



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0131317
(43) 공개일자 2016년11월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 35/00 (2006.01) B01J 21/06 (2006.01)
B01J 37/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 35/004 (2013.01)
B01J 21/063 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0063358
(22) 출원일자 2015년05월06일
심사청구일자 2015년05월06일

(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 (대곡동, 청구아파트)
(74) 대리인
유미특허법인

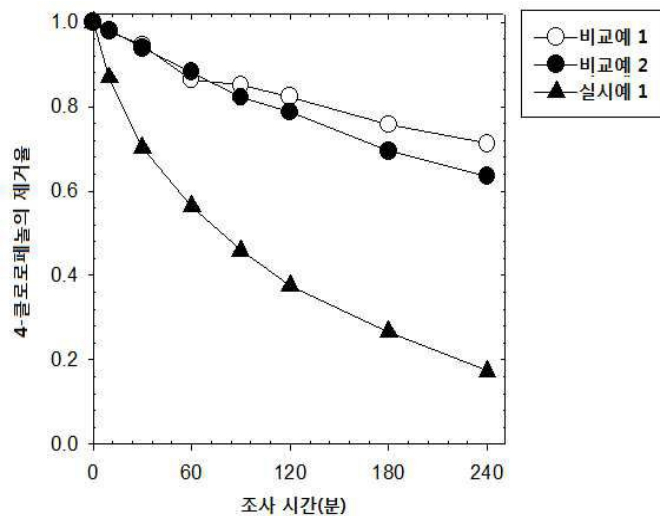
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 2-에틸이미다졸 이산화티타늄 광촉매, 이의 제조방법, 및 이를 이용한 유기오염물질 처리방법

(57) 요약

광촉매, 이의 제조방법, 및 이를 이용한 유기오염물질 처리방법이 개시된다. 본 발명의 일 구현예는, 이산화티타늄; 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소;를 포함하는, 광촉매를 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B01J 37/0018 (2013.01)

C02F 2305/10 (2013.01)

(72) 발명자

정준영

경기 부천시 원미구 부흥로351번길 42

이홍신

충청북도 영동군 황간면 상용암3길 6

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

이산화티타늄; 및
상기 이산화티타늄에 도핑된 질소; 를 포함하는, 광촉매.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 이산화티타늄에 도핑된 질소; 에서,
상기 이산화티타늄에 도핑된 질소는 2-에틸이미다졸로부터 기인한 것인, 광촉매.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
상기 이산화티타늄의 비표면적은 40 내지 50 m²/g 인 것인, 광촉매.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
상기 이산화티타늄 100중량%에 대해, 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소의 함량은 2 내지 8 중량% 인 것인, 광촉매.

청구항 5

2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계;
상기 이산화티타늄이 첨가된 용액을 교반하여, 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지시키는 단계;
및
상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계; 를 포함하되,
상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계; 에 의해, 상기 이산화티타늄에 질소가 도핑된 광촉매를 수득하는 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
상기 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계;에서,
상기 이산화티타늄이 상기 용액 1ℓ에 대하여 15 내지 25g 첨가되는, 광촉매의 제조방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계;에서,

상기 용매는 물, 메탄올, 에탄올, 또는 이들의 조합을 포함하는 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계;에서,

상기 용액 내 상기 2-에틸이미다졸의 함량은 150 내지 170g/ℓ 인 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 이산화티타늄이 첨가된 용액을 교반하여, 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지시키는 단계;에서,

상기 교반은 75 내지 85rpm의 속도로 수행되는 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 이산화티타늄이 첨가된 용액을 교반하여, 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지시키는 단계;에서,

상기 교반은 30분 내지 2시간 동안 수행되는 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 11

제 5 항에 있어서,

상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계;에서,

상기 건조는 30 내지 70℃에서 수행되는 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계;에서,

상기 건조는 5 내지 8시간 동안 수행되는 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계;에서,

상기 소결은 300 내지 400℃에서 수행되는 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계; 에서,

상기 소결은 3 내지 4시간 동안 수행되는 것인, 광촉매의 제조방법.

청구항 15

유기오염물질을 포함하는 폐수에, 이산화티타늄 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소를 포함하는 광촉매를 투입하는 단계; 및

상기 광촉매가 투입된 폐수에 가시광을 조사하는 단계; 를 포함하는, 유기오염물질 처리방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 유기오염물질을 포함하는 폐수에, 이산화티타늄 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소를 포함하는 광촉매를 투입하는 단계; 에서,

상기 도핑된 질소는 2-에틸이미다졸로부터 기인한 것인, 유기오염물질 처리방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 유기오염물질은 페놀, 4-클로로페놀, 아세트아미노펜, 벤조산, 카르바마제핀 또는 이들의 조합을 포함하는 것인, 유기오염물질 처리방법.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 유기오염물질을 포함하는 폐수에, 이산화티타늄 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소를 포함하는 광촉매를 투입하는 단계; 에서,

상기 유기오염물질 10 $\mu\text{mol}/\ell$ 에 대해, 상기 광촉매의 투입량은 0.4 내지 0.6g/ ℓ 인 것인, 유기오염물질 처리방법.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 광촉매가 투입된 폐수에 가시광을 조사하는 단계; 에서,

상기 가시광의 조사는 3 내지 5시간 동안 수행되는 것인, 유기오염물질 처리방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 일 구현에는 광촉매, 이의 제조방법, 및 이를 이용한 유기오염물질 처리방법에 관한 것이다.

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] 본 발명의 일 구현에는, 가시광 영역에서 활성 가능한 광촉매 및 이의 제조방법을 제공하고자 한다.

[0004] 본 발명의 다른 구현에는, 가시광 영역에서 활성 가능한 광촉매를 이용한 유기오염물질 처리방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 구현에는, 이산화티타늄; 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소;를 포함하는, 광촉매를 제공할 수 있다.

[0006] 보다 구체적으로, 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소;에서, 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소는 2-에틸이미다졸로부터 기인한 것인, 광촉매를 제공할 수 있다.

[0007] 또한, 상기 이산화티타늄의 비표면적은 40 내지 50 m²/g 일 수 있다.

[0008] 상기 이산화티타늄 100중량%에 대해, 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소의 함량은 2 내지 8 중량% 일 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 구현에는, 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계; 상기 이산화티타늄이 첨가된 용액을 교반하여, 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지시키는 단계; 및 상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계;를 포함하되,

[0010] 상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계;에 의해, 상기 이산화티타늄에 질소가 도핑된 광촉매를 수득하는 것인, 광촉매의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0011] 상기 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계;에서, 상기 이산화티타늄이 상기 용액 1ℓ에 대하여 15 내지 25g 첨가될 수 있다.

[0012] 상기 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계;에서, 상기 용매는 물, 메탄올, 에탄올, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0013] 상기 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계;에서, 상기 용액 내 상기 2-에틸이미다졸의 함량은 150 내지 170g/ℓ 일 수 있다.

[0014] 상기 이산화티타늄이 첨가된 용액을 교반하여, 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지시키는 단계;에서, 상기 교반은 75 내지 85rpm의 속도로 30분 내지 2시간 동안 수행될 수 있다.

- [0015] 상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계; 에서, 상기 건조는 30 내지 70℃에서 5 내지 8시간 동안 수행될 수 있다.
- [0016] 상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계; 에서, 상기 소결은 300 내지 400℃에서 3 내지 4시간 동안 수행될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 또 다른 구현에는, 유기오염물질을 포함하는 폐수에, 이산화티타늄 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소를 포함하는 광촉매를 투입하는 단계; 및 상기 광촉매가 투입된 폐수에 가시광을 조사하는 단계; 를 포함하는, 유기오염물질 처리방법을 제공할 수 있다.
- [0018] 상기 유기오염물질을 포함하는 폐수에, 이산화티타늄 및 상기 이산화티타늄에 질소가 도핑된 광촉매를 투입하는 단계; 에서, 상기 도핑된 질소는 2-에틸이미다졸로부터 기인한 것인, 유기오염물질 처리방법을 제공할 수 있다.
- [0019] 상기 유기오염물질은 페놀, 4-클로로페놀, 아세트아미노펜, 벤조산, 카르바마제핀 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으며, 이에 한정하는 것은 아니다.
- [0020] 상기 유기오염물질을 포함하는 폐수에, 이산화티타늄 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소를 포함하는 광촉매를 투입하는 단계; 에서, 상기 유기오염물질 10 μmol/ℓ에 대해, 상기 광촉매의 투입량은 0.4 내지 0.6g/ℓ 일 수 있다.
- [0021] 상기 광촉매가 투입된 폐수에 가시광을 조사하는 단계; 에서, 상기 가시광의 조사는 3 내지 5시간 동안 수행될 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 가시광 영역에서 활성 가능한 광촉매 및 이의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 구현예에 따르면, 가시광을 활용하여 유기오염물질을 처리할 수 있는 광촉매를 이용한 유기오염물질 처리방법을 제공할 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명의 다른 구현예에 따르면, 에너지 효율을 높일 수 있고, 난분해성 유기오염물질을 효과적으로 제거할 수 있는 유기오염물질 처리방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 실시예 1과 비교예 1을 XPS(광전자분광법)으로 분석하여 나타낸 그래프이다.
- 도 2는 실시예 1, 비교예 1, 및 비교예 2에 따른 광촉매의 4-클로로페놀 제거 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 3은 실시예 1에 따른 광촉매의 다양한 유기오염물질 제거 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 상세하게 후술되어 있는 구현예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 구현예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 이루어질 수 있으며, 단지 본 구현예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0027] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함” 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0028] 본 발명의 일 구현예는, 이산화티타늄; 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소; 를 포함하는, 광촉매 를 제공한다. 보다 구체적으로, 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소는 2-에틸이미다졸로부터 기인할 수 있다.

- [0029] 이 때, 상기 이산화티타늄의 비표면적은 40 내지 50 m^2/g 일 수 있으며, 보다 구체적으로는, 41 내지 46 m^2/g 일 수 있다. 상기 이산화티타늄의 비표면적이 상기 범위인 경우 후술되는 유기오염물질의 제거 과정에서 고효율을 나타낼 수 있는 이점이 있다.
- [0030] 상기 이산화티타늄 100중량%에 대해, 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소의 함량은 2 내지 8 중량% 일 수 있다. 보다 구체적으로는, 2 내지 5 중량% 일 수 있다. 상기 이산화티타늄에 대한 상기 2-에틸이미다졸의 비율이 상기 범위인 경우 후술되는 유기오염물질의 제거 과정에서 고효율을 나타낼 수 있는 이점이 있다.
- [0031] 본 발명의 다른 구현에는, 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가하는 단계(S10); 상기 이산화티타늄이 첨가된 용액을 교반하여, 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지시키는 단계(S20); 및 상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계(S30);를 포함하되,
- [0032] 상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계(S30);에 의해, 상기 이산화티타늄에 질소가 도핑된 광촉매를 수득하는 것인, 광촉매의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0033] 먼저, 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액에 이산화티타늄을 첨가한다(S10).
- [0034] 여기에서, 상기 용매는 이산화티타늄 반응에 관여하지 아니하고, 2-에틸이미다졸 및 이산화티타늄을 균일하게 용해할 수 있는 물질이면, 제한 없이 사용할 수 있다. 예컨대, 상기 용매는 물, 메탄올, 에탄올, 또는 이들의 조합을 포함하는 것일 수 있다.
- [0035] 이 때, 상기 2-에틸이미다졸 및 용매를 포함하는 용액 내 상기 2-에틸이미다졸의 함량은 150 내지 170g/l 일 수 있으며, 보다 구체적으로는 152 내지 168g/l 일 수 있다. 상기 2-에틸이미다졸의 함량이 상기 범위인 경우, 제조되는 광촉매를 이용하여 유기오염물질을 제거 시, 그 제거 효율이 높은 이점이 있다. 따라서, 상기 2-에틸이미다졸의 함량을 전술한 범위에서 조절할 수 있다.
- [0036] 또한, 상기 이산화티타늄이 상기 용액 1l에 대하여 15 내지 25g 첨가될 수 있으며, 보다 구체적으로는 19 내지 21g 첨가될 수 있다. 상기 이산화티타늄의 첨가량이 상기 범위인 경우, 제조되는 광촉매를 이용하여 유기오염물질을 제거 시, 그 제거 효율이 높은 이점이 있다. 따라서, 상기 이산화티타늄의 첨가량을 전술한 전술한 범위에서 조절할 수 있다.
- [0037] 상기 이산화티타늄이 용액에 첨가되면, 이를 교반하여 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지시킨다(S20). 여기에서, '담지' 과정에 의해 이산화티타늄 입자의 내부와 외부에 2-에틸이미다졸이 분산될 수 있다.
- [0038] 이 때, 상기 교반은 75 내지 85rpm의 속도로 수행될 수 있다. 보다 구체적으로는 79.5 내지 80.5rpm의 속도로 수행될 수 있으며, 30분 내지 2시간 동안 수행되는 것이 바람직하다. 상기 교반이 상기 속도 범위로, 상기 시간 범위 동안 수행되는 경우, 이산화티타늄 입자의 내부와 외부에 2-에틸이미다졸을 보다 효과적으로 형성할 수 있는 이점이 있다.
- [0039] 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지되면, 상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결한다(S30).
- [0040] 상기 상기 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 건조 및 소결하는 단계(S30);에 의해, 상기 이산화티타늄에 질소가 도핑된 광촉매를 제조할 수 있다.
- [0041] 이 때, 상기 건조는 30 내지 70℃에서, 5 내지 8시간 동안 수행되는 것이 바람직하다. 상기 건조가 상기 온도 범위로, 상기 시간 범위 동안 수행되는 경우, 제조되는 광촉매를 이용하여 유기오염물질을 제거 시, 그 제거 효율이 최대인 이점이 있다. 따라서, 건조 온도 및 시간을 전술한 범위에서 조절할 수 있다.

- [0042] 또한, 상기 소결은 300 내지 400℃에서, 3 내지 4시간 동안 수행되는 것이 바람직하다. 상기 소결이 상기 온도 범위로, 상기 시간 범위 동안 수행되는 경우, 제조되는 광촉매를 이용하여 유기오염물질을 제거 시, 그 제거 효율이 최대인 이점이 있다. 따라서, 소결 온도 및 시간을 전술한 범위에서 조절할 수 있다.
- [0043] 본 발명의 또 다른 구현예는, 유기오염물질을 포함하는 폐수에, 이산화티타늄 및 상기 이산화티타늄에 도핑된 질소를 포함하는 광촉매를 투입하는 단계(S100); 및 상기 광촉매가 투입된 폐수에 가시광을 조사하는 단계(S200);를 포함하는 유기오염물질 처리방법을 제공한다. 또한, 상기 도핑된 질소는 -에틸이미다졸로부터 기인한 것일 수 있다.
- [0044] 여기에서, 상기 유기오염물질은 인체 및 환경에 해로운 유기오염물질을 의미하며, 특별히 한정되지 아니한다. 예컨대, 상기 유기오염물질은 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, 상기 유기오염물질은 페놀, 4-클로로페놀, 아세트아미노펜 또는 이들의 조합 등과 같은 페놀류가 될 수 있다.
- [0045] 본 발명의 또 다른 구현예에 따른 유기오염물질 처리방법에 의하면, 페놀류 등과 같은 난분해성 유기오염물질을 효과적으로 분해, 제거할 수 있는 이점이 있다.
- [0046] 먼저, 상기 유기오염물질을 포함하는 폐수에, 이산화티타늄 및 상기 이산화티타늄에 처리된 2-에틸이미다졸을 포함하는 광촉매를 투입한다(S100).
- [0047] 이 때, 상기 광촉매가 상기 유기오염물질 10 μmol/ℓ에 대하여 0.4 내지 0.6g/ℓ 첨가될 수 있으며, 보다 구체적으로는 0.475 내지 0.525g/ℓ 첨가되는 것이 바람직하다. 상기 광촉매가 상기 범위 미만으로 첨가되는 경우에는 유기오염물질의 분해 능력이 저하될 수 있는 문제점이 있고, 상기 광촉매가 상기 범위를 초과하는 경우, 유기오염물질의 분해 능력이 더욱 상승되는 것은 아니므로 전술한 범위로 한정하도록 한다.
- [0048] 이후, 상기 광촉매가 투입된 폐수에 가시광을 조사한다(S200). 상기 가시광을 조사하는 시간은 3 내지 5시간 동안 수행될 수 있다. 보다 구체적으로는 3.5 내지 4.5시간 동안 수행될 수 있다.
- [0049] 이하 본 발명의 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명의 일 실시예 일 뿐 본 발명이 하기한 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0050] **실시예**
- [0051] **실시예 1: 광촉매의 제조**
- [0052] 2-에틸이미다졸 용액 10mℓ (농도 160g/ℓ)에 이산화티타늄(Degussa P25) 0.2g을 첨가한 후, 80rpm의 속도로 1시간 동안 교반하여, 상기 이산화티타늄 입자에 2-에틸이미다졸을 담지시켰다. 이후, 2-에틸이미다졸이 담지된 이산화티타늄 입자를 50℃의 온도에서 5시간 동안 건조시킨 후, 350℃에서 3.5시간 동안 소결하여, 이산화티타늄의 내부와 외부에 2-에틸이미다졸의 질소 원자가 도핑된 광촉매를 제조하였다.
- [0053] **비교예 1**
- [0054] 상용화된 이산화티타늄(Degussa P25)을 광촉매로 사용하였다.
- [0055] **비교예 2**
- [0056] 2-에틸이미다졸 용액 10 mℓ (농도 160 g/ℓ)에 상기 비교예 1의 상용화된 이산화티타늄(Degussa P25) 0.2g을 첨가한 것(2-ethylimidazole/P25)을 광촉매로 사용하였다. 이후, 건조 및 소결 과정은 수행하지 않았다.
- [0057] **실험예**

[0058] **실험예 1: 질소 도핑 유무 확인 실험**

[0059] 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1을 XPS(광전자분광법)으로 분석하여 이산화티타늄에 질소가 도핑된 것을 확인하였다.

표 1

	C (%)	N (%)	O (%)	Ti (%)
비교예 1 (Degussa P25)	30.63	-	48.81	20.08
실시예 1 (2-ethylimidazole-TiO ₂)	56.76	2.69	30.91	9.62

[0061] 상기 표 1은 실시예 1과 비교예 1을 XPS(광전자분광법)으로 분석한 결과이다. 표 1에 나타난 바와 같이, 비교예 1은 질소가 포함되지 않은 것을 알 수 있다. 보다 구체적으로, 도 1의 (a)에 나타난 바와 같이, 실시예1의 경우에서만 질소 원소에 해당하는 피크를 확인할 수 있다. 또한, 도 1의 (b) 및 (c)에 나타난 바와 같이, 이산화티타늄에 질소 원소가 도핑된 실시예 1의 경우에서 Ti-N 결합을 확인할 수 있다.

[0062] **실험예 2: 4-클로로페놀의 제거 실험**

[0063] 0.01mM의 4-클로로페놀이 용해된 물 50 mL를 준비한 후, 실시예 1, 비교예 1에 따른 광촉매를 각각 0.025 g, 비교예 2에 따른 광촉매를 0.025 g 투입하였다.

[0064] 가시광 광원은 4W 세기의 FL(Fluorescent light) 램프를 평행으로 좌우 각각 3개씩 설치하여 이용하였고, 가시광 조사 조건을 위해 400nm 파장의 컷오프 필터(cutoff filter)를 장착하여, 400nm 이상의 파장을 가진 빛을 광 반응에 활용하였다. 후면에는 광 조사에 따른 온도 상승을 배제하기 위해서 냉각팬을 설치하였고, 하단부에 설치된 교반기 위에 석영 반응기를 두어 반응기를 사용하였다.

[0065] 도 2는 실시예 1, 비교예 1, 및 비교예 2에 따른 광촉매의 4-클로로페놀 제거 결과를 나타낸 그래프이다.

[0066] 상기 제거 결과는 조사 시간을 늘려 가면서 4-클로로페놀의 제거율(잔류하는 4-클로로페놀의 양 / 광원 조사 전 4-클로로페놀의 양)을 측정한 결과이다.

[0067] 도 2를 참조하면, 실시예 1에 따른 광촉매를 이용한 4-클로로페놀의 제거 효율이 가시광 영역에서 높게 나타남을 확인할 수 있다. 반면, 비교예 1 및 비교예 2에 따른 광촉매는 가시광 영역에서 4-클로로페놀을 거의 분해하지 못하는 것을 알 수 있다.

[0068] **실험예 3: 다양한 유기오염물질의 제거 실험**

[0069] 실험예 2에서 4-클로로페놀 외에 유기오염물질을 벤조산, 페놀, 아세트아미노펜, 카르바마제핀으로 다양하게 변경하고, 실시예 1에 따른 광촉매를 사용한 것을 제외하고는, 실험예 1과 동일하게 유기오염물질의 제거 실험을 수행하였다.

[0070] 도 3은 실시예 1에 따른 광촉매의 다양한 유기오염물질 제거 결과를 나타낸 그래프이다.

[0071] 상기 제거 결과는 조사 시간을 늘려 가면서 유기오염물질의 제거율(잔류하는 오염물질의 양 / 광원 조사 전 오염물질의 양)을 측정한 결과이다.

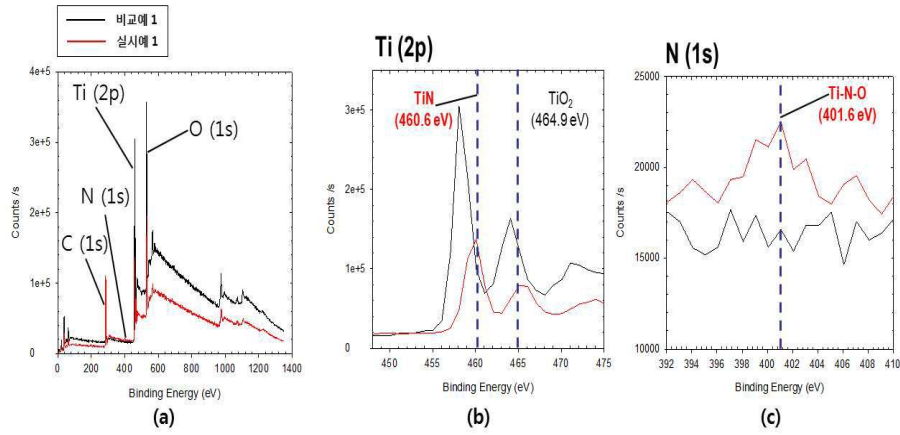
[0072] 도 3을 참조하면, 실시예 1에 따른 광촉매는 가시광 영역에서 페놀 및 4-클로로페놀과 같은 페놀류와, 아세트아미노펜을 특히 효과적으로 분해, 제거할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0073] 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

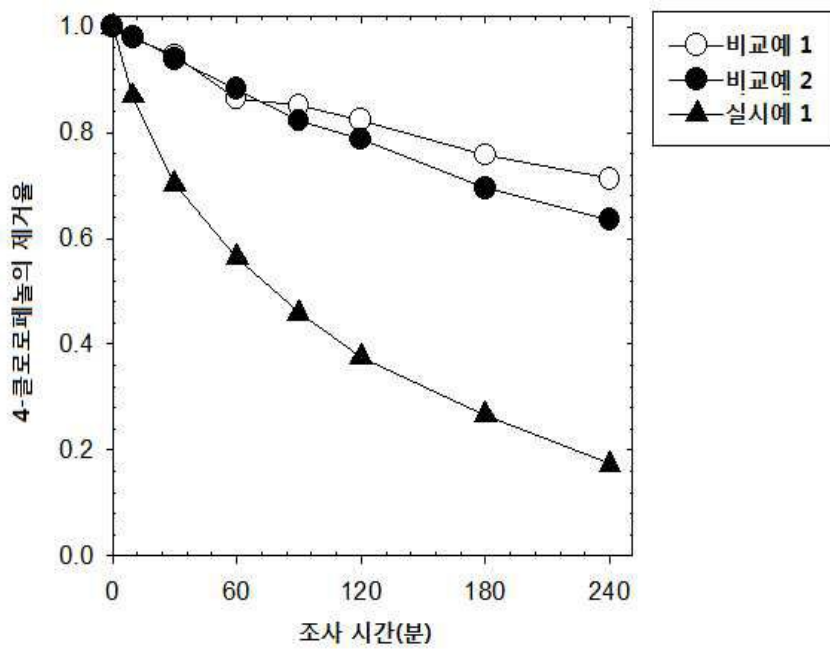
구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

도면1



도면2



도면3

