(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0050898
(43) 공개일자 2024년04월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/448 (2006.01) *B04C 9/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 16/448 (2013.01)
B04C 9/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0130862
(22) 출원일자 2022년10월12일
심사청구일자 2022년10월12일

(71) 출원인
(주)지오엘리먼트
경기도 안성시 금석3길 30 (금석동)
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이원준
서울특별시 마포구 독막로42길 2, 107동 1002호
신동건
경기도 남양주시 화도읍 비룡로141번길 21, 201동
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김정욱, 노란

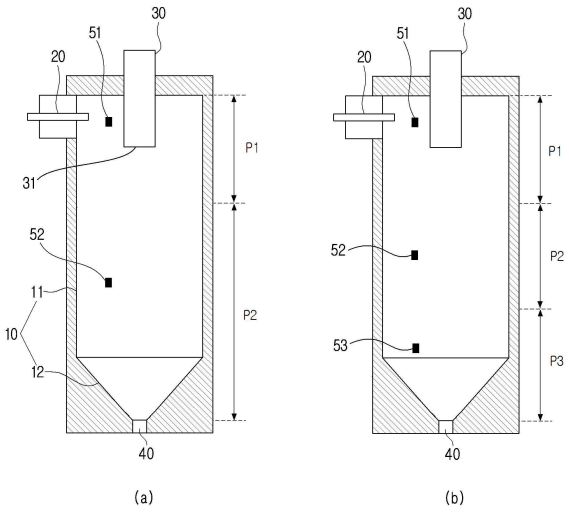
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **멀티 히팅 영역을 구비한 사이클론 기화기**

(57) 요 약

본 발명은 사이클론 기화기에 관한 것으로, 일 실시예에서, 소정 직경의 원통부 및 원통부의 하방으로 일체로 형성되되 점차 감소하는 직경의 원추부를 구비한 본체부; 상기 원통부의 내측면에 접선 방향으로 유체를 공급하도록 구성된 노즐; 및 상기 원통부의 내측 상부면에 연결되어 유체를 배출하는 배출관;을 포함하고, 상기 본체부 내부를 수직방향으로 복수개의 히팅 영역으로 분할하고, 각 히팅 영역마다 온도 센서 및 히터를 각각 구비한 사이클론 기화기를 개시한다.

대 표 도 - 도17



(52) CPC특허분류
C23C 16/4481 (2013.01)
B04C 2009/008 (2013.01)
(72) 발명자
서승호
경기도 남양주시 와부읍 덕소로 125, 덕소성일우리미아파트 101동 604호
정근태
경기도 안성시 고수2로 20, 206동 404호
신현국
서울특별시 강남구 영동대로 640, 사우스윙동 2204호 (삼성동, 현대아이파크아파트)
김대현
경기도 용인시 기흥구 예현로 15 에스케이아파트 106동 105호
이영종
서울특별시 마포구 월드컵북로 501, 916동 701호(상암월드컵파크9단지)
이승준
경기도 안성시 공도읍 방축길 10-30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415179049
과제번호	20012512
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	소재부품장비혁신1ab기술개발사업(R&D)
연구과제명	10nm향 CVDALD 장비 양산성 증대를 위한 대용량 프리커서 딜리버리 시스템 국산화 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)지오엘리먼트
연구기간	2020.06.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

사이클론 기화기로서,

소정 직경(D)의 원통부(11) 및 원통부의 하방으로 일체로 형성되되 점차 감소하는 직경의 원추부(12)를 구비한 본체부(10);

상기 원통부의 내측면에 접선 방향으로 유체를 공급하도록 구성된 노즐(20); 및

상기 원통부의 내측 상부면에 연결되어 유체를 배출하는 배출관(30);을 포함하고,

상기 본체부(10) 내부를 수직방향으로 복수개의 히팅 영역으로 분할하고, 각 히팅 영역마다 온도 센서 및 히터를 각각 구비한 것을 특징으로 하는 사이클론 기화기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수개의 히팅 영역에 대해 서로 독립적으로 국부 목표 온도를 설정하고 각각의 국부 목표 온도에 따라 각각 히터를 독립적으로 동작시키도록 구성한 것을 특징으로 하는 사이클론 기화기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 노즐이 상기 복수개의 히팅 영역 중 가장 상부의 히팅 영역에 설치되고,

상부의 히팅 영역에서 하부의 히팅 영역으로 갈수록 각 히팅 영역의 국부 목표 온도가 점차 낮게 설정된 것을 특징으로 하는 사이클론 기화기.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 복수개의 히팅 영역 중 가장 아래쪽의 히팅 영역의 국부 목표 온도를 상기 사이클론 기화기의 전체 목표 온도와 동일하게 설정한 것을 특징으로 하는 사이클론 기화기.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 복수개의 히팅 영역 중 가장 위쪽의 히팅 영역의 국부 목표 온도를 상기 사이클론 기화기의 전체 목표 온도와 같거나 그 보다 높게 설정한 것을 특징으로 하는 사이클론 기화기.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 원통부의 높이(h)가 상기 원추부의 높이(c) 보다 크도록 구성된 것을 특징으로 하는 사이클론 기화기.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 원통부의 높이(h)와 직경(D)의 비율(h/D)이 3.0 내지 4.0 사이의 값을 갖도록 구성된 것을 특징으로 하는 사이클론 기화기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 사이클론 기화기에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 전구체를 기화하여 반도체 처리 설비로 공급하기에 적합한 구성을 갖는 사이클론 기화기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체, 디스플레이, 발광다이오드 등 전자재료의 제조 공정에 있어서 필수적인 박막을 입히는 화학기상장치(CVD)나 원자층 증착(ALD) 등과 같은 처리 장비에 사용되는 각종 원료(소스)는 가스, 액체, 또는 고체의 형태로 공급된다.

[0003] 가스의 형태를 가진 원료의 경우는 압력을 조절하여 일정량을 공급할 수 있는 방법으로 사용되지만 액체나 고체의 경우에는 자체적인 압력이 매우 낮기 때문에 대부분 캐니스터라는 앰플에 담아서, 캐리어 가스(불활성 가스)를 이용한 버블링이나 가열을 통한 증기 발생을 통해서 기화를 시킨 이후에 반응 챔버로 공급하는 방법을 사용하고 있다.

[0004] 캐니스터에 액체 형태의 원료를 넣은 후 대량으로 기화시켜 사용하는 방법에 대하여 다양한 기술들이 공지되어 있고, 액체 형태의 원료를 기화시키기 위해서도 다양한 기술들이 공지되어 있다. 예를 들면 전구체를 기화시키는 종래 기술의 하나로서 특허문헌1(한국 공개특허 제2017-0000379호)는 모세관 현상을 이용한 기화기를 개시하였다. 그러나 모세관 현상을 이용한 기화기는 기화 표면적 증가를 위해 다단의 복잡한 구조를 가져야 하는데 이에 따라 기화가 일정하게 발생하지 않고 내부 유동이 원활하지 않고 내부 압력이 증가하는 문제가 있고, 기화잠열에 의해 외벽과 내부의 온도 편차가 발생하는 문제도 있다.

[0005] 또한 특허문헌2(한국 공개특허 제2022-0030862호)는 사이클론 방식의 기화기를 제시하였지만 특허문헌2는 일반적인 사이클론 집진기와 유사한 구조의 기화기 구성을 개념적으로만 개시하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 특허문헌1: 한국 공개특허 제2017-0000379호 (201년 1월 2일 공개)

(특허문헌 0002) 특허문헌2: 한국 공개특허 제2022-0030862호 (2022년 3월 11일 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전구체를 기화하여 반도체 설비로 공급하기에 적합한 구조의 사이클론 기화기 구조를 제시하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전산유체역학(CFD)을 이용하여 사이클론 기화기를 주요 설계인자의 영향을 분석하여 전구체 기화에 적합한 최적 구조의 사이클론 기화기를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 사이클론 기화기 내부를 수직 방향으로 복수개의 히팅 영역으로 분할하고 각각 독립적으로 온도를 제어하는 사이클론 기화기를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 소정 직경(D)의 원통부 및 원통부의 하방으로 일체로 형성되되 점차 감소하는 직경의 원추부를 구비한 본체부; 상기 원통부의 내측면에 접선 방향으로 유체를 공급하도록 구성된 노즐; 및 상기 원통부의 내측 상부면에 연결되어 유체를 배출하는 배출관;을 포함하고, 상기 본체부 내부를 수직방향으로 복수개의 히팅 영역으로 분할하고, 각 히팅 영역마다 온도 센서 및 히터를 각각 구비한 것을 특징으로 하는 사이클론 기화기를 개시한다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 복수개의 히팅 영역에 대해 서로 독립적으로 국부 목표 온도를 설정하고 각각의 국부 목표 온도에 따라 각각 히터를 독립적으로 동작시킬 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 노즐이 상기 복수개의 히팅 영역 중 가장 상부의 히팅 영역에 설치되고, 상부의 히팅 영역에서 하부의 히팅 영역으로 갈수록 각 히팅 영역의 국부 목표 온도가 점차 낮게 설정될 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 복수개의 히팅 영역 중 가장 아래쪽의 히팅 영역의 국부 목표 온도를 상기 사이클론 기화기의 전체 목표 온도와 동일하게 설정될 수 있고, 대안적으로, 상기 복수개의 히팅 영역 중 가장 위쪽의 히팅 영역의 국부 목표 온도를 상기 사이클론 기화기의 전체 목표 온도와 같거나 그 보다 높게 설정될 수도 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 일 실시예에 의하면 전구체를 기화하여 반도체 설비로 공급하기에 적합한 구조의 사이클론 기화기 구조를 제시한다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의하면 전산유체역학(CFD)을 이용하여 사이클론 기화기를 주요 설계인자의 영향을 분석하여 전구체 기화에 적합한 최적 구조의 사이클론 기화기를 제공할 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시예에 의하면 사이클론 기화기 내부를 수직 방향으로 멀티 존으로 분할하고 각 영역마다 독립적으로 히팅 온도를 설정하고 제어함으로써 기화기 내부를 목표 온도로 유지하면서 전구체를 기화시켜 반도체 처리 공정에 일정 유량의 전구체를 공급할 수 있는 기술적 효과를 가진다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도1은 사이클론 기화기의 설계인자를 설명하는 도면,

도2는 노즐 가이드의 직경(a)에 따른 노즐 위치를 설명하는 도면,

도3은 노즐 위치(a/D)에 따른 유속의 수직방향 분포를 설명하는 도면,

도4는 노즐 위치(a/D)에 따른 유속의 수평방향 분포를 설명하는 도면,

도5는 노즐 위치(a/D)에 따른 바닥부에서의 체류시간을 설명하는 도면,

도6은 노즐 위치(a/D)에 따른 기화기 내부 온도분포를 설명하는 도면,

도7은 배출관 길이(S)에 따른 유속의 수직방향 분포를 설명하는 도면,

도8은 배출관 길이(S)에 따른 입구에서의 유동을 설명하는 도면,

도9는 배출관 길이(S)에 따른 바닥부에서의 체류시간을 설명하는 도면,

도10은 원통부 높이(h)에 따른 유속의 수직방향 분포를 설명하는 도면,

도11은 원통부 높이(h)에 따른 바닥부에서의 체류시간을 설명하는 도면,

도12는 원통부 높이(h)에 따른 기화기 내부 온도분포를 설명하는 도면,

도13은 원통부 직경(D)에 따른 유속의 수직방향 분포를 설명하는 도면,

도14는 원통부 직경(D)에 따른 바닥부에서의 체류시간을 설명하는 도면,

도15는 일 실시예에 따른 사이클론 기화기 구성을 설명하는 도면,

도16은 일 실시예에 따른 사이클론 기화기의 기술적 효과를 설명하는 도면,

도17은 일 실시예에 따른 사이클론 기화기의 멀티존 히터 구성을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0019] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소의 '위'(또는 '아래', '오른쪽', 또는 '왼쪽')에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소의 위(또는 아래, 오른쪽, 또는 왼쪽)에 직접 위치될 수 있거나 또는 그들 사이에 제3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다.

[0020] 또한 본 명세서에서 제1 및 제2 구성요소간 위치 관계를 설명하기 위해 사용되는 '상부', '하부', '좌측', '우측', '전면', '후면' 등의 표현은 제1 구성요소에 대한 제2 구성요소의 상대적 위치를 설명하기 위한 표현일 수 있다.

[0021] 본 명세서에서 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 연결(또는 결합, 체결, 부착 등)된다고 언급하는 경우 그것은 다른 구성요소에 직접적으로 연결(또는 결합, 체결, 부착 등)되거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소를 개재하여 간접적으로 연결(또는 결합, 체결, 부착 등)될 수 있다는 것을 의미한다. 또한 본 명세서의 도면들에 있어서 구성요소들의 길이, 두께, 또는 넓이는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이며 어느 한 구성요소와 다른 구성요소의 상대적 크기도 구체적 실시예에 따라 달라질 수 있다.

[0022] 본 명세서에서 구성요소의 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '~를 포함한다', '~로 구성된다', 및 '~으로 이루어진다'라는 표현은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0023] 본 명세서에서 제1, 제2 등의 용어가 구성요소들을 기술하기 위해서 사용된 경우, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.

[0024] 이하 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하도록 한다. 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는 데 있어 혼돈을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.

[0025] 도1은 사이클론 기화기의 설계 인자를 설명하기 위한 도면으로 도1(a)는 일반적인 사이클론 기화기의 단면을, 도1(b)는 평면을 각각 개략적으로 도시하였다.

[0026] 도1을 참조하면, 일반적으로 전형적인 사이클론 기화기는 원통부(11)와 원추부(12)로 이루어진 본체부(10), 본체부(10) 내부로 유체를 주입하는 노즐(20)과 이를 지지하는 노즐 가이드(25), 본체부(10) 내부의 유체를 외부로 배출하는 배출관(30)을 포함할 수 있다. 추가적으로 사이클론 기화기는 원추부(12)의 하부에 연결되어 퍼징을 위한 배출관(40)을 더 포함할 수 있다.

[0027] 원통부(11)는 소정 직경과 높이를 갖는 원통 형상의 부재이다. 원추부(12)는 원통부(11)에서 하방으로 연장되어 일체로 형성되되 직경이 점차 감소하는 원뿔 형상을 가진다. 도면에 도시하지 않았지만 원통부(11)와 원추부(12)로 이루어진 본체부(10)의 주위로 히터가 설치되어 있고, 히터에 의해 본체부(10)의 내부 공간이 가열되어 이 내부 공간에 있는 액체를 기화할 수 있다.

[0028] 바람직하게는 히터에 의해 본체부(10)의 내부 공간이 균일한 온도로 가열된다. 가열 온도는 예를 들어 섭씨 150도 내지 200도 사이일 수 있으나 이 온도 범위로 특별히 제한되는 것은 아니며 전구체의 종류나 반도체 공정에 따라 달라질 수 있음은 물론이다.

[0029] 노즐(20)은 기화할 대상이 되는 유체를 본체부(10)의 내부 공간으로 분사하여 주입하는 배관이다. 일 실시예에서 노즐(20)은 직경이 십 분의 수 ㎜ 내지 수 ㎜ 내외의 아주 가느다란 관일 수 있고, 따라서 노즐(20)을 기화기 장치에 고정하기 위해 노즐 가이드(25)가 더 구비될 수 있다. 예를 들어 도1에 도시한 것처럼 노즐 가이드(25)는 노즐(20) 보다 직경이 큰 원통형 부재일 수 있고, 노즐 가이드(25)의 중심축에 노즐(20)이 배치될 수 있다. 그러나 이는 예시적인 구성이며, 대안적 실시예에서 노즐 가이드(25)가 원통 형상이 아닌 임의의 통 형상일 수도 있고 노즐 가이드(25)가 생략될 수도 있음은 물론이다.

[0030] 배출관(30)은 본체부(10)의 내측 상부면에 연결되어 유체를 배출하는 배관이다. 일 실시예에서 배출관(30)은 본체부(10)의 내측 상부면으로부터 본체부(10)의 내부 공간을 향해 하방으로 돌출하여 연장 형성되어 있으며, 본 명세서에서는 이 배출관(30)의 연장 형성된 부분의 길이를 S라고 칭하기로 한다.

[0031] 본체부(10)의 하단부에 연결된 배출관(40)은 예컨대 본체부(10) 내부를 퍼징하거나 클리닝하여 불순물을 제거하기 위해 구비될 수 있다. 배출관(40)에는 배출관(40)을 개폐하는 밸브(도시 생략)가 설치될 수 있고, 사이클론

기화기가 기화기로서 동작할 때에는 밸브에 의해 배출관(40)이 닫혀 있고, 퍼징 동작을 할 때에는 밸브에 의해 배출관(40)이 열려서 퍼지 가스가 배출관(40)으로 배출되면서 기화기 내부 공간을 클리닝하고 불순물을 배출관(40)으로 배출할 수 있다.

[0032] 이러한 구성에서, 사이클론 기화기의 노즐(20)을 통해 유체가 본체부(10) 내부로 주입되고, 소정 온도로 가열되고 있는 본체부(10) 내부 표면을 따라 액체가 회전 하강하면서 기화한 후 중심부에서 상승하여 배출관(30)을 통해 배출된다. 배출되는 유체는 예컨대 반도체 처리 설비로 공급된다. 반도체 처리 설비는 예를 들면 원자층 증착(ALD: Atomic Layer Deposition), 화학기상 증착(CVD: chemical vapor deposition), 이온 주입장치(ion implanter)와 같은 반도체 생산 공장의 공정 챔버(process chamber)와 같은 장치들이 될 수 있으나 이에 제한되지 않는다.

[0033] 노즐(20)을 통해 사이클론 기화기 내부로 공급되는 유체는 예를 들어 액체나 기체인 전구체(precursor) 단독이거나 또는 전구체와 캐리어 가스의 혼합 유체일 수 있다. 일 실시예에서 전구체의 종류로서는, 예를 들어 Trimethylaluminium (AlMe3, TMA), Dimethylaluminum isoproxide (AlMe2OiPr, DMAI), Tris(dimethylamido)aluminum(III) (Al(N(CH3)2)3), Tetrikis(dimethylamino)titanium (Ti(NMe2)4, TDMAT), Tetrakis(diethylamino)titanium(IV) (TDEAT), Titanium(IV) isopropoxide (TTIP), Trimethoxy(pentamethylcyclopentadienyl)titanium (Ti(Me5Cp)(OMe)3)), Tris(dimethylamino)ethylcyclopentadienyl titanium (EtCpTi(NMe2)3), (2-(methylamino)ethylcyclopentadienyl) bis(dimethylamino)titanium ((η5:η1-CpCH2CH2NCH3)Ti(NMe2)2), [2-(methylamino) 1-methylethyl cyclopentadienyl] bis(dimethylamino)titanium ((η5:η1-CpCH(CH3)CH2NCH3)Ti(NMe2)2), Tetrakis(ethylmethylamino)zirconium (TEMAZr), Tetrakis(dimethylamido)zirconium (Zr(NMe2)4), Tetrakis(dimethylamido)zirconium (Zr(NEt2)4), Cyclopentadienyl Tris(dimethylamino) Zirconium (CpZr(NMe2)3), (2-(methylamino)ethyl cyclopentadienyl) bis(dimethylamino) zirconium ((η5:η1-CpCH2CH2NCH3)Zr(NMe2)2), [2-(methylamino) 1-methylethyl cyclopentadienyl] bis(dimethylamino) zirconium ((η5:η1-CpCH(CH3)CH2NCH3)Zr(NMe2)2), Tetrakis(ethylmethylamino) hafnium (TEMAHf), Cyclopetadienyl Tris(dimethylamino) Hafnium (CpHf(NMe2)3), Ethylcyclopentadienyl Tris(ethylmethylamino) Hafnium (EtCpHf(NMeEt)3), (2-(methylamino)ethyl cyclopentadienyl) bis(dimethylamino) hafnium((η5:η1-CpCH2CH2NCH3)Hf(NMe2)2), [2-(methylamino) 1-methylethyl cyclopentadienyl] bis(dimethylamino) hafnium (((η5:η1-CpCH(CH3)CH2NCH3)Hf(NMe2)2), (tert-butylimido)bis(diethylamino)Niobium (TBTDEN), (tert-butylimido)bis(dimethylamino)Niobium (TBTDMN), (tert-butylimido)bis(ethylmethylamino)Niobium (TBTEMN), tBuN=Nb(NEt2)3, tBuN=Nb(NMeEt)3, tamylN=Nb(OtBu)3, Tris(diethylamido)(tert-butylimido)niobium (TBTDEN), Pentakis(dimethylamino)tantalum (Ta(NMe2)5, PDMAT), tert-amylimidotris(dimethylamido)tantalum (TAIMATA), Tantalum pentaethoxide (TAETO), tert-butylimido tris(dimethylamido)niobium [tBuN=Nb(NMe2)3], tert-butylimido tris(ethylmethylamido)niobium [tBuN=Nb(NEtMe)3], Bis(ethylcyclopentadienyl)ruthenium (II) (Ru(EtCp)2), Triruthenium dodecacarbonyl Tris(2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedionato)ruthenium(III) (Ru3(Co)12), dicarbonyl-bis(5-methyl-2,4-hexanediketonato)Ru (C16H22O6Ru), Ru2{μ2-η3-N(tBu)C(H)C(iPr)}(CO)6, Bis(cyclopentadienyl)cobalt (CoCp2), Dicarbonylcyclopentadienyl cobalt (CpCo(CO)2, Dicobalt octacarbonyl (Co2(CO)8, CCTBA) 중 적어도 하나를 포함하는 물질일 수 있다. 그러나 상술한 전구체의 종류는 예시적인 것이며 본 발명이 이러한 전구체에만 한정되는 것은 아니다. 또한 일 실시예에서 캐리어 가스는 질소 가스, 아르곤 가스, 및/또는 헬륨 가스와 같은 유체일 수 있고 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에서는 전산유체역학(CFD: Computational Fluid Dynamics)을 이용하여 전구체의 기화에 가장 최적의 사이클론 기화기 구조를 제시한다. 이를 위해 도1 및 아래의 표1에 나타낸 것처럼 기화기의 주요 설계 인자를 다음과 같이 사용하기로 한다.

[0035] [표1 - 설계인자]

Design factor	Symbol	Dimension (cm)	Ratio (/D)
Diameter of inlet guide pipe (Location of nozzle)	a	0.36, 0.72, 1.08, 1.44, 1.80	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5
Outlet length	S	0.36, 2.25, 4.50 7.20	0.1, 0.625, 1.25, 2.0
Cylinder height	h	3.6, 7.2, 10.8, 12.6, 14.4	1.0, 2.0, 3.0, 3.5, 4.0
Cylinder diameter	D	3.6, 6.0, 8.0	-

[0036]

[0037] 위의 표1에서 "a"는 노즐 가이드(25)의 직경을 의미한다. 노즐(20)은 일반적으로 직경이 1㎜ 내외의 매우 작은 배관이고 혼자 고정될 수 없기 때문에 노즐(20)보다 큰 직경의 노즐 가이드(25)에 의해 기화기 장치에 고정 설치된다. 노즐(20)이 노즐 가이드(25)의 중심축에 위치하기 때문에, 본 명세서에서는 노즐 가이드(25)의 직경(a)을 변수로 하여 노즐(20)의 위치를 표현할 수 있다.

[0038] 이와 관련하여 도2는 노즐 가이드(25)의 직경(a)에 따른 노즐(20)의 위치를 도식적으로 나타낸 것으로, 도2(a)와 도2(b)는 a/D=0.1 일 때의 단면 및 평면도이고, 도2(c)와 도2(d)는 a/D=0.5 일 때의 단면 및 평면을 각각 개략적으로 도시하였다.

[0039] 우선 도2(a)와 도2(b)는 a/D=0.1 인 경우, 즉 노즐 가이드의 직경(a)이 원통부 직경(D)의 1/10 인 경우로서 노즐(20)이 원통부(11)의 내측 표면에 아주 가깝게 위치하여 설치된다. 이에 반해 도2(c)와 도2(d)는 a/D=0.5 인 경우로서, 노즐(20)이 배출관(30)의 외부 표면을 향하고 있다.

[0040] 이하에서는 a/D를 "노즐 위치"라고 표현하기도 하며, 노즐 위치(a/D) 값이 작을수록 원통부(11)의 내측 표면에 가깝게 위치하고 노즐 위치(a/D) 값이 클수록 원통부(11)의 내측 표면에서 멀어지고 배출관(30)의 표면에 가까워지게 위치함을 이해할 것이다.

[0041] 또한, 이 때 노즐(20)의 위치는 노즐 가이드(25)의 직경(a)의 1/2가 되는 지점이므로, 예컨대 노즐 위치(a/D)가 0.4인 경우 실제 노즐(20) 위치는 원통부(11)의 내측 표면으로부터 0.2D 떨어진 위치를 향해 유체를 분사하도록 설치된다. 예를 들어, 도1(b)는 대략 a/D=0.4가 되도록 도시한 것인데, 노즐(20)의 중심축(AX)을 연장한 선이 이에 수직인 원통부(11)의 직경(D)(즉, P1과 P2를 연결한 선)과 P0 지점에서 만나고, 이 때 P0 지점은 원통부(11)의 내측 표면(P1 지점)에서 0.2D 떨어진 위치이다. 따라서 이 경우 본 명세서에서 "노즐 위치(a/D)가 0.4이다"라고 표현하기도 하고 "노즐(20)의 중심축(AX)이 원통부 내측 표면에서 0.2D 떨어진 지점을 향하도록 배치된다"라고 표현하기도 함을 이해할 것이다.

[0042] 한편 분석의 편의를 위해 노즐(20)의 수직방향 높이는 노즐 위치(a/D)에 관계없이 일정하다고 가정한다. 예를 들어 도2(c)에서 도시한 것처럼 본체부(10)의 내부 상부면으로부터 (1/4)*D 거리 하방에 노즐(20)이 위치하며 도2(a)에서도 이와 동일한 높이에 설치되는 것으로 가정하였다. 그러나 이는 분석의 편의를 위한 것이고 예컨대 노즐(20)이 본체부(10) 내부 상부면으로부터 (2/10)*D 내지 (4/10)*D 거리 사이에 배치될 수 있고, 또는 이 범위 밖의 임의의 위치에 설치될 수도 있음은 물론이다. 또한 바람직한 일 실시예에서, 노즐(20)이 배출관(30)의 입구(31) 보다 높은 위치에 배치되는 것이 바람직할 수 있다.

[0043] 본 발명에서는 원통부(11)의 직경(D)을 기준이 되는 인자로 하여 나머지 인자들을 직경(D)에 대비 수치로 표현하기로 한다. 즉 노즐 위치를 a/D라고 표현하며, 표1에 나타낸 것처럼 노즐 위치(a/D)가 각각 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 및 0.5인 경우에 대해 분석을 행하였다.

[0044] 다시 도1(a)를 참조하면, "S"는 배출관(30)이 본체부(10) 내부에서 하방으로 연장 형성된 길이이며, 이하에서는 간단히 "배출관 길이"라고 표현하기도 한다. 본 발명에서는 원통부 직경 대비 배출관 길이(즉, S/D)가 각각 0.1, 0.625, 1.25, 및 2.0인 경우에 대해 분석을 행하였다.

[0045] 원통부 높이(h)는 도1(a)에 도시한 것처럼 원통부(11)의 높이를 의미하며, 본 발명에서는 원통부 직경 대비 원

통부 높이(즉, h/D)가 각각 1.0, 2.0, 3.0, 3.5, 및 4.0인 경우에 대해 분석을 행하였다.

[0046] 원통부 직경(D)은 다른 인자에 대한 기준이 되는 값으로, 분석을 위해 각각 3.6cm, 6.0cm, 및 8.0cm인 경우에 대해 분석하였다. 다만 이러한 직경(D)의 수치는 아래 표2에 나타낸 경계조건과 같이 소정의 아르곤 가스를 특징 유량과 압력으로 기화기로 주입하고 배출하기에 적합한 범위에서 기화기 크기를 선택한 것이고 실제 기화기의 원통부(11)의 직경은 위의 수치 외의 다른 값을 가질 수 있음은 물론이다.

[0047] 한편 아래의 표2 및 표3은 본 발명의 일 실시예에 다른 CFD 분석을 위해 경계조건 및 실험조건을 개략적으로 나타내었다.

[0048] [표2 - 경계조건]

Descriptions	Detailed setting
Inlet	**Fluid temperature: 25 ℃** Initial pressure: 8,000 Pa **Carrier gas: Ar, 1200 sccm**
Outlet	Pressure outlet **Gauge pressure: 7,466 Pa (56 Torr)** Backflow turbulence intensity: 5%
Wall	**Outer wall temperature: 155 ℃**
Interface	Coupled

[0049]

[0050] [표3 - CFD 실험조건]

Descriptions	Conditions
Solver	ANSYS Fluent 2020R2
Time dependency	Steady state
Viscous model	• Realizable k-ε model • Enhanced wall treatment

[0051]

[0052] 이하 도3 내지 도14를 참조하여 각 설계인자에 따른 CFD 분석 결과를 설명하기로 한다.

[0053] 우선 도3 내지 도6은 노즐 위치(a/D)에 따른 CFD 분석 결과를 나타낸다. 분석의 편의를 위해 h/D=2로 가정하였다.

[0054] 도3은 노즐 위치(a/D)에 따른 유속의 수직방향 분포를 설명하는 도면이다. 도3(a)는 노즐 위치(a/D)가 각각 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 및 0.5인 경우의 0~25m/s 범위에서 유속의 수직 분포를 컬러로 나타낸 것으로, 파란색에서 빨간색으로 갈수록 유속이 증가하는 것을 의미하고, 이 때 기화기의 각 높이(a-a', b-b', c-c', 및 d-d')에서의 최대 접선 유속 값을 도3(b)에 나타내었다. 도3(b)에서 가로축은 노즐 위치(a/D)이고 세로축은 최대 유속이고, 4개의 그래프는 각 높이(a-a', b-b', c-c', 및 d-d')에 따른 유속 그래프이다.

[0055] 도3을 참조하면, 노즐 위치(a/D)가 0.1인 경우 노즐(20)에서 분사되는 유체와 원통부(11) 내측면과의 마찰로 인해 유속이 가장 느리고 노즐 위치(a/D)가 0.4 이상인 경우에도 배출관(30)의 간섭에 의해 유속이 낮아지며, 노즐 위치(a/D)가 0.2~0.3인 경우 가장 적절한 유속이 형성됨을 알 수 있다.

[0056] 도4는 노즐 위치(a/D)에 따른 유속의 수평방향 분포를 설명하는 도면으로, 노즐(20) 높이의 평면을 개략적으로 나타내고 파란색은 유속이 느림을, 빨간색은 유속이 빠름을 의미한다.

[0057] 도4를 참조하면, 노즐 위치(a/D)가 0.1인 경우 유체와 외벽의 마찰로 인해 사이클론 유동 발생이 안되는 것을 알 수 있고, 노즐 위치(a/D)가 0.4 이상인 경우 배출관(30)과의 간섭이 발생하며, 노즐 위치(a/D)가 0.2~ 0.3인 경우 원활한 유동이 발생하였다. 따라서 도3과 도4의 분석 결과로부터 노즐 위치(a/D)가 0.2~0.3 범위에서 사이

클론 유동이 발생하는 적절한 유속을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0058] 도5는 노즐 위치(a/D)에 따른 본체부(10)의 바닥부에서의 체류시간을 설명하는 도면이다. 사이클론 기화기의 구조상 유체가 원통부(11)와 원추부(12) 표면을 따라 회전하면서 아래로 하강한 후 원추부(12)의 중심에서 위로 상승하여 배출관(30)으로 배출되는데, 원추부(12)의 바닥쪽에서 유체의 체류시간이 많아지면 유체의 흐름이 정체되어 유체의 기화가 원활히 이루어지지 않는다. 따라서 원추부(12)의 바닥부에서 유체가 정체되지 않고 상승하여 배출되는 것이 중요하다.

[0059] 도5를 참조하면, 노즐 위치(a/D)가 0.1인 경우 사이클론 유동 발생이 안되어 체류 시간이 높아서 기화에 불리함을 알 수 있고, 노즐 위치(a/D)가 0.2~0.4에서는 사이클론 유동이 활발하여 체류 시간이 낮아 기화에 유리하고, 노즐 위치(a/D)가 0.5가 되면 체류시간이 다시 서서히 증가함을 알 수 있다. 따라서 도5의 결과를 고려하면 노즐 위치(a/D)가 0.2~0.5 사이의 값을 갖는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.2~0.4의 값을 갖는 것이 적절함을 알 수 있다.

[0060] 도6은 노즐 위치(a/D)에 따른 기화기 내부의 온도분포를 설명하는 도면으로, 도6(a)는 기화기 내부의 온도 측정 지점을 번호로 표시하였고 도6(b)에서 가로축은 각 측정 지점의 번호이고 세로축은 온도값이며 각 그래프는 노즐 위치(a/D)가 각각 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 및 0.5인 경우를 나타낸다.

[0061] 도6(a)를 참조하면, 온도 측정 지점 중 1~5번은 노즐(20) 높이에서의 원통부(11)의 내측 표면에 위치하고 6~9번은 노즐(20) 높이에서의 배출관(30)의 외측 표면에 위치하며, 10번은 배출관(30)의 하단부 모서리, 11번과 12번은 노즐(20) 높이보다 낮은 높이의 원통부(11)의 내측 표면, 13번은 원추부(13)의 표면, 그리고 14번은 원추부(14)의 바닥부에 각각 위치함을 알 수 있다.

[0062] 기화기 내부를 섭씨 155도로 가열하고 있으며 상온의 유체를 노즐(20)에서 기화기 내부로 주입하는 것으로 가정하였다. 도6(b)를 참조하면, 노즐 위치(a/D)가 커질수록(즉, 노즐(20)이 원통부 벽쪽에서 멀어질수록) 노즐(20)에서 분사되는 액체가 배출관(30)의 표면에 직접 닿게 되므로 배출관(30)(6~10번 측정 지점)에서 온도가 낮아짐을 알 수 있다. 특히 a/D=0.5인 경우 6번 측정 지점에서 최저 온도가 섭씨 142도인데, 이 경우 기화된 유체가 다시 응축할 우려가 있으며, 노즐 위치(a/D)가 0.1~ 0.2인 경우 온도 강하가 비교적 적으므로 응축 방지에 바람직하다.

[0063] 그러므로 노즐 위치(a/D)에 관한 도3 내지 도6의 전체 실험 결과에 의하면, 노즐 위치(a/D)가 02~0.4인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.2~0.3 사이의 값을 갖는 것이 적절함을 알 수 있다.

[0064] 도7 내지 도9는 배출관 길이(S)에 따른 CFD 분석 결과를 나타낸다. 분석의 편의를 위해 h/D=2 및 a/D=0.2를 가정하였다.

[0065] 도7은 배출관 길이(S)에 따른 유속의 수직방향 분포를 설명하는 도면이다. 도7(a)는 배출관 길이(S)와 원통부 직경(D)의 비율(S/D)이 각각 0.1, 0.625, 1.25, 및 2.0인 경우의 0~25m/s 범위에서 유속의 수직 분포를 컬러로 나타낸 것으로, 파란색은 유속이 느림을, 빨간색은 유속이 빠름을 의미하고, 기화기의 각 높이(a-a', b-b', c-c', 및 d-d')에서의 유속 값을 도7(b)에 나타내었다.

[0066] 도7을 참조하면, 기화기 내부 공간으로 돌출된 배출관의 길이(S)가 짧을수록 b-b' 및 c-c' 높이에서 높은 유속이 형성되지만, a-a' 및 d-d' 높이에서는 유속 변화가 크지 않았고, 전체적으로 유속은 배출관 길이(S)의 변화에 크게 영향받지 않았다.

[0067] 도8은 배출관 길이(S)에 따른 배출관(30) 입구에서의 유동 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로, 도8(a)은 S/D=0.1인 경우, 도8(b)는 S/D가 0.625와 1.25인 경우, 그리고 도8(c)는 S/D=2.0인 경우의 결과이다.

[0068] 도8(a)를 참조하면, S/D=0.1인 경우 배출관(30)의 입구(31)가 노즐(20) 보다 상부에 위치하고 있으므로, 노즐(20)에서 분사되는 유체가 단락(short circuit) 현상으로 인해 배출관(30)으로 바로 유출되는 문제가 발생하였고, 도8(b)의 경우 배출관 입구(31)가 노즐(20) 보다 아래에 위치하므로 단락 현상이 없고 배출구(30) 외벽에서 유동이 빠름을 알 수 있다. 또한 도8(c)의 경우 배출관 입구(31)가 원추부(12)의 시작 위치까지 내려가 있는데 배출관(30) 외벽에서 유동이 느림을 알 수 있다.

[0069] 따라서 도8을 참조하면 배출관 길이와 직경의 비율(S/D)이 0.625~1.25인 경우가 적절하고, 또는, 배출관의 입구(31) 높이가 노즐(20) 보다는 아래이고 원추부(12) 보다는 위쪽에 위치하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

[0070] 도9는 배출관 길이(S)에 따른 바닥부에서의 체류시간을 설명하는 도면이다. 도9를 참조하면, 배출관 길이와 직

경의 비율(S/D)이 가 0.625 이하인 경우 사이클론 유동이 활발하여 유체의 바닥부에서의 체류시간이 짧아 기화에 유리하고, 비율(S/D)이 2 이상인 경우 사이클론 유동 발생이 안되어 체류시간이 급증하고 기화에 불리하였다. 따라서 도9에 의하면 유체의 바닥부에서의 체류시간을 고려할 때 배출관 길이(S)와 원통부 직경(D)의 비율(S/D)이 0.625 이하인 것이 바람직하다. 또한 도면에 도시하지 않았지만 배출관 길이(S)에 따른 기화기내 위치별 온도 분포도 분석하였다. 즉 도6(a)에 도시한 것처럼 기화기 내부의 소정 위치에서 온도 측정을 하였고, 이에 의하면 배출관 길이(S)에 따른 각 위치별 온도의 영향이 크지 않은 것으로 나타났다.

[0071] 이상과 같이 배출관 길이(S)에 관한 도7 내지 도9의 실험 결과에 의하면, 배출관 길이와 원통부 직경의 비율(S/D)이 0.625~1.25 사이의 값을 갖는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

[0072] 도10 내지 도12는 원통부 길이(h)에 따른 CFD 분석 결과를 나타낸다. 분석의 편의를 위해 a/D=0.2 및 S/D=0.625를 가정하였고, 본체부의 높이(H)가 4D인 것으로 가정하였다.

[0073] 도10은 원통부 높이(h)에 따른 유속의 수직방향 분포를 설명하는 도면이다. 도10(a)는 원통부 높이(h)와 원통부 직경(D)의 비율(h/D)이 각각 1.0, 2.0, 3.0, 3.5, 및 4.0인 경우의 0~25m/s 범위에서 유속의 수직 분포를 컬러로 나타낸 것으로, 파란색은 유속이 느림을 빨간색은 유속이 빠름을 의미하고, 기화기의 각 높이(a-a', b-b', c-c', 및 d-d')에서의 최대 접선 유속 값을 도10(b)에 나타내었다.

[0074] 도10을 참조하면, 원통부 높이(h)가 증가할수록 a-a' 및 b-b' 높이에서 유속이 미세하게 감소하지만 비율(h/D)이 3.0~4.0인 경우 하단부 높이(d-d')에서 원추부(12)의 경사 각도가 점점 작아짐에 따라 유속이 증가하고, 보다 바람직하게는 3.5~4.0에서 유속 증가가 명확히 나타났다. 즉 기화기 본체부(10)의 전체 높이(H)가 일정한 경우 원통부 높이(h)가 크고 원추부 높이(c)가 작은 경우 원통부(12)의 바닥면에서의 유속도 빨라지고 기화 표면적 확보에도 도움이 되는 것으로 나타났다.

[0075] 도11은 원통부 높이(h)에 따른 바닥부에서의 체류시간을 설명하는 도면이다. 도11을 참조하면, 원통부 높이와 직경의 비율(h/D)이 2.0 이상, 보다 바람직하게는 3.0 이상이면 사이클론 유동이 활발하여 바닥부에서의 유체 체류시간이 짧아 기화에 유리하고, 비율(h/D)이 1.0인 경우 사이클론 유동 발생이 안되어 체류시간이 급증하고 기화에 불리하였다. 따라서 도11에 의하면 원통부 높이(h)와 직경(D)의 비율(h/D)이 2.0 이상, 바람직하게는 3.0 이상인 것이 바람직하다.

[0076] 도12는 원통부 높이(h)에 따른 기화기 내부 온도분포를 설명하는 도면이다. 도12(a)는 기화기 내부의 온도 측정 지점을 번호로 표시하였고 각 측정 지점은 도6(a)와 동일하다. 도12(b)에서 가로축은 각 측정 지점의 번호이고 세로축은 온도값이며 각 그래프는 원통부 높이와 직경의 비율(h/D)이 각각 1.0, 2.0, 3.0, 3.5, 및 4.0인 경우를 나타내고, 기화기 내부를 섭씨 155도로 가열하고 있으며 상온의 유체를 노즐(20)에서 기화기 내부로 주입하는 것으로 가정하였다.

[0077] 도12(a)를 참조하면, 원통부 높이와 직경의 비율(h/D)이 커질수록 배출관(30) 표면에서의 온도 강하가 줄어들어 바람직하지만 비율(h/D)에 따른 온도 변화가 크지 않아 원통부 높이(h)에 따라 온도 영향이 크지 않는 것으로 나타났다.

[0078] 그러므로 원통부 높이(h)에 관한 도10 내지 도12의 실험 결과에 의하면 원통부 높이와 직경의 비율(h/D)이 3.0~4.0인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 3.5~4.0 사이의 값을 갖는 것이 적절함을 알 수 있다.

[0079] 도13 및 도14는 원통부 직경(D)에 따른 CFD 분석 결과를 나타낸다. 원통부 직경(D)은 다른 인자에 대한 기준이 되는 값으로, 분석을 위해 각각 3.6cm, 6.0cm, 및 8.0cm인 경우에 대해 분석하였다.

[0080] 도13은 원통부 직경(D)에 따라 0~25m/s 범위에서 유속의 수직방향 분포를 설명하는 도면이다. 직경이 증가할수록 노즐 위치(a/D) 값이 감소하기 때문에, 노즐(20)에서의 분사 속도가 동일하다고 가정하면 원통부 직경(D)이 클수록 유속이 감소하고 원통부 직경(D)이 작을수록 유속이 증가함을 보여준다.

[0081] 도14는 원통부 직경(D)에 따른 바닥부에서의 체류시간을 설명하는 도면으로, 도14(a) 내지 도14(c)는 직경(D)이 각각 3.6mm, 6.0mm, 및 8.0mm인 경우 시뮬레이션 결과이고 도14(d)는 체류시간을 그래프로 나타내었다. 도14에 따르면 원통부 직경(D)이 감소할수록 사이클론 유동이 활발히 형성되어 체류시간이 감소하여 기화에 유리함을 알 수 있다.

[0082] 이제 상술한 CFD 분석을 종합한 결과로서 본 발명의 일 실시예에 따른 사이클론 기화기 구성을 설명하기로 한다.

[0083] 도15는 일 실시예에 따른 사이클론 기화기 구성을 개략적으로 도시하였다. 일 실시예에 따른 사이클론 기화기는 원통부(11)와 원추부(12)로 구성된 본체부(10) 및 본체부(10)의 상부 측면에 설치된 노즐(20)과 상부면에 설치된 배출관(30)을 포함할 수 있다.

[0084] 원통부(11)는 소정 높이(h)와 직경(D)을 가지며, 원추부(12)는 소정 높이(c)를 가지되 원통부(11)에서 하방으로 일체로 연장 형성되고 직경이 점차 감소하는 형상을 가진다.

[0085] 노즐(20)은 원통부(11)의 내측면에 접선 방향으로 유체를 공급하도록 구성되고 노즐 가이드(25)에 의해 지지되어 기화기에 고정될 수 있다. 배출관(30)은 소정 길이(S)만큼 기화기 내부 공간으로 돌출되어 연장 형성되어 있다. 원추부(12)의 하단부에는 퍼징이나 클리닝을 위해 배출홀(40)이 연결될 수 있고 배출홀(40)에 설치된 개폐 밸브를 더 포함할 수 있다.

[0086] 상술한 기화기의 각 구성요소, 즉 본체부(10), 노즐(20), 노즐 가이드(25), 배출관(30), 및 배출홀(40)의 각각의 기능이나 구성은 도1을 참조하여 설명한 것과 동일 또는 유사하므로 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0087] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 사이클론 기화기의 바람직한 설계인자(a, S, h) 범위는 아래 표4와 같다.

[0088] [표4 - 일 실시예에 따른 설계인자 범위]

Design factor	Symbol	최적 비율	핵심인자 비율
Diameter of inlet guide pipe (Location of nozzle)	a	0.2~0.4	0.2~0.3
Outlet length	S	0.625~1.25	
Cylinder height	h	3.0~4.0	3.5~4.0
Cylinder diameter	D	-	-

[0089]

[0090] 표4에 의하면, 노즐 위치(a/D)는 0.2~0.4인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.2~0.3 사이의 값을 갖는 것이 적절하다. 이 때 노즐 위치(a/D) 값을 실제 노즐(20)의 직접적 위치로 환산하면, 노즐(20)이 원통부(11)의 내측면에 접선 방향으로 유체를 공급하도록 구성되되, 노즐(20)의 중심축(AX)이 원통부 직경(D)의 1/10 내지 2/10 사이의 지점을 향하도록 배치되는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는, 1/10 내지 1.5/10의 지점을 향하도록 배치되는 것이 적절하다.

[0091] 그리고 노즐(20)의 수직 높이에 대해서는, 노즐(20)이 원통부(11)의 내측 상부면으로부터 하방으로 (2/10)*D 내지 (4/10)*D 사이의 위치에 배치될 수 있으나 이에 제한되지는 않는다. 또한 바람직하게는 노즐(20)이 배출관(30)의 입구(31) 보다 위쪽에 배치되는 것이 바람직하다.

[0092] 배출관(30)의 길이(S)에 대해서는, 배출관 길이(S)와 원통부 직경(D)의 비율(S/D)이 0.625 내지 1.25 사이의 값을 갖도록 구성하는 것이 바람직하다. 또는 대안적으로, 배출관(30)의 입구(31)가 노즐(20) 보다 아래쪽이고 원추부(12) 보다 위쪽에 위치하는 것이 바람직하다.

[0093] 원통부의 높이(h)에 대해서는, 원통부 높이와 직경의 비율(h/D)이 3.0~4.0인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 3.5~4.0 사이의 값을 갖는 것이 적절하다. 또는 대안적으로, 원통부의 높이(h)가 원추부의 높이(c) 보다 크도록 구성하는 것이 바람직하다. 이 때 상술한 CFD 실험에서는 원통부 직경(D)과 본체부 높이(H)의 비율(D/H)이 4인 것으로 가정하였지만, 이 비율은 고정된 것이 아니며, 예를 들어 상기 비율(D/H)이 3 내지 5 사이의 값을 갖도록 설계할 수 있다.

[0094] 도16은 일 실시예에 따른 사이클론 기화기의 기술적 효과를 설명하는 도면으로, 도16(a)는 종래 모세관을 이용한 기화기의 성능 실험 결과, 도16(b)는 일반적인 집진기 형상의 사이클론 기화기의 성능 실험 결과, 그리고 도16(c)는 본 발명의 일 실시예에 따른 사이클론 기화기의 성능 실험 결과를 각각 나타내었다.

[0095] 도16(a)를 참조하면, 종래의 모세관 이용한 기화기는 예컨대 특허문헌1(한국 공개특허 제2017-0000379호)의 모세관 현상을 이용한 기화기이며, 캐리어 가스로서 아르곤을 1500sccm으로 공급하고 전구체로서 CpZr을 분당 3.0

g/min로 공급하여 기화시키는 것을 실험하였다.

[0096] 도16(a)에서 가로축은 시간이고 세로축은 배출관측에서의 압력을 나타낸다. 도16(a)의 그래프를 보면, 종래 모세관을 이용한 기화기는 약 70초에 캐리어 가스와 전구체의 혼합 유체가 기화기 내로 유입된 후 100초~250초 사이 구간에서 압력이 안정화되지 않고 변동하는 것을 알 수 있다. 즉 기화되어 반도체 장비로 공급되어야 할 전구체의 양이 계속 변하면서 공급된다는 것이며, 따라서 이 기화기 장치는 분당 3.0g으로 공급되는 전구체를 적절히 기화시키지 못하고 있음을 알 수 있다.

[0097] 도16(b)는 본 발명에 따른 최적화를 하기 전 일반적인 사이클론 집진기 형상(예컨대 도1의 사이클론 집진기 형상)의 기화기의 실험 결과이다. 최적화가 안된 사이클론 기화기에서는 캐리어 가스와 전구체를 공급하여 기화를 하는 대략 200초 내지 600초 시간에서 압력 변동이 발생하여 안정화가 되지 않았으며 일정량의 전구체를 공급하는 데 적합하지 않음을 알 수 있다. 그러나 도16(c)는 본 발명에 따라 최적화된 형상(예컨대 도15의 사이클론 집진기 형상)의 기화기의 실험 결과로서, 대략 200초에서 2000초까지의 비교적 오랜 시간 동안 안정적으로 전구체를 기화하였다.

[0098] 이제 도17을 참조하여 사이클론 기화기를 가열하는 히터에 대해 설명하기로 한다.

[0099] 도17(a)는 일 실시예에 따른 히터 구성을 설명하기 위한 도면이다. 도17(a)에서 히터를 직접 도시하지 않았지만 히터는 본체부(10)를 둘러싸도록 본체부의 둘레를 따라 배치되고, 히터의 가열에 의해 본체부(10)의 내부 표면을 소정 온도로 가열하여 본체부(10) 내의 전구체를 기화한다.

[0100] 사이클론 기화기의 동작시 액적 상태의 전구체가 노즐(20)을 통해 본체부(10) 내부로 분사된다. 이 때 전구체가 기화기 내벽에서 기화하면서 기화기 내부의 온도가 감소하는데, 노즐(20) 주위와 같이 전구체가 많이 존재하여 기화량이 많은 영역에서는 온도 감소량이 크고 본체부(10) 내부 공간의 아래쪽으로 갈수록 기화량이 적어 온도 감소량이 작아진다. 그런데 일반적으로 종래에는 노즐(20)에 인접하게 하나의 온도센서만 설치하여 기화기 내부 온도를 측정하였는데, 노즐(20)에 인접한 영역은 상대적으로 기화량이 많아 온도 감소량이 큰 영역이므로, 감소한 온도를 회복하기 위해 히터를 더 많이 가열할수록 상대적으로 기화량이 적어 온도 감소량이 적은 본체부(10) 아래쪽 영역은 오히려 과열될 수 있고, 이 아래쪽 영역의 전구체를 변질시키거나 히터를 손상시킬 수 있다.

[0101] 따라서 본 발명의 바람직한 일 실시예에서 사이클론 기화기의 본체부(10) 내부를 수직 방향으로 복수개의 히팅 영역으로 분할하여 멀티 존(multi-zone) 히터로 구성한다. 예를 들어 도17(a)는 본체부(10) 내부를 2개의 히팅 영역(P1, P2)으로 분할한다. 이 때 제1 히팅 영역(P1)은 제1 히터(도시 생략) 및 제1 온도센서(51)를 구비하고 제2 히팅 영역(P2)은 제2 히터(도시 생략) 및 제2 온도센서(52)를 구비할 수 있고, 제1 및 제2 히팅 영역(P1, P2)에 대해 서로 독립적으로 온도를 설정하고 히터를 동작시키도록 구성한다. 이 경우 예를 들어 노즐(20)에 가까운 제1 히팅 영역(P1)의 목표 온도(이하 '국부(local) 목표 온도'라고도 함)를 기화기 전체에 대한 목표 온도(예를 들어 섭씨 155도)(이하 '전체 목표 온도'라고도 함) 보다 더 높은 온도(예를 들어 섭씨 160도)로 설정하여 제1 히터를 동작시키고, 제2 히팅 영역(P2)의 국부 목표 온도는 예를 들어 상기 전체 목표 온도(위의 예에서 섭씨 155도)로 가열하도록 히터를 동작시킬 수 있다.

[0102] 도17(b)는 또 다른 실시예로서 본체부(10) 내부를 3개의 히팅 영역(P1, P2, P3)으로 분리하였다. 즉 도17(b)의 실시예에서 위에서 아래 방향으로 제1 내지 제3 히팅 영역(P1, P2, P3)을 구분하고, 제1 히팅 영역(P1)은 제1 히터(도시 생략) 및 제1 온도센서(51)를 구비하고 제2 히팅 영역(P2)은 제2 히터(도시 생략) 및 제2 온도센서(52)를 구비하고 제3 히팅 영역(P3)은 제3 히터(도시 생략) 및 제3 온도센서(53)를 구비하며, 제1 내지 제3 히팅 영역(P1, P2, P3)에 대해 서로 독립적으로 온도를 설정하고 히터를 동작시킨다.

[0103] 이 때 바람직하게는, 노즐(20)에서 멀어질수록(즉, 아래쪽 영역으로 갈수록) 각 히팅 영역의 국부 목표 온도를 점차 낮게 설정하고 각 히팅 영역의 온도를 각기 독립적으로 제어할 수 있다. 예를 들어, 도17(b)의 실시예의 경우, 노즐(20)에서 가장 가까운 제1 히팅 영역(P1)의 제1 국부 목표 온도를 기화기에 대한 전체 목표 온도와 같거나 또는 그 보다 높게 설정하고, 제2 히팅 영역(P2)의 제2 국부 목표 온도는 제1 국부 목표 온도보다 낮은 온도로, 그리고 제3 히팅 영역(P3)의 제3 국부 목표 온도는 제2 국부 목표 온도보다 낮은 온도로 각각 설정할 수 있다. 또한 대안적 실시예에서, 가장 아래쪽인 제3 히팅 영역(P3)의 제3 국부 목표 온도를 기화기의 전체 목표 온도와 동일하게 설정하고, 이에 따라 제2 및 제1 국부 목표 온도를 점차 높은 온도로 설정할 수도 있다.

[0104] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따라 기화기의 본체부(10) 내부를 멀티 존으로 분할하고 각 영역마다 독립적으로 목표 온도를 설정하고 히터를 제어하여 동작시킴으로써 본체부(10) 내부 전체적으로 일정한 온도를 유지시키면서 전구체를 기화시켜 배출할 수 있으므로 반도체 처리 공정에 보다 일정량 유량의 전구체를 공급할 수 있는 기

술적 효과를 가진다.

[0105] 이상과 같이 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상술한 명세서의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어 도17을 참조하여 설명한 멀티 히팅 영역 구성이 종래의 사이클론 기화기에도 적용될 수 있음은 물론이다. 예를 들어, 상술한 최적화 설계를 하지 않은 일반적인 사이클론 기화기(예를 들어 도2의 사이클론 기화기)에 대해서도 기화기 내부 영역을 수직 방향으로 복수개의 온도 제어 영역으로 구분하고 각 영역마다 온도 센서를 설치하고 온도 제어를 각기 독립적으로 수행할 수 있으며 이에 따라 기화기 내부를 소정 목표 온도로 일정하게 유지하면서 전구체를 기화시킬 수 있다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

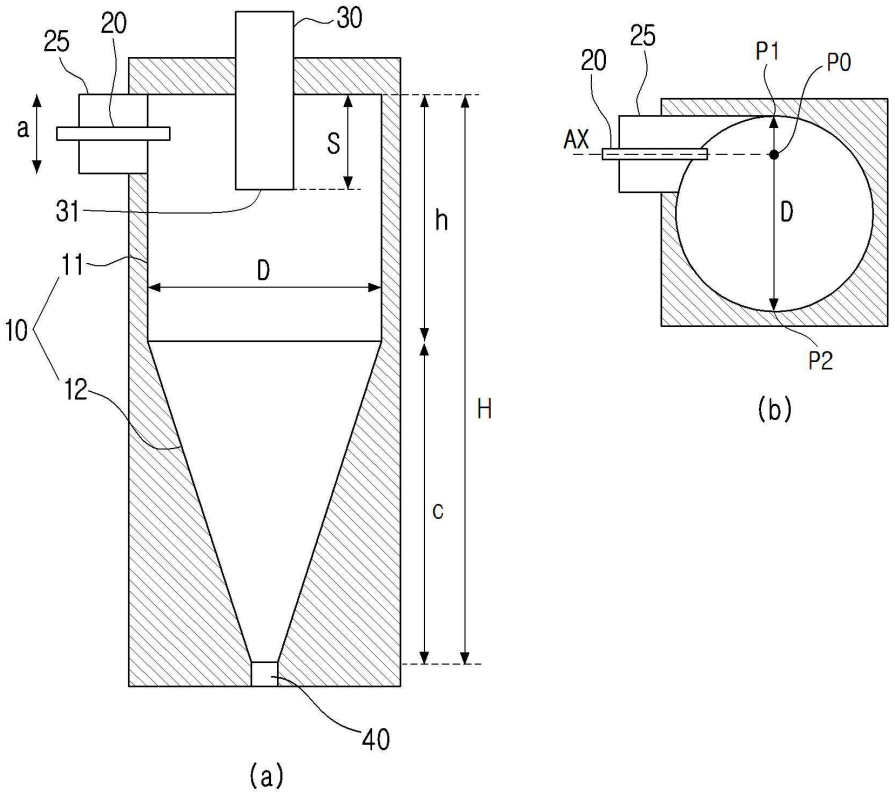
[0106] 10: 본체부 11: 원통부

12: 원추부 20: 노즐

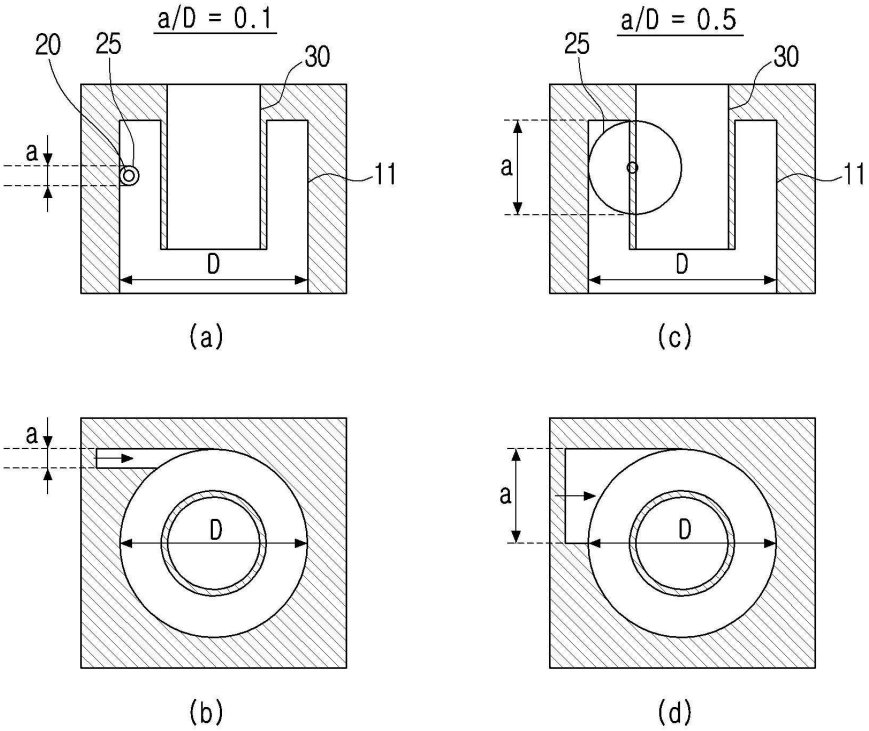
30: 배출관 40: 배출홀

도면

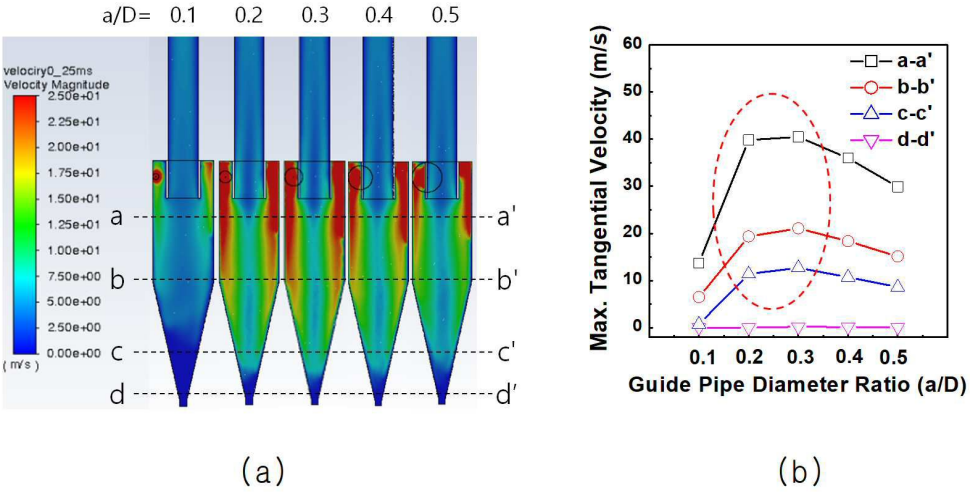
도면1



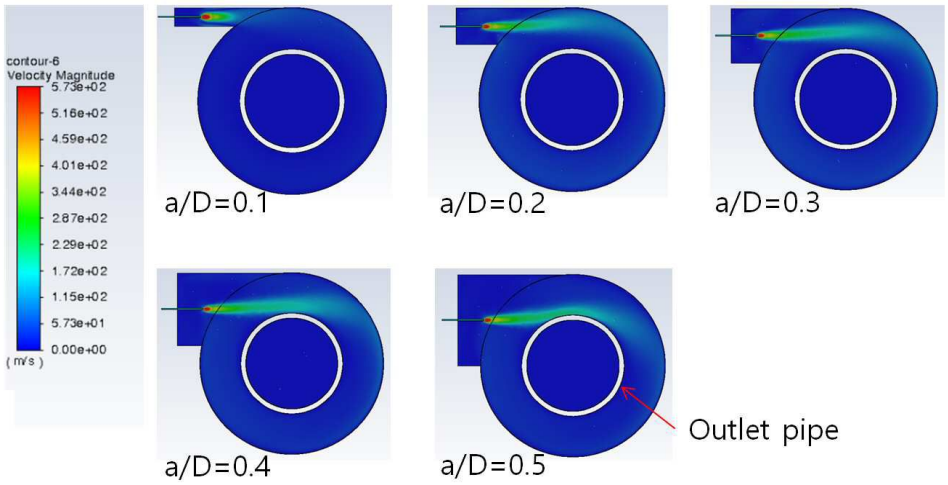
도면2


a/D = 0.1
20
25
30
a
11
D
(a)
a/D = 0.5
25
30
a
11
D
(c)
a
D
(b)
a
D
(d)

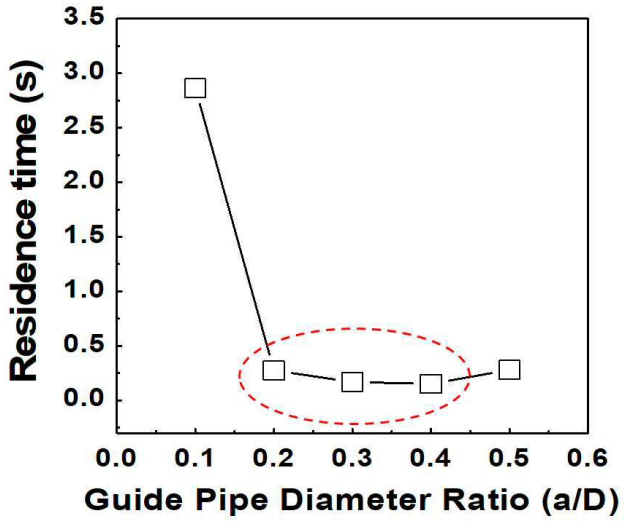
도면3


a/D= 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5
velociry0_25ms
Velocity Magnitude
2.50e+01
2.25e+01
2.00e+01
1.75e+01
1.50e+01
1.25e+01
1.00e+01
7.50e+00
5.00e+00
2.50e+00
0.00e+00
(m/s)
a
b
c
d
a'
b'
c'
d'
(a)
Max. Tangential Velocity (m/s)
60
50
40
30
20
10
0
a-a'
b-b'
c-c'
d-d'
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5
Guide Pipe Diameter Ratio (a/D)
(b)

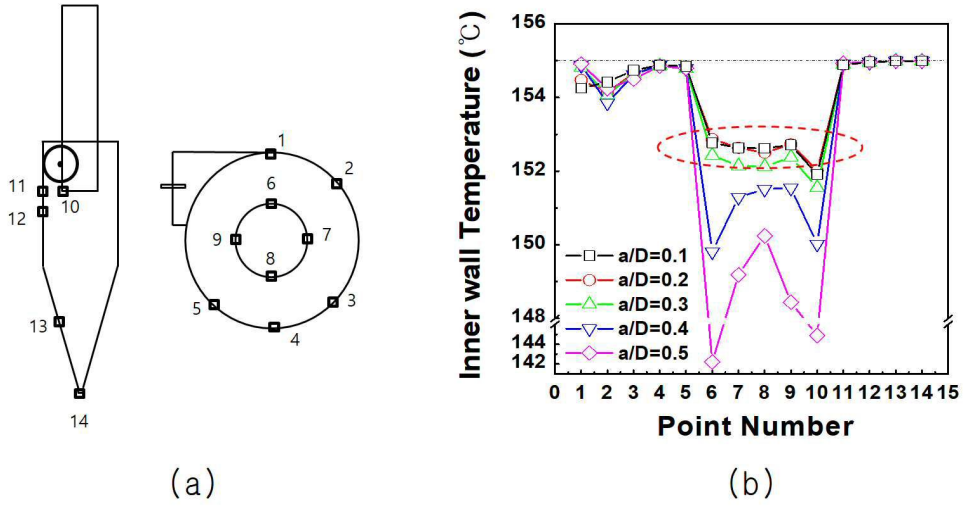
도면4


contour-6
Velocity Magnitude
5.73e+02
5.16e+02
4.59e+02
4.01e+02
3.44e+02
2.87e+02
2.29e+02
1.72e+02
1.15e+02
5.73e+01
0.00e+00
(m/s)
a/D=0.1
a/D=0.2
a/D=0.3
a/D=0.4
a/D=0.5
Outlet pipe

도면5

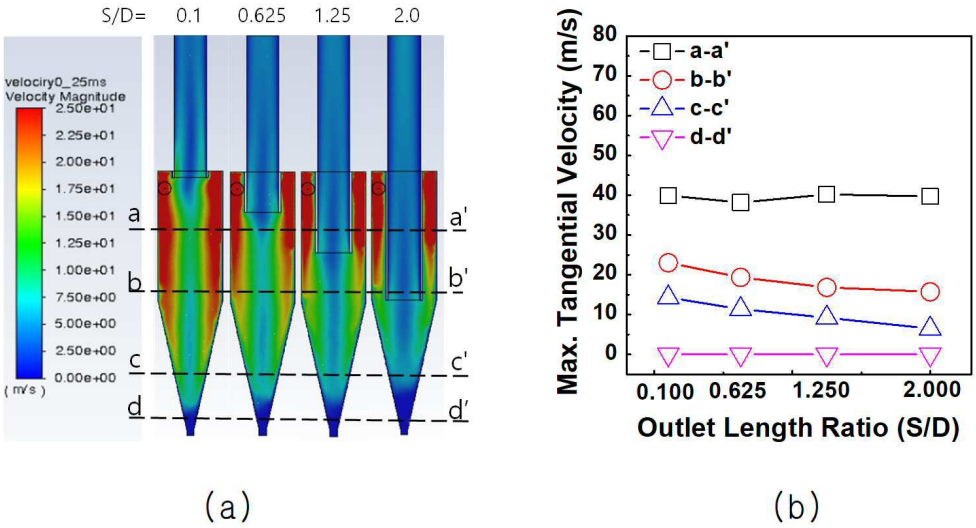

Residence time (s)
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
Guide Pipe Diameter Ratio (a/D)

도면6



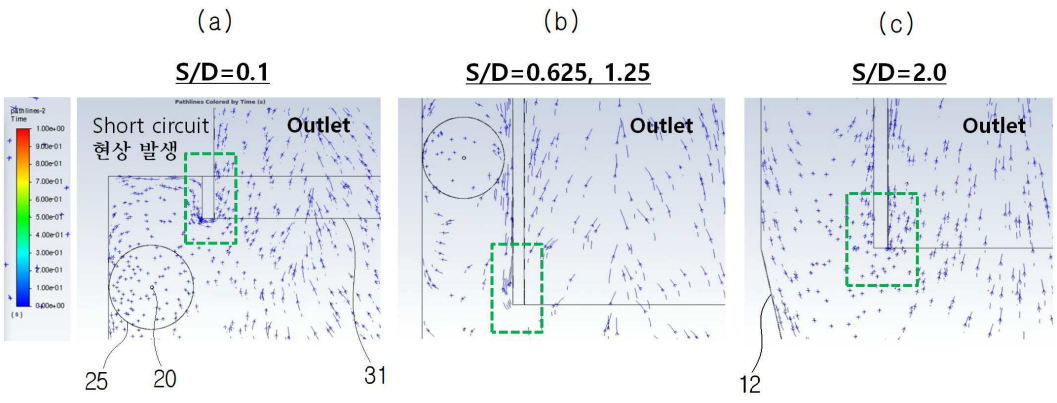
(a) (b)

도면7

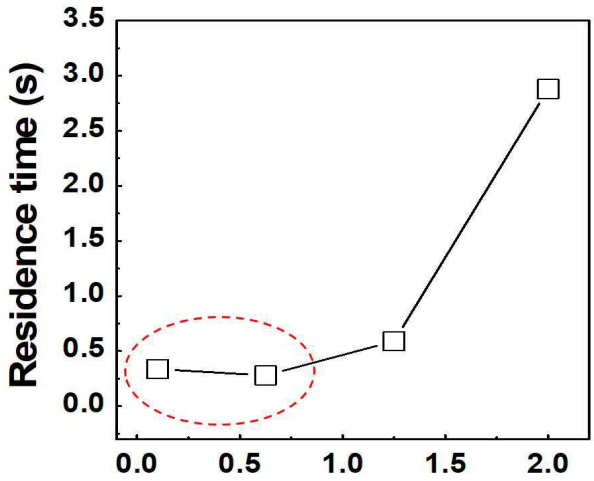


(a) (b)

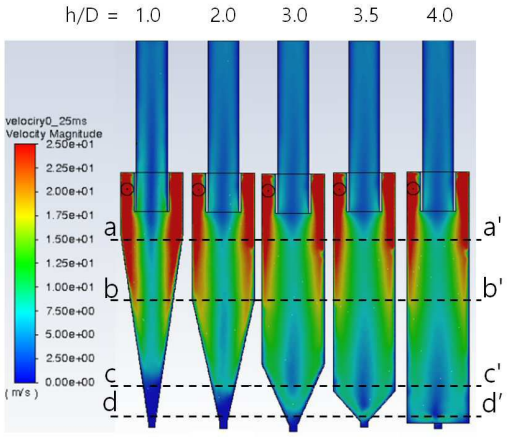
도면8



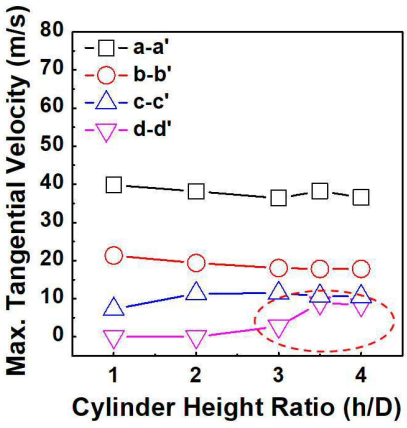
도면9


Residence time (s)
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0

도면10

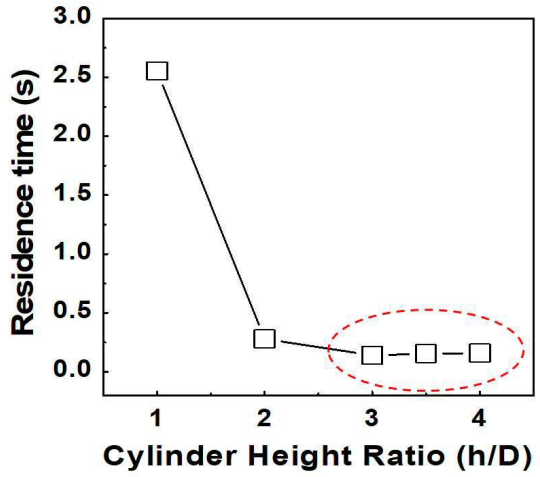

h/D = 1.0 2.0 3.0 3.5 4.0
velociry0_25ms
Velocity Magnitude
2.50e+01
2.25e+01
2.00e+01
1.75e+01
1.50e+01
1.25e+01
1.00e+01
7.50e+00
5.00e+00
2.50e+00
0.00e+00
(m/s)
a
a'
b
b'
c
c'
d
d'

(a)

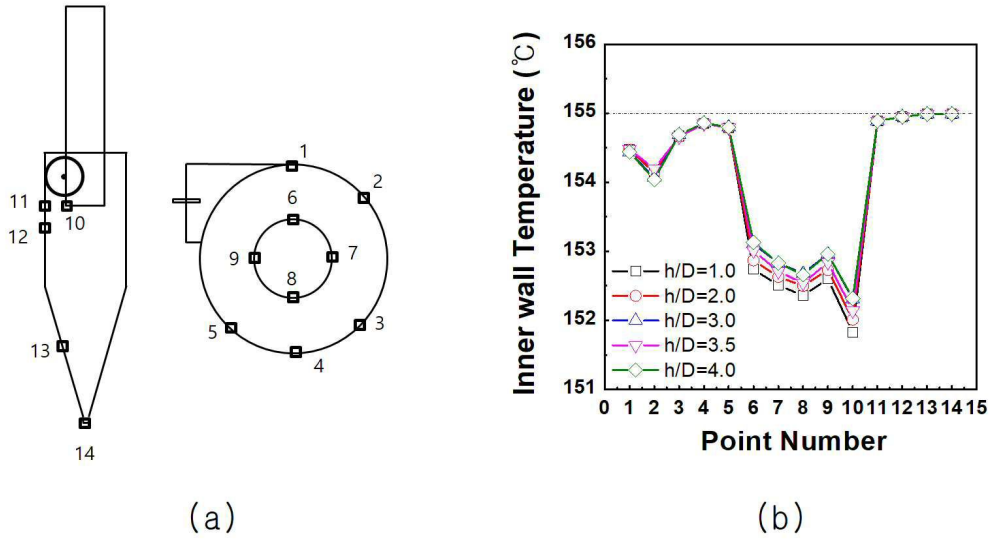

Max. Tangential Velocity (m/s)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
a-a'
b-b'
c-c'
d-d'
1
2
3
4
Cylinder Height Ratio (h/D)

(b)

도면11

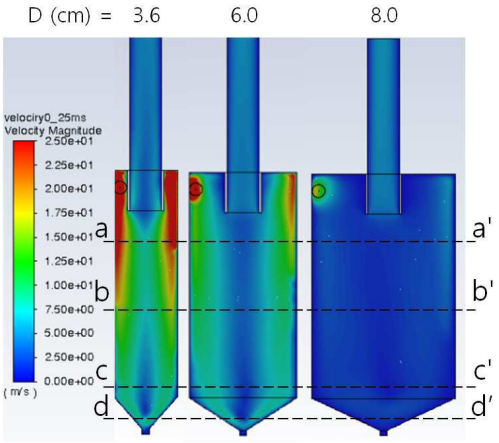

Residence time (s)
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
1
2
3
4
Cylinder Height Ratio (h/D)

도면12

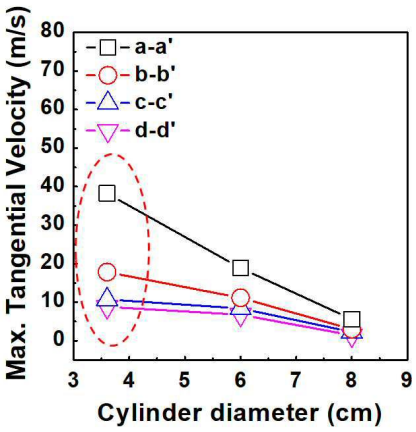

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
Inner wall Temperature (℃)
156
155
154
153
152
151
h/D=1.0
h/D=2.0
h/D=3.0
h/D=3.5
h/D=4.0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
Point Number

(a) (b)

도면13

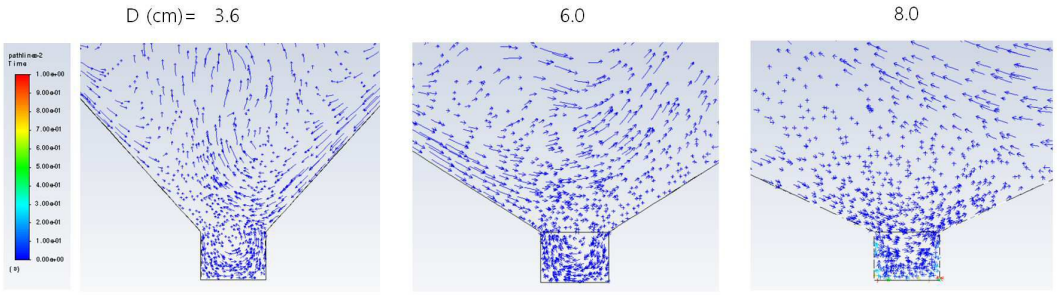


(a)



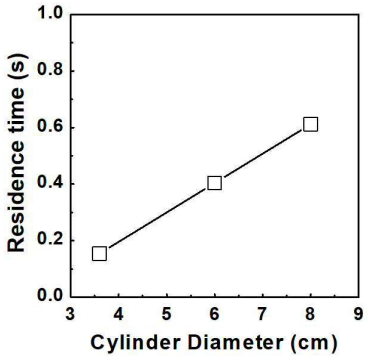
(b)

도면14

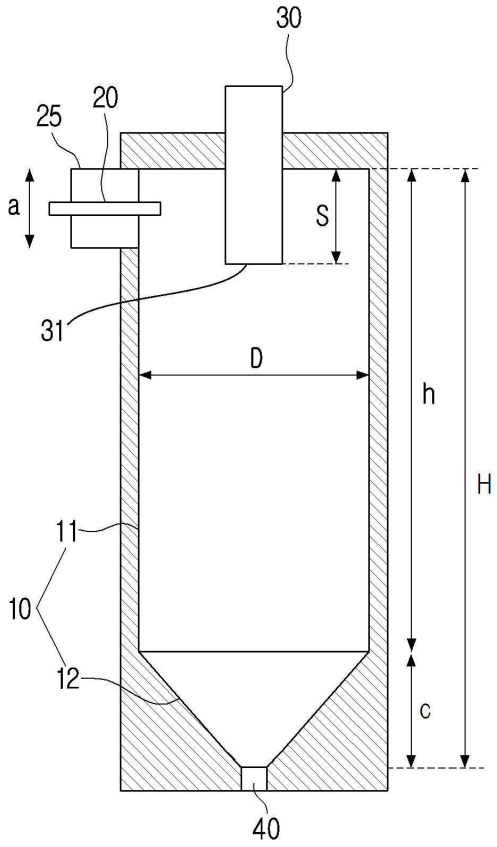


(a) (b) (c)

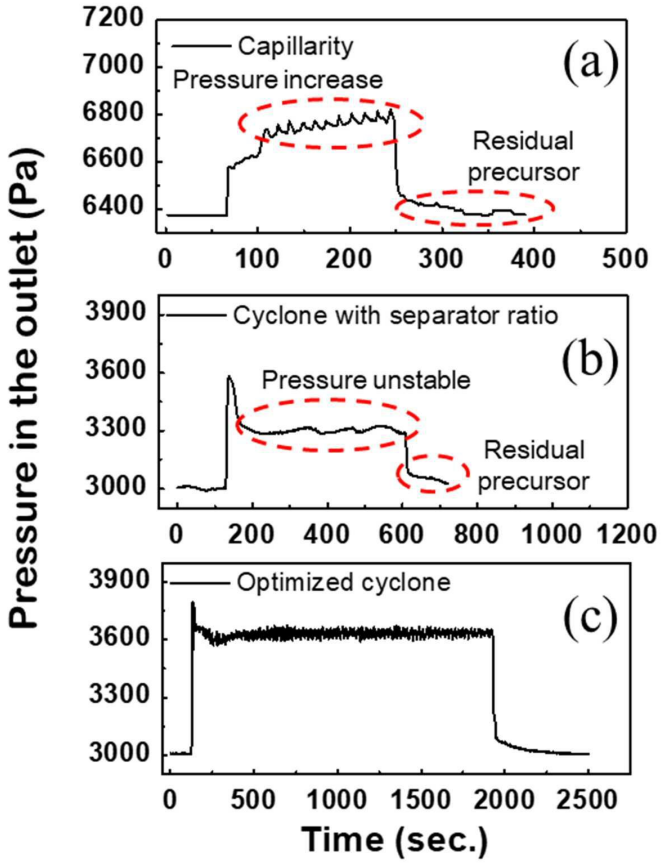
(d)



도면15



도면16


Pressure in the outlet (Pa)
Capillarity
Pressure increase
(a)
Residual
precursor
Cyclone with separator ratio
Pressure unstable
(b)
Residual
precursor
Optimized cyclone
(c)
Time (sec.)

도면17

