

1. 一种纳米气泡的生成系统,其特征在于,其具备:

生成室,所述生成室以密闭状态收容存在于上侧的气相部分和与气相部分的下侧接触的液相部分;

过饱和和溶解液体生成装置,所述过饱和和溶解液体生成装置生成气体以过饱和的状态溶解于液相部分而得到的过饱和和溶解液体;和

纳米气泡生成装置,所述纳米气泡生成装置借助具有纳米尺寸的开口直径的贯通孔将加压后的气体供给至所述过饱和和溶解液体中,由此生成直径小于 $1\mu\text{m}$ 的纳米气泡。

2. 如权利要求1所述的纳米气泡的生成系统,其特征在于,所述过饱和和溶解液体生成装置将加压后的气体供给至所述生成室的气相部分。

3. 如权利要求1所述的纳米气泡的生成系统,其特征在于,所述过饱和和溶解液体生成装置借助贯通孔将加压后的气体供给至所述生成室的液相部分。

4. 如权利要求3所述的纳米气泡的生成系统,其特征在于,所述过饱和和溶解液体生成装置兼作所述纳米气泡生成装置。

5. 如权利要求1~4中任一项所述的纳米气泡的生成系统,其特征在于,其还具备对所述生成室的液相部分进行搅拌的搅拌装置。

6. 如权利要求1~5中任一项所述的纳米气泡的生成系统,其特征在于,其还具备水流产生装置,所述水流产生装置用于促进由所述纳米气泡生成装置生成的纳米气泡从所述纳米气泡生成装置平稳地脱离。

7. 如权利要求1~6中任一项所述的纳米气泡的生成系统,其特征在于,所述贯通孔分别以大于开口直径的三倍的距离分隔。

8. 如权利要求1~7中任一项所述的纳米气泡的生成系统,其特征在于,所述生成的纳米气泡为单分散。

9. 一种纳米气泡的生成方法,其特征在于,其包括下述工序:

以密闭状态将存在于上侧的气相部分和与气相部分的下侧接触的液相部分收容于生成室;

生成气体以过饱和的状态溶解于液相部分而得到的过饱和和溶解液体;和

借助具有纳米尺寸的开口直径的贯通孔将加压后的气体供给至所述过饱和和溶解液体中,由此生成直径小于 $1\mu\text{m}$ 的纳米气泡。

10. 如权利要求9所述的纳米气泡的生成方法,其特征在于,所述过饱和和溶解液体是通过将加压后的气体供给至所述生成室的气相部分而生成的。

11. 如权利要求9所述的纳米气泡的生成方法,其特征在于,所述过饱和和溶解液体是通过借助贯通孔将加压后的气体供给至所述生成室的液相部分而生成的。

12. 如权利要求11所述的纳米气泡的生成方法,其特征在于,所述过饱和和溶解液体的生成兼带所述纳米气泡的生成。

13. 如权利要求9~12中任一项所述的纳米气泡的生成方法,其特征在于,其还具备下述工序:对所述生成室的液相部分进行搅拌。

14. 如权利要求9~13中任一项所述的纳米气泡的生成方法,其特征在于,其还具备下述工序:为了促进所述生成的纳米气泡平稳地脱离而产生水流。

15. 如权利要求9~14中任一项所述的纳米气泡的生成方法,其特征在于,所述贯通孔

分别以大于开口直径的三倍的距离分隔。

16. 如权利要求9～15中任一项所述的纳米气泡的生成方法,其特征在于,所述生成的纳米气泡为单分散。

纳米气泡的生成系统以及生成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及纳米气泡的生成系统以及生成方法。

背景技术

[0002] 以往,对于含有纳米气泡、即具有小于 $1\mu\text{m}$ (1000nm) 的直径的气泡的液体(以下称为含纳米气泡的液体)来说,由于纳米气泡在液相中的停留时间比微米气泡(直径为几微米~几十微米)更长,因此据称清洗、杀菌和除臭的效果提高。作为在液相中产生纳米气泡的纳米气泡产生装置,提出了各种各样的技术,例如有以下的技术。

[0003] 专利文献 1 公开了在混合有气体的水中喷射高压的水,从而使其与纳米气泡产生装置的壁面等碰撞,利用该冲击来产生纳米气泡。

[0004] 专利文献 2 公开了使混合了气体和液体的流体在具有圆筒状结构的装置中流动,并以高速旋转,从而利用由此产生的紊流来剪切气体,由此来产生纳米气泡。

[0005] 专利文献 3 公开了在含有微米气泡等微细气泡的液相中施加超声振动,从而利用该振动使微米气泡等崩溃,产生纳米气泡。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献 1 :日本特开 2009-195889 号公报

[0009] 专利文献 2 :日本特开 2008-272719 号公报

[0010] 专利文献 3 :日本特开 2006-289183 号公报

发明内容

[0011] 发明所要解决的问题

[0012] 专利文献 1 的发明或专利文献 2 的发明分别试图利用冲击力或利用混合气相与液相而成的高速旋流来生成微小的气泡,但是所得到的气泡直径不均匀,有难以控制气泡直径之类的问题。另外,专利文献 3 的发明是基于溶解于液相中的气体来产生纳米气泡,有难以使产生纳米气泡后的液相中的过饱和度稳定之类的问题。

[0013] 另外,由杨-拉普拉斯公式可以认为:缩小至纳米级的气泡内部为高压状态。据称在这样的高压状态下,根据亨利定律,纳米气泡内所包含的气体会溶解于周围的液相中,因此纳米气泡会逐渐缩小,从而早晚会消失,欠缺液相中的稳定性。

[0014] 因此,本发明所要解决的技术问题在于,利用非常简易的构成和工艺来提供纳米气泡在液相中稳定存在的纳米气泡的生成系统和生成方法。

[0015] 用于解决问题的手段

[0016] 为了解决上述技术问题,本发明提供以下的纳米气泡的生成系统和生成方法。

[0017] 即,本发明的纳米气泡的生成系统的特征在于,其具备:生成室,所述生成室以密闭状态收容存在于上侧的气相部分和与气相部分的下侧接触的液相部分;过饱和溶解液体生成装置,所述过饱和溶解液体生成装置生成气体以过饱和的状态溶解于液相部分而得到

的过饱和溶解液体 ; 和纳米气泡生成装置, 所述纳米气泡生成装置借助具有纳米尺寸的开口直径的贯通孔将加压后的气体供给至所述过饱和溶解液体中, 由此生成直径小于 $1\ \mu\text{m}$ 的纳米气泡。

[0018] 本发明的纳米气泡的生成系统中, 所述过饱和溶解液体生成装置优选将加压后的气体供给至所述生成室的气相部分。

[0019] 本发明的纳米气泡的生成系统中, 所述过饱和溶解液体生成装置优选借助贯通孔将加压后的气体供给至所述生成室的液相部分。

[0020] 本发明的纳米气泡的生成系统中, 所述过饱和溶解液体生成装置优选兼作所述纳米气泡生成装置。

[0021] 本发明的纳米气泡的生成系统中, 优选还具备对所述生成室的液相部分进行搅拌的搅拌装置。

[0022] 本发明的纳米气泡的生成系统中, 优选还具备水流产生装置, 所述水流产生装置用于促进由所述纳米气泡生成装置生成的纳米气泡从所述纳米气泡生成装置平稳地脱离。

[0023] 本发明的纳米气泡的生成系统中, 所述贯通孔优选分别以大于开口直径的三倍的距离分隔。

[0024] 本发明的纳米气泡的生成系统中, 所述生成的纳米气泡优选为单分散。

[0025] 同样地, 本发明的纳米气泡的生成方法的特征在于, 其包括下述工序 : 以密闭状态将存在于上侧的气相部分和与气相部分的下侧接触的液相部分收容于生成室 ; 生成气体以过饱和的状态溶解于液相部分而得到的过饱和溶解液体 ; 和借助具有纳米尺寸的开口直径的贯通孔将加压后的气体供给至所述过饱和溶解液体中, 由此生成直径小于 $1\ \mu\text{m}$ 的纳米气泡。

[0026] 发明效果

[0027] 在以密闭状态收容有气相部分和液相部分的生成室中, 生成了气体以过饱和的状态溶解于液相部分而得到的过饱和溶解液体, 在该过饱和溶解液体中生成纳米气泡, 因此可以起到下述这样的效果 : 能够利用非常简易的构成和工艺来生成在液相部分中稳定存在的纳米气泡。

附图说明

[0028] 图 1 是示意性地对本发明的一个实施方式的纳米气泡的生成系统和生成方法进行说明的图。

[0029] 图 2 是表示利用本发明的纳米气泡的生成方法所生成的气泡的粒度分布的图。

[0030] 图 3 是表示利用比较例的纳米气泡的生成方法所生成的气泡的粒度分布的图。

具体实施方式

[0031] 下面, 参照图 1 对本发明的一个实施方式的纳米气泡 5 的生成系统 1 和生成方法进行详细说明。

[0032] 如图 1 所示, 本发明的纳米气泡 5 的生成系统 1 具备 : 即便加压也会保持密闭状态的生成室 10 ; 将被加压为高压后的气体 6 供给至生成室 10 的气瓶 (加压气体供给装置) 12 ; 将被加压为高压后的气体 6 供给至微孔单元 20 的气瓶 (纳米气泡生成用气体供给装置) 13 ;

和产生纳米气泡 5 的微孔单元(纳米气泡生成装置)20。气瓶 12 经由压力调节阀 14 与生成室 10 连接。气瓶 13 经由压力调节阀 18 和压力计 19 与安装在生成室 10 的底壁的微孔单元 20 连接。由这些气瓶 12、13 供给的气体 6 的种类和成分在本实施方式中是相同的。

[0033] 在生成室 10 的下侧,形成了以少于填满的量填充的液相部分 7。另外,在生成室 10 的上侧,形成了被由气瓶 12 供给的气体 6 加压为高压后的气相部分 8。生成室 10 中的液相部分 7 与气相部分 8 经由气液界面而接触。

[0034] 在生成室 10 的气相部分 8 的一侧,优选配置压力调节阀 14 和压力计 15。即,在气瓶 12 与生成室 10 之间设置压力调节阀 14,所述压力调节阀 14 用于对从气瓶 12 供给至生成室 10 的气体 6 的压力精密地进行控制。处于密闭状态的生成室 10 内的气相部分 8 的压力被压力计 15 所监控。另外,在生成室 10 的气相部分 8 的一侧具备压力开放阀(未图示),所述压力开放阀用于将气相部分 8 中的加压压力缓缓地降低至环境压力(大气压)。

[0035] 另外,在生成室 10 的液相部分 7 的一侧,优选配置搅拌装置 16 和水流产生装置 17。即,为了使过饱和溶解液体 4 中的过饱和度尽可能地均匀,并且为了使所生成的纳米气泡 5 在过饱和溶解液体 4 中尽可能地均匀分散,设置用于对生成室 10 内的液相部分 7 进行搅拌的搅拌装置 16。为了促进所生成的纳米气泡 5 从微孔单元 20 平稳地脱离,将水流产生装置 17 设置于微孔单元 20 的附近。此外,对水流产生装置 17 的配置和流速进行调整,以使得不会因水流产生装置 17 而生成尺寸大于纳米气泡 5 的微米气泡。

[0036] 由于根据亨利定律,气体 6 在液相部分 7 中的溶解度与气体 6 的压力成比例,因而随着由气瓶 12 供给的气体 6 的压力而变化,气相部分 8 的压力会变化,构成气相部分 8 的气体 6 会溶解于与气相部分 8 接触的液相部分 7 中,由此规定气体 6 在液相部分 7 中的溶解度。即,越提高由气瓶 12 供给的气体 6 的压力,则气体 6 在液相部分 7 中的溶解度越大。同样地,由后述的微孔单元 20 生成的纳米气泡 5 中所包含的气体 6 也会溶解于位于纳米气泡 5 的周围的液相部分 7 中,由此纳米气泡 5 内的气体 6 的压力越高,则气体 6 在液相部分 7 中的溶解度越大。即,纳米气泡 5 中所包含的气体 6 与纳米气泡 5 中所包含的气体 6 的内压 P_1 成比例地溶解于位于纳米气泡 5 的周围的液相部分 7 中。并且,最终生成室 10 内的液相部分 7 整体中的溶解度与位于纳米气泡 5 的周围的液相部分 7 中的溶解度会变得大致相等。

[0037] 接下来,对产生纳米气泡 5 的微孔单元(纳米气泡生成装置)20 进行说明。

[0038] 具有多孔壁 22 的微孔单元 20 设置于生成室 10 的底壁面的大致中央部分。多孔壁 22 具有多个纳米尺寸的微小的贯通孔 24。生成室 10 内的液相部分 7 和微孔单元 20 内的气相部分 26 被多孔壁 22 分隔。对多孔壁 22 来说,各贯通孔 24 的开口直径尺寸如下构成:借助贯通孔 24 而使微孔单元 20 内的气相部分 26 通过,但是借助贯通孔 24 所具有的表面张力来妨碍液相部分 7 的通过。因此,生成室 10 内的液相部分 7 不会借助多孔壁 22 的贯通孔 24 而逆流到微孔单元 20 内的气相部分 26。

[0039] 若例示出为了生成具有小于 $1\mu\text{m}$ (1000nm) 的直径的纳米气泡 5 所需的贯通孔 24 的开口直径(直径),则为几纳米~几百纳米,优选为约 10nm ~ 约 100nm 。这是因为,在贯通孔 24 的开口直径大致小于 10nm 的情况下,在产生纳米气泡 5 时需要非常大的加压力,因此微孔单元 20 的处理变得困难。另外,在贯通孔 24 的开口直径大致大于 100nm 的情况下,有可能生成比纳米尺寸更大的尺寸的微米气泡。

[0040] 多孔壁 22 优选为由阳极氧化等得到的多孔质体,例如为阳极氧化铝(多孔氧化铝)或阳极氧化硅(多孔二氧化硅)的皮膜。从纳米尺寸的贯通孔 24 的制作的容易性考虑,特别适合为阳极氧化铝皮膜。阳极氧化铝皮膜通过使形成于铝板或其它基板上的铝膜在酸性电解质中进行阳极氧化而得到。

[0041] 阳极氧化铝皮膜具有将例如半径为几纳米~几百纳米的柱状形状的贯通孔 24 以几十纳米~几百纳米的间隔并列而成的几何结构。从贯通孔 24 出来的气泡一般通过以大于贯通孔 24 的开口直径的尺寸扩张的方式来生成。若相邻的贯通孔 24 接近,则即便借助各贯通孔 24 生成纳米气泡 5,相邻的气泡彼此也会合体,从而有时会形成大尺寸的气泡(例如微米气泡)。虽然因多孔壁 22 所接触的液相部分 7 的表面张力的不同而不同,但是例如有可能成为贯通孔 24 的开口直径的四倍左右的大尺寸的气泡。因此,为了避免相邻的气泡彼此干扰,多孔壁 22 中的相邻的贯通孔 24 彼此的间距(分隔距离)优选例如以大于三倍的距离分隔。即,相邻的开口彼此优选以大于开口直径的三倍的距离分隔。

[0042] 另外,作为多孔壁 22,还能够使用在聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯等高分子膜上设置有多个贯通孔的 Monotran 膜等。此外,由于液相部分 7 对多孔壁 22 的润湿性的影响而使得气体 6 变得难以从微小开口直径的贯通孔 24 出来,因此需要提高微孔单元 20 内的气相部分 26 的压力,还需要提高由气瓶 13 供给的气体 6 的压力。

[0043] 此外,就含纳米气泡的液体 3 来说,纳米气泡 5 中所包含的气体 6 的内压 P_1 与环境压力(大气压) P_2 的差压 ΔP 满足规定了液相部分 7 对气体 6 的表面张力 γ 与纳米气泡 5 的直径 D 之间的关系的下述杨-拉普拉斯公式。

$$[0044] \quad \Delta P = P_1 - P_2 = 4\gamma / D \quad (1)$$

[0045] 从由上述(1)所示的杨-拉普拉斯公式可知:纳米气泡 5 的直径 D 越小则差压 ΔP 越大;相反地,纳米气泡 5 中的差压 ΔP 越大则纳米气泡 5 的直径 D 越小。另外,为了得到所期望的纳米气泡 5 的直径 D ,只要使纳米气泡 5 中所包含的气体 6 的内压 P_1 与环境压力 P_2 的差压 ΔP 为杨-拉普拉斯公式所规定的值就行。

[0046] 纳米气泡 5 中的差压 ΔP 越大,则基于杨-拉普拉斯公式,纳米气泡 5 的直径 D 越小,并且基于亨利定律,气体 6 在纳米气泡 5 的周围的液相部分 7 中的溶解度增大,最终气体 6 在生成室 10 内的液相部分 7 整体中的溶解度增大。相反地,若增大气体 6 在生成室 10 内的液相部分 7 整体中的溶解度来增大气体 6 在纳米气泡 5 的周围的液相部分 7 中的溶解度,则能够减小纳米气泡 5 的直径 D 。因此,若制出过饱和状态、即气体 6 以气体 6 在液相部分 7 中的溶解度比通常的大气压下更大的过饱和溶解度溶解于液相部分 7 中的状态,则具有小直径 D 的纳米气泡 5 能够在液相部分 7 中稳定存在。

[0047] 若规定纳米气泡 5 的直径 D ,则纳米气泡 5 中所包含的气体 6 的内压 P_1 和气体 6 在纳米气泡 5 周围的液相部分 7 中的溶解度 S 就确定,进而气体 6 在液相部分 7 整体中的溶解度 S 就确定。气体 6 在液相部分 7 中的溶解度 S 因气体 6 的种类的不同而不同。因而,在液相部分 7 和气体 6 的种类为不同的两种的情况下,纳米气泡 5 的直径 D 与纳米气泡 5 中所包含的气体 6 的内压 P_1 和气体 6 在液相部分 7 中的理论溶解度 S 的关系示于表 1 和 2。另外,表 1 是在表面张力为 0.07N/m 的纯水、1 个气压、25℃的条件下的结果,表 2 是在表面张力为 0.027N/m 的包含表面活性剂的水、1 个气压、25℃的条件下的结果。

[0048] 表 1

[0049]

纳米气泡的 直径: D (nm)	纳米气泡的 内压: P1 (MPa)	气体的溶解度: S (mg/升)			
		氮	氧	臭氧	二氧化碳
10	28.9	5230	11600	175000	425000
100	2.98	539	1190	18000	43800
700	0.51	93	3100	3100	7530
1000	0.39	70	2360	2360	5710

[0050] 表 2

[0051]

纳米气泡的 直径: D (nm)	纳米气泡的 内压: P1 (MPa)	气体的溶解度: S (mg/升)			
		氮	氧	臭氧	二氧化碳
10	10.9	1970	4370	66000	160000
100	1.18	214	473	7150	17400
700	0.26	46	102	1550	3760
1000	0.21	38	84	1270	3080

[0052] 根据表 1, 在液相部分 7 为纯水且气体 6 为氧的气液平衡体系中, 若使纳米气泡 5 的直径 D 例如为 100nm, 则纳米气泡 5 的内压 P1 为 2.98MPa, 溶解度 S 为 1190mg/升。同样地, 根据表 2, 在液相部分 7 为包含表面活性剂的水且气体 6 为氧的气液平衡体系中, 若使纳米气泡 5 的直径 D 例如为 100nm, 则纳米气泡 5 的内压 P1 为 1.18MPa, 溶解度 S 为 473mg/升。表 1 和 2 所示的溶解度 S 是由杨-拉普拉斯公式和亨利定律得到的理论数值, 并且还会因表面张力而变动, 因而为了使得具有所期望的直径的纳米气泡 5 在过饱和溶解液体 4 中稳定存在, 实际上只要调整为表 1 和 2 所示的溶解度 S 的大约 0.5 ~ 2 倍就行。

[0053] 在大气压(一个气压)下, 气体 6 不会以与大气压对应的饱和溶解度以上的程度溶入液相部分 7。但是, 在对气体 6 进行了加压的加压环境下, 气体 6 能够以与加压力对应的溶解度溶解于液相部分 7 中, 大气压下的饱和溶解度以上的气体 6 会溶入液相部分 7。若从加压环境下缓缓地返回到大气压环境下, 则能够制出饱和溶解度以上的气体 6 溶入了液相部分 7 的状态即过饱和状态, 该过饱和状态即便在大气压环境下也比较稳定。

[0054] 这样的过饱和状态能够在部分被液相部分 7 充满且剩余用气相部分 8 充满的生成室 10 中分别通过下述方式制出: 1) 利用由气瓶 12 供给的气体 6 使生成室 10 的气相部分 8 为加压状态; 和 / 或 2) 使得在生成室 10 的液相部分 7 中产生纳米气泡 5。1) 的使气相部分 8 为加压状态的方法是因为, 由于气相部分 8 中的压力升高, 因此基于亨利定律, 气体 6 在液相部分 7 中的溶解度变大。另外, 2) 的利用纳米气泡的产生的方法是因为, 对具有小直径 D 的纳米气泡 5 而言, 存在于液相部分 7 中的纳米气泡 5 内部的气体 6 的差压 ΔP 变大, 因此基于亨利定律, 气体 6 在液相部分 7 中的溶解度变大。并且, 气体 6 以饱和溶解度以上地溶解于液相部分 7 的过饱和状态的液相部分 7 可以称为过饱和溶解液体 4。

[0055] 实施例 1

[0056] 接着, 对含纳米气泡的液体 3 的制造工艺进行说明。

[0057] 首先, 1) 用由气瓶 12 供给的气体 6 使生成室 10 的气相部分 8 为加压状态; 和 / 或

2)使得在生成室 10 的液相部分 7 中产生纳米气泡 5,由此使得气体 6 以饱和溶解度以上的所期望的过饱和和溶解度溶解于液相部分 7 中。此时,为了使液相部分 7 中的过饱和度尽可能均匀,优选利用搅拌装置 16 来搅拌液相部分 7。并且,打开压力开放阀,从而将生成室 10 内的气相部分 8 中的压力缓缓地降低至环境压力(大气压),由此生成过饱和和溶解液体 4。在过饱和和溶解液体 4 中,气体 6 以规定的过饱和和溶解度较稳定地溶解于液相部分 7 中。

[0058] 接着,当将来自气瓶 13 的气体 6 供给至微孔单元 20 时,所供给的气体 6 借助微小的贯通孔 24 而被供给至生成室 10 内的过饱和和溶解液体 4 中。通过由气瓶 13 供给的气体 6,在生成室 10 内的过饱和和溶解液体 4 中形成纳米气泡 5。此时,为了使所生成的纳米气泡 5 从微孔单元 20 平稳地脱离,优选利用水流产生装置 17 形成朝向微孔单元 20 的过饱和和溶解液体 4 的流动。

[0059] 并且,过饱和和溶解液体 4 中的过饱和和溶解度成为与所期望的纳米气泡 5 的直径对应的溶解度,因此在纳米气泡 5 中的气体 6 与存在于纳米气泡 5 的周围的过饱和和溶解液体 4 之间,成为遵从上述杨-拉普拉斯公式和亨利定律的气液平衡状态。其结果是,具有所期望的直径 D 的纳米气泡 5 能够在过饱和和溶解液体 4 中稳定存在。

[0060] 为了对纳米气泡 5 在过饱和和溶解液体 4 中的稳定性进行确认,进行了以下的测定。

[0061] 通过将过饱和和溶解液体 4 流入圆筒状的微孔膜内来生成纳米气泡 5,之后经过 5.1 秒而得到含纳米气泡的液体 3,将该含纳米气泡的液体 3 导入激光衍射/散射式粒度分布计(岛津制作所制造的商品名“SALD2100”)的测定单元,由此测定气泡直径分布。过饱和和溶解液体 4 通过使生成室 10 的气相部分 8 为加压状态(绝对压力为约 0.4MPa)而生成。供作测定的含纳米气泡的液体 3 是液相部分 7 为包含表面活性剂的水且气体 6 为氧的气液平衡体系的物质。所得到的气泡直径分布的测定结果示于图 2。另外,就气泡直径的计算来说,将气泡的折射率设为 1.35,并且以平均直径表示气泡的平均直径。由图 2 还可确认:由本发明得到的气泡是单分散性优异的平均直径为约 700nm 的纳米气泡,即便在纳米气泡生成后经过 5.1 秒,也会稳定存在。另外,此时氧在包含表面活性剂的水中的过饱和和溶解度为约 80mg/升。

[0062] 此外,为了比较,对纳米气泡 5 在气体 6 的溶解度为饱和和溶解度的饱和液体中的稳定性进行确认,因此进行了与上述同样的测定。

[0063] 将在饱和液体中生成纳米气泡后经过 5.1 秒的含气泡液体导入激光衍射/散射式粒度分布计(岛津制作所制造的商品名“SALD2100”)的测定单元中,测定气泡直径分布。供作测定的含气泡液体是液相部分 7 为包含表面活性剂的水且气体 6 为氧的气液平衡体系的物质。所得到的气泡直径分布的测定结果示于图 3。另外,就气泡直径的计算来说,将气泡的折射率设为 1.35,并且以平均直径表示气泡的平均直径。由图 3 还可知:作为比较例进行了实验的气泡是具有各种各样的气泡直径的宽的气泡,其是平均直径为约 66 μm 的微米气泡,并且纳米气泡的稳定性差,基本上不存在纳米气泡。另外,此时氧在包含表面活性剂的水中的溶解度为约 10mg/升。

[0064] 根据上述说明,若使用本发明的生成系统 1 和生成方法,则通过适当地对过饱和和溶解液体 4 中的气体 6 的过饱和和溶解度和/或微孔单元 20 中的多孔壁 22 的贯通孔 24 的开口直径进行调整,能够制作含有具有小于 1 μm (1000nm) 的直径的纳米气泡 5 的含纳米气泡的液体 3。因此,在以密闭状态收容有气相部分 8 和液相部分 7 的生成室 10 中,生成了

气体6以过饱和的状态溶解于液相部分7而得到的过饱和溶解液体4,在该过饱和溶解液体4中生成纳米气泡5,因此能够利用非常简易的构成和工艺生成在液相部分7中稳定存在的纳米气泡5。

[0065] 在利用本发明的生成系统1和生成方法所生成的含纳米气泡的液体3中,纳米气泡5在液相部分7中较稳定地存在,因此该含纳米气泡的液体3能够在清洗、净化、除臭、杀菌、生物活性等方面发挥优异的效果,能够在电气、机械、化学、农林水产、医疗等各种各样的领域中利用。

[0066] 作为在利用本发明的生成系统1和生成方法所生成的含纳米气泡的液体3中使用的液相部分7,能够例示出以纯水、自来水、离子交换水或软水等水为首、包含氯化钠或表面活性剂的溶液、有机溶剂或汽油之类的油类等。另外,作为所生成的含纳米气泡的液体3中所使用的气体6,能够例示出氧气、氮气、氢气、二氧化碳气体、氩气、臭氧气体、氦气或甲烷气体之类的烃气等。

[0067] 另外,上述实施方式中,是利用安装在生成室10的底壁的微孔单元20来生成纳米气泡5的所谓分批式的生成系统。与此相对,还能够是包含多孔体且设置于生成室的外部的微孔单元经由配管等与生成室连接而成的生成系统,其是含纳米气泡的液体在生成系统内循环的连续式的生成系统。这样的微孔单元中,在多孔体的外侧供给了加压后的气体的气相空间与在多孔体的内侧连续地流动液体等的液相空间被圆筒状的多孔体所分隔。其结果是,在连续循环的含纳米气泡的液体中,能够生成纳米气泡。

[0068] 此外,为了使本发明易于理解,使用具体的构成和数值来进行了说明,但是这些终究是例示,并不限定本发明的技术范围。对于本领域的技术人员来说,显然能够在本发明的技术范围内构成各种实施方式和变形例。

[0069] 符号说明

[0070] 1 含纳米气泡的液体的生成系统

[0071] 3 含纳米气泡的液体

[0072] 4 过饱和溶解液体

[0073] 5 纳米气泡

[0074] 6 气体

[0075] 7 液相部分

[0076] 8 气相部分

[0077] 10 生成室

[0078] 12 气瓶(加压气体供给装置)

[0079] 13 气瓶(纳米气泡生成用气体供给装置)

[0080] 16 搅拌装置

[0081] 17 水流产生装置

[0082] 20 微孔单元(纳米气泡生成装置)

[0083] 22 多孔壁

[0084] 24 贯通孔

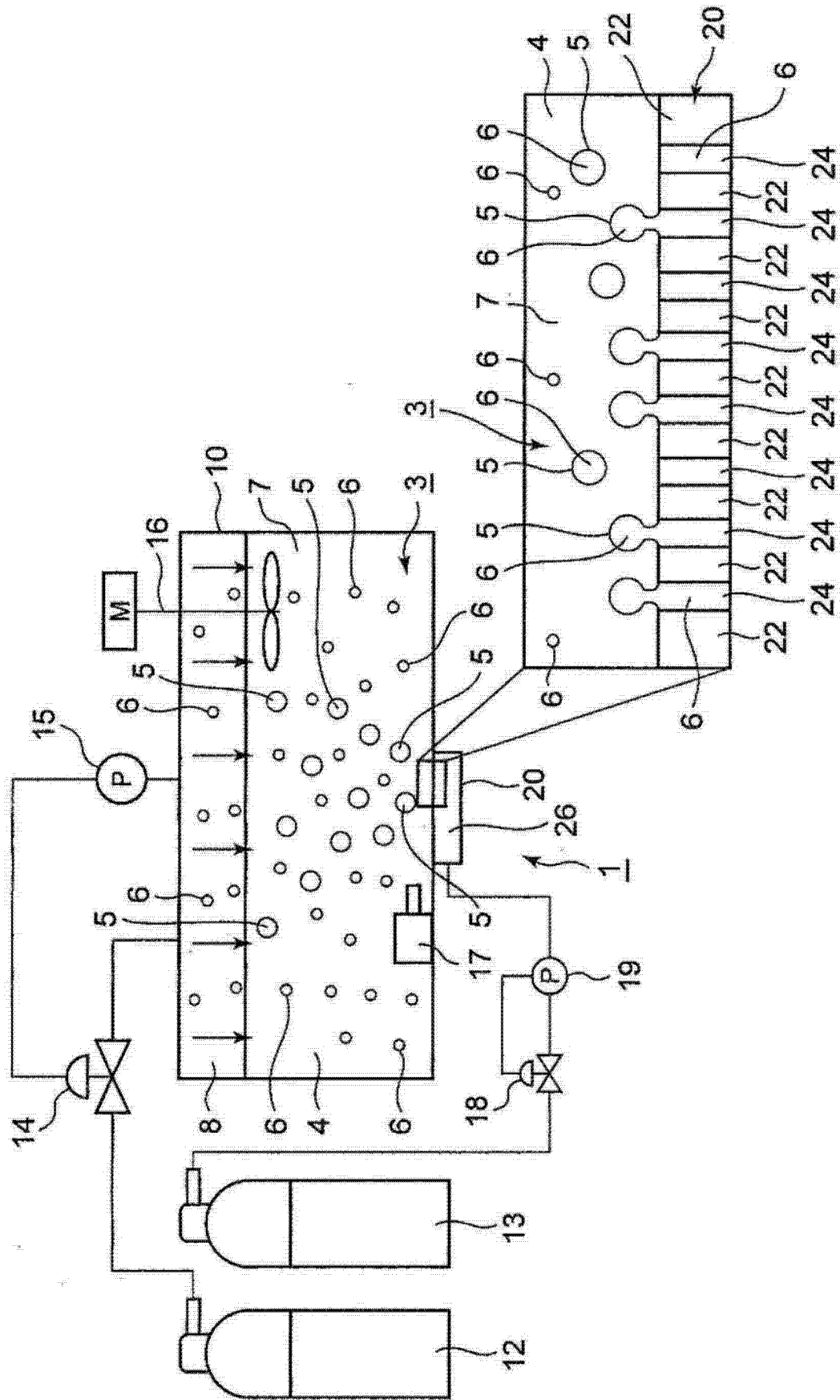


图 1

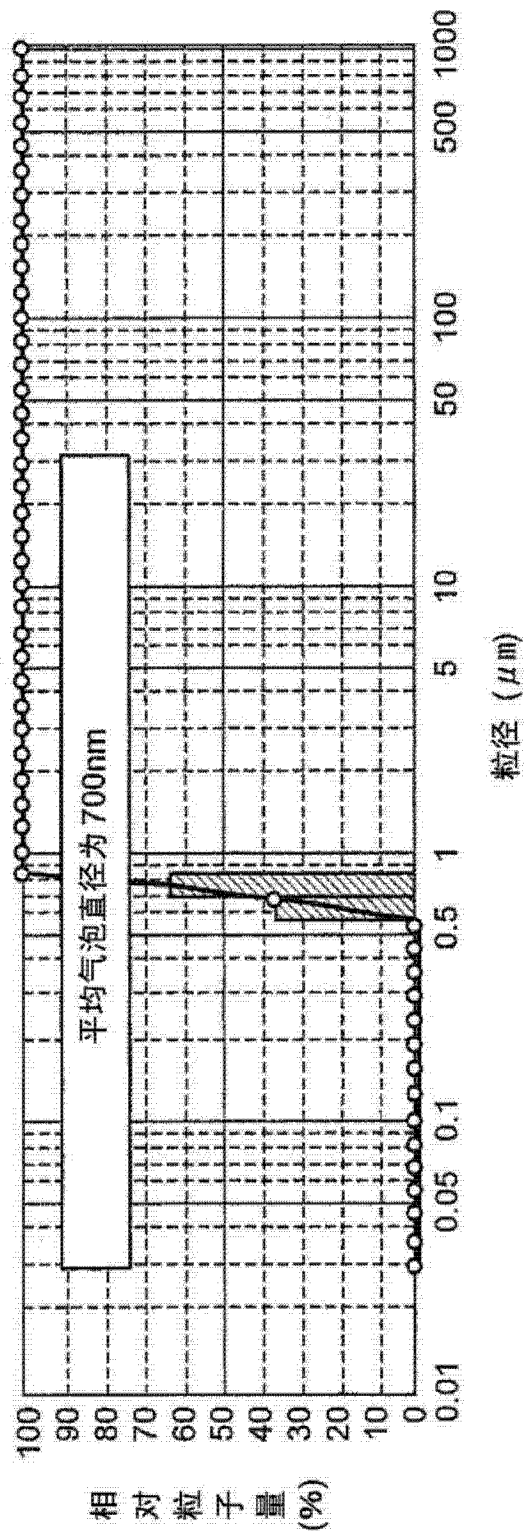


图 2

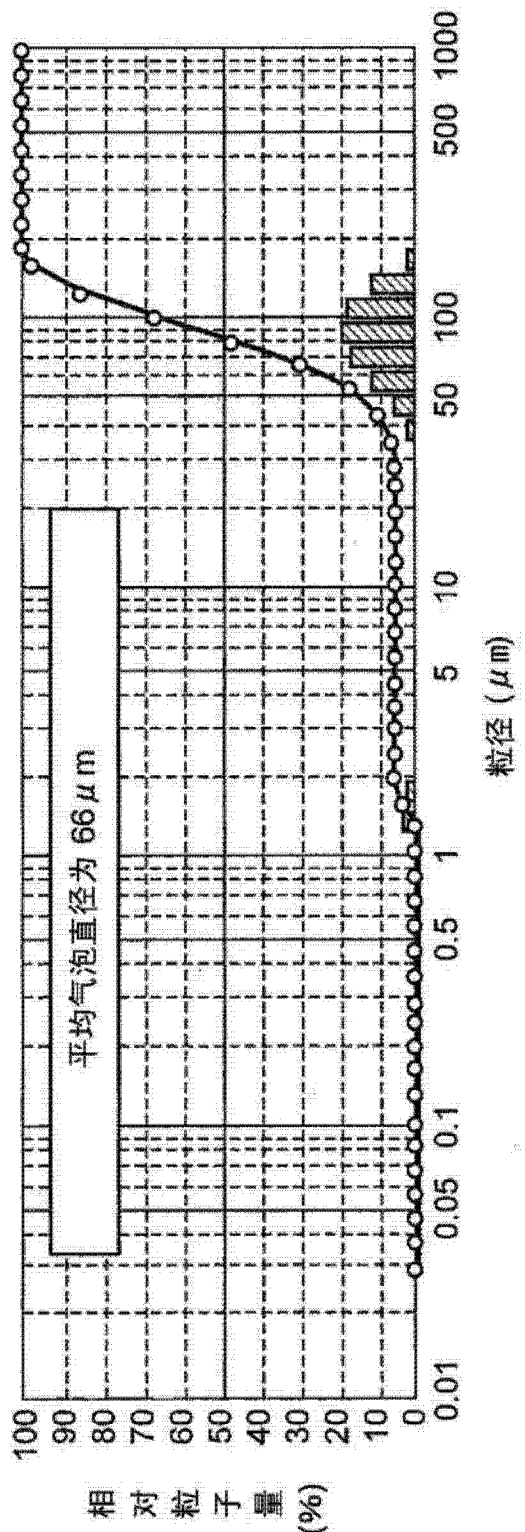


图 3