



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0021870
(43) 공개일자 2010년02월26일

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0080513

(22) 출원일자 2008년08월18일

심사청구일자 2008년08월18일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

박동화

서울특별시 서초구 잠원동 신반포7차아파트 303동 204호

박중완

부산광역시 수영구 광안1동 83-40

(74) 대리인

이원희

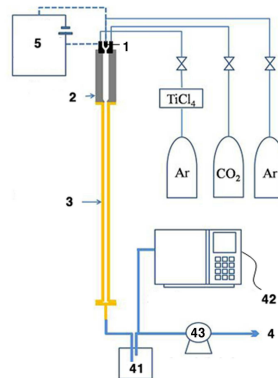
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 열플라즈마에 의한 이산화탄소 분해와 동시에 이산화티탄 나노입자를 제조하는 방법

(57) 요약

본 발명은 반응가스로서의 이산화탄소와 기화된 사염화티탄을 열플라즈마 제트장치의 반응관에 주입하는 단계(단계 1); 주입된 이산화탄소를 아르곤 가스를 이용하여 발생시킨 열플라즈마 제트로 분해시켜 캐리어 가스에 의해 운반된 사염화티탄과 반응시키는 단계(단계 2); 및 생성된 이산화티탄을 냉각시켜 이산화티탄 나노입자를 제조하는 단계(단계 3)를 포함하는 열플라즈마에 의한 이산화탄소 분해와 동시에 이산화티탄 나노입자를 제조하는 방법 및 이에 의해 제조된 이산화티탄 나노입자에 관한 것으로, 본 발명에 따른 방법은 반응가스로서 이산화탄소를 분해시키므로 지구온난화를 완화하는 데 도움을 줄 수 있으며, 고온, 고활성 등의 특징을 갖는 열플라즈마를 사용함으로써 후처리 과정을 고려할 필요가 없을 뿐 아니라 2차 오염 물질의 생성 우려가 없으며, 짧은 시간에 이산화탄소를 분해할 수 있어 효율성도 다른 방법에 비하여 우수하고, 본 발명에 따른 방법으로 합성된 이산화티탄은 단순히 산소와 반응하여 합성된 이산화티탄보다 자외선/가시광선영역에서 뛰어난 광촉매적 활성을 지니며, 20~50 nm 크기의 나노크기로 높은 비표면적을 가지며 아나타제상을 가지므로 광촉매로서 유용하게 사용될 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 37719-1

부처명 지식경제부

연구사업명 지역혁신센터(RIC)산업

연구과제명 유해폐기물 처리용 열플라즈마 공정시스템 개발

주관기관 인하대학교

연구기간 2008년 3월 1일 ~ 2009년 2월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

반응가스로서의 이산화탄소와 기화된 사염화티탄을 열플라즈마 제트장치의 반응관(reaction tube)에 주입하는 단계(단계 1);

주입된 이산화탄소를 아르곤 가스를 이용하여 발생시킨 열플라즈마 제트로 분해시켜 캐리어 가스에 의해 운반된 사염화탄소와 반응시키는 단계(단계 2); 및

생성된 이산화티탄을 냉각시켜 이산화티탄 나노입자를 제조하는 단계(단계 3)를 포함하는 열플라즈마를 이용한 이산화티탄 나노입자의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 이산화탄소와 사염화티탄을 플라즈마 제트 발생 방향과 평행한 방향으로 플라즈마 제트 노즐로부터 2 mm 이내의 위치로 주입시키는 것을 특징으로 하는 열플라즈마를 이용한 이산화티탄 나노입자의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 사염화티탄의 주입량을 일정하게 유지하기 위해 캐리어 가스로서 아르곤 가스를 사용하고, 항온조의 온도를 30~35 °C로 유지하는 것을 특징으로 하는 열플라즈마를 이용한 이산화티탄 나노입자의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 3의 냉각은 15~25 °C의 냉각수로 급냉시키는 수냉 방식을 사용하는 것을 특징으로 하는 열플라즈마를 이용한 이산화티탄의 나노입자의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제조방법은 열플라즈마에 의해 분해되는 이산화탄소의 분해율을 향상시키기 위해 이산화탄소의 유량을 1~3 L/분의 범위로 조절하는 것을 특징으로 하는 열플라즈마를 이용한 이산화티탄의 제조방법.

청구항 6

제1항의 방법으로 제조된 이산화티탄 나노입자.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 이산화티탄 나노입자의 평균 입경은 20~50 nm인 것을 특징으로 하는 이산화티탄 나노입자.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 이산화티탄 나노입자는 아나타제상을 갖는 것을 특징으로 하는 이산화티탄 나노입자.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 이산화티탄 나노입자는 78~81 m²/g의 큰 비표면적을 갖는 것을 특징으로 하는 이산화티탄 나노입자.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

본 발명은 열플라즈마에 의한 이산화탄소 분해와 동시에 이산화티탄 나노입자를 제조하는 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 이산화탄소 발생의 증가는 지구온난화의 주요 요인으로 손꼽히고 있다. 이는 대기온도의 상승, 기후변화, 생태계에 미치는 영향 등의 큰 영향을 미치므로 이산화탄소의 처리는 지구온난화를 완화하는 데 중요한 과제로 남아 있다.
- [0003] 한편, 이산화티탄(TiO_2)은 화학적, 광화학적으로 매우 안정하며, 강한 산화력과 무해성 등으로 인해 친환경소재로 주목받아 왔다. 상기 이산화티탄은 일반적으로 환경오염물질을 제거하는 광촉매제, 안료의 원료, 플라스틱 첨가제 또는 안경의 멀티코팅제 등으로 사용되고 있으며, 아나타제상과 루틸상의 두 가지 결정상을 갖는다.
- [0004] 아나타제상의 이산화티탄은 광활성도가 높기 때문에 아세트, 페놀 및 트리클로로에틸렌 등을 광분해 시키거나 일산화질소 또는 이산화질소와 같은 질소산화물을 산화시키는 시스템과 태양에너지 변환시스템 등에서 광촉매로서 사용되고 있다.
- [0005] 루틸상의 이산화티탄은 자외선을 차단하는 산란효과가 우수하여 백색 안료용 재료로서 널리 사용되며, 다른 재료에 비해 유전상수와 굴절률이 높고, 기름의 흡착 및 착색력이 우수할 뿐만 아니라 강산성이나 강염기성에서도 화학적으로 안정하여 광학용 코팅, 빔 스플리터, 비반사 코팅막 등에 사용되고 있다. 이 외에도 이산화티탄은 넓은 화학적 안정성과 비화학적용 상영역을 가지고 있어서 산소분압에 따라 다양한 전기적 특성을 보이기 때문에 습도센서 및 고온 산소센서의 구성물질로도 연구되고 있으며 그 응용분야는 점차 확대되고 있다.
- [0006] 지금까지 보고된 일반적인 이산화티탄의 제조방법은 기상법인 클로라이드 공정(chloride process)과 액상법인 설페이트 공정(sulfate process)이 있다.
- [0007] 클로라이드 공정은 1956년 미국의 듀폰(Du Pont)이 공업화한 방법으로, 공기 중의 수분과 반응하여 심한 가수분해 반응을 일으키는 사염화티타늄(TiCl_4)을 출발원료로 하여 1,000 °C 이상의 높은 온도에서의 반응이 이루어지며, 얻어진 이산화티탄 입자가 미세하지만 거칠고, 반응 중에 발생하는 부식성가스(HCl , Cl_2)로 인한 부대 보호장치 설비가 필요하여 제품의 생산 단가가 높다.
- [0008] 설페이트 공정은 1916년 노르웨이의 티탄사(Titan Co.)가 공업화한 티타늄설페이트(TiSO_4)를 출발원료로 하는 방법으로, 가수분해 후 얻어진 비정질 수산화물을 다시 하소한 후 분쇄과정을 거쳐 이산화티탄 분말을 얻기 때문에 이 과정에서 많은 불순물들의 혼입으로 최종제품의 품질이 크게 떨어지는 문제가 있다.
- [0009] 최근에 소개된 새로운 액상법의 하나로써 러시아 특허 SU-1398321호에 기재된 바에 의하면, 적당량의 아나타제상 침전 시드(titaniferous seed)를 사염화티타늄 용액에 첨가한 상태에서 가열방법으로 가수분해시켜 수화된 이산화티탄을 침전시키고, 다시 고온 열처리의 후처리 공정을 거쳐 이산화티탄을 제조하는데, 이 방법은 제조공정이 비교적 단순한 반면, 아나타제상 이산화티탄을 얻기 위해서는 600~650 °C에서의 추가적인 고온 열처리가 필요하며, 루틸상 이산화티탄을 얻기 위해서는 더 높은 온도의 열처리가 필요하다는 단점이 있다.
- [0010] 또한, 일본 특허 출원 평9-124320호에서는 부탄올 등의 알코올에 녹아 있는 사염화티타늄 용액에 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속이 포함된 여러 가지 종류의 아세테이트, 카보네이트, 옥살레이트, 시트레이트들 중의 한 물질을 물과 함께 첨가하여 겔을 만든 후, 고온 열처리 공정을 거쳐 이산화티탄을 제조하는 방법을 제시하였는데, 이 방법에 의하면 물성이 양호한 초미립상 이산화티탄이 생성되지만 가격이 비싼 유기산과 같은 제 3의 첨가제들을 사용해야 하고, 겔 제조 후 첨가된 유기산들을 제거하기 위한 고온 열처리 공정이 다시 필요하다는 문제점이 있다.
- [0011] 상술한 방법 외에도 졸-겔(sol-gel)법, 수열합성법 등으로 입자의 형상, 입자의 크기 및 입자 크기 분포 등의 이산화티탄의 원료 분말의 특성을 조절하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 균일한 크기를 갖는 구형의 이산화티탄 분말을 제조하기 위해서는 금속 알콕사이드를 이용하는 방법이 주로 이용되고 있는데, 이러한 졸-겔 방법은 1.0 μm 이하의 미세한 구형의 균일한 크기를 갖는 분말을 형성하지만, 출발원료인 알콕사이드 자체가 공기 중에서도 격렬한 가수분해 반응을 일으키므로 반응조건을 엄격히 조절해야 하며, 알콕사이드가 비싸기 때문에 현재 상업화되지 못하고 실험실 규모 정도로 진행되고 있는 수준이다. 그리고, 수열합성법은 이 방법에 의해 얻어진 분말의 상태는 좋으나, 주로 고온, 고압 조건이 유지되는 반응용기(autoclave)를 이용해야 하기 때문에 연속공정이 불가능하다는 단점이 있다.
- [0012] 이에, 본 발명자들은 지구온난화의 주요 요인이 되는 이산화탄소를 효과적으로 처리하고 종래 이산화티탄 분말을 제조하는 과정에서의 문제점을 해결하고자 연구한 결과, 열플라즈마를 사용하여 이산화탄소를 분해하는 동시

에 아나타제상 이산화티탄 나노입자를 제조할 수 있음을 알아내고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0013] 본 발명의 목적은 열플라즈마를 이용한 아나타제형 이산화티탄 나노입자의 제조방법을 제공하는 데 있다.
- [0014] 본 발명의 다른 목적은 상기 방법에 의해 제조된 아나타제형 이산화티탄 나노입자를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

- [0015] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 반응가스로서의 이산화탄소와 기화된 사염화티탄을 열플라즈마 제트장치(reactor)에 주입하는 단계(단계 1); 주입된 이산화탄소를 아르곤 가스를 이용하여 발생시킨 열플라즈마 제트로 분해시켜 캐리어 가스에 의해 운반된 사염화탄소와 반응시키는 단계(단계 2); 및 생성된 이산화티탄을 냉각시켜 이산화티탄 나노입자를 제조하는 단계(단계 3)를 포함하는 열플라즈마를 이용한 이산화티탄 나노입자의 제조방법을 제공한다.
- [0016] 또한, 본 발명은 상기 방법으로 제조된 아나타제형 이산화티탄 나노입자를 제공한다.

효 과

- [0017] 본 발명에 따른 방법은 반응가스로서 이산화탄소를 분해시키므로 지구온난화를 완화하는 데 도움을 줄 수 있으며, 고온, 고활성 등의 특징을 갖는 열플라즈마를 사용함으로써 후처리 과정을 고려할 필요가 없을 뿐 아니라 2차 오염 물질의 생성 우려가 없으며, 짧은 시간에 이산화탄소를 분해할 수 있어 효율성도 다른 방법에 비하여 우수하다. 또한 본 발명에 따른 방법으로 합성된 이산화티탄은 단순히 산소와 반응하여 합성된 이산화티탄보다 자외선/가시광선영역에서 뛰어난 광촉매적 활성을 지니며, 20~50 nm 크기의 나노크기로 높은 비표면적을 가지며 아나타제상을 가지므로 광촉매로서 유용하게 사용될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 본 발명을 보다 상세히 설명한다.
- [0019] 본 발명은 반응가스로서의 이산화탄소와 기화된 사염화티탄을 열플라즈마 제트장치의 반응관(reactor)에 주입하는 단계(단계 1);
- [0020] 주입된 이산화탄소를 아르곤 가스를 이용하여 발생시킨 열플라즈마 제트로 분해시켜 캐리어 가스에 의해 운반된 사염화탄소와 반응시키는 단계(단계 2); 및
- [0021] 생성된 이산화티탄을 냉각시켜 이산화티탄 나노입자를 제조하는 단계(단계 3)를 포함하는 열플라즈마를 이용한 이산화티탄 나노입자의 제조방법을 제공한다.
- [0022] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 사용되는 열플라즈마 제트장치는 도 1에 나타난 바와 같이, 이산화탄소를 분해시키기 위한 열원을 공급하는 플라즈마 토치부(1)와; 이산화탄소와 사염화티탄이 주입되며, 이산화탄소가 분해되고 사염화티탄과 반응하는 반응관(2)과 냉각관(3), 반응 후 발생하는 폐가스를 배출시키는 배기부(4), 토치부(1)에 전원을 공급하는 전원공급장치(5)로 구성되며, 전원으로는 직류를 사용하고, 전압은 40 V, 전류는 150 ~ 200 A의 범위 내에서 사용한다. 토치부(1)는 텅스텐 음극봉과 양극노즐을 사용하며, 상기 양극노즐과 음극봉 사이에 아르곤 가스를 흘려 플라즈마 제트를 발생시킨다. 또한, 토치부(1)를 열로부터 보호하기 위하여 양쪽의 전극을 수냉시키도록 하고 있다. 반응관(2)은 창이 부착된 스테인리스 이중관으로 되어 있다. 배기부(4)로 배출되는 가스는 스크러버(41)를 통해 처리된 후 가스크로마토그래피(42)를 이용하여 이산화탄소의 분해율이 측정된다.
- [0023] 먼저, 단계 1은 이산화탄소와 사염화티탄을 열플라즈마 제트장치의 반응관에 주입하는 단계이다.
- [0024] 상기 이산화탄소는 지구온난화의 주요 요인으로서, 대기온도의 상승, 기후변화, 생태계 파괴 등의 큰 영향을 미치므로 이산화탄소의 분해는 지구온난화를 완화하는 데 도움을 줄 수 있으며, 분해되어 나온 산소는 이산화티탄을 합성하는 데 좋은 재료가 된다. 이때, 이산화탄소 주입구에는 질량유량제어기(Mass Flow Controller; MFC)를 설치하여 이산화탄소의 유량에 따른 이산화탄소 분해율을 확인하는 것이 바람직하다.

- [0025] 상기 사염화티탄은 이산화탄소가 해리되었다가 재결합하는 과정에서 산소와 탄소의 재결합을 방지하는 역할을 하며, 이산화티탄 합성시 반응물질의 역할을 한다. 이때, 사염화티탄은 비점이 낮으므로 상온에서도 쉽게 기화되기 때문에 캐리어 가스로 아르곤을 사용하여 주입하는 것이 바람직하다. 이때 사염화티탄을 일정량으로 주입하기 위하여 항온조는 30~35 ℃ 정도로 유지하는 것이 바람직하다.
- [0026] 본 발명에 따른 방법에 있어서, 상기 이산화탄소와 사염화티탄은 순차적으로 주입할 수 있고, 동시에 주입할 수도 있다. 그러나 이산화탄소의 분해율 향상을 위하여 상기 이산화탄소와 사염화티탄을 동시에 주입하는 것이 바람직하다.
- [0027] 본 발명에 따른 방법에 있어서, 상기 이산화탄소와 사염화티탄은 플라즈마 제트 발생 방향과 평행한 방향으로 주입시키는 것이 바람직하다. 이는 고온의 플라즈마 영역에서 사염화티탄을 효과적으로 분해하여 산소원자와의 결합을 원활하게 해주기 때문이다.
- [0028] 본 발명에 따른 방법에 있어서, 상기 이산화탄소와 사염화티탄은 분해 및 반응이 원활할 수 있도록 플라즈마 제트 노즐로부터 2 mm 이내의 위치로 주입시키는 것이 바람직하다. 만일 상기 주입 위치가 2 mm를 벗어나게 되면 플라즈마에 따른 분해 및 반응이 바람직하게 일어나지 않는 문제가 있다.
- [0029] 다음으로 단계 2는 상기 열플라즈마 제트장치 내에서 이산화탄소 및 사염화탄소를 분해하여 반응시키는 단계이다.
- [0030] 상기 단계에서 사용되는 열원은 직류 열플라즈마 제트장치에 의한 열플라즈마이다. 열플라즈마(thermal plasma)는 직류 아크나 고주파 유도결합 방전을 이용하는 플라즈마 토치에서 발생시킨 전자, 이온, 원자와 분자로 구성된 이온화 기체로, 수천에서 수만 K에 이르는 초고온과 높은 열용량을 가진 고속 제트 불꽃 형태를 띠고 있어서 고체, 액체, 기체와는 전혀 다른 극한적인 물리화학적 특성을 갖는 제 4의 물질의 상태이다.
- [0031] 본 발명의 열플라즈마 제트장치에서는 열플라즈마 발생 기체로 아르곤 가스, 공기, 질소 가스를 사용할 수 있고, 특히 아르곤 가스를 사용하는 것이 바람직하다. 아르곤은 8족 원소이기 때문에 비교적 적은 에너지에 의해서도 전자의 방출이 용이하며 비활성 기체로 화학반응에 거의 영향이 없으므로 열플라즈마의 발생에 가장 널리 사용된다. 열플라즈마 제트장치의 전원공급장치의 음극과 양극의 전기에너지에 의해 아크가 형성되고 열플라즈마 발생기체로 사용된 아르곤 가스에 의하여 약 10,000K의 초고온 플라즈마가 생성된다. 이러한 열플라즈마에 의하여 발생된 초고온의 온도는 열처리방식이나 연소방식에 의해 발생된 온도보다 훨씬 높다. 또한, 아르곤 가스는 다른 반응가스와 반응하지 않아 부산물을 배출하지 않는다.
- [0032] 상기 단계에서는 단계 1에서 주입된 이산화탄소와 사염화티탄이 상기 열플라즈마 제트장치 내에서 발생하는 열플라즈마에 의하여 분해되어 이산화탄소는 산소와 탄소로, 사염화티탄은 염소와 티타늄으로 이온화된다. 이때, 상기 열플라즈마에 의해 분해되는 이산화탄소의 분해율을 향상시키기 위해 이산화탄소의 유량을 1~3 L/분으로 조절하는 것이 바람직하다.
- [0033] 이와같이 이온화된 산소와 티타늄은 결합하여 이산화티탄을 형성한다.
- [0034] 다음으로 단계 3은 생성된 이산화티탄을 냉각시켜 이산화티탄 나노입자를 제조하는 단계이다.
- [0035] 상기 단계 2에서 이산화탄소가 분해되어 생성된 산소원소는 열플라즈마에 의해 이온화된 티타늄과 결합하게 되며, 냉각관에서 냉각에 의해 이산화티탄 나노입자로 형성된다.
- [0036] 이때 냉각 공정은 형성되는 이산화티탄의 결정화에 영향을 주어 나노크기의 나노입자가 생성될 수 있게 하기 위해 취하는 공정이다. 즉, 합성된 이산화티탄을 서서히 냉각(이하 서냉이라 한다)시킬 경우에는 이산화티탄의 입자 크기가 나노 크기 이상으로 증가하게 된다. 따라서, 본 발명에서는 합성된 이산화티탄을 냉각수로 급냉(이하 수냉이라 한다)시키는 공정이 바람직하다. 이때 냉각수의 온도는 15~25 ℃를 유지하여 기화된 이산화티탄의 온도를 급격하게 낮추는 것이 필요하다.
- [0037] 또한, 본 발명은 상기 방법에 따라 제조된 이산화티탄을 제공한다.
- [0038] 상기 방법에 따라 제조된 이산화티탄은 주사전자현미경으로 관찰한 결과 20~50 nm의 나노입자인 것으로 나타났으며(도 3 참조), X선 회절 분석을 통하여 측정한 결과, 대부분이 아나타제상으로 나타났다(도 4 참조).
- [0039] 따라서, 본 발명에 따라 제조된 이산화티탄은 아나타제상으로서 광촉매적 활성이 뛰어나며, 나노크기의 입자이기 때문에 표면적이 넓어 광활성을 증가시킬 수 있고, 새로운 기능으로 적용할 수 있다. 예를 들면 전기적 특성을 이용하여 도전재료나 센서재료로 응용이 가능하고, 광학적 특성을 이용하여 광흡수제나 광필터, 광촉매, 광

섭유, 적외선 센서에 응용이 가능하다.

[0040] 이하, 본 발명을 실시예에 의하여 상세히 설명한다.

[0041] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0042] <실시예> 열플라즈마를 이용한 나노크기의 이산화티탄의 합성

[0043] 도 1의 직류 열플라즈마 제트 장치를 이용하여 이산화티탄을 합성하였다.

[0044] 구체적으로, 상기 열플라즈마 제트 장치의 반응관에 플라즈마 제트 노즐 옆 2 mm 간격에 반응가스 주입구를 설치하고, 반응 가스로서 이산화탄소와 사염화티탄을 플라즈마 제트 발생 방향과 평행한 방향으로 주입시켰다. 이산화탄소의 유량은 질량유량제어기를 사용하여 조절하였고, 사염화티탄의 주입량을 고정하기 위해 기화된 사염화티탄의 캐리어 가스로 아르곤 가스를 사용하였다. 캐리어 가스 유량은 2 L/분으로 고정하였고, 사염화티탄의 온도를 고정하기 위해 항온조의 온도는 30 ℃로 유지하였다. 이때 직류 열플라즈마 제트 장치는 전원은 직류로 전압은 40V, 전류는 150A로 하고, 열플라즈마 발생기체로 아르곤 가스를 사용하였다.

[0045] 상기 반응관에서 토치부의 양극노즐과 음극봉 사이에 아르곤 가스를 흘려 플라즈마 제트를 발생시키고, 상기 플라즈마를 이용하여 이산화탄소와 사염화티탄을 분해시킨 후, 냉각관으로 이동시켜 냉각관 주위에 냉각수를 공급하여 급냉함으로써 나노크기의 이산화티탄을 합성하였다. 반응 후 기체는 스크러버를 지난 후 가스크로마토그래피를 거쳐 이산화탄소의 분해율을 확인하였다.

[0046] <분석>

[0047] 상기 합성된 이산화티탄 나노입자를 주사현미경을 이용하여 관찰한 후, 그 결과를 도 3에 나타내었다.

[0048] 도 3에 나타난 바와 같이, 생성된 입자가 구형으로 잘 분산되어 있고, 평균 30~40 nm의 입경을 가짐을 확인하였다.

[0049] 또한, 상기 이산화티탄 나노입자를 X선 회절 분석한 후, 그 결과를 도 4에 나타내었다.

[0050] 도 4에 나타난 바와 같이, 합성된 이산화티탄 나노입자는 대부분 아나타제상을 갖는 것을 확인하였다.

[0051] 나아가, 상기 이산화티탄 나노입자를 BET법에 의해 비표면적을 측정하였다.

[0052] 측정 결과, 합성된 이산화티탄 나노입자의 비표면적은 78~81 m²/g으로 나타났다. 이로부터 본 발명에 따라 제조된 이산화티탄 나노입자는 큰 비표면적을 가짐으로써 촉매적 특성으로 볼 때 높은 효율성을 가질 수 있음을 알 수 있다.

[0053] <실험예> 이산화탄소의 유량에 따른 이산화탄소의 분해율 측정

[0054] 이산화탄소의 유량을 1~4 L/분으로 변화시키면서 이산화티탄 나노입자 합성 후, 배출된 가스를 통하여 가스크로마토그래피를 이용하여 이산화탄소의 분해율을 측정하였다.

[0055] 또한, 반응가스로 이산화탄소만 주입한 것과 이산화탄소와 사염화티탄을 함께 주입하였을 때의 이산화탄소의 분해율도 측정하였다.

[0056] 측정 결과를 도 2 및 표 1에 나타내었다.

표 1

이산화탄소의 유량 (L/분)	이산화탄소의 분해율 (%)	
	이산화탄소	이산화탄소+사염화티탄
1	90	95
2	81	87
3	76	84
4	67	72

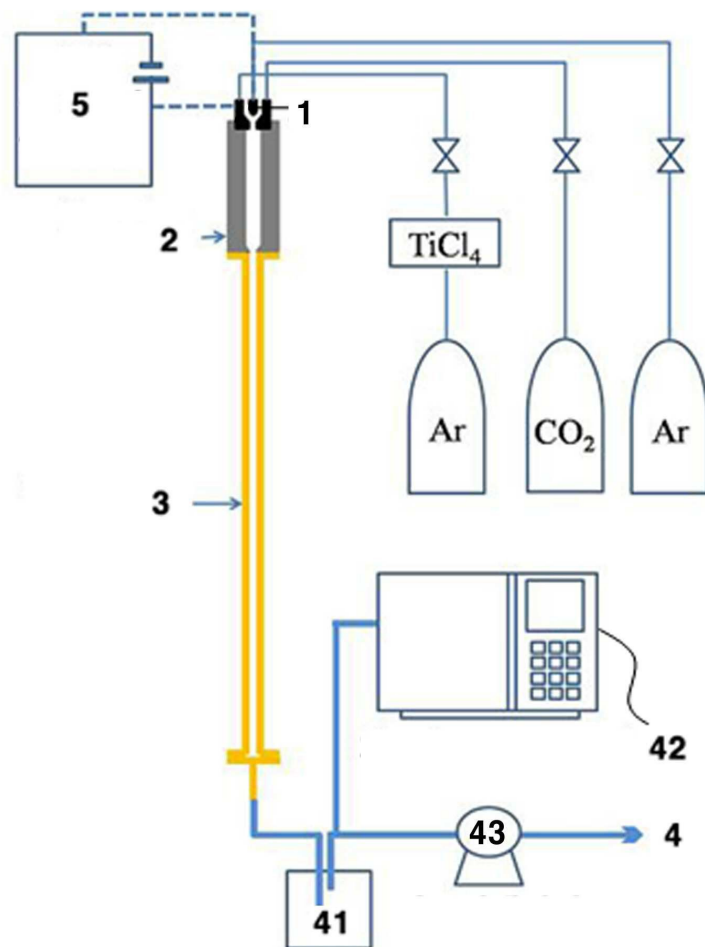
[0058] 도 2 및 표 1에 나타난 바와 같이, 이산화탄소의 유량이 증가할수록 분해율이 감소하는 것을 알 수 있으며, 이산화탄소만 주입할 경우보다 이산화탄소와 사염화티탄을 함께 주입할 때 이산화탄소의 분해율이 5.5~9% 정도 증가하는 것을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

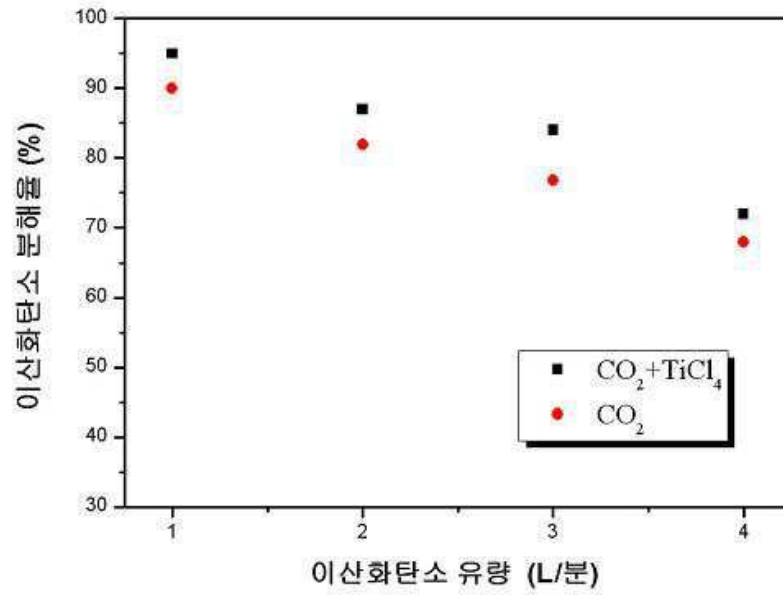
- [0059] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 이산화티탄의 제조에 사용되는 장치를 나타내는 사시도이다.
- [0060] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 열플라즈마를 이용한 이산화탄소의 유량에 따른 이산화탄소의 분해율을 도시한 그래프이다.
- [0061] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 합성된 이산화티탄 나노입자의 주사현미경사진이다.
- [0062] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 합성된 이산화티탄 나노입자의 X선 회절 분석 그래프이다.
- [0063] <도면 부호에 대한 간단한 설명>
- | | |
|----------------------|------------|
| [0064] 1: 토치부 | 2: 반응관 |
| [0065] 3: 냉각관 | 4: 배기부 |
| [0066] 5: 전원공급장치 | 41: 스크러버 |
| [0067] 42: 가스크로마토그래피 | 43: 아스피레이터 |

도면

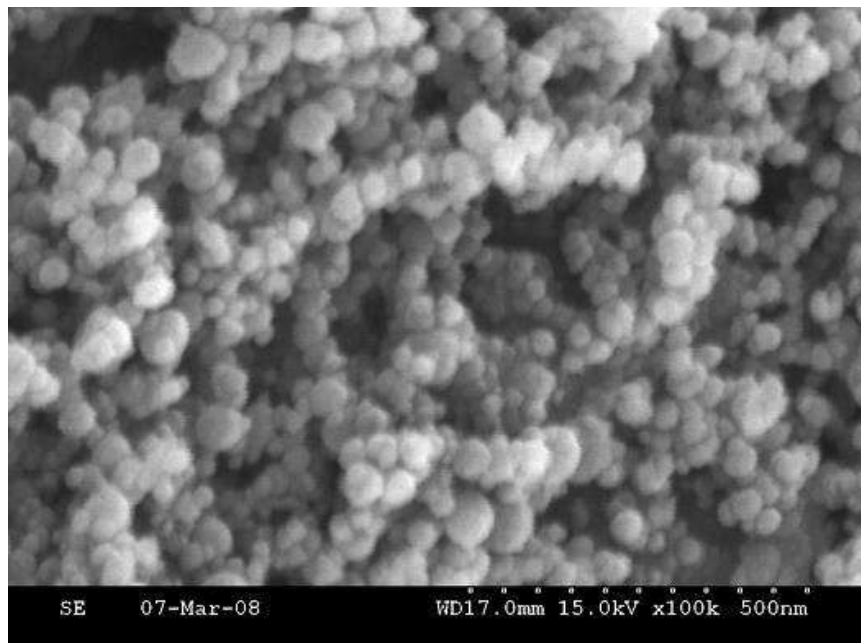
도면1



도면2



도면3



도면4

