



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0125936
(43) 공개일자 2013년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C12M 3/02 (2006.01) C12M 1/06 (2006.01)

C12N 1/12 (2006.01) C12R 1/89 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0049582

(22) 출원일자 2012년05월10일

심사청구일자 2012년05월10일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

이승엽

서울특별시 서초구 방배2동 959-10 청구빌라 103호

추용주

서울특별시 관악구 은천동 벽산블루밍아파트 104동 808호

이상호

경기도 성남시 중원구 하대원동 성원초원아파트 102동 809호

(74) 대리인

지현조

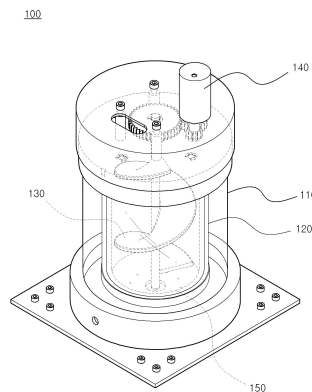
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 다중 격벽 구조를 갖는 광생물반응기

(57) 요약

배양챔버에서 미세조류를 배양하기 위한 광생물반응기는, 미세조류를 포함하는 배양액을 수용하기 위한 배양챔버를 형성하는 케이싱, 배양챔버 내에 제공되는 중공형 내부 실린더, 및 중공형 실린더 내부에 위치하여 배양액을 순환시키는 임펠러를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

미세조류를 배양하기 위한 광생물반응기에 있어서,

상기 미세조류를 포함하는 배양액을 수용하기 위한 배양챔버를 형성하는 케이싱;

상기 배양챔버 내에 제공되는 중공형 내부 실린더; 및

상기 중공형 실린더 내부에 위치하여 상기 미세조류가 있는 상기 배양액을 순환시키는 임펠러;를 구비하는 광생물반응기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 임펠러는 상기 내부 실린더를 따라 나란하게 제공되는 회전축 및 상기 회전축을 따라 연속적으로 연결되는 헬리컬 블레이드를 포함하는 것을 특징으로 하는 광생물반응기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 내부 실린더 하부에서 이산화탄소를 공급하는 기체공급부를 포함하며,

상기 기체공급부로부터 공급된 이산화탄소는 상기 헬리컬 블레이드를 따라 에어베드를 형성하는 것을 특징으로 하는 광생물반응기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 내부 실린더의 내벽으로 빛을 조사하는 내부 광원부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광생물반응기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 내부 광원부는 상기 내부실린더 내부 외에도 외부로 향해 빛을 조사하는 것을 특징으로 하는 광생물반응기.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 내부 광원부는 플렉시블 기관 및 상기 플렉시블 기관에 장착되는 복수의 발광소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 광생물반응기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 케이싱은 투광성 측벽을 포함하여 외부로부터의 빛을 이용하는 것을 특징으로 하는 광생물반응기.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 케이싱 내부에는 복수개의 상기 내부 실린더가 제공되는 것을 특징으로 하는 광생물반응기.

청구항 9

제1항에 있어서,

복수개의 상기 내부 실린더는 병렬로 배치되거나 동심 구조로 배치되는 것을 특징으로 하는 광생물반응기.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 광생물반응기(photobioreactor)에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 미세조류를 배양함에 있어서 명반응에 적합한 다중 격벽 구조를 갖는 광생물반응기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 미세조류는 그 다양한 능력에 기인하여, 폐수의 처리, 이산화탄소의 고정화, 연료물질의 생산, 의약품 생산, 화장품 생산 등과 같이 그 사용 범위가 계속 확대되고 있다. 이렇게 생체 중량 및 유용생산물을 대량으로 생산하기 위해서는 미세조류를 안전하게 배양하면서 균일한 환경을 제공할 수 있는 효율적인 배양기의 개발이 필요하다.

[0003] 미세조류의 생체 중량 및 유용생산물 증가에 영향을 미치는 요소들은 배지의 조성, 온도, pH, 광도, 광량 등의 많은 요인들이 존재하지만, 그 중에서도 광합성 미세조류의 특성상 빛이 차지하는 비중은 가장 크게 존재한다.

[0004] 미세조류를 배양하는 장치로서 밀폐된 시스템을 유지하는 광생물반응기가 있으며, 일반적으로 광생물반응기를 이용한 미세조류 배양 환경은 명반응과 암반응으로 분류된다. 명반응을 위한 광생물반응기를 통한 미세조류의 배양시간 및 추출량을 최대화하기 위해서는 다양한 조건을 만족해야 하는데, 그 중에서 조사되는 광량 및 이산화탄소의 주입량(밀도)가 가장 큰 영향을 주고 있다.

[0005] 하지만, 종래의 광생물반응기는 내부로 효과적인 빛의 전달이 이루어지지 않아 미세조류의 성장속도가 더디며, 미세조류의 성장 수율이 낮고, 그 효율에 비해 넓은 설치 공간을 필요로 한다는 단점이 있다.

[0006] 한국등록특허 제10-897019호를 보면, 원통형 반응기, 중앙의 회전축을 중심으로 방사상으로 제공되는 복수의 도광관, 이산화탄소 공급장치를 포함하며, 복수의 도광관을 사용하여 광원조사효율을 높이는 기술이 개시되어 있다. 하지만, 원통형 반응기 내에서 미세조류의 밀도가 균일하지 못하고, 도광관이 일종의 평판 임펠러 역할을 하면서 미세조류와 계속적으로 부딪힐 수 있기 때문에 미세조류에게 치명적인 자극을 줄 수가 있으며, 수율에 막대한 영향을 미칠 수가 있다.

[0007] 한국등록특허 제10-0945153호를 보면, 반응실 내부에 원통형의 광원이 삽입되며, 주변의 기체 주입구에서 들어온 이산화탄소는 중앙 상부에 있는 기체 배출구를 통해 외부로 배출된다. 다수의 원통형 광원 사이로 미세조류는 대량 배양된다고 하지만, 반응실 내부에서 미세조류의 밀도가 균일하지 못하며, 위아래로 미세조류를 이동시키는 것이 용이하지 않다는 문제점도 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 광생물반응기의 배양챔버에서 미세조류의 밀도를 균일하게 유지하고, 지속적인 순환을 통해서 미세조류가 균일하게 광에 노출될 수 있는 광생물반응기를 제공한다.

[0009] 본 발명은 임펠터를 이용하여 강제 순환을 형성하되, 임펠러에 의해서 미세조류가 손상되거나 파괴되는 것을 최소화할 수 있는 광생물반응기를 제공한다.

[0010] 본 발명은 광이 제공되는 표면적비(Surface-to-Volume ratio or S/V ratio)의 효과를 극대화할 수 있으며, 이산화탄소의 수증 밀도를 균일하게 할 수 있는 광생물반응기를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따르면, 배양챔버에서 미세조류를 배양하기 위한 광생물반응기는, 미세조류를 포함하는 배양액을 수용하기 위한 배양챔버를 형성하는 케이싱, 배양챔버 내에 제공되는 중공형 내부 실린더, 및 중공형 실린더 내부에 위치하여 배양액을 순환시키는 임펠터를 포함한다.

- [0012] 광생물반응기는 외부로부터 공급되는 자연광(natural light) 또는 내부에서 공급되는 인위광(artificial light)을 이용할 수 있으며, 케이싱은 일시적으로 밀폐되는 배양챔버를 형성하여 일정 수준까지 배양액의 미세조류를 배양할 수 있다.
- [0013] 이를 위해서, 케이싱 내부에는 상단 및 하단이 개방된 중공형의 내부 실린더가 제공되며, 내부 실린더 내부로는 다시 임펠러가 위치하여 배양액을 순환시킬 수 있다. 이산화탄소가 배양챔버의 하부에서 공급된다고 가정할 때, 임펠러는 내부 실린더의 내부에서 배양액이 위로 흐르도록 강제할 수 있으며, 내부 실린더 상단에서 벗어난 배양액은 내부 실린더 외벽과 케이싱 내벽 사이의 공간을 통해 내부 실린더 하단으로 이동하고, 다시 내부 실린더 하단에서 배양액이 내부 실린더 내부로 진입하면서 전체적으로 순환하게 할 수 있다.
- [0014] 배양액이 순환하면서 미세조류가 지속적으로 자연광 또는 인위광에 노출되도록 할 수 있으며, 전체적으로 이산화탄소 등의 기체 밀도를 균일하게 유지할 수 있다.
- [0015] 여기서, 임펠러는 내부 실린더를 따라 나선하게 제공되는 회전축 및 회전축을 따라 연속적으로 연결되는 헬리컬 블레이드를 포함할 수 있다. 즉, 스크류형 또는 헬리컬 리본형의 임펠러를 사용할 수 있으며, 배양액이 내부 실린더 내부에서 한 방향으로 흐르도록 하여 미세조류를 강제로 움직이게 할 수 있다.
- [0016] 다만, 임펠러의 블레이드에 의해서 미세조류가 손상되거나 파괴될 수 있기 때문에, 임펠러 하부에서 이산화탄소를 공급하여 블레이드 저면에 에어베드(air bed)를 형성하게 할 수 있으며, 에어베드에 의해서 미세조류가 블레이드와 직접적으로 접촉하는 것을 최소화할 수 있다.
- [0017] 내부 실린더에는 내부 또는 외부를 향해 전체적으로 인위광을 조사하는 광원이 제공될 수 있다. 외부 자연광이 그림자 효과에 의해 차단되어도 상기 내부 광원부에 의해 내부의 미세조류는 광에 노출될 수 있으며, 광표면적비를 극대화할 수 있다.
- [0018] 내부 광원부는 내부 실린더 내부를 향해 빛을 조사할 수 있지만, 외부로 향해서도 빛을 조사할 수 있다. 상술한 광표면적비를 증가시키는 것은 물론, 외부로부터의 자연광이 부족한 경우에도 밖으로 향하는 내부 광원부의 빛을 이용할 수가 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 광생물반응기는 배양챔버에서 미세조류의 밀도를 균일하게 유지할 수 있고, 지속적인 순환을 통해서 미세조류가 균일하게 광에 노출되게 할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 광생물반응기는 임펠러를 이용하여 강제 순환을 형성하되, 임펠러에 의해서 미세조류가 손상되거나 파괴되는 것을 최소화할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 광생물반응기는 광표면적비(S/V ratio)의 효과를 극대화할 수 있으며, 이산화탄소의 수중 밀도를 균일하게 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광생물반응기의 사시도이며, 도 2는 도 1의 광생물반응기의 분해 사시도이고, 도 3은 도 1의 광생물반응기의 내부를 설명하기 위한 부분 절개도이고, 도 4는 도 1의 광생물반응기 내부의 배양액 흐름을 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 5는 도 1의 임펠러의 작용을 설명하기 위한 부분 확대도이며, 도 6은 도 1의 유동성을 가지는 입자의 분포를 유한요소해석의 관점에서 가시화한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 이러한 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용을 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나 반복되는 내용은 생략될 수 있다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광생물반응기의 사시도이며, 도 2는 도 1의 광생물반응기의 분해 사시도이고, 도 3은 도 1의 광생물반응기의 내부를 설명하기 위한 부분 절개도이고, 도 4는 도 1의 광생물반응기 내부의 배양액 흐름을 설명하기 위한 단면도이다.

- [0025] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 광생물반응기(100)는 케이싱(110), 내부 실린더(120), 임펠러(130), 임펠러 구동부(140) 및 기체공급부(160)를 포함한다. 케이싱(110)은 미세조류를 포함하는 배양액을 수용할 수 있으며, 배양액은 내부 실린더(120)에 의해서 정의되는 경로를 따라 강제로 순환할 수 있다.
- [0026] 본 실시예에서 내부 실린더(120)는 중앙에 하나로 제공되지만, 경우에 따라서는 내부 실린더가 2개 이상 제공될 수 있고, 2개 이상의 내부 실린더는 서로 병렬로 배치되어 각각 임펠러를 포함할 수도 있고, 하나의 임펠러를 중심으로 실질적인 동심 구조로 제공될 수 있다. 물론, 임펠러를 수용하지 않는 내부 실린더도 존재할 수도 있다.
- [0027] 본 실시예에서는 내부 실린더(120)에 내부 광원부(150)가 장착되어 빛을 안쪽 및 바깥쪽을 향해 조사한다. 상술한 바와 같이, 복수개의 내부 실린더가 제공되는 경우, 각 내부 실린더의 내부 광원부는 내부, 외부 또는 내/외부로 빛을 발생하여 광표면적비를 극대화할 수가 있다.
- [0028] 케이싱(110)은 외부의 자연광을 이용하기 위해 투광성 또는 투명한 측벽으로 제공될 수 있다. 이를 위해 ABS 수지 또는 PET 수지를 이용하여 제공될 수 있으며, 글래스로도 제공될 수가 있다.
- [0029] 내부 실린더(120) 역시 유사한 재질을 이용하여 케이싱(110) 내부에 제공된다. 내부 실린더(120)는 원통형의 케이싱(110)에 대응하여 원통형으로 제공될 수 있지만, 다르게는 케이싱 형상에 대응하여 각 기둥, 원주형 또는 빨대 기둥, 비정형 형상으로 형성될 수 있으며, 이에 실린더(cylinder)라는 용어는 내부 실린더의 형상을 제한하지 아니한다.
- [0030] 내부 실린더(120) 내부로는 스크류형 또는 헬리컬형 임펠러(130)가 제공될 수 있다. 임펠러(130)는 축류를 형성하며, 내부 실린더(120)의 전체 길이에 대응하도록 연속적으로 형성되어 낮은 rpm의 흐름에서도 균일한 이산화탄소 분포가 형성되도록 할 수가 있다.
- [0031] 배양챔버 하부의 기체공급부(160)로부터 이산화탄소(20)가 연속적으로 공급될 수 있으며, 미세조류, 배양액 및 이산화탄소의 혼합(mixture)은 임펠러(130)에 의해서 내부 실린더(120)의 내부에서 위로 강제로 이동하며, 내부 실린더(120)의 상단에서 벗어난 혼합은 내부 실린더(120) 외벽과 케이싱(110) 내벽 사이의 공간을 통해 아래로 이동하고, 내부 실린더(120)의 하단로 이동한 혼합은 다시 내부 실린더(120) 내부로 진입할 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 미세조류, 배양액 및 이산화탄소의 혼합은 지속적으로 순환하면서, 미세조류가 균일하게 외부 자연광에 노출되게 할 수 있다. 본 실시예에서는 이산화탄소가 약 0.0001kg/s의 유속으로 공급될 수 있다.
- [0032] 도 5는 도 1의 임펠러의 작용을 설명하기 위한 부분 확대도이며, 도 6은 도 1의 광생물반응기에서 유동성을 가지는 입자의 분포를 유한요소해석의 관점에서 가시화한 도면이다.
- [0033] 도 5를 참조하면, 임펠러(130) 하부에서 공급된 이산화탄소(20)는 배양액에 녹거나 미세조류와 반응을 하여 유효물질 생산에 사용되기도 하지만, 임펠러(130)의 헬리컬 블레이드(134)의 표면에서 에어베드를 형성할 수가 있다.
- [0034] 임펠러(130)의 블레이드가 미세조류와 직접 접촉하게 되면, 미세조류는 손상되거나 파괴될 수 있으며, 이는 부유물로서 다른 미세조류로 빛이 전달되는 것을 방해하고 전체적인 수율을 낮추는 원인이 될 수 있다.
- [0035] 하지만, 도시된 바와 같이, 헬리컬 블레이드(134)에 의해서 이산화탄소가 잘게 부서지고, 또한 헬리컬 블레이드(134) 주변으로 이산화탄소가 에어베드를 형성하면, 에어베드에 의해서 미세조류가 블레이드(134)와 직접적으로 접촉하는 것을 최소화할 수 있다.
- [0036] 도 6을 참조하여도, 헬리컬 블레이드(134)가 내부 실린더(120) 내부에서 전체 길이를 따라 나선형으로 형성되어 있는데, 그 헬리컬 블레이드(134) 주변으로 유동성을 가지는 입자, 예를 들어 미세조류, 균주 또는 이산화탄소가 상대적으로 고밀도로 제공되고, 이에 따라 에어베드의 중요성이 더욱 명확하게 설명될 수 있다.
- [0037] 다시 도 2 내지 도 4를 참조하면, 내부 실린더(120) 내부로 내부 광원부(150)가 제공된다. 내부 광원부(150)는 플렉시블 기관(152) 및 플렉시블 기관(152)에 장착되는 복수의 발광소자(154)를 포함할 수 있다. 복수의 발광소자(154)는 휘어짐이 가능한 기관에 형성될 수 있으며, 내부 및 외부를 향하도록 제공될 수 있다.
- [0038] 내부 광원부(150)는 종이처럼 휘어져 내부 실린더(120)에 삽입될 수 있으며, 내부 실린더(120)에서 내부 또는 외부를 향해 전체적으로 인위광을 조사하는 광원이 될 수 있다. 따라서 내부 실린더(120) 내부의 미세조류가 그림자 효과에 의해 자연광으로부터 차단되어도, 내부 광원부(150)에 의해 내부의 미세조류도 광에 노출될 수 있다. 이러한 과정을 통해서 광표면적비를 극대화할 수 있다.

- [0039] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 반응기 내부의 유속을 나타낸 그래프이며, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 반응기 내부의 밀도를 나타낸 그래프이다.
- [0040] 도 7을 참조하면, 광생물반응기 내부의 유속이 아래에서 위에 걸쳐 약 95mm/s로 유지되는 것을 확인할 수 있으며, 도 8을 참조하면, 광생물반응기 내부의 밀도가 약 1mg/m^3 으로 고르게 분포되는 것을 알 수 있다.
- [0041] 이를 통해서, 케이싱(110) 내부의 배양챔버가 내부 실린더(120)에 의해서 분리되고, 그 내부 실린더(120)의 임펠러(130)가 배양액을 강제 순환시키면서 유속 및 밀도가 균일하게 유지되는 것을 알 수 있다.
- [0042] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

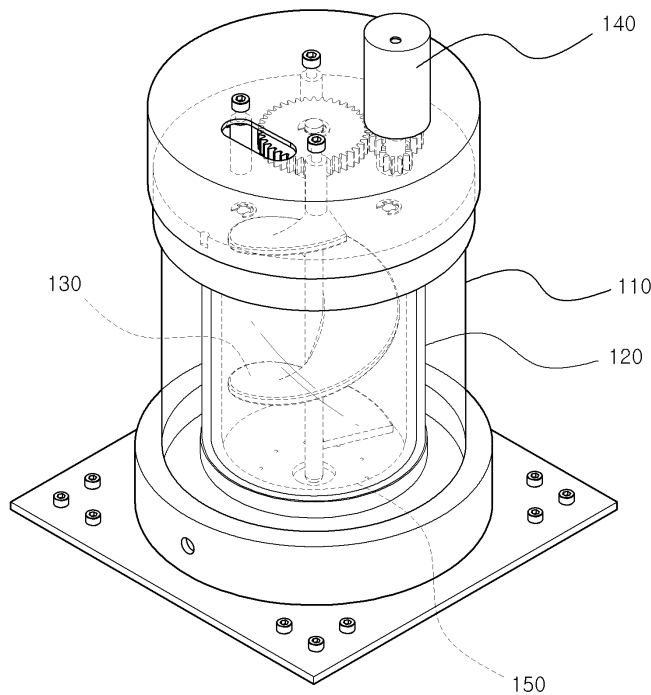
부호의 설명

- [0043]
- | | |
|--------------|-------------|
| 100 : 광생물반응기 | 110 : 케이싱 |
| 120 : 내부 실린더 | 130 : 임펠러 |
| 150 : 내부 광원부 | 160 : 기체공급부 |

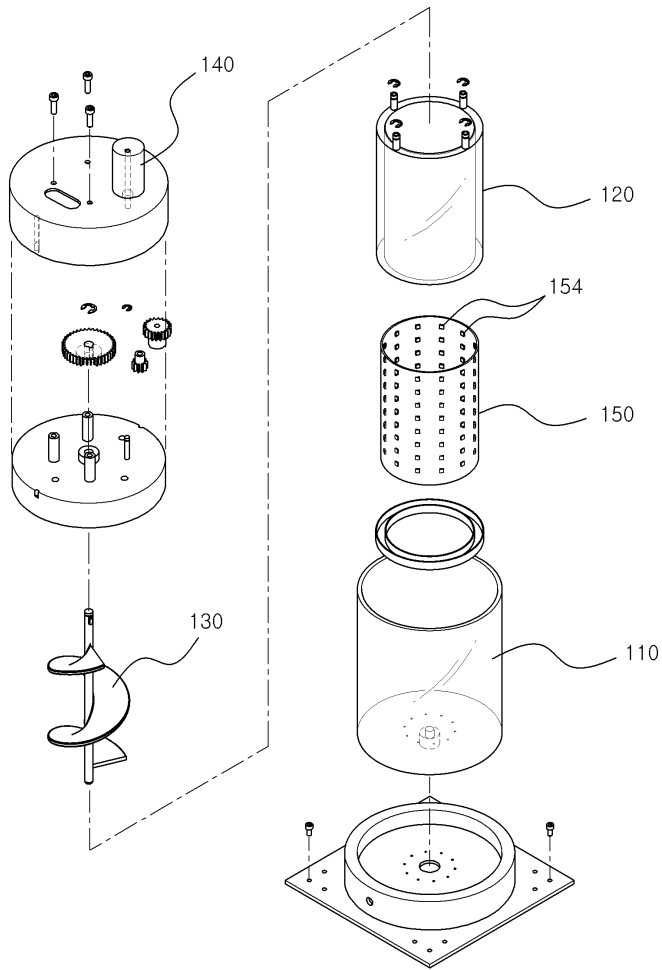
도면

도면1

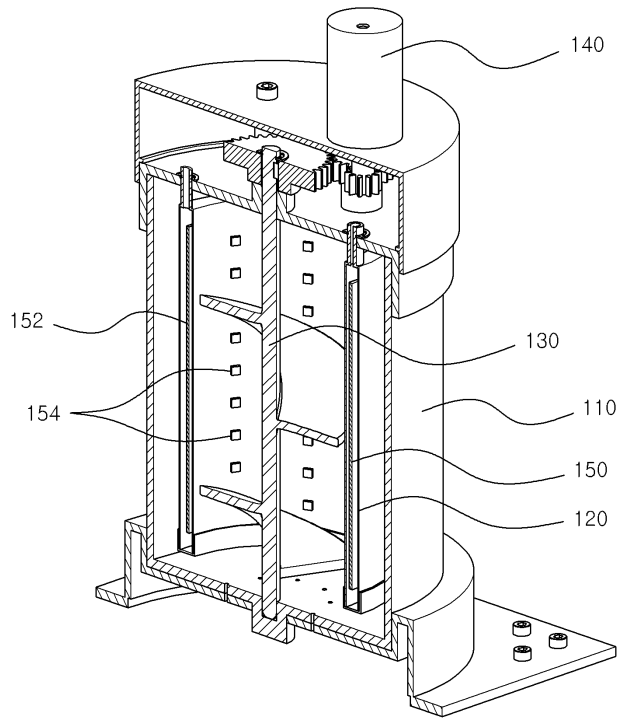
100



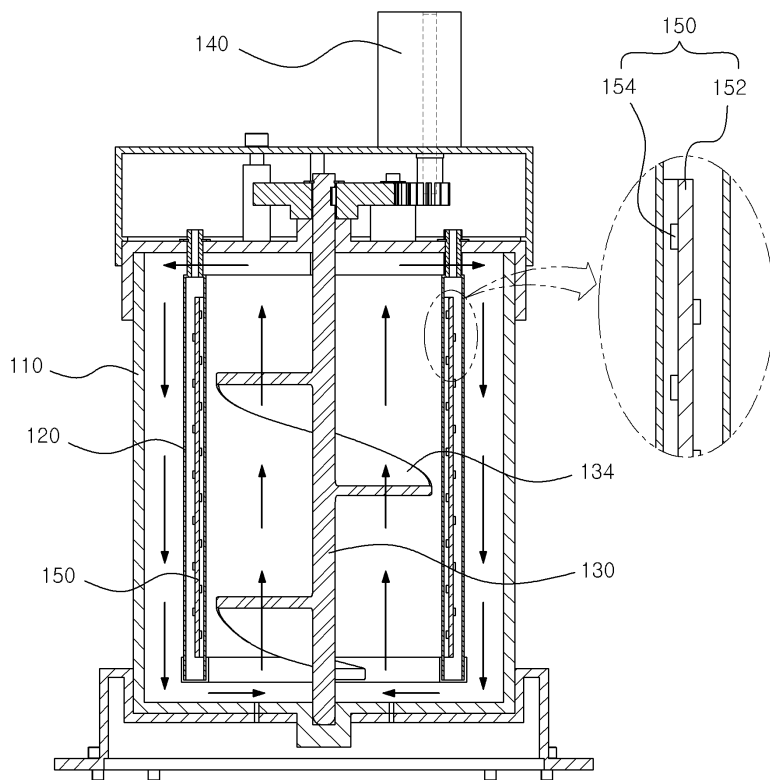
도면2



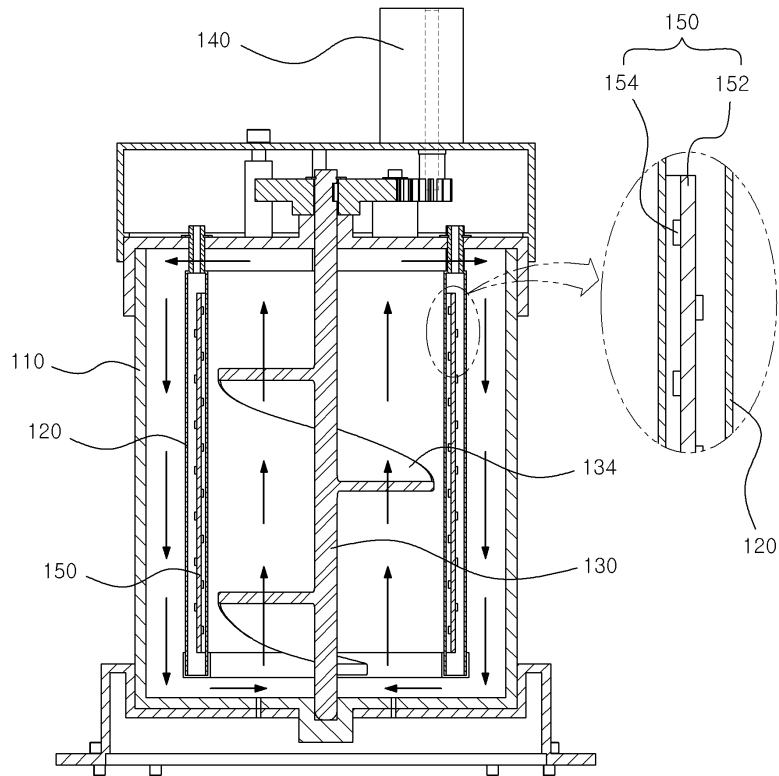
도면3



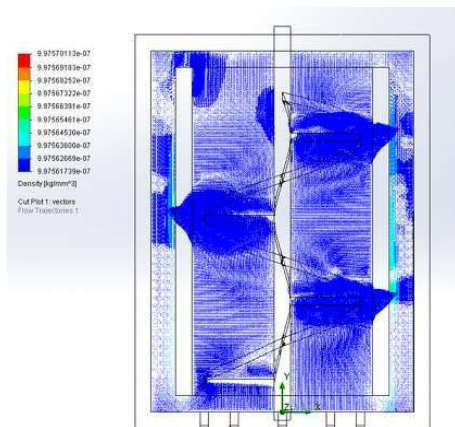
도면4



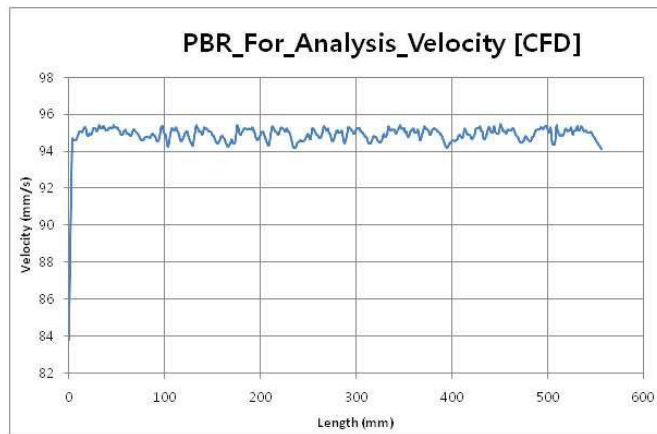
도면5



도면6



도면7



도면8

