利要求23所述的照明设备，其特征在于，所述塑料
 光纤通过连续螺旋共挤出形成。

25. 根据权利要求23所述的照明设备，其特征在于，所述均匀
 截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之5.0。

26. 根据权利要求23所述的照明设备，其特征在于，所述均匀
 截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之1.0。

25 27. 根据权利要求23所述的照明设备，其特征在于，所述均匀
 截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之0.5。

28. 根据权利要求23所述的照明设备，其特征在于，所述塑料
 光纤通过沿大体竖直向上方向共挤出形成。

29. 一种制造照明设备的方法，包括：

对具有均匀截面的大体扁平的塑料光纤的表面进行处理，使得光线能够以受控方式在所述光纤长度方向的一个或多个位置从所述光纤的一个或多个侧面输出，和

5 将所述光纤光学连接到光源。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于，所述塑料光纤通过连续螺旋共挤出形成。

31. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于，所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之 5.0。

10 32. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于，所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之 1.0。

33. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于，所述均匀截面的厚度标准偏差小于平均纤芯截面厚度的百分之 0.5。

15 34. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于，所述塑料光纤通过沿大体竖直向上方向共挤出形成。

扁平塑料光纤及使用这种光纤的照明设备

5 本申请是2003年6月13日提交的美国专利申请 No.10/461,122 的部分继续申请，本文引用参考其内容。

技术领域

10 本发明涉及塑料光纤以及使用这种光纤的设备。更具体地，本发明涉及大体扁平的塑料光纤、制造这种光纤的方法和系统、以及采用这种光纤的照明装置。

背景技术

15 塑料光纤 POF 已经得到了广泛的应用，包括通讯网络和照明装置。

 对于通讯网络，POF 用作短程高速网络的传输介质。在这种应用中，花费了相当大的努力来降低圆形截面 POF 的传输损失。这些损失可以由内在因素和外界因素引起。内在的损失因素包括 C-H 振动和瑞利散射的吸收。外部的损失因素包括过渡金属和有机杂质的吸收，以及灰尘和微孔的散射、POF 纤芯截面尺寸的波动、取向双折射、和纤芯-涂复层边界缺陷。

20

 对于照明装置，POF 可以用于“端发光”或“侧面发光”。在端发光中，POF 的主要功能是将来自光源的光线传输到远距离点，从 POF 的末端发光。在侧面发光中，POF 的主要功能是以受控方式

25 在 POF 长度方向的一个或多个位置将来自光源的光线从 POF 的一个或多个侧面传输出去。

 圆形截面的 POF 常常用于照明装置。例如，圆形 POF 可以并排布置，形成侧面发光片或侧面发光板。然而，这种板片的制造比较

麻烦、昂贵和低效。因此，对于侧面发光照明装置，使 POF 具有矩形截面或其它大体扁平的截面十分有利。大体扁平的 POF 还可用于某些数据通信应用。

5 已经研制出若干方法来控制光线从 POF 的侧面什么位置输出以及输出多少光线，这些方法包括研磨、蚀刻、压纹、开槽、以及剧烈地弯曲 POF。通过某些控制方式，从 POF 侧面出来的光线可以形成特定形状的模式，如字母、数字、徽标或其它符号。通过其它控制方式，从 POF 侧面出来的光线可用于均匀照明。

10 迄今为止，侧面发光照明装置中的非受控传输损失往往被忽视，因为其通常所涉及的 POF 长度很短。然而，为了节省能量和提高亮度，要求这些照明装置更加高效。在不需要有光线从 POF 侧面输出的 POF 区域应使非受控传输损失降到最低。如果这些区域的 POF 纤芯的厚度（对于扁平 POF 来说）或直径（对于圆形 POF 来说）更加均匀，那么可以减少这些区域的非受控损失。反之，如果在对 POF 的一个或多个位置进行处理（比如采用研磨、蚀刻、开槽或其它可产生受控漏光的处理方法）之前这些位置的 POF 的厚度或直径更加均匀，那么就能更好地控制光线在这些位置从 POF 侧面输出。因此，对于侧面发光应用，必须减少大体扁平的 POF 的损失因素。对于通信应用，也必须减少大体扁平的 POF 的损失因素。

20 发光效率对于电池供电的照明装置，如便携式电子装置（如膝上电脑、蜂窝电话和个人数字助理）的显示和背光装置，十分重要。此外，便携式电子装置对空间和重量方面的限制也要求大体扁平的小厚度 POF 必须具有更均匀的厚度。

25 在现有技术中没有认识到或加以控制的一个工艺参数是 POF 纤芯挤出的方向。对于已经掌握的知识，所有先前的 POF 加工方法都是竖直向下（即随着重力方向）或沿水平方向挤出（即，受力通过开口而成形）POF 纤芯。但令人惊奇的是，已发现竖直向上挤出 POF（即，相对重力）可使生产的 POF 纤芯截面的波动小很多。

了解利用“向上纺丝”产生织物的“纤维状集合体”的美国专利 4,399,084, 纤芯截面均匀性的这种改进更加令人惊奇。如该专利说明书的 16 栏 20-24 行所述, 其采用竖直向上挤出来产生不均匀不规则的织物纤维, “本发明的还有一个特征是, 非圆形截面的纤丝
5 沿其纵向以不定间隔不规则地改变尺寸, 因此, 其截面的形状也发生变化。”

因此, 先前使用竖直向上挤出来制造不规则的织物纤维并没有提示或建议使用竖直向上挤出来制造均匀的 POF 纤芯。

10 发明内容

本发明克服了现有技术的缺点和限制, 可提供具有均匀纤芯截面的大体扁平的塑料光纤、用于制造这种光纤的方法和系统、以及采用这种光纤的照明装置。

本发明的一个方面涉及具有均匀纤芯截面的大体扁平的塑料光纤。这种 POF 还具有围绕纤芯的涂复层。
15

本发明的另一个方面涉及制造 POF 的方法, 其中第一聚合物初始材料在第一挤出机中被熔融, 第二聚合物初始材料在第二挤出机中熔融。熔融的第一聚合物初始材料被挤出, 形成具有均匀截面的大体扁平的 POF 纤芯。熔融的第二聚合物初始材料被共挤出, 形成
20 围绕 POF 纤芯的 POF 涂复层。

本发明的另一个方面涉及包括两个挤出机和一个挤出块的系统。一个挤出机熔融第一聚合物初始材料, 另一个挤出机熔融第二聚合物初始材料。熔融的第一聚合物初始材料通过挤出块挤出, 形成具有均匀截面的大体扁平的塑料光纤纤芯, 并且共挤出熔融的第二
25 聚合物初始材料, 形成围绕塑料光纤纤芯的塑料光纤涂复层。

本发明的另一个方面涉及照明设备, 其具有光学连接到 POF 的光源。这种 POF 具有均匀截面的大体扁平的纤芯。POF 还包括围绕纤芯的涂复层。沿 POF 长度方向的一个或多个位置进行处理, 使得

光线能够在这些位置以受控方式输出。

5 本发明的另一个方面涉及制造照明设备的方法，包括对大体扁平的 POF 表面进行处理，将光源光学连接到 POF。所述表面处理使得光线能够以受控方式在 POF 长度方向的一个或多个位置从 POF 的一个或多个侧面输出。在处理之前，所述 POF 具有均匀截面的大体扁平的纤芯。这种 POF 还具有围绕纤芯的涂复层。

在某些实施例中，POF 通过连续螺旋共挤出形成。

10 在某些实施例中，均匀纤芯截面厚度的标准偏差小于平均 POF 纤芯截面厚度的百分之 5.0。在某些实施例中，均匀纤芯截面厚度的标准偏差小于平均 POF 纤芯截面厚度的百分之 1.0。在某些实施例中，均匀纤芯截面厚度的标准偏差小于平均 POF 纤芯截面厚度的百分之 0.5。

在某些实施例中，POF 纤芯是沿大体竖直向上方向挤出形成的。

15 为了使 POF 大体扁平，所述均匀纤芯的截面可以包括但不限于矩形、带有圆角的矩形、或具有两个相对直边和两个相对圆边的跑道形椭圆。

20 通过阅读下面对本发明的详细说明以及所附权利要求和附图，所属领域的技术人员将更加清楚地理解本发明的上述和其它的实施例及各个方面。

附图说明

图 1 是连续生产具有大体扁平纤芯截面的塑料光纤的示例性系统的示意图；

25 图 2 是带有更多部件的图 1 系统的示意图，这些部件用于测量塑料光纤均匀性、以受控方式冷却塑料光纤、和缠绕塑料光纤到线轴上；

图 3 是更加详细地显示喷丝头组件的示意图；

图 4 是详细显示多功能块 350 A & 350 B 以及传送/加热块 400 A

& 400 B 的截面的示意图;

图 5 是连续生产具有均匀纤芯截面的大体扁平的塑料光纤的示例性工艺过程的流程图;

5 图 6 是大体扁平的塑料光纤的示例性纤芯截面的示意图, 截面包括 (a) 矩形、(b) 带有圆角的矩形、以及 (c) 具有两个相对直边和两个相对圆边的跑道形椭圆; 和

图 7 是制造照明装置的示例性过程的流程图, 这种照明装置包括具有均匀纤芯截面的大体扁平的塑料光纤。

10 具体实施方式

这部分介绍具有均匀纤芯截面的大体扁平的塑料光纤、制造这种光纤的方法和系统、以及采用这种光纤的照明装置。在下面的说明中, 提供许多细节以便彻底地理解本发明。然而, 所属技术领域的普通技术人员应当认识到如果没有这些特定细节, 本发明仍然
15 可以实施。

图 1 示出了连续生产大体扁平纤芯截面的塑料光纤的示例性系统。图 1 中的系统包括用于连续挤出 POF 纤芯的 A 部分和连续挤出 POF 涂复层的 B 部分。A、B 机械部分的构造差不多相同, 其主要区别在于电动机/挤出机组合体的大小。该示例性系统包括: 挤出机驱
20 动装置 100 A & 100 B、进料斗/干燥机系统 200 A & 200 B、挤出机螺杆/筒体组件 300 A & 300 B、筒体加热带 310 A & 310 B、多功能块 350 A & 350 B、传送/加热块 400 A & 400 B、传送/加热块 400 A & 400 B 的带式加热器 410 A & 410 B、泵/驱动组件 500 A & 500 B、泵加热带 510 A & 510 B、行星齿轮泵 520 A & 520 B、流量分配器 600 A
25 & 600 B、及流量分配器 600 A & 600 B 的带式加热器 610 A & 610 B。

图 2 示出了带有更多部件的图 1 的系统, 这些部件用于测量 POF 均匀性、以受控方式冷却 POF、将 POF 卷绕到线轴上。另外的部件包括: 空转辊 1300、单个的产品导向件 1350、分段的空转辊 1400、

1 级淬冷单元 1100、2 级淬冷单元 1150、3 级淬冷单元 1000、分段的主动辊 1200（对于主动辊 1200 的各段具有独立的控制电动机 1250X）、激光测微仪 1900、以及卷绕单元 2000。卷绕单元 2000 包括电驱动的高精度拉伸辊 2100、储存机构 2200、以及用于 POF 线轴 2400 的横向往复机构 2300。

在某些实施例中，去掉 3 级淬冷单元 1000，而 1 级淬冷单元 1100 和 2 级淬冷单元 1150 降低以更接近喷丝头面板 700。如图 2 所示，在某些实施例中，淬冷单元 1000、1100 和 1150 沿同一方向相互层叠，使得每个淬冷单元中的空气沿相同方向流动（比如图 2 中从右到左）。在其它实施例（未示出）中，淬冷单元相互交错层叠，使得相邻淬冷单元中的气流方向相反。举例来说，1 级淬冷单元 1100 中的气流从右至左，而 2 级淬冷单元中的气流从左至右（3 级淬冷单元 1000 去掉）。相反的气流有助于 POF 保持扁平。

在某些实施例中，各 POF 纤丝具有其自身的卷绕单元 2000，能够独立调整纤丝速度。（为了清楚起见，图 2 中只示出了一个卷绕单元 2000）。多个卷绕单元 2000 和多个喷丝头插件 800 可使得每个纤丝流束能够形成不同的 POF。因此，如果需要的话，通过改变喷丝头插件 800 和/或卷绕单元 2000 的设定值，具有不同形状和/或尺寸的各种 POF 能够同时在挤出系统中实现。卷绕单元的储存机构 2200 使得即使在 POF 积聚过程更换线轴，卷绕器也能够连续运转。横向往复机构 2300 控制线轴 2400 的移动，并且通过电集成以调节缠绕速度，因此当累聚在线轴 2400 上的 POF 直径增大时，能够均匀地将 POF 1600 卷绕到线轴上。横向往复机构 2300 在 POF 1600 卷绕到线轴 2400 上时使 POF 线轴 2400 向内和向外移动。通过更换喷丝头插件 800，比如改变喷丝头的尺寸和/或几何形状，可以对产生的每个 POF 流束进行更多的调整。

所属领域的普通技术人员应当认识到可以将更多的流量分配通道连接到更多的挤出机，以生产多层 POF 纤芯和/或多层 POF 涂复层。

例如，为了制造分级指标 POF，可以将旋转喷丝头组件 950 中更多的通道与更多的挤出机 300 连接，生产具有沿径向变化性能（如折射率）的多层 POF 纤芯。

图 3 示出了旋转喷丝头组件 950，即通常包括多个子块的示例性挤出块。喷丝头组合件 950 包括：多功能块 350 A & 350 B、传送/加热块 400 A & 400 B、过滤块 535、流量分配器 600 A & 600 B、流量分配器 600 A & 600 B 的带式加热器 610 A & 610 B、喷丝头面板 700、喷丝头插件 800、旋转面加热带 825、以及过滤体/聚合物整合子组件 850。过滤块 535 包括聚合物过滤器 525。聚合物过滤器 525 可除去存在的任何聚合物凝胶，还能将任何潜在的炭化聚合物从挤出系统除去。示例性的过滤杯可从 Mott Filter 公司（84 Spring Lane, Farmington, CT. 06032）得到，这种过滤杯能够除去尺寸大约为 10 至 100 微米的微粒。喷丝头插件 800 使得能够快速更换，和改变喷丝头形状及喷丝头尺寸。如本技术领域公知的，聚合物整合子组件 850 可刚好在共挤出之前将熔融的纤芯和涂复层材料组合在一起，产生（纤芯+涂复层）的光纤结构（可参见美国专利 5,533,883，本发明引用参考其公开的内容）。

图 4 更加详细地示出了多功能块 350 A & 350 B 以及传送/加热块 400 A & 400 B 的剖视图。多功能块 350 A & 350 B 包括安全塞 353 A & 353 B（压力安全阀）、温度探测器 352 A & 352 B、以及压力传感器 351 A & 351 B。块 350 A & 350 B 和 400 A & 400 B 的设计方案使得对聚物流的阻力减到最小，并可反馈工艺参数（如温度和压力）。块 400 A & 400 B 可以分成两半，更加容易清洁。传送块 400 A & 400 B 还包括破碎板（breaker plate）360 A & 360 B 以增进熔融聚合物的混合。图 4 示出了用于纤芯和涂复层的两个系统组成部分，分别用 A 或 B 表示。如上所述，所属领域的技术人员应当认识到旋转喷丝头组件 950 可以与另外的挤出机连接，生产多层 POF 纤芯和/或多层 POF 涂复层。例如，为了制造分级指标 POF，系统可以与额外的挤

出机连接，生产具有沿径向变化性能（如折射率）的多层 POF 纤芯。而且，旋转喷丝头组件 950 可以与额外的挤出机连接，以生产具有围绕 POF 涂复层的一个或多个外层。很多种材料可用作外层，包括但不限于：聚乙烯、聚氯乙烯、氯化聚乙烯、尼龙、聚乙烯+尼龙、
5 聚乙烯+含氟聚合物、聚乙烯+聚氯乙烯、或聚丙烯。

在此介绍的方法可应用于几乎所有 POF 纤芯和涂复层材料。

一种示例性的 POF 纤芯材料是聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）。ATOFINA Chemicals 公司（900 First Avenue, King of Prussia, PA 19406）生产牌号为“V825NA”的 PMMA 树脂，该树脂是一种优选
10 的纤芯初始材料，因为具有高折射率（1.49），而且在可见光区域表现出小传输损耗。还可以使用具有较高熔融流动速率的树脂，如 ATOFINA 树脂 VLD-100。

其它的示例性 POF 纤芯材料包括聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酯纤维和聚碳酸酯的共聚物、以及其它非晶态聚合物。此外，可以使用
15 半晶状的聚烯烃，如环烯烃共聚物、高分子量的聚丙烯，和高密度高分子量的聚乙烯。

示例性的 POF 涂复层材料包括氟化聚合物，如聚偏二氟乙烯、聚四氟乙烯、六氟代丙烯偏二氟乙烯、以及其它氟烷基丙烯酸甲酯
20 单体基的树脂。涂复层材料必须具有比纤芯聚合物更低的折射率。Dyneon LLC 公司（6744 33rd Street North, Oakdale, MN 55128）生产氟化热塑性塑料 THV220G、THV220A、THV610G 和 THV815G，以及 ATOFINA KYNAR Superflex 2500®的折射率在 1.35 至 1.41 之间，低于 ATOFINA 树脂 V825NA 的折射率。

图 5 是流程图，显示了连续生产具有均匀纤芯截面的大体扁平
25 的塑料光纤的示例性过程。如上所述，纤芯和涂复层挤出机以类似的方式工作，尽管大小可能不同。

在步骤 5010，干净和纯化的 POF 纤芯和涂复层聚合物树脂颗粒（聚合物初始材料，一般由树脂生产商供应）分别送入进料斗/干燥

机系统 200 A & 200 B。干燥机系统 200 A & 200 B 利用压缩空气和加热系统连续地干燥聚合物树脂。干燥机系统 200 A & 200 B 所用的温度一般在 80 至 100° C 之间，优选是 90° C。通过使干燥机系统 200 A & 200 B 工作在 -40° C 的露点下工作，从树脂中将水分除去。

5 干燥机系统 200 A & 200 B 都具有两个串联的凝聚过滤器，用以除去小到 0.01 微米的液态水和油滴微粒。示例性的干燥机系统 200 是 Novatec[™] 压缩空气干燥机（Novatec 公司，222 E. Thomas Ave., Baltimore, Md. 21225, www.novatec.com）。

在步骤 5020，挤出机驱动装置 100 A & 100 B 将干燥的聚合物分别输送到挤出机螺杆/筒体组件 300 A & 300 B，使干燥聚合物熔融。

10 挤出机驱动装置 100 A & 100 B 是专用驱动系统，能够保持每分钟工作转速恒定，可在连续挤出过程中提供稳定的压力。

可以改变挤出机驱动装置 100 A & 100 B 的皮带轮的齿轮比，使驱动装置的电动机能够运行在电动机额定转速 90-100% 的优选速率下。稳定的电动机转速产生稳定的螺杆转速，从而产生了恒定的挤出物压力。使用时各种工作压力下所测得的压力波动小于 2%。因此，挤出机驱动装置 100 A & 100 B 的精确驱动能够更好地控制挤出机，使挤出物具有更好的输送均匀性。

15

在某些实施例中，可以对挤出机螺杆/筒体组件 300 A & 300 B 通风以除去熔融树脂中的挥发性物质。在某些实施例中，挤出机组件的聚合物可以用氮气（或惰性气体）保护或者处于真空环境，以进一步降低树脂杂质和提高熔融物的均匀性。

20

在步骤 5030，挤出机螺杆/筒体组合件 300 A & 300 B 中的进料螺杆分别连续均匀地移动熔融纤芯和涂复层聚合物通过多功能块 350 A & 350 B 和传送/加热块 400 A & 400 B，到达行星齿轮泵 520 A & 520 B。行星齿轮泵 520 A & 520 B 分别由专用的驱动装置 500 A & 500 B 驱动。泵 520 A & 520 B 是有多个出口的单入口泵。在某些实施例中，POF 纤芯和涂复层聚合物的温度单独控制，只在形成 POF 时温

25

度才会合，所以能够同时挤出具有不同温度的纤芯和涂复层聚合物。

在步骤 5040，熔融纤芯和涂复层聚合物以连续均匀的方式移回到其各自的传送/加热块 400 A & 400 B 中。泵 520 A & 520 B 在熔融聚合物分开时加压，将聚合物流体分配到传送块 400 A & 400 B 的独立分配通道中。为了清楚起见，图 4 只是示出了传送/加热块 400 A 内的一个独立通道（即通道 450 A）。类似地，图 4 只是示出了传送/加热块 400 B 内的一个独立通道（即通道 450 B）。

块 400 A & 400 B 中的通道 450 A 和 450 B 分别具有低约束的高聚合物流动速率，从而减少了聚合物熔融体中的剪切生热（以及并发的温度不均匀性）。喷丝头组件 950 中聚合物流的方向可以 90° 增量变化。因此，通过喷丝头组件 950 的挤出可以竖直向上、竖直向下或沿水平方向。加热带 610 A & 610 B 使经过喷丝头组件 950 的熔融聚合物的温度控制（从而粘度控制）更加容易。

在步骤 5050，就在熔融的纤芯和涂复层进入喷丝头面板 700 之前，聚合物整合子组件 850 中的熔融涂复层材料在熔融 POF 纤芯材料周围均匀地流动。喷丝头面板 700 中装有喷丝头插件 800。喷丝头插件 800 使得能够快速改变喷丝头孔径、形状以及销长度-直径比。旋转面加热器 825 控制纤芯和涂复层挤出物在离开喷丝头插件 800 形成 POF1600 时的温度均匀性。对于 ATOFINA 树脂 V825NA 的纤芯和 Dyneon LLC 氟化热塑塑料 THV220G 涂复层，喷丝头面板 700 的温度一般在 250 至 270° C 之间，优选的温度为 262° C。

在步骤 5060，熔融聚合物纤芯和涂复层通过喷丝头面板 700 共挤出。迫使熔融聚合物纤芯通过喷丝头插件 800 中矩形或其它类似形状的开口可形成截面大体扁平的 POF 纤芯。图 6 示出了大体扁平的 POF 纤芯的示例性纤芯截面，包括（a）矩形、（b）带有圆角的矩形、和（c）跑道形椭圆。通过喷丝头插件 800 的开口共挤出围绕熔融纤芯材料流动的熔融涂复聚合物可在大体扁平的 POF 纤芯周围形成涂复层。可以更换喷丝头插件 800 使得能够同时生成不同尺寸

和/或形状的 POF，从而增加了生产系统的多用性。

在某些实施例中，喷丝头面板 700 和喷丝头插件 800 可以用带有狭长切口的面板替代，能够挤出具有均匀厚度的宽的纤芯材料薄片。在某些实施例中，接着可以将片状纤芯材料切成条（比如用激光器或其它切割工具）。纤芯材料条可以用复层材料涂覆，产生大体扁平的 POF。

在某些实施例中，为了提高 POF 纤芯截面的均匀性，步骤 5060 进行的挤出是相对重力沿大体竖直向上的方向进行的。

如果采用竖直向上挤出，在挤出过程开始时，金属杆或其它惰性表面与离开喷丝头插件 800 的 POF1600 接触，然后通过单独产品导向件 1350 向上托起 POF1600 至空转辊 1300，接着到主动辊 1200 上。然后用与水平或竖直向下挤出过程通常采用的相同方式使 POF1600 经过分段空转辊 1400 并通过系统的其余部分。如果同时挤出具有不同尺寸的 POF 流束，空转辊 1400 的各段能够以不同的速度旋转。或者，如果同时挤出相同尺寸的 POF 流束，空转辊 1400 的各段能够以相同的速度旋转。

在步骤 5070，POF1600 以受控方式冷却。在某些实施例中，POF1600 是在两级或三级冷却区系统中进行冷却。

在去掉了 3 级淬冷单元 1000 的两级冷却系统中，1 级淬冷单元 1100 靠近喷丝头表面 700 设置，且一般与离开喷丝头插件 800 的 POF1600 相距 3.5 英寸。1 级淬冷单元 1100 通过将空气吹到纤维上使 POF1600 逐渐冷却。1 级淬冷单元 1100 一般工作在 0 至 30° C 之间，优选的是 20° C。1 级淬冷单元 1100 的风扇一般工作在 0 至 1750 转/分钟之间（对应于测得的空气速度为 0-493 英尺/分钟），优选的风扇转速是 650 转/分钟（96 英尺/分钟）。2 级淬冷单元 1150 一般工作在比 1 级淬冷单元 1100 更低的温度，其工作温度在 0 至 30° C 之间，优选的是 15° C。2 级淬冷单元 1150 的风扇一般工作在 0 至 1750 转/分钟之间（对应于测得的空气速度为 0-573 英尺/分钟），优选的

5 风扇转速是 650 转/分钟（134 英尺/分钟）。2 级淬冷单元 1150 与 1 级淬冷单元 1100 相互交错层叠，使得淬冷单元 1100 和 1150 中的气流方向相反。2 级淬冷单元 1150 一般距离 POF1600 的中心线 2 英寸。这种交错构造方式使得能够更加均匀地施加冷空气到 POF1600 上，从而能够更加均匀地冷却，以防止扁平 POF 产生卷曲。在某些实施例中，淬冷系统被成分立的围绕各 POF 纤丝流束的腔室，能够对单独的 POF 纤丝流束周围的空气温度和空气速度进行个别控制。

10 在某些实施例中，1 级淬冷单元 1100、2 级淬冷单元 1150 和 3 级淬冷单元 1000 直接相互叠置。这种实施例对于圆形光纤是优选的，因为“卷曲”作用不太容易发生。该实施例中的淬冷系统也可以分段，能够对每个 POF 周围的空气温度和气流速度进行单独控制。表 1 和表 2 给出了共挤出纤芯/涂复层的示例性工艺条件，用于生产大体扁平的 POF1600。

表 1

部件	纤芯 (A) 的温度 (° C)	涂复层 (B) 的温度 (° C)
螺杆/筒体组合件 300 区域 1 (靠近干燥机 200 的区域)	190	160
螺杆/筒体组合件 300 区域 2	205	165
螺杆/筒体组合件 300 区域 3	225	175
螺杆/筒体组合件 300 区域 4	225	180
螺杆/筒体组合件 300 区域 5 (最靠近块 350 的区域)	225	225
行星齿轮泵 520 进口	231	220
行星齿轮泵 520 块	221	177
行星齿轮泵 520 出口	251	244
泵加热带 510	240	240
带式加热器 410	225	225
带式加热器 610	247	250

面板 700 进口	262	268
旋转面加热带 825	262	262

表 2

	纤芯 (A)	涂复层 (B)
螺杆/筒体组合件 300 压力设定值 (磅/平方英寸)	1000	1200
行星齿轮泵 520 出口压力(磅/平方英寸)	1242	1252
行星齿轮泵 520 速度 (转/分钟)	18	1.55

6,500 微米宽 x 500 微米厚的 POF 以每分钟 5.8 米生产。

5 在步骤 5080，测量 POF 截面的均匀性。为了测量 POF 纤芯截面的均匀性，可以单独挤出 POF 纤芯并进行测量（即，在进行这些测量时涂复层没有挤出到 POF 纤芯周围）。然而，如表 3 所示，POF 纤芯截面的均匀性基本上与整个 POF（纤芯+涂复层）截面的均匀性相同，因为涂复层厚度（通常为 10-30 微米）比纤芯厚度小很多。在
10 某些实施例中，测量是用激光测微仪 1900 进行。一种示例性激光测微仪 1900 是 Beta LaserMike 直径测量仪（Beta LaserMike 公司，位于 8001 Technology Blvd., Dayton, Ohio 45424, www.betalasermike.com）。在某些实施例中，为了提高 POF 截面的均匀性，激光测微仪 1900 可以是在线自动反馈控制系统的一部分。与激光测微仪 1900
15 结合的自动反馈系统可发出信息，用于控制各 POF 纤丝的伺服电动机系统，从而单独控制各 POF 纤丝的尺寸和操作。

如图 2 所示，在步骤 5090，POF1600 输送至卷绕单元 2000 的 S 缠绕系统 2100 并卷绕到 POF 线轴 2400 上。

20 除了上述步骤之外，在挤出后还可以用各种不同的方法拉拔（即拉伸）POF1600，这些方法包括但不限于：（1）纺丝拉伸；（2）纺丝拉伸及固态拉伸；和（3）连续增量拉伸。

在纺丝拉伸中，POF1600 在共挤出和卷绕到线轴上之后立即拉伸。这种拉伸方法一般可提供出色的涂复层均匀性，而且在涂复层

和 POF 纤芯之间没有相分离。这种拉伸方法通常用于生产具有低分子取向和中等强度的 POF。

在纺丝拉伸及固态拉伸中，POF1600 在共挤出和卷绕到线轴上后立即拉伸。然后在二次工艺过程中将 POF1600 从线轴上去绕并在固态下以大拉伸比进行拉伸。这种拉伸方法通常用于生产高取向高强度的 POF，具有出色的涂复层均匀性。然而，固态拉伸步骤中纤芯和涂复层之间的相分离可能在 POF1600 中产生缺陷。

在连续增量拉伸中，共挤出的 POF1600 通过提高 POF1600 经过的每个辊的线速度连续拉伸。例如，第二辊的线速度将大于第一辊的线速度，POF 于是在第二辊和第一辊之间拉伸。这种增量拉伸过程可在更多辊之间和不同的拉伸温度下重复进行。这种拉伸过程在没有单独的固态拉伸步骤的情况下也可以产生大拉伸比和高分子取向。这种拉伸方法通常用于生产高强度的 POF，具有出色的物理和环境稳定性、出色的截面均匀性、POF1600 的涂复层和纤芯之间没有相分离。

可以制造具有各种宽度和厚度的大体扁平的 POF1600。表 3 示出了带有和不带涂复层的大体扁平的 POF 的示例性尺寸数据，其中包括两种标称厚度-宽度组合，即 0.5 毫米厚乘 6.5 毫米宽，和 0.9 毫米厚乘 40 毫米宽。POF 纤芯截面厚度的标准偏差小于平均 POF 纤芯截面厚度的百分之 1.0。在某些情况下，POF 纤芯截面厚度的标准偏差小于平均 POF 纤芯截面厚度的百分之 0.5。如上面所指出的，POF 纤芯截面的均匀性基本上与整个 POF（纤芯+涂复层）截面的均匀性相同，因为涂复层厚度比纤芯厚度小很多。表 3 中的数据来自沿向上方向连续挤出的样品，纤芯采用 ATOFINA V825NA 树脂，Dyneon 的 THV220G 用作涂复层。

表 3

标称 POF 尺寸(微米)	实际宽度(微米)	实际厚度(微米)
---------------	----------	----------

6,500 宽 x 500 厚 (纤芯上带有涂复层)	平均值: 6,427 标准偏差: 22.2 N=100 个样品	平均值: 524.6 标准偏差: 2.5 最大值: 532.4 最小值: 518.8 范围: 13.6 N=100 个样品
6,500 宽 x 500 厚 (纤芯上不带有涂复层)	平均值: 6,506 标准偏差: 18.4 N=100 个样品	平均值: 507.7 标准偏差: 2.1 最大值: 515.4 最小值: 500.9 范围: 14.5 N=100 个样品
40,000 宽 x 900 厚 (纤芯上带有涂复层)	平均值: 41,341 标准偏差: 61.7 N=117 个样品	平均值: 946.1 标准偏差: 5.4 最大值: 968.7 最小值: 932.7 范围: 36.0 N=116 个样品
40,000 宽 x 900 厚 (纤芯上不带有涂复层)	平均值: 40,116 标准偏差: 74.5 N=101 个样品	平均值: 849.9 标准偏差: 5.5 最大值: 863.2 最小值: 837.0 范围: 26.2 N=100 个样品

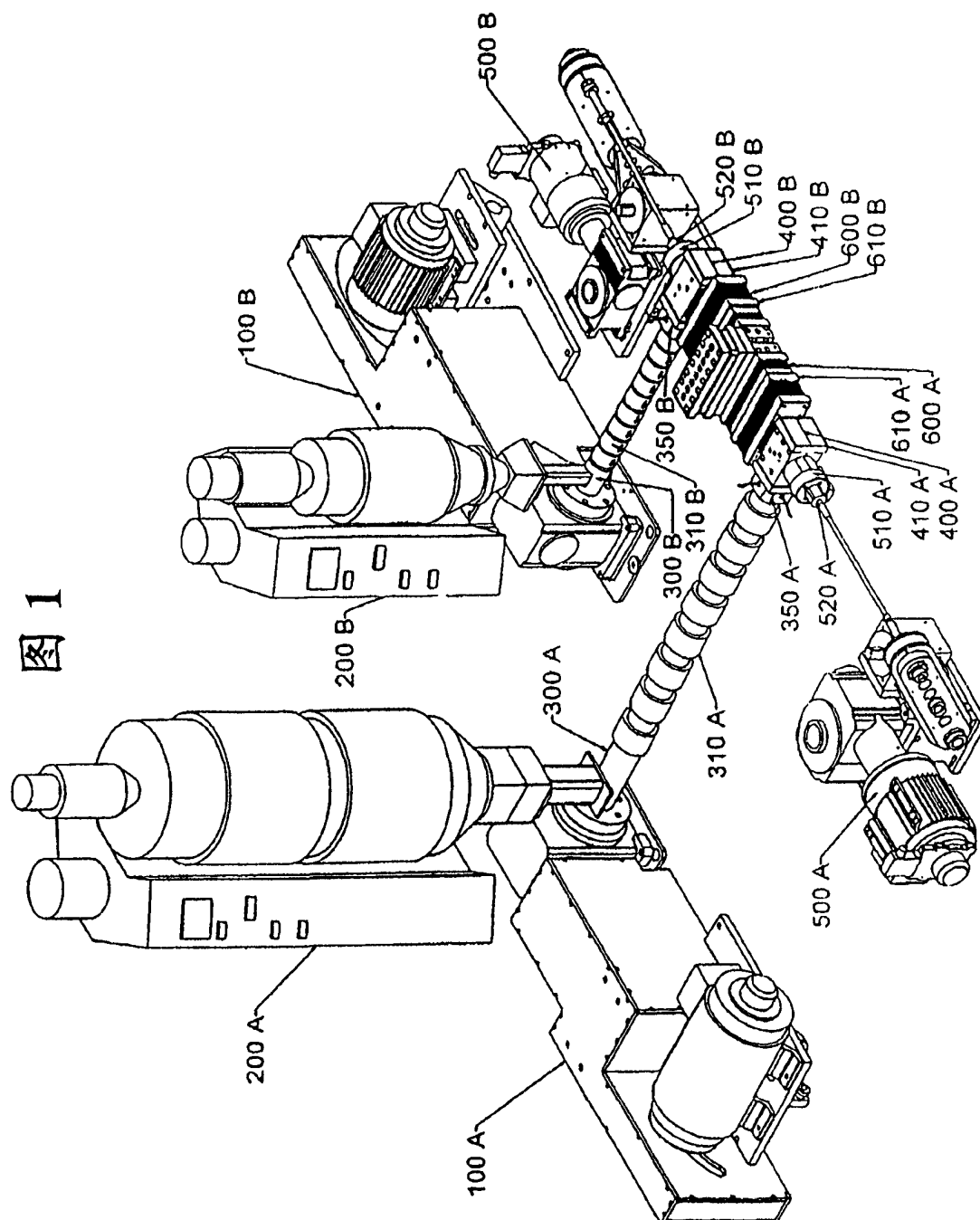
图 7 是流程图，示出了制造照明装置的示例性过程，这种照明装置具有均匀纤芯截面的大体扁平的 POF。

在步骤 7010，在 POF1600 长度方向的一个或多个位置对 POF1600 表面进行处理，以控制光线从 POF1600 的侧面输出的位置以及光线输出量。示例性的表面处理方法包括研磨、蚀刻、压纹、开槽、以及剧烈地弯曲 POF。这些方法的示例在美国专利 4,756,701；

5,136,480; 5,187,765; 5,195,162; 5,312,570; 5,499,912; 6,079,838; 6,289,150; 6,361,180; 6,416,390 以及美国专利申请 2001/0050667 A1 中作了介绍, 本发明引用参考其内容。

5 在步骤 7020, 将光源(如发光二极管、激光二极管、垂直腔表面发射激光器(VCSEL)或白炽灯)光学连接到 POF1600, 形成照明装置。这种连接方法的示例在美国专利 4,756,701; 5,136,480; 5,187,765; 5,195,162; 6,079,838; 6,361,180 和 6,416,390; 以及美国专利申请 2001/0050667 A1 作了介绍。

10 上述各实施例应当认为只是作为对本发明的说明。这些实施例不能认为是无遗漏的, 也不能用来将本发明限定于所公开的具体形式。所属领域的技术人员应当知道在不脱离上述本发明总体精神的情况下可以实施其它修改和变化。因此, 应当认识到本发明是由所附权利要求限定的。



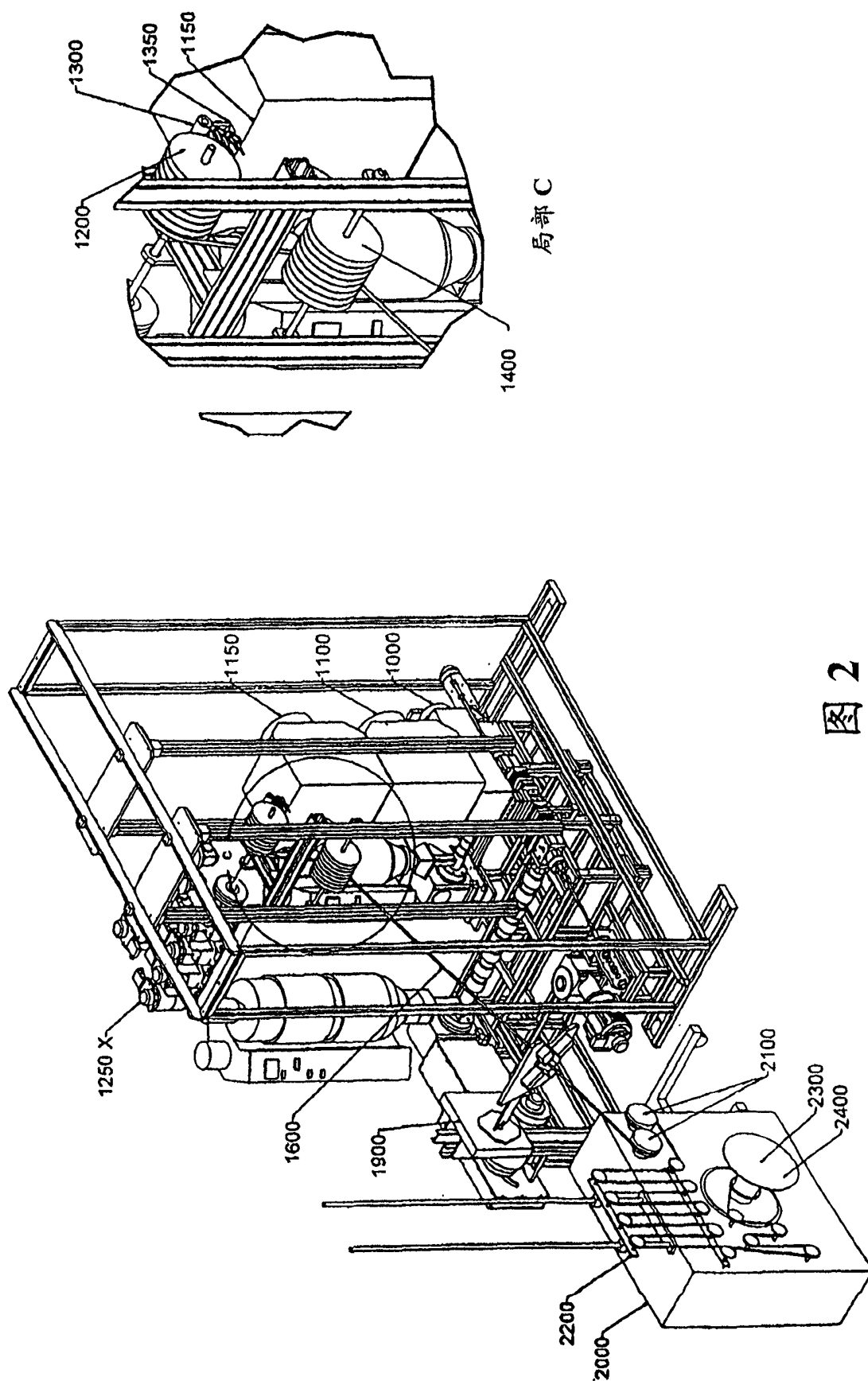


图 2

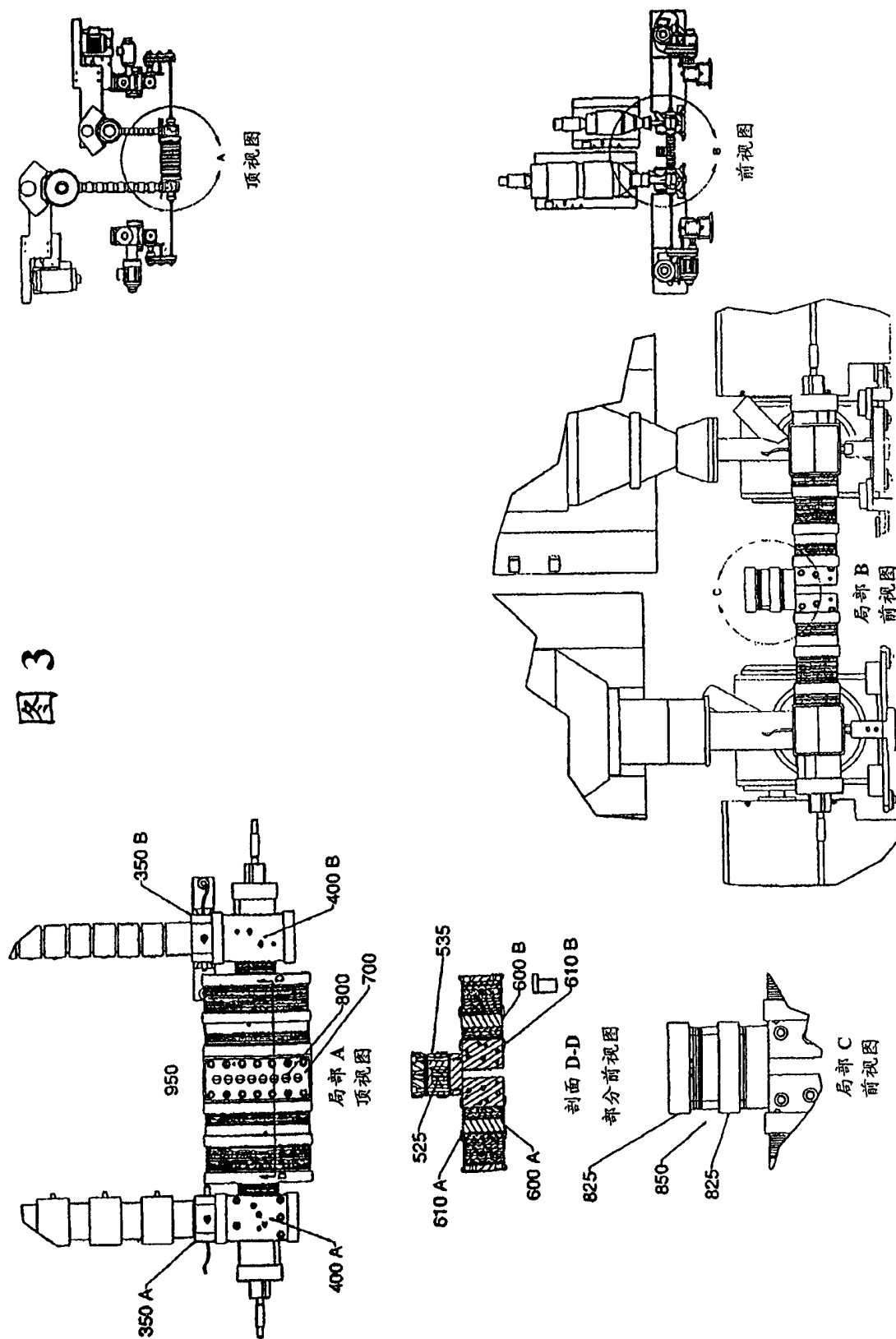


图 3

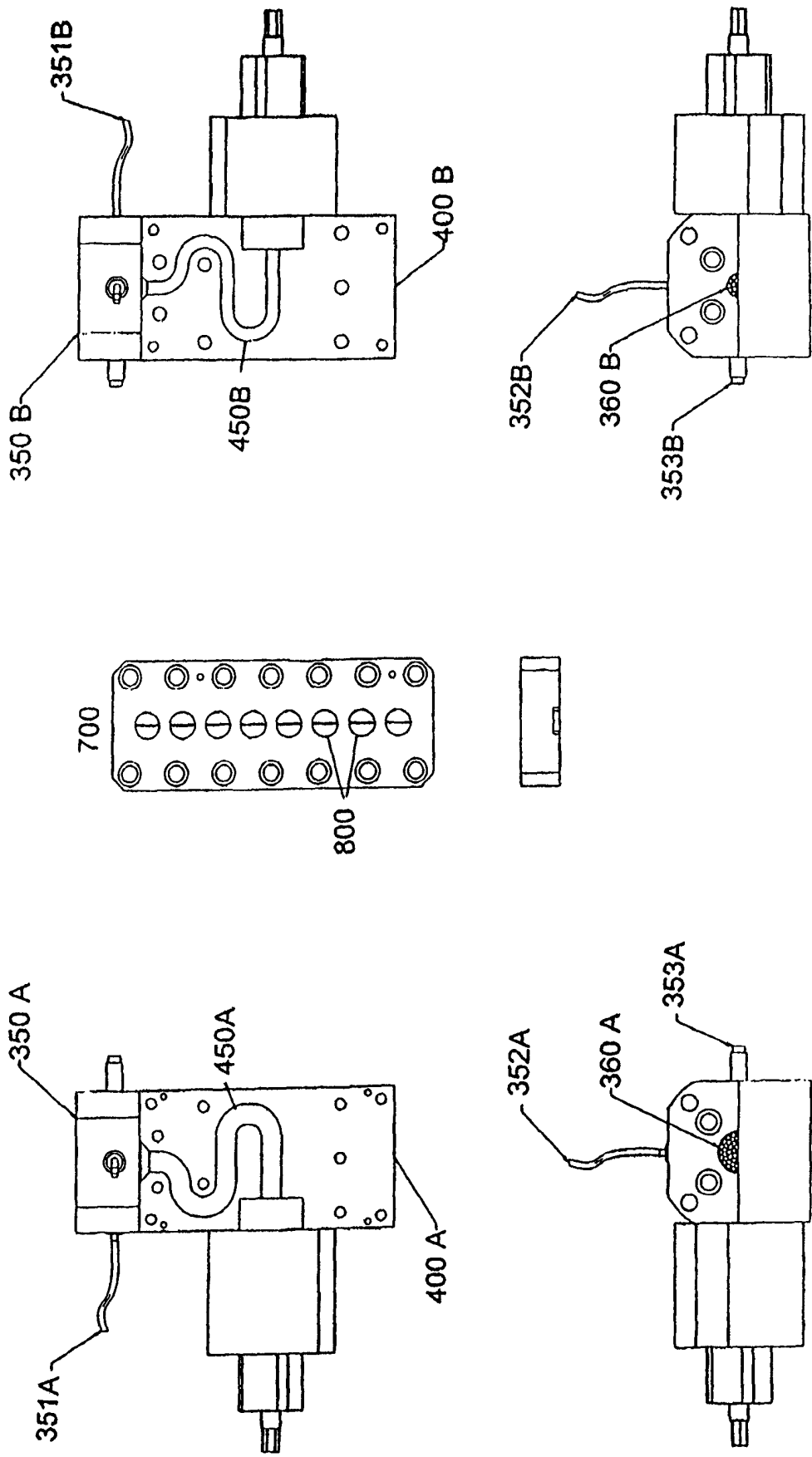


图 4

图 5

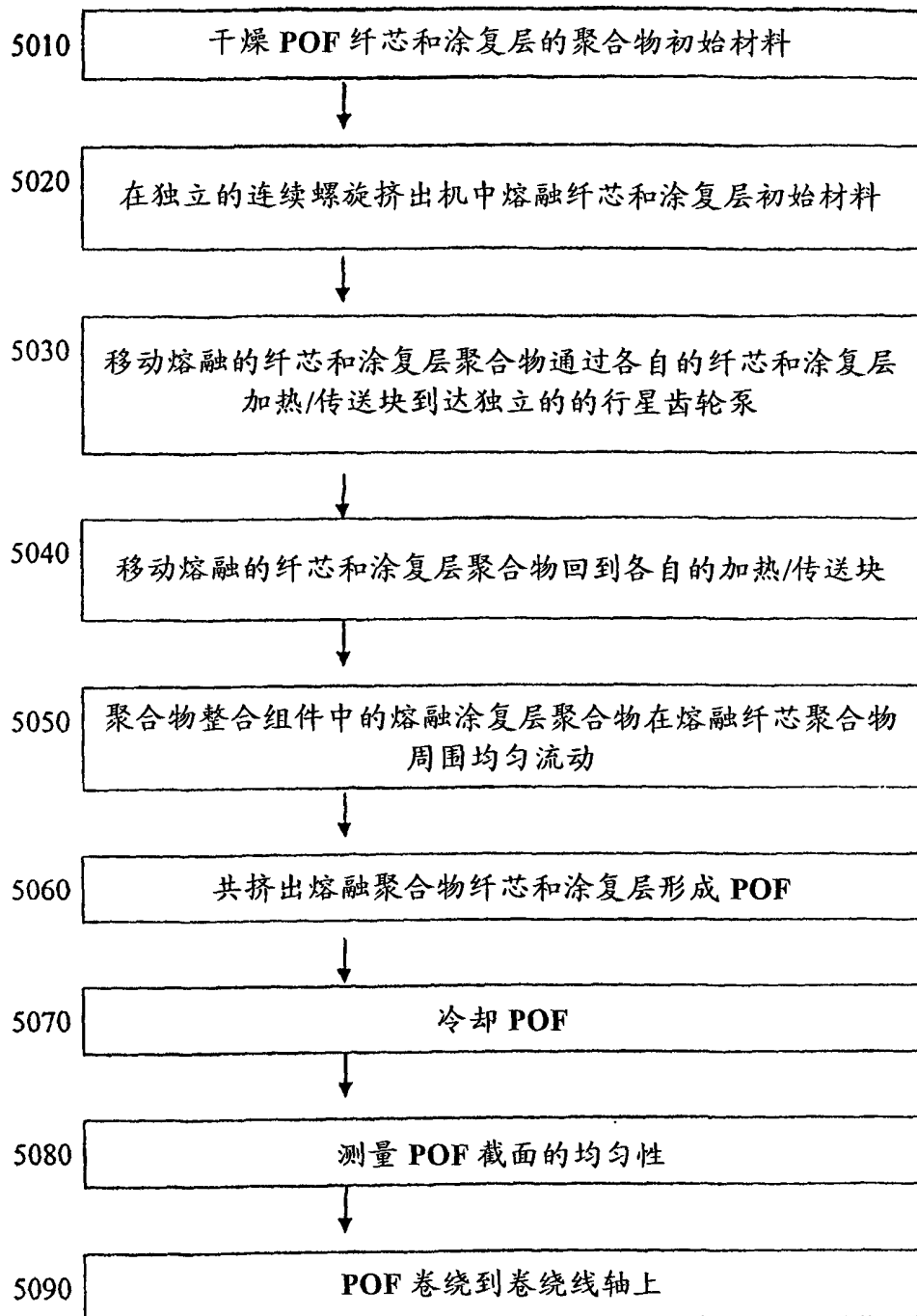


图 6

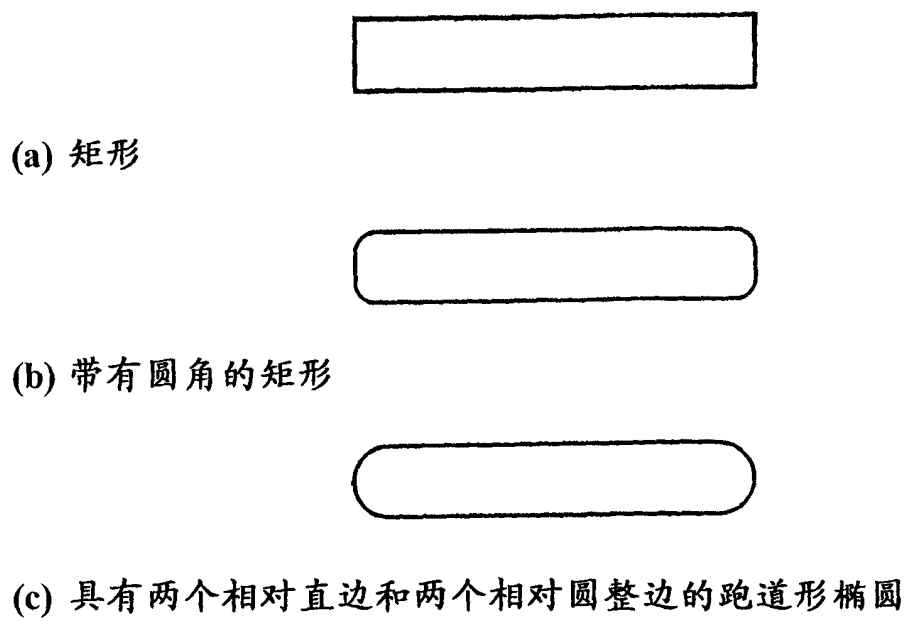


图 7

