



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년11월22일  
(11) 등록번호 10-1332330  
(24) 등록일자 2013년11월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B09C 1/06 (2006.01) A62D 3/19 (2007.01)  
F26B 3/347 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2009-0131931  
(22) 출원일자 2009년12월28일  
심사청구일자 2009년12월28일  
(65) 공개번호 10-2011-0025022  
(43) 공개일자 2011년03월09일  
(30) 우선권주장  
1020090082586 2009년09월02일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2002011433 A\*  
KR100893735 B1\*  
KR1020000055078 A\*  
KR100340263 B1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국기초과학지원연구원  
대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)  
(72) 발명자  
홍용철  
대전광역시 유성구 과학로 125 (어은동)  
노대협  
대전광역시 유성구 과학로 125 (어은동)  
(74) 대리인  
(뒷면에 계속)  
특허법인다인

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 정혜진

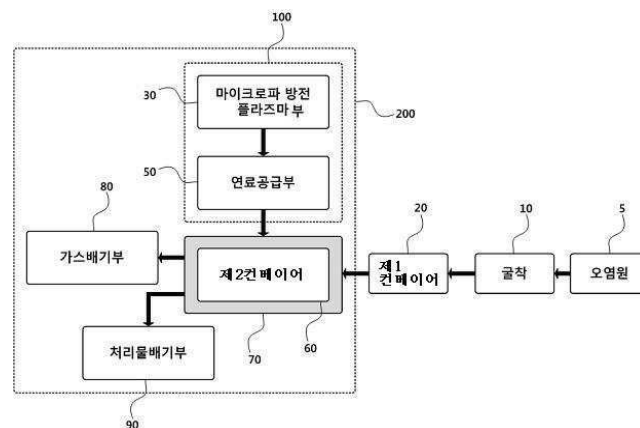
(54) 발명의 명칭 플라즈마를 이용한 오염 토양 복원장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 플라즈마를 이용한 오염 토양 복원장치 및 방법에 관한 것으로, 마이크로파 플라즈마를 이용하여 플라즈마 화염을 발생시키고 상기 플라즈마 화염으로 컨베이어로 이송된 오염된 토양을 처리하기 위한, 플라즈마를 이용한 오염 토양 복원장치 및 방법을 제공한다.

본 발명에 따른 플라즈마를 이용한 오염 토양 복원장치는 오염원; 상기 오염원에서의 토양을 이송분류하는 제1컨베이어; 상기 제1컨베이어에 의해 이송된 오염 토양이 유입되는 반응챔버; 상기 반응챔버로 유입된 오염 토양을 정화시키기 위한 플라즈마 화염발생장치; 상기 반응챔버의 일측에 구비되어 상기 플라즈마 화염발생장치로 반응챔버에서 오염 토양의 처리시에 발생하는 가스를 배출하는 가스 배기부; 및 상기 반응챔버의 타측에 구비되어 상기 반응챔버에서 처리된 토양을 배출하는 처리물 배기부를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**석동찬**

대전광역시 유성구 과학로 125 (어은동)

**유승렬**

대전광역시 유성구 과학로 125 (어은동)

**이봉주**

대전광역시 유성구 과학로 125 (어은동)

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

오염원에서의 토양을 이송분류하는 제1컨베이어;

상기 제1컨베이어에 의해 이송된 오염 토양이 유입되고 상기 오염 토양과의 반응 공간을 제공하는 반응챔버;

상기 반응챔버에 다수개가 배열되도록 부착되고 상기 반응챔버로 유입된 오염 토양을 정화시키기 위한 플라즈마 화염발생장치;

상기 반응챔버의 일측에 구비되어 상기 반응챔버에서 처리된 토양을 배출하는 처리물 배기부; 및

상기 반응챔버가 설치된 이동수단인 차량

을 포함하며,

상기 반응챔버는 상기 제1컨베이어와 연통되어서 상기 오염된 토양을 상기 반응챔버 내부에서 이송시키는 제2컨베이어를 구비하며,

상기 플라즈마 화염발생장치는 마이크로파 방전 플라즈마부; 및 상기 마이크로파 방전 플라즈마부에 연료를 공급하여 플라즈마 화염을 발생시키는 연료 공급부를 포함하고,

상기 마이크로파 방전 플라즈마부는,

마이크로파를 발진하는 고주파 발진기;

상기 고주파 발진기에 전력을 공급하는 전원 공급부;

상기 고주파 발진기에서 발진된 마이크로파를 전송하는 도파관;

상기 도파관을 통해 전송된 마이크로파 및 외부로부터 주입된 플라즈마 가스가 유입되는 유전체관; 및

상기 유전체관에 설치되어 상기 유전체관을 지지하며, 플라즈마 가스를 주입하기 위한 가스 주입구가 설치된 지지체

를 포함하는 플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원장치.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 연료 공급부는,

상기 도파관을 통해 상기 유전체관으로 전송된 마이크로파에 의해 발생된 마이크로파 플라즈마에 탄화수소 연료를 공급하는 연료 공급원;

상기 연료 공급원이 설치되며 상기 연료 공급원으로부터 공급된 연료와 상기 마이크로파 플라즈마에 의해 발생된 화염 출구를 제공하는 연료공급 지지체;

상기 연료공급 지지체의 일측에 구비되어 마이크로파 플라즈마에 연료를 공급하는 노즐;

상기 노즐로 연료를 공급하기 위한 연료 공급관; 및

상기 노즐의 일측에 구비된 추가가스 공급부를 포함하는 플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원장치.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 플라즈마 가스는 공기, 산소, 질소, 불활성 가스, 이산화탄소, 일산화탄소, 이산화질소, 일산화질소, 탄화수소 및 이들의 혼합가스의 그룹 중에서 선택되는 어느 하나로 이루어지는

플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원장치.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 탄화수소 연료는 기체, 액체, 고체 및 이들의 혼합물의 그룹 중에서 선택되는 어느 하나로 이루어지고;

상기 연료공급 지지체에는 적어도 하나 이상의 연료 공급원이 구비되는

플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원장치.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1컨베이어는 오염된 토양을 이송 및 분류시키고;

상기 제2컨베이어는 상하로 진동하는

플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원장치.

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

제1항 및 제5항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반응챔버의 일측에 구비되어 상기 플라즈마 화염발생장치로 반응챔버에서 오염 토양의 처리시에 발생하는 가스를 배출하는 가스 배기부를 더 포함하는

플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원장치.

### 명세서

#### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 오염된 토양을 복원하기 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, 구체적으로 마이크로파 플라즈마를 이용하여 플라즈마 화염을 발생시키고, 상기 플라즈마 화염으로 컨베이어로 이송된 오염된 토양을 처리하기 위한 플라즈마를 이용한 오염 토양 복원장치 및 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 국내외적으로 기름 유출에 의한 토양 및 해안가의 오염은 심각한 수준에 이르고 있다. 예를 들어, 국내에서 큰 이슈가 되고 있는 것은 현재 주둔하고 있는 미군기지 및 이전에 따른 오염된 토양의 복원에 초점이 맞춰지고 있다.

[0003] 최근 환경부가 발표한 2006년 6월까지 조사된 반환 예정 미군기지 29곳의 환경오염 현황을 담고 있는 자료에 따르면, 29곳 대부분이 기름과 중금속에 심각하게 오염된 것으로 보고되고 있다. 기름에 의한 토양 오염의 경우 조사대상 29곳 중 25곳에서 우려 기준보다 높은 오염이 확인되었으며 가장 심각하게 오염된 곳의 경우 기름에 의한 토양 오염을 나타내는 TPH(Total Petroleum Hydrocarbon: 총석유계 탄화수소)가 각각 50.6g/kg, 47.8g/kg로 나타났다. 이는 토양오염 우려기준인 0.5g/kg를 각각 100배, 95배를 초과한 것이다.

[0004] 또한 검출되어서는 안 되는 항목인 벤젠, 톨루엔 등의 유기화합물 오염 정도를 나타내는 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene: 휘발성 방향족 탄화수소) 오염 역시 심각한 것으로 보고되었다. 중금속 오염 역시 심각한 수준이며 납 오염은 5곳의 기지에서 발견되었으며 이중 가장 심각한 곳은 우려기준(0.1g/kg)의 150배를 상회하는 15.2g/kg의 납이 검출되었을 뿐만 아니라 구리(2곳), 아연(8곳), 니켈(3곳), 카드뮴(3곳), 비소(1곳)에 의해 토양이 오염된 것으로 보고하였다. 지하수 오염 역시 토양 오염만큼 심각하며 어느 한 기지의 지하수에서 4.88m 높이의 기름띠가 발견된 것으로 보고되었다.

[0005] 이와 같이 오염된 토양을 복원 또는 정화하기 위해 소각(incineration), 원심분리(centrifuge), 스팀을 이용한 추출(steam extraction), 생물학적 정화(bio-degradation), 화학적 산화(chemical oxidation), 부력(flotation) 등 다양한 방법이 개발되었다. 소각법에서는 가스 또는 기름 버너를 사용하여 노의 온도를 500 ~ 1000℃로 유지시켜 기름을 포함하는 유기화합물을 부분 또는 완전연소시켜 오염된 토양을 정화한다. 이 방법에서는 많은 연료가 소비되며 이에 따라 많은 양의 공기 또는 산소를 사용하므로 대용량의 배기가스가 대기배출될 뿐만 아니라, 배기가스와 함께 고온의 가스가 배출되므로 30% 수준의 낮은 에너지 효율을 갖고 있고 이에 따라 고비용 지출의 단점이 있다.

[0006] 또한, 원심분리법으로 처리된 토양에는 5%이상(처리 후, 토양의 법적 유기화합물 함유량은 1% 미만)의 기름 또는 유기화합물이 포함되어 완벽한 제거가 어려우며 원심분리기의 유지비용과 분리 효율을 증가시키기 위해 추가적인 화학약품 사용이 요구되는 단점이 있고, 낮은 오염도(1% 미만)에만 적용될 수 있는 문제점을 갖고 있다.

[0007] 스팀 추출법은 낮은 제거효율로 인해 처리시간이 길며 2차적으로 배기가스를 처리해야 하며 몇몇 유기화합물은 스팀에 의해 증발 또는 산화되지 않기 때문에 토양 정화에 어려움이 있다. 생물학적 정화법은 토양의 오염도가 1% 미만이어야 하며 오염된 토양을 정화하는 박테리아는 중금속과 같은 화합물에 취약하기 때문에 기술사용에 제약이 많을 뿐만 아니라, 온도에 많은 영향을 받는 문제점을 안고 있다.

[0008] 상기 언급한 방법 이외에도 아크 토치를 이용하여 오염된 토양을 정화하는 방법[C. A. Fox *et al.*, Remediation Journal 11, 3 (2001)]이 있다. 이 방법은 오염된 토양에 아크 토치를 삽입하여 기름 및 휘발성 유기화합물을 처리함과 동시에 토양을 유리화시켜 처리하는 방법이나, 이도 전술한 바와 같은 문제점을 안고 있다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

[0009] 본 발명은 이러한 문제점을 고려한 것으로서, 기름 및 휘발성 유기화합물로 오염된 토양을 정화하는 데에 있어서 콤팩트한 장치로 연속적 처리와 차량장착이 가능하며 운전비용 및 에너지 효율적으로 플라즈마를 이용하여 오염된 토양 복원 장치 및 방법을 제공한다.

### 과제 해결수단

- [0010] 본 발명의 제1관점에 따른 플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원장치는 오염원; 상기 오염원에서의 토양을 이송 분류하는 제1컨베이어; 상기 제1컨베이어에 의해 이송된 오염 토양이 유입되는 반응챔버; 상기 반응챔버로 유입된 오염 토양을 정화시키기 위한 플라즈마 화염발생장치; 상기 반응챔버의 일측에 구비되어 상기 플라즈마 화염 발생장치로 반응챔버에서 오염 토양의 처리시에 발생하는 가스를 배출하는 가스 배기부; 및 상기 반응챔버의 타 측에 구비되어 상기 반응챔버에서 처리된 토양을 배출하는 처리물 배기부를 포함한다.
- [0011] 상기 플라즈마 화염발생장치는 마이크로파 방전 플라즈마부; 및 상기 마이크로파 방전 플라즈마부에 연료를 공급하여 플라즈마 화염을 발생시키는 연료 공급부를 포함하고, 상기 플라즈마 화염발생장치는 반응챔버에 부착된다.
- [0012] 상기 반응챔버는 제2컨베이어를 포함하며 플라즈마 화염과 상기 오염된 토양과의 반응공간을 제공하고, 상기 제2컨베이어는 오염원으로부터의 토양을 이송시키는 제1컨베이어와 연통된다.
- [0013] 상기 마이크로파 방전 플라즈마부는 마이크로파를 발진하는 고주파 발진기; 상기 고주파 발진기에 전력을 공급하는 전원 공급부; 상기 고주파 발진기에서 발진된 마이크로파를 전송하는 도파관; 상기 도파관을 통해 전송된 마이크로파 및 외부로부터 주입된 플라즈마 가스가 유입되는 유전체관; 및 상기 유전체관에 설치되어 상기 유전체관을 지지하며, 플라즈마 가스를 주입하기 위한 가스 주입구가 설치된 지지체를 포함한다.
- [0014] 상기 연료 공급부는 도파관을 통해 상기 유전체관으로 전송된 마이크로파에 의해 발생된 마이크로파 플라즈마에 탄화수소 연료를 공급하는 연료 공급원; 상기 연료 공급원이 설치되며 상기 연료 공급원으로부터 공급된 연료와 상기 마이크로파 플라즈마에 의해 발생된 화염 출구를 제공하는 연료공급 지지체; 상기 연료공급 지지체의 일측에 구비되어 마이크로파 플라즈마에 연료를 공급하는 노즐; 상기 노즐로 연료를 공급하기 위한 연료 공급관; 및 상기 노즐의 일측에 구비된 추가가스 공급부를 포함한다.
- [0015] 상기 플라즈마 가스는 공기, 산소, 질소, 불활성 가스, 이산화탄소, 일산화탄소, 이산화질소, 일산화질소, 탄화수소 및 이들의 혼합가스의 그룹 중에서 선택되는 어느 하나로 이루어지고, 상기 탄화수소 연료는 기체, 액체, 고체 및 이들의 혼합물의 그룹 중에서 선택되는 어느 하나로 이루어지고, 상기 연료공급 지지체에는 적어도 하나 이상의 연료 공급원이 구비되며, 상기 제1컨베이어는 오염된 토양을 이송 및 분류시키고, 상기 제2컨베이어는 상하로 진동한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 제2관점에 따른 플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원방법은 마이크로파 방전 플라즈마를 발생시키는 단계; 상기 마이크로파 방전 플라즈마에 연료를 공급하여 플라즈마 화염을 발생시키는 단계; 컨베이어를 이용하여 오염된 토양을 이송시키는 단계; 상기 플라즈마 화염에 상기 오염된 토양을 노출시키는 단계; 및 상기 플라즈마 화염으로 오염된 토양을 처리하는 과정에서 발생하는 가스와 처리된 토양을 배출하는 단계를 포함한다.
- [0017] 여기에서, 상기 플라즈마 화염에 노출되는 오염된 토양은 가솔린, 경유, 중유, 등유, 벙커 C-유, 절연유, 폐유 및 이들의 혼합물의 그룹 중에서 선택되는 어느 하나에 의해 오염된 것이다.
- [0018] 또한, 상기 플라즈마 화염에 노출되는 오염된 토양은 벤젠, 자일렌, 톨루엔, 페놀, 에틸렌 벤젠 및 이들의 혼합물의 그룹 중에서 선택되는 어느 하나에 의해 오염된 것이다.
- [0019] 또한, 본 발명의 제3관점에 따른 플라즈마를 이용한 이동식 오염 토양의 복원장치는 마이크로파 플라즈마에 탄화수소 연료를 공급하여 플라즈마 화염을 발생시키고 상기 플라즈마 화염에 오염된 토양을 노출시켜 정화하는 오염된 토양 복원장치를 이동수단에 설치하고; 상기 오염된 토양이 굴착되어 상기 오염 토양 복원장치로 공급된다.

### 효과

- [0020] 본 발명에 따르면, 원유, 경유, 등유, 벙커 C-유 등을 포함하는 기름, 벤젠, 톨루엔, 에틸렌 벤젠, 자일렌 등을 포함하는 휘발성 유기화합물, 및 납, 구리, 아연, 비소, 카드뮴 등의 중금속으로 오염된 토양을 복원 또는 정화할 수 있는 효과가 있다.
- [0021] 또한, 본 발명은, 콤팩트한 장치로서 연속적 처리와 차량 장착이 가능하며 운전비용 및 에너지 효율적인 오염

토양 복원 장치를 제공할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명은, 기름, 휘발성 유기화합물, 중금속을 포함하는 환경유해물질로 오염된 열적 내구성이 강한 물체를 세정 또는 정화할 수 있는 효과도 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0023] 전술한 목적, 특징들 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 실시예를 통하여 보다 분명해질 것이다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세히 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마를 이용한 오염 토양 복원장치의 구성 블록도이다.

[0025] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원장치는, 기름 및 휘발성 유기화합물 등으로 오염된 토양으로 구성된 오염원(5), 상기 오염원(5)에서의 토양을 굴착(10) 과정을 통해 상기 오염원(5) 이송분류하는 제1컨베이어(20), 상기 제1컨베이어(20)에 의해 이송된 오염 토양이 유입되는 반응챔버(70), 상기 반응챔버(70)로 유입된 오염 토양을 정화시키기 위한 플라즈마 화염발생장치(100), 상기 반응챔버(70)의 일측에 구비되어 상기 플라즈마 화염발생장치(100)로 반응챔버(70)에서 오염 토양의 처리시에 발생하는 가스를 배출하는 가스 배기부(80), 및 상기 반응챔버(70)의 타측에 구비되어 상기 반응챔버(70)에서 처리된 토양을 배출하는 처리물 배기부(90)를 포함한다.

[0026] 상기 오염원(5)은 가솔린, 경유, 중유, 등유, 벙커 C-유, 절연유, 폐유 등으로 구성되는 기름, 벤젠, 자일렌, 톨루엔, 페놀, 에틸렌 벤젠 등으로 구성되는 휘발성 유기화합물, 및 납, 아연, 구리, 카드뮴, 비소 등의 중금속으로 오염된 토양을 말하며 더욱 바람직하게는 기름 유출된 해안가, 기름저장고 지역, 원유 정제 공장 지역 등이다.

[0027] 일반적으로 오염된 토양을 정화하는 방법은 In-situ, On-site, Ex-situ로 분류된다. In-situ는 오염된 토양의 굴착(Excavation)없이 현장에서 오염물질을 제거하는 방법인 반면에 Ex-situ는 오염된 토양을 굴착하여 처리 공정 또는 장치로 운반되어 정화되는 방법이다.

[0028] 본 발명은 On-site 방법으로 오염된 토양을 굴착하여 현장에서 오염물질을 제거하고 굴착한 원래의 위치로 되돌리는 방식이다. 오염원(5)으로부터 굴착(10)된 토양은 제1컨베이어(분류 컨베이어)(20)로 이송되어 토양 복원장치(200)로 유입된다. 상기 제1컨베이어(20)는 덩어리진 토양을 분쇄하거나 부피가 큰 돌을 분류할 수 있는 수단이 첨가될 수 있다. 상기 오염된 토양은 상기 제1컨베이어(20)로 이송되어 반응챔버(70)로 유입된다. 상기 오염된 토양이 정화되기 위해 플라즈마 화염발생장치(100)가 작동된다.

[0029] 상기 플라즈마 화염발생장치(100)는 제2컨베이어(진동 컨베이어)(60)를 포함하는 반응챔버(70)에 부착된다. 상기 제2컨베이어(60)는 오염원(5)으로부터 굴착된 오염된 토양이 이송되는 제1컨베이어(20)와 연통되어 있으며 상기 플라즈마 화염에 의해 균일한 처리가 이루어지도록 상하진동을 발생시키는 진동 장치가 구비될 수 있다.

[0030] 또한, 상기 반응챔버(70)는 상기 플라즈마 화염발생장치(100)로부터 발생하는 열의 손실을 줄이기 위해 단열재 처리가 되는 것이 바람직하다. 상기 반응챔버(70) 내에서 플라즈마 화염에 노출되어 처리된 토양과 배기가스는 각각 상기 반응챔버(70)의 일측에 구비된 처리물 배기부(90)와 가스 배기부(80)를 통해 배출된다. 상기 가스 배기부(80)에는 반응챔버에서 발생할 수 있는 유해가스를 처리하도록 통상의 가스처리장치가 구비될 수 있다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 화염발생장치를 나타낸 단면도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마를 이용한 토양 복원장치를 나타낸 단면도이다.

[0032] 도 1 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 플라즈마 화염발생장치(100)는 마이크로파 방전 플라즈마부(30), 및 상기 마이크로파 방전 플라즈마부(30)에 연료를 공급하여 플라즈마 화염을 발생시키는 연료 공급부(50)를 포함하고, 전술한 바와 같이 상기 플라즈마 화염발생장치(100)는 반응챔버(70)에 부착된다.

[0033] 또한, 상기 반응챔버(70)는 제2컨베이어(60)를 포함하며 플라즈마 화염과 상기 오염된 토양과의 반응공간을 제공하고, 상기 제2컨베이어(60)는 오염원으로부터의 토양을 이송시키는 제1컨베이어(20)와 연통된다.

[0034] 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 마이크로파 방전 플라즈마부(30)는 마이크로파를 발진하는 고주파 발진기(미도시), 상기 고주파 발진기에 전력을 공급하는 전원 공급부(미도시), 상기 고주파 발진기에서 발진된 마이크로파를 전송하는 도파관(34), 상기 도파관(34)을 통해 전송된 마이크로파 및 외부로부터 주입된 플라즈마 가스가 유



입되는 유전체관(40), 및 상기 유전체관(40)에 설치되어 상기 유전체관(40)을 지지하며 플라즈마 가스를 주입하기 위한 가스 주입구(46a, 46b)가 설치된 지지체(44)를 포함한다.

[0035] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 연료 공급부(50)는 도파관(34)을 통해 상기 유전체관(40)으로 전송된 마이크로파에 의해 발생된 마이크로파 플라즈마(110)에 탄화수소 연료를 공급하는 연료 공급원(미도시), 상기 연료 공급원이 설치되며 상기 연료 공급원으로부터 공급된 연료와 상기 마이크로파 플라즈마(110)에 의해 발생된 화염 출구를 제공하는 연료공급 지지체(48), 상기 연료공급 지지체(48)의 일측에 구비되어 마이크로파 플라즈마(110)에 연료를 공급하는 노즐(52), 상기 노즐(52)로 연료를 공급하기 위한 연료 공급관(54), 및 상기 노즐의 일측에 구비된 추가가스 공급부(56)를 포함한다.

[0036] 상기의 구성에 대해 작동 관계를 고려해서 구체적으로 설명하면, 우선 상기 플라즈마 화염발생장치(100)는 크게 마이크로파 방전 플라즈마부(30)와 연료 공급부(50)로 구성된다. 상기 마이크로파 방전 플라즈마부(30)에서는 토치 플라즈마로서 가정용 마이크로파 오븐에 이용되는 2.45GHz 고주파 발진기가 사용되며 전원 공급부에 의해 전력을 공급받는다. 마이크로파 방전에 의해 발생된 플라즈마는 초고주파의 옴 가열(Ohmic heating)에 의해 대략 1 kW 파워, 분당 30리터의 공기에서 섭씨 ~5500도의 중심온도를 갖고 있고 플라즈마가 발생하는 유전체관(40)의 축 방향으로 긴 플라즈마 컬럼이 유지된다.

[0037] 여기에서, 상기 연료 공급부(50)의 연료 공급원은 마이크로파 방전 플라즈마부에 탄화수소 계열의 연료를 분사하여 대용량(Large volume)의 플라즈마 화염을 발생시킨다. 고온의 플라즈마에 액체 연료를 분사할 경우, 순간적으로 연료가 기화되고 탄화수소의 긴 체인이 단분자로 해리되면서 폭발적인 연소가 이루어져 섭씨 2000 ~ 2500도의 고온의 플라즈마 화염이 발생된다.

[0038] 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 이러한 플라즈마 화염을 발생시키기 위해서 2.45GHz 마그네트론으로부터 발진된 마이크로파(32)는 도파관(34)을 통해 전송되며 상기 도파관(34)의 단부(42)에서 반사되어 정재파(Standing-wave)가 형성되며 플라즈마가 발생하는 유전체관(40)의 중심에서 집중된 전기장이 형성된다.

[0039] 여기에서, 마이크로파 전송에서 임피던스(impedance) 부정합(mismatching)으로 발생하는 반사파를 제거하는 물부하(water-load)가 장착된 순환기(circulator), 입사파와 반사파를 모니터링하는 shottky 검출기가 장착된 방향성 결합기(directional coupler), 플라즈마에 최대 파워를 전달하기 위해 임피던스를 제어하는 정합기가 구성될 수 있다.

[0040] 또한, 상기 유전체관(40)이 장착되는 위치는 상기 도파관 단부(42)로부터 관내 파장의 1/4 위치가 바람직하다. 상기 유전체관(40)은 석영, 강화유리, 질화붕소와 같은 유전체로 구성되며 스텐레스 스틸, 구리, 알루미늄 등과 같은 금속성 재료의 지지체(44)에 고정되며 상기 지지체(44)에는 플라즈마 가스 주입구(46a, 46b)가 설치된다. 상기 지지체(44)에 설치된 플라즈마 가스 주입구(46a, 46b)로부터 주입되는 플라즈마 가스는 상기 유전체관(40)의 내벽을 타고 소용돌이(vortex flow)를 만들며 마이크로파가 유입되는 영역을 지나가게 된다.

[0041] 상기 플라즈마 가스는 공기, 산소, 질소, 불활성 가스, 이산화탄소, 일산화탄소, 이산화질소, 일산화질소, 탄화수소 또는 이들의 혼합가스로 이루어지는 것이 바람직하며 더욱 바람직하게는 연료의 연소를 위해 공기 또는 산소가스가 주입된다. 상기 유전체관(40) 내에서 균일한 소용돌이를 만들기 위해 플라즈마 가스 주입구(46a, 46b)는, 본 도면 및 실시예에서는 두개의 입구를 나타냈지만, 등간격으로 다수개가 설치될 수 있다. 상기 유전체관(40) 내에 설치되는 스파크 시스템(미도시)의 도움으로 방전이 점화되면 마이크로파 플라즈마(110)가 발생된다.

[0042] 상기 연료공급 지지체(48)는 상기 유전체관(40)과 같은 내경을 가지는 것이 바람직하며 화염 집속과 퍼짐을 위해 그 내경은 상기 유전체관(40)의 내경보다 작거나 클 수 있음은 물론이다. 상기 연료공급 지지체(48)에는 상기 마이크로파 플라즈마(110)에 연료공급을 위한 노즐(52)이 구비되며 탄화수소 연료는 연료 공급관(54)을 지나 상기 노즐(52)을 통해 상기 마이크로파 플라즈마(110)로 분사된다.

[0043] 상기 탄화수소 연료는 기체, 액체, 고체 및 이들의 혼합 중 선택된 어느 하나로 구성됨은 물론이다. 추가가스 공급부(56)를 통해 추가가스가 공급될 수 있으며 상기 추가가스는 공기, 산소, 질소, 불활성 가스, 이산화탄소, 일산화탄소, 이산화질소, 일산화질소, 탄화수소 또는 이들의 혼합가스로 이루어지는 것이 바람직하며 더욱 바람직하게는 연료의 연소를 위해 공기 또는 산소가스가 주입된다. 상기 추가가스 공급부(56)를 통해 주입되는 추가가스는 통로(58)를 거쳐 상기 노즐(52)로부터 분사되는 연료와 함께 상기 마이크로파 플라즈마(110)로 주입된다.

[0044] 또한, 상기 연료공급 지지체(48)에는 환상형의 등간격, 일정 높이차로 다수개의 연료 공급원을 설치함과 동시에 다수개의 추가가스 공급부를 설치할 수 있을 뿐만 아니라 연료 공급원을 통해 연료와 추가가스가 동시에 공급됨



은 물론이다. 전술한 마이크로파 방전 플라즈마와 연료의 주입에 의해 대용량의 플라즈마 화염(120)이 발생된다.

[0045] 이러한 구성에 의한 플라즈마를 이용한 오염 토양의 복원방법은 마이크로파 방전 플라즈마를 발생시키는 단계, 상기 마이크로파 방전 플라즈마에 연료를 공급하여 플라즈마 화염을 발생시키는 단계, 컨베이어(제1 및 제2컨베이어)를 이용하여 오염된 토양을 이송시키는 단계, 상기 플라즈마 화염에 상기 오염된 토양을 노출시키는 단계, 및 상기 플라즈마 화염으로 오염된 토양을 처리하는 과정에서 발생하는 가스와 처리된 토양을 배출하는 단계를 포함한다.

[0046] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마를 이용한 토양 복원장치를 나타낸 단면도이다.

[0047] 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 플라즈마 화염발생장치(100)는 단열 처리된 반응챔버(70)에 부착된다. 제2컨베이어(20)로 이송되는 오염된 토양(22)은 상기 반응챔버(70) 내에 설치된 제2컨베이어(60)로 운반되어 플라즈마 화염에 노출되어 연속적으로 처리된다. 상기 제2컨베이어(60)는 상하 진동하여 상기 오염된 토양(22)이 균일하게 처리되도록 하며 처리된 토양(28)은 처리물 배기부(90)를 통해 배출된다.

[0048] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다수개의 플라즈마 화염발생장치(100)의 배열을 보여주는 단면도이다.

[0049] 도 4를 참조하면, 참조숫자 74의 화살표는 오염된 토양의 이송방향을 나타낸다. 반응챔버(70)에 다수개의 플라즈마 화염발생장치(100)를 배열하여 대량의 오염된 토양을 처리할 수 있다.

[0050] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 차량에 장착되는 이동식 토양 복원장치를 나타낸 도면이다.

[0051] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 플라즈마를 이용한 이동식 오염 토양의 복원장치는 마이크로파 플라즈마에 탄화수소 연료를 공급하여 플라즈마 화염을 발생시키고 상기 플라즈마 화염에 오염된 토양을 노출시켜 정화하는 오염된 토양 복원장치(200)를 이동수단에 설치하고, 상기 오염된 토양이 굴착되어 상기 오염 토양 복원장치로 공급되게 하는 구성이다. 여기에서, 상기 토양 복원장치(200)는 이동 가능한 수단으로서 차량에 장착되어 국부적인 오염원에서 오염된 토양을 복원하고 또 다른 오염지역으로 이동하여 토양오염을 제거할 수 있다.

[0052] 이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다.

### 도면의 간단한 설명

[0053] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마를 이용한 오염 토양 복원장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

[0054] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 화염발생장치를 나타낸 단면도이다.

[0055] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마를 이용한 토양 복원장치를 나타낸 단면도이다.

[0056] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다수개의 플라즈마 화염발생장치의 배열을 보여주는 도면이다.

[0057] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 차량에 장착되는 이동식 토양 복원장치를 나타낸 도면이다.

[0058] \*도면의 주요부분에 대한 부호의 설명\*

[0059] 10: 굴착 20: 제1컨베이어

[0060] 30: 마이크로파 방전 플라즈마부 32: 마이크로파

[0061] 34: 도파관 40: 유전체관

[0062] 44: 지지체 46a, 46b: 플라즈마 가스 주입구

[0063] 50: 연료 공급부 60: 제2컨베이어

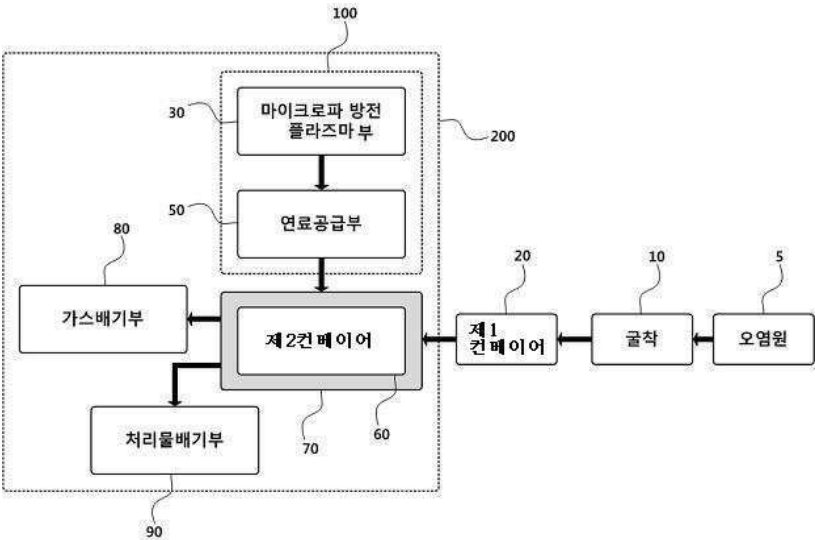
[0064] 70: 반응챔버 80: 가스 배기부

[0065] 90: 처리물 배기부 100: 플라즈마 화염발생장치

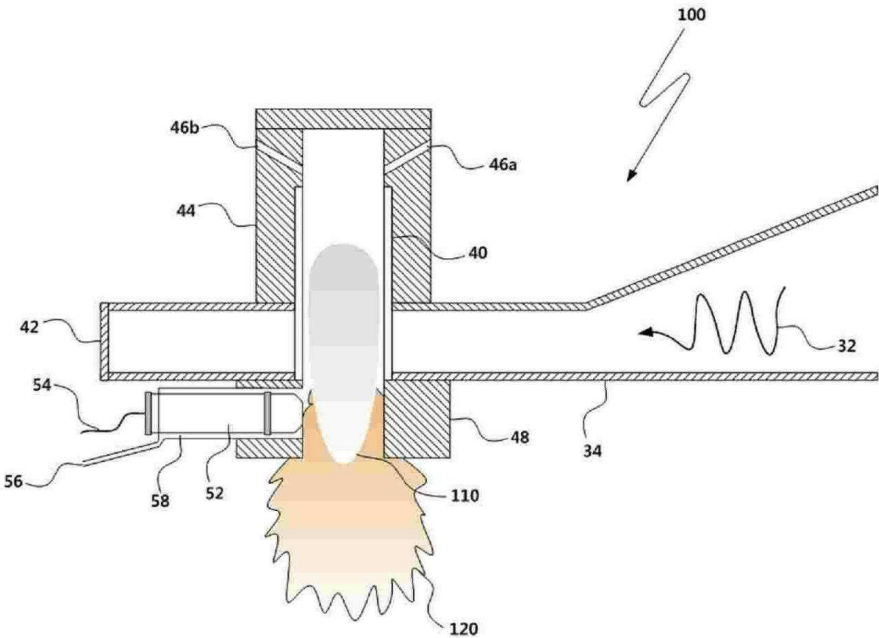
[0066] 110: 마이크로파 플라즈마 200: 토양 복원장치

도면

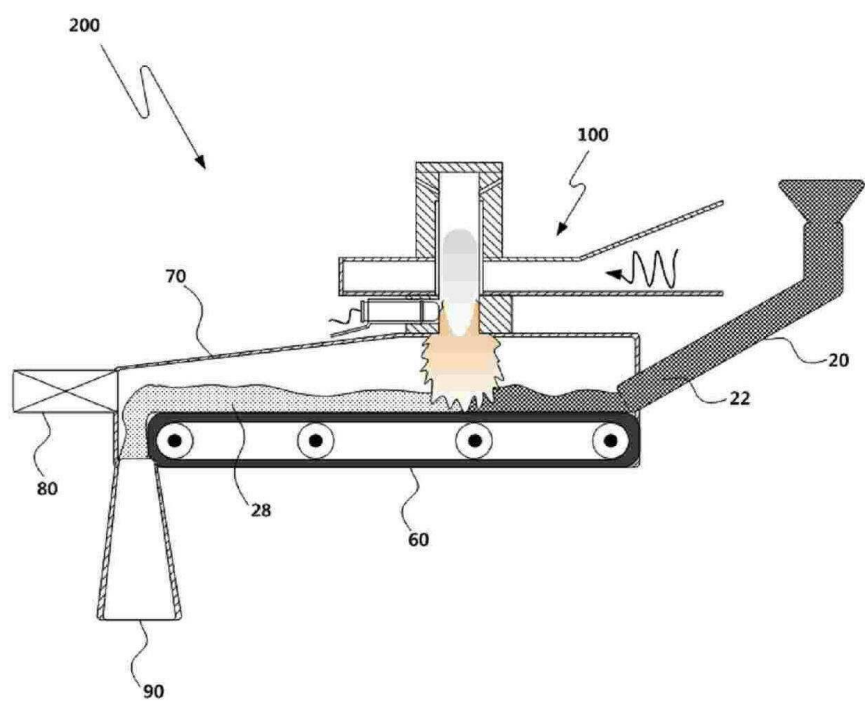
도면1



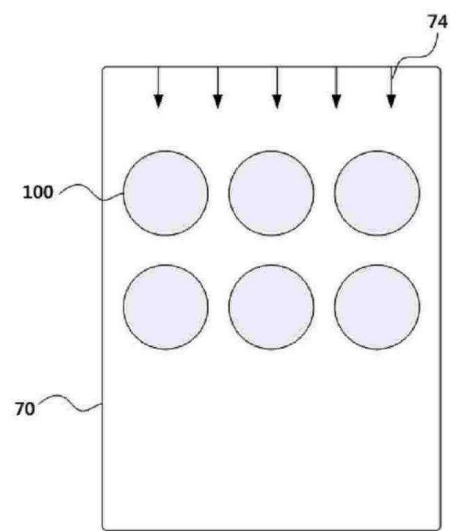
도면2



도면3



도면4



도면5

