(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0056205
(43) 공개일자 2020년05월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 35/00 (2006.01) *B01J 21/06* (2006.01)
B01J 35/02 (2006.01) *E06B 9/52* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 35/004 (2013.01)
B01J 21/063 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0140229
(22) 출원일자 2018년11월14일
심사청구일자 2018년11월14일

(71) 출원인
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교 산학협력관 201호(신당동)
(72) 발명자
배재영
대구광역시 달서구 와룡로 169 102동 602호 (감삼동, 월드마크웨스트엔드)
이종탁
대구광역시 북구 구암로 17, 216동 605호 (관음동, 한양수정아파트)
공현철
대구광역시 달서구 장기로 242, 115동 102호 (감삼동, 우방드림시티)
(74) 대리인
김일환

전체 청구항 수 : 총 16 항

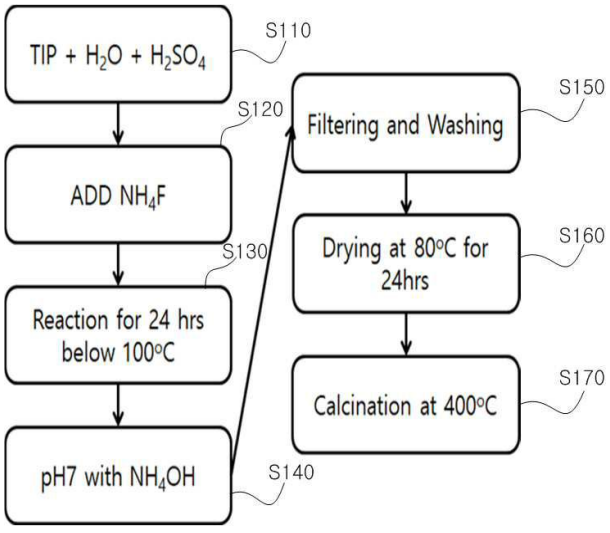
(54) 발명의 명칭 **TiO2 나노 입자를 통한 광촉매 제조방법 및 이를 이용한 방충망 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은, (a) 전구체인 TIP를 이용하여 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액을 형성하는 단계; (b) 상기 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 플루오린(F)을 도핑하는 단계; 및 (c) 상기 도핑된 혼합물을 세척 및 결정화하여 TiO_2 나노 물질을 형성하는 단계;를 포함하는 가시광 응답성 나노 광촉매 제조방법 및 이에 의해 제조된 광촉매를 제공한다.

게다가, 이러한 광촉매 제조방법을 이용한 방충망 제조방법 및 이에 의해 제조된 방충망을 제공한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
B01J 35/023 (2013.01)
E06B 2009/524 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 전구체인 TIP를 이용하여 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액을 형성하는 단계;

(b) 상기 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 플루오린(F)을 도핑하는 단계; 및

(c) 상기 도핑된 혼합물을 세척 및 결정화하여 TiO_2 나노 물질을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 가시광 응답성 나노 광촉매 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 TIP를 증류수에 적하시키고, H_2SO_4을 함께 첨가하고, 균일한 용액을 형성하기 위해 소정시간 동안 교반하는 것을 특징으로 하는 가시광 응답성 나노 광촉매 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 TiO_2 용액에서 TIP : H_2SO_4의 몰비는 1.5~3%인 것을 특징으로 하는 가시광 응답성 나노 광촉매 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는, 상기 (a) 단계에서 형성된 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 불화암모늄(NH_4F)을 첨가하고 소정 온도에서 소정시간 동안 교반하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 가시광 응답성 나노 광촉매 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 불화암모늄(NH_4F) : TIP의 몰비는 5~10%인 것을 특징으로 하는 가시광 응답성 나노 광촉매 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 세척 및 결정화하는 단계는,

상기 도핑된 혼합물을 암모니아수(NH_4OH)로 ph 7의 중성으로 맞춘 뒤, 생성되는 침전물을 수득하여 세척하고, 결정성을 향상시키기 위해 관형 전기로를 이용하여 80℃에서 24시간 동안 건조시키고, 400℃ 소성하여 상기 TiO_2 나노 물질을 형성하는 것을 특징으로 하는 가시광 응답성 나노 광촉매 제조방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 하나의 방법에 의해 제조된 것을 특징으로 하는 가시광 응답성 나노 광촉매.

청구항 8

(a) 전구체인 TIP를 이용하여 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액을 형성하는 단계;

(b) 상기 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 플루오린(F)을 도핑하는 단계;

(c) 상기 도핑된 혼합물을 세척 및 결정화하여 TiO_2 나노 물질을 형성하는 단계; 및

(d) 상기 TiO_2 나노 물질과 규산나트륨을 혼합하고 IPA 용매에 희석하여 형성된 전체 용액에 방충망 베이스를 딥코팅하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 광촉매를 이용한 방충망 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 (d) 단계에서,

상기 TiO_2 나노 물질과 바인더로서 규산나트륨의 질량비는 5:5로 설정하는 것을 특징으로 하는 광촉매를 이용한 방충망 제조방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 (d) 단계에서,

상기 전체 IPA 용액에서 상기 규산나트륨 혼합된 TiO_2 나노 물질의 고형분은 10~20 중량% 범위인 것을 특징으로 하는 광촉매를 이용한 방충망 제조방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 TIP를 증류수에 적하시키고, H_2SO_4을 함께 첨가하고, 균일한 용액을 형성하기 위해 소정시간 동안 교반하는 것을 특징으로 하는 광촉매를 이용한 방충망 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 TiO_2 용액에서 TIP : H_2SO_4의 몰비는 1.5~3%인 것을 특징으로 하는 광촉매를 이용한 방충망 제조방법.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 (b) 단계는, 상기 (a) 단계에서 형성된 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 불화암모늄(NH_4F)을 첨가하고 소정 온도에서 소정시간 동안 교반하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광촉매를 이용한 방충망 제조방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 불화암모늄(NH_4F) : TIP의 몰비는 5~10%인 것을 특징으로 하는 광촉매를 이용한 방충망 제조방법.

청구항 15

제8항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 세척 및 결정화하는 단계는,

상기 도핑된 혼합물을 암모니아수(NH_4OH)로 ph 7의 중성으로 맞춘 뒤, 생성되는 침전물을 수득하여 세척하고,

결정성을 향상시키기 위해 관형 전기로를 이용하여 80℃에서 24시간 동안 건조시키고, 400℃ 소성하여 상기 TiO_2 나노 물질을 형성하는 것을 특징으로 하는 광촉매를 이용한 방충망 제조방법.

청구항 16

제8항 내지 제15항 중 어느 하나의 방법에 의해 제조된 것을 특징으로 하는 방충망.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 TiO_2의 광촉매 특성을 방충망에 도입하여 미세먼지 등의 유해군을 광분해하여 쾌적한 실내환경을 조성할 수 있는 광촉매 제조방법 및 이를 이용한 방충망 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 광촉매는 빛에너지에 의한 강력한 산화 환원 능력을 갖는 물질인데, 뛰어난 광활성, 화학적 또는 생물학적 안정성, 내구성으로 다양한 이점이 있는 이산화티탄(TiO_2)이 주로 사용되고 있다.

[0003] 특히, 반도체 특성을 지니는 TiO_2의 경우 광촉매 효과를 통해 유기물 분해가 가능한 특성이 있다.

[0004] 도 1은 TiO_2 물질의 광촉매 원리를 나타낸 개략도이며, 유기물 분해에 관련된 특성은 도 1을 참조하여 설명한다.

[0005] 도 1을 참조하면, TiO_2에 빛이 조사되면 TiO_2 나노 물질의 원자가대에서 전자가 들뜨게 되어 전도대로 이동하게 된다. 이때 이동한 전자는 TiO_2의 표면으로 이동하게 되고, 이동한 전자는 O_2 라디칼 또는 OH 라디칼을 형성하게 되며, 형성된 라디칼은 주위의 유기물을 분해하게 된다.

[0006] 이러한 TiO_2가 자외선에만 응답할 수 있으므로 태양광 하에서 광효율이 낮다는 단점이 있으므로, 태양광의 약 50% 정도를 차지하고 있는 가시광선 영역의 광에너지를 활용하기 위해서는 뛰어난 광효율을 갖는 새로운 가시광 응답성 광촉매 개발이 요구되고 있고, 전술한 유기물 분해 특성을 다양한 용도에서 활용하고자 하는 시도가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-1274087(2013년 6월 5일 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 전술한 바와 같은 요구를 반영한 것으로, 가시광에 대한 흡수 효율과 광촉매 특성이 매우 우수한 광촉매를 용이하게 제조할 수 있을 뿐만 아니라, 우수한 광촉매 특성을 이용한 방충망을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 이를 위해, 본 발명에 따른 가시광 응답성 나노 광촉매 제조방법은, (a) 전구체인 TIP를 이용하여 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액을 형성하는 단계; (b) 상기 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 플루오린(F)을 도핑하는 단계; 및 (c) 상기 도핑된 혼합물을 세척 및 결정화하여 TiO_2 나노 물질을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0010] 게다가, 본 발명에 따른 광촉매를 이용한 방충망 제조방법은, (a) 전구체인 TIP를 이용하여 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액을 형성하는 단계; (b) 상기 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 플루오린(F)을 도핑하는 단계; (c)

상기 도핑된 혼합물을 세척 및 결정화하여 TiO_2 나노 물질을 형성하는 단계; 및 (d) 상기 TiO_2 나노 물질과 규산나트륨을 혼합하고 IPA 용매에 희석하여 형성된 전체 용액에 방충망 베이스를 딥코팅하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0011] 이때, 상기 (a) 단계는, 상기 TIP를 증류수에 적하시키고, H_2SO_4을 함께 첨가하고, 균일한 용액을 형성하기 위해 소정시간 동안 교반하는 것을 특징으로 한다. 이때, 상기 TiO_2 용액에서 TIP : H_2SO_4의 몰비는 1.5~3%인 것이 바람직하다.

[0012] 또한, 상기 (b) 단계는, 상기 (a) 단계에서 형성된 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 불화암모늄(NH_4F)을 첨가하고 소정 온도에서 소정시간 동안 교반하는 단계를 포함할 수 있다. 이때, 상기 불화암모늄(NH_4F) : TIP의 몰비는 5~10%인 것이 바람직하다.

[0013] 또한, 상기 (c) 단계에서 세척 및 결정화하는 단계는, 상기 도핑된 혼합물을 암모니아수(NH_4OH)로 ph 7의 중성으로 맞춘 뒤, 생성되는 침전물을 수득하여 세척하고, 결정성을 향상시키기 위해 관형 전기로를 이용하여 80℃에서 24시간 동안 건조시키고, 400℃ 소성하여 상기 TiO_2 나노 물질을 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 (d) 단계에서, 상기 TiO_2 나노 물질과 바인더로서 규산나트륨의 질량비는 5:5로 설정하는 것이 바람직하다.

[0015] 또한, 상기 (d) 단계에서, 상기 전체 IPA 용액에서 상기 규산나트륨 혼합된 TiO_2 나노 물질의 고형분은 10~20 중량% 범위인 것이 바람직하다.

[0016] 따라서, 이러한 광촉매 제조방법을 통해 가시광영역에서 라디칼 활성을 보이는 TiO_2 나노입자 광촉매를 제조할 수 있을 뿐만 아니라 이를 이용한 방충망을 제조할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따른 광촉매 제조방법 및 이에 의해 제조된 TiO_2 광촉매는 가시광영역에서 라디칼 활성을 띄게 되어 가시광에 대한 흡수 효율과 광촉매 특성이 매우 우수한 장점이 있다.

[0019] 또한, 이러한 광촉매 특성을 이용한 방충망을 제조할 수 있어, 공기 산화에 의한 변색 및 나노 물질의 세포 침착에 의한 부작용이 없는 향균성이 있어, 어린이 등 다양한 이용자 등에게 쾌적한 환경을 제공할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 일반적인 TiO_2 물질의 광촉매 원리를 나타낸 개략도,

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가시광영역에서 라디칼 활성을 보이는 TiO_2 나노입자 광촉매 합성과정을 나타낸 모식도,

도 3은 도 2에서 합성된 TiO_2 나노입자에서 N 또는 F co-doping된 TiO_2의 밴드갭 에너지 레벨을 나타낸 도면,

도 4는 도 2에서 합성된 TiO_2 나노입자 광촉매를 이용한 방충망 제조 과정을 나타낸 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하에서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0024] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가시광영역에서 라디칼 활성을 보이는 TiO_2 나노입자 광촉매 합성과정을 나타낸 모식도이고, 도 3은 도 2에서 합성된 TiO_2 나노입자에서 N 또는 F co-doping된 TiO_2의 밴드갭 에너지

레벨을 나타낸 도면이고, 도 4는 도 2에서 합성된 TiO_2 나노입자 광촉매를 이용한 방충망 제조 과정을 나타낸 개략도이다.

[0025] 도 2 내지 도 4에서 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가시광영역에서 라디칼 활성을 보이는 TiO_2 나노입자 광촉매 제조방법은, (a) TIP 이용하여 아나타제(anatase) 구조를 갖는 TiO_2 용액을 형성하는 단계; (b) 상기 아나타제 구조를 갖는 TiO_2 용액에 플루오린(F)을 도핑하는 단계; 및 (c) 상기 도핑된 혼합물을 세척 및 결정화하여 TiO_2 나노 분말을 형성하는 단계;를 포함한다.

[0026] 또한, (d) 상기 TiO_2 나노 분말을 이용하여 방충망을 제조하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0027] 즉, 본 발명은 TiO_2 전구체로 TIP(Titanium IsoPropoxide)를 사용하고, 질소 또는 플루오린 도핑물질로는 불화암모늄(ammonium fluoride, NH_4F)를 사용하여, N/F-codoped TiO_2 나노입자의 제조공정이다. 이어, 이렇게 제조된 N/F-codoped TiO_2 나노입자를 이용하여 방충망을 제조하는 공정이다.

[0029] 이하에서, 본 발명에서는, 도 2 및 도3을 참조하여, 가시광영역에서 라디칼 활성을 보이는 TiO_2 나노입자 광촉매 합성과정을 설명한다.

[0031] **제1공정: 아나타제 구조의 결정 형태를 갖는 TiO_2 용액 제조공정**

[0032] (a) TiO_2 전구체로는 TIP(Titanium IsoPropoxide)를 사용하며, 최초에 황산(H_2SO_4)을 같이 넣어 반응시킨다. 즉, 전구체인 TIP를 증류수(H_2O)에 천천히 적하시키고, 황산을 함께 첨가하여 반응시킨다(S110). 이때, 균일한 용액을 만들기 위해 자석 젓개를 이용하여 1~2시간 동안 교반시키는 작업을 수행한다. 이를 통해, 황산의 설페이트 이온(SO_4^{2-})으로 인해 TiO_2의 구조가 아나타제(anatase) 형태로 바뀌게 된다.

[0033] 표 1은 TiO_2 결정 구조 및 특성을 나타낸 것이다.

[0034] 아래 표 1에서와 같이, 일반적으로 TiO_2는 크게 3가지 결정형태, 즉, 아나타제(anatase), 루틸(rutile), 브루카이트(brookite) 구조를 가지는 것으로 알려져 있다.

표 1

[0035]

결정 구조	아나타제	루틸	브루카이트
결정계(System)	정방정계 (Tetragonal)	정방정계 (Tetragonal)	능면체 (Rhombohedral)
밴드갭(eV)	3.2	3.0	3.4
형태 (Morphology)	구 형태 (Spherical)	막대 형태 (Needle or rod)	구 형태
굴절률 (Refractive index)	2.569	2.947	2.809

[0037] 이중 아나타제 형태가 광촉매 활성이 우수한 것으로 평가되고 있으며, 이처럼 아나타제형 나노 결정구조 형성을 위한 황산을 첨가한다.

[0038] 따라서, 본 발명에서는 아나타제 형태를 제조하기 위해 TIP 수용액에 황산(H_2SO_4)을 일정량 첨가한 후, 0.5 ~1시간 동안 상온에서 교반한다. 이때, 황산의 경우 전구체인 TIP의 몰수 대비 약 1.5~3% 정도를 첨가하며, 2~2.5%가 보다 바람직하다. 이때, 첨가되는 양이 1.5%보다 적을 경우에는 루틸(rutile) 구조가 섞여서 나올 확률이 높으며, 3%보다 많을 경우에는 설페이트 이온이 이물로 작용하여 결정 형성에 방해가 될 수 있다.

[0040] **제2공정: 질소(N) 또는 플루오린(F) 도핑공정(S200)**

[0041] 전술한 표1에서 살펴본 바와 같이, 루틸 구조의 경우에는 밴드갭 에너지가 작아 전자가 들뜨기 쉽지만, 긴 막대 형태의 구조로 인해 비표면적이 낮은 단점이 있으며, 아나타네 구조의 경우 구형태의 구조로 인해 비표면적은 비교적 높지만, 밴드갭 에너지가 3.2eV로 루틸 구조에 비해 0.2eV가 높은 것이 단점이다.

[0042] 이에, 가시광 영역에서의 광촉매 특성을 극대화하기 위해서는, 도 3에 도시된 바와 같이, TiO_2 일부를 이종원소로 도핑하는 것이 좋다. 즉, N 혹은 F을 도핑하게 되면 TiO_2 원자가대에 새로운 원자가대가 형성되면서 전체적인 밴드갭을 낮추는 효과가 발생되게 한다. 이러한 원리에 따라 TiO_2의 밴드갭 에너지가 낮아지게 되면 가시광 영역에서 전자가 들뜨게 되어 흐린날 또는 형광 불빛에서도 라디칼 전자를 생성할 수 있게 되어 그 효율을 극대화할 수 있게 한다.

[0043] 따라서, 본 발명은, 상기 아나타제형 결정구조를 갖는 TiO_2 용액에 플루오린(F)을 도핑한다. 즉, 제2공정에서는 가시광 활성을 목적으로 플루오린(F)을 도핑시키기 위해서 상기 제1공정까지 완료된 TiO_2 용액에 불화암모늄(NH_4F)을 첨가한 후(S120), 100℃ 이하에서 24시간 동안 반응시킨다(S130).

[0044] 이때, 첨가되는 NH_4F의 경우 전구체인 TIP 몰수 대비 약 5~10% 정도이며, 바람직하게는 6~7%가 가장 바람직한 범위이다. 즉, 5%보다 적게 첨가되면 플루오린 도핑의 효과가 낮아 가시광 활성이 잘 나타나지 않으며, 10%보다 많게 첨가되면 이물로 작용하여 결정형성에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서, NH_4F/TIP의 몰비는 0.05~0.1이 되도록 하고 교반이 완료되면, 온도 조절이 가능한 반응기를 이용하여 100℃ 이하에서 ~24시간 동안 환류시켜 N/F-codoped TiO_2 침전물을 제조한다.

[0046] **제3공정: 세척 및 결정화 공정**

[0047] 이어, 도핑된 혼합물을 결정화하여 나노 분말을 형성하는데, 제3공정은 상기 F-codoped TiO_2 혼합물 용액을 수열 합성으로 24시간 동안 반응시키고 암모니아수(NH_4OH)로 PH 7의 중성으로 맞춘 뒤(S140), 생성되는 침전물을 수득하여 세척하고(S150), 건조(S160) 및 400℃ 소성과정(S170)을 통해 하얀색 파우더(분말) 형태로 수득할 수 있다. 가령, 상기 제3공정에서 얻어진 침전물을 감압여과기를 사용하여 용매를 제거하고, 잔존하는 불순물을 제거하기 위해 증류수로 여러 번 세척한 후, 진공 오븐에서 하루 동안 보관하여 수분을 제거한다. 또한, 세척 과정에서 미량으로 남아 있을 수 있는 유기물을 완전히 제거하고, 결정성을 향상시키기 위해 관형 전기로를 이용하여 80℃에서 24시간 동안 건조시키고(S160), 400℃ 소성하여 하얀색 TiO_2 나노분말을 제조한다.

[0049] **제4공정: 방충망 제조 공정**

[0050] 이와 같이, 제1 내지 제3 공정을 통해, 아나타제 구조를 띄는 TiO_2에 F를 도핑하여 가시광 활성을 띠게 하는 TiO_2 나노 물질을 합성하고(S210), 합성된 TiO_2 나노 물질과 규산나트륨(Sodium Silicate) 계열의 바인더를 사용하여 방충망에 코팅된다. 즉, 혼합되는 플루오린 도핑된 합성된 TiO_2 나노 물질과 바인더로서 규산나트륨의 질량비는 5:5로 설정하는 것이 바람직하며, 이어 바인더와 혼합된 TiO_2 나노 물질을 이소프로필알코올(IPA) 용매에 희석하여 사용한다. 이때, 전체 IPA 용액에서 바인더 결합된 F-codoped TiO_2 나노 물질의 고형분은 10 ~20 wt% 범위가 바람직하다(S220).

[0051] 이어, 완성된 전체 용액에 방충망 베이스(base)를 딥코팅(dipping)하여 코팅 후 오븐에서 100℃ 범위에서 15분 동안 건조하여 광촉매 활성을 띄는 방충망을 제조할 수 있다(S230).

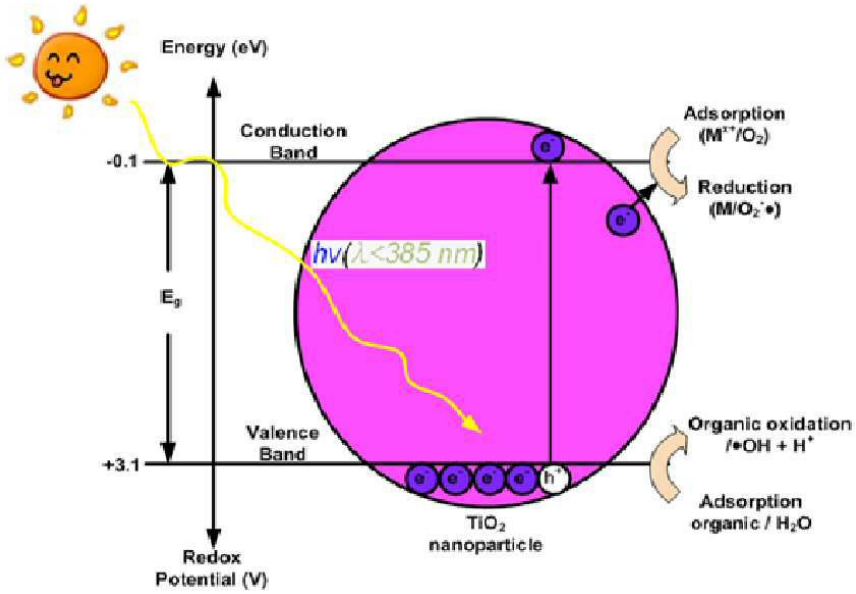
[0052] 또한, 제4공정을 통해 광촉매 활성을 띄는 방충망 제작한 후 일정 시간이 지나 성능이 저하되거나 혹은 이미 설치된 방충망 베이스에서도 본 발명에서와 같이, 광촉매 효과를 구현하고자 할 때, TiO_2 용액을 스프레이(spray) 형태로 뿌려 코팅 후 열풍 건조할 수 있다.

[0053] 즉, S220 단계에서, 바인더와 혼합된 TiO_2 나노 물질을 이소프로필알코올(IPA) 용매에 희석하여 사용하는데, 이때, 전체 용액에서 고형분 10~20 wt%로 제작한 뒤 스프레이 형태로 방충망 베이스에 앞뒤로 뿌린 뒤 자연건조 혹은 열풍건조를 통해 TiO_2 용액을 방충망에 코팅하게 되면 방충망에 광촉매 효과를 구현하는 장점이 있다.할 수 있을 것으로 판단된다.

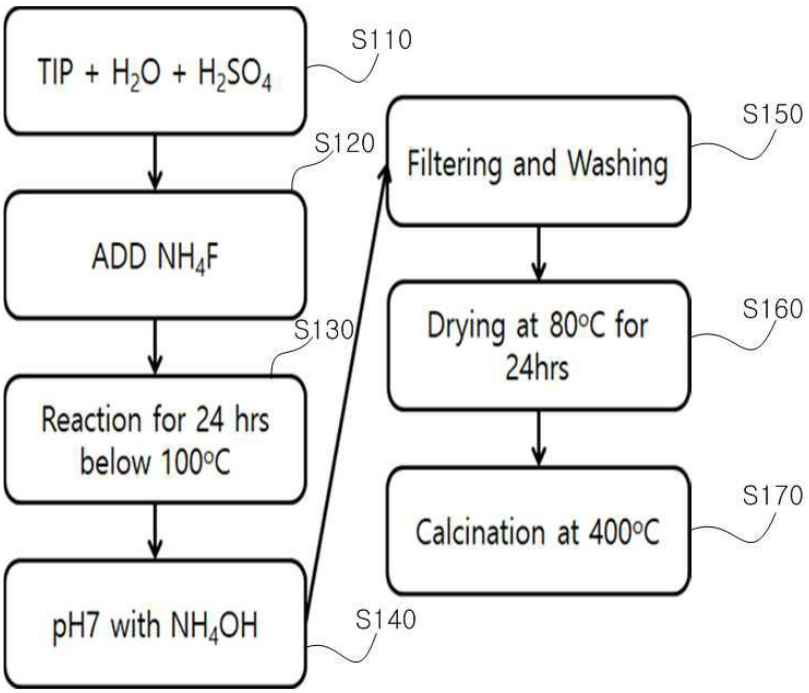
[0055] 이상의 설명에서 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

도면

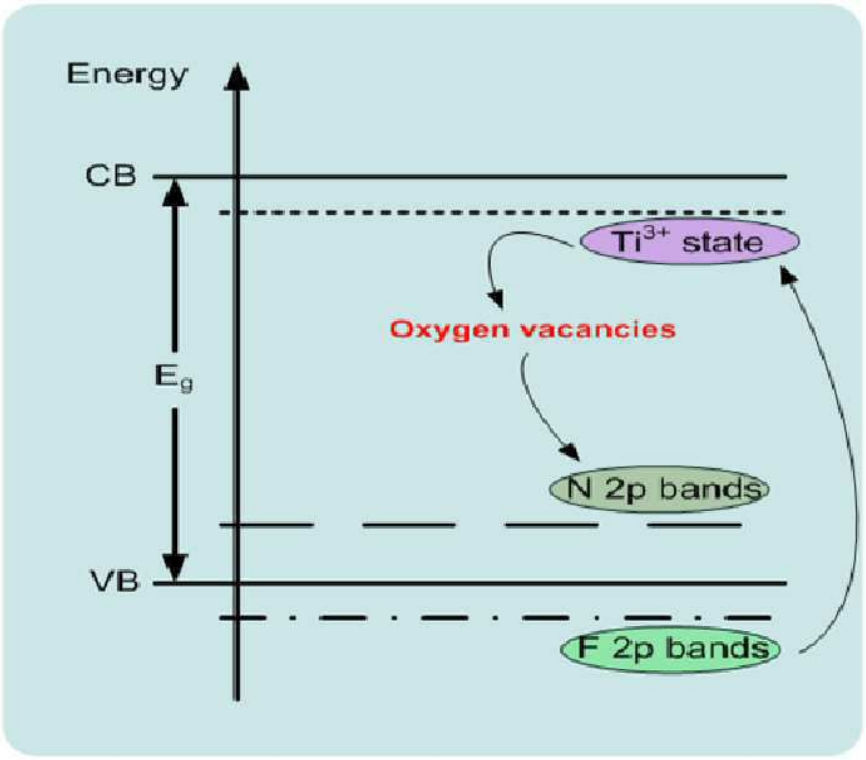
도면1



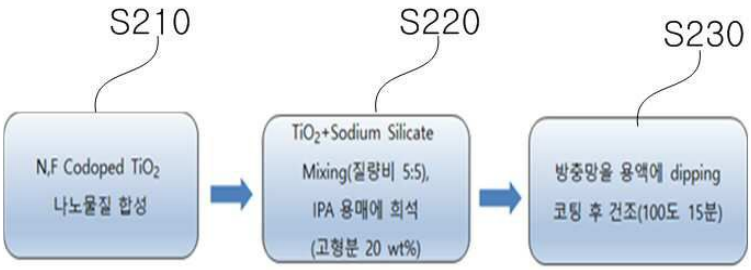
도면2


TIP + H_2O + H_2SO_4
S110
ADD NH_4F
S120
Reaction for 24 hrs below 100°C
S130
pH7 with NH_4OH
S140
Filtering and Washing
S150
Drying at 80°C for 24hrs
S160
Calcination at 400°C
S170

도면3


Energy
CB
Ti^{3+} state
Oxygen vacancies
E_g
N 2p bands
VB
F 2p bands

도면4


S210
S220
S230
N,F Codoped TiO2
나노물질 합성
TiO2+Sodium Silicate
Mixing(질량비 5:5),
IPA 용매에 희석
(고형분 20 wt%)
방충망을 용액에 dipping
코팅 후 건조(100도 15분)