



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0104525
(43) 공개일자 2014년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 31/02 (2006.01) C01G 23/047 (2006.01)
B82B 1/00 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0016899
(22) 출원일자 2013년02월18일
심사청구일자 2013년02월18일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
김형일
대전 유성구 어은로 57, 132동 1304호 (어은동, 한빛아파트)
정고운
서울 관악구 신림로58가길 61-5, 201호 (신림동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인세원

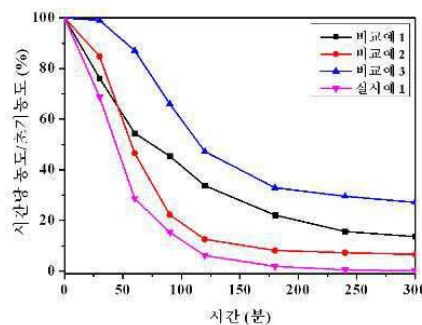
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체 및 그의 제조방법, 그를 포함하는 유·무기 나노복합체 및 그의 제조방법

(57) 요약

고분자 물질 내에 분산되는 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하여 이루어지며, 여기에서 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체는 탄소재료로서 그래핀과 탄소나노튜브가 혼합된 그래핀·탄소나노튜브 혼합물 및 상기 그래핀·탄소나노튜브 혼합물의 표면에 고정되는 이산화티타늄을 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체가 기술된다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

문영이

경기 군포시 곡란로 26, 1404동 905호 (산본동, 매
화2차아파트)

한지호

충청남도 아산시 염치읍 방현3리 406

강명량

경북 포항시 남구 연일읍 유강길 28, 102동 1109호
(유강청구아파트)

황가영

경북 경산시 남매로6길 20, 101동 1708호 (상방동,
태성아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

탄소재료로서 그래핀과 탄소나노튜브가 혼합된 그래핀·탄소나노튜브 혼합물 및 상기 그래핀·탄소나노튜브 혼합물의 표면에 고정되는 이산화티타늄을 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율이 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내인 것을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브가 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것임을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체.

청구항 4

(1) 그래핀옥사이드와 표면개질-탄소나노튜브를 용매 중에 분산시키는 1차분산단계;

(2) 상기 1차분산단계에서 수득되는 제1분산액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하고, 분산시키는 2차분산단계; 및

(3) 상기 2차분산단계에서 수득되는 제2분산액을 150 내지 250℃, 상압하에서 열처리하여 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 수득하는 열처리단계;

를 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 제조방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율이 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내인 것을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 제조방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 표면개질-탄소나노튜브를 구성하는 상기 탄소나노튜브가 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것임을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 제조방법.

청구항 7

고분자 물질 내에 분산되는 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하여 이루어지며, 여기에서 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체는 탄소재료로서 그래핀과 탄소나노튜브가 혼합된 그래핀·탄소나노튜브 혼합물 및 상기 그래핀·탄소나노튜브 혼합물의 표면에 고정되는 이산화티타늄을 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율이 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내임을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브가 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것임을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 고분자 물질 : 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 혼합비가 상기 고분자 물질 100중량부를 기준으로 하여 중량비로 1 내지 20중량부의 범위 이내인 것임을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 고분자 물질이 폴리비닐알코올인 것임을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체.

청구항 12

(1) 그래핀옥사이드와 표면개질-탄소나노튜브를 용매 중에 분산시키는 1차분산단계;

(2) 상기 1차분산단계에서 수득되는 제1분산액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하고, 분산시키는 2차분산단계;

(3) 상기 2차분산단계에서 수득되는 제2분산액을 고온에서 150 내지 250℃, 상압하에서 열처리하여 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 수득하는 열처리단계; 및

(4) 상기 열처리단계에서 수득되는 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 고분자 물질 중에 분산시키는 3차분산단계;

를 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체의 제조방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 3차분산단계 이후에 (5) 상기 고분자 물질을 가교화시키는 가교화단계가 더 수행되는 것을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체의 제조방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율은 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내인 것을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체의 제조방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브가 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것임을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체

를 포함하는 유·무기 나노복합체의 제조방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 고분자 물질 : 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 혼합비가 상기 고분자 물질 100중량부를 기준으로 하여 중량비로 1 내지 20중량부의 범위 이내인 것임을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체의 제조방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 고분자 물질은 폴리비닐알코올인 것을 특징으로 하는 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체 및 그의 제조방법, 그를 포함하는 유·무기 나노복합체 및 그의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 유기오염물 분해를 위한 광분해촉매로서의 이산화티타늄의 광분해효율을 높일 수 있도록 탄소재료를 첨가하고, 고분자 매트릭스를 이용하여 이를 고정하여 회수율을 높일 수 있도록 하는 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체 및 그의 제조방법, 그를 포함하는 유·무기 나노복합체 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 수질정화(water purification)는 오염된 물에서 바람직하지 않은 화학물질, 부유물 및 가스를 제거하여 인간이 물을 안심하고 사용할 수 있도록 처리하는 것을 의미한다. 수질 정화를 위한 방법으로 여과, 멤브레인 필터, 염소소독, 침전법 등이 있는데, 그 중에서도 현재 가장 주목받고 있는 빛을 이용하여 유기물을 분해하는 광촉매의 원리를 이용한 방법이 있다.

[0003] 최근에 오염물질의 제거를 위해 각광받고 있는 방법인 광촉매는 밴드갭 이상의 빛에너지를 이용하여 발생하는 전자, 정공의 광전기 화학반응에 의해 오염물을 제거할 수 있는 방법이다. 이러한 광촉매 물질 중 가장 많이 이용되는 이산화티타늄(titanium dioxide ; TiO_2)은 반도체 금속산화물로서 가격이 저렴하고, 광촉매로서의 내구성, 내마모성이 우수하며, 인체에 무해하다는 특성이 있다. 특히, 빛에너지를 흡수하면 강력한 살균효과를 나타내는 하이드록시 라디칼($OH\cdot$)과 슈퍼옥사이드(O_2^-)가 생성되고, 이 하이드록시 라디칼과 슈퍼옥사이드는 여러 가지 유기오염물질을 산화·분해하여 이산화탄소와 물을 생성하기 때문에 다양한 오염물 분해에 이용하고 있다.

[0004] 그러나 이산화티타늄의 경우, 빛을 받아 생성된 전자/정공 쌍이 빠른 속도로 재결합하여 하이드록시 라디칼과 슈퍼옥사이드의 생성을 저해하여 광분해 효율을 감소시키는 단점이 존재한다.

[0005] 이러한 단점을 해결하기 위해서 전자를 쉽게 잘 이동시킬 수 있는 탄소재료를 이용하여 복합체를 제작한다. 탄소재료는 물리적·화학적 안정성이 높고 우수한 전도성, 기계적 특성을 나타내고 넓은 비표면적을 가지고 있어 이산화티타늄-탄소물질 복합체의 우수한 특성을 합쳐 효과를 극대화하기 위해 현재 많은 연구가 진행되고 있다.

[0006] 대한민국 특허 제1141749호(가시광 응답형 그래핀 산화물-이산화티탄 복합 나노구조체 및 그 제조방법 ; 특허문헌 1)에는, 유연성 및 신축성이 우수하며 비표면적 뿐만 아니라 가시광에서 반응함으로써 유기물 자체 정화 기능이 뛰어난 가시광 응답형 그래핀 산화물-이산화티탄 복합 나노구조체 및 그 제조 방법에 대하여 개시하며, 상기 가시광 응답형 그래핀 산화물-이산화티탄 복합 나노구조체 제조 방법은 (a) 그래핀 산화물 및 이산화티탄을 각각 마련하는 단계; (b) 상기 그래핀 산화물 및 이산화티탄을 용매에 혼합하여 용액을 제조하되, 상기 그래핀 산화물 및 이산화티탄이 분산되도록 초음파를 인가하는 단계; 및 (c) 상기 분산된 용액을 건조하여 그래핀 산화물-이산화티탄 복합 나노구조의 침전물을 수득하는 단계;를 포함한다.

- [0007] 또한 수질정화에 이용하기 위해서는 나노복합체를 고정할 수 있는 고정체가 요구되는데 이를 충족하기 위해서 금속, 유리, 세라믹, 고분자 등이 많이 이용되고 있다. 특히 고분자 매트릭스의 경우, 뛰어난 성형성을 가지고 내구성이 뛰어나며 가격이 저렴하다는 장점이 있어 많이 이용되고 있다.
- [0008] 한편, 미합중국 공개특허 제2008/0242785 A1호(TiO_2 -코팅된 탄소나노튜브, TiO_2 -코팅된 탄소나노튜브 강화 고분자 복합체 및 그의 제조방법 ; 특허문헌 2)에는, 이산화티탄이 코팅된 탄소나노튜브 및 이산화티탄이 코팅된 탄소나노튜브로 폴리머를 강화시키는 구성에 대하여 기술하고 있으며, 여기에서는 (a) 단일벽탄소나노튜브 또는 다중벽탄소나노튜브를 액체 매질에 분산시키는 단계; (b) 이산화티탄 전구체를 상기 단계 (a)의 결과의 분산액 내에 용해시키는 단계; 및 (c) 열수조건들 또는 졸-겔 조건들 하에서 상기 이산화티탄 전구체를 반응시켜 탄소나노튜브의 표면 상에 이산화티탄 코팅을 형성시키는 단계;를 포함하는 이산화티탄이 코팅된 탄소나노튜브의 제조방법이 개시되어 있다. 그러나, 이 특허문헌 2는 폴리머 물질의 보강을 위한 탄소나노튜브의 친화성 향상을 위하여 탄소나노튜브에 이산화티탄을 코팅하여 복합체의 기계적 물성(휨강도(flexural strength), 굴곡탄성율(flexural modulus))을 향상시키는 효과만을 제공하며, 탄소재료로서 그래핀에 더해 탄소나노튜브를 더 포함하여 이산화티탄으로부터 생성되는 전자의 전도성을 높이는 기능이 없고, 그에 따라 광분해특성을 향상시키는 기술구성에 대해서는 기술하거나 암시하지 못하고 있다.
- [0009] 따라서 본 발명자들은 광촉매물질인 이산화티타늄에 전도성이 높은 탄소재료를 첨가하여 유기물에 대한 흡착 및 광촉매 효율이 동시에 향상되고, 고분자를 이용하여 이산화티타늄-탄소물질의 고정이 용이한 유/무기 하이브리드 물질을 제조하여 이를 수질정화에 응용하고자 하였다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 대한민국 특허 제1141749호
(특허문헌 0002) 특허문헌 2 : 미합중국 공개특허 제2008/0242785 A1호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명의 목적은 흡착능력이 높으면서도 광분해 효율이 향상된 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 제공하는 것이다.
- [0012] 본 발명의 다른 목적은 상기 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0013] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체를 제공하는 것이다.
- [0014] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 유/무기 나노복합체를 수질정화에 이용하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명에 따른 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체는, 탄소재료로서 그래핀과 탄소나노튜브가 혼합된 그래핀·탄소나노튜브 혼합물 및 상기 그래핀·탄소나노튜브 혼합물의 표면에 고정되는 이산화티타늄을 포함하여 이루어진다.
- [0017] 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율은 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내인 것이 바람직하다.
- [0018] 상기 탄소나노튜브는 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다.

- [0019] 본 발명에 따른 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 제조방법은, (1) 그래핀옥사이드와 표면개질-탄소나노튜브를 용매 중에 분산시키는 1차분산단계; (2) 상기 1차분산단계에서 수득되는 제1분산액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하고, 분산시키는 2차분산단계; 및 (3) 상기 2차분산단계에서 수득되는 제2분산액을 150 내지 250℃, 상압하에서 열처리하여 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 수득하는 열처리단계;를 포함하여 이루어진다.
- [0020] 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율은 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내인 것이 바람직하다.
- [0021] 상기 표면개질-탄소나노튜브를 구성하는 상기 탄소나노튜브는 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다.
- [0022] 본 발명에 따른 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체는, 고분자 물질 내에 분산되는 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하여 이루어지며, 여기에서 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체는 탄소재료로서 그래핀과 탄소나노튜브가 혼합된 그래핀·탄소나노튜브 혼합물 및 상기 그래핀·탄소나노튜브 혼합물의 표면에 고정되는 이산화티타늄을 포함하여 이루어진다.
- [0023] 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율은 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내인 것이 바람직하다.
- [0024] 상기 탄소나노튜브는 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다.
- [0025] 상기 고분자 물질 : 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 혼합비는 상기 고분자 물질 100중량부를 기준으로 하여 중량비로 1 내지 20중량부의 범위 이내인 것이 바람직하다.
- [0026] 상기 고분자 물질은 폴리비닐알코올, 폴리에틸렌옥사이드, 폴리에틸렌글라이콜, 폴리프로필렌글라이콜 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다.
- [0027] 본 발명에 따른 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체의 제조방법은, (1) 그래핀옥사이드와 표면개질-탄소나노튜브를 용매 중에 분산시키는 1차분산단계; (2) 상기 1차분산단계에서 수득되는 제1분산액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하고, 분산시키는 2차분산단계; (3) 상기 2차분산단계에서 수득되는 제2분산액을 150 내지 250℃, 상압하에서 열처리하여 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 수득하는 열처리단계; 및 (4) 상기 열처리단계에서 수득되는 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 고분자 물질 중에 분산시키는 3차분산단계;를 포함하여 이루어진다.
- [0028] 상기 3차분산단계 이후에 (5) 상기 고분자 물질을 가교화시키는 가교화단계가 더 수행되는 것이 바람직하다.
- [0029] 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율은 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내인 것이 바람직하다.
- [0030] 상기 탄소나노튜브는 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다.
- [0031] 상기 고분자 물질 : 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 혼합비는 상기 고분자 물질 100중량부를 기준으로 하여 중량비로 1 내지 20중량부의 범위 이내인 것이 바람직하다.
- [0032] 상기 고분자 물질은 폴리비닐알코올, 폴리비닐클로라이드, 폴리에틸렌글라이콜, 폴리프로필렌글라이콜 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0033] 본 발명의 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체 및 그를 포함하는 유·무기 나노복합체는 탄소재료로서 그래핀과 탄소나노튜브를 함께 포함하고 있어 높은 전도성과 유기 오염물의 향상된 흡착능력에 의해 유기오염물에 대한 광분해효율이 우수하다.
- [0034] 또한, 본 발명의 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체 및 그를 포함하는 유·무기 나노복합체는 자외선 광(Ultraviolet light) 하에서의 광분해효율이 높다.
- [0035] 또한, 본 발명의 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체는 광

촉매인 이산화티타늄의 회수가 용이하다.

도면의 간단한 설명

- [0036] 도 1은 본 발명의 실시예(실시예 1)에 따른 유·무기 나노복합체(a) 및 비교예(비교예 2)로서의 유·무기 나노복합체(b)의 표면에 대한 주사전자현미경 사진이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예(실시예 1)에 따른 유·무기 나노복합체(a) 및 비교예(비교예 2)로서의 유·무기 나노복합체(b)의 작용기를 푸리에변환 적외선 분광분석기(FT-IR ; Fourier Transform InfraRed spectroscopy)로 분석한 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2, 비교예 3을 통해 제조된 유/무기 나노복합체의 유기오염원 흡착정도를 측정한 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2, 비교예 3을 통해 제조된 유·무기 나노복합체의 광분해 효율을 측정하기 위한 자외선 광 하에서의 분해율을 측정한 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 본 발명의 유·무기 나노복합체는 유기물인 고분자 물질에 유기오염물 분해를 위한 무기물질인 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 균일하게 분산시킨 것을 의미한다. 본 발명에서의 유·무기 나노복합체의 제조는 서로 다른 종류의 재료들을 이용하여 새로운 특성을 부여할 수 있도록 하는 특징을 갖는다.
- [0038] 상기 유·무기 나노복합체는 유기재료와 무기재료를 조합시킨 복합재료로써 각 재료가 가지고 있는 우수한 특성을 동시에 공유토록 함으로써 개별물질이 가진 한계를 극복할 수 있다. 또한 개별소재가 가진 고유의 특성을 겸비하는 것 외에 각각의 소재와는 전혀 다른 새로운 고기능성 재료가 될 것으로 기대되어 현재 많은 연구가 진행 중이다.
- [0039] 즉, 본 발명에 따른 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체는, 고분자 물질 내에 분산되는 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하여 이루어지며, 여기에서 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체는 탄소재료로서 그래핀과 탄소나노튜브가 혼합된 그래핀·탄소나노튜브 혼합물 및 상기 그래핀·탄소나노튜브 혼합물의 표면에 고정되는 이산화티타늄을 포함하여 이루어짐을 특징으로 한다.
- [0040] 상기 유·무기 나노복합체를 구성하는 상기 고분자 물질은 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체가 그 안에 분산되어 이들 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 고정시키는 역할을 하는 것으로서, 통상의 고분자 물질, 특히 바람직하게는 적절한 기계적 강도와 점도를 가져 특히 무기물질인 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 잘 분산시킬 수 있는 것이라면 어느 것이나 사용이 가능하며, 폴리비닐알코올, 폴리에틸렌옥사이드, 폴리에틸렌글라이콜, 폴리프로필렌글라이콜 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다. 가장 바람직하게는 폴리비닐알코올이다. 상기 폴리비닐알코올은 우수한 생분해성, 생체 적합성, 무독성 그리고 뛰어난 물리적 특성에 의해 여러 분야에서 이목을 끌고 있다. 특히 유·무기 나노복합체 내에서는 우수한 기계적 강도 특성에 의해 무기물질의 고정체 및 지지대 역할을 할 수 있다. 상기 폴리비닐알코올은 바람직하게는 중량평균분자량이 5,000 내지 210,000인 것으로, 더욱 바람직하게는 31,000 내지 50,000인 것을 특징으로 한다. 상기 폴리비닐알코올의 분자량이 5,000 미만인 경우, 작은 분자량으로 인해 기계적 강도가 감소하게 되는 문제점이 있을 수 있고, 반대로 210,000을 초과하는 경우, 점도의 증가에 의해 고분자 매트릭스 내에 무기재료의 분산이 어려워지는 문제점이 있을 수 있다. 특히 상기 폴리비닐알코올의 분자량(중량평균분자량)은 31,000 내지 50,000의 범위 이내의 것을 사용하는 것이 분산을 용이하게 하여 반응성을 향상시키고, 기계적 강도를 높이는데 좋다. 상기 폴리비닐알코올은 적절한 가교제를 이용하여 가교된 것일 수 있다. 폴리비닐알코올을 가교할 목적으로 사용하는 가교제로서는 예를 들어, 글루타르알데하이드(Glutaraldehyde), 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(ethylene glycol dimethacrylate), N,N,N',N'-테트라메틸에틸렌디아민(N,N,N',N'-tetramethyl ethylene diamine) 및 N,N'-메틸렌-비스-아크릴아미드(N,N'-methylene-bisacrylamide) 및 이들 중 2이상의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 것이 바람직하게 사용될 수 있다.
- [0041] 상기 유·무기 나노복합체를 구성하는 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 구성하는 상기 이산화티타늄은 유기오염원을 분해하기 위한 광촉매 물질로 이용되는 것으로서, 강한 광산화제로 기능하며, 내산성, 내알칼리성이 좋고 화학적으로 안정하고, 저렴하여 광촉매 물질 중 가장 많이 이용되고 있다. 그러나 이산화티타늄은 광촉매

반응을 통해 생성된 전자/정공이 재결합하려는 성질을 가지고 있어 광분해 효율을 감소시킨다는 단점을 가지고 있다. 이런 점을 개선하기 위해 전자의 이동을 용이하게 할 수 있는 전도성이 큰 물질을 이용하는데 본 발명에서는 탄소재료를 이용한다.

- [0042] 상기 유·무기 나노복합체를 구성하는 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 구성하는 상기 탄소재료는 높은 전도성을 가지고 좋은 흡착능력을 가지고 있는 것이면 제한 없이 사용될 수 있다. 바람직하게는 상기 탄소재료는 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브, 그래파이트, 그래핀옥사이드, 그래핀 및 활성탄소로 구성된 군으로부터 선택되는 하나 이상을 사용할 수 있다. 특히, 본 발명에서는 탄소재료로서 그래핀을 사용하는 것에 더하여 탄소나노튜브를 함께 사용하는 것에 특징이 있으며, 상기한 그래핀의 층상구조로 인한 전자의 전도성의 부족을 상기 탄소나노튜브의 첨가에 의하여 해결하여 전자의 전도도를 높이고, 그에 의하여 광촉매기능을 높이고, 광분해효율을 향상시킬 수 있다. 상기 탄소재료 중 그래핀은 뛰어난 전도성과 좋은 흡착능력을 가지고 있어, 이산화티타늄의 정공과 전자의 재결합을 막아 광분해 효율을 향상시킨다. 하지만 그래핀은 재적층(restacking)되어 층 구조를 형성하려는 성질이 있어 그래핀의 효율을 떨어뜨릴 수 있다. 이를 해결하기 위해 그래핀 시트사이에 입자들을 삽입하는 방법을 이용할 수 있는데, 본 발명에서는 상기 그래핀의 문제를 해결하고 전도성을 더 향상시키기 위해 그래핀 시트사이에 또 다른 탄소재료인 탄소나노튜브, 특히 다중벽탄소나노튜브를 삽입하는 방법을 이용한다.
- [0043] 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율은 중량비로 1 : 0.5 내지 1.5 : 5 내지 50의 범위 이내인 것이 바람직하다. 상기 그래핀 1중량부를 기준으로 하여 상기 탄소나노튜브가 0.5중량부 미만으로 사용되는 경우, 그래핀의 재적층현상을 충분히 방지하지 못하여 그래핀의 흡착물과 광분해 효율을 동시에 감소하는 문제점이 있을 수 있고, 반대로 1.5중량부를 초과하는 경우, 탄소 나노튜브 끼리의 뭉침현상에 의한 전자 전도성 저하를 가져오는 문제점이 있을 수 있다.
- [0044] 상기 탄소나노튜브는 단일벽탄소나노튜브, 이중벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다. 특히, 상기 탄소나노튜브로는 다중벽탄소나노튜브를 사용하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0045] 상기 고분자 물질 : 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 혼합비는 상기 고분자 물질 100중량부를 기준으로 하여 중량비로 1 내지 20중량부의 범위 이내인 것이 바람직하다. 상기 고분자 물질 100중량부를 기준으로 하여 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 사용량이 1중량부 미만으로 되는 경우, 흡착능력 및 광분해 효율 향상에 크게 기여하지 못하는 문제점이 있을 수 있고, 반대로 20중량부를 초과하는 경우, 무기재료의 뭉침현상(aggregation)으로 인한 고분자 매트릭스 내의 분산성 저하를 가져오는 문제점이 있을 수 있다.
- [0046] 본 발명에 따른 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체의 유기오염물 분해의 능력 내지는 효율을 시험하기 위한 유기오염원으로 이용될 수 있는 물질에 관하여 이하의 실시예에서는 메틸렌블루(Methylene blue)를 이용하였으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 여러 가지 물질들이 제한 없이 본 발명의 유기오염물로 이용될 수 있다. 유기오염물로서는, 메틸오렌지(methyl orange), 로다민 B(rhodamine B), 쿠마시브릴리언트 블루 R-250(coomassie brilliant blue R-250), 콘고레드(Congo red), 페놀(phenol), 4-클로로 페놀(4-chloro phenol)등이 이용될 수 있다.
- [0047] 본 발명에 따른 유기오염물 분해를 위한 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 포함하는 유·무기 나노복합체의 제조방법은, (1) 그래핀옥사이드와 표면개질-탄소나노튜브를 용매 중에 분산시키는 1차분산단계; (2) 상기 1차분산단계에서 수득되는 제1분산액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하고, 분산시키는 2차분산단계; (3) 상기 2차분산단계에서 수득되는 제2분산액을 150 내지 250℃, 상압하에서 열처리하여 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 수득하는 열처리단계; 및 (4) 상기 열처리단계에서 수득되는 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 고분자 물질 중에 분산시키는 3차분산단계;를 포함하여 이루어진다.
- [0048] 상기 3차분산단계 이후에 (5) 상기 고분자 물질을 가교화시키는 가교화단계가 더 수행되는 것이 바람직하다.
- [0049] 상기 (1)의 1차분산단계는 원료로서의 그래핀옥사이드와 표면개질-탄소나노튜브를 용매 중에 분산시키는 것으로 이루어진다.
- [0050] 상기 (2)의 2차분산단계는 상기 1차분산단계에서 수득되는 제1분산액에 이산화티타늄 전구체를 첨가하고, 분산시키는 것으로 이루어진다.
- [0051] 이후, 상기 (3)의 열처리단계에서 상기 2차분산단계에서 수득되는 제2분산액을 150 내지 250℃, 상압하에서 열

처리하여 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 수득할 수 있다.

- [0052] 상기 (4)의 3차분산단계는 상기 열처리단계에서 수득되는 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 고분자 물질 중에 분산시키는 것으로 이루어진다.
- [0053] 즉, 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 제조하는 방법으로 용액 내에서 각 물질을 넣어 단순히 분산하는 방법이 있지만, 이 방법은 비교적으로 균일 분산이 어려워 실제 이용 시 효율이 감소할 가능성이 있다. 이를 해결하기 위해 본 발명에서는 이산화티타늄의 전구체 용액을 탄소물질 위에 고르게 분산하고 열처리를 이용하여 탄소물질의 표면에서의 산화·환원반응을 이용하여 이산화티타늄을 형성하는 방법을 이용한다.
- [0054] 이산화티타늄을 제조하기 위한 전구체로는 티타늄이소프로폭사이드(Titanium isopropoxide, TTIP), 테트라부틸 티타네이트(Tetrabutyl titanate, TBT), 티타늄테트라키스(Titanium tetrakis, TTK), 테트라키스-디메틸-아미도티타늄(Tetrakis-dimethyl-amido titanium, TDMAT)으로 구성된 군으로부터 선택되는 하나 이상인 것이 바람직하다. 특히 바람직하게는 티타늄이소프로폭사이드이다.
- [0055] 본 발명의 이산화티타늄·탄소재료 복합체에 있어서, 탄소재료와 티타늄이소프로폭사이드의 중량비는 1:60 내지 1:120인 것이 바람직하다. 상기 중량비가 1:60 미만인 경우, 소량의 이산화티타늄의 형성으로 광분해 효율이 현저하게 떨어지는 문제점이 있을 수 있고, 반대로 1:120을 초과하는 경우, 이산화티타늄이 탄소물질 표면을 다 덮어버려 오히려 흡착능력이 감소하는 문제점이 있을 수 있다.
- [0056] 상기 분산단계 이후에 (5) 상기 고분자 물질을 가교화시키는 가교화단계가 더 수행되는 것이 바람직하며, 이러한 가교화단계의 수행에 의하여 본 발명에서의 상기 고분자 물질이 더욱 가교화되어 상기 고분자 물질 내에 분산되어 존재하는 무기물질인 이산화티타늄·탄소재료 복합체가 상기 고분자 물질 내에 안정적으로 존재토록 함으로써 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 회수율을 높일 수 있도록 한다.
- [0057] 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체에서의 그래핀 : 탄소나노튜브 : 이산화티타늄의 비율; 상기 탄소나노튜브의 종류; 상기 고분자 물질 : 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 혼합비; 및 상기 고분자 물질의 종류 등에 대하여는 앞서 설명한 바와 동일 또는 유사한 것으로서, 반복되는 설명은 피하기로 한다.
- [0058] 특히, 본 발명의 유기오염원분해를 위한 유·무기 나노복합체는 다음의 방법에 따라 제조될 수 있다.
- [0059] 먼저, 탄소재료의 표면을 개질시킨다.
- [0060] 각 탄소재료의 표면을 개질하기 위해 그라파이트와 다중벽탄소나노튜브를 이용한다. 그라파이트는 황산(sulfuric acid; 대한민국 소재 삼천순수화학사(samchun pure chemical)의 제품명 S1426), 과망간산 칼륨(Potassium permanganate, KMnO_4 , 미합중국 소재 알드리치사(Aldrich) 제품, 223468, ACS reagent, $\geq 99.0\%$)등을 이용하여 산화시키는 휴머스 방법(hummers method)을 이용하여 표면을 개질시켜 그래핀옥사이드를 형성한다. 또 다른 탄소물질인 다중벽탄소나노튜브는 3-클로로퍼옥시벤조산(3-Chloroperoxybenzoic acid; 미합중국 소재 알드리치사 제품, 273031, 77% max)을 이용하여 산화시키는데 이 때, 용매는 벤젠이 사용될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0061] 다음으로, 탄소재료 위에 이산화티타늄을 고정시킨다.
- [0062] 탄소재료 위에 이산화티타늄을 고르게 분산·형성하기 위해 이산화티타늄 전구체 용액을 사용한다. 본 발명에서는 전구체 용액으로 티타늄이소프로폭사이드를 이용한다. 먼저 그래핀옥사이드와 개질된 다중벽탄소나노튜브를 에탄올 용매에 분산시킨다. 상기 방법을 통해서 형성된 탄소재료가 분산되어 있는 용액에 티타늄이소프로폭사이드를 천천히 투입하고, 초음파를 이용하여 티타늄이소프로폭사이드를 분산시킨다. 이 때 분산시키는 용매는 에탄올이나 물이 될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0063] 상기 방법으로 형성된 탄소재료-티타늄이소프로폭사이드가 분산되어 있는 용액을 150 내지 250℃, 상압하에서 열처리하면 티타늄이소프로폭사이드는 산화되고, 그래핀옥사이드 및 표면개질된 다중벽탄소나노튜브는 환원되어 이산화티타늄·그래핀·다중벽탄소나노튜브 복합체를 형성한다.
- [0064] 상기 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 고분자 물질로서 폴리비닐알코올에 혼합하여 균일하게 분산시킨다.
- [0065] 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 고정체로 이용하기 위해 고분자인 폴리비닐알코올을 이용한다. 상기 폴리비닐알코올 용액 내에 이산화티타늄·탄소재료를 균일하게 분산하기 위해 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 상기 혼합물에 넣고 1시간 정도 섞어서 분산시킨다. 용매는 물 또는 알코올이 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것

은 아니다.

[0066] 상기 폴리비닐알코올·무기재료를 가교시켜 유·무기 나노복합체를 제조한다.

[0067] 폴리비닐알코올의 가교는 가교제의 투입에 의해 진행된다. 가교제의 투입은 투입된 가교제의 분산성 향상을 위해서 이산화티타늄·탄소재료 복합체의 분산 중에 행하는 것이 바람직하다. 상기 가교반응 중 산촉매의 투입으로 인한 촉매반응에 의해 중합반응이 촉진된다. 이러한 중합반응은 가교와 동시에 수행될 수 있다.

[0068] 이하 본 발명을 하기 실시예에 의하여 더욱 상세하게 설명한다. 이들 실시예는 단지 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 예로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0069] 실시예 1

[0070] 유기오염원분해를 위한 유·무기 나노복합체의 제조

[0071] 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 용매 존재 하에서 수열합성법을 이용하여 제조하였다. 그래파이트(graphite powder; 대한민국 소재 삼천순수화학사(samchun pure chemical)의 제품명 G0331)의 산화를 통해 생성된 그래핀옥사이드와 표면개질된 다중벽탄소나노튜브(Multi-Walled Carbon Nanotube(MWNT), 미합중국 소재 알드리치사(Aldrich) 제품, 659258, >90% carbon basis D × L : 110 내지 170nm × 5 내지 9μm)를 각각 20mg, 10mg을 에탄올 용매 50ml에 분산시켰다. 초음파를 가해 그래핀옥사이드와 표면개질된 다중벽탄소나노튜브를 에탄올 용매 중에 균일하게 분산시키고, 상기 그래핀옥사이드와 표면개질된 다중벽탄소나노튜브가 분산된 분산액에 3ml의 티타늄이소프로폭사이드(Titanium isopropoxide; 미합중국 소재 알드리치사 제품, 205273, 97%)를 적가한 후, 분산시켰다. 수득된, 분산된 용액을 150 내지 250℃, 상압하에서 열처리하여 이산화티타늄·그래핀·다중벽탄소나노튜브 복합체를 수득하였다. 상기 이산화티타늄·탄소재료를 고정하기 위해 유·무기 나노복합체 전구체 용액을 제조하였다. 중량평균분자량이 31,000 내지 50,000인 폴리비닐알코올(polyvinyl alcohol; 미합중국 소재 알드리치사(Aldrich) 제품, 363073, Mw : 31000 ~ 50000, 87-89% hydrolyzed)과 증류수의 중량비가 1:9가 되도록 혼합하여 폴리비닐알코올 수용액을 제조하였다. 상기에서 제조된 폴리비닐알코올 수용액 30ml에 상기 에탄올 용매에 분산시킨 이산화티타늄·탄소재료 복합체를 고분자 100중량부를 기준으로 3중량부를 첨가한 후, 1시간 동안 교반시켰다. 그 후, 가교반응을 위해서 폴리비닐알코올의 가교제인 글루타르알데하이드(glutaraldehyde; 벨기에 소재 아크로스 오가닉스사(Acros organics) 제품, 119980010, 25중량%) 수용액 1.5ml를 첨가하고 혼합하였다. 상기 혼합물로부터 산소를 제거한 후, 산촉매로 이용되는 염산(hydrochloric acid, HCl)을 넣고 교반 후, 유리판 위에 캐스팅을 하여 반응을 완결시켜 유·무기 나노복합체를 제조하였다. 상기 방법으로 제조된 물질의 불순물 및 미반응 물질을 제거하기 위해 찬 증류수에 넣는 방법으로 세척을 실시하였다.

[0072] 비교예 1

[0073] 상기 실시예 1에서 탄소물질을 첨가하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 수행하여 유·무기 나노복합체를 제조하였다.

[0074] 비교예 2

[0075] 상기 실시예 1에서 다중벽탄소나노튜브를 첨가하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 수행하여 유·무기 나노복합체를 제조하였다.

[0076] 비교예 3

[0077] 상기 실시예 1에서 이산화티타늄을 첨가하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 수행하여 유·무기 나노복합체를 제조하였다.

[0078] 실험예

[0079] 1. 표면 모폴로지

[0080] 도 1은 상기 비교예 3(a)과 실시예 1(b)에서 제조된 유·무기 나노복합체의 표면에 대한 주사전자현미경(scanning electron microscope; SEM, 일본국 소재 히타치사(Hitachi) 제품 S-5500) 사진이다. 도 1에서, 본 발명의 실시예 1에서 제조된 유·무기 나노복합체는 이산화티타늄이 탄소물질의 표면에 잘 분산되어 형성되어 있음을 확인할 수 있었다.

[0081] 2. 퓨리에변환 적외선 분광분석기 분석

[0082] 상기 비교예 3(a)와 실시예 1(b)에서 제조된 유·무기 나노복합체를 푸리에변환 적외선 분광분석기를 이용하여 각 물질의 작용기 분석을 실시하였다. 사용된 측정기기는 푸리에변환 적외선 분광분석기(FT-IR Spectrometer, 미합중국 소재 바이오-라드 라보레토리즈사(Bio-Rad Laboratories, Inc.) 제품 FTS-175C)를 이용하였다. 도 2는 상기 측정결과를 도시한 그래프이다. 도 2의 그래프에서 볼 수 있듯이, 비교예 3과 비교하여 실시예 1의 나노복합체에 이산화티타늄과 관련된 피크를 확인할 수 있다. 비교예 3과 비교하여 실시예 1의 나노복합체에 이산화티타늄이 잘 형성되었음을 확인할 수 있었다.

[0083] 3. 흡착정도 관찰

[0084] 도 3은 상기 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2 및 비교예 3의 흡착정도를 측정한 결과를 나타낸 그래프이다. 상기 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2 및 비교예 3의 흡착정도를 비교하기 위해, 암실 중에서 유기오염원의 흡착정도를 측정하였다. 먼저 유기오염원을 준비하기 위해 모델 유기염료로 메틸렌블루(methylene blue; 미합중국 소재 알드리치사 제품 7220-79-3)를 이용하였다. 흡착실험을 하기 위해 메틸렌블루를 증류수에 10ppm이 되도록 용해시켜 유기오염원용액을 준비하였다. 상기 방법을 통해 제조된 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2 및 비교예 3을 2.0 cm × 2.0cm × 0.5cm의 필름형태가 되도록 제작하였다. 상기 방법으로 절단된 시편을 60℃ 오븐에 넣고, 24시간 건조시켜 준비하였다. 상기 방법으로 준비된 메틸렌블루 10ppm 용액에 건조된 시편을 넣고, 암실에서 5시간 방치한 후의 염료의 농도를 측정하였다. 이때 염료의 농도는 분광광도계(대한민국 소재 메카시스사(Mecasys) 제품 Optizen 2120 UV)를 이용하고, 최대 흡수파장을 나타내는 665nm에서 측정하였다.

[0085] 도 3은 상기 측정결과를 도시한 그래프이다. 도 3의 그래프에서 볼 수 있듯이, 비교예 3은 가장 높은 흡착률을 나타내는데 이는 탄소물질의 넓은 비표면적에 의한 현상이라는 것을 확인할 수 있었다. 또한 비교예 2와 실시예 1의 비교적 낮은 흡착 거동은 이산화티타늄이 탄소물질 표면 위에서 성장될 때, 소량의 이산화티타늄이 탄소물질의 기공 내에서 생성되기 때문이라는 것을 확인할 수 있었다.

[0086] 4. 광분해 거동

[0087] 도 4는 상기 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2 및 비교예 3의 광분해 효율을 측정한 결과를 나타낸 그래프이다. 상기 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2 및 비교예 3의 광분해 효율을 비교하기 위해 자외선 광 하에서 유기오염원의 분해정도를 측정하였다. 광분해 거동을 보기 위해 이용된 유기오염원은 상기 흡착정도 측정 시 사용되었던 것과 같은 메틸렌블루 용액을 이용하고, 상기 방법을 통해 제조된 실시예 1, 비교예 1, 비교예 2 및 비교예 3의 시편을 이용하였다. 상기 방법으로 준비된 메틸렌블루 10ppm 용액에 건조된 시편을 넣고 자외선램프(UV lamp)를 이용하여 매 시간마다 분해된 염료의 농도를 측정하였다. 이 때 이용되었던 자외선램프는 수은램프로 방출 파장대가 185 내지 380nm 사이이고, 주로 365nm이었다. 분해된 염료의 농도를 측정하기 위해 이용된 측정기기는 흡착거동을 보기 위해 이용되었던 상기 분광광도계(Optizen 2120 UV)를 이용하였고, 최대 흡수파장을 나타내는 665nm에서 측정하였다. 도 4는 상기 광분해결과를 도시한 그래프이다. 도 4의 그래프에서 볼 수 있듯이, 실시예 1은 가장 높은 광분해효율을 나타내는데, 이는 빛을 받은 이산화티타늄의 광촉매작용과 함께 이산화티타늄에 의해 생성된 전자가 탄소물질에 의해 활발히 전달된 결과라는 것을 확인할 수 있었다.

[0088] 또한 비교예 2와 실시예 1을 비교하면, 실시예 1의 광촉매 효율이 더 높은 것을 확인할 수 있는데, 이는 실시예 1에 첨가된 다중벽탄소나노튜브가 그래핀의 재적층 현상을 효율적으로 막고, 빛을 받은 이산화티타늄에서 생성된 전자의 이동을 활발하게 도와주었기 때문이라는 것을 관찰할 수 있었다.

[0089] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상술하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 본 발명의 기술 사상 범위 내에서 다양한 형태로의 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게는 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정은 첨부된 특허청구범위에 속함은 자명한 것이다.

산업상 이용가능성

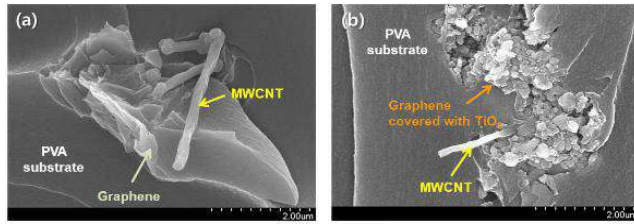
[0090] 본 발명의 유/무기 나노복합체는 유기오염원이 포함되어 있는 수질정화분야에 이용될 수 있다.

부호의 설명

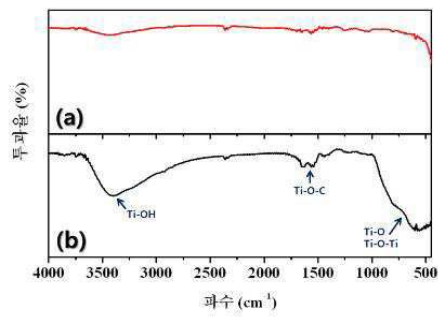
[0091] (도면 부호 없음)

도면

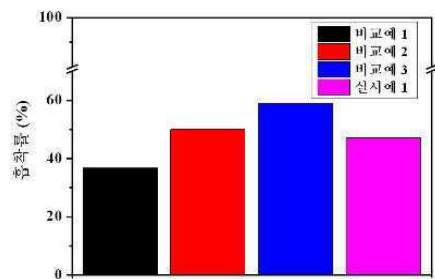
도면1



도면2



도면3



도면4

