



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0149128

(43) 공개일자 2024년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 53/86 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 53/8625 (2013.01)

B01D 53/8631 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0044669

(22) 출원일자 2023년04월05일

심사청구일자 2023년04월05일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

백종범

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김승현

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

리엔목특허법인

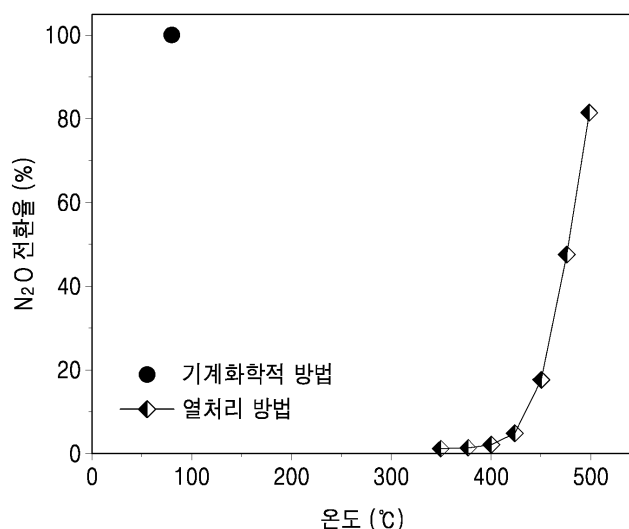
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 아산화질소의 분해 방법

(57) 요약

본 발명은 아산화질소를 포함하는 기체가 충전된 볼-밀링 장치가 제1 기간의 볼-밀링 및 제2 기간의 휴지기를 갖는 사이클로 1회 이상 수행되는, 아산화질소의 분해 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711159130
과제번호	2014R1A3A2069102
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	차원조절 유기구조체 연구단
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

아산화질소를 포함하는 기체가 충전된 볼-밀링 장치에 의한 볼-밀링을 포함하는, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 아산화질소 분해 방법은

산화지르코늄이 내부에 구비된 용기를 준비하는 단계;

상기 용기 내에 아산화질소 가스를 충전하는 단계;

상기 용기를 300 rpm 이상의 속도로 제1 기간 동안 회전시키는 볼밀링단계;

상기 용기를 제2 기간 동안 레스팅하는 휴지단계;를 포함하고,

상기 볼밀링단계 및 휴지단계가 순차적으로 1회 이상 반복되는, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 기간은 10 내지 20분인, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 기간은 5 내지 15분인, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 볼-밀링 장치에 아산화질소 가스가 0 bar 초과 9 bar 이하의 압력으로 충전되는, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 볼-밀링 장치는 300 rpm 내지 900 rpm의 속도로 구동되는, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 볼-밀링 장치는 80℃ 이하의 온도에서 수행되는, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 볼-밀링 장치는 산화금속 촉매, 스피넬 결정형 촉매, 페로브스카이트 결정형 촉매, 혼합 산화금속 촉매, 또는 이들의 조합을 더 포함하는, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 산화금속 촉매는 Co_3O_4 , MgCoAlO_4 , CoAl_2O_4 , $\text{Mn}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 1$), $\text{Co}_{3-y}\text{Fe}_y\text{O}_4$ ($0 \leq y < 3$), $\text{Pr}_{1-\alpha}\text{Ba}_\alpha\text{MnO}_3$ ($0 \leq \alpha < 1$), $\text{La}_{1-\beta}\text{Sr}_\beta\text{FeO}_3$ ($0 \leq \beta < 1$), LaCoO_3 , $\text{LaCo}_{1-\gamma}\text{O}_3$ ($0 \leq \gamma < 1$), CuO/CeO , $\text{Ce}_\delta\text{Zr}_{1-\delta}\text{O}_2$ ($0 \leq \delta < 1$), $\text{NiO/La}_2\text{O}_3$, $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ 또는 이들의 조합을 포함하는, 아산화질소의 분해 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 아산화질소를 포함하는 기체 중 아산화질소의 90% 이상이 질소 분자와 산소 원자로 분해된, 아산화질소의 분해 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 신규의 기계 화학적 아산화질소의 분해 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지구 온난화로 인한 기후 변화의 심각성이 가시화되는 지금, 어느 때보다 온실가스 배출 저감의 중요성이 강조되고 있다. 2005년 발효된 교토 프로토콜에 의해 탄산가스(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), HFCs, PFCs, SF_6 등 6개 종류의 물질이 배출 저감 온실가스로 지정되었다. N_2O 는 CO_2 , CH_4 에 이은 3대 온실가스이다. 미국 환경보호청 조사에 의하면 2020년 미국의 배출 온실가스 중 7%가 아산화질소에 해당한다고 보고되었다. 상대적으로 적은 비율에도 불구하고 109년에 달하는 오랜 수명과 CO_2 의 310배의 매우 높은 지구온난화지수(Global Warming Potential)을 가져 CO_2 , CH_4 대비 온난화에 미치는 영향이 실질적으로 가장 큰 온실가스로 여겨진다. 아산화질소의 심각성이 대두됨에 따라 고온 열분해법, 비선택적 촉매 환원법, 선택적 촉매 환원법, 열촉매 분해법 등 몇 가지 아산화질소 제거 반응들이 연구 및 제안되었다. 그 중 열촉매 아산화질소 분해 기술이 고비용 물질을 반응물로 사용하지 않고 언급된 기술중 상대적으로 낮은 온도에서 운전되어 가장 합리적인 반응으로 여겨져왔다. 하지만, 그럼에도 열촉매 아산화질소 분해 기술은 여전히 400~700° C의 높은 온도에서 운전되어야 하기에, 많은 에너지의 사용이 요구되며, 더 낮은 온도에서 운전시 아산화질소 분해율이 크게 감소하여 추가 분리 공정이 필요하다는 한계점으로 인해, 경제성이 떨어진다.

[0003] 이에, 아산화질소를 저온에서 고비용의 촉매 없이 분해할 수 있는 새로운 분해 기술의 요구가 여전히 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 과제는 아산화질소를 저온에서 고비용의 촉매 없이 분해할 수 있는 새로운 유형의 기계 화학적 아산화질소의 분해 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 일 측면에 따르면, 아산화질소를 포함하는 기체가 충전된 볼-밀링 장치에 의한 볼-밀링을 포함하는 아산화질소의 분해 방법이 제공된다.

[0006] 일 구현예에 따르면, 상기 아산화질소의 분해 방법은 산화지르코늄이 내부에 구비된 용기를 준비하는 단계; 상기 용기 내에 아산화질소 가스를 충전하는 단계; 상기 용기를 300 rpm 이상의 속도로 제1 기간 동안 회전시키는 볼밀링단계; 상기 용기를 제2 기간 동안 레스팅하는 휴지단계;를 포함하고, 상기 볼밀링단계 및 휴지단계는 순차적으로 1회 이상 반복될 수 있다.

[0007] 일 구현예에 따르면, 상기 제1 기간은 10 내지 20분일 수 있다.

[0008] 일 구현예에 따르면, 상기 제2 기간은 5 내지 15분일 수 있다.

[0009] 일 구현예에 따르면, 상기 볼-밀링 장치에 아산화질소 가스가 0 bar 초과 9 bar 이하의 압력으로 충전될 수 있

다.

- [0010] 일 구현예에 따르면, 상기 볼-밀링 장치는 300 rpm 내지 900 rpm의 속도로 구동될 수 있다.
- [0011] 일 구현예에 따르면, 상기 볼-밀링 장치는 80℃ 이하의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0012] 일 구현예에 따르면, 상기 볼-밀링 장치는 산화금속 촉매, 스피넬 결정형 촉매, 페로브스카이트 결정형 촉매, 혼합 산화금속 촉매, 또는 이들의 조합을 더 포함할 수 있다.
- [0013] 일 구현예에 따르면, 상기 산화금속 촉매는 Co_3O_4 , MgCoAlO_4 , CoAl_2O_4 , $\text{Mn}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 1$), $\text{Co}_{3-y}\text{Fe}_y\text{O}_4$ ($0 \leq y < 3$), $\text{Pr}_{1-\alpha}\text{Ba}_\alpha\text{MnO}_3$ ($0 \leq \alpha < 1$), $\text{La}_{1-\beta}\text{Sr}_\beta\text{FeO}_3$ ($0 \leq \beta < 1$), LaCoO_3 , $\text{LaCo}_{1-y}\text{O}_3$ ($0 \leq y < 1$), CuO/CeO , $\text{Ce}_\delta\text{Zr}_{1-\delta}\text{O}_2$ ($0 \leq \delta < 1$), $\text{NiO/La}_2\text{O}_3$, $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0014] 일 구현예에 따르면, 상기 아산화질소를 포함하는 기체 중 아산화질소의 90% 이상이 질소 분자와 산소 원자로 분해될 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 일 측면에 따른 아산화질소의 분해 방법에 의하면 80℃ 이하의 온도에서 아산화질소를 질소 기체 분자 및 산소 원자로 90% 이상 분해할 수 있으므로, 비용 절감 및 고효율이 달성된다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 아산화질소의 분해 반응에 관한 열역학적 그래프이다.
- 도 2는 본 발명의 아산화질소 분해 방법(실시예 1)에 따른 아산화질소의 전환율 및 열촉매 분해법(비교예 1)에 따른 아산화질소의 전환율을 보여주는 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 아산화질소 분해 방법에서 볼-밀링 사이클 반복에 따른 전환율 변화를 보여주는 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 아산화질소 분해 방법에서 기체 내 아산화질소 농도(부피%)에 따른 전환율을 보여주는 그래프이다

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하에서 설명되는 본 창의적 사상(present inventive concept)은 다양한 변환을 가할 수 있고, 상세한 설명에 상세하게 설명한다. 그러나, 이는 본 창의적 사상을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 창의적 사상의 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 창의적 사상을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 이하에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품, 성분, 재료 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 나타내려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품, 성분, 재료 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 이하에서 사용되는 "/"는 상황에 따라 "및"으로 해석될 수도 있고 "또는"으로 해석될 수도 있다..
- [0019] 달리 정의되지 않는 한, 본원에서 사용된 모든 용어(기술적 용어 및 과학적 용어)는 본원이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 일반적으로 이해되는 의미와 동일한 의미를 갖는다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에서 정의된 것과 같은 용어들은 관련 기술분야 및 본원의 맥락에서 그들의 의미에 부합하는 의미로 해석되어야 할 것이고, 본원에서 특별히 정의되지 않는 한, 이상적이거나 지나치게 형식적인 의미로 해석되어서는 안된다.
- [0020] 이하에서, "제1" 및 "제2" 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는 데 사용될 수 있으나, 구성 요소들은 용어들에 의하여 한정되어서는 안되며, 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로 사용된다.
- [0021] 일 측면에 따른 아산화질소의 분해 방법은 아산화질소를 포함하는 기체가 충전된 볼-밀링 장치에 의하여 볼-밀링이 수행되는 것을 포함할 수 있다.
- [0022] 아산화질소는 자연적으로 분해하는데 오랜 시간이 걸릴 뿐만 아니라, CO_2 에 비해 월등히 높은 지구온난화지수(Global Warming Potential)을 갖는 온실가스이다. 지구 온난화를 막기 위하여 아산화질소를 분해하기 위한 방

법으로 고온 열분해법, 비선택적 촉매 환원법, 선택적 촉매 환원법, 열촉매 분해법 등 다양한 기술이 연구 및 제안되어왔다. 이들 중 열촉매 분해법은 아산화질소의 분해를 위하여 광범위하게 사용되는 방법이다.

- [0023] 도 1을 참고하면, 아산화질소 분해 반응은 열역학적으로 발열반응이기에 반응 온도가 낮은 경우 높은 분해율을 보여주어야 하지만, 아산화질소의 구조적 안정성으로 인해 높은 활성화에너지를 가짐으로써 반응이 매우 느리게 진행되는 특징을 갖는다. 이러한 이유로 아산화질소 분해 반응의 높은 활성화 에너지를 극복하기 위하여 발열반응임에도 불구하고 아산화질소 분해 반응은 400~700℃의 높은 온도에서 진행될 수 밖에 없는 상황이었다.
- [0024] 한편, 본 발명의 발명자는 불-밀링에서 밀링중 발생하는 불-불, 불-컨테이너 사이의 충돌에너지가 아산화질소의 높은 활성화에너지를 극복하기에 충분한 에너지를 제공할 수 있으며, 아산화질소 분해열도 국부적으로 발생하기에 전체적인 온도의 급상승 없이 낮은 온도를 유지할 수 있음을 발견하였으며, 이러한 지견으로부터 본 발명을 완성하였다.
- [0025] 일 구현예에 따르면, 상기 아산화질소 분해 방법은 산화지르코늄이 내부에 구비된 용기를 준비하는 단계; 상기 용기 내에 아산화질소 가스를 충전하는 단계; 상기 용기를 400 rpm 이상의 속도로 제1 기간 동안 회전시키는 불밀링단계; 상기 용기를 제2 기간 동안 레스팅하는 휴지단계;를 포함하고, 상기 불밀링단계 및 휴지단계는 1회 이상 반복될 수 있다.
- [0026] 상기 용기는 플라스틱, 알루미늄, 스테인레스 강, 탄화 텅스텐, 산화 지르코늄, 자기질, 특수강 등의 재료 또는 이들의 혼합 재료로 이루어질 수 있으며, 불-밀 과점에서 불순물의 발생을 최소화하기 위하여 스테인레스 강, 산화 지르코늄 또는 특수강 등의 강성재료로 이루어진 것을 사용할 수 있다.
- [0027] 상기 용기는 상부가 개방된 형태를 가지며, 상기 용기의 상부에는 용기의 상부를 완전히 덮어 밀봉 가능한 덮개가 제공될 수 있다. 상기 덮개에는 상기 용기 내로 아산화질소를 포함한 기체를 주입하기 위하여 사용되는 주입구 및 아산화질소 분해 생성물을 외부로 배출하기 위하여 사용되는 배출구를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 아산화질소는 상기 주입구를 통하여 용기 내로 충전될 수 있다. 이때, 상기 용기에 아산화질소 가스가 0 bar 초과 9 bar 이하의 압력으로 충전될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 상기 용기의 규격에 따라 9 bar 이상의 압력으로 아산화질소 가스가 충전될 수도 있다. 예를 들어, 상기 용기에 아산화질소가 0.1 bar 내지 8.5 bar, 0.2 bar 내지 8 bar, 0.3 bar 내지 7.5 bar, 0.4 bar 내지 7 bar, 0.5 bar 내지 6.5 bar, 0.6 bar 내지 6 bar, 0.7 bar 내지 5.5 bar, 0.8 bar 내지 5.0 bar, 0.9 bar 내지 4.5 bar, 1.0 bar 내지 4.0 bar, 1.1 bar 내지 3.5 bar, 1.2 bar 내지 3.0 bar, 1.3 bar 내지 2.5 bar, 1.4 bar 내지 2.5 bar, 1.5 bar 내지 2.4 bar, 1.6 bar 내지 2.4 bar, 1.7 bar 내지 2.3 bar, 1.8 bar 내지 2.2 bar, 또는 1.9 bar 내지 2.1 bar의 압력으로 충전될 수 있으며, 상기 범위로 한정되지 않으며, 용기의 규격에 따라 통상의 기술자가 아산화질소 충전 압력을 적절히 선택할 수 있다.
- [0029] 일반적으로 아산화질소의 충전 압력을 높이면 반응물의 농도가 증가함에 따라 반응에 참여하는 아산화질소의 빈도가 높아지고, 그 결과 분해속도가 증가할 수 있으나, 한정된 시간을 기준으로 반응물의 양이 지나치게 많아지면 시간 내 모든 반응물이 충분히 반응할 기회가 줄어들 뿐만 아니라, 아산화질소 분해반응은 증압 반응으로 반응 환경의 압력이 높아지면 르샤틀리에 원리에 의해 정반응 즉, 아산화질소가 질소와 산소로 분해되는 방향으로의 반응이 저해되는 효과가 있으므로, 아산화질소의 분해율이 감소한다. 그러므로, 아산화질소의 충전 압력을 적절한 수준으로 조절할 필요가 있다.
- [0030] 상기 용기는 300 rpm 이상의 속도로 제1 기간 동안 불-밀링 단계를 거칠 수 있다.
- [0031] 일 구현예에 따르면, 불-밀링 회전 속도는 300 rpm 내지 900 rpm, 400 rpm 내지 800 rpm, 또는 500 rpm 내지 700 rpm일 수 있다. 예를 들어, 불-밀링 회전 속도는 550 rpm 내지 650 rpm 일 수 있다.
- [0032] 불-밀링 회전 속도는 높을수록 아산화질소에 전달되는 충돌에너지가 높아짐으로써 아산화질소의 분해 속도 및 분해율의 증가가 야기되지만, 회전 속도가 지나치게 높게 되면 내부 온도 상승으로 인해 아산화질소가 분해되는 정반응의 속도가 감소되어 아산화질소의 분해속도 및 분해율이 감소할 수 있다. 그러므로, 불-밀링 회전속도를 적정 수준으로 조절하는 것이 요구된다.
- [0033] 일 구현예에 따르면, 상기 불-밀링 단계는 제1 기간 동안 진행될 수 있으며, 예를 들어 10 내지 20분 동안 진행될 수 있다.
- [0034] 예를 들어, 상기 제1 기간은 11 내지 19분, 12 내지 18분, 13 내지 17분, 또는 14 내지 16분 동안 수행될 수 있

다.

- [0035] 상기 불-밀링 단계 이후에, 상기 용기를 제2 기간 동안 레스팅하는 휴지 단계를 거칠 수 있다. 상기 휴지 단계는 대기중에서 불-밀링 용기를 냉각시키는 단계를 포함한다. 이때, 상기 불-밀링 용기를 냉각시키는 단계는 용기 외부에 냉각 공기를 흘려 보내는 것에 의해 이루어질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0036] 일 구현예에 따르면, 상기 제2 기간은 5 내지 15분, 6 내지 14분, 7 내지 13분, 8 내지 12분, 또는 9 내지 11분 동안 수행될 수 있다.
- [0037] 상기 불밀링단계 및 휴지단계를 1회씩 진행하는 것을 1 사이클로 정의하고, 상기 사이클은 1회 이상 수행될 수 있다. 이때, 상기 사이클을 1회 진행하는 경우, 불-밀링단계가 수행되고 불밀링을 멈추게되며, 불밀링을 멈춘 단계가 휴지단계에 해당하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0038] 예를 들어, 상기 사이클이 2회 진행되는 경우, 불밀링단계, 휴지단계, 불밀링단계가 순차적으로 수행될 수 있다.
- [0039] 상기 사이클은 반복적으로 수행됨으로써, 불-밀링 장치의 과도한 온도 상승이 억제될 수 있으며, 이로 인해 아산화질소의 분해속도 및 분해율의 저하를 막을 수 있다.
- [0040] 일 구현예에 따르면, 상기 불-밀링 장치는 산화금속 촉매, 스피넬 결정형 촉매, 페로브스카이트 결정형 촉매, 혼합 산화금속 촉매, 또는 이들의 조합을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 일 구현예에 따른 아산화질소의 분해 반응은 일정 기간 동안의 불-밀링에 의하여 단시간에 아산화질소의 발열 반응의 활성화에너지 이상의 에너지를 전달하는 것에 의하여 작동하는 것인데, 아산화질소 분해 반응의 활성화에너지를 낮출 수 있는 촉매라면 제한없이 사용될 수 있다.
- [0041] 상기 스피넬 촉매의 예로는 Co_3O_4 , MgCoAlO_4 , CoAl_2O_4 , $\text{Mn}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 1$), $\text{Co}_{3-y}\text{Fe}_y\text{O}_4$ ($0 \leq y < 3$) 등이 있고, 페로브스카이트 결정형 촉매의 예로는 $\text{Pr}_{1-\alpha}\text{Ba}_\alpha\text{MnO}_3$ ($0 \leq \alpha < 1$), $\text{La}_{1-\beta}\text{Sr}_\beta\text{FeO}_3$ ($0 \leq \beta < 1$), LaCoO_3 , $\text{LaCo}_{1-\gamma}\text{O}_3$ ($0 \leq \gamma < 1$) 등이 있고, 혼합 산화금속 촉매 예로는 CuO/CeO , $\text{Ce}_\delta\text{Zr}_{1-\delta}\text{O}_2$ ($0 \leq \delta < 1$), $\text{NiO/La}_2\text{O}_3$, $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ 등이 있다.
- [0042] 일 구현예에 따르면, 상기 산화금속 촉매는 Co_3O_4 , MgCoAlO_4 , CoAl_2O_4 , $\text{Mn}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 1$), $\text{Co}_{3-y}\text{Fe}_y\text{O}_4$ ($0 \leq y < 3$), $\text{Pr}_{1-\alpha}\text{Ba}_\alpha\text{MnO}_3$ ($0 \leq \alpha < 1$), $\text{La}_{1-\beta}\text{Sr}_\beta\text{FeO}_3$ ($0 \leq \beta < 1$), LaCoO_3 , $\text{LaCo}_{1-\gamma}\text{O}_3$ ($0 \leq \gamma < 1$), CuO/CeO , $\text{Ce}_\delta\text{Zr}_{1-\delta}\text{O}_2$ ($0 \leq \delta < 1$), $\text{NiO/La}_2\text{O}_3$, $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0043] 이들 중, 아산화질소의 분해를 위하여 NiO 분말과 같은 저가의 촉매가 사용됨으로써, 아산화질소 분해 비용의 절감 효과를 가져올 수 있다.
- [0044] 일 구현예에 따르면, 상기 불-밀링 장치는 80℃ 이하의 온도에서 수행될 수 있다. 뿐만 아니라, 본 발명의 일 구현예에 따른 아산화질소의 분해 방법에 따르면 80℃ 이하의 온도에서 수행됨에도 불구하고 상기 아산화질소를 포함하는 기체 중 아산화질소의 90% 이상이 질소 분자와 산소 원자로 분해될 수 있다.
- [0045] 예를 들어, 80℃ 이하의 온도에서 수행되는 상기 아산화질소의 분해 반응에 의하여 아산화질소를 포함하는 기체 중 아산화질소의 91% 이상, 92% 이상, 93% 이상, 94% 이상, 95% 이상, 96% 이상, 97% 이상, 98% 이상, 99% 이상이 질소분자와 산소 원자로 분해될 수 있다.
- [0046] 또한, 본 발명의 일 구현예에 따른 아산화질소의 분해 방법은 80℃ 이하의 온도에서 수행되는 것에 의하여 안정성이 향상됨으로써 다양한 환경, 예를 들어 산업 공정, 농업 등에서의 응용이 가능하다.
- [0047] 이하, 실시예를 참고하여 더 자세히 설명된다.
- [0048] **평가예 1: 본 발명의 아산화질소 분해법 vs 열촉매 분해법 효율**
- [0049] [실시예 1] - 본 발명의 아산화질소 분해법
- [0050] ZrO_2 불-밀 컨테이너 내에 ZrO_2 불(600 g, $\phi=5$ 및 3mm) 및 NiO 분말 24g을 넣었다. 상기 컨테이너 내에 N_2O 를 2 bar의 압력까지 충전하였다. 불-밀링은 15분 불-밀링 후, 10분 휴지기를 갖는 사이클로 진행하였다. 이때, 불-밀 회전 속도는 600 rpm이었고, 전체 불-밀링 시간을 1시간 30분으로 세팅하였다.
- [0051] 이후, 불-밀 컨테이너 내에 생성된 가스에 대한 기체 크로마토그래피(gas chromatography) 분석을 진행하여, 최

초 충전된 아산화질소에 대한 질소 전환율을 계산하였다.

[0052] [비교예 1] - 열촉매 분해법

[0053] 우선, NiO 분말 1.0 g을 석영 튜브(내경=6mm) 내에 넣었다. 실험을 진행하기에 앞서, 상기 튜브를 20 SCCM의 아르곤(Ar) 흐름에서 30분간 세정하였다. 고정층 반응기는 10SCCM의 N₂O 가스 흐름에서 분당 5° C 증가하는 램프로 500° C까지 가열하였다. 기체 조성은 25° C마다 기체 크로마토그래피(gas chromatography) 분석을 진행하여, 최초 충전된 아산화질소에 대한 질소 전환율을 계산하였다.

[0054] 상기 실시예 1 및 비교예 1의 전환율은 도 2에서 확인된다. 도 2를 참고하면, 실시예 1의 분해법에 따르면 약 80℃의 온도에서 99.99%의 전환율을 보인 반면, 비교예 1의 분해법에 따르면 약 350℃의 온도에서 최초로 아산화질소가 분해되고 약 500℃ 온도에서 약 80% 정도의 전환율을 보였다. 본 발명의 아산화질소의 분해 방법(실시예 1) 종래의 열촉매 분해법에 비해 저온에서도 아산화질소가 분해될 뿐만 아니라, 100%에 가까운 높은 전환율을 보인 점에서 기술적 의의가 높다.

[0055] **평가예 2: 본 발명의 아산화질소 분해법의 사이클 전환율**

[0056] 실시예 1의 방법과 동일한 방법으로 아산화질소에 대한 불-밀링을 진행하되, 전체 불-밀링 시간을 총 1~5회 사이클이 수행되도록 세팅하였으며, 각 사이클이 종료되는 시점에서 불-밀 컨테이너 내에 생성된 가스에 대한 기체 크로마토그래피(gas chromatography) 분석을 진행하여, 최초 충전된 아산화질소에 대한 질소 전환율을 계산하였다.

[0057] 도 3을 참고하면, 사이클 수가 1~5회로 진행되는 경우 모두 99.99%의 전환율이 유지되었다. 따라서, 본 발명의 아산화질소 분해 방법의 안정적인 전환율이 확인되었다.

[0058] **평가예 3: 아산화질소 농도에 따른 본 발명의 아산화질소 분해법의 전환율**

[0059] 실시예 1의 방법과 동일한 방법으로 아산화질소에 대한 불-밀링을 진행하되, 충전되는 아산화질소의 농도를 100 부피%, 50 부피%, 25 부피%로 조절하여 실험을 진행하였으며, 불-밀 컨테이너 내에 생성된 가스에 대한 기체 크로마토그래피(gas chromatography) 분석을 진행하여, 최초 충전된 아산화질소에 대한 질소 전환율을 계산하였다.

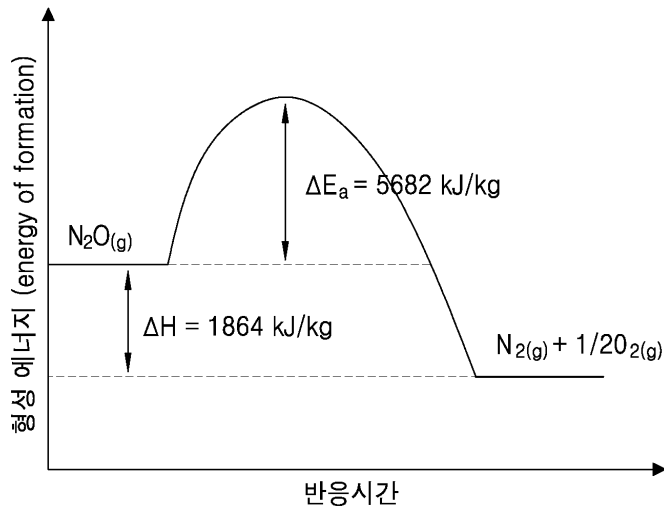
[0060] 도 4를 참고하면, 아산화질소 분해 반응은 증압 반응이므로, 질소의 부분압력이 높을수록 분해 반응의 효율이 낮아지고, 부분압력이 낮아질수록 분해 반응의 효율이 높아질 것으로 예상되는데, 도 4에서 보는 바와 같이 100 부피%, 50 부피%, 25 부피%에서 모두 높은 분해율로 아산화질소가 질소 및 산소 원자로 분해된 것을 확인할 수 있었다.

[0061] 본 발명의 아산화질소 분해 방법은 기계 화학적 분해 기술로서 기존의 열화학적 아산화질소 분해 기술의 한계점들을 해결할 뿐 아니라 전환율 역시 개선된 것이다. 특히, 본 발명의 아산화질소 분해 방법은 80℃ 이하의 상온 근처 온도에서 사용 가능하며 99.99%의 매우 높은 분해율과 빠른 분해 속도, 고안정성의 뛰어난 성능을 보여주었다. 뿐만 아니라, 반응 공정과 시스템 역시 단순하여 실제 적용에 이점을 갖는다. 또한, 산업 공정, 화석연료 사용, 농업 심지어 자연발생 등 다양한 원인을 통해 발생하는 아산화질소의 특성상, 발생원별 아산화질소 농도와 처리 방법이 각각 상이할 수 있다는 점을 고려하면, 본 발명의 아산화질소 분해 방법은 반응 스케일 조절이 용이하고, 모든 아산화질소 농도조건에서 고성능을 유지할 수 있으므로, 다양한 발생원에 대해 적용 가능할 것이다.

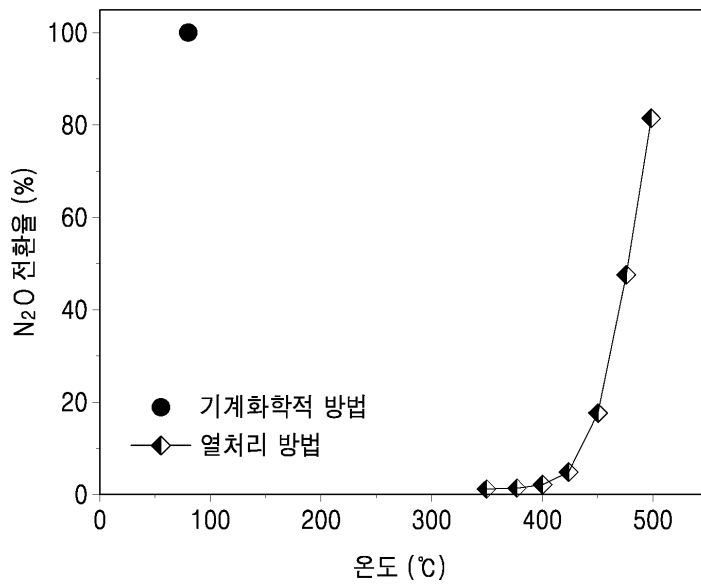
[0062] 이상 실시예를 참고하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

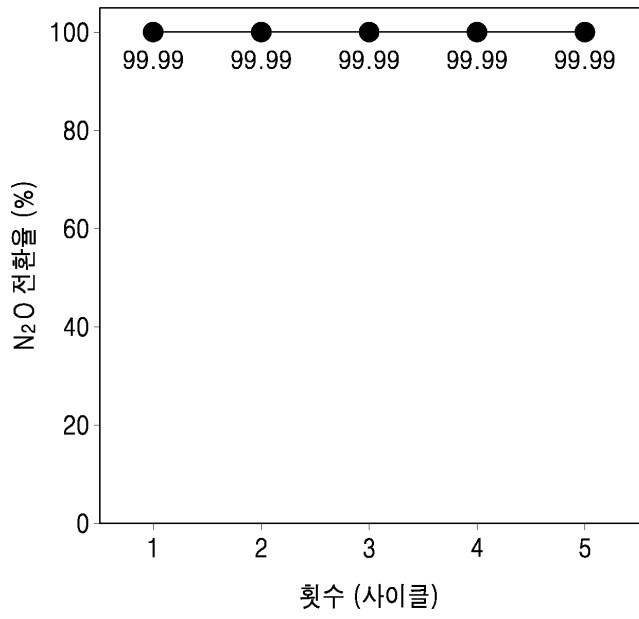
도면1



도면2



도면3



도면4

