

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2016-0101817 (43) 공개일자 2016년08월26일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) A62D 3/17 (2007.01) A62D 101/41 (2007.01)	(71) 출원인 경상대학교산학협력단 경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)	
(52) CPC특허분류 A62D 3/17 (2013.01) A62D 2101/41 (2013.01)	(72) 발명자 최명룡 경상남도 진주시 내동로348번길 10 109동 206호 (가좌동, 주공그린빌아파트)	
(21) 출원번호 10-2015-0024462	이슬기 경상남도 창원시 마산회원구 구암북5길 39-2	
(22) 출원일자 2015년02월17일 심사청구일자 2015년02월17일	(74) 대리인 이원희	

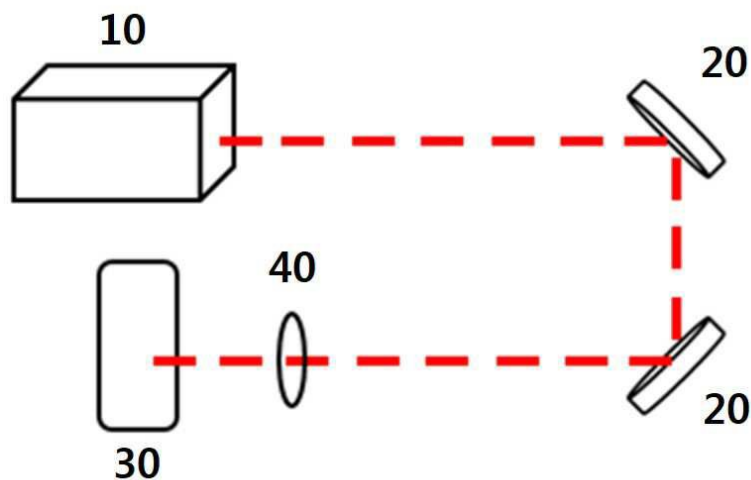
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 펄스 레이저를 이용한 석면 분해방법

(57) 요약

본 발명은 펄스 레이저 장치를 준비하는 단계(단계 1); 및 석면을 용매에 첨가하여 석면을 포함하는 용액을 준비하고, 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 석면을 포함하는 용액에 펄스 레이저를 조사하는 단계(단계 2);를 포함하는 석면 분해방법을 제공한다. 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 석면 분해방법은 펄스 레이저를 석면에 직접적으로 조사하여 분해하는 기술로 원팟(one-pot) 반응으로 간단하며, 매우 빠른 시간 동안 석면을 분해시킬 수 있다. 또한, 일반적으로 사용되고 있는 다른 방법에 비해 부산물이 전혀 생성되지 않는 친환경적인 방법이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014-0171

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 토양, 지하수오염방지 기술개발 사업

연구과제명 펄스 레이저 어블레이션을 이용하여 난분해성 유독물질 정화를 위한 친환경 나노 촉매기술 개발(3차년도)

기 여 율 1/1

주관기관 한국환경산업기술원

연구기간 2014.04.01 ~ 2015.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

펄스 레이저 장치를 준비하는 단계(단계 1); 및

석면을 용매에 첨가하여 석면을 포함하는 용액을 준비하고, 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 석면을 포함하는 용액에 펄스 레이저를 조사하는 단계(단계 2);를 포함하는 석면 분해방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

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

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 단계 2의 용매는 황산, 염산, 질산 및 증류수로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상인 것을 특징으로 하는 석면 분해방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파장은 1064 nm인 것을 특징으로 하는 석면 분해방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 경로는 단일 경로로, 포커싱 렌즈를 통해 빔 에너지를 집광시키는 것을 특징으로 하는 석면 분해방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

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

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파워는 50 mJ/pulse 내지 300 mJ/pulse인 것을 특징으로 하는 석면 분해방법.

청구항 8

파장 조절 장치 및 펄스 레이저 조사부를 포함하는 펄스 레이저 장치;
상기 펄스 레이저 장치에서 발생하는 펄스 레이저의 경로를 조절하기 위한 거울(mirror); 및
석면을 포함하는 용액을 담을 수 있는 용기;를 포함하는 펄스 레이저를 이용한 석면의 분해장치.

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

[0002] 석면은 폐석면 관리 계획(2012 년 ~ 2021 년)에 따라 제거가 되는 물질로, 현재 석면의 함유량이 1 % 이상의 물질을 석면 함유 물질(Asbestos containing roofing waste, ACWs)로 규정하여 특정 유해 폐기물로 분류를 하여 특정 매립지에서 매립을 하게 된다.

[0003] 특히, 석면을 분해하는 기술에는 열적 처리(Thermal treatment), 마이크로파장을 이용한 열가열 처리, 가성 알칼리나 산을 이용한 화학적 처리 방법 등이 있다. 가장 단순하고 간단하게 사용하는 기술인 열적 처리는 800 ~ 1400 °C 온도 사이의 열로 석면의 조성을 변화시켜 석면을 비석면화 하는 기술로, 열 처리를 한 후 변성된 물질이 생성되고, 생성된 물질은 매립을 하고 있다. 하지만, 국토 면적이 작은 나라(우리나라 포함)에서는 수 십년 동안 영구적으로 매립하는 것은 국토에 부하를 제공하는 원인이 된다. 이에 부산물을 최소화할 수 있는 기술이 필요하다.

[0004] 또한, 산을 이용한 화학적 처리 방법의 일례로써, Raymond S. Kasevich 등은 인산(phosphoric acid), 황산(sulfuric acid), 불화수소산(hydrofluoric acid) 및 불화황산(fluorosulfuric acid) 등을 이용하여 석면을 분해시켰으며(KAI Technologies, Inc., Woburn, MA (United States). Funding organisation: USDOE, Washington, DC (United States); 1994), 최종 산물은 비유해성 위생적인 폐기물로 매립할 수 있다고 한다. 그러나, 산을 이용한 화학적 처리방법으로 석면을 1 % 이하의 수준까지 처리하는 데는 한계가 있으며, 상기와 마찬가지로 매립하여야 하기 때문에 부산물을 최소화할 수 있는 기술이 필요하다.

[0005] 나아가, 플라즈마를 응용하여 석면 폐기물을 처리하는 기술의 일례로써, 대한민국 공개특허 제10-2011-0121914호에는 석면함유폐기물의 고온용융처리장치 및 석면함유폐기물의 고온용융처리방법이 개시된 바 있다. 용융실 내부에 고온의 배가스가 체류하는 시간이 보다 증가할 수 있을 뿐만 아니라 상기 용융실 내부에 오랜시간동안 체류하는 고온의 배가스가 석면함유폐기물의 용융효율을 높일 수 있는 특징이 있다. 그러나, 플라즈마 용융 처리를 수행하는 경우에는 부산물이 발생함은 물론이고, 과도한 에너지가 소모되는 문제가 있다.

[0006] 이에, 본 발명자들은 석면 분해방법에 대하여 연구하던 중, 석면 또는 석면 폐기물을 용매에 첨가한 후, 상기 석면을 포함하는 용액을 집광된 펄스 레이저를 사용하여 석면을 분해하는 방법을 개발하고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 부산물을 생성하지 않으면서도, 간단한 방법으로 석면을 분해하는 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0009] 펄스 레이저 장치를 준비하는 단계(단계 1); 및

[0010] 석면을 용매에 첨가하여 석면을 포함하는 용액을 준비하고, 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 석면을 포함하는 용액에 펄스 레이저를 조사하는 단계(단계 2);를 포함하는 석면 분해방법을 제공한다.

[0011] 또한, 본 발명은

[0012] 과장 조절 장치 및 펄스 레이저 조사부를 포함하는 펄스 레이저 장치;

[0013] 상기 펄스 레이저 장치에서 발생하는 펄스 레이저의 경로를 조절하기 위한 거울(mirror); 및

[0014] 석면을 포함하는 용액을 담을 수 있는 용기;를 포함하는 펄스 레이저를 이용한 석면의 분해장치를 제공한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 석면 분해방법은 펄스 레이저를 석면에 직접적으로 조사하여 분해하는 기술로 원팟(one-pot) 반응으로 간단하며, 매우 빠른 시간에 석면을 분해시킬 수 있다. 또한, 일반적으로 사용되고 있는 다른 방법에 비해 부산물이 전혀 생성되지 않는 친환경적인 방법이다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명에 따른 석면의 분해장치를 나타낸 개념도이고;

도 2는 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 2에서 제조된 석면 용액 및 펄스 레이저를 조사하여 석면을 분해시킨 석면 용액을 관찰한 사진이다.

도 3은 본 발명에 따른 실시예 1 및 실시예 2를 수행하고 난 후, 석면 분해효율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명은

[0018] 펄스 레이저 장치를 준비하는 단계(단계 1); 및

[0019] 석면을 용매에 첨가하여 석면을 포함하는 용액을 준비하고, 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 석면을 포함하는 용액에 펄스 레이저를 조사하는 단계(단계 2);를 포함하는 석면 분해방법을 제공한다.

[0020] 이하, 본 발명에 따른 석면 분해방법에 대하여 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0021] 먼저, 본 발명에 따른 석면 분해방법에 있어서, 단계 1은 펄스 레이저 장치를 준비하는 단계이다.

[0022] 종래에는 석면을 열처리 또는 화학적 처리 등으로 수행하였으나, 석면을 처리하는 과정에서 발생하는 부산물 및 최종 처리된 부산물이 발생하여 매립해서 처리해야하는 문제가 있었다.

[0023] 이에, 본 발명에서는 고성능·고효율을 가지는 펄스 레이저를 이용하여 단일 공정을 통한 석면 분해 반응으로

석면 폐기물을 저비용·고효율로서 보다 쉽고 빠르게 친환경적인 방법으로 분해할 수 있다.

[0024] 이에, 상기 단계 1에서는 펄스 레이저를 조사할 수 있는 펄스 레이저 장치를 준비한다.

[0025] 구체적으로, 본 명세서에 기재된 석면은 석면을 포함하는 모든 물질을 지칭하는 것으로, 석면 폐기물을 더 포함할 수 있다. 석면 폐기물의 정의는 각 나라마다 다르며 우리나라는 건조고형물의 함량을 기준으로 석면이 1 % 이상 함유된 제품·설비 등의 해체·제거 시 발생하는 것과 슬레이트 등 고형화된 석면 제품 유래의 부스러기 및 분진, 석면 제거작업에 사용된 바닥비닐시트·방진마스크·작업복 등을 폐석면으로 규정하고 있다.

[0026] 또한, 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)와 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.

[0027] 다음으로, 본 발명에 따른 석면 분해방법에 있어서, 단계 2는 석면을 용매에 첨가하여 석면을 포함하는 용액을 준비하고, 상기 단계 1에서 준비된 펄스 레이저 장치를 사용하여 석면을 포함하는 용액에 펄스 레이저를 조사하는 단계이다.

[0028] 일반적으로 석면 분해는 많은 고체 부산물을 동반하지만, 상기 단계 2에서는 우선 석면을 용매에 첨가하여 석면 용액을 준비하고, 상기 석면 용액에 펄스 레이저 장치를 사용하여 강한 펄스 레이저를 조사하여 부산물을 생성하지 않고 석면을 이온화시킴으로써 제거할 수 있다.

[0029] 구체적으로, 상기 단계 2의 용매는 황산, 염산, 질산 및 증류수 등을 사용할 수 있다. 상기 단계 2의 용매로 특히 산 용매를 사용하는 경우, 다른 기타의 용매보다 석면의 구조를 파괴하는데 효과적일 수 있다. 특히 황산은 다른 여타의 용매 종류에 비해 탈수 효과가 매우 크게 나타나 석면의 구조를 파괴하는데 매우 효과적인 용매이다.

[0030] 구체적인 일례로써, 상기 단계 2의 용액은 1 차적으로 석면을 용매에 투입시킨 후, 초음파 분쇄(sonication)를 수행하여 용액 상에 고르게 분산시킬 수 있다.

[0031] 상기 초음파 분쇄는 초음파 처리장치를 사용하여 석면 입자를 응축되지 않고 고르게 분산시킬 수 있다. 초음파 분쇄는 기기의 특징에 따라 헤르츠(Hz)와 일률(W)을 조절할 수 있다. 하지만 이에 크게 제한되지는 않는다.

[0032] 또한, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파장은 1064 nm인 것이 바람직하다. 만약, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파장이 1064 nm 미만일 경우에는 상대적으로 고출력 에너지를 확보하는 것에 어려움이 발생할 수 있고, 자외선 영역의 파장은 유리 용기를 투과하지 못해 에너지를 전달하는 것에 큰 어려움이 발생할 수 있다.

[0033] 나아가, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 경로는 단일 경로인 것이 바람직하다. 상기 단일 경로는 펄스 레이저가 석면을 포함하는 용액을 1 회 투과하여 분해되는 방법이며, 석면의 분해를 더욱 효과적으로 수행하기 위해서 펄스 레이저의 경로에 포커싱 렌즈를 사용하여 에너지를 집광시켜 석면을 분해할 수 있다.

[0034] 또한, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파워는 50 mJ/pulse 내지 300 mJ/pulse인 것이 바람직하고, 100 mJ/pulse 내지 150 mJ/pulse인 것이 더욱 바람직하다. 만약, 상기 단계 2에서 조사되는 펄스 레이저의 파워가 50 mJ/pulse 미만일 경우에는 고출력 에너지를 확보하지 못해 플라즈마가 크게 형성되지 않아 분해되는 시간이

지속적으로 늦어지는 문제가 있으며, 300 mJ/pulse를 초과하는 경우에는 레이저 빔이 유리 표면에 정반사 현상을 일으켜 일정 부분 빔이 반대로 역행을 하는 현상 또는 유리가 깨어지는 현상이 발생하여 레이저의 파워를 견뎌낼 수 있는 용기를 제작하여야만 하기 때문에 고비용이 발생하는 문제가 있다.

- [0035] 나아가, 본 발명은
- [0036] 파장 조절 장치 및 펄스 레이저 조사부를 포함하는 펄스 레이저 장치;
- [0037] 상기 펄스 레이저 장치에서 발생하는 펄스 레이저의 경로를 조절하기 위한 거울(mirror); 및
- [0038] 석면을 포함하는 용액을 담을 수 있는 용기;를 포함하는 펄스 레이저를 이용한 석면의 분해장치를 제공한다.
- [0039] 이때, 본 발명에 따른 석면의 분해장치의 개념도로서 도 1에 석면의 분해장치를 개념도로 나타내었으며,
- [0040] 이하, 본 발명에 따른 석면의 분해장치에 대하여 상세히 설명한다.
- [0041] 본 발명에 따른 석면의 분해장치(100)는 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 발생하는 펄스 레이저의 경로를 조절하기 위한 거울(20); 및 석면을 포함하는 용액을 담을 수 있는 용기(30);를 포함한다.
- [0042] 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 1064 nm으로 조절할 수 있는 기능을 가진다.
- [0043] 이와 같이 본 발명에서 가장 중요한 펄스 레이저 장치는 파워를 쉽게 조절할 수 있어 석면을 분해하는 에너지 제공을 아주 쉽고 간단하게 변경할 수 있는 장점이 있다.
- [0044] 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.
- [0045] 나아가, 용기(30)는 석면을 포함하는 용액이 보관되고 분해되는 공간으로써, 용기의 재질은 석면이나, 용매와 반응을 하지 않아야 하고, 레이저가 투과되어 석면을 분해할 수 있어야 한다.
- [0046] 더욱 나아가, 본 발명에 따른 석면의 분해장치(100)는 포커싱 렌즈(focusing lens, 40)를 더 포함할 수 있다. 포커싱 렌즈를 통해 펄스 레이저를 집광시켜 손쉽게 펄스 레이저의 에너지를 향상시킬 수 있다.
- [0047] 본 발명에 따른 석면의 분해장치에 있어서, 상기 펄스 레이저의 파장은 1064 nm인 것이 바람직하다. 만약, 상기 펄스 레이저의 파장이 1064 nm 미만일 경우에는 상대적으로 고출력 에너지를 확보하는 것에 어려움이 산재할 수 있고, 자외선 영역의 파장은 유리를 투과하지 못해 에너지를 전달하는 것에 큰 어려움이 발생할 수 있다.
- [0048] 또한, 상기 펄스 레이저의 경로는 단일 경로인 것이 바람직하다. 상기 단일 경로는 펄스 레이저가 석면을 1 회 투과하여 분해되는 방법이며, 석면의 분해를 더욱 효과적으로 수행하기 위해서 펄스 레이저의 경로에 포커싱 렌즈를 추가하여 펄스 레이저를 집광하여 석면을 분해할 수 있다.

- [0049] 나아가, 상기 펄스 레이저의 파워는 50 mJ/pulse 내지 300 mJ/pulse인 것이 바람직하고, 100 mJ/pulse 내지 150 mJ/pulse인 것이 더욱 바람직하다. 만약, 상기 펄스 레이저의 파워가 50 mJ/pulse 미만일 경우에는 고출력 에너지를 확보하지 못해 플라즈마가 크게 형성되지 않아 분해되는 시간이 지속적으로 늦어지는 문제가 있으며, 300 mJ/pulse를 초과하는 경우에는 레이저 빔이 유리와 만나 정반사 현상을 일으켜 일정 부분 빔이 반대로 역행을 하는 현상 또는 유리가 깨어지는 현상이 발생하여 레이저의 파워를 견뎌낼 수 있는 용기를 제작하여야만 하기 때문에 고비용이 발생하는 문제가 있다.
- [0050] 나아가, 상기 석면을 포함하는 용액은 황산, 염산, 질산 및 증류수 등의 용매를 포함할 수 있다. 상기 용액의 용매로 특히 산 용매를 사용하는 경우, 다른 기타의 용매보다 석면의 구조를 파괴하는데 효과적일 수 있다. 특히 황산은 다른 여타의 용매 종류에 비해 탈수 효과가 매우 크게 나타나 석면의 구조를 파괴하는데 매우 효과적인 용매이다.
- [0051] 이하, 본 발명을 하기 실시예 및 실험예에 의하여 상세히 설명한다.
- [0052] 단, 하기 실시예 및 실험예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 발명의 범위가 실시예 및 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0053] <실시예 1> 석면의 분해 1
- [0054] 단계 1: 파장 조절 장치 및 펄스 레이저 조사부를 포함하는 펄스 레이저 장치, 거울 및 용기를 준비하고, 도 1과 같이 구성하였다.
- [0055] 단계 2: 석면을 7.5×10^{-4} M의 농도가 되도록 황산에 첨가하고, 초음파 분쇄(sonication)하여 석면 용액을 준비한 후, 상기 단계 1에서 준비된 용기에 상기 석면 용액을 담았다.
- [0056] 그 후, 상기 석면 용액이 담긴 용기에 1064 nm의 파장 및 150 mJ/pulse의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 석면을 분해하였다.
- [0057] <실시예 2> 석면의 분해 2
- [0058] 단계 1: 파장 조절 장치 및 펄스 레이저 조사부를 포함하는 펄스 레이저 장치, 거울 및 용기를 준비하고, 도 1과 같이 구성하였다.
- [0059] 단계 2: 석면을 7.5×10^{-4} M의 농도가 되도록 증류수에 첨가하고, 초음파 분쇄(sonication)하여 석면 용액을 준비한 후, 상기 단계 1에서 준비된 용기에 상기 석면 용액을 담았다.
- [0060] 그 후, 상기 석면 용액이 담긴 용기에 1064 nm의 파장 및 150 mJ/pulse의 파워를 가지는 펄스 레이저를 단일 경로로 조사하여 석면을 분해하였다.
- [0061] <실험예 1> 반응 용기의 변화 분석
- [0062] 본 발명에 따른 석면 분해방법의 효과를 확인하기 위하여, 상기 실시예 1의 단계 2에서 제조된 석면 용액 및 펄스 레이저를 조사한 이후의 석면 용액 상태를 육안으로 확인하였으며, 그 결과를 도 2에 나타내었다.

[0063] 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 1의 단계 2에서 제조된 석면 용액은 석면이 분산된 형태를 확인할 수 있었다. 반면, 상기 실시예 1의 펄스 레이저까지 조사하여 석면을 분해한 이후의 석면 용액은 분산된 석면이 관찰되지 않는 맑은 상태인 것을 확인할 수 있었다.

[0064] 또한, 상기 실시예 1의 석면 분해 이후, 고체 생성물의 유무를 확인하기 위해 원심 분리기를 사용하여 14,500 rpm의 회전속도로 10 분 동안 수행하였다. 그러나, 아무런 부산물이 나타나지 않은 것을 확인할 수 있었다.

[0065] 이에 따라, 본 발명에 따른 석면 분해방법으로 석면을 분해하는 경우 부산물이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

[0066] <실험예 2> 유도 결합 플라즈마 분광법(ICP) 분석

[0067] 본 발명에 따른 석면 분해방법의 효과를 확인하기 위하여, 상기 실시예 1이 수행된 석면 용액을 약 4 배 묽힌 후, 유도 결합 플라즈마 분광법(ICP)으로 2 회에 걸쳐 측정을 진행하였으며, 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

	분석물	평균 교정 강도 (mean corrected intensity)	칼리브레이션 농도 (mg/L)	표준편차 (Std.Dev)	샘플 농도 (mg/L)	표준편차 (Std.Dev)	상대표 준편차 (RSD, %)
1차	Mg	108425.0	3.435	0.0442	3.435	0.0442	1.29
	Si	35677.8	3.891	0.0391	3.891	0.0391	1.01
2차	Mg	108966.4	3.453	0.0160	3.453	0.0160	0.46
	Si	36729.5	4.007	0.0452	4.007	0.0452	1.13

[0069] 상기 표 1에 나타난 바와 같이, 마그네슘(Mg)와 규소(Si)가 1 차 결과에서 각각 3.435 mg/L, 3.891 mg/L의 함량을 가지고 있고, 2 차 결과에서 각각 3.453 mg/L, 4.007 mg/L의 함량을 가짐을 확인할 수 있다. 유도 결합 플라즈마 분광법으로 측정할 때, 실시예 1이 수행된 석면 용액을 실험 직후의 결과보다 약 4 배 묽혀서 측정한 결과값이기 때문에, 결과값에 4 배를 해주면 원래 샘플의 농도에 근접하는 값을 얻을 수 있고, 해당 값을 몰 농도(M)로 변환을 하면 1 차 결과로 마그네슘은 5.6×10^{-4} M, 규소는 5.5×10^{-4} M의 농도를 가지며, 2 차 결과로 마그네슘은 5.6×10^{-4} M, 규소는 5.7×10^{-4} M의 농도를 가진다.

[0070] 석면 분해 후에 잔존물이 거의 남아있지 않으나, 성분들은 검출되는 것을 확인할 수 있었다.

[0071] 따라서, 본 발명에 따른 펄스 레이저를 이용한 석면 분해방법은 펄스 레이저를 석면에 직접적으로 조사하여 분해하는 기술로 원팟(one-pot) 반응으로 간단하며, 매우 빠른 시간 동안 석면을 분해시킬 수 있으며, 일반적으로 사용되고 있는 다른 방법에 비해 부산물이 전혀 생성되지 않는 친환경적인 방법인 것을 확인할 수 있었다.

[0072] <실험예 3> 용매에 따른 석면 분해효율 분석

[0073] 본 발명에 따른 석면 분해방법에서 용매에 따른 석면 분해효율을 확인하기 위하여, 상기 실시예 1 및 실시예 2를 수행하고 난 후, 석면 분해효율을 분석하였으며, 그 결과를 도 3에 나타내었다.

[0074] 도 3에 나타난 바와 같이, 실시예 1의 황산을 용매로 사용하여 석면을 분해시킨 경우와 실시예 2의 증류수를 용매로 사용하여 석면을 분해시킨 경우를 비교하면 황산을 사용한 경우에 더욱 우수한 석면 분해효율을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

부호의 설명

[0075]

100 : 석면의 분해장치

10 : 펄스 레이저 장치

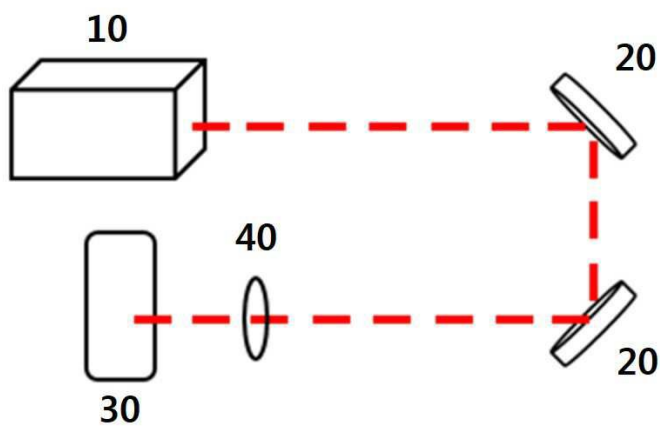
20 : 거울

30 : 용기

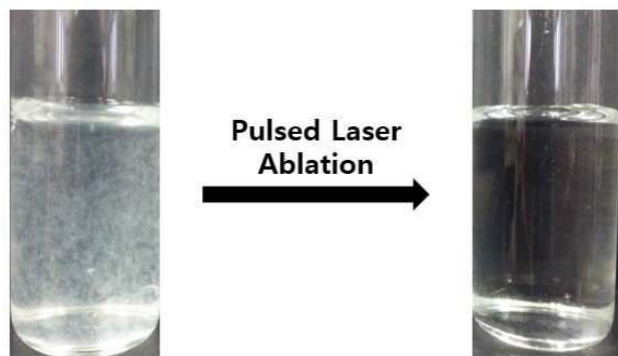
40 : 포커싱 렌즈

도면

도면1



도면2



도면3

