



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월28일  
(11) 등록번호 10-1486203  
(24) 등록일자 2015년01월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01T 13/52 (2006.01) H01T 13/20 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0167941  
(22) 출원일자 2013년12월31일  
심사청구일자 2013년12월31일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2011003482 A  
JP53009178 U  
US06583539 B1

(73) 특허권자  
한국기계연구원  
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)  
(72) 발명자  
김태영  
대전 유성구 전민로34번길 28, 303호 (전민동, 나  
이스빌)  
이용규  
대전광역시 서구 둔산로 155 (둔산동, 크로바아  
파트) 109-1303  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김종관, 권오식, 박창희

전체 청구항 수 : 총 7 항

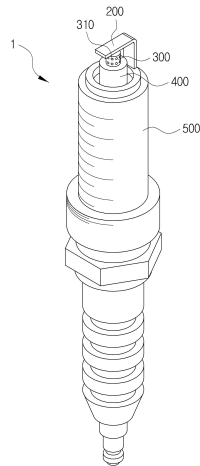
심사관 : 김수섭

(54) 발명의 명칭 유전체 장벽 방전을 이용한 복합 점화 플러그

(57) 요약

본 발명은 유전체 장벽 방전을 이용한 복합 점화 플러그에 관한 것으로서, 기존의 스파크 플러그에서 발생하는 아크(arc) 뿐만 아니라, 유전체 장벽 방전에서 발생하는 필라멘트 방전 또는 글로우 방전 등을 발생시켜 연소 특성을 향상시킬 수 있는 복합 점화 플러그에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**김용래**

대전광역시 유성구 반석동로 82 (반석동, 반석마을6단지아파트) 603-1406

**박철웅**

대전 유성구 배울1로 13, 202동 1302호 (관평동, 대우푸르지오)

**오승목**

대전광역시 서구 청사서로 11 (월평동) 107-1305

**강건용**

대전광역시 유성구 계룡로 55 (봉명동, 유성자이) 101-2203

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

차량의 내연 기관용으로, 유전체 장벽 방전을 이용한 복합 점화 플러그에 있어서,  
중앙 전극인 축을 구비하며, 고전압이 인가되는 금속 재질의 양전극;  
상기 양전극과 일정 간격 이격되어 형성되는 음전극; 및  
상기 양전극 또는 음전극의 외주면을 감싸며 형성되며, 일정 영역이 관통 형성된 관통홀을 포함하는 비금속 재질의 유전체 장벽부;  
을 포함하여 형성되는 것을 특징으로 하는 복합 점화 플러그.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,  
상기 복합 점화 플러그는  
상기 음전극이 금속 재질의 접지 전극이며,  
상기 양전극 외주면을 상기 유전체 장벽부가 감싸도록 형성되는 것을 특징으로 하는 복합 점화 플러그.

**청구항 3**

제 2항에 있어서,  
상기 음전극은  
상기 유전체 장벽부의 외주면과 방사방향으로 일정거리 이격되어 형성되는 것을 특징으로 하는 복합 점화 플러그.

**청구항 4**

제 2항에 있어서,  
상기 음전극은  
상기 양전극과 높이방향으로 일정거리 이격되어 형성되는 것을 특징으로 하는 복합 점화 플러그.

**청구항 5**

제 1항에 있어서,  
상기 유전체 장벽부는  
상기 관통홀이 원주방향 또는 높이방향으로 일정간격 이격되어 다수개 형성되는 것을 특징으로 하는 복합 점화 플러그.

**청구항 6**

제 1항에 있어서,

상기 복합 점화 플러그는

상기 양전극 및 음전극 사이 간격이 0.5~10mm인 것을 특징으로 하는 복합 점화 플러그.

**청구항 7**

제 1항에 있어서,

상기 복합 점화 플러그는

직류 전압 또는 교류전압으로 작동되는 것을 특징으로 하는 복합 점화 플러그.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 유전체 장벽 방전을 이용한 복합 점화 플러그에 관한 것으로서, 기존의 스파크 플러그에서 발생하는 아크(arc) 뿐만 아니라, 유전체 장벽 방전에서 발생하는 필라멘트 방전 또는 글로우 방전 등을 발생시켜 연소 특성을 향상시킬 수 있는 복합 점화 플러그에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 엔진과 같은 내연기관에서 연료를 점화하기 위한 점화시스템에서, 유전체 장벽 방전(DBD: Dielectric barrier discharge)을 통한 점화의 경우, 주변 유체를 개질하여 라디칼(Radical)을 발생시키고, 이때 발생한 라디칼은 연소 속도를 향상시키고 점화 지연을 짧게 하는데 도움을 준다는 장점이 있다.

[0003] 또한, 유전체 장벽 방전은 한 줄기의 강한 스트리머(Streamer) 형태의 아크(Arc) 방전과 달리, 여러 갈래의 플라즈마가 발생하여 회박 연소 가능성을 향상시키고, 적은 에너지만 소모한다.

[0004] 이와 관련된 기술로는, Japan, COMODIA에 2012년 게시된 Taisuke Shiraishi의 "A Study on the Effect and Mechanism of Plasma Assisted Gasoline HCCI Combustion by Low Temperature Plasma" 문헌이 있다.

[0005] 하지만 유전체 장벽 방전 (DBD: Dielectric barrier discharge)을 통한 점화는 낮은 점화 에너지에 의해 연소 안정성이 떨어지며, 연소 안정성을 높이기 위해 전극 간에 가해지는 전위차를 크게 할 경우에는 유전체의 파손이 발생할 수도 있다는 단점이 있다.

[0006] 이에 따라, 기존에는 유전체 장벽 방전으로 플라즈마를 발생시켜 점화원으로 사용하거나, 플라즈마에 의해 발생한 라디칼을 연소 보조원으로 활용하는 정도의 연구가 진행되곤 하였다.

[0007] 한편, 기존의 점화 플러그는 약 1~2mm 간격을 두고 떨어진 고전위의 금속 전극에서 저전위의 금속 전극으로의 방전을 일으켜 연소실 내의 연료 및 공기 혼합기를 연소시킨다.

[0008] 이때의 방전은 전극과 전극을 잇는 한 줄기의 스파크(spark) 혹은 아크(arc) 방전으로 주로 전극 간의 공간에서만 발생되어 도 1과 같이 플라즈마의 길이가 짧은 편이다.

[0009] 이렇듯 좁은 영역에서 발생하는 플라즈마 특성 때문에 이론 공연비보다 연료가 부족한 회박 연소 조건이나 배기가스를 재순환하여 사용하는 EGR(Exhaust Gas Recirculation)을 적용할 경우, 낮은 혼합기 농도나 연소실 내의 높은 불균일성에 의해 실화 발생 가능성이 커지는 등, 불안정한 연소 특성을 야기한다.

[0010] 또한, 기존의 점화 플러그는 연소실 내에서 연료 분사용 인젝터가 점화 플러그가 근거리 내에 위치하기 때문에 분사된 연료가 전극 표면을 적시거나, 발생된 플라즈마와 접촉할 경우, 연소가 잘 이루어지지 않는 문제점도 있었다.

[0011] 즉, 스파크 또는 아크 방전으로 발생된 플라즈마는 유전체 장벽 방전에 의해 발생된 플라즈마와 달리, 플라즈마의 갈래 수가 적고, 그 길이가 짧기 때문에 연료에 의해 젖지 않는 영역이 상대적으로 작아, 연료와 접촉할 경우 점화 실패 가능성이 높다.

[0012] 이에 따라, 기존 스파크 점화 플러그의 연소특성을 개선하고, 회박 가연 한계를 확장시킬 수 있는 점화 플러그

의 개발이 필요한 실정이다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

[0013] (비특허문헌 0001) Taisuke Shiraishi, "A Study on the Effect and Mechanism of Plasma Assisted Gasoline HCCI Combustion by Low Temperature Plasma", 2012, COMODIA, JAPAN

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0014] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 기존의 스파크 플러그에서 발생하는 아크(arc) 뿐만 아니라, 유전체 장벽 방전에서 발생하는 필라멘트 방전 또는 글로우 방전 등을 발생시켜 연소 특성을 향상시킬 수 있는 복합 점화 플러그를 제공하는 것이다.

[0015] 더욱 상세하게, 본 발명의 목적은 양전극의 표면을 감싸도록 형성되는 유전체 장벽부에 관통홀이 형성되어, 초기에는 글로우 방전이나 필라멘트 방전을 통해 여러 갈래로 낮은 에너지 수준의 플라즈마, 즉 라디칼이 형성되며, 일정 시간 경과 후, 관통홀을 통해 고전압부인 양전극과 접지 전극인 음전극 사이에 아크방전이 일어남으로써, 여러 갈래의 긴 형상으로 발생하는 아크로 인해 연소 안정성이 향상될 수 있는 복합 점화 플러그를 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0016] 본 발명의 복합 점화 플러그는 차량의 내연 기관용으로, 유전체 장벽 방전을 이용한 복합 점화 플러그에 있어서, 중앙 전극인 축을 구비하며, 고전압이 인가되는 금속 재질의 양전극; 상기 양전극과 일정 간격 이격되어 형성되는 음전극; 및 상기 양전극 또는 음전극의 외주면을 감싸며 형성되며, 일정 영역이 관통 형성된 관통홀을 포함하는 비금속 재질의 유전체 장벽부; 을 포함하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 상기 복합 점화 플러그는 상기 음전극이 금속 재질의 접지 전극이며, 상기 양전극 외주면을 상기 유전체 장벽부가 감싸도록 형성될 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 상기 음전극은 상기 유전체 장벽부의 외주면과 방사방향으로 일정거리 이격되어 형성될 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 상기 음전극은 상기 양전극과 높이방향으로 일정거리 이격되어 형성될 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 상기 유전체 장벽부는 상기 관통홀이 원주방향 또는 높이방향으로 일정간격 이격되어 다수개 형성될 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 상기 복합 점화 플러그는 상기 양전극 및 음전극 사이 간격이 0.5~10mm일 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 상기 복합 점화 플러그는 직류 전압 또는 교류전압으로 작동될 수 있다.

**발명의 효과**

[0023] 본 발명의 복합 점화 플러그는 유전체 장벽 방전을 통해 점화 전 낮은 에너지를 소모하는 이온성 바람(Ionic wind) 및 라디칼을 발생시키고, 일정 시간 경과 후 넓은 영역에 걸쳐 발생하는 아크 방전을 통해 혼합기를 연소 시킴으로써, 기존 스파크 플러그에 비하여 연소 특성이 우수하고, 희박 가연 한계를 확장시키며, 연소 속도가

빠르다는 장점이 있다.

- [0024] 다시 설명하면, 본 발명의 복합 점화 플러그는 양전극의 표면을 감싸도록 형성되는 유전체 장벽부에 관통홀이 형성되어, 초기에는 글로우 방전이나 필라멘트 방전을 통해 여러 갈래로 낮은 에너지 수준의 플라즈마, 즉 라디칼이 형성되며, 일정 시간 경과 후, 관통홀을 통해 고전압부인 양전극과 접지 전극인 음전극 사이에 아크방전이 일어남으로써, 여러 갈래의 긴 형상으로 발생하는 아크로 인해 연소 안정성이 향상될 수 있다.
- [0025] 이에 따라, 본 발명은 발생하는 고온의 아크가 혼합기를 연소시키며, 혼합기의 연소 시 발생하는 화염이 여러 개의 kernel을 갖는 난류 형태로, 화염 전파 속도가 높고, 희박 연소 조건이나 EGR 조건에서도 실화 발생 가능성이 크게 저하될 수 있다.
- [0026] 아울러, 차량 내연기관의 연소실 내부에서 연료 분사용 인젝터와 점화 플러그가 근거리에 위치하여 분사된 연료가 음전극 또는 양전극의 표면을 적시더라도, 본 발명은 다수개의 관통홀을 통해 아크가 여러 갈래로 길게 형성되기 때문에 안정적으로 연소가 이루어질 수 있다는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0027] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 복합 점화 플러그를 나타낸 사시도.
- 도 2는 도 1의 복합 점화 플러그를 나타낸 단면도.
- 도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 복합 점화 플러그를 나타낸 사시도.
- 도 4는 도 3의 복합 점화 플러그를 나타낸 단면도.
- 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 복합 점화 플러그를 나타낸 정면도.
- 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 복합 점화 플러그를 나타낸 사시도.
- 도 7 및 도 8은 본 발명의 복합 점화 플러그를 이용하여 연소시킨 아크를 나타낸 사진.
- 도 7 및 도 8은 본 발명의 복합 점화 플러그를 이용하여 연소시킨 아크를 나타낸 사진.
- 도 9 및 도 10은 본 발명에 따른 복합 점화 플러그와 스파크 플러그의 점화 속도를 비교한 영상.
- 도 11 및 도 12는 본 발명에 따른 복합 점화 플러그와 스파크 플러그의 의박영역 및 점화속도를 비교한 그래프.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0028] 이하, 상술한 바와 같은 본 발명에 따른 유전체 장벽 방전을 이용한 복합 점화 플러그를 첨부된 도면을 참조로 상세히 설명한다.
- [0029] **실시예 1.**
- [0030] 실시예 1에서는 도 1 및 도 2를 참고로 본 발명에 따른 복합 점화 플러그의 기본적인 형태에 대해 설명한다.
- [0031] 본 발명에 따른 유전체 장벽 방전을 이용한 복합 점화 플러그(1)는 대부분 차량의 내연 기관에 사용되며, 크게 양전극(100), 유전체 장벽부(300) 및 음전극(200)을 포함하여 형성된다.
- [0032] 상기 양전극(100)은 금속 재질로 형성되며, 중앙 전극인 축을 구비하며, 고전압이 인가된다.
- [0033] 상기 양전극(100)은 스테인리스 스틸, 알루미늄, 크롬, 구리, 니켈 도는 이들의 조합으로 만들어질 수 있으며, 금속봉 형태로 형성될 수 있다.
- [0034] 상기 유전체 장벽부(300)는 유전체 장벽 방전을 위해 구비되는 것으로, 상기 양전극(100) 또는 음전극(200)의 외주면을 감싸도록 형성되며, 비금속 재질로 절연 특성을 갖는다.
- [0035] 상기 유전체 장벽부(300)는 알루미늄 및 실리카 등으로 제작될 수도 있으며, 칼슘, 마그네슘, 지르코늄 또는 붕소와, 적어도 하나의 옥사이드로 구성될 수도 있다.

- [0036] 특히, 상기 유전체 장벽부(300)에는 외주면 일정 영역이 관통 형성된 관통홀(310)을 포함하여 형성된다.
- [0037] 상기 관통홀(310)은 수십 마이크로미터 크기의 구멍으로, 상기 양전극(100) 또는 음전극(200)이 노출되도록 함으로써, 상기 양전극(100) 및 음전극(200) 간에 아크 방전이 발생될 수 있도록 하는 역할을 한다.
- [0038] 상기 유전체 장벽부(300)는 상기 관통홀(310)의 개수가 많을수록 상기 양전극(100) 및 음전극(200) 간에 발생하는 플라즈마 개수가 많아지며, 연소 시 연료 분사용 인젝터에서 분사되는 연료가 전극 표면을 적시더라도 쪼이지 않은 관통홀(310)을 통해 플라즈마가 발생될 수 있기 때문에, 상기 관통홀(310)이 원주방향 또는 높이방향으로 일정간격 이격되어 다수개 형성되는 것이 바람직하다.
- [0039] 상기 음전극(200)은 상기 양전극(100)과 일정 간격 이격되어 형성되는 것으로, 비금속 재료의 유전체 장벽으로 감싸져 형성될 수도 있고, 유전체 장벽 없이 금속 재료로 형성될 수도 있다.
- [0040] 이때, 상기 음전극(200)은 스테인리스 스틸, 바리움알루미늄이트 등의 금속 재료로 형성될 수 있다.
- [0041] 즉, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 두 종류 이상의 복합적인 플라즈마를 발생시키기 위해, 상기 양전극(100) 및 음전극(200) 중 하나의 금속 전극이 유전체 장벽으로 감싸진 형태이면 된다.
- [0042] 다만, 이하에서는 상기 양전극(100)의 외주면을 상기 유전체 장벽부(300)가 감싸며 형성된 복합 점화 플러그(1)를 기준으로 설명한다.
- [0043] 상기 음전극(200)은 상기 양전극(100)을 감싸며 형성되는 유전체 장벽부(300)의 외주면과 방사방향으로 일정거리 이격되어 상기 양전극(100)과 동축 방향으로 형성될 수도 있고, 상기 양전극(100)과 높이방향으로 일정거리 이격되어 형성되는 형태일 수도 있다.
- [0044] 상기 음전극(200)의 다양한 실시예에 대해서는 아래에서 다시 상세히 설명하기로 한다.
- [0045] 본 발명의 점화 플러그에 적용되는 유전체 장벽은 양전극(100)과 음전극(200), 두 전극 사이에 전기저항을 높임과 동시에, 전자 및 이온 등의 전기 에너지 전송 캐리어가 전극의 일정 영역에 집중되는 것을 방지하고, 넓은 면으로 골고루 분포될 수 있도록 하여 전기 에너지를 분산시키는 역할을 하게 된다.
- [0046] 상기 양전극(100)은 전기 에너지가 전극 모서리에 집중되는 것을 최대한 억제할 수 있도록 부드럽게 가공된 금속봉 형태이되, 상기 유전체 장벽부(300)에 의해 감싸지도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0047] 이에 따라, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 전극에 고전압이 인가된 후로부터 일정 시간 경과한 후, 상기 음전극(200) 및 유전체 장벽 사이에 형성되는 공간에서 상기 음전극(200) 및 양전극(100) 간에 필라멘트 방전(Filamentary discharge) 또는 글로우 방전(Glow discharge)이 발생되는데, 전압이 최대치에 도달하지 못하여 고전압 부분의 유전체 장벽부(300)와 접지전극인 음전극(200) 간에 낮은 에너지 수준의 플라즈마가 형성된다.
- [0048] 이때, 이온성 바람(Ionic wind)이 발생되고 여러 갈래의 약한 플라즈마인 라디칼이 생성된다.
- [0049] 특히, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 라디칼이 생성된 이후 일정 시간이 경과하면, 상기 유전체 장벽부(300)에 형성된 관통홀(310)을 통해 노출된 고전압부 전극인 상기 양전극(100)과 접지 전극인 상기 음전극(200) 간에 아크 방전이 일어난다.
- [0050] 이때 발생된 아크는 추후 여러 갈래로 갈라지거나, 자유롭게 휘는 등의 모습으로 나타나며 본 발명에서 나타나는 아크의 길이는 10mm 이상이 될 수 있다.
- [0051] 즉, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 글로우 방전뿐만 아니라 아크 방전을 복합적으로 일으켜 혼합기를 연소시키며, 이를 통해 희박 연소 한계가 확장되고 화염 전파속도가 증가될 수 있다.
- [0052] **실시예 2.**
- [0053] 실시예 2에서는 도 1 및 도 6을 참고로 음전극(200)의 형태에 대한 다양한 실시예를 설명한다.
- [0054] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 음전극(200)이 상기 양전극(100)과 높이방향으로 일정거리 이격되어 형성될 수 있다.

- [0055] 도 1에 도시된 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 세라믹 절연체(400)에 의해 유지되고, 상기 세라믹 절연체(400)의 상측으로 돌출되어 형성된 양전극(100)과, 상기 양전극(100)의 외주면을 감싸도록 형성된 유전체 장벽부(300)와, 상기 세라믹 절연체(400)와 방사방향으로 이격되어 외주면을 둘러싸도록 형성된 외부하우징(500)과, 상기 외부하우징(500)의 상단부에서 대략 'ㄱ'자 형태로 돌출되어 형성된 음전극(200)을 포함하여 형성된다.
- [0056] 이때, 상기 음전극(200)은 도 1과 같이 상기 양전극(100)과 높이방향으로 마주보는 면이 편평한 형태일 수도 있고, 도 5와 같이 단부가 뾰족한 뿔형태일 수도 있으며, 도 6과 같이 방사방향으로 돌출된 다각형태일 수도 있다.
- [0057] 상기 음전극(200)은 그 형태에 따라 상기 양전극(100)과의 거리가 달라질 수 있으며, 이에 따라 발생하는 아크의 길이 또는 특성이 달라질 수 있으므로, 이 또한 필요에 따라 얼마든지 다양하게 변경실시가 가능하다.
- [0058] 다만, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 적절한 세기 및 길이의 아크 발생을 위해 상기 양전극(100) 및 음전극(200) 사이 간격이 0.5~10mm가 되도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0059] 도 3에는 또 다른 형태의 음전극(200)을 갖는 복합 점화 플러그(1)가 도시되어 있는데, 이 경우, 상기 음전극(200)은 상기 양전극(100)을 감싸며 형성되는 유전체 장벽부(300)의 외주면과 방사방향으로 일정거리 이격되어 형성된다.
- [0060] 상기 음전극(200)은 대략 원통 형태로 형성되며, 도 3과 같이 일부 영역이 증공되어 형성될 수도 있으며, 그 형태는 얼마든지 다양하게 변경 실시가 가능하다.
- [0061] **실시예 3.**
- [0062] 실시예 3에서는 도 7 내지 도 8을 참고로 본 발명의 복합 점화 플러그(1)를 이용한 점화 방식에 대해 설명한다.
- [0063] 먼저, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 전압이 인가되어 작동되기 시작하는데, 직류나 교류 전압으로 모두 작동 가능하며, 도 7 및 도 8의 실험 결과는 교류 전압을 인가하여 수행된 결과로, 전압 크기는 약 20~22kV 이었으며, 10khz의 교류 주파수로 전압이 인가된 상태에서 실험이 수행되었다.
- [0064] 도 7은 초기 압력 3bar에서 공연비 1.35의 이소옥탄(iso-octane) 공기 혼합기를 본 발명에 따른 복합 점화 플러그(1)로 연소시킨 영상을 시간에 따라 나타낸 것이며, 도 8은 초기 압력 5bar에서 공연비 1.35의 이소옥탄(iso-octane) 공기 혼합기를 본 발명에 따른 복합 점화 플러그(1)로 연소시킨 영상을 나타낸 것이다.
- [0065] 전극에 고전압이 인가된 후로부터 약 0.5ms가 경과한 시점의 결과를 보면, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)에서는 고전압부와 연결된 양전극(100)과 접지 전극인 음전극(200)간에 글로우 방전 (Glow discharge)이나 필라멘트 방전 (Filamentary discharge)이 발생된다.
- [0066] 이때에는 전압이 최대치에 도달하지 못하여 상기 유전체 장벽부(300)와 음전극(200) 간에 낮은 에너지 수준의 플라즈마가 형성되며, 라디칼이 생성되고 이온성 바람이 발생된다.
- [0067] 전압이 인가된 후, 1.5~2ms 정도가 경과되면 상기 유전체 장벽부(300) 상에 형성된 상기 관통홀(310)을 통해 노출된 상기 양전극(100)과 상기 음전극(200) 간에 아크 방전이 일어나며, 이때 발생된 아크는 향후 여러 갈래로 갈라지거나 자유롭게 휘는 등의 형상으로 변화하며, 아크의 길이는 대략 10mm 이상으로 기존의 스파크 플러그에서 발생된 아크보다 길게 형성된다.
- [0068] 발생된 고온의 아크는 혼합기를 연소시키며, 혼합기의 연소 시 발생된 화염은 여러 개의 커널(kernel)을 갖는 난류 형태이다.
- [0069] 도 9는 초기압력 3bar에서 공연비 1.54의 공기 혼합기를 본 발명에 따른 복합 점화 플러그로 연소시킨 영상(a)과, 공연비 1.57의 공기 혼합기를 종래의 스파크 플러그로 연소시킨 영상(b)이며, 도 10은 초기압력 5bar에서 공연비 1.61의 공기 혼합기를 본 발명에 따른 복합 점화 플러그로 연소시킨 영상(a)과, 공연비 1.67의 공기 혼합기를 종래의 스파크 플러그로 연소시킨 영상(b)이다.
- [0070] 도 9 및 도 10의 영상을 통해, 비슷한 공연비 조건에서 종래의 스파크 플러그보다 본 발명에 따른 복합 점화 플러그로 점화시 점화지연이 짧아 연소 속도가 더 빠르다는 것을 알 수 있다.



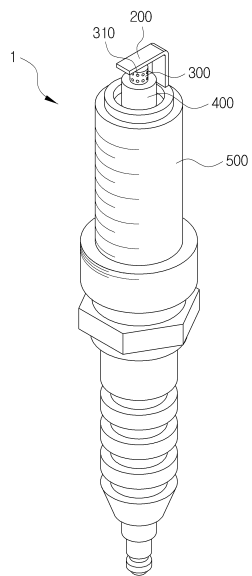
- [0071] 도 11은 초기압력 3bar에서 본 발명에 따른 복합 점화 플러그와 종래의 스파크 플러그의 점화시간에 따른 압력 변화를 측정하여 회박연소 한계를 나타낸 그래프로, 스파크 플러그의 회박 연소 한계는 1.57이나, 본 발명에 따른 복합 점화 플러그의 회박 연소 한계는 1.89이므로, 본 발명의 복합 점화 플러그의 회박 영역이 종래에 비해 확장되었음을 알 수 있다.
- [0072] 도 11은 초기압력 3bar에서 본 발명에 따른 복합 점화 플러그와 종래의 스파크 플러그의 점화시간에 따른 압력 변화를 측정하여 회박연소 한계를 나타낸 그
- [0073] 도 12는 EGR이 적용되지 않으며, 초기압력이 3bar인 조건에서 본 발명에 따른 복합 점화 플러그와 스파크 플러그의 mass burn duration을 나타낸 것으로, 본 발명에 따른 복합 점화 플러그의 초기 연소 속도가 스파크 플러그 대비 빠르다는 것을 알 수 있다.
- [0074] 이와 같은 실험 결과는 3bar 조 건 뿐만 아니라 5bar 조건에서도 동일하게 나타난다. 즉, 본 발명의 복합 점화 플러그는 스파크 플러그보다 회박 영역이 확장되었으며, 초기 연소 속도가 빠르다는 장점이 있다.
- [0075] 본 발명의 특징에 대해 다시 한 번 정리하면, 본 발명의 복합 점화 플러그(1)는 유전체 장벽 방전을 통해 점화 전 낮은 에너지를 소모하는 이온성 바람(Ionic wind) 및 라디칼을 발생시키고, 일정 시간 경과 후 넓은 영역에 걸쳐 발생하는 아크 방전을 통해 혼합기를 연소시킴으로써, 기존 스파크 플러그에 비하여 연소 특성이 우수하고, 회박 가연 한계를 확장시키며, 연소 속도가 빠르다는 장점이 있다.
- [0076] 즉, 본 발명은 양전극(100)의 표면을 감싸도록 형성되는 유전체 장벽부(300)에 관통홀(310)이 형성되어, 초기에는 글로우 방전이나 필라멘트 방전을 통해 여러 갈래로 낮은 에너지 수준의 플라즈마, 즉 라디칼이 형성되며, 일정 시간 경과 후, 관통홀(310)을 통해 고전압부인 양전극(100)과 접지 전극인 음전극(200) 사이에 아크방전이 일어남으로써, 여러 갈래의 긴 형상으로 발생하는 아크로 인해 연소 안정성이 향상될 수 있다.
- [0077] 이에 따라, 본 발명은 발생하는 고온의 아크가 혼합기를 연소시키며, 혼합기의 연소 시 발생하는 화염이 여러 개의 커널(kernel)을 갖는 난류 형태로, 화염 전파 속도가 높고, 회박 연소 조건이나 EGR 조건에서도 실화 발생 가능성이 크게 저하될 수 있다.
- [0078] 아울러, 차량 내연기관의 연소실 내부에서 연료 분사용 인젝터와 점화 플러그가 근거리에 위치하여 분사된 연료가 음전극(200) 또는 양전극(100)의 표면을 적시더라도, 본 발명은 다수개의 관통홀(310)을 통해 아크가 여러 갈래로 길게 형성되기 때문에 안정적으로 연소가 이루어질 수 있다.
- [0079] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

**부호의 설명**

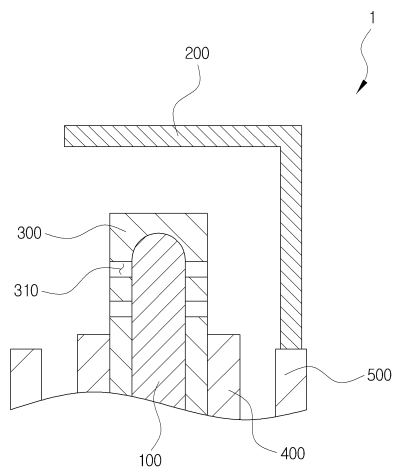
- [0080] 1 : 복합 점화 플러그
- 100 : 양전극
- 200 : 음전극
- 300 : 유전체 장벽부
- 310 : 관통홀
- 400 : 세라믹 절연체
- 500 : 외부하우징

도면

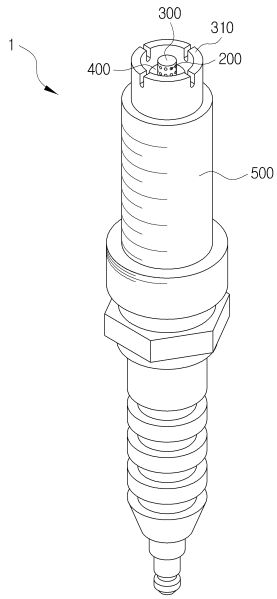
도면1



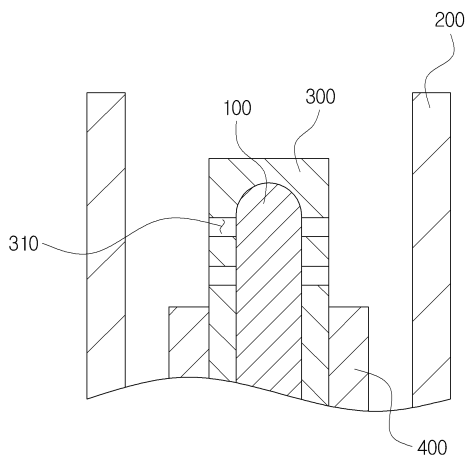
도면2



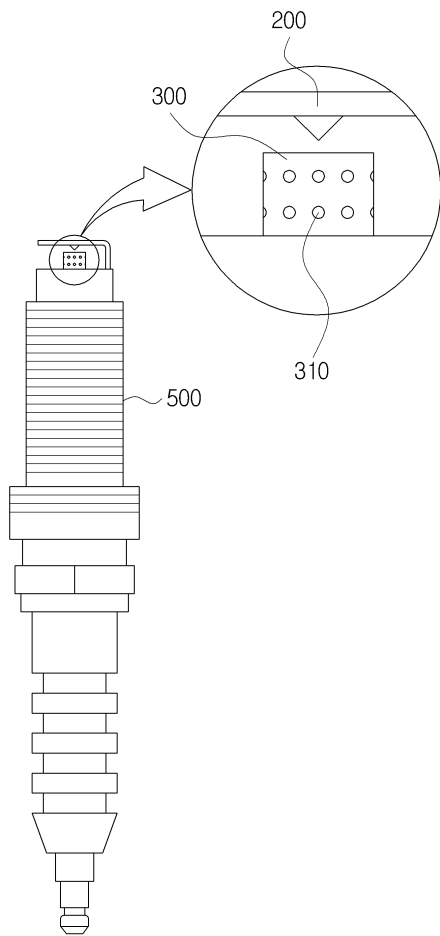
도면3



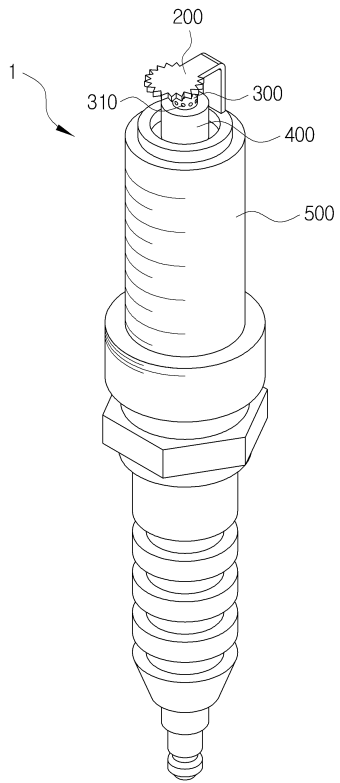
도면4



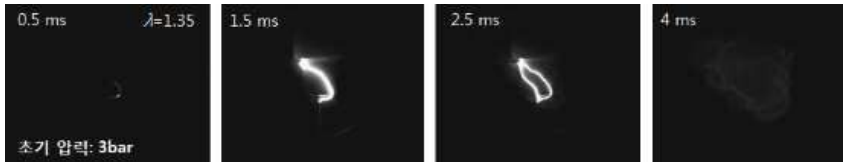
도면5



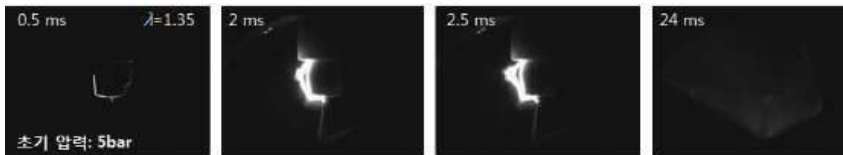
도면6



도면7



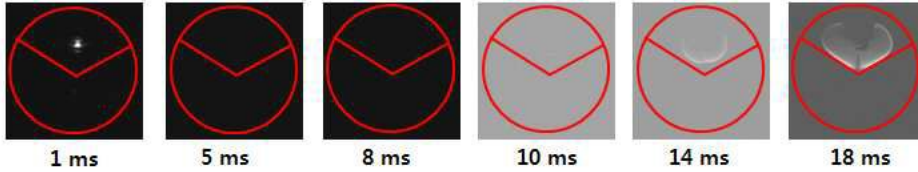
도면8



도면9



(a) 복합 점화 플러그  
 $\lambda$  (공연비) = 1.54

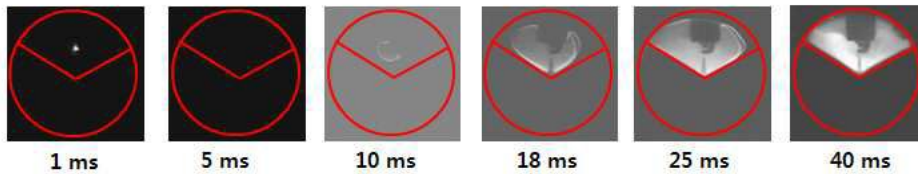


(b) 스파크플러그  
 $\lambda$  (공연비) = 1.57

도면10

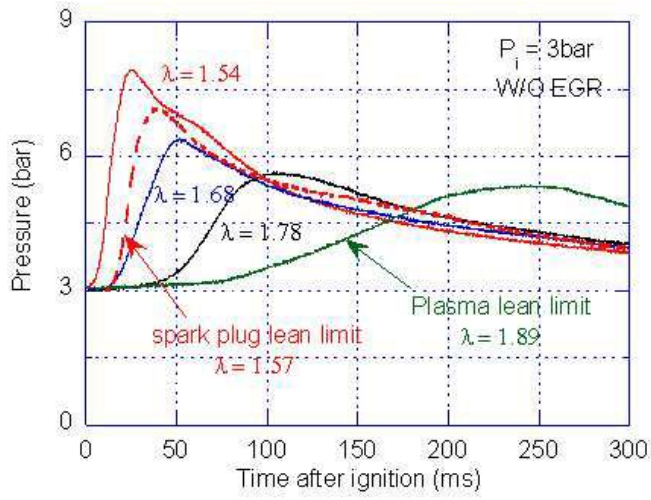


(a) 복합플라즈마  
 $\lambda$  (공연비) = 1.61



(b) 스파크플러그  
 $\lambda$  (공연비) = 1.67

도면11



도면12

