(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101341095 B
(45)授权公告日 2012.07.18

(21)申请号 200680039638.X

(22)申请日 2006.09.06

(30)优先权数据
60/713,713 2005.09.06 US

(85)PCT申请进入国家阶段日
2008.04.24

(86)PCT申请的申请数据
PCT/IL2006/001031 2006.09.06

(87)PCT申请的公布数据
WO2007/029244 EN 2007.03.15

(73)专利权人 安特兰德水技术有限公司
地址 以色列贝特施密什

(72)发明人 U·利维 Z·特里贝尔斯基
Y·罗森伯格

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 董敏

(51)Int.Cl.
C02F 1/32(2006.01)

(56)对比文件
US 5124131 A,1992.06.23, 说明书全文.
US 6752971 B2,2004.06.22, 说明书全文.
EP 0893411 B1,2004.04.14, 说明书全文.
US 2005/0173351 A1,2005.04.11, 说明书全文.

审查员 张伟

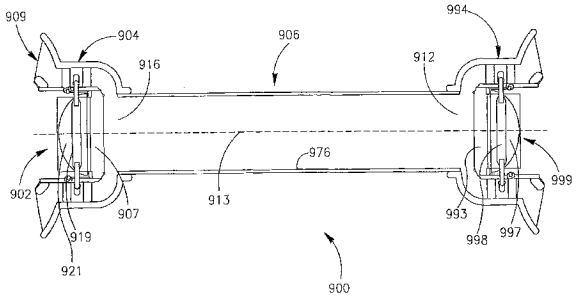
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 21 页

(54)发明名称

照射消毒的方法、装置和系统

(57)摘要

一种用于消毒流动介质(113)的装置(100),包括具有用于接收介质(113)的入口(116)和用于排放介质(113)的出口(118)的导管(106),用于基于悬浮在介质(113)的实体沿从入口(116)到出口(118)的多条预期流动路径(112)的流速预期空间分布在入口(116)处调整介质(113)流动的流动适配器(104),以及至少一个照射源(102),用于通过具有基于自定义光通量空间分布的至少一部分预期流速分布的光照射导管(106)。



CN 101341095 B

1. 一种用于照射消毒液体的设备，包括：

用于输送要消毒的流动介质的导管，所述导管具有接收所述介质的入口和排放所述介质的出口；

一流动适配器，其配置为根据悬浮于所述介质中的实体沿从所述入口到所述出口的多个预期流动路径的流动速度的预期空间分布来调整所述入口处的所述介质的流动；和

至少一个照射源，其利用具有自定义光通量空间分布的光来照射所述导管，所述自定义光通量空间分布至少部分地以流动速度的所述预期空间分布为基础。

2. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述自定义光通量空间分布和流动速度的所述预期空间分布分别导致与所述多个预期流动路径相对应的多个累积照射剂量的预期分布，并且

其中，所述累积照射剂量的平均值与所述累积照射剂量的最小值之间的差值和所述平均值之间的比值小于 0.7。

3. 如权利要求 2 所述的设备，其中，每一所述累积照射剂量包括与所述多个预期流动路径中的一个路径相关的比值和，所述比值和包括由沿着所述预期流动路径的多个位置处的所述自定义光通量产生的预期光强度与所述多个位置处的预期流动速度之间的比值和。

4. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述导管包括细长腔室。

5. 如权利要求 4 所述的设备，其中，所述细长腔室为管状腔室，由与所述细长腔室的旋转轴线相距第一距离处的所述自定义光通量产生的第一预期光强度小于由与所述旋转轴线相距第二距离处的所述自定义光通量产生的第二预期光强度，所述第二距离小于所述第一距离。

6. 如权利要求 4 所述的设备，其中，由与所述细长腔室的内表面相距第一距离处的所述自定义光通量产生的第一预期光强度小于由与所述内表面相距第二距离处的所述自定义光通量产生的第二预期光强度，所述第二距离大于所述第一距离。

7. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述照射源位于所述导管外部。

8. 如权利要求 7 所述的设备，其中，所述导管包括允许来自所述照射源的光进入所述导管的照射窗口。

9. 如权利要求 8 所述的设备，其中，所述窗口的一个或多个光学属性至少部分地以所述自定义光通量空间分布为基础。

10. 如权利要求 9 所述的设备，其中，所述一个或多个光学属性包括处于所述光的光谱范围内的所述窗口的折光率。

11. 如权利要求 8 所述的设备，其中，所述至少一个照射源包括两个或多个照射源。

12. 如权利要求 11 所述的设备，其中，所述两个或多个照射源包括与第二组一个或多个灯基本相对定位的第一组一个或多个灯。

13. 如权利要求 11 所述的设备，其中，所述两个或多个照射源包括靠近所述入口的第一组一个或多个灯，和靠近所述出口的第二组一个或多个灯。

14. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述照射源包括：

配置为产生具有预定分布的光的至少一个灯；和

至少一个反射器，其反射由所述至少一个灯产生的至少一部分光，

其中，具有所述自定义光通量空间分布的光包括由所述灯产生的光和由所述反射器反

射的光的组合。

15. 如权利要求 14 所述的设备，其中，所述反射器的一个或多个部分配置成以所述自定义光通量空间分布的一个或多个局部光通量分布为基础。

16. 如权利要求 14 所述的设备，其中，所述反射器包括椭圆形反射器。

17. 如权利要求 14 所述的设备，其中，所述反射器包括球形反射器。

18. 如权利要求 14 所述的设备，其中，所述灯的形状至少部分地以所述自定义光通量空间分布为基础。

19. 如权利要求 18 所述的设备，其中，所述灯包括环形灯。

20. 如权利要求 18 所述的设备，其中，所述灯包括十字形灯。

21. 如权利要求 14 所述的设备，其中，所述反射器的一个或多个属性至少部分地以所述导管的一个或多个尺寸为基础。

22. 如权利要求 21 所述的设备，其中，所述导管的一个或多个尺寸包括所述导管的内径。

23. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述导管的构造至少部分地以流动速度的所述预期空间分布为基础。

24. 如权利要求 23 所述的设备，其中，所述入口和出口中的至少一个的构造至少部分地以流动速度的所述预期空间分布为基础。

25. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述导管包括石英导管。

26. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述光包括紫外光。

27. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述介质包括液体。

28. 如权利要求 27 所述的设备，其中，所述液体包括水。

29. 如权利要求 1 所述的设备，其中，所述实体包括微生物。

30. 一种对在导管的入口和所述导管的出口之间流动的介质进行照射消毒的方法，所述方法包括：

根据悬浮于所述介质中的实体沿着从所述入口到所述出口的多个预期流动路径的流动速度的预期空间分布来调整所述入口处的所述介质的流动；和

利用具有自定义光通量空间分布的光照射所述导管，所述自定义光通量空间分布至少部分地以流动速度的所述预期空间分布为基础。

31. 如权利要求 30 所述的方法，其中，所述自定义光通量空间分布形成分别与所述多个预期流动路径相对应的多个累积照射剂量的预期分布，并且所述多个累积照射剂量的平均值与所述多个累积照射剂量的最小值之间的差值和所述平均值之间的比值小于 0.7。

32. 如权利要求 31 所述的方法，其中，每一所述累积照射剂量包括与所述多个预期流动路径中的一个路径相关的比值和，所述比值和包括由沿着所述预期流动路径的多个位置处的所述自定义光通量产生的预期光强度与所述多个位置处的预期流动速度之间的比值和。

33. 如权利要求 30 所述的方法，其中，照射所述导管包括照射管状腔室，并且由与所述管状腔室的旋转轴线相距第一距离处的所述自定义光通量产生的第一预期光强度小于由与所述旋转轴线相距第二距离处的所述自定义光通量产生的第二预期光强度，所述第二距离小于所述第一距离。

34. 如权利要求 30 所述的方法，其中，照射所述导管包括照射所述导管使得由与所述导管的内表面相距第一距离处的所述自定义光通量产生的第一预期光强度小于由与所述内表面相距第二距离处的所述自定义光通量产生的第二预期光强度，所述第二距离大于所述第一距离。

35. 如权利要求 30 所述的方法，其中，照射所述导管包括从外部照射所述导管。

36. 如权利要求 35 所述的方法，其中，从外部照射所述导管包括使光通过所述导管的照射窗口。

37. 如权利要求 30 所述的方法，其中，照射所述导管包括 ：

产生具有预定分布的光 ；和

使所产生光的至少一部分发生反射，

其中，具有所述自定义光通量空间分布的光包括所产生的光和所反射的光的组合。

38. 如权利要求 30 所述的方法，其中，所述光包括紫外光。

39. 如权利要求 30 所述的方法，其中，所述介质包括液体。

40. 如权利要求 39 所述的方法，其中，所述液体包括水。

照射消毒的方法、装置和系统

背景技术

[0001] 长期以来，消毒系统，诸如利用光辐射的紫外线液体消毒系统为人们所熟悉。

[0002] 在消毒系统中，如果照射强度和暴露时间高于最小剂量水平（通常以毫焦／平方厘米的单位计），利用紫外灯照射诸如水的液体可使液体中的微生物钝化。

[0003] 理想地，基于紫外线的消毒系统应当构造为使通过系统的每个微生物都受到相同紫外线剂量的照射。现有的消毒系统不具备将类似紫外线剂量有效提供给穿过系统的微生物的能力。

发明内容

[0004] 本发明的一些说明性实施例包括用于照射内部悬浮有实体的介质的装置、系统和／或方法。

[0005] 根据本发明的一些说明性实施例，所述装置可以包括管道以输送要被消毒的流动介质。所述管道可以具有接收介质的入口和排出介质的出口。所述装置还可以包括流动适配器，其配置为根据悬浮于介质中的实体沿从入口到出口的多个预期流动路径的流动速度的预期空间分布来调整入口处的介质流动。所述装置还可以包括至少一个照射源以利用具有自定义光通量空间分布的光照射管道，所述自定义光通量空间分布至少部分地以流动速度的预期分布为基础。

[0006] 根据本发明的一些说明性实施例，自定义光通量分布和流动速度的预期空间分布可以产生分别与多个流动路径相对应的多个累积照射剂量的预期分布。累积照射剂量的平均值与最小累积照射剂量之间的差值和平均累积照射剂量的比值例如可以小于0.7。

[0007] 根据本发明的一些说明性实施例，每一累积照射剂量可以包括与所述多个路径中的一条路径相关的比值和。所述比值和可以包括在沿路径的多个位置处由自定义光通量产生的预期光强度和所述多个位置处的预期流动速度之间的比值和。

[0008] 根据本发明的一些说明性实施例，导管可以包括细长腔室。在一个实例中，所述腔室可以包括管状腔室。由与所述腔室的旋转轴线相距第一距离处的自定义光通量产生的第一预期光强度小于由与所述旋转轴线相距第二距离处的自定义光通量产生的第二预期光强度，所述第二距离小于所述第一距离。在另一实例中，由与所述腔室的内表面相距第一距离处的自定义光通量产生的第一预期光强度可以小于与所述内表面相距第二距离处的自定义光通量产生的第二预期光强度，所述第二距离大于所述第一距离。

[0009] 根据本发明的一些说明性实施例，照射源可以位于导管外部。

[0010] 根据本发明的一些说明性实施例，导管可以包括允许光从照射源进入该导管的照射窗口。

[0011] 根据本发明的一些说明性实施例，所述窗口的一种或多种光学属性可以至少部分地以自定义光通量分布为基础。

[0012] 根据本发明的一些说明性实施例，一种或多种光学属性可以包括处于所述光的光谱中的窗口的折光率。

[0013] 根据本发明的一些说明性实施例，所述至少一个照射源可以包括两个或多个照射源。

[0014] 根据本发明的一些说明性实施例，两个或多个照射源可以包括与第二组一个或多个灯基本相对定位的第一组一个或多个灯。

[0015] 根据本发明的一些说明性实施例，两个或多个照射源可以包括靠近入口的第一组一个或多个灯，和靠近出口的第二组一个或多个灯。

[0016] 根据本发明的一些说明性实施例，所述照射源可以包括：配置为产生具有预定分布的光的至少一个灯；和使由所述至少一个灯产生的至少一部分光发生反射的至少一个反射器。具有自定义光通量分布的光可以包括由所述灯产生的光和由所述反射器反射的光的组合。

[0017] 根据本发明的一些说明性实施例，所述反射器的一个或多个部分可以根据所述自定义光通量分布的一个或多个局部光通量分布进行构造。

[0018] 根据本发明的一些说明性实施例，反射器可以包括椭圆形反射器。

[0019] 根据本发明的一些说明性实施例，反射器可以包括球形反射器。

[0020] 根据本发明的一些说明性实施例，所述灯的形状可以至少部分地以自定义光通量分布为基础。例如，所述灯可以包括环形灯或十字形灯。

[0021] 根据本发明的一些说明性实施例，反射器的一种或多种属性可以至少部分地以导管的一个或多个尺寸为基础。例如，所述导管的一个或多个尺寸可以包括导管内径。

[0022] 根据本发明的一些说明性实施例，导管构造可以至少部分地以流动速度的预期分布为基础。例如，所述入口和出口中至少一个的构造可以至少部分地以流动速度的预期分布为基础。

[0023] 根据本发明的一些说明性实施例，导管可以包括石英导管。

[0024] 根据本发明的一些说明性实施例，所述光可以包括紫外光。

[0025] 根据本发明的一些说明性实施例，所述介质可以包括液体，例如水。

[0026] 根据本发明的一些说明性实施例，所述实体可以包括微生物。

附图说明

[0027] 本发明的主题在说明书的结尾部分特别指出并清楚主张。但是，当参照附图阅读下列详细说明时可以更好的理解本发明的操作构成和方法，以及其目标、特征和优点。

[0028] 图 1 显示了根据本发明的一些说明性实施例的照射消毒器的概念性示意图；

[0029] 图 2 是根据本发明的一个说明性实施例的照射剂量分布函数的示意图；

[0030] 图 3 是由图 2 所示照射剂量分布函数产生的对数钝化对轨迹平均剂量的第一、第二和第三曲线的示意图；

[0031] 图 4 是由图 2 所示照射剂量分布函数产生的轨迹均匀系数对轨迹平均剂量的示意性图表；

[0032] 图 5 是根据本发明的说明性实施例的第一和第二高斯型剂量分布曲线的示意性图表；

[0033] 图 6 是根据本发明另一说明性实施例的第一和第二高斯型剂量分布曲线的示意性图表；

[0034] 图 7 是与图 5 和 6 所示分布曲线相对应的轨迹均匀系数对轨迹平均剂量的示意性图表；

[0035] 图 8 是与图 5 和 6 所示分布曲线相对应的杀伤率对轨迹平均剂量的示意性图表；

[0036] 图 9 是根据本发明的一些说明性实施例的包括外部照射源的消毒器的示意图；

[0037] 图 10 是根据本发明的一些说明性实施例的第一速度分布和第二速度分布中速度对与腔室旋转轴线相距距离的示意性图表；

[0038] 图 11 是根据本发明的一些说明性实施例的窗口的示意图；

[0039] 图 12 是根据本发明的一些说明性实施例的椭圆形反射器的示意图；

[0040] 图 13 是根据本发明的一些说明性实施例的球形反射器的示意图；

[0041] 图 14 是由根据本发明的一个说明性实施例的反射器、灯和窗口产生的自定义光通量分布的计算机模拟的示意图；

[0042] 图 15A 和 15B 分别是第一和第二分布柱状图的示意图，每个柱状图描绘了分别根据本发明的第一和第二实施例的光强度对腔室入口处的光线轴角；

[0043] 图 16 是根据本发明的一些说明性实施例的凹槽状反射器的示意图；

[0044] 图 17A 是根据本发明的一些说明性实施例的环形灯的示意图；

[0045] 图 17B 是根据本发明的一些说明性实施例的十字形灯的示意图；

[0046] 图 18A、18B 和 18C 分别为根据本发明的第一说明性实施例的腔室内第一光通量分布的三个横截面的示意图；

[0047] 图 19A、19B 和 19C 分别为根据本发明的第二说明性实施例的腔室内第二光通量分布的三个横截面的示意图；

[0048] 图 20A、20B 和 20C 分别为根据本发明的第三说明性实施例的腔室内第三光通量分布的三个横截面的示意图；

[0049] 图 21A、21B 和 21C 分别为根据本发明的第四说明性实施例的腔室内第四光通量分布的三个横截面的示意图；

[0050] 图 22A、22B 和 22C 分别为根据本发明的第五说明性实施例的腔室内第五光通量分布的三个横截面的示意图；以及

[0051] 图 23A 和 23B 分别为根据本发明的说明性实施例的腔室内流动速度的预期分布的两个横截面的示意图。

[0052] 应当理解，为简单、清楚起见，附图中所示元件不必精确或按比例绘制。例如，为清楚起见，一些元件的尺寸可以相对于其他元件或包括在一个功能块或元件中的若干个物理部件进行放大。另外，在适当的情况下，参考数字在附图中可以重复使用以指示相应或类似的元件。而且，附图中描绘的一些块可以组合成单个功能。

具体实施方式

[0053] 在下列详细说明中，为了彻底了解本发明而阐述了许多细节。但是，本领域的普通技术人员应当理解，本发明可以在没有这些细节的情况下实施。在其它情况下，可以不对众所周知的方法、步骤、部件和电路进行详细描述以免使本发明变得不明显。

[0054] 除非特别说明，否则，如下列讨论所表现的，应当认识到，在整个说明书中使用诸如″处理″、″计算″、″推算″、″确定″等的术语是指电脑或计算系统，或类似的电

子计算机的动作和/或过程，它们将表示为计算系统寄存器和/或存储器内的物理（例如电子）量的数据处理和/或转换成类似地表示为计算系统存储器、寄存器或其它此类信息存储器、传送或显示装置中的物理量的其它数据。此外，术语"多个"在整个说明书中表示两个或多个部件、装置、元件、参数等。

[0055] 本发明的一些说明性实施例包括照射内部悬浮有实体的介质的装置、系统和/或方法，例如用于给所述介质消毒，如下文详细描述的那样。

[0056] 应当理解，在此使用的术语"介质"可以表示例如包括水或空气在内的例如可用于消毒的任何物质和/或物体。介质可以处于任何适当的热力学状态，例如液体。

[0057] 应当理解，在此使用的术语"实体"可以表示任何有机物、细菌、微生物、生物、动物、微生物、病菌、病毒、器质性污染物、非器质性污染物、毒剂或污染物；生物或化学源的任何累积毒性物种；用于氧化污染物的任何氧化颗粒、碎片或元素，例如过氧化氢或二氧化钛；和/或类似物。应当理解，在此使用的短语"悬浮在介质中的实体"可以表示可以悬浮、包含或混合在介质中；和/或由介质携带的任何实体。

[0058] 在本发明的一些说明性实施例中，装置可以包括输送介质的例如腔室的导管，所述腔室例如为细长腔室。所述管道可以具有接收介质的入口和排出介质的出口。所述装置还可以包括照射源，从而利用具有与多个光轨迹相对应的自定义光通量空间分布的光照射导管，所述光轨迹分别具有多个光轨迹长度，例如下文详细描述的那样。

[0059] 在本发明的一些说明性实施例中，自定义光通量分布可以至少部分地以悬浮于介质中的实体沿着从入口到出口的多条预期流动轨迹的预期流速分布为基础，例如下文详细描述的那样。

[0060] 应当理解，在此使用的术语"流动轨迹"可以表示两个或多个位置之间的路线、路径、途径、踪迹和/或轨迹。例如，悬浮于介质中的一个或多个实体可以沿位于第一位置（例如，导管入口）和第二位置（例如，导管出口）之间的一条或多条流动轨迹移动。应当理解，在此使用的短语"预期流动轨迹"可以指确定的、计算的、推算的、模拟的、模型的、估算的、预期的、估量的、指定的和/或计划的流动轨迹。

[0061] 应当理解，在此使用的短语"实体沿多个预期流动轨迹的预期流速分布"可以指实体沿着预期流动轨迹的确定的、推算的、计算的、模拟的、模型的、估算的、预期的、估量的、计划的和/或指定的流速分布、函数和/或曲线，例如概率分布、函数和/或曲线。

[0062] 在本发明的一些说明性实施例中，装置可以至少部分地去除（例如大部分或者甚至全部）悬浮于介质中的实体。在本发明的一些实施例中，装置可以激活悬浮在介质中的大部分或者甚至全部氧化颗粒。

[0063] 例如如下所述的本发明的一些说明性实施例可以涉及利用紫外光（UV）照射介质，例如使介质消毒和/或氧化介质中的颗粒。但是，本领域的技术人员应当认识到，在本发明的其它实施例中，可以使用具有任何其它适当光谱的光。

[0064] 例如下文所述的本发明的一些说明性实施例可以涉及照射水或水基介质，例如糖浆。但是，本领域的技术人员应当认识到，在本发明的其它实施例中，可以照射任何其它适当的介质，例如空气。

[0065] 现在参见图1，其从概念上图解说明了根据本发明的一些说明性实施例的照射消毒器100。

[0066] 根据本发明的一些说明性实施例，消毒器 100 可以包括管道 106 以输送要被消毒的流动介质。管道 106 可以具有接收介质的入口 116 和排出介质的出口 118。

[0067] 根据本发明的一些说明性实施例，消毒器 100 还可以包括流动适配器 104，其配置为根据悬浮于介质中的实体沿多个预期流动轨迹 112 的预期流速分布调整例如入口 116 处的介质流动，例如下文详细描述的那样。多个流动轨迹 112 可以包括例如从入口 116 到出口 118 的 J 条流动轨迹。

[0068] 根据本发明的一些说明性实施例，消毒器 100 还可以包括照射源 102，从而利用具有自定义光通量空间分布的光照射导管 106，所述自定义光通量空间分布表示为 $\Phi(x, y, z)$，其中，x，y，z 表示导管 106 内的位置坐标。空间分布 $\Phi(x, y, z)$ 可以至少部分地以流动速度的预期空间分布为基础，例如下文详细描述的那样。但是本发明不局限于这个方面，照射源 102 可以产生具有适当紫外线光谱的紫外光。例如，照射源可以包括一个或多个 UV 灯，例如，中压 UV 灯、高压 UV 灯和 / 或微波 UV 灯，如本领域中已知的那样。照射源 102 可以位于导管 106 外部，例如下文所述。

[0069] 根据本发明的一些说明性实施例，通过轨迹 112 中的第 i 条轨迹 113($i = 1...J$) 穿过导管 106 的实体可以积聚由自定义光通量分布产生的照射剂量。例如，累积照射剂量可以用流能 (fluency)，例如能量 / 面积表示。实体积聚的照射剂量可以取决于实体、导管 106 和 / 或照射源 102 的一个或多个属性。例如，由实体积聚的照射剂量可以取决于光通量分布 $\Phi(x,y,z)$ 与实体沿轨迹 113 的速度之间的关系，如下文详细描述的那样。因此，由穿过导管 106 的实体积聚的照射剂量分布（" 累积照射剂量分布 " ）可以与流动轨迹 112 的一个或多个属性相关。例如，沿不同轨迹流动的实体可以积聚不同的照射剂量，例如下文所述。

[0070] 本领域的普通技术人员应当认识到，沿轨迹 113 流动的实体的钝化概率（" 杀伤概率 " ）可以与实体积聚的照射剂量相关。照射剂量越大，导致的杀伤概率越高。因此，消毒器 100 的钝化率可以取决于累积照射剂量分布。

[0071] 根据本发明的一些说明性实施例，消毒器 100 的一个或多个性能属性，例如消毒器 100 的总对数钝化率（" 杀伤率 " ）会受到导管 106 内累积照射剂量分布的影响。例如，消毒器 100 的性能属性可能受到一个或多个低照射剂量流动轨迹的影响。因此，窄的照射剂量分布会使消毒器 100 具有更好的消毒能力。因此，人们希望根据希望的（例如，较窄的）照射剂量分布构造流动适配器 104、照射源 102 和 / 或导管 106，如下文详细描述的那样。

[0072] 根据本发明的一些说明性实施例，在入口 116 处进入导管 106 的介质可以包括每单位体积 m_v 个实体。为简单起见，假定实体在入口 116 处的分布为基本空间均匀的。但是，本发明不限于这个方面，本领域的普通技术人员应当认识到，本发明的其它实施例可以实现实体的不均匀 (differential) 分布。

[0073] 但是本发明不限于这个方面，可以假定实体速度等于携带实体的介质沿轨迹 112 的速度，即，可以假定基本没有相对阻力和 / 或基本没有不均匀的阻碍。

[0074] 根据本发明的一些说明性实施例，入口 116（未显示）的区域 A 可以分成多个横截面单元。例如，区域 A 可以分成 J 个相等的单元，每个单元具有尺寸 $\Delta A = A/J$。轨迹 113 可以具有特征长度 l_i 和特征经过时间 T_i，轨迹 113 的实体在所述经过时间 T_i 从入口 116 移

动到出口 118。

[0075] 根据本发明的一些说明性实施例，可以假定第 i 条单元的尺寸沿轨迹 113 保持基本恒定，例如这是因为可以假定介质体积的横截面积可以沿从入口 116 到出口 118 的轨迹保持基本恒定。但是，本领域的普通技术人员应当认识到本发明不限于这个方面，本发明的其它实施例可以涉及任何其它适当的单元布置，例如，具有包括特定介质质量的单元，或者包括特定实体数量的单元。例如，这些其它实施例可以涉及介质体积的横截面积沿轨迹变化（例如，如果入口 116 和出口 118 具有不同横截面积）的消毒器。

[0076] 根据本发明的一些说明性实施例，在时间间隔 T 内沿轨迹 i 通过导管 106 的实体总数 M_i 可以确定如下：

[0077] $$M_i = m_v \cdot (\Delta A) \cdot T \cdot \frac{l_i}{T_i} \equiv m_v \cdot (\Delta A) \cdot T \cdot V_i \qquad (1)$$

[0078] 其中，V_i 表示沿第 i 条轨迹穿过反应器的平均速度。

[0079] 根据本发明的一些说明性实施例，时间 T 内穿过导管 106 的实体总数 $N_{M-总数}$ 可以确定如下：

[0080]

$$N_{M-总数} = \sum_1^J M_i = m_v \cdot (\Delta A) \cdot T \cdot \sum_1^J \frac{l_i}{T_i} = m_v \cdot (\Delta A) \cdot T \cdot \sum_1^J V_i$$

[0081] 可选地，例如，数量 $N_{M-总数}$ 可以根据穿过导管的介质通过量 Q（例如单位为体积 / 时间）确定如下：

[0082] $N_{M-总数} = m_v \cdot Q \cdot T$ (3)

[0083] 例如，轨迹 112 的平均穿过速度 $V_{平均}$ 可以确定如下：

[0084]

$$V_{平均} = \frac{1}{J} \cdot \sum_1^J \frac{l_i}{T_i} = \frac{1}{J} \cdot \sum_1^J V_i \qquad (4)$$

[0085] 假定实体速度基本等于介质速度，通过量 Q 可以确定如下：

[0086] $Q = A \cdot V_{平均}$ (5)

[0087] 应当理解，通过将公式 4 和 5 代入公式 3 可以导出公式 2。

[0088] 与公式 1 和 / 或 2 相关，应当理解，流动轨迹 112 可以由相应的平均速度 V_i 衡量，例如，因为与具有较小值 V_i^2 的 " 较慢 " 轨迹相比，具有较大值 V_i^1 的 " 较快 " 轨迹可以输送较多的实体穿过导管 106。

[0089] 在本发明的一些说明性实施例中，例如，如这里所描述的，导管 106 内部的紊流影响可以忽略不计。但是，本领域的普通技术人员应当认识到，本发明不限于这个方面，并且这里描述的本发明的实施例可以改变以将紊流考虑在内，所述紊流例如可以影响照射剂量分布。举例来说，应当理解，例如如果通过导管 106 的流动以较高的雷诺数为特征，照射剂量分布可以很窄。

[0090] 根据本发明的一些说明性实施例，沿轨迹 113 移动的实体可以 " 积聚 " 表示为 $Dose(track_i)$ 的照射剂量，其以能量 / 面积表示。轨迹 i 的积聚照射剂量可以包括与轨迹 i 相对应的累积光 - 速比，并且包括与轨迹 i 有关的比值和。所述比值和可以包括在沿路径的多个位置处由自定义光通量产生的预期光强度和所述多个位置处的预期流速之间的比

值和。例如，累积照射剂量可以确定如下：

[0091] $$Dose(track_i)=\int_{track-i}\Phi(x,y,z)\cdot dt=\int_{track-i}\frac{\Phi(x,y,z)}{|V_l(x,y,z)|}\cdot dl \quad (6)$$

[0092] 其中，dt 表示穿过轨迹长度增量 dl 所需的时间；

[0093] $|V_1(x,y,z)|$ 表示位置 (x，y，z) 处实体的速度值。

[0094] 但是本发明不局限于这个方面，根据本发明的一些说明性实施例，通过使用复杂的射线追踪算法并计算到达特定点的射线总数可以估算导管 106 内特定点处的光分布通量，例如，如下文参照图 18A-22C 所描述的那样。例如，光分布通量可以取决于导管 106 的构造、光源 102 的构造和 / 或介质的一个或多个属性（例如，透光度），如下文详细描述的那样。

[0095] 但是本发明不限于这个方面，根据本发明的一些说明性实施例，举例来说，通过使用任何适当的计算流体动力学 (CFD) 方法和 / 或算法可以估算速度 $|V_1(x,y,z)|$，例如假定实体以基本等于介质速度的速度由介质″被动″输送，如下文所述。

[0096] 参照公式 1，例如，与第 i 条轨迹相关的长度 l_i 和 / 或经过时间 T_i 可以估算如下：

[0097] $$l_i=\int_{轨迹-i}dl$$

[0098] $$T_i=\int_{轨迹-i}\frac{dl}{|V_l(x,y,z)|} \quad (7)$$

[0099] 例如柱状图形式的剂量分布函数可以表示例如每单位时间内穿过导管 106 的实体数量，其在例如与单位时间内穿过导管 106 的实体总数相关的预定照射剂量″窗口″内积聚特定照射剂量值。

[0100] 根据本发明的一些说明性实施例，正态化剂量分布函数 u(D) 可按 1/ 剂量计算，例如，面积 / 能量。例如，函数 u(D) 可确定如下：

[0101] $$u(D)=\frac{N_M(D)}{\int_{D_{min}}^{D_{max}}N_M(D)\cdot dD} \quad (8)$$

[0102] 其中，$N_M(D)$ 表示通过照射剂量为 D 到 D+dD 之间的轨迹的实体数量；D_{min} 表示沿轨迹 112 的最小照射剂量；D_{max} 表示沿轨迹 112 的最大照射剂量；并且，其中 u(D) 满足下列公式：

[0103] $$\int_{D_{min}}^{D_{max}}u(D)\cdot dD=1 \quad (9)$$

[0104] 根据本发明的一些说明性实施例，出口 118 处的″存活″实体数量 N_M 可以确定如下，例如，假定实体的指数衰减率响应于由照射源 102 产生的光产生的照射剂量：

[0105] $$N_M=N_{M-total}\cdot\int_{D_{min}}^{D_{max}}u(D)\cdot e^{-\alpha\cdot D/D_{1log}}dD \quad (10)$$

[0106] 其中，a 表示预定常数，例如，a ＝ ln(10) ＝ 2.3；并且其中，D1log 表示完成实体的 1- 对数钝化所需的照射剂量。

[0107] 对于″ Δ ″剂量分布函数而言，公式 10 可以表示对数钝化对 UV 剂量平面中的直

线。其它的剂量分布函数可以具有次线性 (sub-linear) 对数钝化对 UV 剂量曲线，即，在高照射剂量值下″向下弯曲″的曲线，例如下文所述。这种次线性曲线可以称作″肩状残存曲线″。

[0108] 在本发明的一些说明性实施例中，例如这里所描述的，可以假定流过导管的所有实体具有单一抗性，即，为杀死 / 消除所有实体需要基本相同的累积照射剂量。但是，本发明不限于这个方面，本领域的普通技术人员应当认识到，本发明的其它实施例可以实现实体的多种抗性。

[0109] 轨迹平均剂量可以定义如下：

[0110] $$D_{av} = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D \cdot u(D) \cdot dD \qquad (11)$$

[0111] 计算的等效剂量 D_{eq} 可以定义为根据公式 10 实现存活实体数目 N_M 所需的照射剂量，例如，假定所有轨迹 112 具有单剂量值（″ Δ- 函数″分布）。例如，剂量 D_{eq} 可以确定如下：

[0112] $$D_{eq} = -\frac{D_{1\log} \cdot \ln[N_M / N_{M-total}]}{a} \qquad (12)$$

[0113] 根据本发明的一些说明性实施例，轨迹均匀系数 U_f 可以定义如下：

[0114] $$Uf \equiv \frac{D_{eq}}{D_{av}} \qquad (13)$$

[0115] 应当理解，计算等效剂量可以等于或小于轨迹平均剂量，即，$D_{eq} \leqslant D_{av}$。例如，对于 Δ 剂量分布函数来说，计算等效剂量可以等于轨迹平均剂量，即，单个照射剂量值由每一轨迹处的实体累积。因此，轨迹均匀系数可以满足：

[0116] $0 \leqslant Uf \leqslant 1$ (14)

[0117] U_f 值可以表示消毒器 100 的效率水平，例如，低 U_f 值可以表示消毒器 100 的低效水平。

[0118] 公式 13 可以重新调整如下：

[0119] $D_{eq} = Uf \cdot D_{av}$ (15)

[0120] 因此，等效剂量可以根据轨迹均匀系数和轨迹平均剂量，例如使用公式 15 进行计算。

[0121] 下文是涉及根据本发明的一些说明性实施例的照射剂量分布函数的实例。应当注意，这些实例中使用的照射剂量分布函数不用于将本发明的范围限制到任何特定的消毒器构造和 / 或照射剂量分布函数。

[0122] 根据第一实例，照射剂量分布函数可以包括三个剂量区域。例如，轨迹 112 可以分成三组，即，低剂量组、中剂量组和高剂量组。根据该实例，在时间 T 内，总数为一百万的实体可以穿过导管 106。如图 2 所示和下表总结的那样，低剂量组可以包括百分之一实体，其可以积聚特定照射剂量值的 0.5，例如，$0.5*D_{1\log}$；中剂量组可以包括百分之二十五的实体，其可以积聚 1.5 倍的特定照射剂量值，例如，$1.5*D_{1\log}$；高剂量组可以包括百分之七十四的实体，其可以积聚 3 倍的特定照射剂量值，例如，$3*D_{1\log}$，其中，例如，$D_{1\log} = 5mJ/cm^2$。

[0123]

	低剂量组	中剂量组	高剂量组
组内微生物的相对数量	1/100	25/100	74/100
相对剂量	0.5	1.5	3

[0124] 表 1

[0125] 图 3 示意性显示了描绘分别由总数、高剂量组和低剂量组产生的对数钝化（杀伤率）对轨迹平均剂量的第一、第二和第三曲线 304、302 和 306。如图 3 所示，在非常低的轨迹平均剂量水平下，杀伤率由高剂量组中实体的杀伤率（曲线 302）控制。通过使轨迹平均剂量例如从大约 15mJ/cm^2 增大到大约 50mJ/cm^2，可以将杀伤率例如从 2-log 增大到 4-log。例如，通过增大照射源 102 的光输出功率（图 1）、减小通过导管 106 的介质流速（图 1）和 / 或使介质具有较高质量，可以增大轨迹平均剂量，如下所述。

[0126] 还是如图 3 所示，当轨迹平均剂量水平增大时，杀伤率通常由低剂量组中实体的杀伤率（曲线 306）控制，例如这是因为高剂量组中的大部分实体已经钝化（" 死亡 "）。如图 3 进一步显示的，例如由于剂量分布的剂量 / 轨迹不均匀性，轨迹平均剂量的增大可以导致对数钝化中次线性的增大。

[0127] 图 4 示意性显示了描绘由图 2 所示照射剂量分布函数产生的轨迹均匀系数对轨道平均剂量的图表。如图 4 所示，当剂量值从大约 0 增大到大约 80 时，U_f 值可以从大约 1 减小到大约 0.3。

[0128] 根据另一实施例，照射剂量分布可以包括截短高斯分布，例如可以表示如下：

[0129]

$$u_G(D)=\begin{cases}\dfrac{A_0}{\sigma_D\cdot sqrt(2\cdot\pi)}\cdot e^{-(D-\mu)^2/2\cdot\sigma_D^2}; D_{\min}\le D\le D_{\max}\\ 0;\text{其它}\end{cases} \quad \textbf{(16A)}$$

[0130] 其中，D_{min} 表示剂量分布中的最低剂量值；D_{man} 表示剂量分布中的最高剂量值；σ_D 表示高斯分布的宽度；μ 表示高斯分布的中心；A_0 表示正态化常量，例如，使得 $u_G(D)$ 满足公式 9。

[0131] 应当注意，如果 $A_0=1$，高斯分布相对于下列截短值为 " 窄 " 的话，则 μ 可能等于轨迹平均剂量，σ_D 可能等于标准偏差：

[0132] $D_{\max}-\mu>>\sqrt{2}\cdot\sigma_D$ 并且 $\mu-D_{\min}>>\sqrt{2}\cdot\sigma_D$

[0133] 图 5 示意性显示了描绘根据本发明的说明性实施例的分别表示为 502 和 504 的第一和第二高斯型剂量分布曲线的图表。两条分布曲线 502 和 504 由下列值定义，由共同的比例系数缩放，表示为 scale：

[0134] $D_{1log}=5mJ/cm^2$

[0135] $D_{min}=0.7*D_{1log}*scale$

[0136] $D_{max}=6*D_{1log}*scale$

[0137] $\mu=4*D_{1log}*scale$

[0138] $\sigma_D = 0.75*D_{1log}*scale$

[0139] 其中，分布曲线502与比例系数scale＝1相对应，分布曲线504与比例系数scale＝3相对应。

[0140] 如图5所示，与较小的比例系数scale＝1相比，比例系数scale＝3可以产生较宽的剂量分布。较宽的剂量分布可以产生较小的轨迹均匀系数，如下所述。图5所示图表还描绘了与分布曲线502相对应的分别表示轨迹平均剂量和计算等效剂量的曲线506和508；以及与分布曲线504相对应的分别表示轨迹平均剂量和计算等效剂量的曲线510和512。如图5所示，应当理解，计算等效剂量不可以与轨迹平均剂量一起″缩放″。

[0141] 图6示意性显示了描绘根据本发明的另一说明性实施例的表示为602和604的第一和第二高斯型剂量分布曲线的图表。两条分布曲线602和604由下列值定义，由比例系数缩放：

[0142] $D_{1log} = 5mJ/cm^2$

[0143] $D_{min} = 0.7*D_{1log}*scale$

[0144] $D_{min} = 6*D_{1log}*scale$

[0145] $\mu = 4*D_{1log}*scale$

[0146] $\sigma_D = 3*D_{1log}*scale$

[0147] 其中，分布曲线602与比例系数scale＝1相对应，分布曲线604与比例系数scale＝3相对应。

[0148] 同样参照图7，其示意性显示了分别与分布曲线502和602相对应的表示轨迹均匀系数对轨迹平均剂量的第一和第二曲线702和704。如图7所示，曲线702的轨迹均匀系数值通常例如为0.5以上，即使对于较高的轨迹平均剂量值也是如此。相反，曲线704的轨迹均匀系数值在增大轨迹平均剂量时减少，在较小的轨迹平均剂量值下小于0.5。因此，与由较窄剂量分布（例如，对应于曲线602）产生的轨迹均匀系数相比，较宽的剂量分布（例如，对应于曲线502）可以在轨迹均匀系数方面产生明显的减小。

[0149] 同样参照图8，其示意性显示了分别与分布曲线502和602相对应的杀伤率对轨迹平均剂量的第一和第二曲线802和804。如图8所示，曲线802的杀伤率较快地增加，在高轨迹平均剂量值下等于较高的杀伤率。相反，曲线804的杀伤率″缓慢″下降并且″早早″弯曲，使得对数钝化值不超过5，即使在较高轨迹平均剂量值下也是如此。因此，与由较宽的剂量分布（例如，对应于曲线602）产生的杀伤率相比，较窄的剂量分布（例如，对应于曲线502）可以在杀伤率方面产生明显增加。

[0150] 在与上述实例类似的另一实例中，以轨迹平均剂量$4*Dose_{1log}$为中心并具有标准偏差$2*Dose_{1log}$的近高斯型剂量分布可以产生的总杀伤率为2.25-log，轨迹均匀系数为0.56。在该实例中，例如通过以系数2.6增大总UV能量，可以实现的总杀伤率为4-log。

[0151] 再次参照图1，根据本发明的一些说明性实施例，通过增大照射源112的光输出功率、减小通过导管106的介质的流速和/或使用具有较高质量的介质，可以增大比例系数，如下所述。

[0152] 根据本发明的一些说明性实施例，照射源102可以包括UV照射源以利用紫外光照射导管106。例如，如果消毒器100以″Δ″剂量分布函数为特征，即，其中，基本所有轨迹112的实体积聚相同的照射剂量，轨迹平均剂量可以估算如下：

[0153]

$$D_{av} = \frac{P_{0-杀菌}}{流速} L_{有效}(UVT) \tag{17}$$

[0154] 其中，$P_{0-杀菌}$表示导管 106 中的杀菌 UV 功率［能量／时间］；流量表示介质通过导管 106 的流速［体积／时间］；以及 $L_{有效}$表示照射导管 106 的 UV 射线的有效长度，例如取决于导管 106 的几何结构和／或介质的与透射相关的特性。

[0155] 根据公式 17，通过增大 UV 功率，减小流速和／或增大有效长度（例如，使用具有较高质量的介质）可以增大轨迹平均剂量。

[0156] 根据本发明的一些说明性实施例，公式 15 和 17 可以合并导出下列公式：

[0157]

$$Deq = Uf(P_{0-杀菌}, 流速, L_{有效}) \cdot \frac{P_{0-杀菌}}{流速} L_{有效}(UVT) \tag{18}$$

[0158] 应当认识到，根据公式 17 和／或 18，例如通过增大 UV 功率、减小流速和／或增大有效长度导致的轨迹平均剂量的线性增加不会导致对数钝化的线性增加，因为轨迹平均剂量的线性增加还会导致轨迹均匀系数的减小，例如下文所述。应当注意，影响轨迹平均剂量的两个或多个参数的同时改变可能导致例如计算等效剂量的改变，这是因为反映剂量分布函数变化的轨迹均匀系数值可能改变。例如，如果公式 17 的一个或多个参数同时改变使得通过功率加倍和流速加倍使轨迹平均剂量值基本保持不变的话，则例如根据公式 18 的计算等效剂量仍然会改变。因此，人们希望在不同的功率／流速 /UVT 组合下使用类似的平均剂量值使消毒器 100 有效。

[0159] 根据本发明的一个说明性实施例，例如，如果较小百分比的轨迹 112（例如轨迹 112 的 1/1000）与非常小的照射剂量（例如，0UV 剂量）相关（″低剂量轨迹″），则消毒器 100 的最终杀伤率不会超过 3-log，例如，即使激活照射源 112 以产生较高照射能量，介质具有较慢流速和／或介质较为透彻也是如此。因此，人们希望根据本发明的说明性实施例来减少，例如，将低剂量轨迹的百分比减到最小，例如为了实现高杀伤率，和／或消毒器 100 的高效率。这可以实现为例如较窄的剂量分布函数。

[0160] 根据如上所述的实施例应当理解，人们希望在由照射源 112 产生的光通量场和位于导管 106 内的介质速度场之间实现″匹配″。例如，照射源 112 可以适于产生与导管 106 内的高速度区域基本一致的高 UV 通量区域。可以避免例如以高速度介质和／或低 UV 通量为特征的低剂量轨迹。这可以导致例如窄剂量分布函数，从而使消毒器 100 以较高效率水平操作和／或实现较高杀伤率。

[0161] 但是本发明不局限于这个方面，剂量分布函数的宽度，例如可以根据累积照射剂量的平均值与累积照射剂量的最小值之间的差值和平均累积照射剂量的比值进行测量。例如，比值可以小于 0.7，例如，小于 0.4。

[0162] 现在参照图 9，其示意性地显示了根据本发明的一些说明性实施例的包括外部照射源的消毒器 900。但是本发明不限于这个方面，消毒器 900 可以实现消毒器 100（图 1）的功能，和／或照射源 902 可以实现照射源 102（图 1）的功能。

[0163] 根据本发明的一些说明性实施例，消毒器 900 还可以包括流动适配器 904、细长腔室 906 和窗口 907，如下文详细描述的那样。但是本发明不限于这个方面，流动适配器 904

可以实现流动适配器 104（图 1）的功能，和 / 或腔室 906 可以实现导管 106（图 1）的功能。

[0164] 根据本发明的一些说明性实施例，流动适配器 904 可以配置为在入口 909 处接收介质，以及对腔室 906 的入口 916 提供介质。流动适配器 904 可以配置为根据悬浮于介质中的实体沿多个预期流动轨迹（例如从腔室 906 的入口 916 到出口 912）的流动速度的预期空间分布来调整提供给入口 916 的介质流。但是本发明不限于这个方面，流动适配器 904 可以为圆柱形，和 / 或腔室 906 可以为管状，其中适配器 904 的内径可以大于入口 916 的内径。应当理解，这种配置能够调整入口 916 处的流动，使得沿不同轨迹流动的至少一部分实体（例如，基本全部实体）在入口 916 处具有基本相同的速度。在一个说明性实施例中，流动适配器 904 和 / 或入口 916 可以如此配置，使得对于圆柱形腔室来说，在给定单位时间从围绕腔室的小角形区域向内流动的水量可以基本等于在给定单位时间从围绕腔室的另一小角形区域向内流动的水量。例如，向内流速基本成″圆柱形″对称。

[0165] 但是本发明不限于这个方面，在一些实施例中，举例来说，介质可以包括液体，例如水或水基介质。但是本发明不限于这个方面，在一些实施例中，实体可以包括微生物。

[0166] 根据本发明的一些说明性实施例，腔室 906 可以至少部分地以预期流速分布为基础进行构造。例如，入口 916 和 / 或出口 912 可以至少部分地根据预期流速分布为基础进行构造。

[0167] 但是本发明不限于这个方面，根据本发明的一些说明性实施例，腔室 906 可以包括例如石英腔室，从而使来源于照射源 902 的至少一部分光能够发生全内反射 (TIR)。

[0168] 根据本发明的一些说明性实施例，照射源 902 可以位于腔室 906 外部。窗口 907 例如可以位于照射源 902 和入口 916 之间，以便使照射源 902 能够照射腔室 906。

[0169] 根据本发明的一些说明性实施例，照射源 902 和 / 或窗口 907 可以如此配置，使得照射源 902 可以利用具有自定义光通量空间分布的光照射腔室 906。自定义光通量分布可以至少部分地以腔室 906 内的流速的预期空间分布为基础，例如下文详细描述的那样。

[0170] 根据本发明的一些说明性实施例，自定义光通量分布可以产生分别与多个流动轨迹相对应的多个累积光 - 速比的预期分布。一个或多个累积光 - 速比，例如每一累积光 - 速比可以包括与多个轨迹中的相应轨迹相关的比值和，例如比值积分。比值和例如可以包括在沿轨迹的多个位置处由自定义光通量产生的预期光强度和所述多个位置处的预期流速之间的比值和。例如，多个累积光速比可以包括例如根据公式 6 的多个累积照射剂量 $\mathrm{Dose}(\mathrm{track}_i)$。

[0171] 根据本发明的一些说明性实施例，累积光 - 速比可以具有较窄的预期分布，例如，如上所述。举例来说，累积照射剂量的平均值与累积照射剂量的最小值之间的差值和平均累积照射剂量的比值可以小于 0.7，例如，小于 0.4。

[0172] 根据本发明的一些说明性实施例，腔室 906 内的预期流速分布可以包括速度分布，其中，速度可以随与腔室 906 的转动轴线 913 相距距离的增大而减小。举例来说，速度分布可以基本在腔室 906 的转动轴线处具有最大速度值，基本在腔室 906 的内边界上具有最小速度值。

[0173] 还是参考图 10，其示意性地显示了根据本发明的一些说明性实施例的第一速度分布 1002 和第二速度分布 1004 中的速度对与旋转轴线 913 相距距离的图表。速度分布 1002 例如可以与腔室 906 内的层流相对应，速度分布 1004 例如可以与腔室 906 内的紊流相对

应。如图 10 所示，曲线 1002 和 1004 基本在腔室 906 的旋转轴线处具有最大速度值，所述速度随与旋转轴线相距距离的增大而减小。

[0174] 再次参照图 9，如上所述，根据本发明的一些说明性实施例，可以希望在腔室 906 内的流速分布和自定义光通量分布之间实现匹配，例如，以便实现累积光 - 速比的较窄预期分布，从而可以产生效率增加的消毒器 900 和 / 或较高的杀伤率。根据这些实施例，照射源 902 和 / 或窗口 907 可以例如下文所述的那样布置，使得由与旋转轴线 913 相距第一距离处的自定义光通量产生的第一预期光强度小于由与旋转轴线 917 相距第二距离处的自定义光通量产生的第二预期光强度，所述第二距离小于所述第一距离。

[0175] 根据本发明的一些说明性实施例，腔室 906 内流速的预期分布可以包括速度分布，其中，与腔室 906 的内表面 976 相距第一距离处的第一速度小于与内表面 976 相距第二距离处的第二速度，所述第二距离大于所述第一距离。根据这些实施例，照射源 902 和 / 或窗口 907 可以如下文所述的那样配置，使得由第一距离处的自定义光通量产生的第一预期光强度小于由第二距离处的自定义光通量产生的第二预期光强度。

[0176] 根据本发明的一些说明性实施例，窗口 907 的一种或多种光学属性可以至少部分地以照射源 902 的自定义光通量分布为基础。例如，处于由照射源 902 产生的光（例如，UV 光）的光谱内的窗口 907 的折光率。窗口 907 的一种或多种属性可以如此配置，使得例如由照射源 902 产生的光穿过窗口 907，从而利用基本具有如下文所述的自定义光通量分布的光照射腔室 906。

[0177] 还是参见图 1，其示意性地显示了根据本发明的一些说明性实施例的窗口 1100。但是本发明不局限于这个方面，窗口 1100 可以实现窗口 907（图 9）的功能。窗口 1100 可以包括以自定义光通量分布为基础配置的一个或多个部分 1104。

[0178] 再次参照图 9，根据本发明的一些说明性实施例，照射源 902 可以包括配置为产生具有预定分布的光的至少一个灯 919，和使由灯 919 产生的至少一部分光发生反射的至少一个反射器 921，使得例如具有自定义光通量分布的光包括由灯 919 产生的光和由反射器 921 反射的光的组合，例如下文所述。但是本发明不限于这个方面，灯 919 例如可以包括例如 UV 灯以产生紫外光。

[0179] 根据本发明的一些说明性实施例，反射器 921 的一种或多种属性可以至少部分地以腔室 906 的一个或多个尺寸为基础。例如，反射器 921 的一种或多种属性可以至少部分地以腔室 906 的内径为基础，例如下文所述。根据本发明的一些说明性实施例，反射器 921 可以包括椭圆形反射器。图 12 示意性地显示了根据本发明的一些说明性实施例的椭圆形反射器 1200。但是本发明不限于这个方面，反射器 1200 例如可以具有一个或多个下列参数：

[0180] ID = 160.5 毫米 (mm)；

[0181] R = 67mm；

[0182] 二次曲线参数 = -0.32；

[0183] Δ = 6.4mm；

[0184] a = 35.22mm；

[0185] b = 48.1mm。

[0186] 但是本发明不限于这个方面，椭圆形反射器，例如反射器 1200 可适合于较高耦合

效率和 / 或细长管状腔室，例如腔室 906 中的较均匀 UV 剂量分布，所述腔室具有例如大约 164mm 的内径。

[0187] 根据本发明的一些说明性实施例，反射器 921 可以包括球形反射器。图 13 示意性地显示了根据本发明的一些说明性实施例的球形反射器 1300。但是本发明不限于这个方面，反射器 1300 例如可以具有一个或多个下列参数：

[0188] D = 160mm；

[0189] Δ = 6.4mm；

[0190] a = 52.8mm；

[0191] b = 27.2mm。

[0192] 但是本发明不限于这个方面，球形反射器，例如反射器 1300 可以适合于较高耦合效率和 / 或细长管状腔室，例如腔室 906 中的较均匀 UV 剂量分布，所述腔室具有例如大约 164mm 的内径。

[0193] 根据本发明的一些说明性实施例，灯 919、反射器 921 和 / 或窗口 907 可以配置为在腔室 906 内产生自定义光分布。可以使用任何适当的算法、模拟和 / 或方法来配置灯 919、反射器 921 和 / 或窗口 907。图 4 示意性地显示了根据本发明的一个示例性实施例的由反射器 1402、灯 1404 和窗口 1406 的组合产生的腔室 1401 内的自定义光通量分布的计算机模拟。

[0194] 根据本发明的一些说明性实施例，光源 902 和 / 或窗口 907 可配置为在入口 916 处产生预定光分布，例如下文所述。

[0195] 参照图 15A 和 15B，其分别示意性地显示了第一和第二分布柱状图，每个柱状图描绘了分别根据本发明的第一和第二实施例的光强度对入口 916 处的光线轴角。图 15A 的分布可以例如由例如反射器 1200（图 12）的椭圆形反射器获得。图 15B 的分布例如可以由球形反射器，例如反射器 1300（图 13）获得。图 15A 的分布可以包括角度小于要被消毒介质内的全内反射临界角 θ_c 的大部分光线。例如，如果介质为水并且腔室 906 由空气围绕，临界角可以例如为 $\theta_c \approx 42.6°$。应当认识到，图 15A 的光分布可以在光线和流过腔室 906 的实体之间产生较高的耦合效率。图 15B 的分布例如可以包括具有较高轴角的光线以实现自定义通量分布。

[0196] 再次参照图 9，根据本发明的一些说明性实施例，反射器 921 的一个或多个部分可以根据自定义光通量分布的一个或多个局部光通量分布进行配置，例如下文所述。

[0197] 现在参照图 16，其示意性地显示了根据本发明的一些说明性实施例的槽状反射器 1600。但是本发明不局限于这个方面，反射器 1600 可以实现反射器 921（图 9）的功能。反射器 1600 可以包括根据自定义光通量分布的一个或多个相应的局部光分布配置的一个或多个部分 1604。例如，部分 1604 可以包括一个或多个槽 1602 以局部影响光线朝向腔室 906（图 9）的反射。

[0198] 再次参照图 9，根据本发明的一些说明性实施例，灯 919 的形状可至少部分地以自定义光通量分布为基础。在一个实例中，灯 919 可以包括环形灯，例如图 17A 所示。在另一个实例中，灯 919 可以包括十字形（星形）灯，例如图 17B 所示。在其它实施例中，灯 919 可以具有任何其它适当的形状和 / 或构造。

[0199] 根据本发明的一些说明性实施例，消毒器 900 可以包括至少一个辅助照射源 999。

但是本发明不限于这个方面，照射源 999 可以包括例如与灯 919 类似或不同的至少一个灯 998 ；和 / 或例如与发射器 921 类似或不同的反射器 997。照射源 999 可以根据自定义光通量分布进行配置。在一些说明性实施例中，消毒器 900 还可以包括至少一个附加窗口，例如窗口 993，从而将照射源产生的光传送至腔室 906 中。

[0200] 根据本发明的一些说明性实施例，照射源 999 可以与照射源 902 基本相对地定位。例如，照射源 999 可以接近出口 912。

[0201] 除了照射源 902 和 / 或 999 之外或者为了取代它们，消毒器 900 可以包括照射源、窗口、反射器和 / 或灯的任何其它适当的构造。例如，消毒器 900 可以包括沿腔室 906 的外表面定位的一个或多个灯（未显示）。

[0202] 但是本发明不限于这个方面，消毒器 900 还可以包括出口流动适配器 994，其配置为根据流速的预期分布调整例如出口 912 处的介质流。但是本发明不限于这个方面，流动适配器 994 可以是圆柱形的，其中，流动适配器 994 的内径可以大于出口 912 的内径。应当理解，这种配置能够改变出口 912 处的流动，使得沿不同轨迹流动的至少一部分实体（例如，基本全部实体）在出口 912 处具有基本相同的速度。在一个说明性实施例中，流动适配器 994 和 / 或出口 912 可以如此配置，使得对于圆柱形腔室来说，在给定单位时间从围绕腔室的小角形区域向外流动的水量基本等于在给定单位时间从围绕腔室的另一小角形区域向外流动的水量。例如，向外流速基本成 " 圆柱形 " 对称。

[0203] 下文是根据本发明的一些说明性实施例的与照射通量分布相关的实例。应当注意，在这些实例中使用的照射通量分布不用于将本发明的范围限制到任何特定的消毒器构造和 / 或照射通量分布。

[0204] 图 18A、18B 和 18C 分别显示了根据本发明的第一说明性实施例的腔室 906 内第一光通量分布的三个横截面。第一光通量分布例如可以利用具有半径 R ＝ 110mm 的球形反射器实现。

[0205] 图 19A、19B 和 19C 分别显示了根据本发明的第二说明性实施例的腔室 906 内第二光通量分布的三个横截面。第二光通量分布例如可以利用具有第一组属性的球形反射器实现。

[0206] 图 20A、20B 和 20C 分别显示了根据本发明的第三说明性实施例的腔室 906 内第三光通量分布的三个横截面。第三光通量分布例如可以利用具有第二组属性的 a- 球形反射器实现。

[0207] 图 21A、21B 和 21C 分别显示了根据本发明的第四说明性实施例的腔室 906 内第四光通量分布的三个横截面。第四光通量分布例如可以利用具有第三组属性的 a- 球形反射器实现。

[0208] 图 22A、22B 和 22C 分别显示了根据本发明的第五说明性实施例的腔室 906 内第五光通量分布的三个横截面。第五光通量分布例如可以利用具有第四组属性的 a- 球形反射器实现。

[0209] 如图 18A-18C、19A-19C、20A-20C、21A-21C 和 / 或 22A-22C 所示，光源 902、反射器 921、灯 919 和 / 或窗口 907 可以配置为在腔室 906 内产生各种光通量分布。例如，光源 902、反射器 921、灯 919 和 / 或窗口 907 可以配置为根据腔室 906 内流速的预期分布产生自定义光通量分布。

[0210] 可以使用任何适当的方法、算法或模拟对流速的预期分布进行确定、评估和/或模拟。例如，流速的预期分布可以利用流动模拟软件进行模拟，如图 23A 和 23B 所示，上述附图分别显示了根据本发明的说明性实施例的消毒腔室内流速的预期分布的两个横截面视图。

[0211] 可以通过适用于专门应用或根据特定设计要求的软件、硬件或软件和/或硬件的任意组合实现本发明的实施例。本发明的实施例可以包括单元或子单元，这些单元或子单元可以彼此分离或者整体或部分地组合在一起，并且可以使用本领域已知的特定、多用途或通用处理器或者装置实施本发明的实施例。本发明的一些实施例可以包括缓存器、寄存器、储存单元和/或记忆单元，以便临时或长期存储数据和/或方便特定实施例的操作。

[0212] 尽管这里已经图解说明和描述了本发明的某些特征，但是本领域的普通技术人员可以想到许多改进、替换、改变和等效物。因此，应当理解，所附权利要求用于涵盖落入本发明真正精神范围内的所有这些改进和改变。

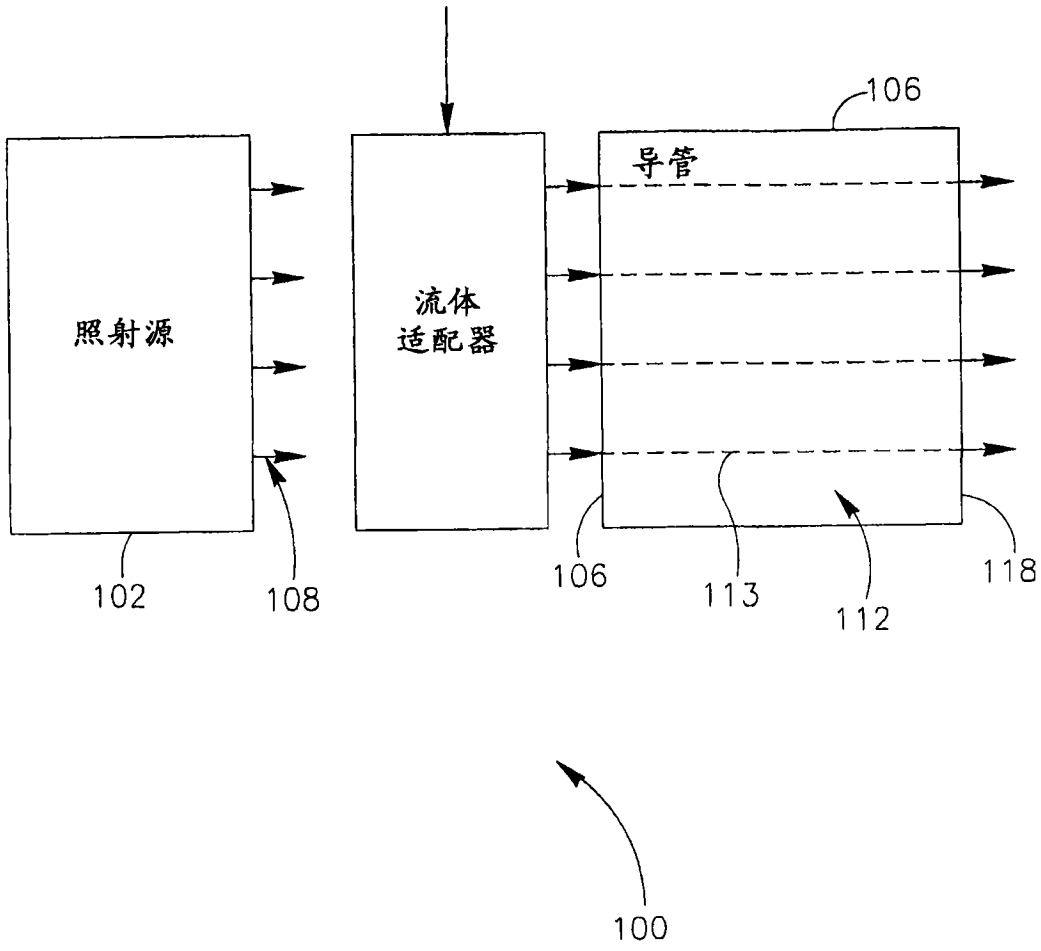


图 1

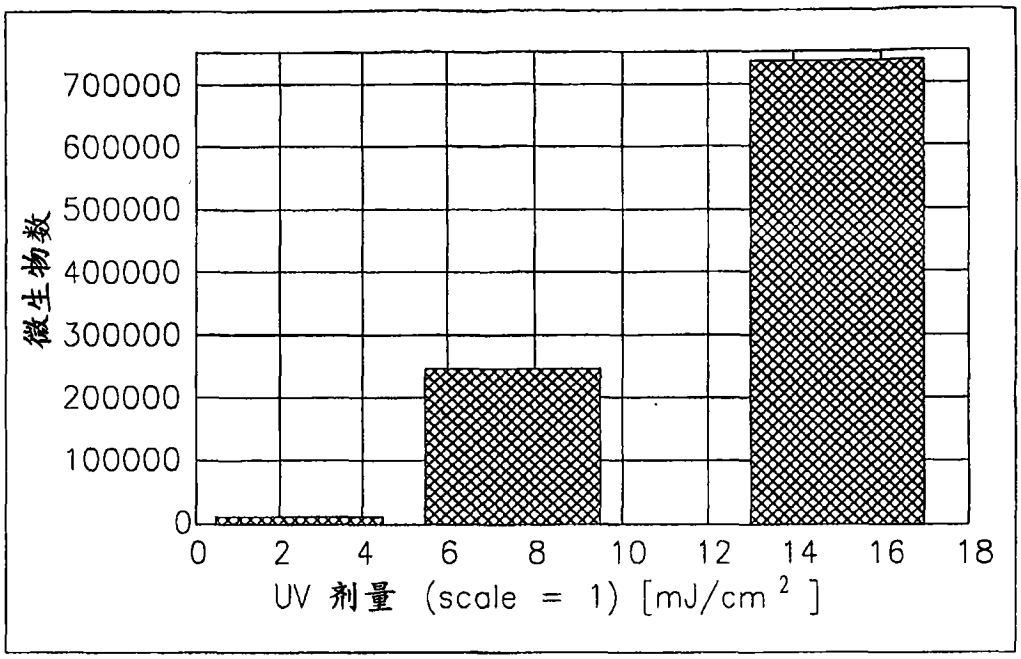

700000
600000
500000
400000
300000
200000
100000
0
微生物数
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18
UV 剂量 (scale = 1) [mJ/cm 2]

图 2

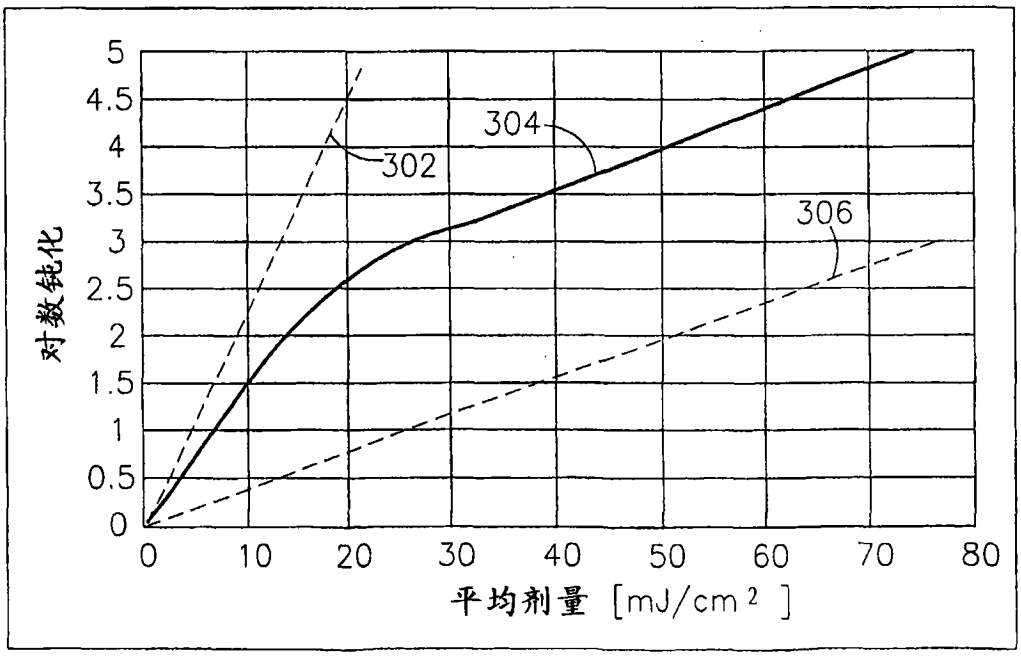

5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
对数钝化
302
304
306
0 10 20 30 40 50 60 70 80
平均剂量 [mJ/cm 2]

图 3

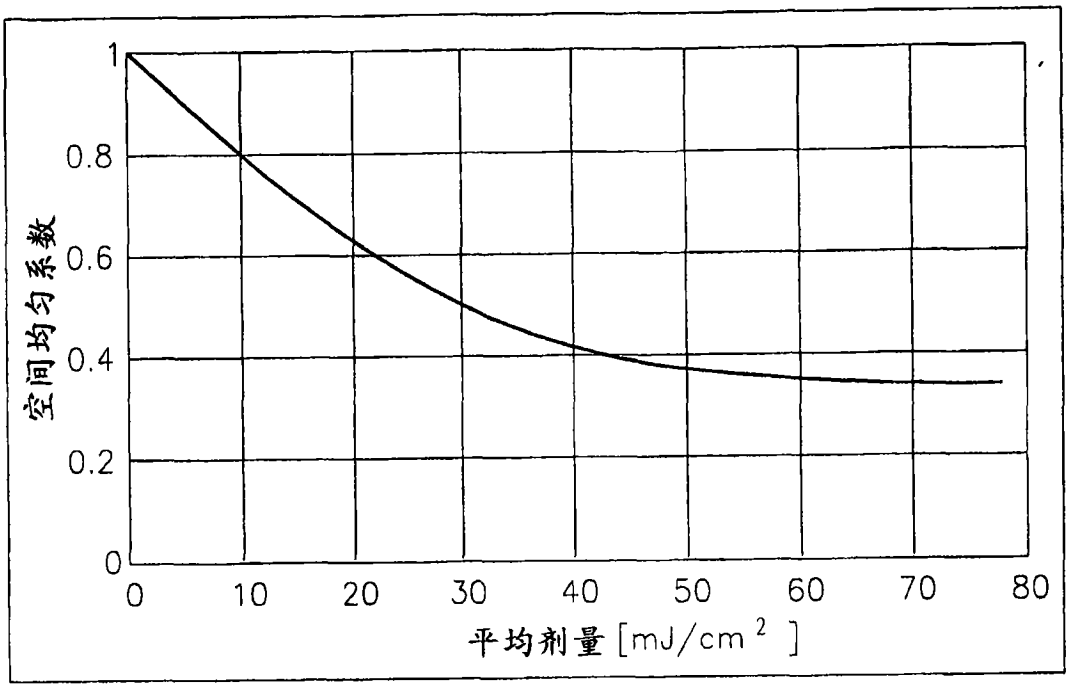

空间均匀系数
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
平均剂量 [mJ/cm 2]

图 4

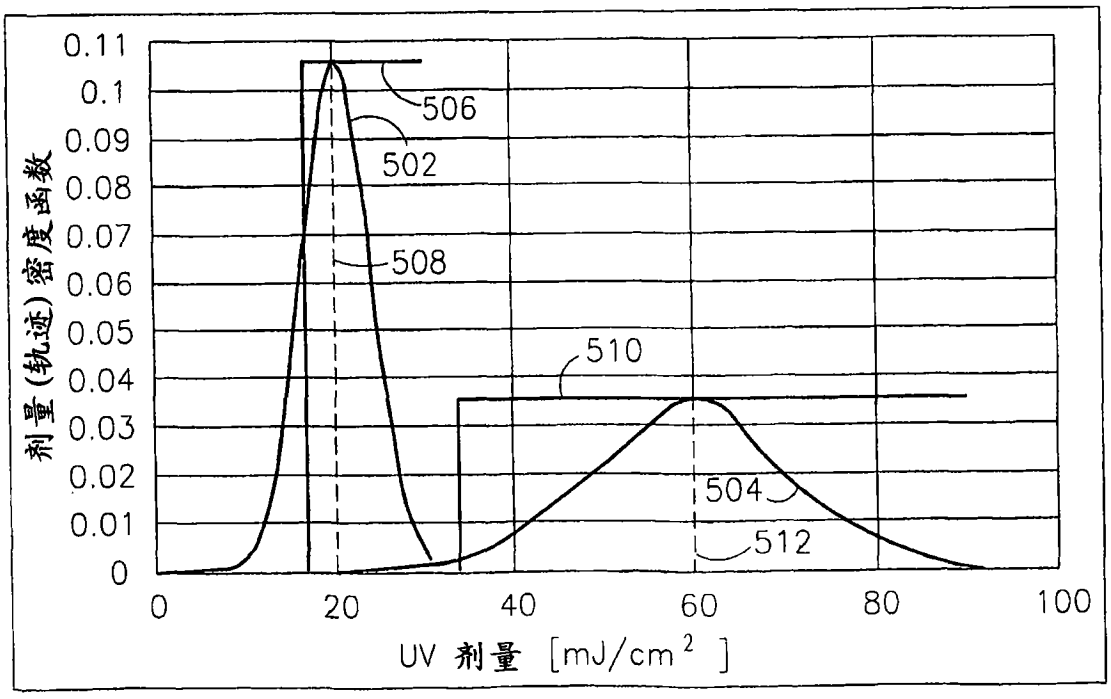

剂量(轨迹)密度函数
0.11
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
506
502
508
510
504
512
0
20
40
60
80
100
UV 剂量 [mJ/cm 2]

图 5

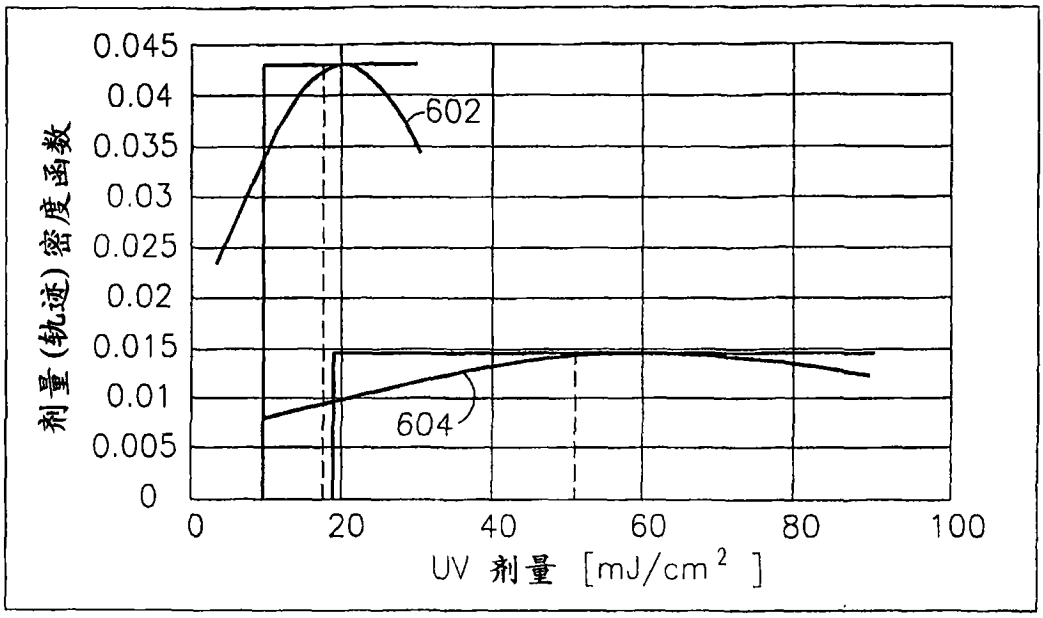

0.045
0.04
0.035
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
剂量(轨迹)密度函数
602
604
0
20
40
60
80
100
UV 剂量 [mJ/cm 2]

图 6

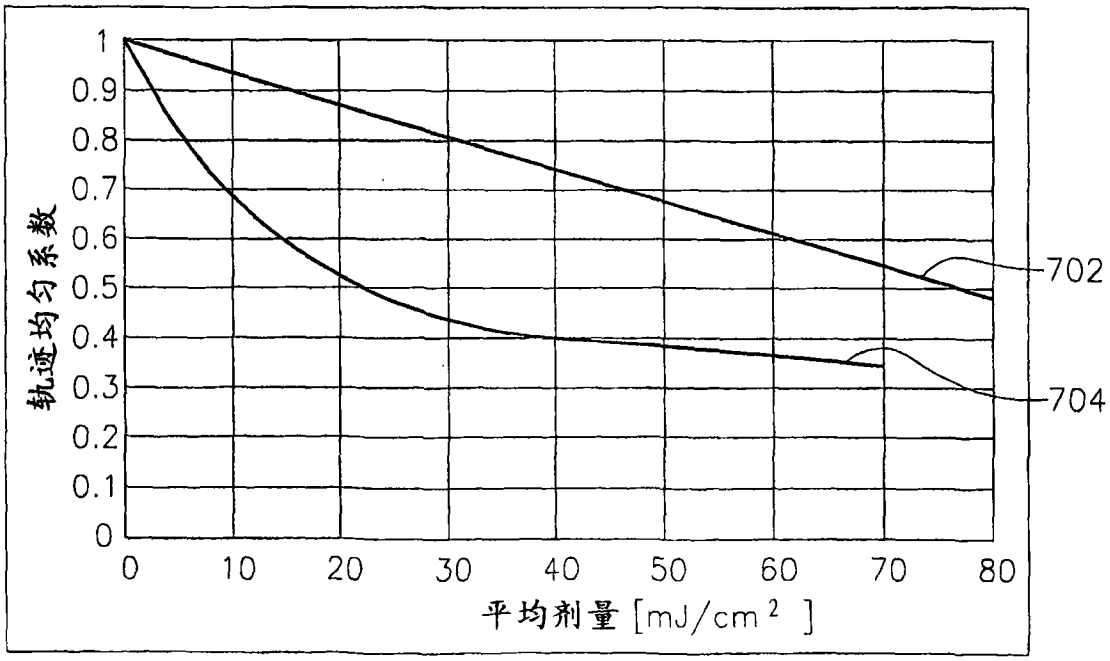

1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
轨迹均匀系数
702
704
0
10
20
30
40
50
60
70
80
平均剂量 [mJ/cm 2]

图 7

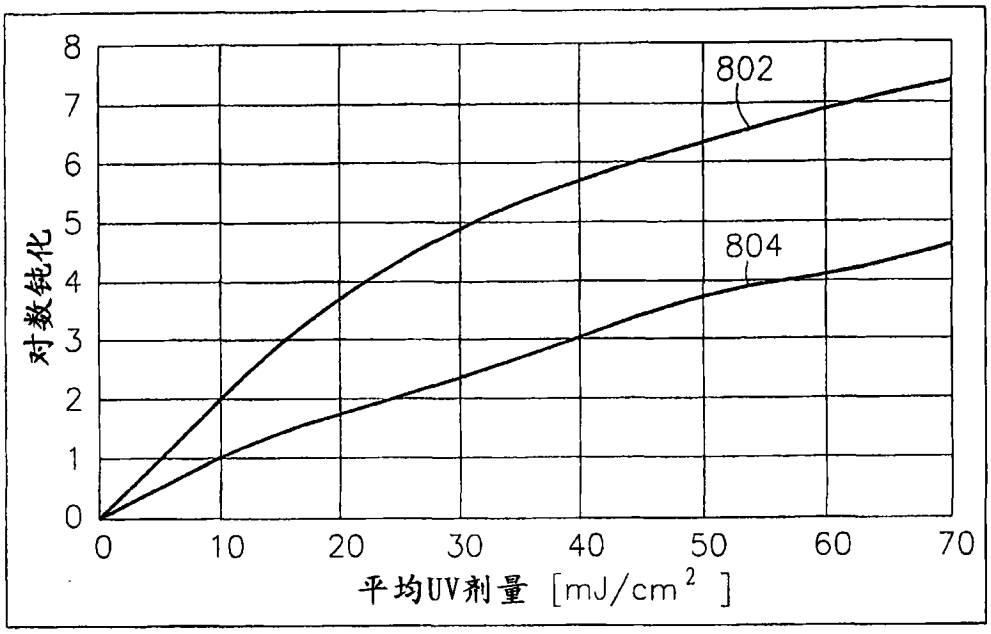


图 8

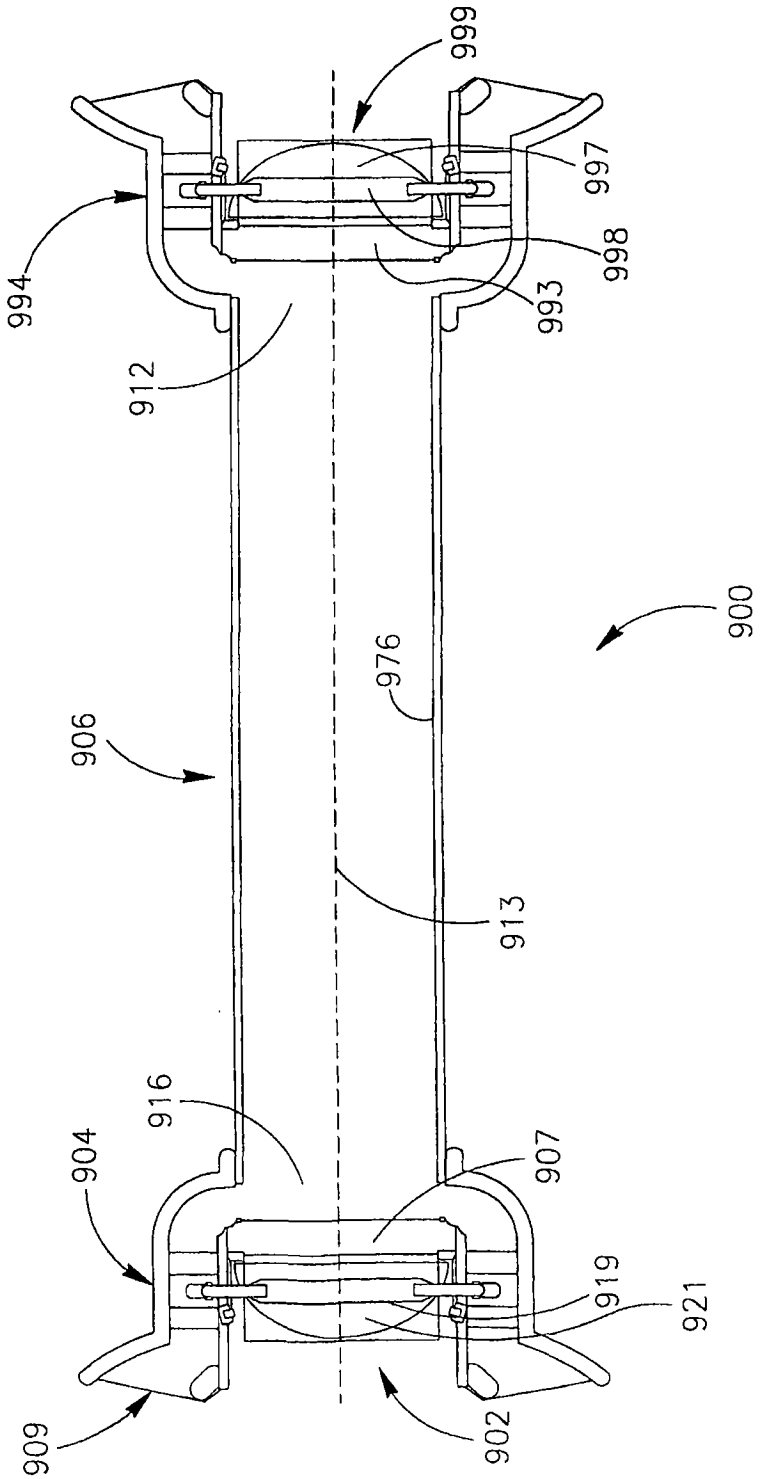

999
997
998
993
994
912
900
976
906
913
916
904
907
919
921
909
902

图 9

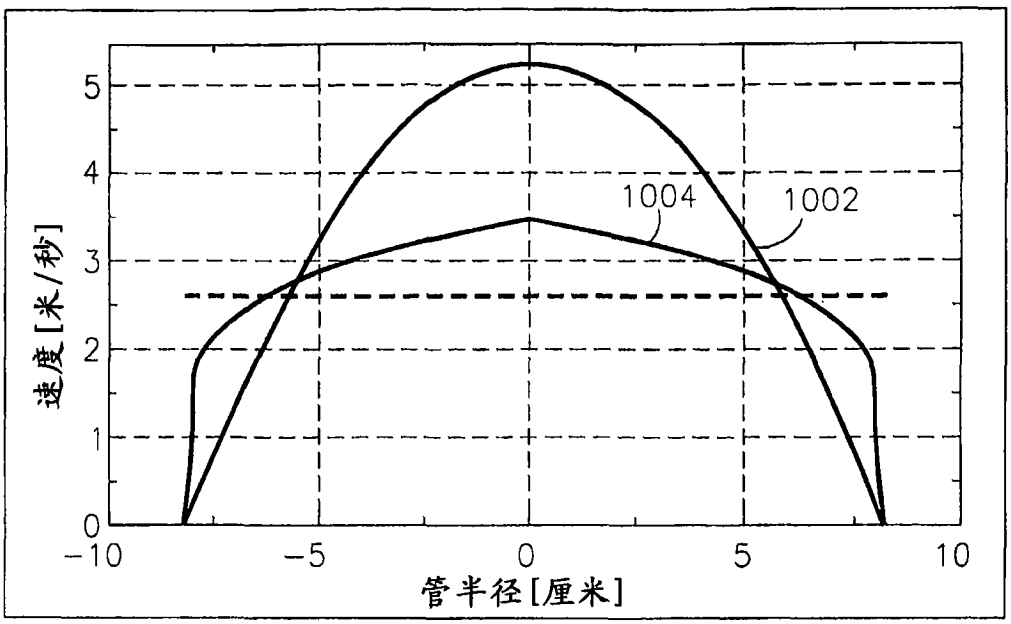


图 10

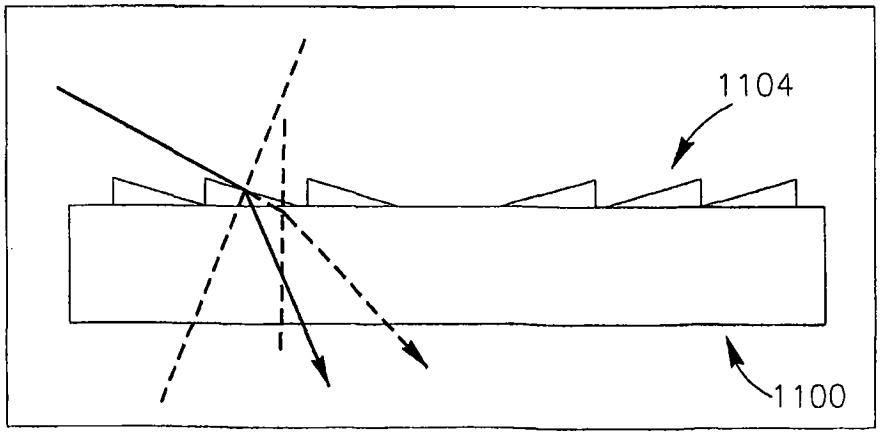


图 11

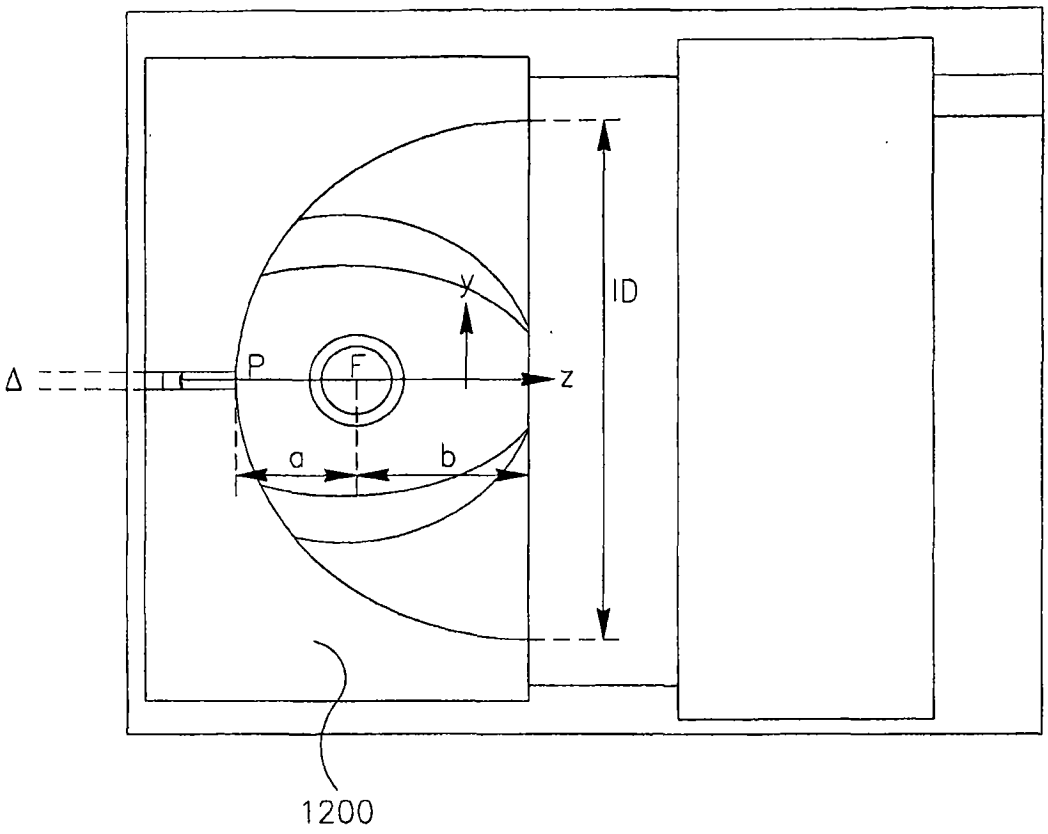


图 12

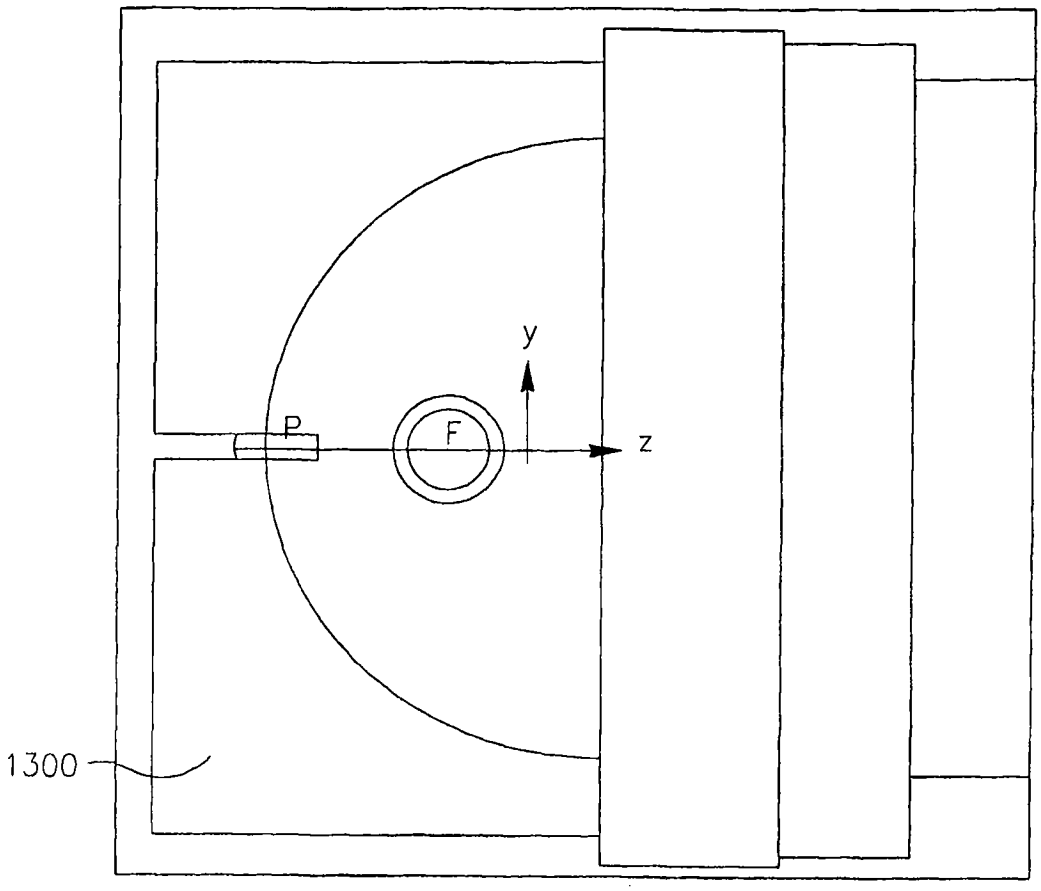


图 13

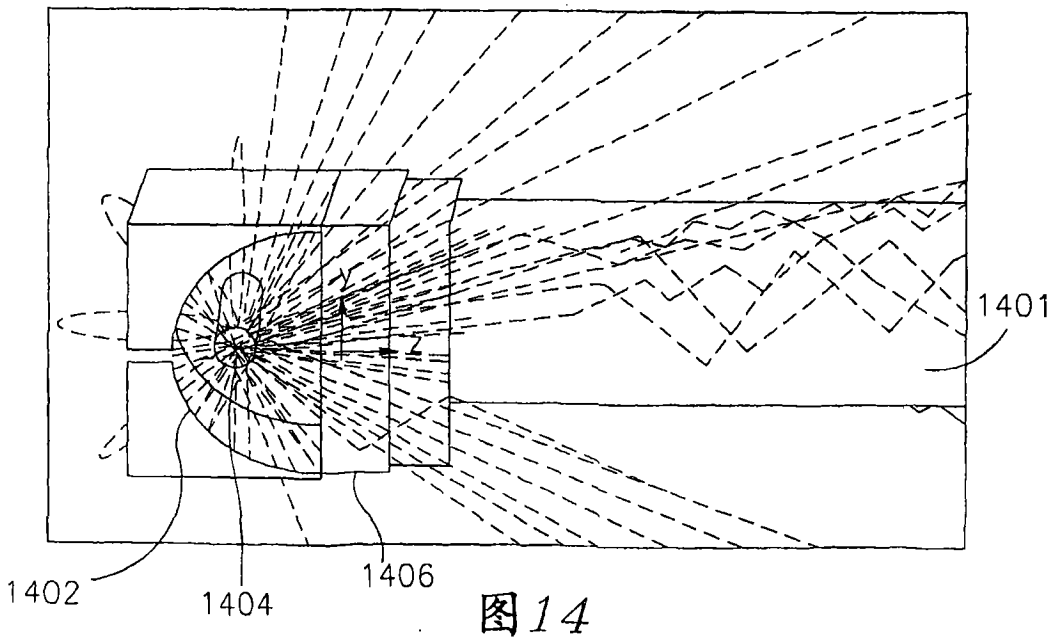


图14

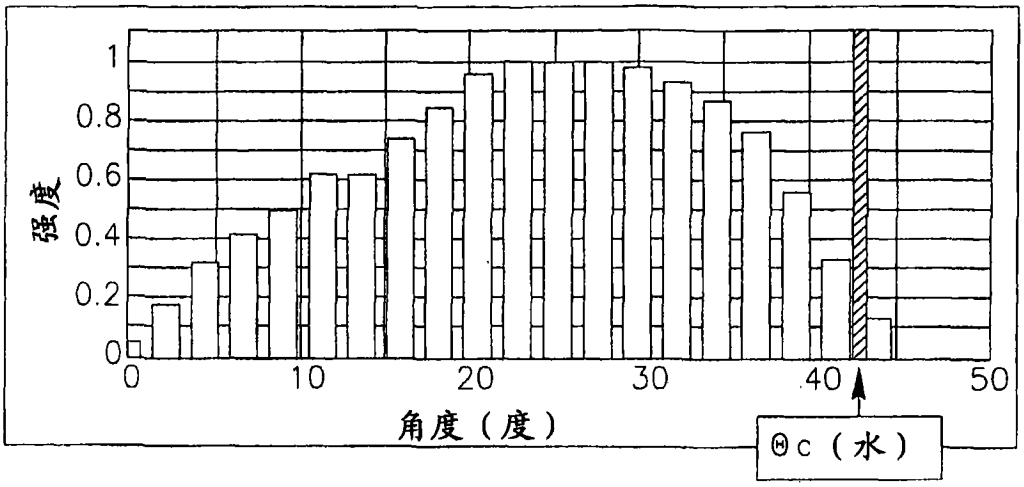

强度
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
10
20
30
40
50
角度（度）
Θc（水）

图 15A

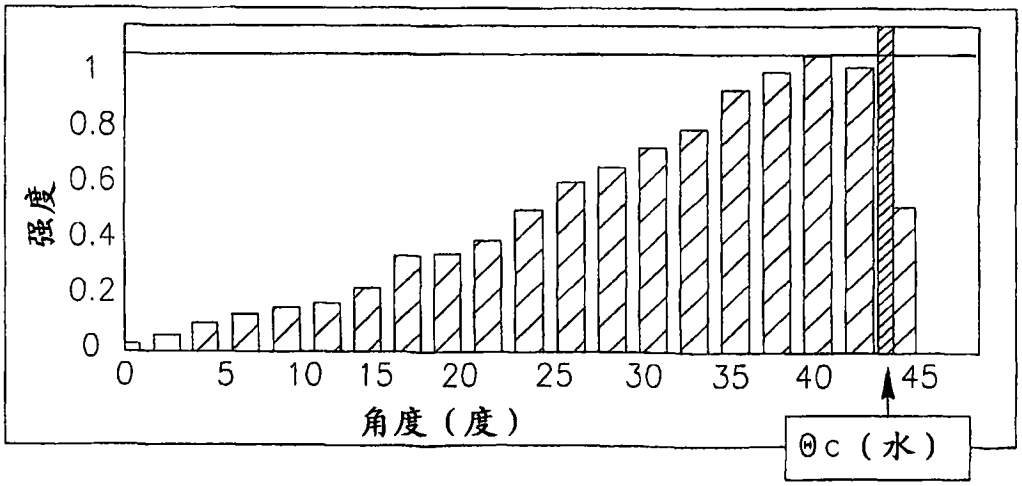

强度
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
角度（度）
Θc（水）

图 15B

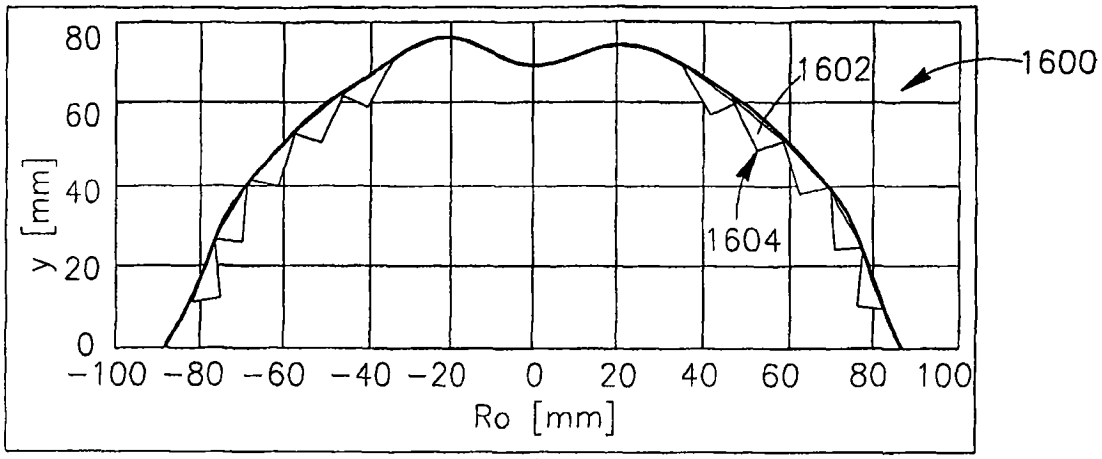

80
60
40
20
0
y [mm]
−100 −80 −60 −40 −20 0 20 40 60 80 100
Ro [mm]
1602
1600
1604

图 16

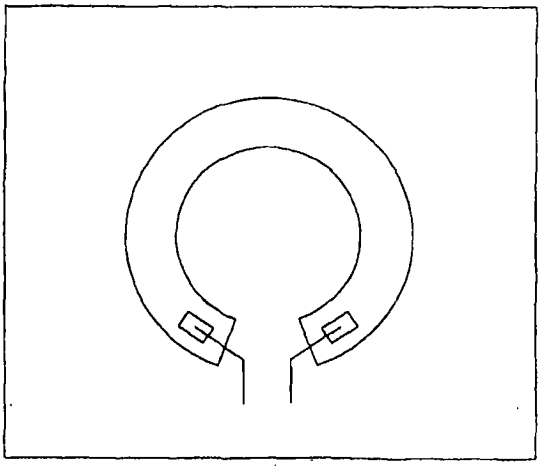


图 17A

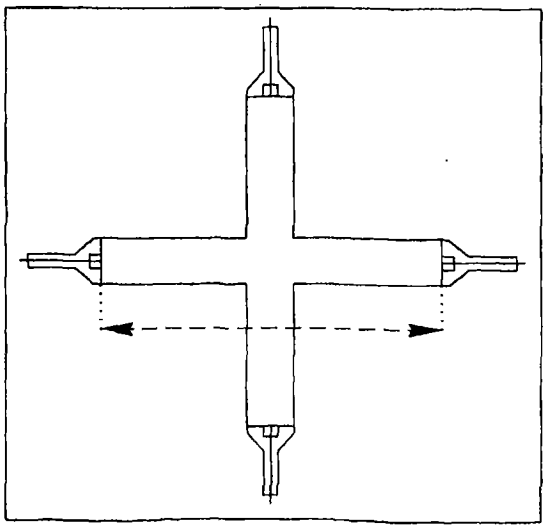


图 17B

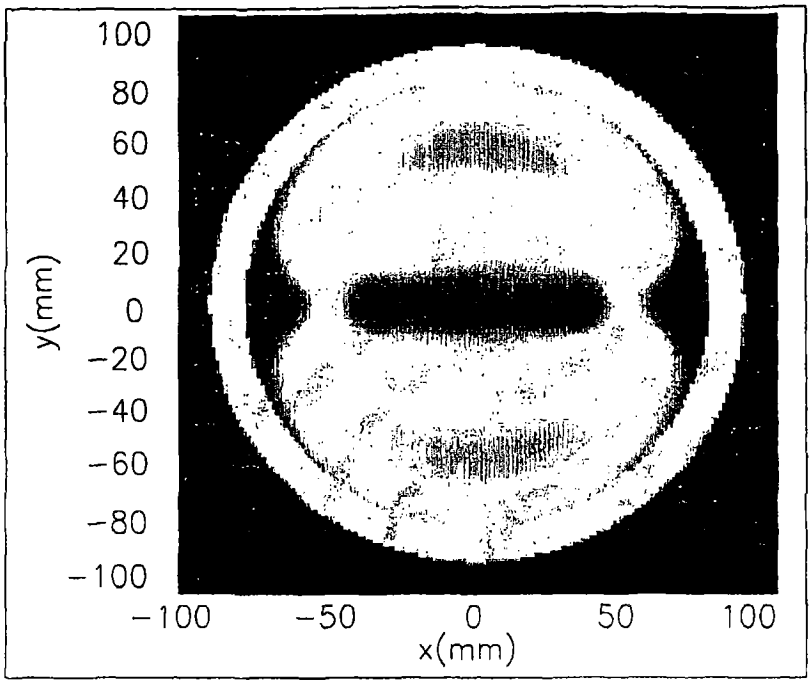


图 18A

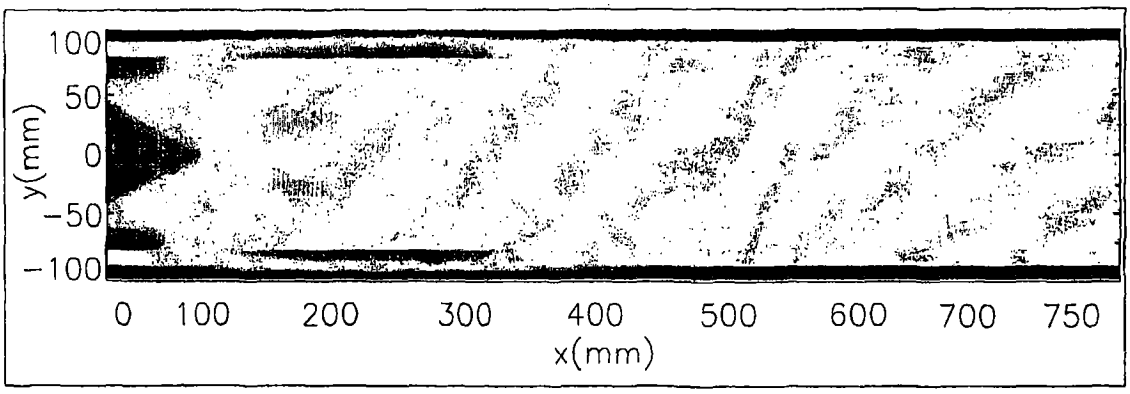

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0 100 200 300 400 500 600 700 750
x(mm)

图 18B

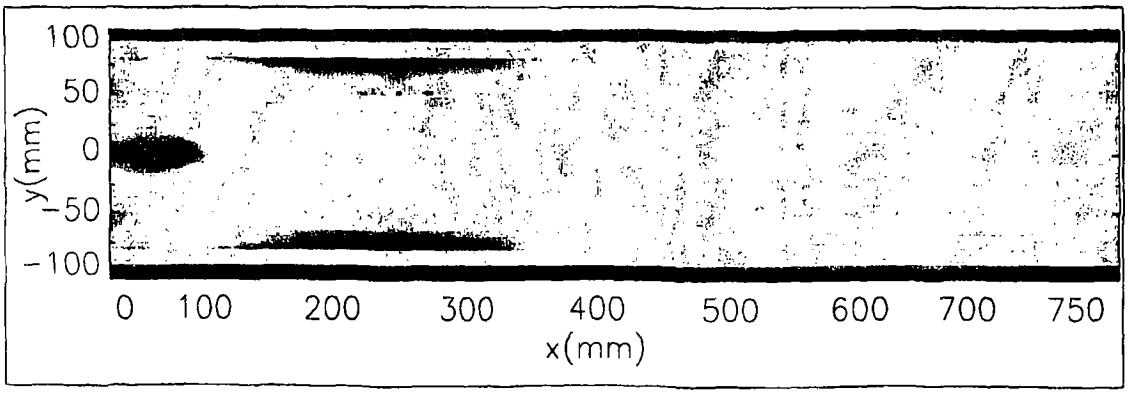

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0 100 200 300 400 500 600 700 750
x(mm)

图 18C

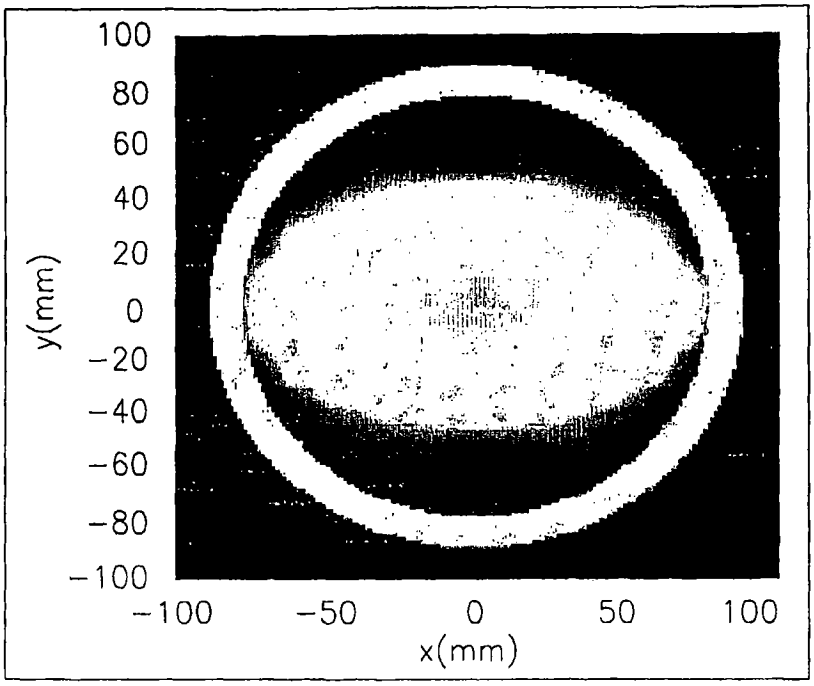

100
80
60
40
20
0
−20
−40
−60
−80
−100
y(mm)
−100
−50
0
50
100
x(mm)

图 19A

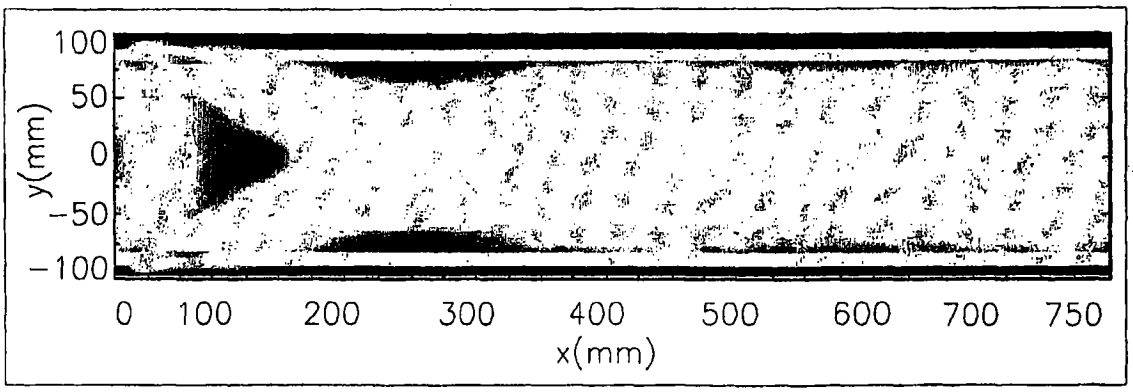

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0
100
200
300
400
500
600
700
750
x(mm)

图 19B

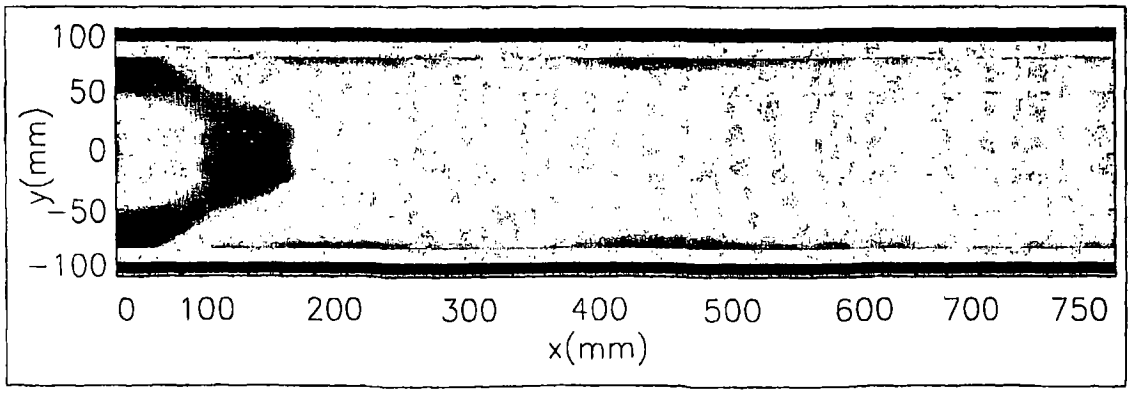

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0
100
200
300
400
500
600
700
750
x(mm)

图 19C

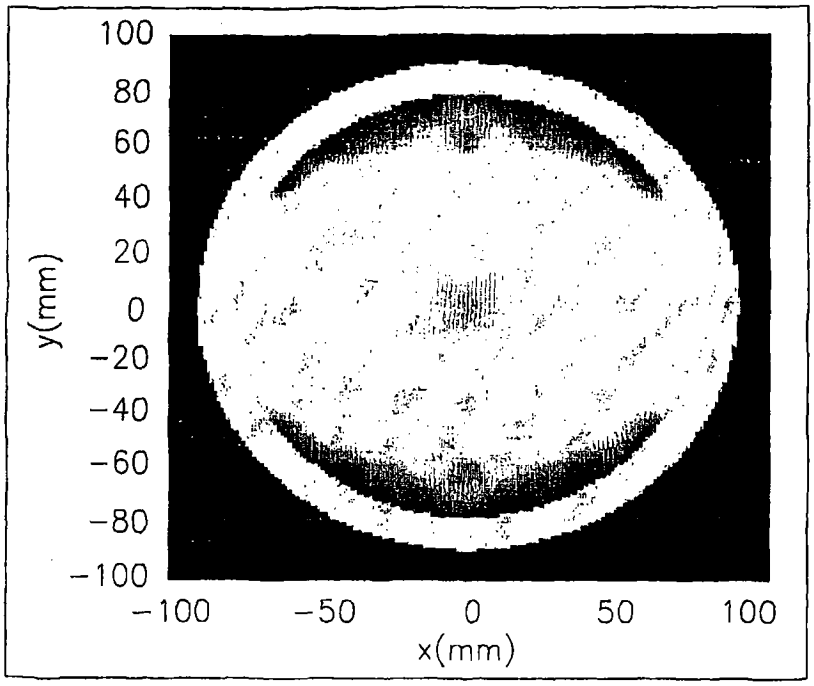

100
80
60
40
20
0
−20
−40
−60
−80
−100
y(mm)
−100
−50
0
50
100
x(mm)

图 20A

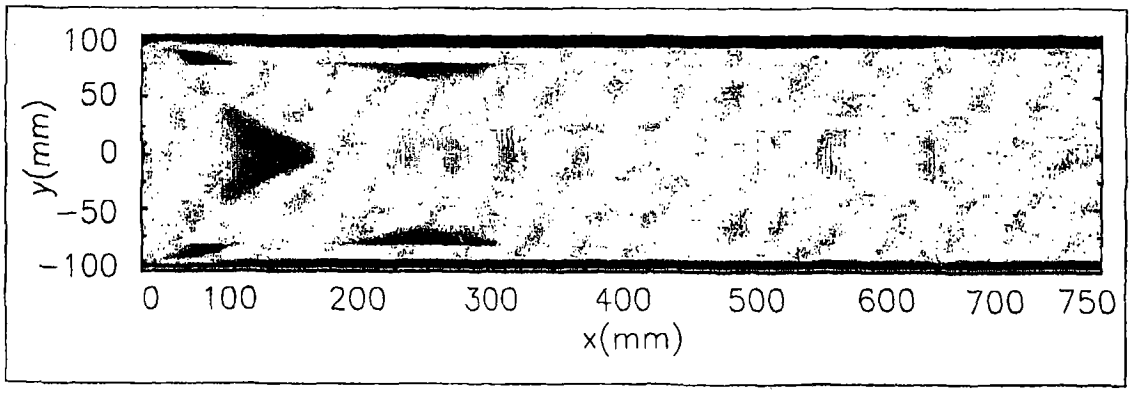

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0
100
200
300
400
500
600
700
750
x(mm)

图 20B

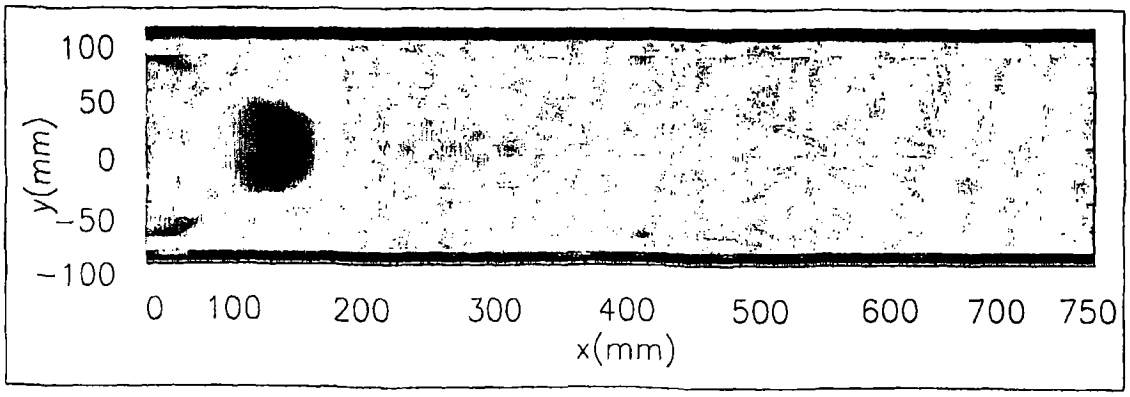

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0
100
200
300
400
500
600
700
750
x(mm)

图 20C

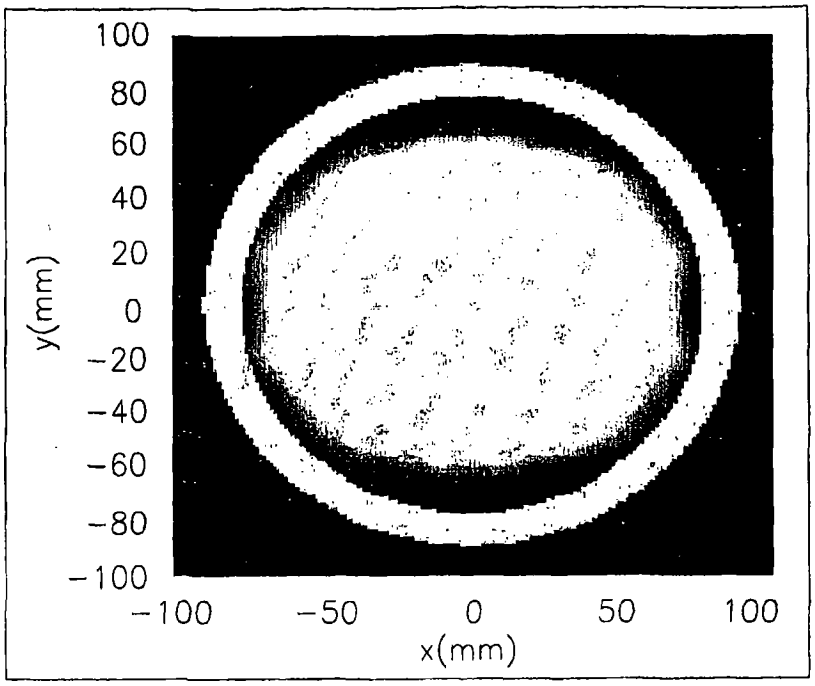

100
80
60
40
20
0
−20
−40
−60
−80
−100
y(mm)
−100
−50
0
50
100
x(mm)

图 21A

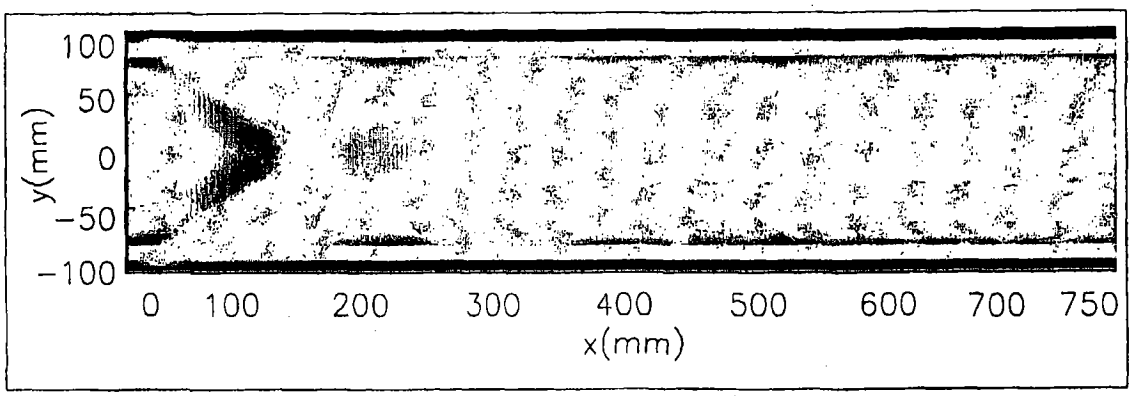

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0
100
200
300
400
500
600
700
750
x(mm)

图 21B

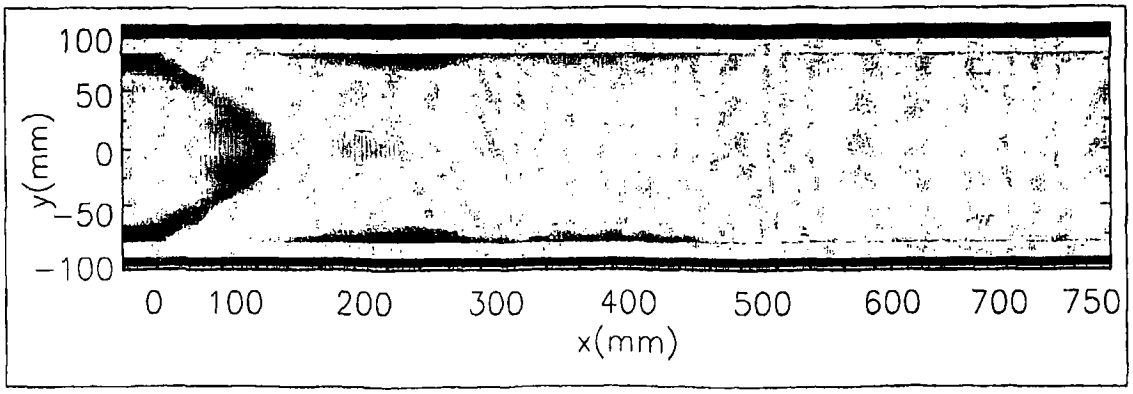

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0
100
200
300
400
500
600
700
750
x(mm)

图 21C

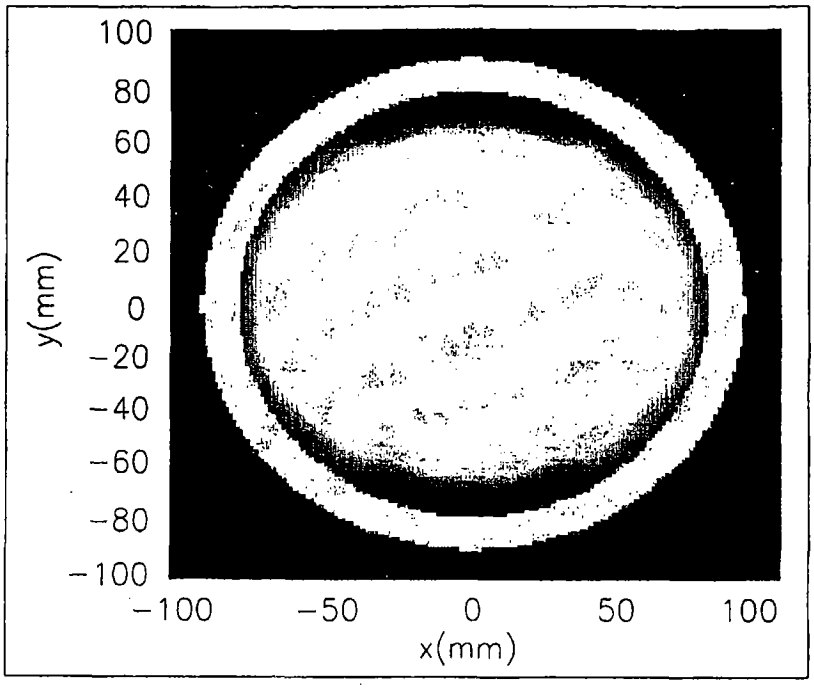

100
80
60
40
20
0
−20
−40
−60
−80
−100
y(mm)
−100
−50
0
50
100
x(mm)

图 22A

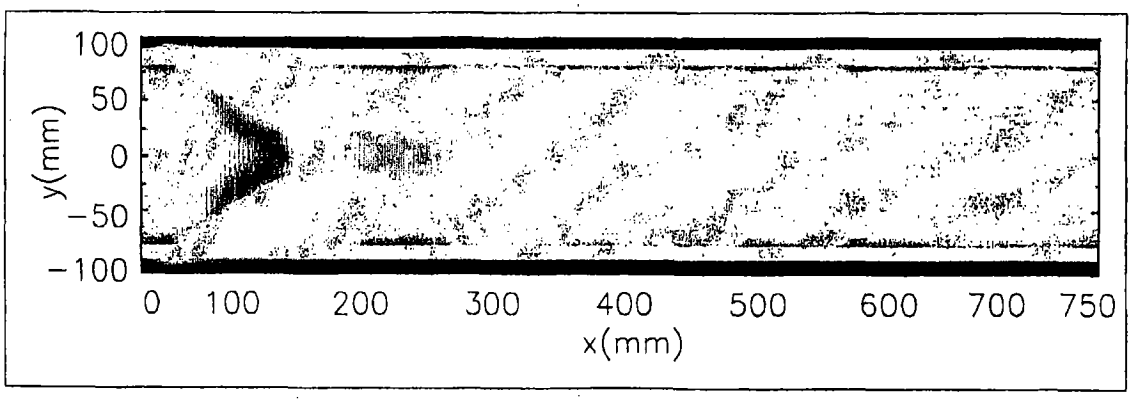

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0 100 200 300 400 500 600 700 750
x(mm)

图 22B

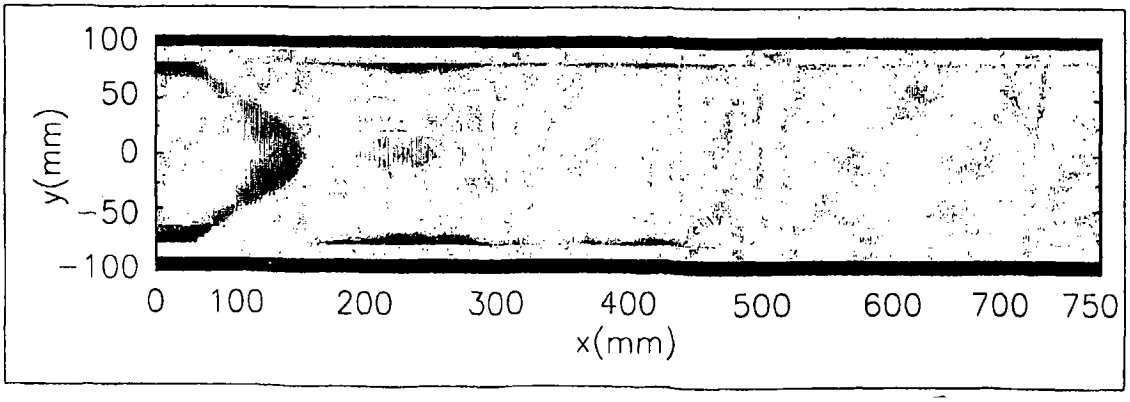
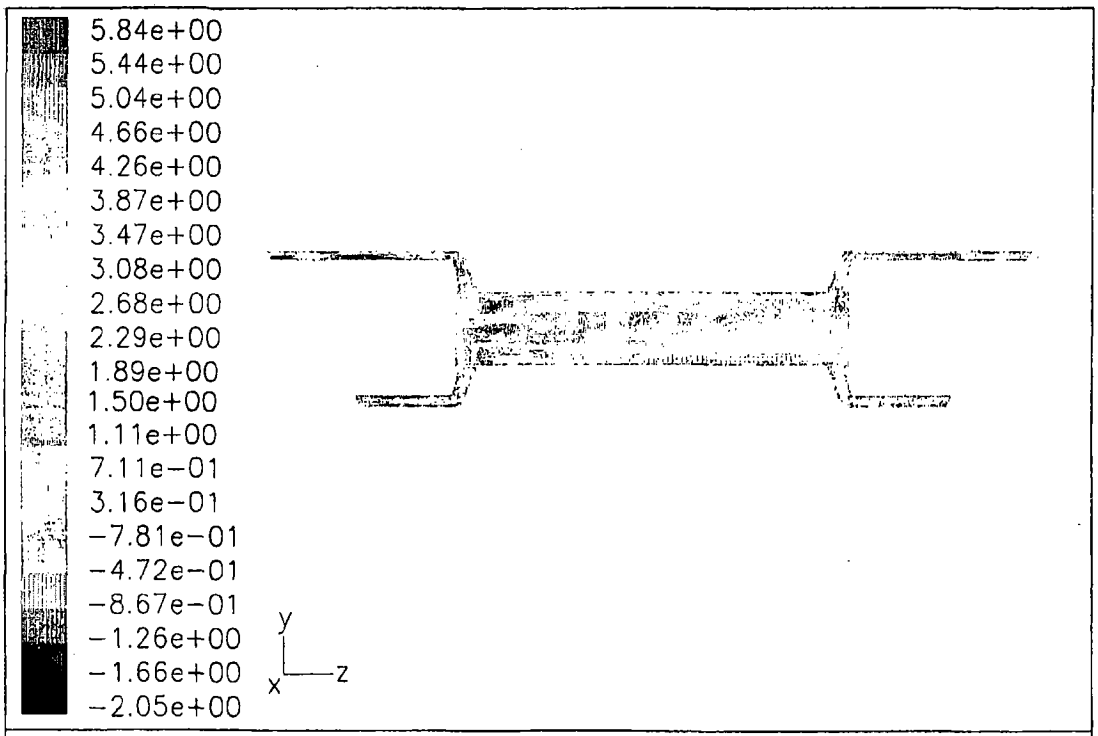

100
50
0
−50
−100
y(mm)
0 100 200 300 400 500 600 700 750
x(mm)

图 22C



平面x=0内的轴向速度（m/s）曲线
约束:

图 23A

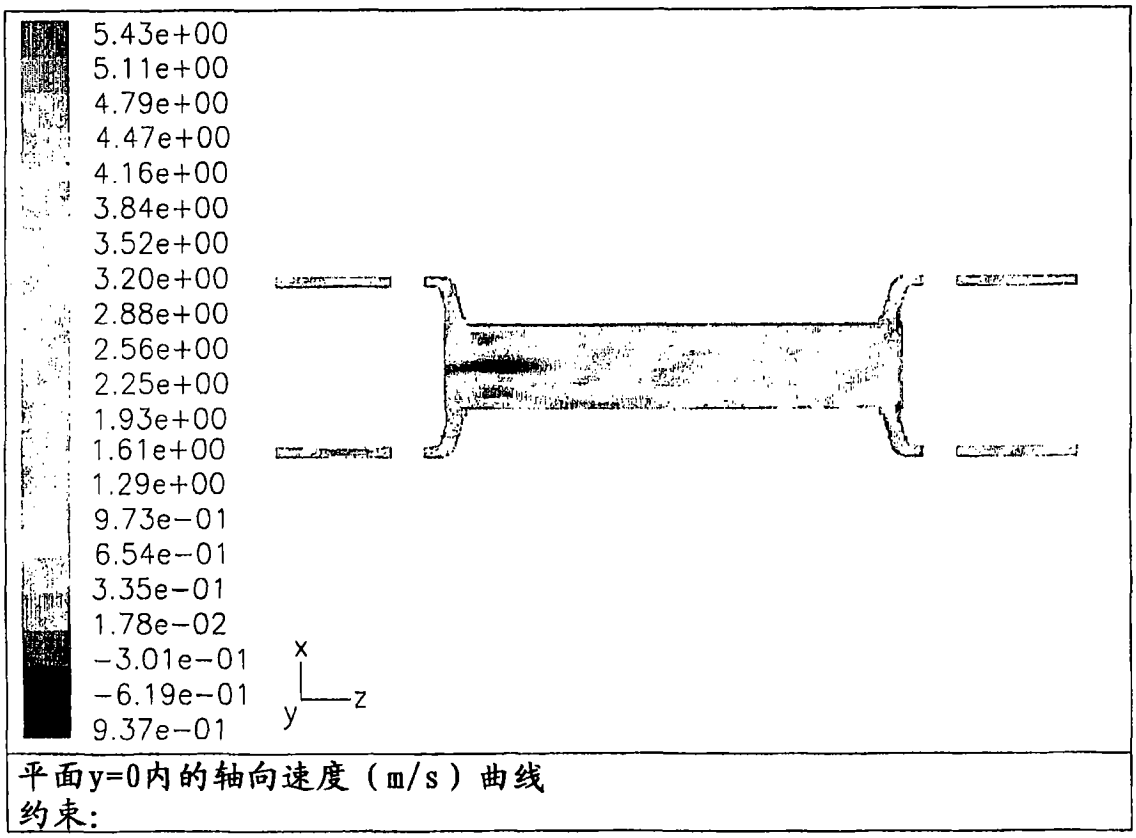

5.43e+00
5.11e+00
4.79e+00
4.47e+00
4.16e+00
3.84e+00
3.52e+00
3.20e+00
2.88e+00
2.56e+00
2.25e+00
1.93e+00
1.61e+00
1.29e+00
9.73e-01
6.54e-01
3.35e-01
1.78e-02
-3.01e-01
-6.19e-01
9.37e-01
x
y
z
平面y=0内的轴向速度（m/s）曲线
约束:

图 23B