



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년07월08일  
(11) 등록번호 10-1284214  
(24) 등록일자 2013년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B01J 23/22 (2006.01) B01J 21/06 (2006.01)  
B01D 53/56 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0110137  
(22) 출원일자 2012년10월04일  
심사청구일자 2012년10월04일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR100671978 B1\*  
KR1020020069621 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국과학기술연구원  
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)  
(72) 발명자  
하현필  
경기도 구리시 인창동667-1 삼환아파트 502-404  
이경주  
인천 계양구 작전동 912-3 도투리마을 동보아파트  
508동 808호  
(74) 대리인  
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

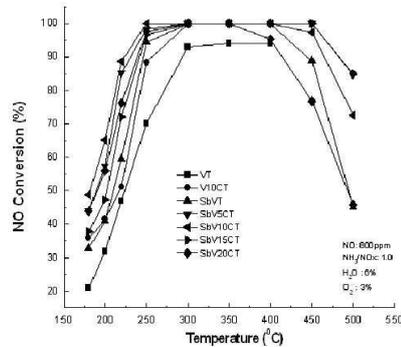
심사관 : 이진홍

(54) 발명의 명칭 질소산화물 분해 촉매 및 그 제조 방법

(57) 요약

티타늄옥사이드를 포함하는 담체, 바나듐 옥사이드를 포함하는 활성 촉매 성분, 그리고 안티몬과 세륨을 포함하는 조촉매를 포함하고, 질소산화물을 분해하는 탈질 환원 반응(de NOx reduction reaction)에 포함되는 촉매가 제공된다. 이러한 촉매는 저온 및 고온의 넓은 범위의 온도에서 탈질 효율을 개선하면서 내황 피독 특성을 개선할 수 있다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

티타늄옥사이드를 포함하는 담체,  
 바나듐 옥사이드를 포함하는 활성 촉매 성분, 그리고  
 안티몬과 세륨을 포함하는 조촉매  
 를 포함하고, 질소산화물을 분해하는 탈질 환원 반응(de NOx reduction reaction)에 포함되고,  
 상기 바나듐 옥사이드는 1-3 중량%, 상기 안티몬은 1-3 중량%, 그리고 상기 세륨은 3-17 중량%이고,  
 상기 탈질 환원 반응은 450℃의 온도에서 90% 이상의 탈질 효율을 나타내는 촉매.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제1항에서,  
 상기 탈질 환원 반응은 환원제를 포함하는 촉매.

### 청구항 4

제3항에서,  
 상기 환원제는 암모니아, 탄화수소계 화합물, 또는 이들의 혼합물인 촉매.

### 청구항 5

티타늄옥사이드를 포함하는 담체, 활성 촉매 성분에 포함되는 바나듐 옥사이드 전구체, 조촉매에 포함되는 안티몬 전구체, 그리고 조촉매에 포함되는 세륨 전구체 또는 세륨 산화물을 혼합하여 혼합물을 형성하는 단계, 그리고

상기 혼합물을 소성하여 질소산화물을 분해하는 탈질 환원 반응(de NOx reduction reaction)에 포함되는 촉매를 제조하는 단계

를 포함하고,

상기 바나듐 옥사이드 전구체는 1-3 중량%, 상기 안티몬 전구체는 1-3 중량%, 그리고 상기 세륨 전구체 또는 상기 세륨 산화물은 3-17 중량%이고,

상기 탈질 환원 반응은 450℃의 온도에서 90% 이상의 탈질 효율을 나타내는 촉매의 제조 방법.

### 청구항 6

제5항에서,

상기 탈질 환원 반응은 225℃의 온도에서 90% 이상의 탈질 효율을 나타내는 촉매의 제조 방법.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

제5항에서,

상기 탈질 환원 반응은 환원제를 포함하는 촉매의 제조 방법.

**청구항 9**

제8항에서,

상기 환원제는 암모니아, 탄화수소계 화합물, 또는 이들의 혼합물인 촉매의 제조 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 질소산화물 분해 촉매 및 그 제조 방법이 제공된다.

**배경기술**

[0002] 질소산화물( $\text{NO}_x$ )은 주로 화석연료의 연소시 생성되며, 배나 자동차와 같은 이동원이나 발전소 또는 소각로와 같은 고정원으로부터 발생된다. 이러한 질소산화물은 산성비와 스모그의 형성을 야기하며 대기를 오염시키는 주범의 하나로 지목되고 있다. 최근에는 대기환경의 규제가 날로 엄격해지고 이에 대응하여 환원제를 사용하여 질소산화물을 분해하는 연구가 많이 이루어져 왔다.

[0003] 그 중에 고정원이나 이동원 중 디젤엔진을 사용하는 자동차나 선박 등으로부터 배출되는 질소산화물을 제거하는 방법으로 암모니아 등을 환원제로 이용하고, 티타늄옥사이드( $\text{TiO}_2$ ) 담체 및 바나듐옥사이드( $\text{V}_2\text{O}_5$ )를 촉매로 이용하는 방법이 많이 사용되어 왔다. 이러한 촉매를 선택적 환원 촉매(selective catalytic reduction, SCR)가 널리 사용되어 왔다.

[0004] 암모니아를 환원제로 사용하는 티타니아계(titania-based) 선택적 환원 촉매의 경우, 300℃ 이상에서 탈질(de  $\text{NO}_x$ ) 효율이 우수하므로, 배기가스의 온도가 300℃ 이상인 위치에 촉매가 설치되며, 배기가스의 온도가 300℃ 이하인 경우 인위적으로 배기가스의 온도를 높인 조건에서 촉매가 이용된다. 이처럼 촉매의 사용온도가 300℃ 정도로 한정되는 경우, 촉매를 설치할 수 있는 공간적인 제약이 따를 수 있으며, 배기가스 온도를 인위적으로 올려주기 위한 경제적 손실이 발생할 수 있다. 따라서 배기가스의 배출상황에 따라 300℃ 이하에서 질소산화물의 분해에 사용되는 저온용 촉매의 수요가 증가하고 있다. 상황에 따라 400℃ 이상의 온도에서 사용되는 촉매가 필요할 수 있다.

[0005] 최근에는 국제해사기구(IMO) 등의 규정에 의하여 국제적으로 선박에서 배출되는 질소산화물의 규제가 적용됨에 따라, 저온에서 작동하는 촉매의 필요성이 더욱 커지며, 촉매가 연료에 포함된 황으로부터 피독되는 것을 피하기 위하여 내황 피독 특성을 갖는 촉매 개발의 필요성이 더욱 커지고 있다. 예를 들어, 티타니아 담체에 바나듐을 활성 물질로 사용하는 촉매에 텅스텐옥사이드가 조촉매로 첨가될 수 있으며, 이러한 촉매의 경우 저온 특성이 개선될 수 있고 내황 피독 특성도 개선될 수 있지만, 그 특성들이 더욱 개선된 촉매가 필요하다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명의 일 실시예는 저온 및 고온의 넓은 범위의 온도에서 탈질 효율을 개선하면서 내황 피독 특성을 개선하

기 위한 것이다.

[0007] 상기 과제 이외에도 구체적으로 언급되지 않은 다른 과제를 달성하는 데 본 발명에 따른 실시예가 사용될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 따른 일 실시예는 저온 및 고온에서의 탈질 효율과 내황 피독특성을 개선시키기 위한 선택적 환원 탈질 반응에 사용하는 촉매 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매는 티타늄옥사이드( $TiO_2$ )를 담체로 하여 촉매활성 성분인 바나듐과 조촉매인 세륨 및 안티몬을 합성하여 제조되며, 암모니아를 비롯한 탄화수소계 화합물이 환원제로 사용된다. 촉매는 함침법(impregnation), 석출법(precipitation), 졸-겔법(sol-gel method) 등의 제조 방법에 의하여 담체 물질인 티타늄옥사이드( $TiO_2$ ) 분말에 촉매활성 성분인 바나듐 및 조촉매인 안티몬과 세륨의 전구체를 혼합 소성함으로써 제조될 수 있다. 예를 들어, 안티몬의 전구체로는 안티모니 트리클로라이드(antimony trichloride,  $SbCl_3$ ) 등 안티몬을 함유하고 있는 화합물로서 용해가 가능한 화합물이 사용될 수 있다. 세륨의 전구체로는 세륨 질산염(cerium nitrate,  $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ) 등 세륨을 포함하는 용해 가능한 화합물이 사용될 수 있다. 또는 세륨 전구체 대신 세리아( $CeO_2$ )가 직접 혼합될 수도 있다.

[0010] 배기가스의 질소산화물을 선택적 환원방법으로 제거하는데 사용하는 촉매의 경우, 촉매의 사용 환경의 다양화에 따라 저온 및 고온의 넓은 온도영역에서 우수한 탈질 효율을 나타내면서 내황 피독 특성도 향상된 촉매의 개발이 요구되고 있다. 텅스텐옥사이드를 조촉매로 사용하는 종래 기술의 경우, 넓은 범위의 온도에서 탈질 효율이 개선될 수 있고, 이에 따라 환원제인 암모니아의 슬립(slip)이 적어져 황에 의한 피독도 부분적으로 감소될 수 있다. 그러나 본 발명의 일 실시예에서와 같이 티타니아 담체에 안티몬과 세륨을 조촉매로 사용할 때, 종래 기술의 촉매보다 저온에서 탈질 효율이 더욱 향상될 뿐만 아니라 내황 피독 특성도 더욱 향상될 수 있다. 나아가 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매의 경우, 촉매가 피독되더라도 온도를 증가시킴으로써 촉매가 쉽게 원래 상태로 재생될 수 있다. 또한 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매는 고온 영역에서의 탈질 성능도 종래의 촉매보다 우수하다.

### 발명의 효과

[0011] 본 발명에 따른 일 실시예는 티타니아를 담체로 하고 바나듐을 기본 탈질 활성물질로 하며, 조촉매로서 안티몬을 사용함으로써 텅스텐보다도 적은 양의 첨가만으로도 탈질 효율이 상대적으로 향상될 수 있고, 세륨을 조촉매로 추가로 첨가함으로써 저온 및 고온에서의 탈질 특성이 더욱 향상되면서 내황 피독 특성도 더욱 향상될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 촉매의 종류 및 온도의 변화에 따른 탈질 효율을 나타내는 그래프이다.

도 2는 250℃이하의 온도에서 세륨의 담지량에 따른 탈질 효율을 나타낸 그래프이다.

도 3은 세륨 담지량에 따른  $NH_3$ -TPD(Temperature Programmed Desorption)실험 결과로 암모니아 흡-탈착량을 나타낸 그래프이다.

도 4는 세륨 담지량에 따른  $H_2$ -TPR(Temperature Programmed Reduction)실험 결과로 촉매상의 바나듐 옥사이드 환원 피크를 나타낸 그래프이다.

도 5는 티타니아 담체에 촉매활성 성분인 바나듐 2%와 조촉매인 안티몬의 전구체 2% 및 세륨 10%를 혼합 소성하여 제조한 촉매의 내황 특성을 측정한 그래프이다.

도 6은 촉매표면의 산소 상태를 나타내는 스펙트럼이다.

도 7은 온도에 따라 촉매의 탈질 효율의 재생 효과를 나타내는 그래프이다.

도 8은 TPD-mass를 통하여 온도에 따른 촉매 표면의 황산암모늄염의 탈착 분해 결과를 나타내는 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0013] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대해 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 도면부호가 사용되었다. 또한 널리 알려져 있는 공지기술의 경우 그 구체적인 설명은 생략한다.

[0014] 그러면, 본 발명의 실시예에 따른 질소산화물을 분해하는 촉매 및 그 제조 방법에 대하여 상세하게 설명한다.

[0015] 본 발명의 일 실시예는 배기가스 내 질소산화물을 선택적 환원방법으로 제거하는데 사용되는 촉매에 관한 것이며, 저온 및 고온에서 탈질 특성이 향상될 수 있으며 내황 피독 특성이 향상될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매는 티타늄옥사이드(TiO<sub>2</sub>) 담체 및 바나듐 옥사이드(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)를 활성 촉매 성분으로 포함하며 안티몬과 세륨을 조촉매로 포함한다. 티타늄옥사이드(TiO<sub>2</sub>)를 사용하여 활성 물질인 바나듐(V) 및 조촉매인 텅스텐(W)을 함침하여 촉매를 제조하는 일반적인 제조방법과는 달리, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매의 제조 방법은 담체 물질인 티타늄옥사이드(TiO<sub>2</sub>)와 촉매활성 성분인 바나듐의 전구체, 조촉매인 안티몬 전구체 및 세륨 전구체를 혼합한 후 소성한다. 이때 안티몬의 전구체로는 안티모니 트리클로라이드(antimony trichloride, SbCl<sub>3</sub>), 세륨 질산염(cerium nitrate, CeN<sub>3</sub>O<sub>9</sub> · 6H<sub>2</sub>O) 등 안티몬과 세륨을 함유하는 화합물로서 용해가 가능한 화합물이 사용될 수 있다. 세륨의 전구체로는 세륨을 포함하는 화합물이 사용될 수 있으며, 또는 세륨 전구체 대신 세륨 산화물이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 세륨 산화물 분말(powder)이 사용될 수 있으며, 세륨 산화물 분말은 세륨 전구체보다 비용 절감 효과가 더욱 크다. 탈질 반응에 필요한 환원제로 암모니아, 탄화수소계 화합물, 이들의 혼합물 등이 사용될 수 있다. 예를 들어, 환원제로는 암모니아가 사용될 수 있다. 그리고 탈질 환원 촉매로는 티타늄옥사이드를 담체로 하고 바나듐 옥사이드(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)를 활성 촉매 성분으로 하고 안티몬 및 세륨을 조촉매로 하는 것일 수 있다.

[0016] 티타늄옥사이드 담체를 포함하는 촉매 전체의 중량을 기준으로 하여, 바나듐 옥사이드 대략 1-3 중량%, 안티몬 대략 1-3 중량%, 세륨 대략 3-17 중량%를 사용할 수 있으며, 이러한 함량 범위에 있을 때 저온 및 고온의 넓은 온도 범위에서의 탈질 효율이 더욱 개선될 수 있고, 내황 피독 특성이 더욱 개선될 수 있다.

[0017] 아래 표 1은 탈질 환원 촉매의 다양한 실시예를 나타낸다. 하기의 실시예는 본 발명의 실시예일뿐 본 발명이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

**표 1**

[0018]

	catalyst name	TiO <sub>2</sub>	V(wt%)	Sb(wt%)	Ce(wt%)
비교예 1	SbVT	Anatase상	2	2	
실시예 1	SbV5CT	Anatase상	2	2	5
실시예 2	SbV10CT	Anatase상	2	2	10
실시예 3	SbV15CT	Anatase상	2	2	15
실시예 4	SbV20CT	Anatase상	2	2	20

[0019] 도 1은 암모니아를 환원제로 사용하였을 때, 티타늄옥사이드(TiO<sub>2</sub>) 담체에 촉매활성 성분인 바나듐을 2% 첨가한 촉매(VT), 이 촉매에 조촉매인 세륨을 10% 첨가한 촉매(V10CT)와 조촉매인 안티몬옥사이드를 2% 첨가한 촉매

(SbVT), 그리고 바나듐과 안티몬옥사이드를 2%씩 첨가한 촉매에 세륨의 함량을 5-20% 사이에서 변화시켜가며 첨가한 촉매(SbV5CT-SbV20CT)의 온도에 따른 탈질효율 데이터이다. 이 때 사용된 질소산화물 및 암모니아의 양은 각각 800ppm이다. 도 1에서 알 수 있듯이 조촉매를 첨가하지 않은 경우 촉매의 탈질효율은 300℃ 이상에서 90% 이상의 탈질효율을 보이거나, 안티몬을 조촉매로 첨가한 경우 250℃부터 90% 이상의 탈질효율을 보이므로, 안티몬의 첨가가 저온 탈질효율을 향상시킨다는 것을 알 수 있다. 그런데 도 1에서 알 수 있듯이 티타늄옥사이드 위에 촉매 활성 성분인 바나듐 2%와 안티몬 조촉매를 함침시킨 경우보다, 촉매 활성 성분인 바나듐 2%와 조촉매인 안티몬의 전구체 2% 및 세륨 5-15%를 혼합 소성하여 제조한 촉매의 경우에는 225℃의 온도의 저온에서도 90% 이상의 탈질 효율을 보이므로, 조촉매로 안티몬과 세륨을 사용함으로써 저온 탈질 성능이 향상된 것을 알 수 있다. 이들 촉매의 경우에는 400℃ 이상에서의 고온에서도 탈질 성능이 향상된 것을 알 수 있다. 실험결과에서 알 수 있듯이 세륨의 첨가량이 5-15%일 때, 저온 및 고온의 넓은 범위에서 탈질 효율이 가장 개선된 것을 알 수 있다.

[0020] 도 2는 250℃ 이하의 온도에서 세륨 담지량에 따른 탈질 효율을 나타낸 그래프이다. 도 2에서 알 수 있듯이 티타늄옥사이드 위에 촉매활성 성분인 바나듐 2%와 안티몬 조촉매를 함침시킨 경우보다, 촉매활성 성분인 바나듐 2%와 조촉매인 안티몬의 2% 및 세륨을 5-15% 혼합 소성하여 제조한 촉매의 경우에는 225℃의 온도에서도 90% 이상의 탈질효율을 보여 저온 탈질성능이 향상된 것을 알 수 있다.

[0021] 도 3은 세륨 담지량에 따른 NH<sub>3</sub>-TPD(Temperature Programmed Desorption)실험 결과로 암모니아 흡-탈착량을 나타낸 그래프이다. 암모니아 탈착량은 피크면적에 기인하며, 도 3에서 알 수 있듯이 암모니아 탈착 피크는 브뢴스테드(Bronsted) 산점으로 대략 80℃~200℃에서 물리흡착된 피크와 대략 250℃~400℃에서 화학흡착된 루이스(Lewis) 산점으로 두 피크가 존재하며, 세륨이 담지된 촉매의 경우 담지되지 않은 촉매보다 루이스 산점이 더 많은 것을 알 수 있다. 탈질효율 결과는 암모니아의 흡탈착량에 영향을 받게 되므로, 탈질효율을 비교하면 세륨을 5~15% 담지한 촉매의 경우 담지하지 않은 촉매보다 산점이 더 많아 탈질 효율이 개선된 것을 알 수 있다.

[0022] 도 4는 세륨 담지량에 따른 H<sub>2</sub>-TPR(Temperature Programmed Reduction)실험 결과로 촉매상의 바나듐 옥사이드 환원 피크를 나타낸 그래프이며, 표 2에 세륨 담지량에 따른 촉매의 환원 온도와 수소 소모량을 계산한 값을 나타냈다.

표 2

[0023]

	Catalyst name	T <sub>max</sub> (°C)	H <sub>2</sub> -uptake (/g)
비교예 1	SbVT	357	7.57
실시예 1	SbV5CT	367	9.84
실시예 2	SbV10CT	372	11.33
실시예 3	SbV15CT	383	10.65

[0024] 도 4와 표 2에서 알 수 있듯이 세륨의 담지량이 증가 할수록 환원온도(T<sub>max</sub>)도 증가하였다. 이는 촉매 표면에 바나디아(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)와 세리아(CeO<sub>2</sub>)의 상호작용(interaction)에 의한 것으로 보이며, 환원온도(T<sub>max</sub>)의 증가와 탈질 효율과의 관계는 연관성이 없는 것으로 보인다. 하지만, 환원 피크의 면적은 수소의 소모량으로서 이는 촉매상의 바나디아(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 종의 V<sup>5+</sup>부터 V<sup>3+</sup>까지 환원 피크이며, 수소 소모량이 많을수록 저온에서 탈질효율이 증가할 수 있다. 도 4와 표 2의 실험 결과를 살펴보면 세륨을 10% 혼합 소성하여 제조한 촉매의 경우 최대 수소 소모량을 나타냈으며 저온에서 탈질효율도 가장 좋았음을 알 수 있다.

[0025] 전술한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따르면, 질소산화물의 환원반응에 사용되는 탈질 환원 촉매의 저온 및 고온 탈질 효율이 향상될 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 황에 대한 내피독 특성도 우수하다.

[0027] 도 5는 티타니아 담체에 촉매활성 성분인 바나듐 2%와 조촉매인 안티몬의 전구체 2% 및 세륨 10%를 혼합 소성하

여 제조한 촉매의 내황 특성을 측정한 데이터이다.

[0028] 240℃의 온도에서 질소산화물(NO)과 암모니아의 양을 800ppm, SO<sub>2</sub>의 양을 800ppm 흘려주며 시간에 따라 내황 피독에 따른 탈질 활성을 측정한 결과, 도 5에서 알 수 있듯이 세륨이 첨가된 촉매의 경우 세륨을 첨가하지 않은 촉매 보다 시간에 따라 황에 피독되는 정도가 약하므로, 내황 피독 특성이 크게 향상된 것을 알 수 있다.

표 3

[0029]

	Catalyst name	Surface atomic concentration (%)						
		Ti	V	Sb	Ce	O	V/Ti	Sb/Ti
비교예 1	SbVT	20.99	1.06	1.07		76.87	0.05	0.05
실시예 1	SbV10CT	17.23	1.41	1.06	1.29	79.01	0.08	0.06

[0030] 표 3은 티타니아 담체에 촉매 활성 성분인 바나듐 2%와 조촉매인 안티몬의 전구체 2% 및 세륨을 혼합 소성하여 제조한 촉매 표면에서의 화학적 상태를 알아보기 위해 XPS 분석을 한 결과이다. 표 3에서 알 수 있듯이 세륨을 담지한 촉매가 촉매 표면에서의 V/Ti 와 Sb/Ti 원자비가 세륨을 담지하지 않은 촉매 보다 상대적으로 높은 값을 갖는다. 이에 따라 세륨을 담지한 촉매에서 바나디아(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)와 안티모니가 촉매 표면에서 분산이 더 잘되었다는 것을 알 수 있다.

[0031] 도 6은 촉매 표면의 산소 상태를 나타내는 O1s 스펙트럼이며 촉매 표면의 격자산소(529.3~530.2eV, O<sub>a</sub>)와 화학 흡착된 산소(531.3~531.9eV, O<sub>β</sub>)를 나타냈다. 도 6에서 알 수 있듯이 O1s 피크는 세륨을 담지한 촉매에서는 O<sub>a</sub>와O<sub>β</sub>가 모두 증가되었음을 알 수 있다. 촉매 표면에 화학흡착된 산소는 탈질효율에 있어서 NO가 NO<sub>2</sub>로의 산화 역할을 하는 활성산소로서 이는 저온에서 촉매의 탈질 효율을 증가시키는 요인이다. 이러한 실험결과는 촉매 표면의 수소 소모량을 측정한 TPR의 데이터와 결과와 일치한다.

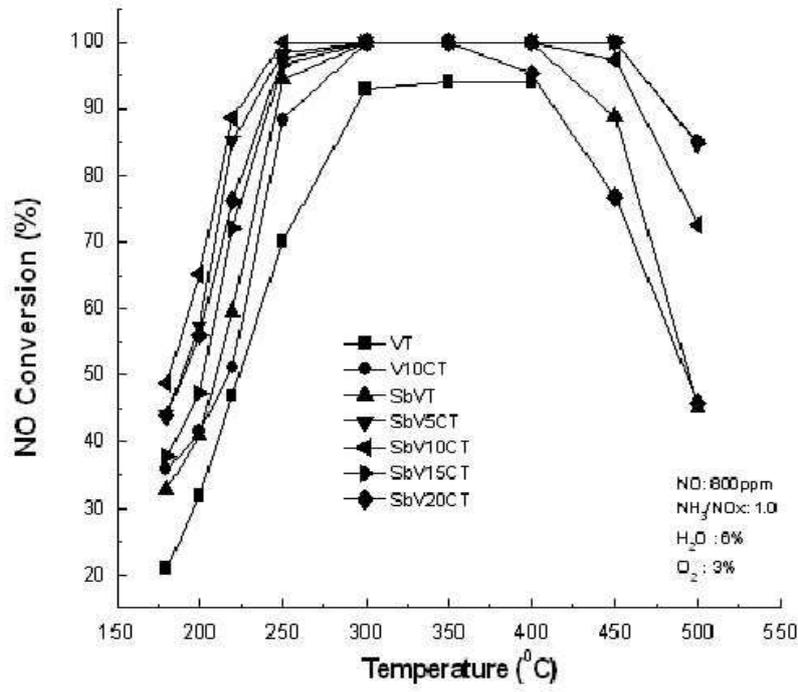
[0032] 도 7은 촉매의 내황 피독에 대한 탈질효율 및 촉매의 비활성화 후 온도를 올려 주었을 때 촉매의 탈질효율이 회복되는 재생 실험 결과를 보여주는 그래프이다. 세륨을 담지한 촉매의 경우 24시간 내황 피독에 의해 비활성화 시킨 후 온도를 올려 촉매를 재생시켰을 경우, 빠른 시간 안에 촉매 초기의 활성 상태로 재생된다는 것을 알 수 있으며, 이는 세륨을 담지한 촉매의 경우 세륨을 담지하지 않은 촉매보다 내황 피독에 대한 저항성이 더 크며 재생 시간도 짧다는 것을 알 수 있다.

[0033] 도 8은 TPD-mass를 통하여 촉매의 내황피독에 대한 비활성화 후 온도에 따른 촉매 표면의 황산암모늄염의 탈착 분해 결과를 나타낸 그래프이다. 도 8에서 알 수 있듯이 세륨을 담지한 촉매가 담지하지 않은 촉매보다 내황 피독에 의해 비활성화된 후 온도를 상승시켰을 때 촉매 표면에 상대적으로 낮은 온도에서에서 생성되었던 황산 암모늄염이 분해된 것을 알 수 있다. 이러한 실험 결과는 세륨을 첨가한 촉매에서 피독된 촉매의 재생이 상대적으로 낮은 온도에서 일어나는 현상과 잘 일치한다는 것을 알 수 있다.

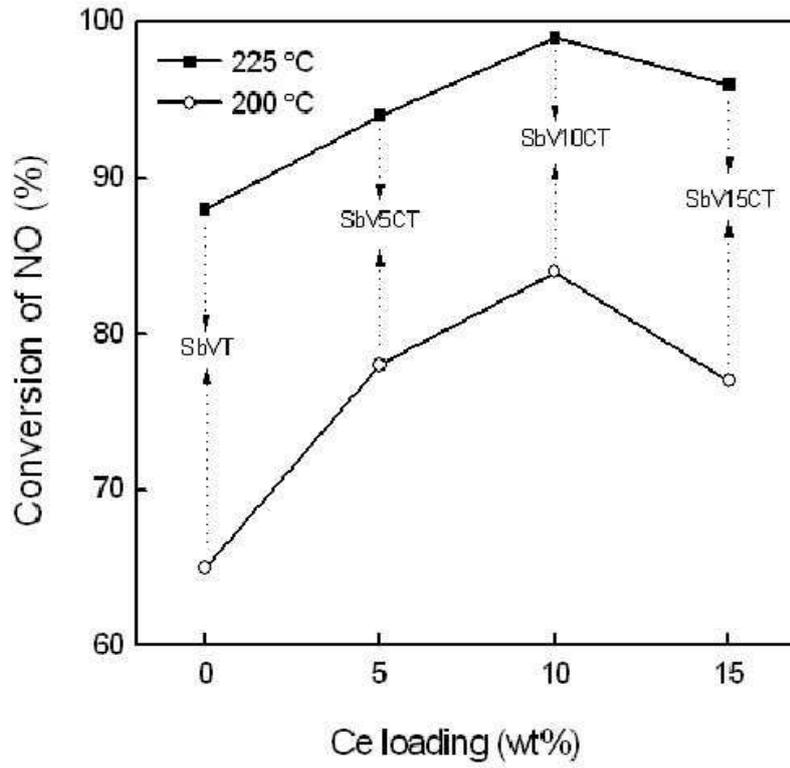
[0034] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

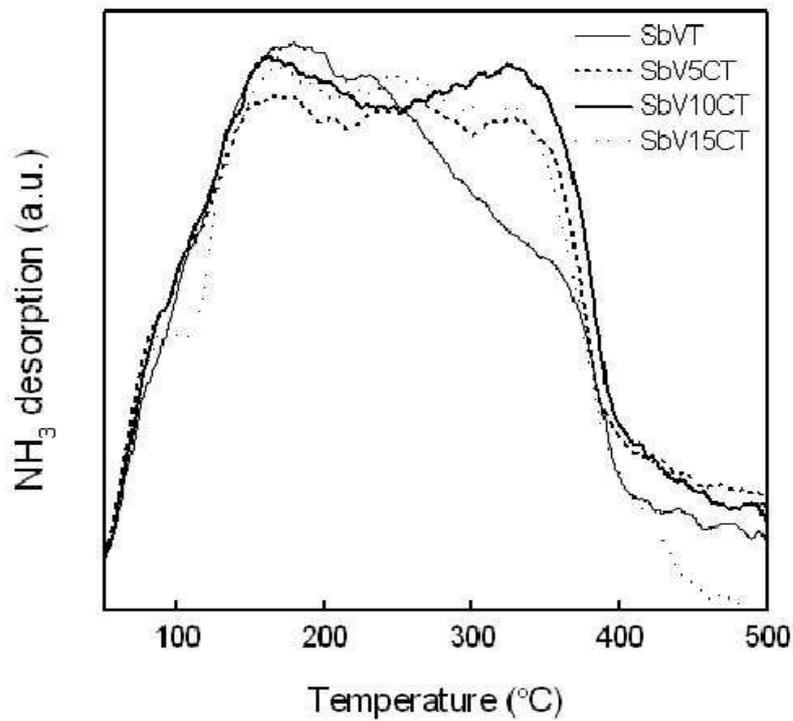
도면1



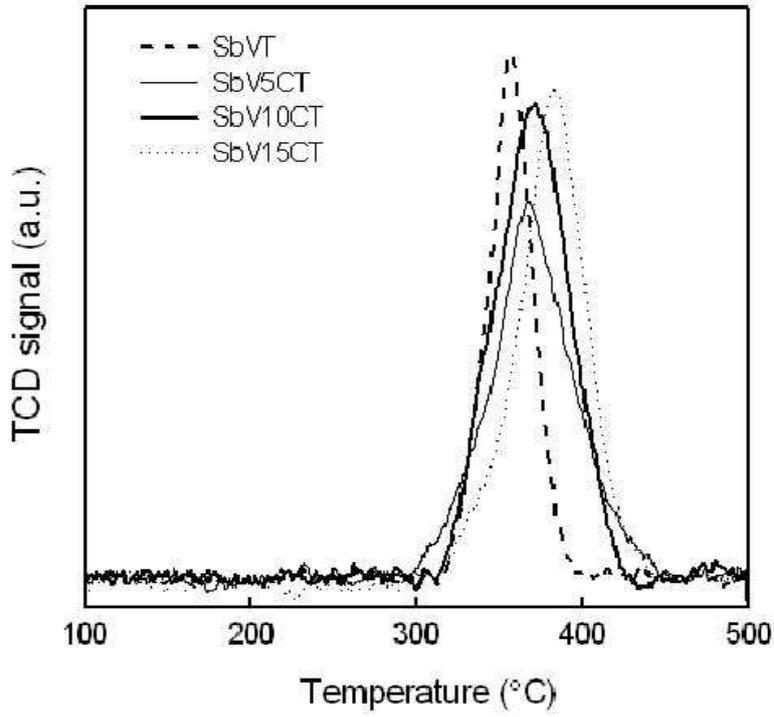
도면2



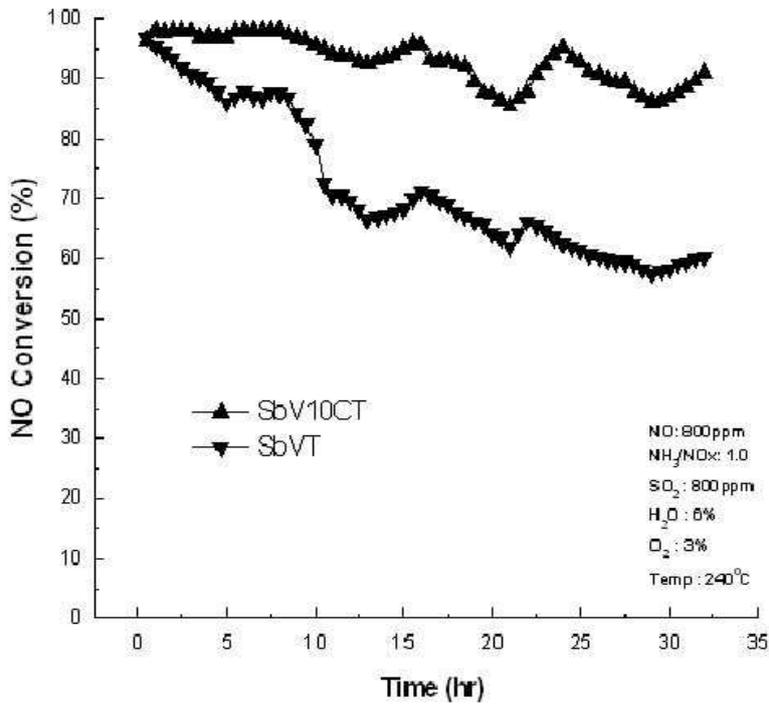
도면3



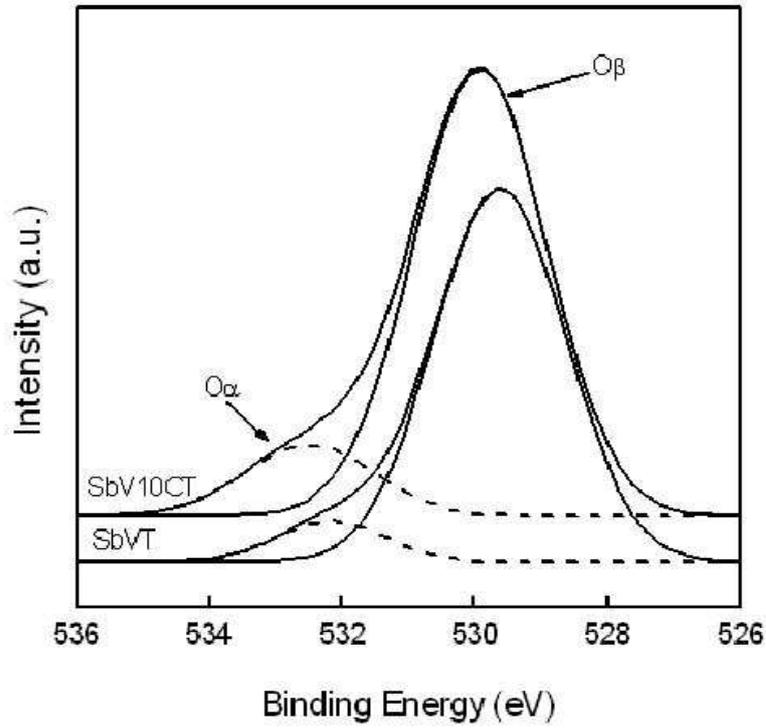
도면4



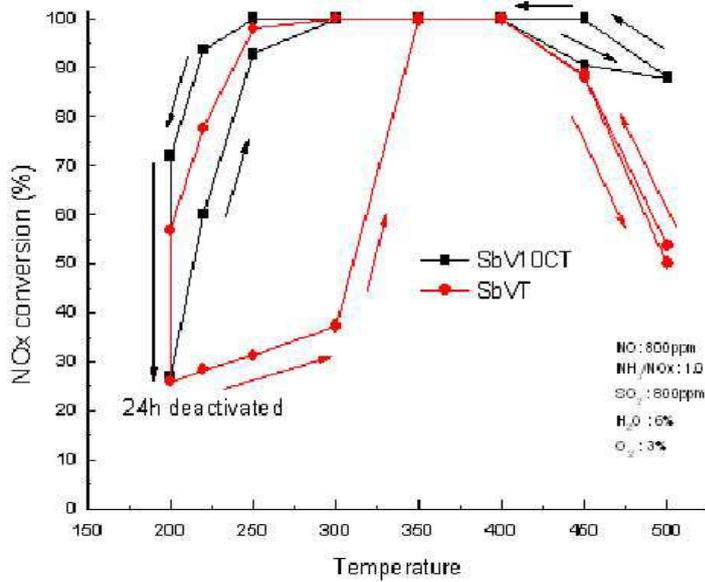
도면5



도면6



도면7



도면8

