



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0056690  
(43) 공개일자 2014년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B01D 53/32 (2006.01) B01J 19/12 (2006.01)  
C01B 17/45 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0121780  
(22) 출원일자 2012년10월31일  
심사청구일자 2012년10월31일

(71) 출원인  
계명대학교 산학협력단  
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095 (신당동)  
(72) 발명자  
최성우  
대구 달서구 달서대로 719, 105동 2005호 (신당동, 신당한화꿈에그린아파트)  
강훈철  
대구 동구 반야월로22길 8-4, (율하동)  
이철규  
대구광역시 달서구 신당동 1802-2번지 501호  
(74) 대리인  
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 4 항

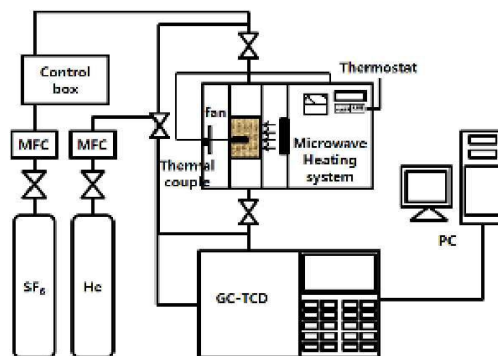
(54) 발명의 명칭 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법

(57) 요약

본 발명에 의하면, 마이크로웨이브로 처리하는 공정을 포함하는 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 2,400 내지 2,450 MHz의 주파수와, 1.0 내지 1.2kW의 최대출력 처리하는 것을 특징으로 한다. 한편 상기 분해 방법에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 촉매로 하고 SiC를 발열체로 하는 것을 특징으로 한다.

따라서 마이크로웨이브의 발열체로 SiC를 촉매로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 사용하여 SF<sub>6</sub>를 600 내지 900℃에서 분해할 수 있어서 종래에 비해 낮은 온도에서 분해가 가능하므로 에너지를 효율적으로 이용할 수 있으며, 더욱이 종래의 플라즈마를 사용하는 경우 다른 종류의 과불화합물로 전환될 수 있어 분해 효율이 낮을 뿐만 아니라 CoF<sub>2</sub>와 같은 유독성 물질과 펌프를 부식시키는 HF가 생성되는 반면에 마이크로웨이브를 이용한 본 발명은 상기와 같은 유독물질이 생성되지 않는 장점을 갖는다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|        |                                          |
|--------|------------------------------------------|
| 과제고유번호 | C0040248                                 |
| 부처명    | 지식경제부                                    |
| 연구사업명  | 중소기업 산학협력사업                              |
| 연구과제명  | 마이크로파를 열분해 장치를 이용한 Non-CO2온실가스 저감 기술의 개발 |
| 기 여 율  | 1/1                                      |
| 주관기관   | 계명대학교산학협력단                               |
| 연구기간   | 2012.06.01 ~ 2013.05.31                  |

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

마이크로웨이브로 처리하는 공정을 포함하는 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마이크로웨이브는 2,400 내지 2,450 MHz로, 최대출력은 1.0 내지 1.2kW로 하여 처리하는 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 분해 방법은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 촉매로 하고 SiC를 발열체로 하는 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 분해 방법은 600 내지 900℃에서 수행되는 것을 특징으로 하는 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 반도체 제조 공정 등에서 사용되는 온실가스 중 하나인 SF<sub>6</sub> 가스를 분해하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 종래의 열분해 방법과는 다르게 저온으로 열분해 할 수 있는 촉매와 발열체를 사용하는 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 일반적으로 PFC(Perfluorocompounds)는 CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>등의 총칭이다. PFC 가스는 반도체 에칭용 가스, 반도체 세정용 가스 또는 절연 가스로 사용되며 뿐 만 아니라 자동차 생산공정, 마그네슘 정련업계 등에서 사용되고 있다. 이 PFC 가스는 지구 온난화 가스이며, 대기 방출의 규제 대상으로 되어 있다. 특히 SF<sub>6</sub>는 대기 중 이산화탄소에 비해 1% 미만으로 매우 적지만 지구온난화지수가 이산화탄소에 비해 23,900배 높아 매우 중요한 온실가스중 하나이다. SF<sub>6</sub>를 제거하는 기술은 전기 RTO(Regenerative Thermal Oxidation), 순산소 연소 기술, 플라즈마 제거 및 촉매산화기술로 열분해기술 등이 있다. RTO방식은 초기 승온과 감온 및 히터 및 축열재의 수명단축의 문제가 있으며 순 산소 연소기술의 경우 후단에 HF를 처리하는 습건식 HF처리 장치가 필요하다. 촉매산화방식의 경우 반응 후 발생하는 HF, F<sub>2</sub>로 인해 촉매성능이 저하되고 2차 폐기물처리를 해야 하는 문제점이 있다. 현재 소량의 SF<sub>6</sub>를 제거하는데 플라즈마를 이용한 제거 연구가 진행되고 있으나 처리가스의 유량 증가 시 에너지투입량의 급격히 증가하여 에너지 절감측면에 문제점을 가지고 있다. 산업공정에서 SF<sub>6</sub>의 제거를 위해 소각 및 열분해 방법이 가장 많이 사용되나 SF<sub>6</sub>를 제거 처리하기 위해 1000℃ 이상의 고온이 필요하여 에너지 소비량 많은 단점이 있다. SF<sub>6</sub> 분해온도의 연구결과 1000℃ 이하에서는 거의 제거가 일어나지 않으며 완전 제거가 되기 위해선 2000℃ 이상의 온도가 필요한 문제가 있다.

[0003] 대한민국 공개특허공보 공개번호 제2012-0021651호에 따르면, PFCs가스 분해 장치 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명에 따르면 폐가스인 과불화탄소 가스를 수소, 산소 혼합 가스를 사용하여 열플라즈마 방식으로 처리하는 것으로 수소, 산소 혼합가스 공급기, 플라즈마 제트를 발생시키기 위한 플라즈마 토치, 플라즈마 토치와 결합되고 PFCs 가스 및 수소, 산소 혼합가스를 공급받아 PFCs 가스를 분해하기 위한 반응기, 및 반응기와 결합되어 분해

된 PFCs를 냉각하기 위한 냉각 챔버를 포함하여 구성되어 수소, 산소 혼합가스를 사용하여 열플라즈마 방식으로 PFCs 가스를 분해함으로써 PFCs 가스분해 효율을 극대화 시킬 수 있고, 또한 대유량의 PFCs 가스를 분해함으로써 PFCs 가스분해 효율을 극대화 시킬 수 있고, 또한 대유량의 PFCs 가스를 분해함으로써 PFCs 가스분해 효율을 극대화 시키는 방법이 제시되었다.

[0004] 다만 종래의 방법에서 보듯이 열소각을 위하여 다량의 산소, 수소가 필요하며 플라즈마를 이용하는 경우 많은 에너지가 소요되므로 다량의 PFC 가스를 처리하는데 한계가 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창출한 것으로서, PFC가스의 일종인 SF<sub>6</sub>을 분해하기 위하여 에너지 소비량이 적은 마이크로웨이브기술을 열분해에 적용하고 촉매를 사용하여 부생성물이 발생되지 않는 SF<sub>6</sub>의 분해방법을 제공하는 데 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따르면, 마이크로웨이브로 처리하는 공정을 포함하는 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법이 제공된다.

[0007] 또한 상기 마이크로웨이브는 2,400 내지 2,450 MHz로, 최대출력은 1.0 내지 1.2kW로 하여 처리하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 한편 상기 분해 방법은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 촉매로 하고 SiC를 발열체로 하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한 상기 분해 방법은 600 내지 900℃에서 수행되는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0010] 본 발명에 따른 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법에 의하면, 마이크로웨이브의 발열체로 SiC를 사용하여 SF<sub>6</sub>를 600 내지 900℃에서 분해할 수 있다. 종래에 비해 낮은 온도에서 분해가 가능하므로 에너지를 효율적으로 이용할 수 있다.

[0011] 또한 촉매로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용하여 99.9%의 높은 효율로 SF<sub>6</sub> 가스를 분해할 수 있다.

[0012] 더욱이 종래의 플라즈마를 사용하는 경우 다른 종류의 과불화합물로 전환될 수 있어 분해 효율이 낮을 뿐만 아니라 CoF<sub>2</sub>와와 같은 유독성 물질과 펌프를 부식시키는 HF가 생성되는 반면에 마이크로웨이브를 이용한 본 발명은 상기와 같은 유독물질이 생성되지 않는 장점을 갖는다.

### 도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 SF<sub>6</sub> 가스 분해 장치의 구성도,

도 2는 SiC와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 혼합형태의 구조모형,

도 3a는 마이크로웨이브 장치를 직렬로 하는 경우의 구성도, 도 3b는 마이크로웨이브 장치를 병렬로 하는 경우의 구성도,

도 4는 시간에 따른 SiC 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 온도변화를 나타내는 그래프,

도 5는 시간에 따른 SiC 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 가열속도를 나타내는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하 하기 실시예에 의해 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 다만, 이러한 실시예에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니다.

[0015] 본 발명의 일실시예에 따른 SF<sub>6</sub> 가스 분해 방법은 SF<sub>6</sub> 가스를 반응기에 도입하는 단계, 상기 반응기에 마이크로웨이브를 조사하는 단계, 및 반응기에서 분해된 SF<sub>6</sub> 가스를 냉각시키는 단계를 포함한다.

이브를 조사하여 일정 온도를 유지하는 단계로 이루어진다. 상기 반응기에 충전되는 물질은 마이크로웨이브용 발열체와 세라믹산화물이다.

[0016] 발열체는 SiC(Silicon carbide) 또는 AC(Activated carbon)가 선택되며 반응기 전체의 온도를 상승시킨다. 세라믹산화물은 SF<sub>6</sub> 제거를 위한 촉매역할로 분해온도를 낮추고 분해효율을 높이는 역할을 한다. SF<sub>6</sub> 제거를 위하여 세라믹산화물은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 선정하였으며 열원 공급을 위하여 마이크로웨이브 가열장치를 이용하였다. 특히 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, ZnO 등과 같은 세라믹 재료는 상온에서 마이크로파를 투과시키며 임계온도 이상의 고원이 되면 마이크로파와 결합하여 효과적으로 흡수 및 가열된다. 또한 SiC는 전기발열체로 마이크로파를 잘 흡수하여 가열특성이 매우 좋은 재료이다.

[0017] 도 2는 SiC와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 혼합형태를 도시한 것으로, SiC와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 혼합형태는 일반형, 허니컴형, 유로형으로 나누어진다. 마이크로웨이브를 조사하는 경우 저온에서 최적의 효과를 나타내는 것은 알루미늄이 구조체가 되고 SiC를 발열체로 하는 일반형 또는 허니컴형인 것으로 확인되었다.

[0018] 도 3은 마이크로웨이브 장치의 구성을 나타낸 것이며, 기본적인 마이크로웨이브 장치는 반응기부와 마이크로웨이브조사부로 구성된다. 마이크로웨이브의 조사량은 고정시키며, SF<sub>6</sub> 가스의 유량에 따라서 유량이 증가하면 병렬형으로 배치하고 SF<sub>6</sub> 가스의 농도가 증가하는 경우 직렬형으로 배치하였다.

[0019] 특히 상기 마이크로웨이브 장치의 적절한 에너지 이용을 위하여 사용되는 주파수와 최대출력을 최적화하는 것이 중요하며, 마이크로웨이브를 이용한 SF<sub>6</sub> 가스 분해가 유의한 효율을 가지고 분해되는 조건인 주파수가 2,400 내지 2,450 MHz, 최대출력은 1.0 내지 1.2kW로 실험을 진행하였다. 상기 조건 이하에서는 분해 효율이 낮고, 이상에서는 에너지 소모량이 크다.

[0020] 한편 상기 반응기에 마이크로웨이브를 도입하는 과정에서는 자동온도조절장치를 배치하였다. 자동온도조절장치는 반응기 내부의 온도가 설정온도에 도달하면 마이크로웨이브의 조사량을 자동으로 조절하여 설정온도를 유지하게 하였으며, 자동온도조절장치(Thermostat)는 상용제품으로 K-type을 사용하였고 열전대 범위는 1200 내지 1400℃ 까지 이다.

## [0021] <실시예1> 마이크로웨이브를 이용한 열분해 실험

### [0022] 1. 열분해 반응기의 구성

[0023] 열분해장치는 도 1의 구성도에 따라 배치하였다. 반응기는 알루미늄 재료의 챔버 내부에 관통관을 배치하고, 상기 관통관 사이에는 석영재료의 충전형 반응기를 배치하였다. 상기 반응기 내부에는 온도를 검출할 수 있는 열전대를 배치하였고, 상기 챔버 내부의 일측면에서 마이크로웨이브를 조사하는 마그네트론을 배치하였다. 마이크로웨이브 가열장치에서 2,450 MHz로, 최대출력은 1.2kW의 마그네트론이 장착된 마이크로 발진관을 사용하였으며, 마이크로파는 도파관을 통하여 반응기에 도입되도록 하였다.

[0024] 상기 열전대는 반응온도를 일정하게 유지하기 위하여 자동온도조절장치에 연결하였으며, 상기 열전대에서 설정 이상 온도가 상승하는 경우에는 자동온도조절장치는 상기 마그네트론을 조절하여 마이크로웨이브의 조사량을 조절하도록 하였다.

### [0025] 2. 온도상승실험

[0026] 발열체는 SiC를 선택하여 준비하였다. 도 4는 시간에 따른 SiC 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 온도변화를 나타낸 것이다. SiC의 경우 마이크로파를 흡수하여 유전가열되는 것을 확인하였으나, SF<sub>6</sub> 가스의 연소 및 열분해온도는 최소 1600℃로 알려져 있다. SiC가 충전된 반응기 온도는 500W에서 800℃이상, 700W에서 1000℃이상, 900W에서 1100℃이상 상승하는 것을 확인하였다. 도 5는 경우 시간에 따른 SiC 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 가열속도를 나타내는 그래프이다. SiC의 경우에 분당 온도증가율이 가장 높은 것을 확인하였고, 마이크로웨이브의 조사량이 증가할수록 온도증가율도 상승하는 것을 확인하였다. 따라서 SF<sub>6</sub> 가스의 분해에 있어 마이크로웨이브를 사용하여 SiC 존재 하에서 단독으로 유전가열하는 경우 반응기의 온도 상승을 확인하고 발열체로서 좋은 재료임을 확인하였으나, 최적의 분해 조건은 촉매

의 존재가 필요한 것을 확인하였다.

### 3. 열분해 실험

실험은 우선 촉매 없이 발열체인 SiC를 이용하여 SF<sub>6</sub> 가스를 열분해하였을 경우를 기준으로 500℃에서 1100℃까지 분해효율을 측정하였다. 다음으로 발열체인 SiC는 90-50 중량%로 하고, 촉매인 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 10-50 중량%로 변화시키며 500℃에서 1100℃까지 분해효율을 측정하였다.

#### <실시예2> SF<sub>6</sub> 가스 분해 결과 분석

상기 관통관을 통하여 반응기에서 배출되는 가스는 관통관에 연결되어 있는 GC-TCD(HP 6890A GC, Agilent)를 사용하여 분석하였다.

표 1

SF<sub>6</sub> 가스의 분해효율

| 조성 \ °C                                 | 500              | 600   | 700   | 800   | 900   | 1000  | 1100  |
|-----------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiC                                     | NR <sup>1)</sup> | NR    | NR    | NR    | 15.95 | 39.19 | 61.62 |
| SiC-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (10) | NR               | 38.78 | 76.49 | 85.68 | 92.43 | 95.95 | 99.99 |
| SiC-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20) | NR               | 56.35 | 92.70 | 98.11 | 99.99 | 99.99 | 99.99 |
| SiC-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (30) | NR               | 77.16 | 96.72 | 99.03 | 99.99 | 99.99 | 99.99 |
| SiC-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (40) | NR               | 32.82 | 90.35 | 97.10 | 98.84 | 99.99 | 99.99 |
| SiC-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (50) | NR               | 23.94 | 81.85 | 97.30 | 98.84 | 99.99 | 99.99 |

<sup>1)</sup>NR: No Reaction

촉매없이 SiC를 사용하여 SF<sub>6</sub> 가스를 열분해 하였을 경우 1100℃에서 분해효율이 61%에 불과하였다. 촉매인 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 10중량% 첨가하였을 경우 600℃에서 SF<sub>6</sub>의 분해가 시작되었으며, 반응기의 온도가 900℃에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 20중량% 내지 30중량% 인 경우 99.99%의 SF<sub>6</sub> 가스의 분해효율을 보여주었다. 따라서 SF<sub>6</sub> 가스 분해방법은 반응기의 온도가 900℃에서 촉매인 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 20중량% 인 경우의 유의한 분해효율을 보였다.

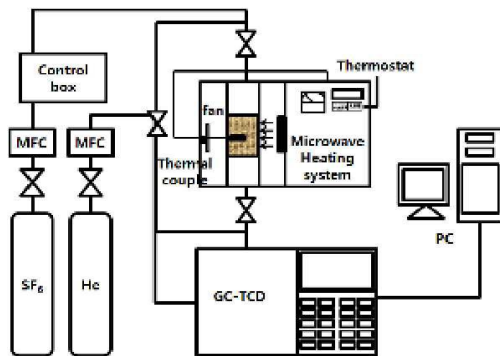
이상과 같은 본 발명을 요약하면 다음과 같다.

마이크로웨이브를 이용한 SF<sub>6</sub> 가스의 분해 방법을 제공한다. 마이크로웨이브의 유전가열체로 SiC를 선택하고, 촉매인 세라믹산화물로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 선택하여 600 내지 900℃에서 SF<sub>6</sub> 가스를 분해하였다. 900℃에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 20 중량%인 경우에 99.99%의 SF<sub>6</sub> 가스의 분해효율을 나타내어 SF<sub>6</sub> 가스의 분해 방법의 최적조건을 찾아내었고 이를 바탕으로 SF<sub>6</sub> 가스의 분해를 실시하였다.

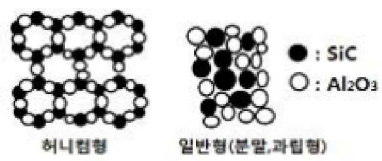
이상으로 본 발명은 특정한 부분을 상세히 기술 하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어, 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시예일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

도면

도면1



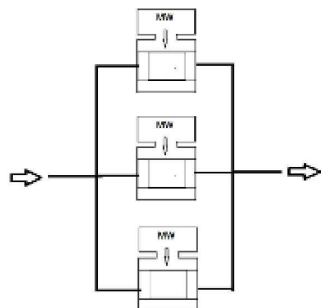
도면2



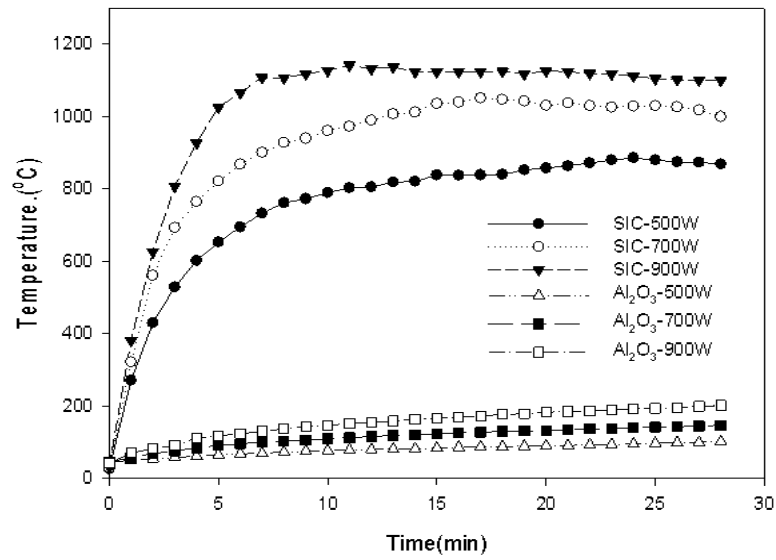
도면3a



도면3b



도면4



도면5

