(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0096877
(43) 공개일자 2015년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A62D 3/17 (2007.01) *A62D 101/22* (2007.01)
(21) 출원번호 10-2014-0017703
(22) 출원일자 2014년02월17일
심사청구일자 2014년02월17일

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
최명룡
경남 진주시 내동로348번길 10, 109동 206호 (가좌동, 주공그린빌아파트)
정현진
경남 김해시 김해대로2415번길 12-17, (부원동)
(74) 대리인
이원희

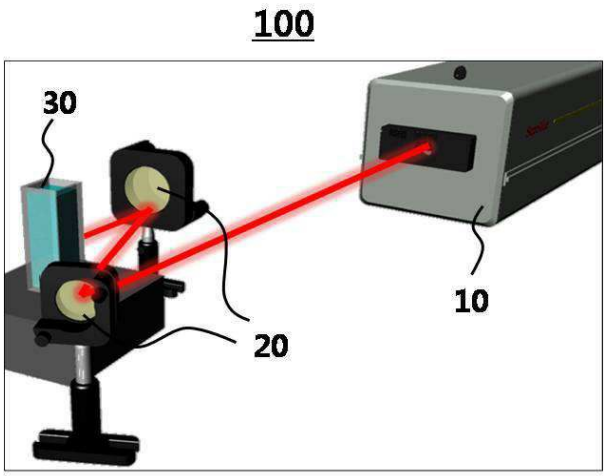
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **펄스 레이저를 이용한 오염물질의 분해방법**

(57) 요 약

본 발명은 펄스 레이저 장치를 준비하는 단계(단계 1); 및 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질에 펄스 레이저를 조사하는 단계(단계 2);를 포함하는 오염물질의 분해방법을 제공한다. 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 오염물질의 분해방법은 잔류성 유기 오염물질을 분해함에 있어 경제적으로 많은 비용이 들고 있는 보편적인 종래 기술의 단점을 보완하여, 고성능·고효율을 가지는 펄스 레이저를 이용하여 단일 공정을 통한 탈 할로겐화 반응으로 잔류성 유기 오염 물질을 저비용·고효율로서 보다 쉽고 빠르게 친환경적인 방법으로 분해할 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2013-0243
부처명 환경부
연구관리전문기관 한국환경산업기술원
연구사업명 토양, 지하수 오염방지기술개발사업
연구과제명 펄스 레이저 어블레이션을 이용하여 난분해성 유독물질 정화를 위한 친환경 나노 촉매 기술 개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국환경산업기술원
연구기간 2013.04.01 ~ 2014.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

펄스 레이저 장치를 준비하는 단계(단계 1); 및

상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질에 펄스 레이저를 조사하는 단계(단계 2);를 포함하는 오염물질의 분해방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 단계 1의 펄스 레이저 장치는 펄스 레이저 조사부 및 파장 조절 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 오염물질의 분해방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파장은 1 내지 286 nm인 것을 특징으로 하는 유기 오염물질의 분해방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 경로는 단일 경로 또는 다중 경로인 것을 특징으로 하는 유기 오염물질의 분해방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 레이저의 경로는 복수 개의 거울을 사용하여 조절하는 것을 특징으로 하는 유기 오염물질의 분해방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파워는 5 내지 20 mJ인 것을 특징으로 하는 오염물질의 분해방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 잔류성 유기 오염물질은 염소 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 오염물질의 분해방법.

청구항 8

파장 조절 장치 및 펄스 레이저 조사부를 포함하는 펄스 레이저 장치;

상기 펄스 레이저 장치에서 발생되는 펄스 레이저의 경로를 조절하기 위한 거울; 및

오염물질을 담을 수 있는 용기;를 포함하는 펄스 레이저를 이용한 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질의 분해장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 펄스 레이저의 파장은 1 내지 286 nm인 것을 특징으로 하는 오염물질의 분해장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 펄스 레이저의 경로는 단일 경로 또는 다중 경로인 것을 특징으로 하는 오염물질의 분해장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 펄스 레이저의 파워는 5 내지 20 mJ인 것을 특징으로 하는 오염물질의 분해장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 잔류성 유기 오염물질은 염소 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 오염물질의 분해장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 펄스 레이저를 이용한 오염물질의 분해방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 현재 전 세계적으로 문제가 되고 있는 잔류성 유기 오염물질(Persistent organic pollutants, POPs)의 한 종류인 염소 화합물은 인체에 유해 할 뿐 아니라, 그 화학적 특성으로 인하여, 환경에 배출된 후에 분해되기 어려운 탓에 심각한 환경오염을 일으키고 있다. 그렇기 때문에 염소 화합물을 분해하는 방법에 관한 관심이 집중이 되고 있다.

[0003] 일반적으로 사용되고 있는 종래 기술의 탈 할로겐화 반응 공정으로는 탄소-수소 고리를 분해하여 할로겐 방향족 오염물질을 처리하는 산화/환원 기술인 BCD(Base catalyzed decomposition) 공정과 할로겐 방향족 물질을 탈 할로겐화 시키기 위해 APEG라는 시약을 이용하는 기술인 APEG(Alkaline polyethylene glycol) 공정이 있다. 이와 같은 공정은 복잡한 과정 및 고가의 비용이 필요로 하기 때문에 경제적이지 못한 문제점을 가지고 있다.

[0004] 이에, 본 발명자들은 오염물질의 분해방법에 대하여 연구하던 중, 오염물질에 고성능·고효율을 가지는 펄스 레이저를 조사하여 탈 할로겐화 반응을 진행시키는 저비용·고효율 오염물질의 분해방법을 개발하고, 본 발명을

완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 펄스 레이저를 이용한 오염물질의 분해방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0007] 펄스 레이저 장치를 준비하는 단계(단계 1); 및

[0008] 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질에 펄스 레이저를 조사하는 단계(단계 2);를 포함하는 오염물질의 분해방법을 제공한다.

[0009] 또한, 본 발명은

[0010] 파장 조절 장치 및 펄스 레이저를 포함하는 펄스 레이저 장치;

[0011] 상기 펄스 레이저 장치에서 발생되는 펄스 레이저의 경로를 조절하기 위한 거울; 및

[0012] 오염물질을 담을 수 있는 용기;를 포함하는 펄스 레이저를 이용한 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질의 분해장치를 제공한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 오염물질의 분해방법은 잔류성 유기 오염물질을 분해함에 있어 경제적으로 많은 비용이 들고 있는 보편적인 종래 기술의 단점을 보완하여, 고성능·고효율을 가지는 펄스 레이저를 이용하여 단일 공정을 통한 탈 할로겐화 반응으로 잔류성 유기 오염 물질을 저비용·고효율로서 보다 쉽고 빠르게 친환경적인 방법으로 분해할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1 및 도 2는 본 발명에 따른 오염물질 분해장치를 나타낸 모식도이고;

도 3은 본 발명에 따른 실시예 1 및 비교예 3 내지 5에서 오염물질이 분해된 효율을 나타낸 그래프이고;

도 4는 본 발명에 따른 실시예 1 내지 3, 비교예 1 및 비교예 2에서 오염물질이 분해된 효율을 나타낸 그래프이고;

도 5는 본 발명에 따른 실시예 1 및 실시예 4 내지 6에서 오염물질이 분해된 효율을 나타낸 그래프이고;

도 6은 본 발명에 따른 실시예 1 및 실시예 7에서 오염물질이 분해된 효율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명은

[0016] 펄스 레이저 장치를 준비하는 단계(단계 1); 및

[0017] 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질에 펄스 레이저를 조사하는 단계(단계 2);를 포함하는 오염물질의 분해방법을 제공한다.

[0018] 이하, 본 발명에 따른 오염물질의 분해방법에 대하여 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0019] 먼저, 본 발명에 따른 오염물질의 분해방법에 있어서, 단계 1은 펄스 레이저 장치를 준비하는 단계이다.

[0020] 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 오염물질의 분해방법은 잔류성 유기 오염물질을 분해함에 있어 경제적으로 많은 비용이 들고 있는 보편적인 종래 기술의 단점을 보완하여, 고성능·고효율을 가지는 펄스 레이저를 이용하여 단일 공정을 통한 탈 할로겐화 반응으로 잔류성 유기 오염 물질을 저비용·고효율로서 보다 쉽고 빠르게 친환경적인 방법으로 분해할 수 있다.

[0021] 이에, 상기 단계 1에서는 펄스 레이저를 조사할 수 있는 펄스 레이저 장치를 준비한다.

[0022] 구체적으로, 상기 단계 1의 펄스 레이저 장치는 펄스 레이저 조사부 및 파장 조절 장치를 포함하는 것이 바람직하다. 빛을 발생시키는 펄스 레이저 조사부 및 펄스 레이저의 파장을 조절할 수 있는 파장 조절 장치를 사용하여 펄스 레이저를 발생시킬 수 있다. 상기 펄스 레이저 조사부는 펄스 형태의 빛을 레이저의 성능에 따라 Q-스위치(Q-switch)과 지연 시간(Delay time)을 조절하여 다양한 파워(Power)의 펄스 레이저를 조사할 수 있다. 또한, 상기 파장 조절 장치는 크리스탈(Crystal)을 사용할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0023] 다음으로, 본 발명에 따른 오염물질의 분해방법에 있어서, 단계 2는 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질에 펄스 레이저를 조사하는 단계이다.

[0024] 잔류성 유기 오염물질은 인체에 유해할 뿐만 아니라, 그 화학적 특성으로 인하여, 환경에 배출된 후에 분해되기 어려운 탓에 심각한 환경오염을 일으키고 있다. 일반적으로 사용되고 있는 종래 기술의 반응 공정으로는 탄소 수소 고리를 분해하여 할로겐 방향족 오염물질을 처리하는 산화/환원 기술인 BCD 공정과 할로겐 방향족 물질을 탈 할로겐화 시키기 위해 APEG라는 시약을 이용하는 기술인 APEG 공정이 있다.

[0025] 그러나, 상기와 같은 공정은 복잡한 과정 및 고가의 비용이 필요한 문제가 있다.

[0026] 이에, 상기 단계 2에서는 펄스 레이저 장치를 사용하여 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질에 펄스 레이저를 조사하여 탈 할로겐화 반응을 수행한다. 이로 인해, 기존의 복잡하고 고비용의 탈 할로겐화 반응 공정보다 경제적이고 효과적으로 오염물질을 분해할 수 있다.

[0027] 구체적으로, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파장은 286 nm 이하인 것이 바람직하며, 1 내지 286 nm인 것이 더욱 바람직하다. 만약, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파장이 286 nm를 초과할 경우에는 탈 할로겐화 반응이 수행되기 어려운 문제가 있다.

[0028] 또한, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 경로는 단일 경로 또는 다중 경로인 것이 바람직하다. 상기 단일 경로는 펄스 레이저가 오염물질을 1 회 투과하여 분해되는 방법이며, 오염물질의 분해를 더욱 효과적으로 수행하기 위해서 펄스 레이저의 경로를 추가하여 다중 경로를 사용하여 오염물질을 분해할 수 있다.

[0029] 이때, 상기 레이저의 경로는 복수 개의 거울을 사용하여 조절할 수 있으며, 이에 따라 다중 경로를 형성할 수 있다. 일례로써, 다중 경로는 2 개의 거울을 거의 수평이 되도록 설치하여 거울 속에서 펄스 레이저가 연속적으로 반사되어 오염물질을 1 회 투과시키는 단일 경로보다 더욱 빠르게 오염물질을 분해할 수 있다. 한 쪽의 거울에 4 회 이상 반사되도록 설치하게 되면, 오염물질을 7 회 이상 투과할 수 있기 때문에 아주 효과적인 분해효율을 나타낼 수 있다.

[0030] 또한, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파워는 5 내지 20 mJ인 것이 바람직하다. 만약, 상기 단계 2에

서 조사되는 펄스 레이저의 파워가 5 mJ 미만일 경우에는 탈 할로겐화 반응 효율이 떨어지거나, 부가 생성물(예를 들어, 헥사클로로벤젠(Hexachlorobenzene, HCB)의 탈 할로겐화 반응 진행시, 부가 생성물로 생성되는 펜타클로로벤젠(Pentachlorobenzen, PCB), 테트라클로로벤젠(Tetrachlorobenzen, TeCB), 트리클로로벤젠(Trichlorobenzen, TCB), 디클로로벤젠(Dichlorobenzen, DCB) 등)이 늘어나는 문제가 있으며, 20 mJ을 초과하는 경우에도 탈 할로겐화 반응 효율이 떨어지거나, 부가 생성물이 늘어나는 문제가 있다.

[0031] 나아가, 상기 단계 2의 잔류성 유기 오염물질은 염소 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 헥사클로로벤젠(HCB) 등을 포함할 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명은

[0033] 파장 조절 장치 및 펄스 레이저를 포함하는 펄스 레이저 장치;

[0034] 상기 펄스 레이저 장치에서 발생되는 펄스 레이저의 경로를 조절하기 위한 거울; 및

[0035] 오염물질을 담을 수 있는 용기;를 포함하는 펄스 레이저를 이용한 잔류성 유기 오염물질을 포함하는 오염물질의 분해장치를 제공한다.

[0036] 이때, 본 발명에 따른 오염물질의 분해장치의 일례로서 도 1 및 도 2에 오염물질의 분해장치를 모식도로 나타내었으며,

[0037] 이하, 본 발명에 따른 오염물질의 분해장치에 대하여 상세히 설명한다.

[0038] 본 발명에 따른 오염물질의 분해장치는 펄스 레이저의 파장을 조절하기 위한 파장 조절 장치(미도시) 및 펄스 레이저를 발생시키는 펄스 레이저 조사부(미도시)를 포함하는 펄스 레이저 장치(10); 상기 펄스 레이저 장치에서 발생되는 펄스 레이저의 경로를 조절하기 위한 거울(20); 및 오염물질을 담을 수 있는 용기(30);을 포함한다.

[0039] 펄스 레이저 장치(10)에 포함된 펄스 레이저 조사부는 펄스 형태의 빛을 레이저의 성능에 따라 Q-스위치(Q-switch) 및 지연 시간(delay time)을 조절하여 다양한 파워(Power)로 조사할 수 있는 기능을 가진다. 또한, 파장 조절 장치는 펄스 레이저와 연결되어 구성되며, 펄스 레이저의 파장을 1 내지 1064 nm 등으로 조절할 수 있는 기능을 가진다.

[0040] 이와 같이 본 발명에서 가장 중요한 펄스 레이저 장치는 파장 또는 파워 등의 조건을 아주 쉽고 간단하게 변경할 수 있다는 장점을 가진다.

[0041] 또한, 펄스 레이저가 조사되는 부분에 설치가 되는 거울(20)은 펄스 레이저의 방향을 조절할 수 있는 기능을 하여 펄스 레이저의 방향을 손쉽게 조절할 수 있기 때문에 자유롭게 원하는 위치에서 사용할 수 있다.

[0042] 나아가, 용기(30)는 오염물질이 보관되고 분해되는 공간으로써, 용기의 재질은 오염물질이나, 용매와 반응을 하지 않아야 하고, 레이저가 투과되어 오염물질을 분해할 수 있어야 한다.

[0043] 본 발명에 따른 오염물질의 분해장치에 있어서, 상기 펄스 레이저의 파장은 286 nm 이하인 것이 바람직하며, 1 내지 286 nm인 것이 더욱 바람직하다. 만약, 상기 펄스 레이저의 파장이 286 nm를 초과할 경우에는 탈 할로겐화 반응이 수행되기 어려운 문제가 있다.

[0044] 또한, 상기 펄스 레이저의 경로는 단일 경로 또는 다중 경로인 것이 바람직하다. 상기 단일 경로는 펄스 레이저가 오염물질을 1 회 투과하여 분해되는 방법이며, 오염물질의 분해를 더욱 효과적으로 수행하기 위해서 펄스 레이저의 경로를 추가하여 다중 경로를 사용하여 오염물질을 분해할 수 있다.

[0045] 이때, 상기 레이저의 경로는 복수 개의 거울(20)을 사용하여 조절할 수 있으며, 이에 따라 다중 경로를 형성할 수 있다. 일례로써, 다중 경로는 2 개의 거울을 거의 수평이 되도록 설치하여 거울 속에서 펄스 레이저가 연속적으로 반사되어 오염물질을 1 회 투과시키는 단일 경로보다 더욱 빠르게 오염물질을 분해할 수 있다. 한 쪽의 거울에 4 회 이상 반사되도록 설치하게 되면, 오염물질을 7 회 이상 투과할 수 있기 때문에 아주 효과적인 분해 효율을 나타낼 수 있다.

[0046] 또한, 상기 펄스 레이저의 파워는 5 내지 20 mJ인 것이 바람직하다. 만약, 상기 펄스 레이저의 파워가 5 mJ 미만일 경우에는 탈 할로겐화 반응 효율이 떨어지거나, 부가 생성물(헥사클로로벤젠(HCB)의 탈 할로겐화 반응 진행시, 부가 생성물로 생성되는 펜타클로로벤젠(Pentachlorobenzen, PCB), 테트라클로로벤젠(Tetrachlorobenzen, TeCB), 트리클로로벤젠(Trichlorobenzen, TCB), 디클로로벤젠(Dichlorobenzen, DCB) 등)이 늘어나는 문제가 있으며, 20 mJ을 초과하는 경우에도 탈 할로겐화 반응 효율이 떨어지거나, 부가 생성물이 늘어나는 문제가 있다.

[0047] 나아가, 상기 잔류성 유기 오염물질은 염소 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 헥사클로로벤젠(Hexachlorobenzene) 등을 포함할 수 있다.

[0048] 이하, 본 발명을 하기 실시예 및 실험예에 의하여 상세히 설명한다.

[0049] 단, 하기 실시예 및 실험예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 발명의 범위가 실시예 및 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0050] <실시예 1> 잔류성 유기 오염물질의 분해 1

[0051] 단계 1: 파장 조절 장치 및 펄스 레이저 조사부를 포함하는 펄스 레이저 장치, 거울 및 용기를 준비하고, 도 1과 같이 구성하였다.

[0052] 단계 2: 상기 단계 1에서 준비된 용기에 잔류성 유기 오염물질인 헥사클로로벤젠(HCB)을 유기 용매인 메탄올(Methanol)에 10^{-4} M의 농도로 녹인 오염물질 4 mL를 담았다.

[0053] 그 후, 상기 오염물질이 담긴 용기에 266 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0054] <실시예 2> 잔류성 유기 오염물질의 분해 2

[0055] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 280 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0056] <실시예 3> 잔류성 유기 오염물질의 분해 3

[0057] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 286 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를

단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0058] <실시예 4> 잔류성 유기 오염물질의 분해 4

[0059] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 266 nm의 파장 및 5 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0060] <실시예 5> 잔류성 유기 오염물질의 분해 5

[0061] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 266 nm의 파장 및 15 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0062] <실시예 6> 잔류성 유기 오염물질의 분해 6

[0063] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 266 nm의 파장 및 20 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0064] <실시예 7> 잔류성 유기 오염물질의 분해 7

[0065] 상기 실시예 1의 단계 1에서 펄스 레이저 장치, 거울 및 용기를 준비하고, 도 2와 같이 구성한 후, 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 266 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 다중 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0066] <실시예 8> 잔류성 유기 오염물질의 분해 8

[0067] 상기 실시예 1의 단계 2에서 잔류성 유기 오염물질로 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene, TeCE)을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0068] <실시예 9> 잔류성 유기 오염물질의 분해 9

[0069] 상기 실시예 1의 단계 2에서 잔류성 유기 오염물질로 테트라클로로에틸렌(Tetrachloroethylene, PCE)을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0070] <비교예 1>

[0071] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 292 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0072] <비교예 2>

[0073] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 301 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔

류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0074] <비교예 3>

[0075] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 355 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0076] <비교예 4>

[0077] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 532 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0078] <비교예 5>

[0079] 상기 실시예 1의 단계 2에서 오염물질이 담긴 용기에 1064 nm의 파장 및 10 mJ의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 잔류성 유기 오염물질을 분해한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 잔류성 유기 오염물질을 분해하였다.

[0080] <실험예 1> 펄스 레이저 파장에 따른 오염물질 분해 효율 분석

[0081] 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 오염물질 분해의 펄스 레이저 파장에 따른 오염물질 분해 효율을 살펴보기 위하여, 상기 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 5에서 오염물질이 분해된 효율을 분석하였으며, 그 결과를 도 3 및 도 4에 나타내었다.

[0082] 도 3에 나타낸 바와 같이, 펄스 레이저 355 내지 1064 nm의 파장에서 수행된 비교예 3 내지 5의 오염물질 분해의 경우에는 탈 염소화 효율이 미미하여, 거의 탈 염소화가 이루어지지 않은 것을 확인할 수 있었다.

[0083] 반면, 펄스 레이저 266 nm의 파장에서 수행된 실시예 1의 오염물질 분해의 경우에는 15 분 만에 85 % 이상의 탈 염소화가 이루어져 시간 대비 뛰어난 효율을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

[0084] 또한, 도 4에 나타낸 바와 같이, 펄스 레이저 292 nm 및 301 nm의 파장에서 수행된 비교예 1 및 비교예 2의 오염물질 분해의 경우에는 탈 염소화 효율이 미미하여, 거의 탈 염소화가 이루어지지 않았다.

[0085] 그러나, 펄스 레이저 286 nm의 파장에서 수행된 실시예 3의 오염물질 분해의 경우에는 시간에 따라 탈 염소화 효율이 증가하였으며, 60 분 후에는 20 % 이상의 효율을 보여줌으로써 탈 염소화 반응이 수행되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 펄스 레이저 280 nm의 파장에서 수행된 실시예 2의 오염물질 분해의 경우에는 우수한 분해 효율을 확인할 수 있었다.

[0086] 이에 따라, 펄스 레이저 286 nm 이하의 파장에서 탈 염소화 반응이 수행되는 것을 확인할 수 있었으며, 286 nm 보다 더 단 파장일 경우, 탈 염소화 반응이 아주 효과적으로 진행되는 것을 확인할 수 있었다.

[0087] <실험예 2> 펄스 레이저 파워에 따른 오염물질 분해 효율 분석

[0088] 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 오염물질 분해의 펄스 레이저 파워에 따른 오염물질 분해 효율을 살펴보기 위하여, 상기 실시예 1 및 실시예 4 내지 6에서 오염물질이 분해된 효율을 분석하였으며, 그 결과를 도 5에 나타내었다.

[0089] 도 5에 나타낸 바와 같이, 펄스 레이저 5 mJ의 파워에서 수행된 실시예 4의 오염물질 분해의 경우에는 30 분 만에 95 % 이상의 탈 염소화가 진행되는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 헥사클로로벤젠(HCB)의 탈 할로겐화 반응 진행 시, 생성되는 부가 생성물인 펜타클로로벤젠(Pentachlorobenzene, PCB), 테트라클로로벤젠(Tetrachlorobenzene, TeCB), 트리클로로벤젠(Trichlorobenzene, TCB), 디클로로벤젠(Dichlorobenzene, DCB) 등이 40 % 이상 생성되는 것을 알 수 있다.

[0090] 또한, 펄스 레이저 20 mJ의 파워에서 수행된 실시예 6의 오염물질 분해의 경우에는 45 분 만에 95 % 이상의 탈 염소화를 보이며, 부가 생성물 또한 40 % 이상 생성되는 것을 알 수 있다.

[0091] 나아가, 펄스 레이저 10 mJ 및 15 mJ의 파워에서 수행된 실시예 1 및 실시예 5의 오염물질 분해의 경우에는 15 분 만에 95 % 이상의 탈 염소화가 진행될 뿐만 아니라, 부가 생성물 또한 20 % 이하로 생성되는 것을 확인할 수 있었다.

[0092] <실험예 3> 펄스 레이저 경로에 따른 오염물질 분해 효율 분석

[0093] 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 오염물질 분해의 펄스 레이저 경로에 따른 오염물질 분해 효율을 살펴보기 위하여, 상기 실시예 1 및 실시예 7에서 오염물질이 분해된 효율을 분석하였으며, 그 결과를 도 6에 나타내었다.

[0094] 도 6에 나타낸 바와 같이, 단일 경로에서 수행된 실시예 1의 오염물질 분해보다, 다중 경로에서 수행된 실시예 6의 오염물질 분해의 반응 효율이 2 배 이상 좋은 것을 알 수 있다.

[0095] 그리고 헥사클로로벤젠(HCB)의 탈 할로겐화 반응 진행 시, 생성되는 부가 생성물인 펜타클로로벤젠(Pentachlorobenzene, PCB), 테트라클로로벤젠(Tetrachlorobenzene, TeCB), 트리클로로벤젠(Trichlorobenzene, TCB), 디클로로벤젠(Dichlorobenzene, DCB) 등이 적게 생성되는 것을 확인할 수 있다.

부호의 설명

[0096] 100 : 오염물질 분해장치

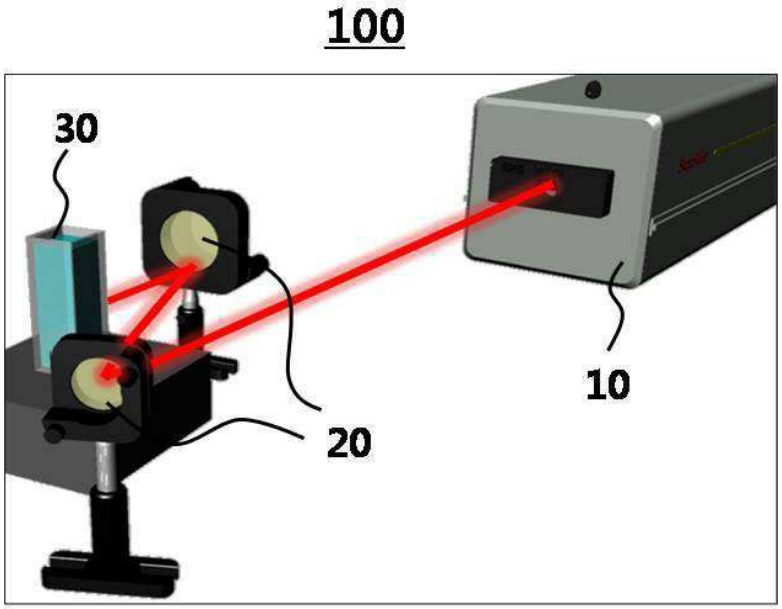
10 : 펄스 레이저 장치

20 : 거울

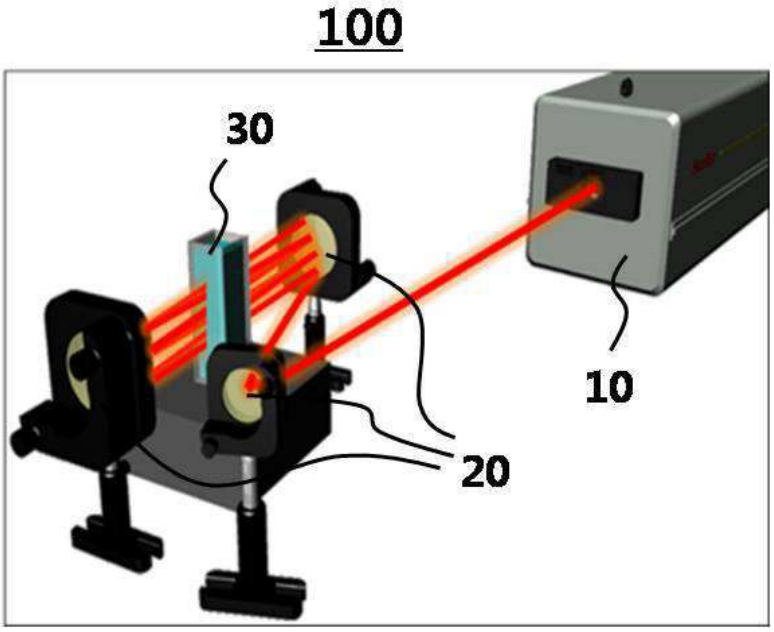
30 : 용기

도면

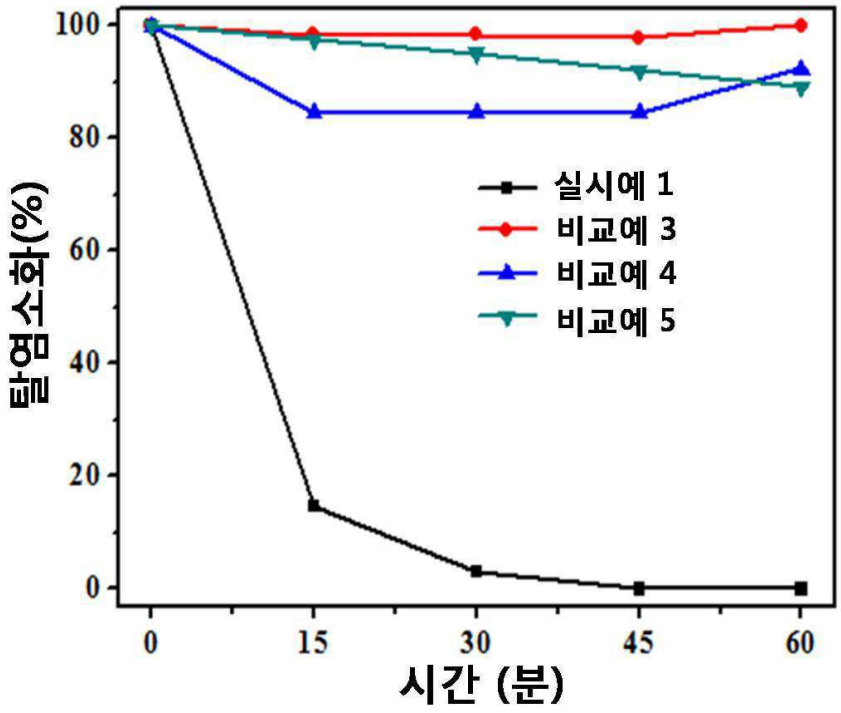
도면1



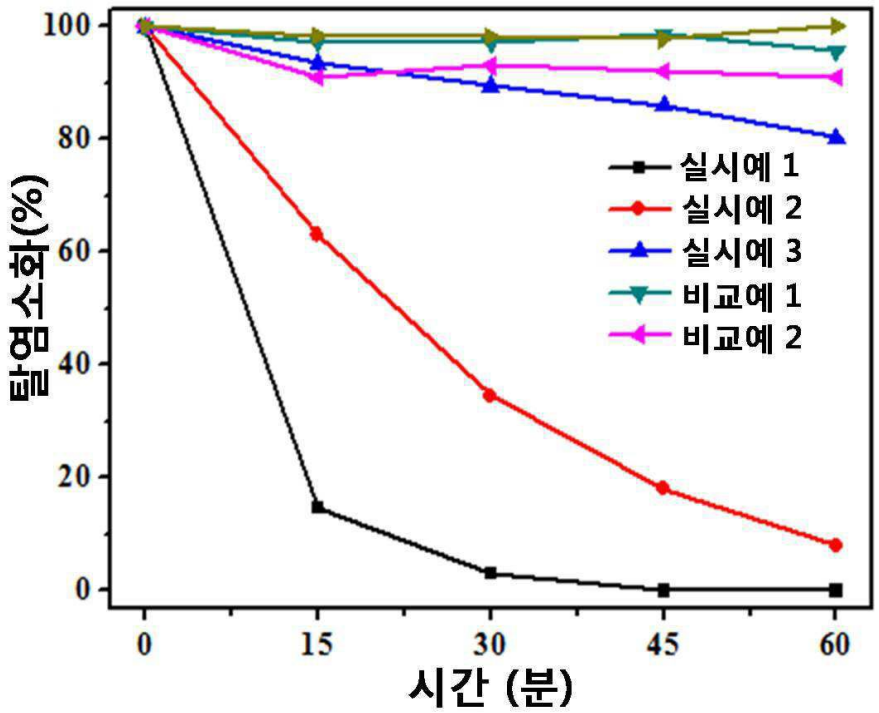
도면2



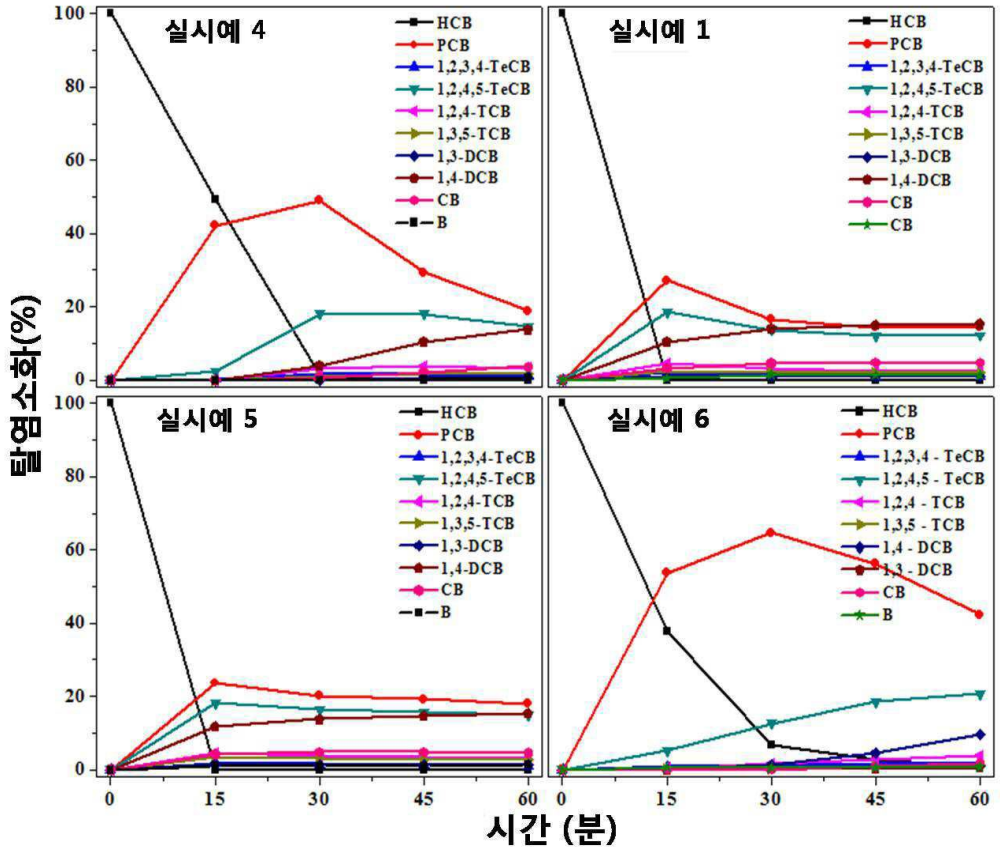
도면3


탈염소화(%)
시간 (분)
실시예 1
비교예 3
비교예 4
비교예 5

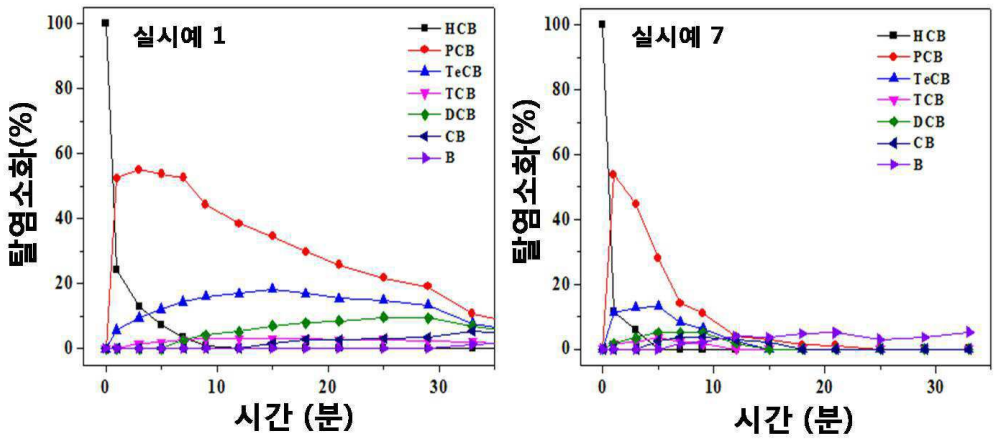
도면4


탈염소화(%)
시간 (분)
실시예 1
실시예 2
실시예 3
비교예 1
비교예 2

도면5


실시예 4
실시예 1
실시예 5
실시예 6
HCB
PCB
1,2,3,4-TeCB
1,2,4,5-TeCB
1,2,4-TCB
1,3,5-TCB
1,3-DCB
1,4-DCB
CB
B
탈염소화(%)
시간 (분)

도면6


실시예 1
실시예 7
HCB
PCB
TeCB
TCB
DCB
CB
B
탈염소화(%)
시간 (분)