



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0130665
(43) 공개일자 2016년11월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 35/00 (2006.01) B01J 21/06 (2006.01)
B01J 37/00 (2006.01) B01J 37/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 35/004 (2013.01)
B01J 21/063 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0062745
(22) 출원일자 2015년05월04일
심사청구일자 2015년05월04일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
한국과학기술연구원
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
(72) 발명자
이창하
울산광역시 중구 종가로 140, 101동 302호 (우정
혁신호반베르디움아파트)
서지원
대구광역시 달서구 상화로8길 26, 101동 903호 (대
곡동, 청구아파트)
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 16 항

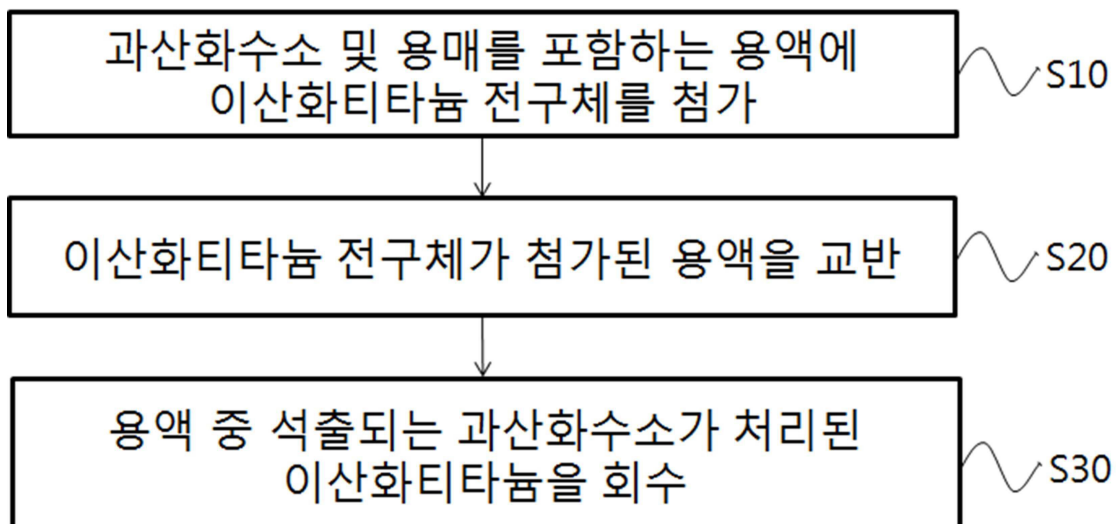
(54) 발명의 명칭 과산화수소가 처리된 이산화티타늄, 그의 제조 방법 및 이를 이용한 유기오염물질 처리방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 광촉매는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매이며, 광촉매 중에서 산소원자의 함량이 75 내지 90at%이고, 티타늄의 함량이 10 내지 25at%이다.

본 발명의 일 실시예에 의한 광촉매의 제조 방법은 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하는 단계, 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반하는 단계, 및 용액 중 석출되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 회수하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01J 37/0081 (2013.01)

B01J 37/04 (2013.01)

(72) 발명자

이흥신

충청북도 영동군 황간면 상용암3길 6

이혜진

울산광역시 남구 신선로 45, 109동 1402호 (야음동, 롯데캐슬1단지아파트)

김민식

울산광역시 울주군 범서읍 점촌4길 43, 101동 708호(현대아파트)

홍석원

서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2.140442

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 산업진흥과

연구사업명 지자체연구지원사업(R&D)(고유목적사업)

연구과제명 에너지 저감형 고도산화 수처리 촉매 개발

기 여 율 1/1

주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단

연구기간 2014.07.01 ~ 2015.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매이며, 상기 광촉매 중에서 산소원자의 함량이 75 내지 90at%이고, 티타늄의 함량이 10 내지 25at%인 이산화티타늄 광촉매.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광촉매 중에서 산소원자의 함량이 80 내지 85at%이고, 티타늄의 함량이 15 내지 20at%인 이산화티타늄 광촉매.

청구항 3

과산화수소 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하는 단계;

상기 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반하는 단계; 및

상기 용액 중 석출되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 회수하는 단계;

를 포함하는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액에서 과산화수소의 농도는 0.95 내지 1.05 mol/L인 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액 1L에 대하여 0.19 내지 0.21 L의 이산화티타늄 전구체를 첨가하는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 이산화티타늄 전구체는 티타늄 에톡사이드, 티타늄 이소프로폭사이드 및 티타늄 부톡사이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 용매는 물, 메틸알코올, 에틸알코올, 이소프로필알코올, 부틸알코올, 이소부틸알코올 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반하는 단계에서 교반 시간은 1시간 내지 2시간인 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 9

제3항에 있어서,

상기 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반하는 단계는 0.5 내지 1.5 atm의 압력 및 20 내지 30℃의 온도에서 수행되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 10

제3항에 있어서,

상기 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 회수하는 단계는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 여과하여 건조하는 것을 포함하는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 건조는 온도를 40℃ 내지 60℃로 조절하여 건조하는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법.

청구항 12

유기오염물질을 포함하는 폐수에 제1항에 기재된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매를 투입하는 단계; 및

상기 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매가 투입된 폐수에 파장이 400 nm 이상인 가시광을 조사하는 단계;

를 포함하는 유기오염물질 처리방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 유기오염물질은 페놀, 4-클로로페놀, 아세트아미노펜, 벤조산, 카르바마제핀 또는 이들의 조합인 유기오염물질 처리방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 유기오염물질은 페놀, 4-클로로페놀, 아세트아미노펜 또는 이들의 조합인 유기오염물질 처리방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 유기오염물질 1 mol에 대해 47500 내지 52500 g의 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 투입하는 유기오염물질 처리방법.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 가시광을 3.5시간 내지 4.5시간 조사하는 유기오염물질 처리방법.

발명의 설명

기술 분야

과산화수소가 처리된 이산화티타늄, 그의 제조 방법 및 이를 이용한 유기오염물질 처리방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 고도산화기술(Advanced Oxidation Processes, AOPs)은 강력한 산화력을 가진 활성산화종을 생산하여 다양한 유기오염물질을 효과적으로 제어하는 기술이다. 이 중, 광촉매를 이용한 고도산화기술은 비교적 장파장 영역의 자외선 활용하여 활성산화종 및 공유대의 정공의 생산을 통해 수중 유기오염물질의 산화분해 하는 기술이다. 최근 광촉매를 활용한 고도산화기술은 에너지 효율을 높이기 위해 광촉매의 표면 개질방법을 활용하여 가시광 영역에서 유기오염물질을 처리하는 기술들이 개발 되고 있다. 하지만, 광촉매 표면 개질 기술은 촉매 개질을 위해 고온 혹은 고압의 처리과정이 필요하며, 개질한 광촉매가 다양한 유기오염물질의 처리하는 데 한계를 드러내고 있어 새로운 형태의 가시광 활성 광촉매의 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 과산화수소가 처리된 이산화티타늄, 그의 제조 방법 및 이를 이용한 유기오염물질 처리방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0004] 본 발명의 일 실시예에 의한 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매는 광촉매 중에서 산소원자의 함량이 75 내지 90at%이고, 티타늄의 함량이 10 내지 25at%이다. 더욱 구체적으로 광촉매 중에서 산소원자의 함량이 80 내지 85at%이고, 티타늄의 함량이 15 내지 20at%가 될 수 있다.
- [0005] 본 발명의 일 실시예에 의한 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 제조하는 방법은 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하는 단계, 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반하는 단계, 및 용액 중 석출되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 회수하는 단계를 포함한다.
- [0006] 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액에서 과산화수소의 농도는 0.95 내지 1.05 mol/L가 될 수 있다.
- [0007] 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액 1 L에 대하여 0.19 내지 0.21 L의 이산화티타늄 전구체를 첨가할 수 있다.
- [0008] 이산화티타늄 전구체는 티타늄 에톡사이드, 티타늄 이소프로폭사이드 및 티타늄 부톡사이드로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0009] 용매는 물, 메틸알코올, 에틸알코올, 이소프로필알코올, 부틸알코올, 이소부틸알코올 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0010] 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반하는 단계에서 교반 시간은 1시간 내지 2시간이 될 수 있다.
- [0011] 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반하는 단계는 0.5 내지 1.5 atm의 압력 및 20 내지 30℃의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0012] 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 회수하는 단계는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 여과하여 건조하는 것을 포함할 수 있다.
- [0013] 건조는 온도를 40℃내지 60℃로 조절하여 건조할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 의한 유기오염물질 처리방법은 유기오염물질을 포함하는 폐수에 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매를 투입하는 단계, 및 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매가 투입된 폐수에 파장이 400 nm 이상인 가시광을 조사하는 단계를 포함한다.
- [0015] 유기오염물질은 페놀, 4-클로로페놀, 아세트아미노펜, 벤조산, 카르바마제핀 또는 이들의 조합이 될 수 있다.
- [0016] 유기오염물질은 페놀, 4-클로로페놀, 아세트아미노펜 또는 이들의 조합이 될 수 있다.
- [0017] 유기오염물질 1 mol에 대해 47500 내지 52500 g의 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 투입 할 수 있다.
- [0018] 가시광을 3.5시간 내지 4.5시간 조사할 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 일 실시예에 의한 광촉매는 고온 고압의 조건이 아닌 상온 상압의 조건에서 간단히 제조할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 의한 광촉매는 단파장의 자외선이 아닌 가시광 영역을 활용하여 유기오염물질을 처리할 수 있으며, 에너지 효율을 높일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 의한 광촉매는 난분해성 유기오염물질을 효과적으로 제거 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광촉매의 제조 방법의 개략적인 순서도이다.
- 도 2는 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄의 사진이다.
- 도 3은 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄, 비교예 1에서 제조된 이산화티타늄 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)의 X선 회절 분석(XRD) 스펙트럼이다.
- 도 4는 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄의 투과형 전자현미경(TEM) 사진이다.
- 도 5는 비교예 1에서 제조된 이산화티타늄의 투과형 전자현미경(TEM) 사진이다.
- 도 6은 상용 이산화티타늄(Degussa P25)의 투과형 전자현미경(TEM) 사진이다.
- 도 7은 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)의 확산반사율 분석 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 여기서 사용되는 전문 용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0024] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0025] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 의한 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매는 광촉매 중에서 산소원자의 함량이 75 내지 90at%이고, 티타늄의 함량이 10 내지 25at%이다. 더욱 구체적으로 광촉매 중에서 산소원자의 함량이 80 내지 85at%이고, 티타늄의 함량이 15 내지 20at%가 될 수 있다. 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 광촉매는 산소원자의 함량이 일반적인 이산화티타늄 광촉매에 비해 높아, 가시광 조사에 의해 유기오염물질을 더욱 효과적으로 제거할 수 있다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광촉매의 제조 방법의 순서도를 개략적으로 나타낸다. 도 1의 광촉매의 제조 방법의 순서도는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다. 따라서 광촉매의 제조 방법을 다양하게 변형할 수 있다.
- [0028] 도 1에 도시한 바와 같이, 광촉매의 제조 방법은 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하는 단계(S10), 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반하는 단계(S20), 및 용액 중 석출되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 회수하는 단계(S30)를 포함한다.
- [0029] 먼저, 단계(S10)에서는 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄 전구체를 첨가한다.
- [0030] 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액에서 과산화수소의 농도는 0.95 내지 1.05 mol/L가 될 수 있다. 과산화수소

의 농도가 너무 낮으면, 제조되는 광촉매에서 유기오염물질의 제거 효율이 낮아지는 문제가 발생할 수 있다. 과산화수소의 농도가 너무 높으면, 또한 유기오염물질의 제거효율이 낮아지는 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 과산화수소의 농도를 전술한 범위에서 조절할 수 있다.

- [0031] 과산화수소 및 용매를 포함하는 용액 1 L에 대하여 0.19 내지 0.21 L의 이산화티타늄 전구체를 첨가할 수 있다. 이산화티타늄 전구체의 첨가량이 너무 적으면, 유기오염물질의 제거효율의 문제가 발생할 수 있다. 이산화티타늄 전구체의 첨가량이 너무 높으면, 상대적으로 과산화수소의 양이 적어져, 제조되는 광촉매에서 유기오염물질의 제거 효율이 낮아지는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 이산화티타늄 전구체의 양을 전술한 범위에서 조절할 수 있다.
- [0032] 이산화티타늄 전구체는 반응에 의해 이산화티타늄을 생성할 수 있는 물질이면, 특별히 제한되지 아니하며, 구체적으로 티타늄 알콕사이드계 화합물을 사용할 수 있다. 더욱 구체적으로, 티타늄 에톡사이드, 티타늄 이소프로폭사이드, 및 티타늄 부톡사이드로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0033] 용매는 과산화수소를 용해 할 수 있는 용매면, 제한 없이 사용할 수 있다. 구체적으로 용매로서 물, 메틸알코올, 에틸알코올, 이소프로필알코올, 부틸알코올, 이소부틸알코올 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0034] 다시 도 1로 돌아가면, 단계(S20)에서는 이산화티타늄 전구체가 첨가된 용액을 교반한다. 교반 과정에서 이산화티타늄 전구체와 과산화수소가 반응하여, 과산화수소가 처리된 이산화티타늄이 분말 형태로 석출되게 된다.
- [0035] 이 때, 교반 시간은 1시간 내지 2시간이 될 수 있다. 교반 시간이 너무 짧으면, 용액 내에 미반응된 이산화티타늄 전구체가 잔류할 수 있다. 교반 시간이 전술한 범위를 넘더라도 더 이상의 반응은 일어나지 아니할 수 있으므로, 전술한 범위에서 반응시간을 조절할 수 있다.
- [0036] 교반 단계에서 압력은 0.5 내지 1.5 atm으로, 온도는 20℃ 내지 30℃로 조절할 수 있다. 기존의 광촉매 제조 방법의 경우, 고온, 고압에서 이산화티타늄을 제조하여, 제조 과정이 복잡하고, 경제성이 떨어지는 문제가 있었다. 본 발명의 일 실시예에 의한 광촉매의 제조 방법은 고온, 고압의 조건이 아닌 상온, 상압의 조건에서 제조가 가능하여, 간단히 광촉매를 제조할 수 있으며, 경제성도 우수하다.
- [0037] 다시 도 1로 돌아가면, 단계(S30)에서는 용액 중 석출되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 회수한다. 회수하는 방법으로는 특별한 제한이 없으며, 석출되는 과산화수소가 처리된 이산화티타늄이 분말 형태로 석출되므로, 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 여과하여 건조하는 것을 포함할 수 있다.
- [0038] 건조 단계에서 온도는 40℃ 내지 60℃로 조절하여 건조할 수 있다. 건조 시, 온도가 너무 높게 되면 과산화수소가 처리된 이산화티타늄이 변형되어 가시광영역에서 효율이 떨어지게 되는 문제가 발생할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 유기오염물질 처리방법은 전술한 방법으로 제조된 광촉매를 이용하는 것이다.
- [0039] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기오염물질 처리방법은 유기오염물질을 포함하는 폐수에 전술한 방법으로 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 투입하는 단계, 및 과산화수소가 처리된 이산화티타늄이 투입된 폐수에 파장이 400 nm 이상인 가시광을 조사하는 단계를 포함한다. 구체적으로 파장은 400 nm 내지 800 nm 가 될 수 있다. 가시광의 조사 시간은 3.5시간 내지 4.5시간이 될 수 있다.
- [0040] 유기오염물질은 인체 및 환경에 해로운 유기오염물질을 의미하며, 특별히 한정되지 아니한다. 구체적으로 페놀(Phenol), 4-클로로페놀(4-Chlorophenol), 아세트아미노펜(Acetaminophen), 벤조산(Benzoic acid), 카르바마제핀(Carbamazepine) 또는 이들의 조합 등과 같은 방향족 화합물이 될 수 있다. 더욱 구체적으로 유기오염물질은 페놀, 4-클로로페놀, 아세트아미노펜 또는 이들의 조합 등과 같은 페놀류가 될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 유기오염물질 처리방법은 페놀류 등 난분해성 유기오염물질을 효과적으로 분해, 제거할 수 있는 장점이 있다.
- [0041] 유기오염물질 1 mol에 대해 47500 내지 52500 g의 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 투입할 수 있다. 과산화수소가 처리된 이산화티타늄의 투입량이 너무 작으면, 유기오염물질의 분해 능력이 저하될 수 있는 문제가 발생한다. 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 전술한 범위를 초과하여 투입하더라도 유기오염물질의 분해 능력이 상승하는 것에 한계가 있으므로, 전술한 범위에서 과산화수소가 처리된 이산화티타늄의 투입량을 조절할 수 있다.

[0042] 이하 본 발명의 바람직한 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나 하기 실시예는 본 발명의 바람직한 일 실시예일 뿐 본 발명이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0043] **실시예 1 : 과산화수소가 처리된 이산화티타늄의 제조**

[0044] 과산화수소 수용액 10 mL (농도 1 mol/L)에 티타늄 이소프로폭사이드 용액을 2 mL 첨가하였다. 1시간 동안 교반시켜, 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 입자를 제조하였다. 이를 여과하여 건조하여 노란색 분말 형태의 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 약 3 g을 제조하였다. 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄의 사진을 도 2에서 나타내었다.

[0045] **비교예 1 : 이산화티타늄의 제조**

[0046] 증류수 10 mL에 티타늄 이소프로폭사이드 용액 2 mL을 첨가하였다. 1시간 동안 교반시켜, 유기오염물질 처리 효율 비교를 위한 이산화티타늄 입자를 제조하였다. 이를 여과하여 건조하여 이산화티타늄 약 3 g을 제조하였다.

[0047] **실험예 1 : 제조된 이산화티타늄의 분석**

[0048] 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄, 비교예 1에서 제조된 이산화티타늄 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)의 산소 및 티타늄의 원소 비율을 X-선 광전자 스펙트로스코피(XPS)로 측정하여 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

	O(at%)	Ti(at%)	O/Ti 원자 비율
실시예 1	81.91	18.09	4.88
Degussa P25	70.85	29.15	2.43
비교예 1	71.59	28.41	2.52

[0050] 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄, 비교예 1에서 제조된 이산화티타늄 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)의 X선 회절 분석(XRD) 스펙트럼을 도 3에 나타내었다. 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄은 비교예 1 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)과 달리 결정성을 나타내지 않는 것을 확인할 수 있었다.

[0051] 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄, 비교예 1에서 제조된 이산화티타늄 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)의 투과형 전자현미경(TEM) 사진을 도 4 내지 도 6에 각각 나타내었다. 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄은 비교예 1 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)과 달리 결정성을 나타내지 않는 것을 확인할 수 있었다.

[0052] 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)의 확산반사율(Diffuse Reflectance Spectra) 분석 결과를 도 7에 나타내었다. 실시예 1에서 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄은 비교예 1 및 상용 이산화티타늄(Degussa P25)에 비해 가시광영역에서 광 흡수율이 높은 것을 확인할 수 있었다.

[0053] **실험예 2 : 4-클로로페놀의 제거 실험**

[0054] 0.01 mM 농도의 4-클로로페놀 수용액 50 mL를 준비하였다. 실시예 1에서 제조한 과산화수소가 처리된 이산화티타늄, 상용 이산화티타늄(Degussa P25), 비교예 1에서 제조한 이산화티타늄을 각각 0.025 g씩 4-클로로페놀 수용액에 투입하였다. 가시광 광원은 4W 세기의 FL(Fluorescent light)램프를 평행으로 좌우 각각 3개씩 설치하여 이용하였고, 가시광 조사 조건을 위해 400 nm 파장 컷오프 필터(cutoff filter)를 장착하여 400 nm 이상의 파장을 가진 빛을 광반응에 활용하였다. 후면에는 광 조사에 따른 온도 상승을 배제하기 위해서 냉각팬을 설치하였고, 하단부에 설치된 교반기 위에 석영 반응기를 두어 반응기를 사용하였다. 조사 시간을 늘려 가면서 4-클로로

페놀의 잔류비(잔류된 4-클로로페놀의 양/조사 전 4-클로로페놀의 양)를 측정하여 하기 표 2에 표시하였다.

표 2

광촉매	10분	30분	60분	90분	120분	180분	240분
실시예 1	0.85	0.63	0.42	0.29	0.20	0.09	0.04
Degussa P25	0.99	0.96	0.91	0.87	0.85	0.81	0.76
비교예 1	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.95	0.94

표 2에서 나타나듯이, 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄은 가시광 영역에서 유기오염물질을 효과적으로 분해, 제거할 수 있음을 확인할 수 있다.

실험예 3 : 다양한 유기오염물질의 제거 실험

광촉매로서 실시예 1에서 제조한 과산화수소가 처리된 이산화티타늄을 사용하여, 유기오염물질을 페놀, 벤조산, 아세트아미노펜, 카바마제핀으로 다양하게 변경하여 실험하였다. 나머지 실험과정은 실험예 1과 동일하게 하였다. 시간에 따른 잔류비(잔류된 유기오염물질의 양/조사 전 유기오염물질의 양)를 측정하여 결과를 하기 표 3에 나타내었다.

표 3

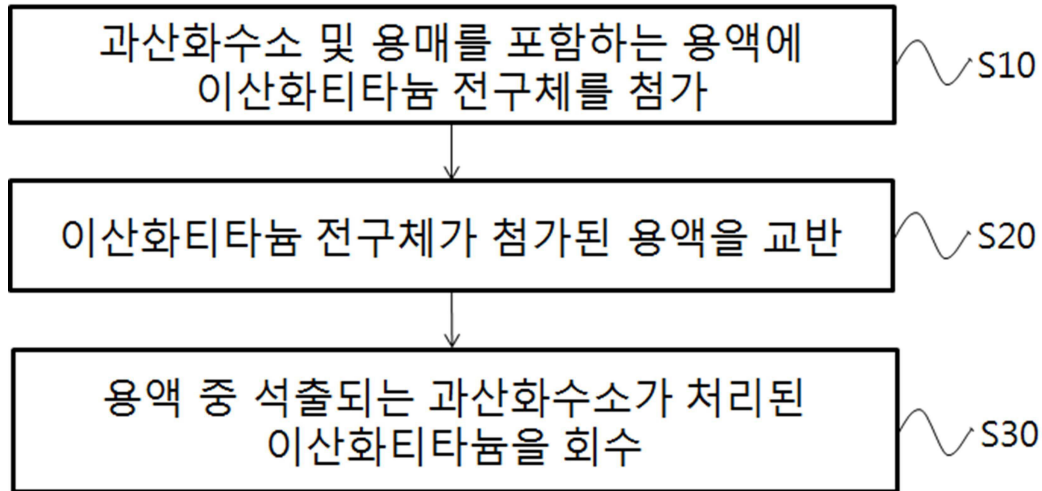
유기오염물질	10분	30분	60분	90분	120분	180분	240분
페놀	0.91	0.71	0.50	0.37	0.26	0.16	0.14
아세트아미노펜	0.49	0.08	0.01	0	0	0	0
벤조산	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97
카바마제핀	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94

표 3에서 나타나듯이, 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 과산화수소가 처리된 이산화티타늄은 페놀, 4-클로로페놀 및 아세트아미노펜을 특히 효과적으로 분해, 제거할 수 있음을 확인할 수 있다.

본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

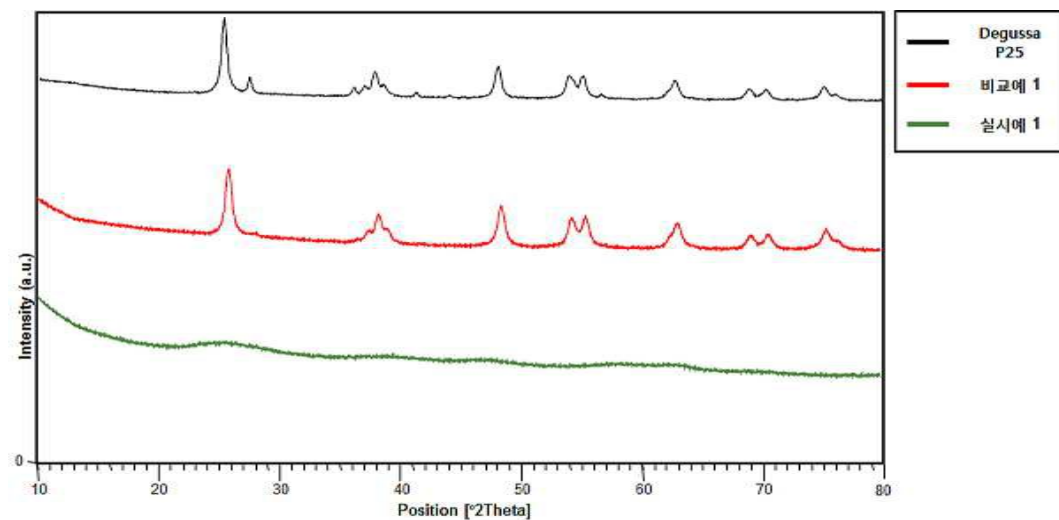
도면1



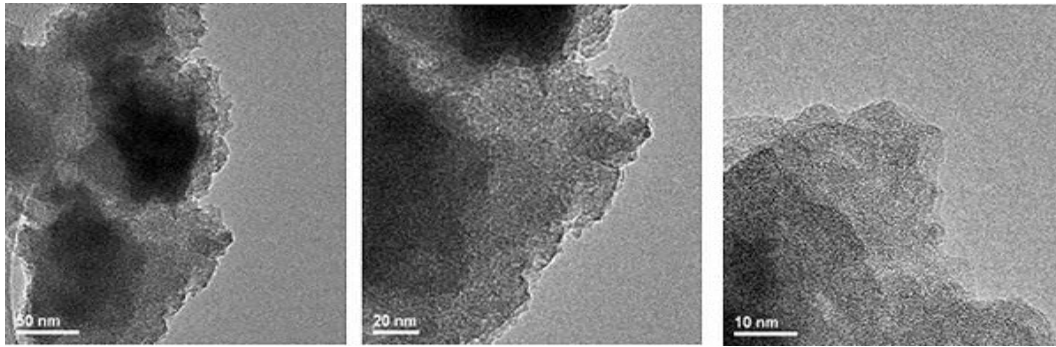
도면2



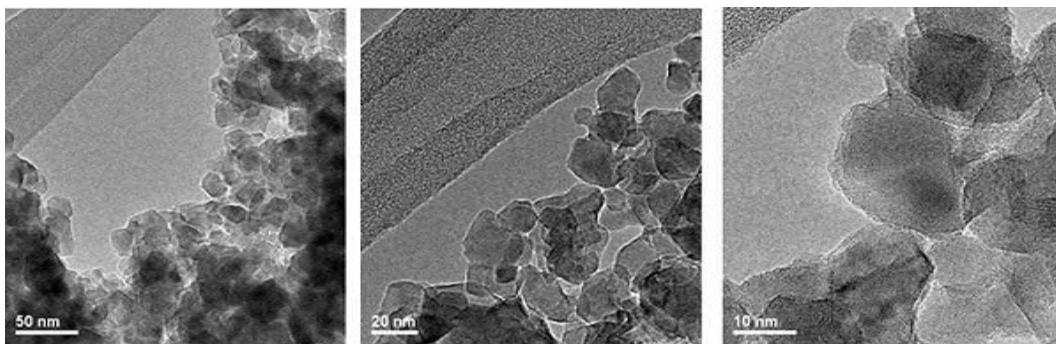
도면3



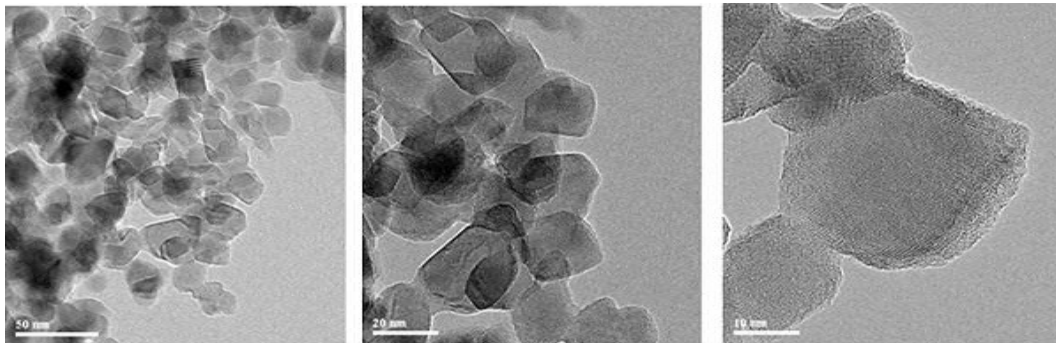
도면4



도면5



도면6



도면7

