



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년05월27일
 (11) 등록번호 10-1395092
 (24) 등록일자 2014년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B01D 63/02 (2006.01) C01B 7/19 (2006.01)
 B01D 53/02 (2006.01) C01B 9/08 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0080231
 (22) 출원일자 2012년07월23일
 심사청구일자 2012년07월23일
 (65) 공개번호 10-2014-0013400
 (43) 공개일자 2014년02월05일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2003002621 A
 JP평성10298118 A
 JP2005154203 A
 JP03470180 B

(73) 특허권자
 한국화학연구원
 대전광역시 유성구 가정로 141 (장동)
 (72) 발명자
 남승은
 대전 유성구 엑스포로123번길 65-38, 201동 401호
 (도룡동, 스마트시티주상복합아파트)
 박유인
 대전 유성구 가정로 43, 106동 1101호 (신성동,
 삼성한울아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 이원희

전체 청구항 수 : 총 9 항

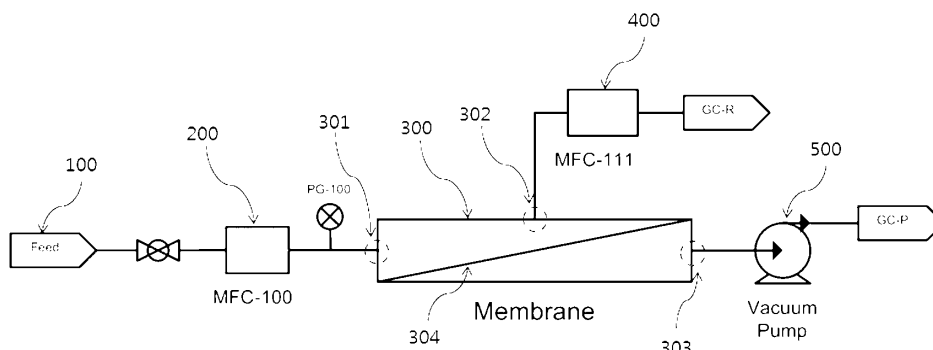
심사관 : 김민조

(54) 발명의 명칭 불화가스 분리 및 회수장치, 및 이를 이용한 불화가스 분리 및 회수방법

(57) 요약

본 발명은 불화가스 분리 및 회수장치, 및 이를 이용한 불화가스 분리 및 회수방법에 관한 것으로, 상세하게는 불화가스 분리장치 및 불화가스 회수장치를 포함하는 불화가스 분리 및 회수장치에 있어서, 상기 불화가스 분리장치는 상기 불화가스를 포함하는 혼합가스가 공급되는 가스공급부; 상기 가스공급부로부터 혼합가스가 주입되는 주입구, 불화가스가 분리되는 분리막, 상기 분리막에서 불화가스가 분리된 비불화가스가 배출되는 투과구 및 상기 분리막에서 분리된 불화가스가 배출되는 배출구를 구비하여 혼합가스로부터 불화가스를 분리하는 분리막 모듈이 하나 또는 그 이상 구비된 분리부; 상기 분리막 모듈의 배출구와 연결되되, 상기 분리막 모듈로부터 배출되는 불화가스의 유량을 제어하는 배출량 제어부; 및 상기 분리막 모듈의 투과구와 연결되되, 상기 분리막 모듈로부터 비불화가스가 투과되는 구동력을 제공하는 감압펌프를 포함하고, 상기 불화가스 회수장치는 상기 분리장치의 투과구로부터 배출되는 혼합가스를 공급하는 공급부; 상기 가스공급부로부터 혼합가스가 주입되어 불화가스가 흡착되는 불화가스 흡착칼럼이 하나 또는 그 이상 병렬 연결된 흡착부; 상기 흡착부와 연결되어 흡착된 불화가스를 회수하는 감압펌프를 포함하는 불화가스 분리 및 회수장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김범식

대전 유성구 어은로 57, 115동 206호 (어은동, 한
빛아파트)

서정권

대전 유성구 지족로 362, 301동 801호 (지족동, 반
석마을3단지아파트)

박아름이

서울 영등포구 가마산로80길 28, (신길동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010201010109A-22-1-000

부처명 지식경제부

연구사업명 에너지자원기술개발사업

연구과제명 저농도 폐 PFCs 농축 및 대형 Scruber 개발(2)

기여율 1/1

주관기관 한국화학연구원

연구기간 2011.10.01 ~ 2012.09.30

특허청구의 범위

청구항 1

불화가스 분리장치 및 불화가스 회수장치를 포함하는 불화가스 분리 및 회수장치에 있어서,

상기 불화가스 분리장치는

불화가스를 포함하는 혼합가스가 공급되는 가스공급부;

상기 가스공급부로부터 혼합가스가 주입되는 주입구, 불화가스가 분리되는 분리막, 상기 분리막에서 불화가스가 분리된 비불화가스가 배출되는 투과구 및 상기 분리막에서 분리된 불화가스가 배출되는 배출구를 구비하여 혼합가스로부터 불화가스를 분리하는 분리막 모듈이 하나 또는 그 이상 구비된 분리부;

상기 분리막 모듈의 배출구와 연결되되, 상기 분리막 모듈로부터 배출되는 불화가스의 유량을 제어하는 배출량 제어부; 및

상기 분리막 모듈의 투과구와 연결되되, 상기 분리막 모듈로부터 비불화가스가 투과되는 구동력을 제공하는 감압펌프를 포함하고,

상기 불화가스 회수장치는

상기 분리장치의 투과구로부터 배출되는 비불화가스를 공급하는 공급부;

상기 공급부로부터 비불화가스가 주입되어 비불화가스에 잔류하는 불화가스가 흡착되는 불화가스 흡착칼럼이 하나 또는 그 이상 병렬 연결된 흡착부;

상기 흡착부와 연결되어 흡착된 불화가스를 회수하는 감압펌프를 포함하는 불화가스 분리 및 회수장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 불화가스 분리장치의 분리막은 중공사형 분리막(hollow fiber membrane)인 것을 특징으로 하는 불화가스 분리 및 회수장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 중공사형 분리막은 폴리실론, 카본(carbon), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에스테르(polyester), 폴리에스테르카보네이트(polyestercarbonate), 폴리에스터설폰(polyestersulfone), 폴리아미드(polyamide) 또는 폴리페닐렌(polyphenylene) 재질인 것을 특징으로 하는 불화가스 분리 및 회수장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 불화가스 회수장치의 불화가스 흡착칼럼은 활성탄 또는 제올라이트를 포함하는 것을 특징으로 하는 불화가스 분리 및 회수장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 불화가스 분리장치의 분리막 모듈은 하나 또는 그 이상이 병렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 불화가스 분리 및 회수장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 불화가스 회수장치는 불화가스의 흡착 및 탈착을 반복수행하기 위하여, 흡착부 및 감압펌프 복수개가 직렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 불화가스 분리 및 회수장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 불화가스는 육불화황(SF₆) 또는 과불화탄소(perfluorocarbon, PFC)인 것을 특징으로 하는 불화가스 분리 및 회수장치.

청구항 8

제1항의 상기 불화가스 분리 및 회수장치로 불화가스를 포함하는 혼합가스를 주입하여 불화가스를 분리하는 불화가스의 분리 및 회수방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 불화가스가 포함된 혼합가스는 고압으로 공급되는 것을 특징으로 하는 불화가스의 분리 및 회수방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 불화가스 분리 및 회수장치, 및 이를 이용한 불화가스 분리 및 회수방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 인류에게 지구 온난화 현상은 해결해야 할 큰 과제으로써, 지구온난화를 촉진시키는 온실가스에 대해 큰 관심이 쏟아지고 있다. 이에 따라, 1994년 3월 브라질 리우에서 기후변화협약(UNFCC)이 체결되었으며, 세계 각 나라들에 온실가스 배출 저감대책을 수립, 보고, 이행해야 할 의무가 부과되었다. 1997년 12월 일본 교토에서는 구체적인 배출량 감축목표가 논의되어 선진국 38개국이 2008년에서 2012년까지 온실가스를 1990년 대비 평균 5.2 % 감축하기로 결정하였으며, 온실가스의 종류를 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFC), 육불화황(SF₆) 등 6가지 물질로 분류하였다. 또한, 온실가스 감축 이행을 효과적으로 이행하기 위한 3대 메카니즘인 청정개발체제(CDM), 공동이행제도(JI), 배출권 거래제도(ET) 등의 경제적 수단을 도입 비준하여 시행하고 있다.

[0003] 우리나라도 2013년부터 온실가스 감축의무 대상국으로 지정될 예정이고, 이에 따라 발전, 정유, 석유화학, 시멘트, 제지, 자동차, 반도체, 도시가스, 디스플레이 등의 10대 업종이 탄소배출 감축 업종으로 우선 선정될 예정이며, 탄소배출 감축량은 1995년 대비 5.2 %의 감축의무를 부여받을 것으로 예측되어 범국가적, 기업적인 대응책 수립이 요구되고 있다.

[0004] 한편, 육불화황(SF₆)은 프레온 가스의 대체물질로 개발돼 반도체 생산공정, 가스 차단기, 소화기, 고압 개폐장치, 중간압 개폐장치, 변압기, 가스 절연 라인 시스템, 혹은 계기용 변성기 등에 쓰이며, 특히 반도체 웨이퍼나 LCD 패널 등의 제조시 세척공정에서 사용되고 있는 물질이다. 육불화황(SF₆)은 사용량이 세계적으로 증가하고 있는 인공적인 온실가스로 보통상태에서 불활성, 무취, 무독성 가스이고 500 ℃까지 분해되지 않는다. 또한, 육불화황은 지구 온난화에 미치는 영향력이 이산화탄소에 비해 약 23900배 이상 높은 것으로 알려져 있다.

[0005] 과불화탄소(perfluorocarbon, PFC)는 화학적으로 매우 안정하고 거의 독성이 없는 물질이지만 지구 온난화를 일

오키는 주요 온실 가스로서, 특히 CF₄와 C₂F₆ 등은 대기 중에서 무려 10,000 ~ 50,000년 동안 체류하면서 지표면의 온도를 상승시킨다. 과불화탄소의 지구 온난화지수는 이산화탄소보다 6000 ~ 25,000 배가 높은 온실가스로 알려져 있다. 또한, 과불화탄소 중 사불화탄소(CF₄)는 알려진 분자 중에 가장 안정한 무극성 분자 화합물로서 분해처리가 매우 어렵고, 실제로 공정에 사용되는 과불화탄소의 사용 효율이 약 15 ~ 60 %정도임을 감안할 때 대기로 방출되는 과불화탄소로 인한 문제가 심각한 것을 알 수 있다.

- [0006] 상기 육불화황, 과불화탄소와 같은 불화가스를 처리하는 방법으로는 연소법(Combustion), 열분해법(Thermal distruction), 화학/촉매분해법(Chemical/catalytic distruction), 플라즈마 분해법(plasma distruction) 등 다양한 기술이 연구 개발되고 있다.
- [0007] 예를 들어, 대한민국공개특허 제10-1998-48707호에서는 과불화물(PFC) 및 SiF₄가 함유된 배기 가스를 알루미늄 나촉매를 이용하여 분해하는 방법이 개시된 바 있고,
- [0008] 대한민국등록특허 제10-0737941호에서는 2단 플라즈마 처리형 유해가스 처리장치가 개시된바 있으며, 플라즈마를 이용하여 PFC 계열의 가스를 분해하여 처리할 수 있다.
- [0009] 그러나, 일반적으로 불화가스가 많이 사용되는 반도체, LCD공정에서 배출되는 불화가스는 높은 단위배출량 및 매우 낮은 농도(약 300 ~ 1000 ppm)로 생성되어 이로 인하여 처리공정 및 장치에 높은 부하가 작용하여 많은 에너지가 소비되는 문제가 있고, 처리장치의 대형화가 불가피하다는 문제가 있다.
- [0010] 이러한 문제들을 해결하고, 나아가 전량 수입에 의존하고 있는 고가의 과불화탄소(CF₄) 및 육불화황(SF₆)을 분리/회수하고 농축하는 연구개발이 수행되고 있는 실정이다.
- [0011] 한편, 종래의 불화가스 처리방법을 대체하는 새로운 대체방법 중 하나로 분리막법이 개발되었다. 상기 분리막법은 불화가스와 기타 가스들의 분자직경 차이를 이용하여 분리막을 통해 불화가스를 분리 및 회수하는 방법으로,
- [0012] 대한민국공개특허 제10-2008-0074225호에서는 육불화황 분리막 모듈 및 이를 이용한 육불화황 회수장치가 개시된 바 있으며, 육불화황 회수를 위한 추가 공정없이도 육불화황 분리막 모듈을 이용하여 높은 회수율로 육불화황을 회수할 수 있는 것으로 나타났다.
- [0013] 불화가스가 사용되는 반도체 및 LCD 공정의 특성상 육불화황과 같은 불화가스가 포함되어 있는 폐가스의 최종 배출압력이 1 bar(gauge pressure) 미만의 음압이기 때문에, 이러한 폐가스를 유동시키기 위해서는 반도체 및 LCD 공정의 공정장비 중 블로워(blower) 전단에 가압장치가 설치되어야 한다. 그러나, 설치된 가압장치로 인하여 반도체 공정 또는 LCD 공정 중 스퍼터링(sputtering) 공정에 부하(load)가 걸리는 문제가 있다.
- [0014] 이에, 본 발명자들은 종래의 불화가스 처리방법을 대체하는 불화가스 분리방법을 연구하던 중, 저압의 불화가스를 분리막을 통해 분리 및 농축하고, 손실된 미량의 불화가스에 대하여 흡착을 통해 더욱 회수함으로써 저압의 불화가스를 가압장치없이 분리 및 농축할 수 있는 불화가스 분리 및 회수 장치를 개발하고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명의 목적은 불화가스 분리 및 회수장치, 및 이를 이용한 불화가스 분리 및 회수방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0016] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

- [0018] 불화가스 분리장치 및 불화가스 회수장치를 포함하는 불화가스 분리 및 회수장치에 있어서,
- [0019] 상기 불화가스 분리장치는
- [0020] 상기 불화가스를 포함하는 혼합가스가 공급되는 가스공급부;
- [0021] 상기 가스공급부로부터 혼합가스가 주입되는 주입구, 불화가스가 분리되는 분리막, 상기 분리막에서 불화가스가 분리된 비불화가스가 배출되는 투과구 및 상기 분리막에서 분리된 불화가스가 배출되는 배출구를 구비하여 혼합가스로부터 불화가스를 분리하는 분리막 모듈이 하나 또는 그 이상 구비된 분리부;
- [0022] 상기 분리막 모듈의 배출구와 연결되되, 상기 분리막 모듈로부터 배출되는 불화가스의 유량을 제어하는 배출량 제어부; 및
- [0023] 상기 분리막 모듈의 투과구와 연결되되, 상기 분리막 모듈로부터 비불화가스가 투과되는 구동력을 제공하는 감압펌프를 포함하고,
- [0024] 상기 불화가스 회수장치는
- [0025] 상기 분리장치의 투과구로부터 배출되는 혼합가스를 공급하는 공급부;
- [0026] 상기 가스공급부로부터 혼합가스가 주입되어 불화가스가 흡착되는 불화가스 흡착칼럼이 하나 또는 그 이상 병렬 연결된 흡착부;
- [0027] 상기 흡착부와 연결되어 흡착된 불화가스를 회수하는 감압펌프를 포함하는 불화가스 분리 및 회수장치를 제공한다.

- [0028] 또한, 본 발명은 상기 불화가스 분리 및 회수장치로 불화가스를 포함하는 혼합가스를 주입하여 불화가스를 분리 및 회수하는 불화가스 분리 및 회수방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명에 따른 불화가스 분리 및 회수장치 및 이를 이용한 불화가스 농축방법은 공정의 폐가스로 배출되는 저압의 불화가스를 가압장치를 이용하지 않고 종래의 가압방식보다 더욱 높은 효율로 분리할 수 있다. 또한, 불화가스 분리 및 회수장치가 가압부를 포함하지 않음에 따라 불화가스가 배출되는 반도체 등의 소자 제조공정에 악영향을 주는 문제를 방지할 수 있다. 나아가, 분리막에서 발생할 수 있는 불화가스의 손실을 흡착을 통해 재회수하여 높은 효율로 분리 및 회수할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명에 따른 불화가스 분리 및 회수장치에 있어서, 불화가스 분리장치를 나타낸 공정도이고;
- 도 2는 본 발명에 따른 불화가스 분리 및 회수장치에 있어서, 불화가스 회수장치를 나타낸 공정도이고;
- 도 3은 불화가스 분리장치에 이용된 중공사막 모듈 사진이고;
- 도 4는 불화가스 회수장치에 이용된 흡착칼럼 사진이고;
- 도 5는 실시예 및 비교예에 따라 농축도와 회수율을 도시한 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은
- [0032] 불화가스 분리장치 및 불화가스 회수장치를 포함하는 불화가스 분리 및 회수장치에 있어서,
- [0033] 상기 불화가스 분리장치는
- [0034] 상기 불화가스를 포함하는 혼합가스가 공급되는 가스공급부;

- [0035] 상기 가스공급부로부터 혼합가스가 주입되는 주입구, 불화가스가 분리되는 분리막, 상기 분리막에서 불화가스가 분리된 비불화가스가 배출되는 투과구 및 상기 분리막에서 분리된 불화가스가 배출되는 배출구를 구비하여 혼합가스로부터 불화가스를 분리하는 분리막 모듈이 하나 또는 그 이상 구비된 분리부;
- [0036] 상기 분리막 모듈의 배출구와 연결되되, 상기 분리막 모듈로부터 배출되는 불화가스의 유량을 제어하는 배출량 제어부; 및
- [0037] 상기 분리막 모듈의 투과구와 연결되되, 상기 분리막 모듈로부터 비불화가스가 투과되는 구동력을 제공하는 감압펌프를 포함하고,
- [0038] 상기 불화가스 회수장치는
- [0039] 상기 분리장치의 투과구로부터 배출되는 혼합가스를 공급하는 공급부;
- [0040] 상기 가스공급부로부터 혼합가스가 주입되어 불화가스가 흡착되는 불화가스 흡착칼럼이 하나 또는 그 이상 병렬 연결된 흡착부;
- [0041] 상기 흡착부와 연결되어 흡착된 불화가스를 회수하는 감압펌프를 포함하는 불화가스 분리 및 회수장치를 제공한다.
- [0042] 이하, 도면을 참조하여 본 발명에 따른 불화가스 분리회수장치를 설명한다.
- [0043] 도 1 및 도 2는 본 발명에 따른 불화가스 분리 및 회수장치에 있어서, 불화가스 분리장치 및 불화가스 회수장치의 일예를 나타낸 공정도이다. 본 발명에 따른 불화가스 분리 및 회수장치는 불화가스 분리장치 및 불화가스 회수장치를 포함하며, 도 1을 참조하면 상기 불화가스 분리장치는 불화가스를 포함하는 혼합가스가 공급되는 가스공급부(100), 상기 가스공급부(100)로부터 유입되는 불화가스의 유량을 조절하는 유입량제어부(200)를 포함한다. 또한, 상기 분리부는 가스공급부(100)로부터 혼합가스가 주입되는 주입구(301), 불화가스가 분리되는 분리막(304), 상기 분리막에서 불화가스가 분리된 비불화가스가 배출되는 투과구(303) 및 상기 분리막에서 분리된 불화가스가 배출되는 배출구(302)를 구비하는 분리막 모듈(300)을 포함하며, 상기 분리막 모듈로부터 실질적인 불화가스의 분리가 수행된다. 이때, 상기 분리막 모듈(300)은 하나 또는 그 이상이 구비될 수 있다. 상기 복수개의 분리막 모듈(300)은 직렬 또는 병렬로 연결될 수 있으며, 대량의 불화가스를 분리하기 위하여 상기 분리막 모듈은 하나 또는 그 이상이 병렬 연결되는 것이 바람직하나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0044] 또한, 본 발명에 따른 불화가스 분리회수장치는 상기 분리부의 배출구(302)와 연결되되, 상기 분리부로부터 배출되는 불화가스의 유량을 제어하는 배출량제어부(400)를 포함하며, 나아가, 상기 분리부에서 불화가스가 분리될 수 있도록, 즉 불화가스를 포함하는 혼합가스 중 비불화가스가 분리부의 분리막 모듈(300)을 투과할 수 있도록 구동력을 제공하는 감압펌프(500)를 포함할 수 있다.
- [0045] 상기 감압펌프를 포함하는 경우, 종래의 가압을 통한 불화가스 분리공정 보다 더욱 높은 효율로 불화가스를 분리할 수 있으며, 가압부를 포함하지 않음에 따라 일반적으로 불화가스가 배출되는 반도체 등의 소자 제조공정에 악영향을 주는 문제를 방지할 수 있다. 그러나, 상기 분리장치가 상기 감압펌프(500)를 반드시 포함하는 것은 아니며, 불화가스의 분리조건, 예를 들어 고압의 불화가스가 공급되는 경우에는 감압펌프를 포함하지 않고도 불화가스를 분리해낼 수 있다.
- [0046] 상기 가스공급부(100)는 반도체 공정 또는 LCD 제조공정에서 폐가스로 배출되는 불화가스를 포함하는 혼합가스를 상기 불화가스 분리장치로 공급한다. 반도체 공정 또는 LCD 제조공정에서 육불화황(SF₆), 사불화탄소(CF₄) 등의 불화가스는 기관(웨이퍼)의 세척에 주로 사용되며, 저농도 및 저압의 폐가스로 배출된다. 이러한 불화가스는 온실가스로 작용하여 환경문제를 초래할 수 있고, 전량 수입에 의존하는 고가의 가스이기 때문에 회수장치가 요구되며, 상기 가스공급부(100)는 반도체 공정, LCD 제조공정으로부터 불화가스를 포함하는 혼합가스를 받아 불화가스를 분리하는 분리장치로 공급하는 역할을 수행한다.
- [0047] 상기 가스공급부(100)는 상기 유입량제어부(200)를 통해 유량을 조절하여 불화가스가 포함된 혼합가스를 분리

부의 분리막 모듈(300)로 공급한다. 상기 불화가스 분리장치를 통해 저농도의 불화가스가 포함된 혼합가스로부터 불화가스가 농축되고, 분리막 모듈(300)을 통과한 비불화가스에 포함되어 손실되는 불화가스는 불화가스 회수장치의 공급부(600)로 공급하여 흡착컬럼 및 감압펌프를 이용하여 불화가스만을 선택적으로 흡착 및 탈착하여 불화가스를 회수한다.

[0048] 반도체 공정 또는 LCD 제조공정에서 폐가스로 배출되는 불화가스는 일반적으로 매우 낮은 농도(약 300 ~ 1000 ppm)로 배출되며, 이를 처리하기 위하여 종래의 분리 및 회수장치는 대규모 장치 및 시설이 요구되었으나, 본 발명에 따른 불화가스 분리 및 회수장치는 대규모 장치 및 시설이 요구되지 않아 공정비용이 절감되며, 고농도의 불화가스를 분리 및 농축할 수 있다.

[0049] 한편, 불화가스의 농축효율을 더욱 향상시키기 위하여 분리막을 통한 혼합가스의 분리를 반복수행할 수 있으며, 이를 위해 분리부 및 감압펌프(500) 복수개가 직렬로 연결될 수 있다. 즉, 불화가스의 분리를 수차례 반복하여 수행함으로써 불화가스의 농축효율을 더욱 향상시킬 수 있다. 그러나, 본 발명에 따른 불화가스 분리회수장치가 이에 제한되는 것은 아니며, 혼합가스 중의 불화가스 농도에 따라 적절한 수의 분리부 및 감압펌프(500)를 구비시켜 불화가스를 분리할 수 있다.

[0050] 상기 분리막 모듈의 일단부에 위치한 주입구(301)로는 가스공급부(100)로부터 불화가스가 공급되고, 공급된 불화가스는 분리막 모듈(300)의 길이방향으로 진행하며 불화가스가 분리된다. 불화가스가 분리된 비불화가스들은 상기 주입구의 반대쪽에 구비된 투과구(303)를 통해 분리막 모듈로부터 배출되고, 분리된 불화가스는 배출구(302)를 통해 분리부로부터 배출된다.

[0051] 이때, 상기 분리막 모듈의 분리막은 중공사형 분리막(hollow fiber memmbrane)인 것이 바람직하다. 중공사형 분리막은 평막에 비하여 상대적으로 큰 막 면적을 가지는 모듈을 제조하기 용이하여 높은 분리효율을 나타낼 수 있다. 이때, 상기 중공사형 분리막은 불화가스에 대한 내화학성이 우수한 폴리실론, 카본(carbon), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에스테르(polyester), 폴리에스터카보네이트(polyestercarbonate), 폴리에스터설폰(polyestersulfone), 폴리아미드(polyamide), 폴리페닐렌(polyphenylene) 등의 재질인 것이 바람직하고, 표면이 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS)으로 코팅될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0052] 상기 분리부는 분리된 불화가스를 배출하는 배출구와 불화가스가 분리된 비불화가스들이 배출되는 투과구를 포함하며, 상기 배출구 및 투과구에는 가스크로마토그래피(gas chromatography, GC)가 각각 연결될 수 있다. 가스 크로마토그래피를 이용하여 배출구를 통해 배출되는 불화가스의 농도를 분석함으로써, 복수개의 분리부를 이용하여 불화가스를 더욱 분리농축할지 여부를 결정할 수 있다.

[0053] 상기 배출량제어부(400)는 분리부에서 분리되어 배출되는 불화가스의 유량을 제어하는 역할을 수행하고, 바람직하게는 질량 유량 제어기(mass flow controller, MFC)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 배출량제어부(400)를 통해 배출구를 통해 배출되는 불화가스 배출량을 조절할 수 있고, 이와 동시에 분리막 모듈로 유입되는 불화가스의 유량을 제어함으로써 불화가스가 분리부에 머무르는 체류시간을 조절할 수 있다. 일반적으로, 분리막을 통해 불화가스의 분리를 수행하는 경우, 체류시간이 길수록 분리막을 통과하는 불화가스의 투과량이 증가하여 손실량이 증가할 수 있으나, 체류시간을 적절히 조절할 경우 분리된 가스의 농도 즉, 농축도는 향상된다. 따라서, 상기 배출량제어부(400)를 통해 분리된 불화가스의 농도 및 분리속도(분리부를 통해 불화가스 분리가 수행되는 속도)를 조절할 수 있다.

[0054] 상기 분리장치에서 불화가스가 분리되는 것은 불화가스와 혼합가스에 포함된 다른 가스들의 분자 직경 차이를 이용한다. 일례로 육불화황(SF₆)의 분자 직경은 5.02 Å으로 질소(N₂)의 분자직경 3.60 Å보다 큰 것을 알 수 있다. 이를 이용하여, 분리막 모듈을 설계하여 분리부를 제조함으로써 분리막을 통한 불화가스를 분리를 수행할 수 있다.

- [0055] 한편, 도 2를 참조하면, 불화가스 회수장치는 상기 불화가스 분리장치의 투과구에서 배출되어 미량의 불화가스를 포함하는 비불화혼합가스를 원료로 공급받는 공급부(600), 상기 공급부(600)로부터 미량의 불화가스가 포함된 비불화혼합가스가 주입되어 미량의 불화가스가 흡착되는 흡착칼럼(701)이 복수개가 연결된 흡착부(700), 및 상기 흡착부(700)의 흡착칼럼(701)에서 불화가스만을 선택적으로 흡착하는 감압펌프(800)를 포함한다. 이때, 상기 흡착부(700)는 하나 또는 그 이상의 흡착칼럼(701)이 병렬로 연결되어 이루어지며, 처리해야하는 혼합가스의 유량에 따라 상기 흡착칼럼(701)의 수 및 크기를 적절히 조절하여 흡착효율을 향상시킬 수 있다. 이때, 상기 흡착칼럼(701)은 불화가스를 흡착시키기 위하여, 불화가스를 흡착할 수 있는 흡착제를 포함하며, 상기 흡착제로는 활성탄 또는 제올라이트를 사용하는 것이 바람직하나, 혼합가스로부터 불화가스를 선택적으로 흡착할 수 있는 흡착제라면 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0056] 한편, 상기 흡착부(700)로는 감압펌프(800)가 연결되며, 흡착부의 흡착칼럼(701)에서 불화가스의 흡착이 수행된 후, 상기 감압펌프(800)를 이용하여 흡착된 불화가스를 탈착시킨다. 이때, 하나 또는 그 이상의 흡착칼럼(701)을 병렬로 다중연결시킴으로써 불화가스의 흡착 및 탈착을 교대로 수행할 수 있으며, 흡착이 수행된 흡착칼럼으로부터 불화가스를 탈착시킴과 동시에 또 다른 흡착칼럼에서는 불화가스의 흡착을 계속 수행하여, 불화가스의 흡착 및 탈착이 연속공정으로 수행되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0057] 이때, 불화가스의 회수효율을 더욱 향상시키기 위하여 불화가스의 흡착 및 탈착을 반복수행하는 것이 바람직하며, 이를 위해 본 발명에 따른 불화가스 회수장치는 흡착부 및 감압펌프 복수개가 직렬로 연결될 수 있다. 즉, 불화가스의 회수율을 더욱 향상시키기 위하여 흡착부 및 감압펌프 복수개를 직렬로 연결하고, 불화가스의 흡착, 불화가스의 탈착을 수행한 후, 탈착된 불화가스를 다시 직렬연결된 다음 흡착부로 주입함으로써 불화가스의 흡착 및 탈착을 수행하며, 이 과정을 수차례 반복하여 불화가스의 회수효율을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0058] 본 발명에 따른 불화가스 분리 및 회수장치는 분리막을 이용하여 불화가스를 분리하고, 분리막에서 분리되지 않고 손실된 불화가스에 대하여 흡착칼럼 및 감압펌프를 이용하여 불화가스를 더욱 분리 및 회수함으로써 종래의 불화가스 분리장치보다 더욱 우수한 회수효율을 나타낼 수 있다.
- [0059] 또한, 본 발명은 상기 불화가스 분리 및 회수장치에 불화가스를 포함하는 혼합가스를 주입하는 불화가스의 분리 및 회수방법을 제공한다.
- [0060] 상기 불화가스의 분리 및 회수방법은 흡착공정 및 분리막(예를 들어, 중공사막) 공정을 모두 수행할 수 있는 불화가스 분리 및 회수장치로 불화가스를 포함하는 혼합가스를 주입하여 불화가스를 회수하며, 예를 들어 도 1 및 도 2의 도면에 도시한 불화가스 분리 및 회수장치를 이용하여 수행될 수 있다.
- [0061] 본 발명에 따른 상기 분리 및 농축방법은, 공정의 폐가스로 배출되는 저압의 불화가스를 가압장치를 이용하지 않고 종래의 가압방식보다 더욱 높은 효율로 분리할 수 있으며, 가압부를 포함하지 않음에 따라 불화가스가 배출되는 반도체 등의 소자 제조공정에 악영향을 주는 문제를 방지할 수 있다.
- [0062] 한편, 상기 분리 및 회수방법에 있어서, 상기 불화가스가 포함된 혼합가스는 고압으로 공급될 수 있다. 즉, 일반적으로 불화가스는 저압의 공정 폐가스로 배출되지만, 배출된 저압의 불화가스를 고압으로 가압하여 불화가스의 분리 및 회수를 수행할 수 있다. 그러나, 본 발명에 따른 분리 및 회수방법이 이에 제한되는 것은 아니며, 고압의 불화가스 및 저압의 불화가스 모두를 효과적으로 분리 및 회수할 수 있다.
- [0063] 이하, 본 발명을 실시예를 통해 보다 구체적으로 설명한다. 그러나, 하기 실시예는 본 발명을 설명하기 위한 것일 뿐, 하기 실시예에 의하여 본 발명의 권리범위가 한정되는 것은 아니다.

- [0064] <실시예 1> 불화가스의 분리 및 회수 1
- [0065] 도 1 및 도 2에 나타난 바와 같은 불화가스 분리장치와 회수장치를 이용하여 불화가스 분리 및 회수장치를 구성하였으며, 이때, 다공성 폴리실폰 중공사막의 표면에 폴리디메틸실록산을 코팅한 비대칭형 분리막을 사용하였으며, 유효 막면적이 2.43인 중공사막 분리막 모듈을 6개를 병렬로 연결하여 불화가스 분리장치를 구성하였다.
- [0066] 또한, 불화가스 회수장치의 흡착칼럼으로는 핏치(pitch)계 구형 활성탄(Beads shaped Activated Carbon, BAC)을 흡착제로 사용하였으며, 상기 활성탄을 아크릴컬럼(Ø 10cm X 15cm)에 충전하여 흡착칼럼으로 사용하였다. 이때, 상기 활성탄의 사이즈는 약 24~40 mesh이고, 비표면적(BET surface area)은 약 1313 m²/g 이었다.
- [0067] 상기 불화가스 분리장치로 혼합가스(질소/육불화황(N₂/SF₆)=99.95/0.05부피%)를 5000 sccm(Standard Cubic Centimeter per Minute)의 유량으로 공급하였으며, 분리막 내부 압력을 1bar로 유지하며 혼합가스로부터 불화가스(육불화황)을 분리농축한 후, 투과된 미량의 불화가스가 포함된 비불화혼합가스는 불화가스 회수장치의 흡착컬럼으로 공급하여 불화가스를 흡착시켰다. 상기 흡착컬럼에서 흡착된 불화가스는 감압펌프를 이용하여 탈착하였으며, 상기 분리장치로부터 분리농축되어 배출된 불화가스와 혼합하여 불화가스를 분리 및 회수하였다.
- [0068] <실시예 2> 불화가스의 분리 및 회수 2
- [0069] 상기 실시예 1에 있어서, 분리장치로 공급되는 불화가스의 압력을 반도체 등의 공정에서 불화가스가 배출되는 압력인 0.1 bar로 변경하여 공급한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 불화가스를 분리 및 회수하였다.
- [0070] <실시예 3> 불화가스의 분리 및 회수 3
- [0071] 상기 실시예 1에 있어서, 불화가스 분리장치에 감압펌프를 사용하지않고 불화가스를 분리한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 불화가스를 분리 및 회수하였다.
- [0072] 이때, 상기 실시예 1 내지 3에서 불화가스 분리장치로 이용된 중공사막 모듈 및 불화가스 회수장치로 이용된 흡착컬럼의 사진을 도 3 및 4에 나타내었다.
- [0073] <비교예 1>
- [0074] 상기 실시예 1에 있어서, 분리막을 이용한 불화가스 분리장치만을 이용하여 불화가스를 분리하였다.
- [0075] <비교예 2>
- [0076] 상기 실시예 2에 있어서, 분리막을 이용한 불화가스 분리장치만을 이용하여 불화가스를 분리하였다.
- [0077] <비교예 3>
- [0078] 상기 실시예 3에 있어서, 분리막을 이용한 불화가스 분리장치만을 이용하여 불화가스를 분리하였다.
- [0079] <실험예 1> 회수된 불화가스의 농도 및 회수율 분석
- [0080] 상기 실시예 1 내지 3과, 비교예 1 내지 3에서 회수된 불화가스의 농도 및 회수율을 분석하였고, 그 결과를 도 5에 나타내었다.
- [0081] 도 5에 나타난 바와 같이, 분리막을 이용한 불화가스 분리장치만을 이용하여 불화가스를 분리 및 회수하는 것과 비교하여 본 발명의 따른 실시예 1 내지 3에서 분리장치 및 회수장치를 이용하여 불화가스를 분리회수하는 경우 회수된 불화가스의 농도가 최대 약 50 % 더 회수되는 것을 알 수 있다.

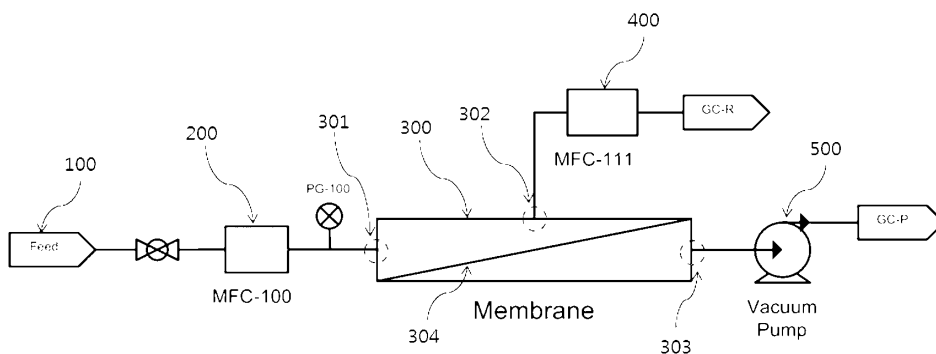
[0082] 한편, 실시예 1 과 비교예 1을 비교하였을 때 비교예 1의 농축도가 높지만 회수율은 약 58%정도 차이가 나는 것을 알 수 있으며, 실시예 2와 비교예 2, 및 실시예 3과 비교예 3을 비교하였을 때 약 15%정도 높은 회수율로 불화가스를 분리회수할 수 있음을 알 수 있다. 이를 통해, 본 발명에 따른 불화가스 분리 및 회수장치를 이용하여 높은 회수율로 불화가스를 분리할 수 있음을 확인하였다.

부호의 설명

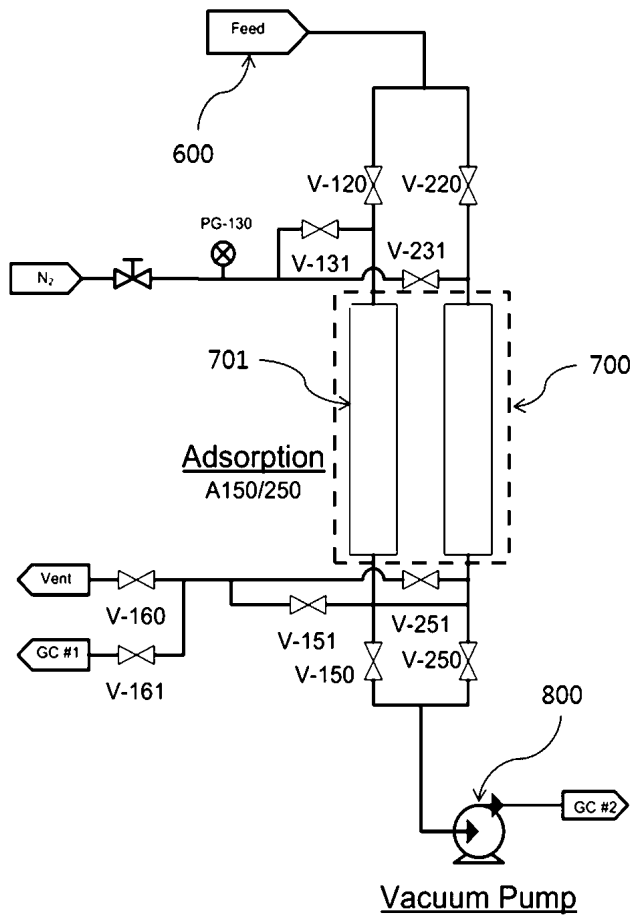
- [0083] 100 : 가스공급부
- 200 : 유입량제어부
- 300 : 분리막 모듈
- 301 : 주입구
- 302 : 배출구
- 303 : 투과구
- 304 : 분리막
- 400 : 배출량제어부
- 500 : 감압펌프
- 600 : 공급부
- 700 : 흡착부
- 701 : 흡착컬럼
- 800 : 감압펌프

도면

도면1



도면2



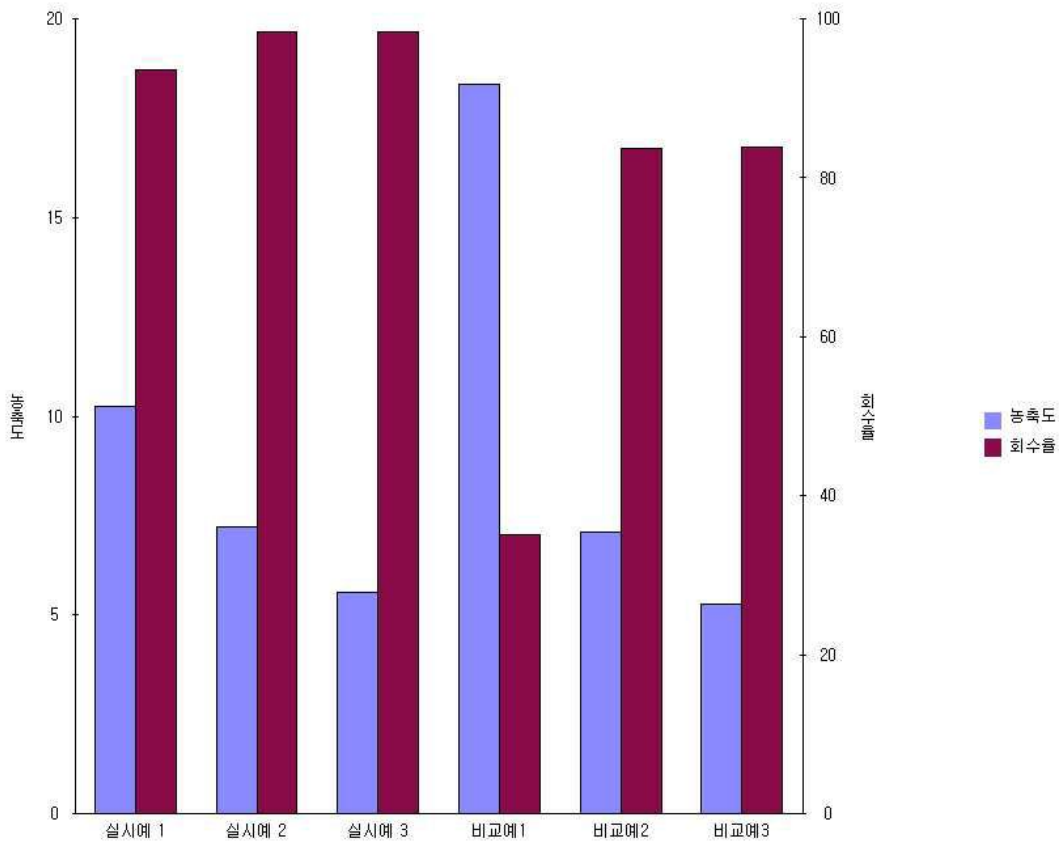
도면3



도면4



도면5



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제1항

【변경전】

투과구로부터 배출되는 혼합가스를 공급하는 공급부; 상기 공급부로부터 혼합가스가 주입되어 불화가스가

【변경후】

투과구로부터 배출되는 비불화가스를 공급하는 공급부; 상기 공급부로부터 비불화가스가 주입되어 비불화
가스에 잔류하는 불화가스가

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제1항

【변경전】

상기 불화가스를 포함하는

【변경후】

불화가스를 포함하는