(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. [7]
B01D 53/32
B01D 53/86

(11) 공개번호 특2002-0003890
(43) 공개일자 2002년01월16일

(21) 출원번호 10-2000-0034284
(22) 출원일자 2000년06월21일

(71) 출원인 한국기계연구원
황해웅
대전 유성구 장동 171번지

(72) 발명자 이헌정
대전광역시유성구전민동엑스포아파트106동306호
최연석
대전광역시유성구어은동한빛아파트128동204호
송영훈
대전광역시유성구전민동엑스포아파트201동301호
김석준
대전광역시서구월평동누리아파트106동401호
신완호
충청북도청주시상당구대성동5우성아파트103동202호
김관태
대전광역시서구월평동한아름아파트106동1405호
이재옥
대전광역시유성구전민동엑스포아파트304동1108호
한소영
대전광역시유성구어은동107-7301호
한의주
대전광역시서구괴정동93-28

(74) 대리인 이홍길

심사청구 : 있음

(54) 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스처리방법

요약

본 발명은 제올라이트(zeolite)의 양이온을 희토류 금속의 양이온으로 치환시켜 제조된 희토류 촉매를 유전체와 함께

반응기 내에 충진하고 유해물질을 포함하는 가스를 주입한 다음, 반응기에 전력을 공급하여 저온 플라즈마를 발생시킴으로써 상기 유해물질을 분해 또는 산화시키는 공정을 포함하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법에 관한 것이다. 본 발명에서는 유해가스 처리를 목적으로 하는 저온 플라즈마 공법 수행시 플라즈마 발생을 보다 안정화시키고 유해물질 처리 효율을 향상시키고자, 전기전도성이 작고 가격이 저렴한 희토류 금속의 양이온으로 치환된 촉매를 공지의 유전체와 함께 플라즈마 반응기에 충진하고 유해물질이 포함된 가스를 주입한 다음 교류 또는 펄스 전력을 공급하여 저온 플라즈마를 발생시킨다. 본 발명의 방법은 유해가스 처리효율이 높고 적용조건에 대한 제한이 적어 공기 중의 유독 또는 유해한 물질의 제거가 필요한 다양한 경우에 용이하게 적용될 수 있다.

대표도

도 1

색인어

저온 플라즈마, 희토류 금속, 전이금속, 촉매, 유해가스

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 유해가스 처리방법에 따른 NF_3의 농도 감소를 보여주는 그래프.

도 2는 희토류 촉매가 저온 플라즈마에 의한 NF_3 제거율 향상에 미치는 효과를 보여주는 그래프.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 제올라이트(zeolite)의 양이온을 희토류 금속의 양이온으로 치환시켜 제조된 희토류 촉매를 유전체와 함께 플라즈마 반응기 내에 충진하고 유해물질을 포함하는 가스를 주입한 다음, 반응기에 전력을 공급하여 저온 플라즈마를 발생시킴으로써 상기 유해물질을 분해 또는 산화시키는 공정을 포함하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법에 관한 것이다.

대부분의 산업공정에서 불가피하게 배출되고 있는 휘발성 유기물질(volatile organic compounds, VOCs)의 대부분은 인체에 직접적으로 유해할 뿐만 아니라 스모그를 일으키는 원인 물질로 알려져, 이에 대한 규제가 각 국에서 시행되고 있다. 또한, 지구온난화 및 성층권 오존감소 물질인 PFCs(perfluorocompounds) 및 CFCs(chlorofluorocompounds)는 국제협약에 의해 단계적인 배출 규제가 강화되고 있으며, 2002년도부터는 총량규제가 실시될 예정에 있다.

현재, 상기 유해물질에 대한 처리기술로서 소각공법, 촉매공법, 흡착공법 및 생물학적 여과공법 등이 실용화되어 있으나, 이들 기존의 기술만으로는 향후 강화되는 규제를 다양한 유해가스 배출처에서 충분히 만족시킬 수 없는 것으로 알려져 있다. 예를 들어, 소각 및 촉매공법은 어떠한 방식으로든 고온의 열원이 필요하나, 고온의 열원 공급이 기술적으로 어려운 초청정 반도체 공정에서는 기존의 소각 및 촉매공법의 적용이 매우 어려운 실정이다.

한편, 소각 및 촉매공법과는 달리 고온의 열원 없이 유해가스를 처리하는 비교적 최근의 기술로서 저온 플라즈마 공법을 들 수 있다. 플라즈마는 고전압의 직류, 교류 또는 펄스전력을 서로 마주 바라보고 있는 전극에 공급하여 전극 사이

에 있는 당초 전기적으로 중성인 기체분자를 극성을 갖는 전자와 양이온으로 분리함으로써 발생되는데, 수만도 정도의 전자온도를 가지는 저온 플라즈마와 수천만도 이상의 전자온도를 가지는 초고온 핵융합 플라즈마로 구분된다. 이중 공업적으로 이용이 활발한 플라즈마는 저온 플라즈마로, 저온 플라즈마의 경우 공급된 전기 에너지를 화학반응에 이용할 수 있는 전자들에게만 공급하도록 1) 유전체 장벽을 전극사이에 두거나, 2) 이온들이 가열되지 않도록 전력을 1000 나노초 미만의 짧은 시간 동안만 반복해서 공급하거나, 3) 기체분자가 전극사이를 통과하는 유속을 빠르게 설계하기 때문에 플라즈마 공정 수행시 온도가 거의 상승하지 않는다. 최근에는 한 쌍의 금속전극 사이에 전기적 유전체 또는 강유전체를 충진시키고 고전압 교류전력을 공급하여 저온 플라즈마를 발생시키는 방법이 가장 선호되고 있다.

PFC의 일종으로 반도체 생산공정시 반응기의 세척용 가스로 사용되는 NF_3의 경우, 반도체 산업의 급속한 성장에 따라 사용량이 급증하고 있다. NF_3는 특히 환경 뿐만 아니라 인체에도 매우 유해하며 화학적으로도 불안정하여 이의 제거기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, NF_3의 처리에 저온 플라즈마를 이용하고 있는 예로는 1998년 야마모토(Yamamoto)등이 발표한 논문을 들 수 있다. 반도체 생산공정에서 발생하는 PFC의 제거는 진공펌프를 거치기 전 단계 또는 진공펌프를 거친 후 단계에서 이루어질 수 있는데, 일반적으로 진공펌프를 거치기 전 단계에서의 PFC 제거는 효율이 좋지 않으며 제거율 또한 매우 낮은 것으로 알려져 있다. 이에, 야마모토는 진공펌프를 거친 후 저온 플라즈마 공법으로 PFC 제거를 시도하여 NF_3에 대해서 99.7%의 제거율을 얻었다고 보고하고 있다. 그러나, 상기 야마모토의 실험에서는 플라즈마 반응기 내로의 NF_3가스 주입 유속이 최고 2ℓ/min에 지나지 않아 실제 공정에 적용하기에는 큰 무리가 따르며, 유속을 증가시키면 제거율이 그에 비례하여 감소하는 문제점이 있다.

한편, VOCs의 경우 누네즈 등(Nunez et al.)은 강유전체인 $BaTiO_3$ 펠렛(pellet) 또는 구슬(bead)들을 저온 플라즈마 반응기의 금속전극 사이에 채워 넣고 고전압 교류를 공급하여 저온 플라즈마를 발생시킨 다음, 유전체 펠렛 사이로 기체를 통과시켜 VOCs 등의 유해가스를 제거할 수 있음을 발표한 바 있다(참조: USP 5236672). 또한, 버밍햄 등(Birmingham et al.) 역시 저온 플라즈마 반응기에서 고전압 교류전력을 공급하여 유해가스를 분해하는 방법을 발표하였는데(참조: USP 4954320), 반응기내에 충진된 유전체 구슬 또는 펠렛은 강유전체인 $BaTiO_3$에 국한되지 않고, 일반적인 유전체인 유리(glass), 세라믹(ceramic), 수정(quartz) 등도 포함되며, 귀금속 촉매인 Pt-Pd-Rh 촉매를 첨가하여 저온 플라즈마 공정과 촉매공정을 동시에 수행하는 것을 특징으로 한다. 이 밖에도 야마모토(Yamamoto)는 최근에 누네즈 등과 버밍햄 등이 사용한 저온 플라즈마 반응기 및 전원장치와 유사한 장치를 사용하지만, 전극 사이에 충진된 $BaTiO_3$구슬 표면에 전이족 금속촉매인 Pt, Pd, Rh, Co, Ni 또는 V 등을 코팅하여 저온 플라즈마 공정에서 배출되는 부산물(by-products)을 줄일 수 있는 기술을 발표하였다(참조: USP 5843288).

상술한 바와 같이 유해가스 처리를 위한 저온 플라즈마 공법에 대한 연구가 활발히 진행되고, 처리효율을 향상시키고자 촉매로서 주로 전이족 금속인 Pt, Pd, Rh, Co, Ni 및 V 등이 제안되어 왔으나, 1) 이들 전기적 전도성이 큰 전이족 금속촉매를 전기장이 강한 플라즈마 반응기에 사용할 경우 안정적인 저온 플라즈마의 발생을 방해하는 아아크를 발생할 가능성이 높으며, 2) 전이족 금속촉매 가운데 가장 많이 사용되고 있는 귀금속 촉매는 가격이 높다는 문제점이 있다. 또한, 전이족 금속의 코팅량을 줄여 아아크 발생을 피할 경우 촉매의 성능이 저하되기 때문에 반응기 내에 충진된 유전체 구슬 또는 펠렛의 양을 증가시켜 이를 해결하여야 하나, 이 경우 반응기 내의 압력손실이 커져서 대부분의 산업공정과 같이 배출가스의 유량이 많을 경우 이 기술을 적용할 수 없다. 따라서, 전기적 전도성이 없거나 작으면서도 저온 플라즈마에 의해 크게 활성화될 수 있는 촉매 개발이 요구되고 있는 실정이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이에 본 발명은 상기한 문제점들을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 제올라이트의 양이온을 희토류 금속의 양이온으로 치환시켜 제조된 희토류 촉매를 유전체와 함께 플라즈마 반응기 내에 충진하고 유해물질을 포함하는 가스를 주입한 다음, 반응기에 전력을 공급하여 저온 플라즈마를 안정적으로 발생시킴으로써 상기 유해물질을 분해 또는 산화시키는 공정을 포함하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법은 (i) 제올라이트의 양이온을 희토류 금속의 양이온으로 치환시켜 제조된 희토류 촉매 및 유전체를 플라즈마 반응기 내에 충진하는 공정; (ii) 상기 반응기에 유해물질을 포함하는 가스를 주입하는 공정; 및, (iii) 상기 반응기에 전력을 공급하여 저온 플라즈마를 발생시킴으로써 상기 유해물질을 분해 또는 산화시키는 공정을 포함한다.

본 발명의 유해가스 처리방법에 있어서, 상기 희토류 촉매의 제조시 담체로서 사용되는 제올라이트는 알루미늄/규소의 조성비 및 그 구조에 있어서 특별한 제한이 없으며, 담체의 형상 또한 구슬, 펠렛 또는 하니콤 형상 모두 바람직하다. 또한, 본 발명의 바람직한 일실시예에서는 상기 희토류 금속으로 란타늄(La)만을 사용하였으나, 희토류 금속 중 어느 원소를 선택하여도 무방하다. 본 발명의 방법에 사용되는 희토류 촉매는 전기 전도성이 작기 때문에 강한 전기장 내에서도 아아크를 발생하지 않아 매우 안정적으로 저온 플라즈마를 발생시킬 수 있으며, 플라즈마에 의하여 반응이 일어나는 활성점에 전자를 공급하여 줌으로써 종래의 전이금속 촉매와는 달리 열원이 아닌 저온 플라즈마에 의해서만 효과적으로 활성화되고, 가격 또한 저렴하다는 장점을 가진다. 따라서, 상기 희토류 촉매가 있는 상태에서 저온 플라즈마를 발생시키면 종래의 저온 플라즈마 공법에 비하여 보다 효율적으로 공기 중에 포함된 유해물질을 처리할 수 있다.

또한, 상기 유전체는 강유전체인 $BaTiO_3$에 한정되지 않으며, 유리, 세라믹, 수정과 같은 일반적인 유전체를 사용하여도 무방하고, 그 형태 또한 제한받지 않는다. 아울러, 상기 유해물질은 휘발성 유기물질(volatile organic compounds, VOCs), PFCs(perfluorocompounds), CFCs(chlorofluorocompounds), 다이옥신 및 질소산화물을 비롯하여 플라즈마에 의하여 분해될 수 있는 각종 유독성 유기물 및 무기물 중 하나 이상을 포함하며, 제거율 면에서 PFCs 중에서도 질소를 함유하고 있는 화합물, 특히 NF_3에 가장 바람직하게 적용될 수 있다. 한편, 상기 반응기에 공급되는 전력은 전압이 20 100 kV인 교류전력 또는 펄스폭이 10 1000 나노초인 펄스전력 중 어느 것이라도 무방한데, 교류 및 펄스의 주파수는 60 Hz 10 kHz의 넓은 범위에서 사용하여도 안정된 플라즈마 발생이 저해받지 않는다.

상술한 본 발명의 유해가스 처리방법에 따르면, 본 발명의 희토류 촉매 및 유전체를 플라즈마 반응기 내에 충진시킬 때 Pt, Pd, Rh 또는 V와 같은 전이금속으로 치환된 조촉매를 추가로 함께 충진시켜, 유해가스 처리시 촉매의 내구성을 보다 강화시키고 촉매독을 완화시키며 상온에서부터 섭씨 수백도에 이르는 넓은 온도범위에서 시너지 효과를 얻을 수 있다. 또한, 유해물질을 포함하는 가스를 반응기에 주입하기에 앞서 상기 가스에 미리 수분 또는 과산화수소를 첨가함으로써, 플라즈마 발생시 강한 산화력을 가지는 O, OH, 및/또는 HO_2 래디칼 생성을 증가시킬 수 있다. 뿐만 아니라, 상기 유해물질을 포함하는 가스 주입시 아르곤 또는 헬륨 가스를 함께 반응기에 주입하여 저온 플라즈마를 보다 안정화시킬 수 있다.

이외에도, 본 발명의 방법으로 처리하고자 하는 유해물질이 포함된 가스 내의 산소, 질소, 수분 및 이산화탄소 등의 함량은 본 방법의 적용처 및 공정 특성에 따라 달라질 수 있으며, 특히 유해가스 처리효율의 향상을 위해 가스 주입 전 수분 및 산소의 함량을 적절히 조절할 수 있다. 본 발명의 유해가스 처리방법은 또한 온도 및 압력 조건에 의한 제한을 적게 받아, 상온에서 수백도에 이르는 온도 조건 하에서도 안정된 플라즈마가 유지되는 한 적용될 수 있다.

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 국한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

[실시예 1]

직경이 평균 5㎜인 구형 또는 타원형의 제올라이트 펠렛의 양이온을 80°C에서 0.5M $LaCl_3$ 용액을 이용하여 1차 교환하고 여과, 세척, 건조한 후 동일한 방법으로 2차, 3차 교환하여, 란타늄(La) 양이온으로 치환된 희토류 촉매 펠렛을 제조하였다. 이어서, 플라즈마 반응기 내에 상기 란타늄으로 치환된 촉매 펠렛과 유전체인 유리 구슬을 함께 충진한 다음, NF_3가 200 ppm의 농도로 포함된 질소가스를 분당 10 리터의 유속으로 주입하고, 반응기 입구 및 출구에서 계측기를 통하여 NF_3의 농도를 측정하였다. 가스를 주입한 후 약 18분이 경과했을 때, 반응기에 최고전압이 20 30 kV인 교류전력 또는 펄스폭이 10 1000 나노초인 펄스전력을 공급하여 저온 플라즈마를 발생시켰다. 이때, 교류 또는 펄스 주파수는 60 Hz에서 10 kHz까지 변화시켰으나 주파수에 따라 운전 중에 치명적인 문제점은 발견되지 않았다. 도 1에서 볼 수 있듯이, 플라즈마 발생 후 시간이 경과함에 따라 반응기 출구에서 NF_3의 농도가 현저히 저하됨을 확인하였으며, NF_3 제거율은 약 41%(v/v)에 달하였다(참조: 도 2). 도 2에서 C_i는 반응기 입구에 주입된 NF_3 농도를, C_o는 반응기 출구에서의 NF_3 농도를 각각 나타낸다. 한편, 종래의 전이금속 촉매 비드 또는 촉매 펠렛을 사용한 저온 플라즈마 공정에서는 반드시 교류전력을 공급하여야만 했으나, 본 발명의 희토류 촉매 즉, 란타늄 촉매 펠렛 사용시에는 전력의 형태에 무관하게 안정된 저온 플라즈마를 발생할 수 있었고, 유전체도 굳이 강유전체인 $BaTiO_3$를 사용할 필요가 없었다.

[비교실시예 1]

상기 실시예 1로부터 수득한 란타늄으로 치환된 희토류 촉매 및 유전체를 반응기에 함께 충진하는 대신에, 촉매성능 및 흡착성능이 전혀 없는 유리 구슬 또는 흡착성능은 있으나 촉매성능이 없는 제올라이트 펠렛만을 단독으로 충진한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 저온 플라즈마 공정을 수행하였다. 그 결과 도 2에서 볼 수 있듯이, 란타늄으로 치환된 촉매 펠렛과 유전체를 함께 충진한 경우에는 NF_3 제거율이 41%(v/v)에 달한 반면, 촉매성능이 없는 유리 구슬 또는 제올라이트 펠렛만을 충진한 경우에는 모두 NF_3 제거율이 10 12%(v/v)에 불과하였다. 특히, 제올라이트 펠렛의 경우 흡착성능이 있어도 낮은 제거율이 개선되지 않음을 확인하였다. 따라서, 본 발명의 희토류 촉매가 저온 플라즈마 공정의 유해가스 제거율을 효과적으로 개선시킴을 알 수 있었다.

[실시예 2]

구형 또는 타원형의 제올라이트 펠렛을 사용하는 대신에 비드 또는 하니콤 형상의 제올라이트 담체를 사용한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 란타늄으로 치환된 희토류 촉매를 제조하고 저온 플라즈마 공정을 수행하였다. 그 결과, 펠렛형 담체를 사용한 경우와 마찬가지로 매우 안정된 저온 플라즈마를 얻을 수 있었으며, NF_3 제거율 또한 저하되지 않았다. 따라서, 본 발명의 희토류 촉매 제조에 사용되는 제올라이트 담체의 형상은 비드, 펠렛 또는 하니콤 형상 모두 제한없이 사용 가능함을 알 수 있었다.

[실시예 3]

NF_3가 포함된 질소가스 대신에 톨루엔이나 에틸렌과 같은 휘발성 유기물질(VOCs) 또는 TCE(trichloroethylene)가 포함된 질소가스를 주입한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 저온 플라즈마 공정을 수행하였다. 그 결과, NF_3의 경우에 비하여 상기 가스들의 제거율 또한 뒤떨어지지 않음을 확인하였다. 따라서, 본 발명의 유해가스 처리방법이 특정 유기 화합물에만 한정된 것이 아니라, VOCs, PFCs, CFCs, 다이옥신 및 질소산화물 등을 비롯하여 저온 플라즈마에 의해 처리가 가능한 것으로 알려진 각종 유기물 및 무기물의 분해에 광범위하게 적용될 수 있음을 알 수 있었다.

[실시예 4]

상기 실시예 1로부터 수득한 란타늄으로 치환된 희토류 촉매를 주촉매로 사용하면서 조촉매로 전이족 금속인 Pt, Pd, Rh 또는 V로 치환된 촉매 구슬을 함께 사용한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 저온 플라즈마 공정을 수행하였다. 그 결과, 촉매의 내구성 증가, 촉매독의 완화 및 유해가스 처리성능 향상 등의 시너지 효과가 있음을 확인하였으며, 이러한 시너지 효과는 상온에서 섭씨 수 백도에 이르는 넓은 온도 범위에서 유지되었다.

발명의 효과

이상에서 상세히 설명한 바와 같이, 본 발명의 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법에 의하면, 전기전도성이 작아 전기장이 강한 플라즈마 반응기 내에서도 아아크를 발생하지 않는 희토류 촉매를 유전체와 함께 플라즈마 반응기에 충진하고 저온 플라즈마를 발생시킴으로써, 저렴한 비용으로 안정적인 플라즈마의 발생을 실현하여 플라즈마에 의한 유해물질 제거 효율을 월등히 향상킬 수 있다. 또한, 그 방법의 적용조건에 대한 제한이 적어 공기 중의 유독 또는 유해한 물질의 처리가 필요한 다양한 경우에 용이하게 적용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

(i) 제올라이트(zeolite) 담체의 양이온을 희토류 금속의 양이온으로 치환시켜 제조된 희토류 촉매 및 유전체를 플라즈마 반응기 내에 충진하는 공정;

(ii) 상기 반응기에 유해물질을 포함하는 가스를 주입하는 공정; 및,

(iii) 상기 반응기에 전력을 공급하여 저온 플라즈마를 발생시킴으로써 상기 유해물질을 분해 또는 산화시키는 공정을 포함하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 제올라이트 담체는 구슬, 펠렛 또는 하니콤 형상인 것을 특징으로 하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서,

상기 유전체는 유리, 세라믹, 수정 또는 $BaTiO_3$ 인것을 특징으로 하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 유해물질은 VOCs(volatile organic compounds), PFCs(perfluorocompounds), CFCs(chlorofluorocompounds), 다이옥신 및 질소산화물로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 하나 이상인 것을 특징으로 하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

청구항 5.

제 4항에 있어서,

상기 PFCs(perfluorocompounds)는 질소를 함유하고 있는 것을 특징으로 하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

청구항 6.

제 1항에 있어서,

상기 전력은 교류전력 또는 펄스전력인 것을 특징으로 하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

청구항 7.

제 1항에 있어서,

상기 촉매 및 유전체를 플라즈마 반응기 내에 충진하고 Pt, Pd, Rh 또는 V로 치환된 전이금속 조촉매를 추가로 충진하여 촉매의 내구성을 향상시키는 것을 특징으로 하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

청구항 8.

제 1항에 있어서,

상기 유해물질을 포함하는 가스에 수분 또는 과산화수소를 첨가하여 래디칼 생성을 촉진시키는 것을 특징으로 하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

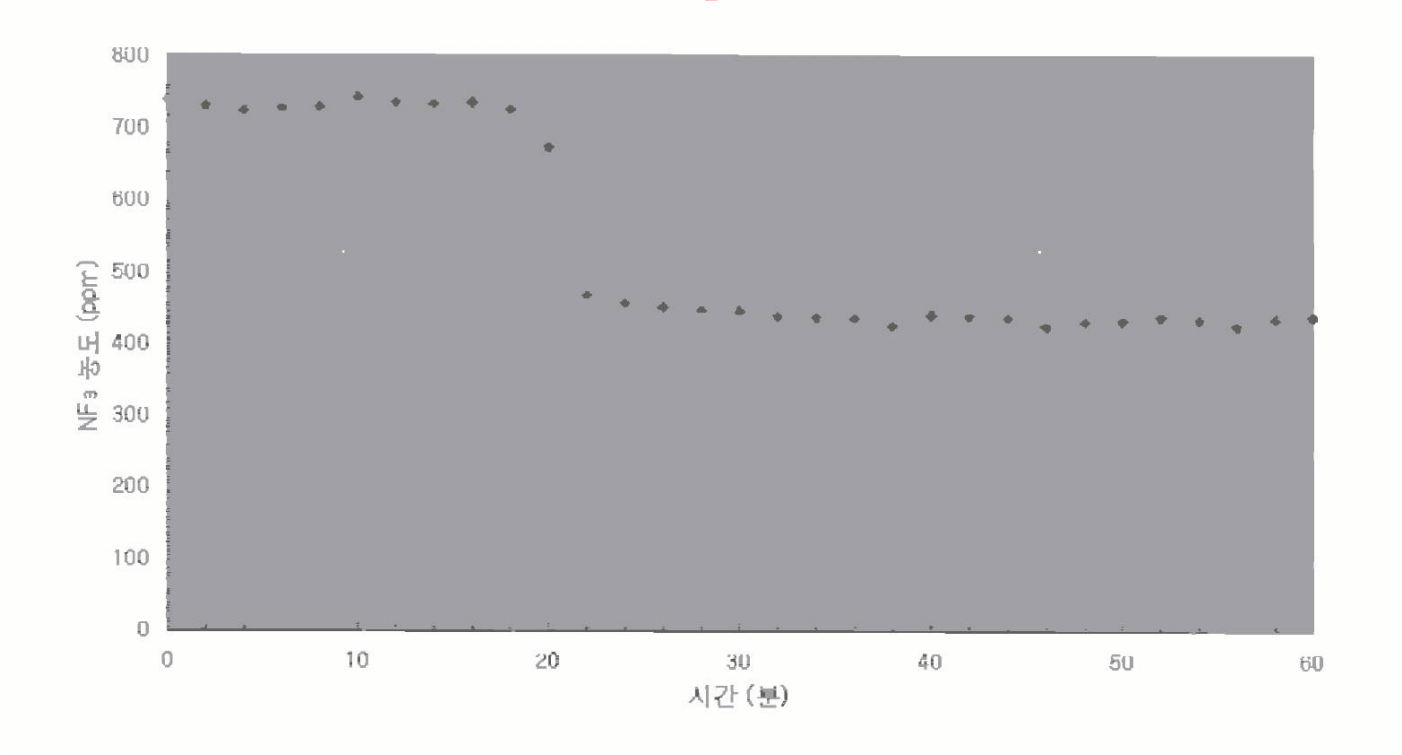
청구항 9.

제 1항에 있어서,

상기 유해물질을 포함하는 가스를 주입하고 아르곤 또는 헬륨 가스를 추가로 주입하여 플라즈마를 안정화시키는 것을 특징으로 하는 희토류 촉매를 이용한 저온 플라즈마에 의한 유해가스 처리방법.

도면

도면 1



도면 2

