(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0064150
(43) 공개일자 2021년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01F 1/00 (2006.01) *B01F 11/02* (2006.01)
B01F 3/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01F 1/0038 (2013.01)
B01F 11/0291 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0066891(분할)
(22) 출원일자 2021년05월25일
심사청구일자 2021년05월25일
(62) 원출원 특허 10-2019-0132899
원출원일자 2019년10월24일
심사청구일자 2019년10월24일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
이승엽
서울특별시 동작구 동작대로45길 22 이수교KCC스위첸아파트 104동 1302호
서한복
서울특별시 도봉구 도봉로 136길 111 창동현대2차아파트 203-702
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김현진

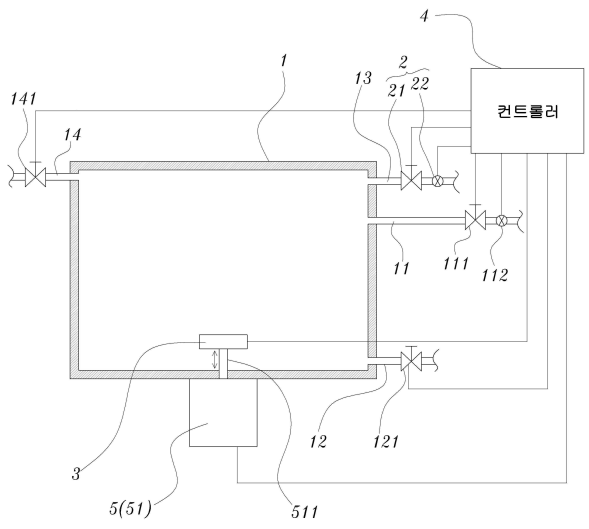
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **포그와 버블을 이용한 기체용해장치**

(57) 요 약

본 발명은 기체용해장치에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 초음파를 이용하여 미세버블의 생성시 포그의 발생을 제어하여 기체의 용해도를 높이고 고농도의 미세버블을 제조할 수 있으며, 상온 및 상압의 조건에서 기체의 농도가 안정적으로 유지될 수 있고, 간단한 구조를 통해 소형화를 이룰 수 있고 빠른 시간 내에 기체를 용해시킬 수 있으며, 기체의 용해도의 향상뿐만 아니라 다양한 크기와 농도를 가지는 미세버블을 용이하게 생성할 수 있는 포그와 버블을 이용한 기체용해장치에 대한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01F 3/04106 (2013.01)
(72) 발명자
이상효
경기도 성남시 중원구 원터로 18번길 19, 102동 809호
김태윤
경기도 의왕시 백운중앙로 46, 110동 1004호 (효성해링턴플레이스 1단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1485017536
과제번호 2019002790006
부처명 환경부
과제관리(전문)기관명 한국환경산업기술원
연구사업명 자연환경기술개발사업
연구과제명 딱총새우의 버블 충격파를 모사한 녹조 제거용 나노버블 충격파 발생 장치 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 서강대학교 산학협력단
연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711127063
과제번호 2021R1A2C2012333
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중견연구
연구과제명 초고속 식물 포자 발사 매커니즘을 모방한 무전원 버블 진동 구동기 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 서강대학교 산학협력단
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

액체 상태의 용매를 수용하는 수용탱크와; 상기 수용탱크 내 기체를 공급하는 기체제공부와; 상기 수용탱크 내에 수용된 용매에 초음파를 가하는 초음파발생원과; 상기 기체의 용해도를 증가시키기 위해, 상기 초음파발생원을 작동시켜 포그의 생성을 제어하는 컨트롤러;를 포함하는 것을 특징으로 하는 기체용해장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 컨트롤러는 상기 수용탱크 내에 일정 수위로 용매가 공급되도록 제어하는 용매공급부를 포함하며,

상기 수용탱크 내 용매의 표면과 수용탱크 상면 사이에는 일정 간격이 형성되어 용매의 표면 위에서 생성된 포그가 위치할 수 있는 일정 공간이 형성될 수 있도록, 상기 용매공급부는 상기 수용탱크에 일정량의 용매를 공급하는 것을 특징으로 하는 기체용해장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는

기체의 용해도를 증가시키기 위해 저장부에 저장된 설정테이블에 따라, 상기 초음파발생원이 용매에 초음파를 가하는 작동을 제어하여 포그 발생량을 조절하는 포그조절부를 포함하는 것을 특징으로 하는 기체용해장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

초음파발생원의 설치 위치, 용매의 수위, 사용되는 초음파발생원의 개수, 초음파발생원이 발생시키는 초음파 주파수, 초음파발생원의 직경 중 어느 하나 이상의 조절을 통해, 포그가 발생하거나 발생하지 않도록 하는 것이 가능하며, 포그의 발생량을 조절하는 것이 가능한 것을 특징으로 하는 기체용해장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는

상기 기체제공부의 작동을 제어하여 상기 수용탱크 내에 일정 유량으로 기체가 공급되도록 하는 기체공급부를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 기체용해장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 기체용해장치에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 초음파를 이용하여 미세버블의 생성시 포그의 발생을 제어하여 기체의 용해도를 높이고 고농도의 미세버블을 제조할 수 있으며, 상온 및 상압의 조건에서 기체의 농도가 안정적으로 유지될 수 있고, 간단한 구조를 통해 소형화를 이룰 수 있고 빠른 시간 내에 기체를 용해시킬 수 있으며, 기체의 용해도의 향상뿐만 아니라 다양한 크기와 농도를 가지는 미세버블을 용이하게 생성할 수 있는 포그와 버블을 이용한 기체용해장치에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 물 등의 용매 내에 기체(예컨대, 이산화탄소, 수소, 산소, 오존 등)의 용존률을 높이기 위해 기체용해장치가 사용되고 있다. 상기 기체용해장치는 기체의 용해도를 높이기 위해 다양한 방법이 이용되고 있는데, 하기 실용신안문헌은 기체의 압축 순환을 이용하는 기체용해장치의 일 예를 개시하고 있다.

[0003] <실용신안문헌>

[0004] 등록실용신안공보 제20-0319923호(2003. 07. 02. 등록) "압축순환식 기체용해장치"

[0005] 하지만, 종래의 기체용해장치는 저온 및 고압 상태에서 기체의 용해가 이루어지므로, 구조가 복잡하며 경제성이 떨어지고, 특정 기체가 용해된 용액을 이용하게 되는 상온 및 상압 상태에서 기체의 농도를 유지하기가 어려운 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로,

[0007] 본 발명은 초음파를 이용하여 미세버블의 생성시 포그의 발생을 제어하여, 기체의 용해도를 높이고 고농도의 미세버블을 제조할 수 있는 포그와 버블을 이용한 기체용해장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0008] 또한, 본 발명은 상온 및 상압의 조건에서 기체의 농도가 안정적으로 유지될 수 있는 포그와 버블을 이용한 기체용해장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0009] 또한, 본 발명은 기체를 용매 내 또는 초음파 발생원 근처에 공급할 필요가 없고, 고온 및 저온을 유지하기 위한 구성을 필요치 않아, 간단한 구조를 통해 소형화를 이룰 수 있고 빠른 시간 내에 기체를 용해시킬 수 있는 포그와 버블을 이용한 기체용해장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0010] 또한, 본 발명은 기체의 용해도의 향상뿐만 아니라, 다양한 크기와 농도를 가지는 미세버블을 용이하게 생성할 수 있는 포그와 버블을 이용한 기체용해장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 앞서 본 목적을 달성하기 위해서 다음과 같은 구성을 가진 실시예에 의해서 구현된다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 기체용해장치는 액체 상태의 용매를 수용하는 수용탱크와; 상기 수용탱크 내 기체를 공급하는 기체제공부와; 상기 수용탱크 내에 수용된 용매에 초음파를 가하는 초음파발생원과; 상기 기체의 용해도를 증가시키기 위해, 상기 초음파발생원을 작동시켜 포그의 생성을 제어하는 컨트롤러; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 기체용해장치에 있어서 상기 컨트롤러는 상기 수용탱크 내에 일정 수위로 용매가 공급되도록 제어하는 용매공급부를 포함하며, 상기 수용탱크 내 용매의 표면과 수용탱크 상면 사이에는 일정 간격이 형성되어 용매의 표면 위에서 생성된 포그가 위치할 수 있는 일정 공간이 형성될 수 있도록, 상기 용매공급부는 상기 수용탱크에 일정량의 용매를 공급하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 기체용해장치에 있어서 상기 컨트롤러는 기체의 용해도를 증가시키기 위해 저장부에 저장된 설정테이블에 따라, 상기 초음파발생원이 용매에 초음파를 가하는 작동을 제어하여 포그 발생량을 조절하는 포그조절부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 기체용해장치에 있어서 초음파발생원의 설치 위치, 용매의 수위, 사용되는 초음파발생원의 개수, 초음파발생원이 발생시키는 초음파 주파수, 초음파발생원의 직경 중 어느 하나 이상의 조절을 통해, 포그가 발생하거나 발생하지 않도록 하는 것이 가능하며, 포그의 발생량을 조절하는 것이 가능한 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 기체용해장치에 있어서 상기 컨트롤러는 상기 기체제공부의 작동을 제어하여 상기 수용탱크 내에 일정 유량으로 기체가 공급되도록 하는 기체공급부를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명은 앞서 본 실시예와 하기에 설명할 구성과 결합, 사용관계에 의해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

[0018] 본 발명은 초음파를 이용하여 미세버블의 생성시 포그의 발생을 제어하여, 기체의 용해도를 높이고 고농도의 미세버블을 제조할 수 있는 효과가 있다.

[0019] 또한, 본 발명은 상온 및 상압의 조건에서 기체의 농도가 안정적으로 유지될 수 있는 효과가 있다.

[0020] 또한, 본 발명은 기체를 용매 내 또는 초음파 발생원 근처에 공급할 필요가 없고, 고온 및 저온을 유지하기 위한 구성을 필요치 않아, 간단한 구조를 통해 소형화를 이룰 수 있고 빠른 시간 내에 기체를 용해시킬 수 있는 효과가 있다.

[0021] 또한, 본 발명은 기체의 용해도의 향상뿐만 아니라, 다양한 크기와 농도를 가지는 미세버블을 용이하게 생성할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 기체용해장치의 개략 구성도.

도 2는 도 1의 컨트롤러의 세부구성을 나타내는 블럭도.

도 3 및 4는 도 1의 기체용해장치를 미세 버블을 제조하는 방법을 설명하기 위한 참고도.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체용해장치를 이용하여 기체 용해 방법을 설명하기 위한 실험 장치의 모식도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하에서는 본 발명에 따른 포그와 버블을 이용한 기체용해장치를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 한 어느 곳에서든지 동일한 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 특별한 정의가 없는 한 본 명세서의 모든 용어는 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 기술자가 이해하는 당해 용어의 일반적 의미와 동일하고, 만약 본 명세서에 사용된 용어의 의미와 충돌하는 경우에는 본 명세서에 사용된 정의에 따른다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 포그와 버블을 이용한 기체용해장치를 도 1 내지 4를 참조하여 설명하면, 상기 기체용해장치는 액체 상태의 용매를 수용하는 수용탱크(1)와, 상기 수용탱크(1) 내 기체를 공급하는 기체제공부(2)와, 상기 수용탱크(1) 내에 수용된 용매에 초음파를 가하는 초음파 발생원(3)과, 상기 초음파 발생원(3)의 작동을 제어하여, 미세버블 및 포그를 생성하여 기체 용해도를 증가시키고, 미세버블의 발생시 포그의 생성량을 조절함으로써 용매에 포함된 미세 버블의 사이즈와 농도를 조절하는 컨트롤러(4);를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 상기 수용탱크(1)는 액체 상태의 용매를 수용하는 구성으로, 용매유입로(11), 용매배출로(12), 기체유입로(13) 및 기체배출로(14) 등을 포함한다.

[0028] 상기 용매유입로(11)는 일단이 수용탱크(1)와 연통되어 상기 수용탱크(1) 내에 액체 상태의 용매가 공급되도록 하는 구성으로, 상기 용매유입로(11)를 개폐하는 밸브(111), 상기 용매유입로(11)를 통해 상기 수용탱크(1) 내로 용매가 이동하도록 힘을 가하는 펌프(112) 등을 포함한다.

[0029] 상기 용매배출로(12)는 일단이 수용탱크(1)와 연통되어 기체가 용해되고 미세 버블이 형성된 상기 수용탱크(1) 내의 용액이 배출되도록 하는 구성으로, 상기 용매배출로(12)를 개폐하는 밸브(121) 등을 포함한다.

[0030] 상기 기체유입로(13)는 일단이 수용탱크(1)에 연통되어 상기 수용탱크(1) 내에 기체가 공급되도록 하는 구성이다.

[0031] 상기 기체배출로(14)는 일단이 수용탱크(1)에 연통되어 상기 수용탱크(1) 내의 기체의 일부가 외부로 배출되도록 하는 구성으로, 상기 기체배출로(14)를 개폐하는 밸브(141) 등을 포함한다. 상기 수용탱크(1) 내에 공급된 기체가 일부 배출되도록 함으로써 기체를 상기 수용탱크(1) 내에 계속적으로 공급하면서도 상기 수용탱크(1) 내부의 압력을 일정하게 유지할 수 있으며, 도시하지 않았지만 상기 기체배출로(14)를 통해 배출된 기체는 따로 모아 다시 기체유입로(13)를 통해 상기 수용탱크(1)에 공급될 수 있다.

[0033] 상기 기체제공부(2)는 상기 수용탱크(1) 내 기체를 공급하는 구성으로, 기체가 저장되며, 상기 기체유입로(13)와 연통된 기체탱크(미도시)와, 상기 기체유입로(13)를 개폐하는 밸브(21), 상기 기체유입로(13)를 통해 상기 수용탱크(1) 내로 기체가 이동하도록 힘을 가하는 펌프(22) 등을 포함한다. 상기 기체제공부(2)에 공급된 기체는 용매의 상층에 위치하게 된다.

[0035] 상기 초음파발생원(3)은 상기 수용탱크(1) 내에 수용된 용매에 초음파를 가하는 구성으로, 상기 초음파발생원(3)은 상기 수용탱크(1) 내에 수용된 용매에 초음파를 가하는 구성으로, 종래의 초음파 진동자가 사용될 수 있다. 상기 초음파발생원(3)는 복수 개가 다양한 위치에 설치되는 것도 가능하며, 상부가 코팅되거나, 마개(미도시) 등에 의해 끼워져 상기 수용탱크(1) 내부에 위치하는 것도 가능하다. 용매 내부에 위치하는 초음파발생원(3)을 작동시키면 초음파가 발생하여 용매에 진동을 가하여, 용매 속에 미세 버블이 형성되고, 용매 내부에 형성된 압력장에 의해 용매 표면에서 기체층으로 상승하는 물기둥이 형성되며, 이때 동시에 용매 표면 위에서는 포그(안개)가 형성되도록 할 수 있다. 초음파발생원의 설치 위치, 용매의 수위, 사용되는 초음파발생원의 개수, 초음파발생원이 발생시키는 초음파 주파수, 초음파발생원의 직경 등의 다양한 조건에 따라, 미세 버블 생성시 포그가 발생하거나 발생하지 않도록 하는 것이 가능하며, 포그의 발생량을 조절하는 것이 가능하다. 즉, 용매 속에 위치하는 초음파발생원을 작동시키면 반드시 미세 버블은 발생하게 되나 용매 표면 위에서 포그가 발생하거나 발생하지 않도록 할 수 있으며, 포그가 발생하는 경우 포그의 발생량을 조절할 수 있다. 예컨대, 초음파발생원이 용매의 수면에 가깝게 위치할수록 포그가 많이 발생하게 된다.

[0037] 상기 컨트롤러(4)는 상기 초음파발생원(3)의 작동을 제어하여, 미세버블 및 포그를 생성하여 기체 용해도를 증가시키고, 미세버블의 발생시 포그의 생성량을 조절함으로써 용매에 포함된 미세 버블의 사이즈와 농도를 조절하는 구성으로, 용매공급부(41), 용매배출부(42), 기체공급부(43), 전원공급부(44), 포그조절부(45), 저장부(46), 제어부(47) 등을 포함한다.

[0038] 상기 용매공급부(41)는 상기 수용탱크(1) 내에 일정 수위로 용매가 공급되도록 제어하는 구성으로, 예컨대 밸브(111)를 제어하여 용매유입로(11)를 개방시키고 펌프(112)를 일정 시간 동안 작동시켜 상기 수용탱크(1)에 일정 수위로 용매가 공급되도록 할 수 있다. 상기 수용탱크 내 용매의 표면과 수용탱크 상면 사이에는 일정 간격이 형성되도록, 즉 용매의 표면 위에서 생성된 포그가 위치할 수 있는 일정 공간이 형성될 수 있도록, 상기 용매공급부(41)는 상기 수용탱크(1)에 용매를 공급하게 된다.

[0039] 상기 용매배출부(42)는 기체가 용해되고 미세 버블이 포함된 용액이 상기 수용탱크(1)에서 배출되도록 제어하는 구성으로, 예컨대 밸브(121)을 제어하여 용매배출로(12)를 개방시켜 기체가 용해되고 미세 버블이 포함된 용액이 배출되도록 할 수 있다.

[0040] 상기 기체공급부(43)는 상기 수용탱크(1) 내에 일정 유량으로 기체가 공급되도록 제어하는 구성으로, 예컨대 밸브(21, 141)를 제어하여 기체유입로(13)와 기체배출로(14)를 개방시키고 펌프(22)를 작동시켜, 상기 수용탱크 내부가 일정 압력으로 유지되면 일정 유량으로 기체가 공급되도록 할 수 있다.

[0041] 상기 전원공급부(44)는 상기 초음파발생원(5)을 작동시키는 전원을 공급하는 구성이다.

[0042] 상기 포그조절부(45)는 기체의 용해도를 증가시키고, 특정 사이즈와 농도를 가지는 버블을 생성하기 위해 저장부(46)에 저장된 설정테이블에 따라, 상기 초음파발생원이 용매에 초음파를 가하는 작동을 제어하여 포그 발생량을 조절하는 구성으로, 조절모듈(451), 조합모듈(452) 등을 포함한다. 일반적으로 상기 포그조절부(45)에 의해 미세 버블의 생성시 포그를 발생시키는 경우 포그를 발생시키지 않는 경우 보다 기체의 용해도를 증가시키고, 작은 사이즈 및 고농도를 가지는 미세 버블을 생성할 수 있고, 포그의 생성량이 많은 경우 적은 경우보다 기체의 용해도를 증가시키고, 작은 사이즈 및 고농도를 가지는 미세 버블을 생성할 수 있게 된다. 앞서 설명한 바와 같이, 다양한 방법한 방법의 의해 초음파발생원의 작동에 의해 포그의 발생량을 조절하는 것이 가능한데, 이하에서는 초음파발생원(2)의 위치를 조절하는 위치조절부(5)의 작동을 상기 포그조절부(45)가 제어하여 포그의 생성량을 조절함으로써 생성된 기체의 용해도, 및 미세 버블의 사이즈와 농도를 조절하는 것을 일 예로 들어 설명하기로 한다. 상기 위치조절부(5)는 상기 초음파발생원(3)의 수용탱크(1) 내에서의 위치를 조절하는 구성으로, 모터, 실린더를 등을 사용하는 종래의 기술이 사용될 수 있으면, 예컨대 수용탱크에 실린더(51)가 설치되고 실린더축(511)에 초음파발생원(3)가 설치되어 실린더(51) 작동에 의해 초음파 발생원(3)이 승하강하여 위치를 조절할 수 있게 된다.

[0043] 상기 조절모듈(451)은 상기 위치조절부(5)를 제어하여 초음파발생원(3)을 용매 내의 특정 위치에 위치시킨 후 전원공급부(44)가 초음파발생원(3)에 일정 시간 전원을 공급하도록 하여 특정량의 포그가 발생되도록 하는 구성으로, 상기 저장부(46)에는 초음파발생원(3)가 용매 내에서 특정 위치에 위치할 경우 발생되는 포그량에 대한 정보가 기재되어 있고 특정 포그량에 따라 생성되는 기체의 용해도, 및 미세버블의 사이즈와 농도에 대한 정보가 기재되어 있으므로, 상기 조절모듈(451)이 위치조절부(5)의 작동을 제어하여 포그 발생량을 제어함으로써 기체의 용해도를 증가시키고, 특정 사이즈와 농도를 가지는 미세버블을 제조할 수 있다.

[0044] 상기 조합모듈(452)은 도 3에 도시된 바와 같이 상기 위치조절부(5)를 제어하여 초음파발생원(3)을 용매 내의 제1의 위치에 위치시킨 후 전원공급부(44)가 초음파발생원(3)에 일정 시간 전원을 공급하도록 하여 일정량의 포그가 발생되도록 하고, 연이어 도 4에 도시된 바와 같이 상기 위치조절부(5)를 제어하여 초음파발생원(3)를 용매 내의 제2의 위치에 위치시킨 후 전원공급부(44)가 초음파발생원(3)에 일정 시간 전원을 공급하도록 하여 일정량의 포그가 발생되도록 하는 구성으로, 제1의 위치와 제2의 위치는 서로 상이하며, 따라서 초음파발생원(3)가 제1의 위치에 있을 때 발생하는 포그량과 제2의 위치에 있을 때 발생하는 포그량은 달라지게 된다. 상기 저장부(46)에는 특정 포그량을 발생시킨 후 다른 포그량을 발생시킬 때 생성되는 미세 버블의 사이즈와 농도에 대한 정보가 기재되어 있다. 일정 포그량을 발생시키는 후 연이어 다른 포그량을 발생시키는 경우 사이즈의 조절을 더 정교하게 할 수 있으며 고농도의 미세 버블을 형성할 수 있다.

[0045] 상기 저장부(46)는 특정 사이즈와 농도를 가지는 버블을 생산하기 위해 발생시켜야 하는 포그의 양이 매칭된 설정테이블이 저장되어 있으며, 상기 제어부(47)는 상기 컨트롤러(4)의 전체적인 작동을 제어한다.

[0046] 상기와 같은 구성을 포함하는 기체용해장치를 사용하여 기체의 용해시 기체의 용해도를 증가시킬 수 있는 원리를 살펴보면, 상기 장치의 작동시 용매 내에는 미세 버블이 형성되고, 용매 표면이 기체층으로 상승하여 물기둥이 형성되며, 상기 기체층에는 포그가 형성되는데, 미세 버블은 상승 속도 현저히 낮고 제타 전위 증가에 따른 분산 안정성이 우수하여 지속적으로 용매 내에서 가스 용해(흡수)를 위한 효과적인 수단으로 작용하며, 물기둥 형성 시 압축 및 수축하는 압력장 내에서의 효과에 의해 주위 기체를 용매로 용해 및 확산시키며, 기체가 표면적이 큰 포그 내에 용해된 후 다시 용매로 재순환하므로(다만, 기체의 양에 비해 너무 많은 포그가 생성되는 경우 적량의 포그가 생성되는 경우에 비해 기체의 용해도가 떨어질수도 있음), 기체의 용해도를 증가시킬 수 있다.

[0047] 또한, 본 발명은 기체의 용해도를 증가시킬뿐만 아니라, 용매 내 미세 버블의 크기를 작게 하고 농도를 크게 할 수 있으며, 버블의 크기 및 농도를 조절하는 것이 가능한데, 이하에서는 이에 대한 원리를 살펴보기로 한다. 먼저, 종래의 초음파 진동자를 이용하여 미세 버블을 생성하는 원리 및 문제점을 살펴보면, 물 속에 위치하는 초음파 진동자는 물에 초음파를 가하여 물을 진동시켜 미세 버블을 발생시킨다. 이때, 초음파의 직진성에 의해 초음파는 일정 범위에서만 영향을 미치며, 초음파 진동자의 작동시 발생하는 압력장(pressure field)은 물의 높이에 따라 다른 특성을 가진다. 초음파 진동자의 표면에 가까운 쪽에는 이동 압력장(traveling pressure field)이 발생하여 생성된 버블은 진동자와 멀어지는 방향으로 이동하는데 반해, 초음파 진동자의 표면과 먼 쪽에 발생하는 스탠딩 웨이브 필드(standing wave field)에서는 버블들이 일정 간격을 두고 특정한 곳에 모이게 된다. 상기 버블들은 진동자의 웨이브 필드 내에서 서로 간에 인력(Bjerknes force)이 작용하기 때문에, 서로 합쳐져 크기가 커지는 융합(coalescence)가 발생하고, 이로 인해 농도가 줄어들게 된다. 따라서, 작은 사이즈와 고농도의 미세 버블를 생성하는 것이 어렵게 된다. 이에 따라, 본 발명은 초음파발생원에 의해 버블 생성시, 수면 위로 포그(fog)가 생성되도록 하여, 즉 상기 포그가 합쳐지기 전의 버블들을 운반하는 역할을 하여 수용탱크 전반의 버블을 순환시킴을 이용하여, 작은 사이즈의 버블을 고농도로 제조할 수 있게 된다. 또한, 본 발명은 포그의 발생(량)을 조절하여 생성되는 버블의 사이즈와 크기를 조절하는 것이 가능하게 된다(포그의 발생이 없거나 작은 경우 포그의 발생이 많은 경우보다 미세 버블의 융합이 이루어져 더 큰 사이즈를 가지게 됨).

[0048] 또한, 본 발명은 포그에 의해 생성된 버블이 합쳐지지 않고 순환하므로 빠른 시간에 기체를 용해시킬 수 있고, 원하는 미세 버블를 생성할 수 있다. 또한, 본 발명은 기체를 용매 내 또는 초음파 발생원 근처에 공급할 필요가 없고, 고온 및 저온을 유지하기 위한 구성을 필요치 않아, 간단한 구조를 통해 소형화를 이룰 수 있고 빠른 시간 내에 기체를 용해시킬 수 있으며, 상온 및 상압의 조건에서 기체의 농도가 안정적으로 유지시킬 수 있다.

[0050] <실시예 1> 실험 장치의 준비

[0051] 도 5에 도시된 바와 같이, 직육면체의 수조(100)를 준비하고, 상기 수조(100) 내 물과 일정 간격(H)을 가지도록

상기 수조(100)를 덮는 커버(200)를 준비하였다. 상기 수조(100)에는 물이 유입되는 유입구(미도시)가 형성되어 있으며, 상기 커버(200)에는 기체가 유입되는 유입로(미도시) 및 기체의 일부가 배출되는 배출로(미도시)가 형성되고, 상기 유입로에는 펌프의 작동에 의해 기체저장탱크에 저장된 기체를 공급하는 공급관(미도시)이 연결되고, 상기 배출로에는 상기 수조(100) 내 기체의 일부를 배출하는 배출관(미도시)이 연결되어 있다. 상기 수조(100) 내 하면에 초음파 진동자 세트 A(미도시)를 위치시키고, 상기 수조 내 좌측면 및 우측면에 하면으로부터 0.5cm 떨어진 곳에 초음파 진동자세트 B(미도시)를 위치시켜, 실험 장치를 준비하였다. 상기 초음파 진동자 세트 A는 16개의 초음파 진동자가 정 간격으로 하면에 부착되어 형성되며, 상기 초음파 진동자 세트 B는 좌측면에 세로 방향으로 정 간격으로 8개의 초음파 진동자가 위치하고 우측면에 세로 방향으로 정 간격으로 8개의 초음파 진동자가 위치하여 형성된다. 상기 수조(100)는 가로(l)는 31cm이고 세로가 31cm이며, 상기 초음파 진동자 각각은 1.7MHz의 가진 주파수를 가지고 20mm의 직경을 가지며, 48VDC 및 450mA의 전원에서 작동하게 된다. 또한, 상기 초음파 진동자는 15um 두께의 폴리아미드 필름으로 코팅하였다.

[0053] <실시예 2> 기체의 용해도 및 미세버블에 대한 포그의 영향 확인

[0054] 1. 실시예 1에서 준비된 실험 장치의 커버(200) 위치를 조절하여 수조의 하면과 커버 사이의 간격이 10cm가 되도록 한 후, 상기 수조(100)의 내부 가스를 모두 제거하고, 외부에서 상대압력 기준 0.5bar, 유속 400ml/min의 조건으로 상기 유입로를 통해 25℃의 이산화탄소(CO_2)를 수조 내로 공급하고 이와 함께 일부의 이산화탄소를 배출로를 통해 배출되도록 하여 수소 내부가 0.2bar를 유지하도록 하였다. 이후, 상기 수조(100) 내부에 22℃의 DI 워터(3ℓ)를 공급하고(H는 대략 6.87cm임), 초음파 진동자 세트 A와 B를 각각 4분 동안 작동시켰다.

[0055] 2. 이후, 육안으로 포그가 발생하였는지 확인하고, 용액의 온도 및 이산화탄소 농도, 용액 및 포그에 포함된 버블의 크기와 농도를 측정하고, 상기 용액을 상온 및 상압에서 15분간 유지한 후 용액의 이산화탄소 농도를 측정하여, 그 결과를 표 1에 나타내었다. 물 및 포그에 포함된 버블의 크기와 농도의 측정은 NTA(Nanoparticle Tracking Analysis, Malvern사의 NS300)를 이용하여 측정하였다.

[0056] 2. 표 1을 보면, 초음파 진동자의 위치가 달라짐에 따라 포그 생성 여부를 결정할 수 있고, 포그가 발생하는 경우 기체 용해도를 증가시키고, 미세 버블의 크기를 줄일 수 있고 농도를 크게 할 수 있으며, 이는 포그가 기체가 용해된 미세 버블을 운반하였기 때문인 것으로 보인다. 또한, 포그가 발생하는 경우 상온 및 상온에서 기체의 농도를 안정적으로 유지함을 확인할 수 있다.

표 1

[0057]

	초음파 진동자 세트 A 사용	초음파 진동자 세트 B 사용
포그 생성 여부	발생	미발생
CO_2 농도(ppm)	2720	1987
용액의 온도(℃)	26	25
15분 후의 CO_2 농도(ppm)	2900	1756
물에 포함된 버블 크기(nm)	159	305
물에 포함된 버블 농도(개수/ml)	1.27×10^9	9.83×10^7
포그에 포함된 버블 크기(nm)	157	-
포그에 포함된 버블 농도(nm)	8.51×10^9	-

[0059] <실시예 3> 용매 및 기체를 달리하여 포그의 영향 확인

[0060] 1. DI 워터 대신에 0.2mol의 K_2SO_4가 분산된 DI 워터를 사용한 것을 제외하고는 다른 조건을 실시예 2의 1과 동일하게 하여 실험하고, 4분 후의 이산화탄소의 농도를 측정하고, 용액을 상온 및 상압에서 15분간 유지한 후 용액의 이산화탄소 농도를 측정하여, 그 결과를 표 2에 나타내었다.

[0061] 2. 실시예 1에서 준비된 실험 장치의 커버(200) 위치를 조절하여 수조의 하면과 커버 사이의 간격이 20cm가 되도록 한 후, 상기 수조(100)의 내부 가스를 모두 제거하고, 외부에서 상대압력 기준 0.5bar, 유속 500ml/min의 조건으로 상기 유입로를 통해 25℃의 O_2를 수조 내로 공급하고 이와 함께 일부의 O_2를 배출로를 통해 배출되도록

하여 수소 내부가 0.3bar를 유지하도록 하였다. 이후, 상기 수조(100) 내부에 24℃의 DI 워터(5ℓ)를 공급하고(H는 대략 14.8cm임), 초음파 진동자 세트 A와 B를 각각 4분 동안 작동시켰다. 이후, O_2의 농도를 측정하여, 그 결과를 표 2에 나타내었다.

[0062] 3. 표 2를 보면, 용매 또는 기체를 달리하여도, 포그가 발생하는 경우 기체 용해도를 증가시키고, 상온 및 상온에서 기체의 농도를 안정적으로 유지함을 확인할 수 있다.

표 2

[0063]

	초음파 진동자 세트 A 사용	초음파 진동자 세트 B 사용
CO_2 농도(ppm) (용매에 K_2SO_4 포함)	3920	2730
15분 후 CO_2 농도(ppm) (용매에 K_2SO_4 포함)	4540	2678
O_2 농도(ppm)	61	49

[0065] <실시예 4> 생성되는 포그 변화에 따른 기체 용해도, 버블의 크기 및 농도 확인

[0066] 1. 실시예 1에서 준비된 커버(200)의 위치를 조절하여 수조의 하면과 커버 사이의 간격이 각각 3.2(H는 대략 0임), 10, 20cm로 한 것을 제외하고는 다른 조건을 실시예 2의 1과 동일하여 실험하였다(단, 초음파 진동자 세트 A만 사용). 이후, 용액의 이산화탄소 농도, 용액에 포함된 버블의 크기와 농도를 측정하여, 그 결과를 표 3에 나타내었다.

[0067] 2. 표 3을 보면, 수면과 커버의 간격이 좁아질수록 기체의 용해도가 감소하고 물에 포함된 버블의 크기가 커지고 농도가 작아짐을 확인할 수 있어, 포그가 발생하여 위치하는 곳의 부피를 조절하여 기체의 용해도 및 물에 포함된 버블의 크기 및 농도를 조절할 수 있음을 알 수 있다.

표 3

[0068]

	간격 3.2cm	간격 10cm	간격 20cm
CO_2 농도(ppm)	1923	2720	2820
물에 포함된 버블 크기(nm)	288	159	147
물에 포함된 버블 농도(개수/ml)	8.8×10^{7}	1.27×10^{9}	4.05×10^{9}

[0070] <실시예 5> 작동 조건을 달리하여 미세 버블의 크기 및 농도 조절의 확인

[0071] 1. 초음파 진동자 세트 A를 4분 동안 작동시키고 바로 초음파 진동자 세트 B를 4분 동안 작동시킨 것을 제외하고는 다른 조건을 실시예 2의 1과 동일하게 하여 실험하였다. 이후 물에 포함된 버블의 크기와 농도를 측정하여, 그 결과를 표 4에 나타내었다.

[0072] 2. 표 4를 보면, 진동자 A 또는 B만을 사용할 때와, 진동자 A와 B를 조합하였을 때, 다른 크기와 농도를 가지는 버블를 제조할 수 있음을 알 수 있어, 발생되는 포그를 조절하여 기체의 용해도로를 증가시킬 뿐만 아니라 다양한 크기와 농도를 가지는 미세 버블을 제조할 수 있음을 알 수 있다.

표 4

[0073]

	초음파 진동자 세트 A 사용	초음파 진동자 세트 B 사용	초음파 진동자 세트 A 사용후 초음파 진동자 세트 B 사용
버블크기(nm)	159	305	187.1
버블농도(개수/ml)	1.27×10^{9}	9.87×10^{7}	9.1×10^{8}

[0075] 이상에서, 출원인은 본 발명의 다양한 실시예들을 설명하였지만, 이와 같은 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 구현하는 일 실시예일 뿐이며, 본 발명의 기술적 사상을 구현하는 한 어떠한 변경예 또는 수정예도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 해석되어야 한다.

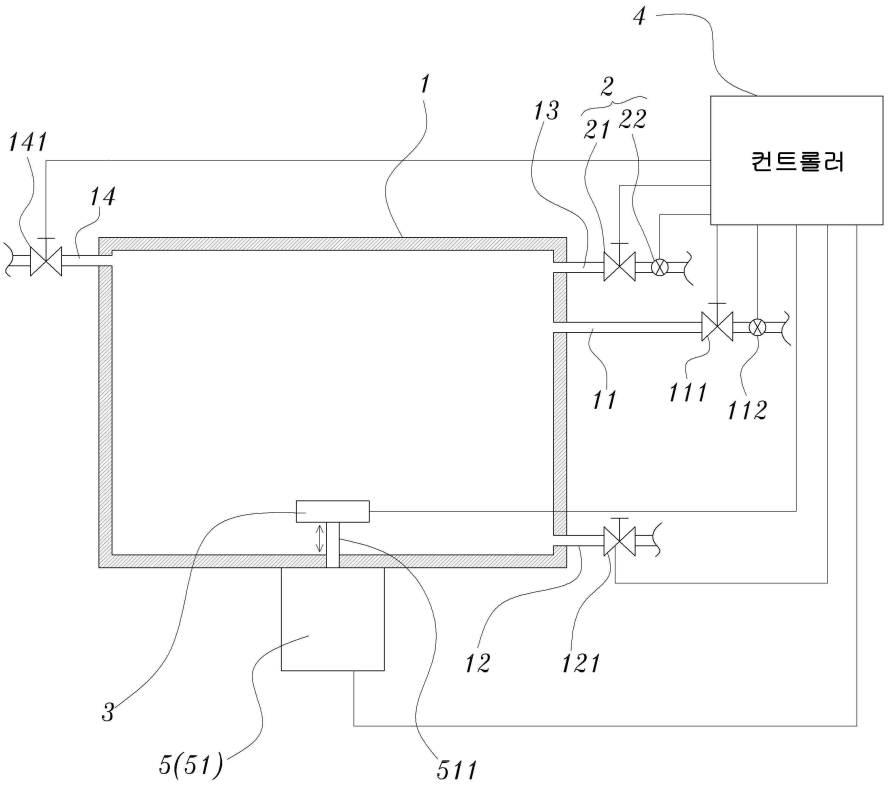
부호의 설명

[0076]

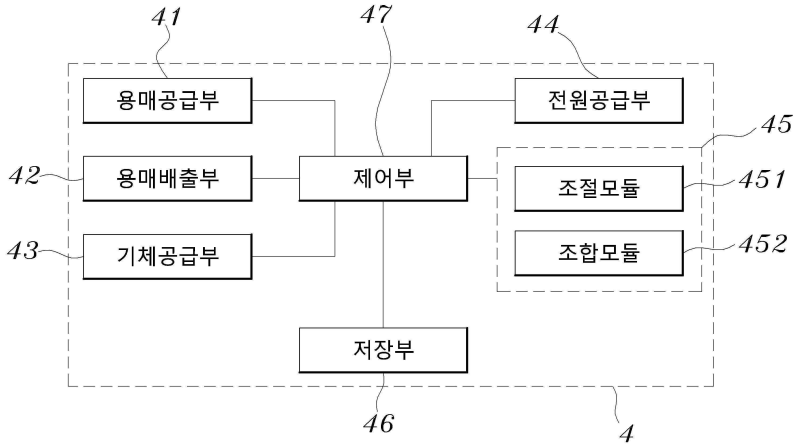
1: 수용탱크	2: 기체제공부	3: 초음파발생원
4: 컨트롤러	5: 위치조절부	11: 용매유입로
12: 용매배출로	13: 기체유입로	14: 기체배출로
21: 밸브	22: 펌프	41: 용매공급부
42: 용매배출부	43: 기체공급부	44: 전원공급부
45: 포그조절부	46: 저장부	47: 제어부
111: 밸브	112: 펌프	121: 밸브
141: 밸브		

도면

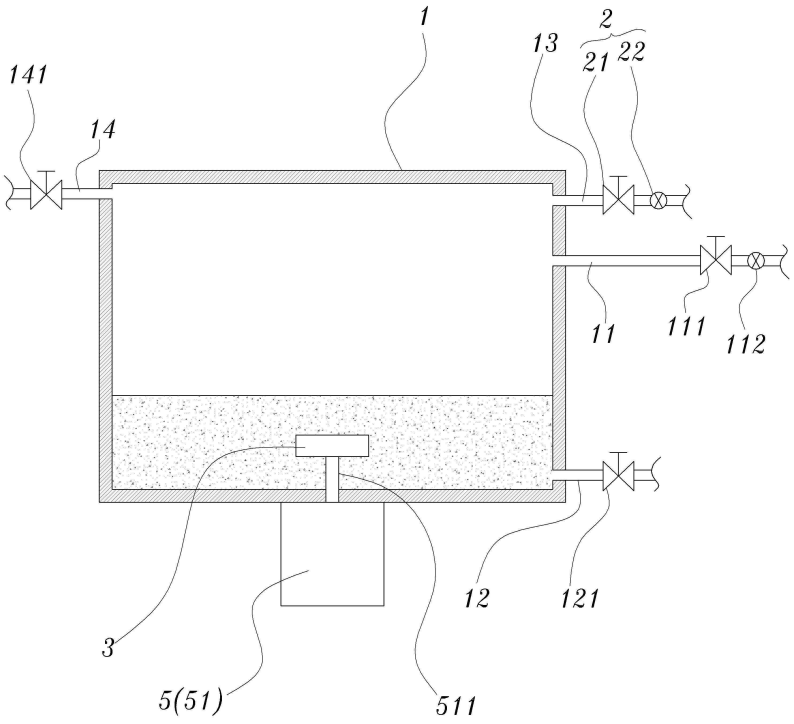
도면1



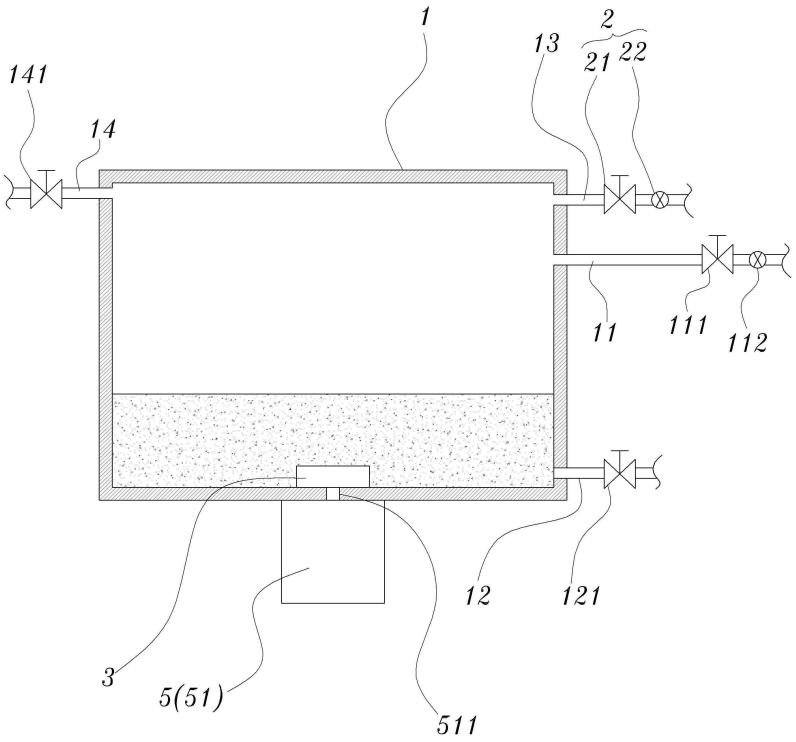
도면2


41
47
44
용매공급부
전원공급부
45
42
용매배출부
제어부
조절모듈
451
43
기체공급부
조합모듈
452
저장부
46
4

도면3


1
2
13
21
22
141
14
11
111
112
12
121
3
5(51)
511

도면4



도면5

