



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년02월26일
(11) 등록번호 10-1832477
(24) 등록일자 2018년02월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 35/505 (2006.01) C23C 16/44 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01) H01L 21/687 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C04B 35/505 (2013.01)
C23C 16/4401 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7002585
- (22) 출원일자(국제) 2014년11월11일
심사청구일자 2017년01월19일
- (85) 번역문제출일자 2016년01월29일
- (65) 공개번호 10-2016-0086318
- (43) 공개일자 2016년07월19일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/065080
- (87) 국제공개번호 WO 2015/073458
국제공개일자 2015년05월21일
- (30) 우선권주장
61/903,215 2013년11월12일 미국(US)
14/531,785 2014년11월03일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20040229078 A1*
US20130224498 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050
- (72) 발명자
선, 제니퍼 와이.
미국 94041 캘리포니아 마운틴 뷰 오크 하벤 플레
이스 106
카누고, 비라자 피.
미국 95128 캘리포니아 새너제이 아파트먼트 디20
프루트데일 애비뉴 1919
- (74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 10 항

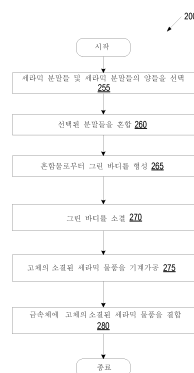
심사관 : 김란

(54) 발명의 명칭 **희토류 옥사이드 기반 모놀리식 챔버 재료**

(57) 요약

고체의 소결된 세라믹 물품은 대략 30 molar% 내지 대략 60 molar% 농도의 Y₂O₃, 대략 20 molar% 내지 대략 60 molar% 농도의 Er₂O₃, 및 대략 0 molar% 내지 대략 30 molar% 농도의 ZrO₂, Gd₂O₃ 또는 SiO₂ 중 적어도 하나를 포함하는 고용체를 포함할 수 있다. 대안적으로, 고체의 소결된 세라믹 물품은 40 내지 100 mol%의 Y₂O₃, 0 내지 50 mol%의 ZrO₂, 및 0 내지 40 mol%의 Al₂O₃을 포함하는 고용체를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C23C 16/45565 (2013.01)
H01J 37/32082 (2013.01)
H01L 21/67207 (2013.01)
H01L 21/68757 (2013.01)
C04B 2235/3224 (2013.01)
C04B 2235/656 (2013.01)
C04B 2235/96 (2013.01)
C04B 2237/34 (2013.01)
C04B 2237/40 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

하나 이상의 고용체를 포함하는 플라즈마 내성 세라믹 재료(plasma resistant ceramic material)를 포함하는 물품으로서,

하나 이상의 고용체가 37 molar% 내지 45 molar% 농도의 Y_2O_3 , 30 molar% 내지 55 molar% 농도의 Er_2O_3 , 1 molar% 내지 20 molar% 농도의 ZrO_2 , 1 molar% 내지 20 molar% 농도의 Gd_2O_3 , 및 0 molar% 내지 30 molar% 농도의 SiO_2 를 포함하는 물품.

청구항 2

제1항에 있어서, 물품이 플라즈마 에치 반응기(plasma etch reactor)용 챔버 부품을 포함하며, 챔버 부품이 정전 척(electrostatic chuck), 뚜껑(lid), 노즐, 가스 분배 플레이트(gas distribution plate), 샤워 헤드, 정전 척 부품, 및 가공 키트 고리(processing kit ring)로 이루어진 군으로부터 선택되는 물품.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 물품이 고체의 소결된 세라믹 물품(solid sintered ceramic article)인 물품.

청구항 5

제1항에 있어서, 하나 이상의 고용체가 40 molar%의 농도의 Y_2O_3 , 5 molar%의 농도의 ZrO_2 , 35 molar%의 농도의 Er_2O_3 , 5 molar%의 농도의 Gd_2O_3 , 및 15 molar%의 농도의 SiO_2 를 포함하는 물품.

청구항 6

제1항에 있어서, 하나 이상의 고용체가 45 molar%의 농도의 Y_2O_3 , 5 molar%의 농도의 ZrO_2 , 35 molar%의 농도의 Er_2O_3 , 10 molar%의 농도의 Gd_2O_3 , 및 5 molar%의 농도의 SiO_2 를 포함하는 물품.

청구항 7

제1항에 있어서, 하나 이상의 고용체가 40 molar%의 농도의 Y_2O_3 , 5 molar%의 농도의 ZrO_2 , 40 molar%의 농도의 Er_2O_3 , 7 molar%의 농도의 Gd_2O_3 , 및 8 molar%의 농도의 SiO_2 를 포함하는 물품.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서, 하나 이상의 고용체가 40 molar%의 농도의 Y_2O_3 , 10 molar%의 농도의 ZrO_2 , 30 molar%의 농도의 Er_2O_3 , 및 20 molar%의 농도의 Gd_2O_3 을 포함하는 물품.

청구항 10

제1항에 있어서, 하나 이상의 고용체가 1 molar% 내지 30 molar%의 농도의 SiO_2 를 포함하는 물품.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제1항에 있어서, 하나 이상의 고용체가 5-30 molar%의 농도의 SiO₂를 포함하는 물품.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

제1항에 있어서, 하나 이상의 고용체가 5-15 molar%의 농도의 SiO₂를 포함하는 물품.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 구체예들은 일반적으로, 플라즈마 내성 회토류 옥사이드 재료들, 및 특히 플라즈마 내성 회토류 옥사이드 재료들로부터 형성된 고체의 소결된 세라믹 물품(solid sintered ceramic article)들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 산업에서, 디바이스들은 점차적으로 감소되고 있는 크기를 갖는 구조를 생산하는 다수의 제작 공정들에 의해 제작된다. 일부 제작 공정들, 예를 들어 플라즈마 에치 및 플라즈마 세척 공정들은 기재를 에칭시키거나 세척하기 위해 고속 플라즈마 스트림에 기재를 노출시킨다. 플라즈마는 매우 부식성일 수 있고, 가공 챔버들 및 플라즈마에 노출되는 다른 표면들을 부식시킬 수 있다. 이러한 부식은 입자들을 발생시킬 수 있는데, 이는 흔히 가공될 기관을 오염시켜 디바이스 결함들에 기여한다. 추가적으로, 부식은 챔버 부품들로부터의 금속 원자들이 가공된 기관들(예를 들어, 가공된 웨이퍼들)을 오염시킬 수 있게 한다.

[0003] 디바이스 기하학적 구조가 축소함에 따라, 결함들 및 금속 오염에 대한 민감성이 증가하며, 입자 오염물질 사양 및 금속 오염물질 사양들이 더욱 엄격하게 된다. 이에 따라, 디바이스 기하학적 구조가 축소함에 따라, 입자 결함들 및 금속 오염의 허용 가능한 수준들이 감소될 수 있다. 플라즈마 에치 및/또는 플라즈마 세척 공정들에 의해 도입된 입자 결함들 및 금속 오염을 최소화하기 위하여, 플라즈마들에 대해 내성인 챔버 재료들이 개발되었다. 이러한 플라즈마 내성 재료들의 예는 Al₂O₃, AlN, SiC 및 Y₂O₃로 이루어진 세라믹들을 포함한다. 그러나, 이러한 세라믹 재료들의 플라즈마 내성 성질들은 일부 적용들에 대해 불충분할 수 있다. 예를 들어, 전통적인 세라믹 제작 공정들을 이용하여 제작된 플라즈마 내성 세라믹 뚜껑들 및/또는 노즐들은, 90 nm 이하의 입계 치수들을 갖는 반도체 디바이스들의 플라즈마 에치 공정들에서 사용될 때, 허용 가능하지 않은 수준의 입자 결함들을 형성시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0004]

본 발명은 유사한 참조기호들이 유사한 구성요소들을 지시하는 첨부된 도면에서의 도들에서, 일 예로서 예시된 것으로서, 한정적인 것으로 예시된 것은 아니다. 본 명세서에서 "일 구체예"에 대한 상이한 언급들이 반드시 동일한 구체예를 언급하는 것이 아니며 이러한 언급들은 적어도 하나를 의미한다는 것이 주지되어야 한다.

도 1은 본원의 구체예들에 제공된 세라믹 재료들을 사용하여 형성된 고체의 소결된 세라믹 물품들인 하나 이상의 챔버 부품들을 갖는 반도체 가공 챔버의 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 구체예에 따른, 고체의 소결된 세라믹 물품을 형성시키는 공정을 예시한 것이다.

도 3은 본 발명의 구체예들에 따른, 2200 와트의 바이어스 전력(bias power) 하에서 발생된 플라즈마에 대한 다양한 고체의 소결된 세라믹 물품들의 스퍼터 내성(sputter resistance)을 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 구체예들에 따른, N₂/H₂ 화학물질을 사용하여 형성된 플라즈마에 대한 다양한 고체의 소결된 세라믹 물품의 내침식성을 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 구체예들에 따른, CHF₄/CF₄ 화학물질을 사용하여 형성된 플라즈마에 대한 다양한 고체의 소결된 세라믹 물품의 내침식성을 도시한 것이다.

도 6a는 본 발명의 구체예들에 따른, N₂/H₂ 화학물질을 사용하여 형성된 플라즈마에 대한 다양한 고체의 소결된 세라믹 물품의 내침식성을 도시한 차트이다.

도 6b는 다양한 벌크 소결된 세라믹 물품들에 대한 에치-전 및 에치-후 거칠기를 도시한 차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0005]

본 발명의 구체예들은 신규한 소결된 세라믹 재료들, 및 이러한 신규한 소결된 세라믹 재료들을 제조하는 방법에 관한 것이다. 구체예들에서, 소결된 세라믹 재료들은 대략 30 molar% 내지 대략 60 molar% 농도의 Y₂O₃, 대략 20 molar% 내지 대략 60 molar% 농도의 Er₂O₃, 및 대략 0 molar% 내지 대략 30 molar% 농도의 ZrO₂, Gd₂O₃ 또는 SiO₂ 중 적어도 하나를 포함하는 고용체를 가질 수 있다. 다른 구체예들에서, 소결된 세라믹 재료들은 Y₂O₃, ZrO₂, 및/또는 Al₂O₃의 혼합물을 포함한 고용체를 가질 수 있다. 신규한 소결된 세라믹 재료들은 플라즈마 에치 반응기용 챔버 부품들을 형성시키기 위해 사용될 수 있다. 플라즈마 에치 반응기에서 본원에 기술된 신규한 소결된 세라믹 재료들로 형성된 챔버 부품들의 사용은 통상적인 플라즈마 내성 세라믹 재료들로 형성된 챔버 부품들의 사용과 비교하여 온-웨이퍼 금속 오염 및/또는 입자 결함들을 크게 감소시킬 수 있다. 특히, 이트륨, 알루미늄, 및 아연의 금속 오염은 본원의 구체예들에 기술된 세라믹 재료들의 사용에 의해 크기 감소될 수 있다. 가공된 웨이퍼들 상에서의 이러한 금속 오염물질들의 감소는 반도체들, 디스플레이들, 광전지(photovoltaic)들, 마이크로-전자-기계 시스템(micro-electro-mechanical system(MEMS)) 디바이스들, 등의 제조업체들에 의해 요구될 수 있다.

[0006]

용어들 "약" 및 "대략"이 본원에서 사용될 때, 이러한 용어들은 제시된 명목 수치(nominal value)가 ±10% 내에서 정밀함으로 의미하는 것으로 의도된다.

[0007]

구체예들은 플라즈마 에치 반응기(또한, 플라즈마 에칭기로 언급됨)용 챔버 부품들인 고체의 소결된 세라믹 물품들에 관하여 기술된다. 예를 들어, 세라믹 물품들은 공정 키트 고리들(process kit rings), 챔버 뚜껑, 가스 분배 플레이트들, 샤워 헤드들, 정전 척들, 및 리프트 핀들(lift pins)일 수 있다. 그러나, 본원에 기술된 고체의 소결된 세라믹 재료들은 또한, 플라즈마 세척기, 플라즈마 추진 시스템, 등과 같은 플라즈마 환경에 노출되는 부품들을 갖는 다른 디바이스들에 대해 사용될 수 있다. 또한, 구체예들은 고체의 소결된 세라믹 물품들에 관하여 기술된다. 그러나, 논의된 구체예들은 또한, 증착된 세라믹 코팅들, 예를 들어 플라즈마 분사 세라믹 코팅들 및 이온 보조 증착(ion assisted deposition(IAD)) 기술들을 이용하여 적용된 세라믹 코팅들에 적용한다. 이에 따라, 고체의 소결된 세라믹 재료들의 논의가 동일한 조성들의 증착된 세라믹 재료들에 적용하는 것으로 이해되어야 한다.

[0008]

구체예들은 플라즈마 에치 및/또는 플라즈마 세척 공정들을 위해 공정 챔버에서 사용될 때 감소된 입자 결함들 및 금속 오염을 야기시키는 세라믹 물품들에 관하여 본원에서 기술된다. 그러나, 플라즈마 강화 화학적 증기 증착(PECVD), 플라즈마 강화 물리적 증기 증착(PEPVD), 플라즈마 강화 원자층 증착(PEALD), 등, 및 비-플라즈마

에칭기들, 비-플라즈마 세척기들, 화학적 증기 증착(CVD) 로들, 물리적 증기 증착(PVD) 로들, 등과 같은 다른 공정들을 위한 공정 챔버들에서 사용될 때, 본원에서 논의된 세라믹 물품들이 또한 감소된 입자 결함들 및 금속 오염을 제공할 수 있는 것으로 이해되어야 한다.

- [0009] 도 1은 본원의 구체예들에 제공된 세라믹 재료들을 사용하여 생성된 고체의 소결된 세라믹 물품들인 하나 이상의 챔버 부품들을 갖는 반도체 가공 챔버(100)의 단면도이다. 가공 챔버(100)는 부식성 플라즈마 환경이 제공되는 공정들을 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 가공 챔버(100)는 플라즈마 에칭 반응기(또한, 플라즈마 에칭기로서 공지됨), 플라즈마 세척기, 등을 위한 챔버일 수 있다. 고체의 소결된 플라즈마 내성 세라믹 재료로 이루어지거나 이를 포함할 수 있는 챔버 부품들의 예들은 정전 척(ESC)(150), 고리(예를 들어, 공정 키트 고리 또는 단일 고리), 챔버벽, 가스 분배 플레이트, 샤워헤드, 라이너, 라이너 키트, 챔버 뚜껑(104), 노즐(132), 등을 포함한다. 이러한 챔버 부품들 중 하나 이상을 형성하기 위해 사용되는 고체의 소결된 세라믹 재료는 도 2를 참조로 하여 더욱 상세히 기술된다.
- [0010] 일 구체예에서, 가공 챔버(100)는 내부 용적(106)을 둘러싸는 챔버 바디(102) 및 뚜껑(130)을 포함한다. 뚜껑(130)은 이의 중심에 홀을 가질 수 있으며, 노즐(132)은 홀에 삽입될 수 있다. 일부 구체예들에서, 샤워헤드가 뚜껑(130) 및 노즐(132) 대신에 사용된다. 챔버 바디(102)는 알루미늄, 스테인레스 스틸 또는 다른 적합한 재료로부터 제작될 수 있다. 챔버 바디(102)는 일반적으로 측벽들(108) 및 바닥(110)을 포함한다. 임의의 뚜껑(130), 노즐(132), 샤워헤드, 등은 고체의 소결된 세라믹 재료를 포함할 수 있다.
- [0011] 외부 라이너(116)는 챔버 바디(102)를 보호하기 위해 측벽들(108)에 인접하여 배치될 수 있다. 외부 라이너(116)는 희토류 옥사이드 기반 재료들로부터 제조된 플라즈마 내성 층일 수 있다.
- [0012] 배기 포트(126)는 챔버 바디(102)에서 한정될 수 있고, 내부 용적(106)을 펌프 시스템(128)에 연결시킬 수 있다. 펌프 시스템(128)은 가공 챔버(100)의 내부 용적(106)의 압력을 배기시키고 조절하기 위해 사용되는 하나 이상의 펌프들 및 쓰로틀 밸브(throttle valve)들을 포함할 수 있다.
- [0013] 뚜껑(130)은 챔버 바디(102)의 측벽(108) 상에 지지될 수 있다. 뚜껑(130)은 가공 챔버(100)의 내부 용적(106)에 접근할 수 있도록 개방될 수 있고, 폐쇄되어 있는 동안 가공 챔버(100)를 위한 시일(seal)을 제공할 수 있다. 가스 패널(158)은 공정 및/또는 세척 가스들을 노즐(132)을 통해 내부 용적(106)에 제공하기 위해 가공 챔버(100)에 연결될 수 있다.
- [0014] 가공 챔버(100)에서 기체들을 가공하기 위해 사용될 수 있는 가공 가스들의 예들은 할로젠-함유 가스들, 예를 들어 그중에서도, C_2F_6 , SF_6 , $SiCl_4$, HBr , NF_3 , CF_4 , CHF_3 , CH_2F_3 , F , NF_3 , Cl_2 , CCl_4 , BCl_3 및 SiF_4 , 및 다른 가스들, 예를 들어 O_2 , 또는 N_2O 를 포함한다. 운반 가스들의 예는 N_2 , He , Ar , 및 공정 가스들에 대해 불활성인 다른 가스들(예를 들어, 비-반응성 가스들)을 포함한다. 기체 지지 어셈블리(148)는 가공 챔버(100)의 내부 용적(106)에서 뚜껑(130) 아래에 배치된다. 기체 지지 어셈블리(148)는 가공 동안 기체(144)를 유지시킨다. 고리(147)(예를 들어, 단일 고리)는 정전 척(150)의 일부를 덮을 수 있고, 가공 동안 덮혀진 부분이 플라즈마에 노출되는 것을 방지할 수 있다. 고리(147)는 본원에 기술된 임의의 고체의 소결된 세라믹 재료들로 형성될 수 있다.
- [0015] 내부 라이너(118)는 기체 지지 어셈블리(148)의 주변부(periphery) 상에 형성될 수 있다. 내부 라이너(118)는 할로젠-함유 가스 내성 물질, 예를 들어, 외부 라이너(116)에 관하여 논의된 것들일 수 있다.
- [0016] 일 구체예에서, 기체 지지 어셈블리(148)는 받침대(152)를 지지하는 마운팅 플레이트(mounting plate)(162), 및 정전 척(150)을 포함한다. 정전 척(150)은 열전도성 베이스(164) 및 일 구체예에서 실리콘 접합부일 수 있는 접합부(138)에 의해 열전도성 베이스에 결합된 정전 픽(electrostatic puck)(166)을 추가로 포함한다. 마운팅 플레이트(162)는 챔버 바디(102)의 바닥(110)에 연결되고, 유틸리티들(utility)(예를 들어, 유체들, 전선들, 센서 리드들, 등)을 열전도성 베이스(164) 및 정전 픽(166)으로 전달하기 위한 통로들을 포함한다.
- [0017] 열전도성 베이스(164) 및/또는 정전 픽(166)은 기체 지지 어셈블리(148)의 측면 온도 프로파일을 제어하기 위해 하나 이상의 임의적 엠베딩된 가열 부재들(176), 엠베딩된 단열기들(174) 및/또는 도관들(168, 170)을 포함할 수 있다. 도관들(168, 170)은 도관들(168, 170)을 통해 온도 조절 유체를 순환시키는 유체 공급원(172)에 유체적으로 연결될 수 있다. 엠베딩된 단열기(174)는 일 구체예에서 도관들(168, 170) 사이에 배치될 수 있다. 가열 부재(176)는 가열기 전원(178)에 의해 조절된다. 도관들(168, 170) 및 가열 부재(176)는 열전도성 베이스(164)의 온도를 제어하기 위해 사용되어, 정전 픽(166) 및 가공될 기체들(예를 들어, 웨이퍼)(144)을 가열시키

고/거나 냉각시킬 수 있다. 정전 펄스(166) 및 열전도성 베이스(164)의 온도는 복수의 온도 센서들(190, 192)을 사용하여 모니터링될 수 있고, 이는 제어기(195)를 이용하여 모니터링될 수 있다.

- [0018] 정전 펄스(166)은 정전 펄스(166)의 상부 표면에 형성될 수 있는, 그루브들(grooves), 메사들(mesas) 및 다른 표면 피쳐들과 같은 다수의 가스 통로들을 추가로 포함할 수 있다. 가스 통로들은 정전 펄스(166)에 친공된 홀들을 통해 He와 같은 열전달 (또는 배면) 가스의 공급원에 유체적으로 연결될 수 있다. 작동 시에, 배면 가스는 정전 펄스(166)과 기재(144) 간의 열전달을 향상시키기 위해 가스 통로들에 조절된 압력으로 제공될 수 있다.
- [0019] 정전 펄스(166)은 척킹 전원(chucking power source; 182)에 의해 제어된 적어도 하나의 클램핑 전극(clamping electrode)(180)을 포함한다. 적어도 하나의 클램핑 전극(180)(또는 정전 펄스(166) 또는 전도성 베이스(164)에 배치된 다른 전극)은 가공 챔버(100) 내에 공정 가스 및/또는 다른 가스로부터 형성된 플라즈마를 유지시키기 위해 매칭 회로(188)를 통해 하나 이상의 RF 전원들(184, 186)에 추가로 연결될 수 있다. RF 전원들(184, 186)은 일반적으로 약 50 kHz 내지 약 3 GHz의 주파수 및 약 10,000 와트 이하의 출력을 갖는 RF 신호를 형성시킬 수 있다.
- [0020] 도 2는 본 발명의 일 구체예에 따른, 고체의 소결된 세라믹 물품을 제작하기 위한 공정(200)을 도시한 흐름 차트이다. 블록(255)에서, 세라믹 물품을 형성하기 위해 사용되는 세라믹 분말들이 선택된다. 선택된 세라믹 분말들의 양들이 또한 선택된다.
- [0021] 일 구체예에서, 선택된 세라믹 분말들은 Y_2O_3 , Er_2O_3 , 및 Y_2O_3 및 Er_2O_3 을 갖는 상(phase)을 형성시키는 하나 이상의 추가의 희토류 옥사이드들을 포함한다. 추가의 희토류 옥사이드들은 또한 내침식성이고 고밀도(낮은 공극률)를 가져야 한다. 사용될 수 있는 추가의 희토류 옥사이드들의 예들은 ZrO_2 및 Gd_2O_3 을 포함한다. 비-희토류 옥사이드들, 예를 들어 Al_2O_3 및 SiO_2 가 또한 사용될 수 있다. 일 구체예에서, 세라믹 분말들은 대략 30 molar% (mol%) 내지 대략 60 molar% 농도의 Y_2O_3 , 대략 20 molar% 내지 대략 60 molar% 농도의 Er_2O_3 , 및 대략 0 molar% 내지 대략 30 molar% 농도의 ZrO_2 , Gd_2O_3 또는 SiO_2 중 적어도 하나를 포함한다. 일 구체예에서, 선택된 세라믹 분말들은 대략 30 내지 60 molar% 농도의 Y_2O_3 , 대략 20 내지 55 molar% 농도의 Er_2O_3 , 및 20 molar% 이하의 농도의 ZrO_2 , 20 molar% 이하의 농도의 Gd_2O_3 및 30 molar% 이하의 농도의 SiO_2 중 하나 이상을 포함한다.
- [0022] 사용될 수 있는 세라믹 분말들의 하나의 특정 혼합물(실시에 1++라 칭함)은 대략 40 molar% 농도의 Y_2O_3 , 대략 5 molar% 농도의 ZrO_2 , 대략 35 molar% 농도의 Er_2O_3 , 대략 5 molar% 농도의 Gd_2O_3 , 및 대략 15 molar% 농도의 SiO_2 를 포함한다. 사용될 수 있는 세라믹 분말들의 다른 특정 혼합물(실시에 2++라 칭함)은 대략 45 molar% 농도의 Y_2O_3 , 대략 5 molar% 농도의 ZrO_2 , 대략 35 molar% 농도의 Er_2O_3 , 대략 10 molar% 농도의 Gd_2O_3 , 및 대략 5 molar% 농도의 SiO_2 를 포함한다. 사용될 수 있는 세라믹 분말들의 다른 특정 혼합물(실시에 3++라 칭함)은 대략 40 molar% 농도의 Y_2O_3 , 대략 5 molar% 농도의 ZrO_2 , 대략 40 molar% 농도의 Er_2O_3 , 대략 7 molar% 농도의 Gd_2O_3 , 및 대략 8 molar% 농도의 SiO_2 를 포함한다. 사용될 수 있는 세라믹 분말들의 다른 특정 혼합물(실시에 4++라 칭함)은 대략 37 molar% 농도의 Y_2O_3 , 대략 8 molar% 농도의 ZrO_2 , 및 대략 55 molar% 농도의 Er_2O_3 를 포함한다. 사용될 수 있는 세라믹 분말들의 다른 특정 혼합물(실시에 5++라 칭함)은 대략 40 molar% 농도의 Y_2O_3 , 대략 10 molar% 농도의 ZrO_2 , 대략 30 molar% 농도의 Er_2O_3 , 및 대략 20 molar% 농도의 Gd_2O_3 을 포함한다.
- [0023] 일 구체예에서, 선택된 세라믹 분말들은 40 내지 60 mol%의 Y_2O_3 , 30 내지 50 mol%의 ZrO_2 , 및 10 내지 20 mol%의 Al_2O_3 을 포함한다. 다른 구체예, 선택된 세라믹 분말들은 40 내지 50 mol%의 Y_2O_3 , 20 내지 40 mol%의 ZrO_2 , 및 20 내지 40 mol%의 Al_2O_3 을 포함한다. 다른 구체예에서, 선택된 세라믹 분말들은 70 내지 90 mol%의 Y_2O_3 , 0 내지 20 mol%의 ZrO_2 , 및 10 내지 20 mol%의 Al_2O_3 을 포함한다. 다른 구체예에서, 선택된 세라믹 분말들은 60 내지 80 mol%의 Y_2O_3 , 0 내지 10 mol%의 ZrO_2 , 및 20 내지 40 mol%의 Al_2O_3 을 포함한다. 다른 구체예에서, 선택된 세라믹 분말들은 40 내지 60 mol%의 Y_2O_3 , 0 내지 20 mol%의 ZrO_2 , 및 30 내지 40 mol%의 Al_2O_3 을 포함한다. 다른 구체예에서, 선택된 세라믹 분말들은 40 내지 100 mol%의 Y_2O_3 , 0 내지 60 mol%의 ZrO_2 , 및 0 내지 5 mol%

의 Al_2O_3 을 포함한다.

[0024] 일 구체예에서, 선택된 세라믹 분말들은 40 내지 100 mol%의 Y_2O_3 , 0 내지 60 mol%의 ZrO_2 , 및 0 내지 5 mol%의 Al_2O_3 을 포함한다. 제1 예에서(실시예 1+라 칭함), 선택된 세라믹 분말들은 73 내지 74 mol%의 Y_2O_3 및 26 내지 27 mol%의 ZrO_2 를 포함한다. 제2 예에서(실시예 2+라 칭함), 선택된 세라믹 분말들은 71 내지 72 mol%의 Y_2O_3 , 26 내지 27 mol%의 ZrO_2 , 및 1 내지 2 mol%의 Al_2O_3 을 포함한다. 제3 예에서(실시예 3+라 칭함), 선택된 세라믹 분말들은 64 내지 65 mol%의 Y_2O_3 및 35 내지 36 mol%의 ZrO_2 를 포함한다. 제4 예에서(실시예 4+라 칭함), 선택된 세라믹 분말들은 63 내지 64 mol%의 Y_2O_3 , 35 내지 36 mol%의 ZrO_2 , 및 1 내지 2 mol%의 Al_2O_3 를 포함한다. 제5 예에서(실시예 5+라 칭함), 선택된 세라믹 분말들은 57 내지 58 mol%의 Y_2O_3 , 42 내지 43 mol%의 ZrO_2 를 포함한다. 제6 예에서(실시예 6+라 칭함), 선택된 세라믹 분말들은 52 내지 53 mol%의 Y_2O_3 , 47 내지 48 mol%의 ZrO_2 를 포함한다.

[0025] 임의의 상술된 소결된 고형체들은 미량의 다른 물질들, 예를 들어 ZrO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , B_2O_3 , Er_2O_3 , Nd_2O_3 , Nb_2O_5 , CeO_2 , Sm_2O_3 , Yb_2O_3 , 또는 다른 옥사이드들을 포함할 수 있다.

[0026] 블록(260)에서, 선택된 세라믹 분말들이 혼합된다. 일 구체예에서, 선택된 분말들은 슬러리를 형성시키기 위해 물, 결합제, 및 해교제(deflocculant)와 혼합된다. 일 구체예에서, 세라믹 분말들은 분무 건조에 의해 과립 분말로 조합된다.

[0027] 블록(265)에서, 그린 바디(green body)(소결되지 않은 세라믹 물품)는 혼합된 분말들로부터(예를 들어, 선택된 세라믹 분말들의 혼합물로부터 형성된 슬러리로부터) 형성된다. 그린 바디는 슬립 주조(slip casting), 테이프 주조(tape casting), 냉간 등방압 가압(cold isostatic pressing), 단방향 기계적 가압(unidirectional mechanical pressing), 사출 성형, 및 압출을 포함하지만 이로 제한되지 않는 기술들을 이용하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 일 구체예에서 슬러리는 분무 건조되고 모울드에 배치되고 가압되어 그린 바디를 형성시킬 수 있다.

[0028] 블록(270)에서, 그린 바디가 소결된다. 그린 바디를 소결시키는 것은 그린 바디에서 임의의 구성성분 회토류 옥사이드들의 용점 미만인 고온으로 그린 바디를 가열시키는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 그린 바디가 Y_2O_3 , Er_2O_3 , ZrO_2 , Gd_2O_3 또는 SiO_2 를 포함하는 경우에, 그린 바디는 Y_2O_3 , Er_2O_3 , ZrO_2 , Gd_2O_3 또는 SiO_2 의 용점들 미만의 임의 포인트로 가열될 수 있다. 일 구체예에서, 소결에 앞서 그린 바디의 형성에서 사용된 결합제를 연소시키기 위해 그린 바디를 저온으로 가열시키는 것이 선행된다. 그린 바디들은 1500 내지 2100°C에서 3 내지 30시간(hr)의 시간 동안 소결될 수 있다.

[0029] 소결 공정은 단일 상의 다양한 구성성분의 세라믹 재료들로 이루어진 적어도 하나의 고용체를 포함하는 고체의 소결된 세라믹 물품을 형성시킨다. 예를 들어, 일 구체예에서, 고체의 소결된 세라믹 물품은 대략 30 molar% 내지 대략 60 molar% 농도의 Y_2O_3 , 대략 20 molar% 내지 대략 50 molar% 농도의 Er_2O_3 , 대략 0 molar% 내지 대략 30 molar% 농도의 ZrO_2 , Gd_2O_3 또는 SiO_2 중 적어도 하나를 포함하는 고용체를 포함한다.

[0030] 다양한 구체예들에서, 고체의 소결된 세라믹 물품은 플라즈마 에치 반응기의 상이한 챔버 부품들을 위해 사용될 수 있다. 형성되는 특정 챔버 부품에 따라, 그린 바디는 상이한 형상들을 가질 수 있다. 예를 들어, 최종 챔버 부품이 공정 키트 고리일 경우에, 그린 바디는 고리의 형상을 가질 수 있다. 챔버 부품이 정전 척용 정전 펌프일 경우에, 그린 바디는 디스크의 형상을 가질 수 있다. 그린 바디는 또한, 형성될 챔버 부품에 따라 다른 형상들을 가질 수 있다.

[0031] 소결 공정은 통상적으로 조절되지 않은 양에 의해 세라믹 물품의 크기를 변경시킨다. 적어도 일부 이러한 크기 변화로 인하여, 통상적으로 소결 공정이 블록(275)에서 완료된 후에 세라믹 물품이 기계가공된다. 기계가공(machining)은 세라믹 물품의 표면 그라인딩 및/또는 폴리싱(polishing), 세라믹 물품에서 홀들의 천공, 세라믹 물품의 절단 및/또는 형상화, 세라믹 물품의 그라인딩, 세라믹 물품의 폴리싱(예를 들어, 화학적 기계적 평면화(chemical mechanical planarization; CMP), 불꽃 폴리싱, 또는 다른 폴리싱 기술들을 이용), 세라믹 물품의 조면화(예를 들어, 비드 블라스팅(bead blasting)에 의함), 세라믹 물품 상에서 메사(mesa)들의 형성, 등을 포함할 수 있다.

- [0032] 세라믹 물품은 특정 적용을 위해 적절한 구성으로 기계가공될 수 있다. 기계가공 전에, 세라믹 물품은 특정 목적(예를 들어, 플라즈마 에칭기에서 뚜껍으로서 사용될)을 위해 대략적인 형상 및 크기를 가질 수 있다. 그러나, 기계가공은 세라믹 물품의 크기, 형상, 치수들, 홀 크기들, 등을 정밀하게 조절하기 위해 수행될 수 있다.
- [0033] 형성될 특정 챔버 부품에 따라, 추가적인 가공 작업들이 추가적으로 수행될 수 있다. 일 구체예에서, 추가 가공 작업들은 금속 바디에 고체의 소결된 세라믹 물품을 결합시키는 것을 포함한다(블록(280)). 고체의 소결된 세라믹 물품이 기계가공되고 금속 바디에 결합되는 일부 경우들에서, 기계가공이 먼저 수행되고 이후에 결합된다. 다른 경우들에서, 먼저 고체의 소결된 세라믹 물품이 금속 바디에 결합될 수 있고, 이후에 기계가공될 수 있다. 다른 구체예들에서, 일부 기계가공은 결합 전 및 후 둘 모두에 수행된다. 추가적으로, 일부 구체예들에서, 고체의 소결된 세라믹 물품은 다른 세라믹 물품에 결합될 수 있다.
- [0034] 제1 예에서, 세라믹 물품은 샤워헤드용으로 사용되기 위한 것이다. 이러한 구체예에서, 다수의 홀들은 세라믹 물품에 천공될 수 있으며, 세라믹 물품은 알루미늄 가스 분배 플레이트에 결합될 수 있다. 제2 예에서, 세라믹 물품은 정전 적용으로 사용된다. 이러한 구체예에서, 헬륨 핀 홀들은 (예를 들어, 레이저 천공에 의해) 세라믹 물품에 천공되며, 세라믹 물품은 실리콘 결합(silicone bond)에 의해 알루미늄 베이스 플레이트에 결합될 수 있다. 다른 예에서, 세라믹 물품은 세라믹 뚜껍이다. 세라믹 뚜껍이 큰 표면적을 갖기 때문에, 새로이 소결된 세라믹 재료로부터 형성된 세라믹 뚜껍은 가공 동안 (예를 들어, 플라즈마 에치 반응기의 공정 챔버에 진공이 적용될 때) 크래킹(cracking) 또는 버클링(buckling)을 방지하기 위해 높은 구조적 강도를 가질 수 있다. 다른 예들에서, 노즐, 공정 키트 고리, 또는 다른 챔버 부품이 형성된다.
- [0035] 도 3은 본 발명의 구체예들에 따른, 2200 와트의 바이어스 전력 하에서 발생된 플라즈마에 대한 다양한 고체의 소결된 세라믹 물품들의 스퍼터 내성(sputter resistance)을 도시한 차트이다. 이러한 차트는 73.13 molar% Y_2O_3 및 26.87 molar% ZrO_2 로 이루어진 제1 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 1+)에 대해 무선주파수 시간 당 0.10 내지 0.15 나노미터(nm/RFhr)의 스퍼터 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 63.56 molar% Y_2O_3 , 35.03 molar% ZrO_2 , 및 1.41 molar% Al_2O_3 으로 이루어진 제4 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 4+)에 대해 0.15 내지 0.20 nm/RFhr의 스퍼터 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 71.96 molar% Y_2O_3 , 26.44 molar% ZrO_2 , 및 1.60 molar% Al_2O_3 으로 이루어진 제2 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 2+)에 대해 0.15 내지 0.20 nm/RFhr의 스퍼터 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 64.46 molar% Y_2O_3 및 35.54 molar% ZrO_2 로 이루어진 제3 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 3+)에 대해 0.20 내지 0.25 nm/RFhr의 스퍼터 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 52.12 molar% Y_2O_3 및 47.88 molar% ZrO_2 로 이루어진 제6 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 6+)에 대해 0.25 내지 0.30 nm/RFhr의 스퍼터 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 57.64 molar% Y_2O_3 및 42.36 molar% ZrO_2 로 이루어진 제5 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 5+)에 대해 0.30 내지 0.35 nm/RFhr의 스퍼터 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 추가적으로 Er_2O_3 , Y_2O_3 , Gd_2O_3 , $Er_3Al_5O_{12}$ (EAG), 99.8% Al_2O_3 , 92% Al_2O_3 의 고체의 소결된 세라믹들, 및 비교를 위한 63 mol% Y_2O_3 , 14 mol% Al_2O_3 , 및 23 mol% ZrO_2 를 포함하는 비교 컴파운드 세라믹에 대한 스퍼터 침식 내성률을 나타낸다.
- [0036] 도 4는 본 발명의 구체예들에 따른, N_2/H_2 화학물질을 사용하여 발생된 플라즈마에 대한 다양한 고체의 소결된 세라믹 물품들의 내침식성을 도시한 추가 차트이다. 이러한 차트는 73.13 molar% Y_2O_3 및 26.87 molar% ZrO_2 로 이루어진 제1 예의 고체의 소결된 세라믹 물품에 대해 약 10 nm/RFhr의 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 64.46 molar% Y_2O_3 및 35.54 molar% ZrO_2 로 이루어진 제3 예의 고체의 소결된 세라믹 물품에 대해 10 nm/RFhr 바로 위의 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 63.56 molar% Y_2O_3 , 35.03 molar% ZrO_2 , 및 1.41 molar% Al_2O_3 로 이루어진 제4 예의 고체의 소결된 세라믹 물품에 대해 10 nm/RFhr 바로 위의 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 71.96 molar% Y_2O_3 , 26.44 molar% ZrO_2 , 및 1.60 molar% Al_2O_3 로 이루어진 제2 예의 고체의 소결된 세라믹 물품에 대해 15 nm/RFhr 아래의 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 추가적으로 비교를 위한 Y_2O_3 , 석영, 및 HPM의 고체의 소결된 세라믹에 대한 침식률들을 나타낸다.
- [0037] 도 5는 본 발명의 구체예들에 따른, CHF_4/CF_4 화학물질을 사용하여 발생된 플라즈마에 대한 다양한 고체의 소결된 세라믹 물품들의 내침식성을 도시한 또 다른 차트이다. 이러한 차트는 도 3을 참조로 하여 규정된 제1 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 1+), 제2 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 2+), 제6 예의 고체의 소

결된 세라믹 물품(실시예 6+), 제3 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 3+)에 대해 0.05 nm/RFhr 바로 위의 침식률들을 나타낸다. 이러한 차트는 추가적으로 도 3을 참조로 하여 규정된, 제5 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 5+) 및 제4 예의 고체의 소결된 세라믹 물품(실시예 4+)에 대해 0.75 nm/RFhr 바로 아래의 침식률들을 나타낸다. 이러한 차트는 추가적으로 Er₂O₃, Y₂O₃, Gd₂O₃, EAG, 99.8% Al₂O₃, 92% Al₂O₃의 고체의 소결된 세라믹들, 및 비교를 위한 비교 컴파운드 세라믹에 대한 침식률들을 나타낸다.

[0038] 도 6a는 본 발명의 구체예들에 따른, N₂/H₂ 화학물질을 사용하여 발생된 플라즈마에 대한 다양한 고체의 소결된 세라믹 물품들의 내침식성을 도시한 차트이다. 이러한 차트는 이트리아, 실시예 4++ 세라믹 물품, 및 실시예 5++ 세라믹 물품에 대해 15 nm/RFhr 아래의 침식률을 나타낸다. 이러한 차트는 또한, 규소에 대해 20 nm/RFhr 바로 아래의 침식률, 및 비교 컴파운드 세라믹에 대해 20 nm/RFhr 초과의 침식률을 나타낸다. 실시예 4++ 세라믹은 대략 37 molar% 농도의 Y₂O₃, 대략 8 molar% 농도의 ZrO₂, 및 대략 55 molar% 농도의 Er₂O₃를 포함한다. 실시예 5++ 세라믹은 대략 40 molar% 농도의 Y₂O₃, 대략 10 molar% 농도의 ZrO₂, 대략 30 molar% 농도의 Er₂O₃, 및 대략 20 molar% 농도의 Gd₂O₃를 포함한다.

[0039] 도 6b는 고체의 소결된 (벌크) 이트리아, 실시예 4++, 실시예 5++, 규소 및 비교 컴파운드 세라믹에 대한 에치-전 및 에치-후 거칠기를 나타낸 차트이다. 도시된 바와 같이, 실시예 4++ 및 실시예 5++ 고체의 소결된 세라믹들은 최소 침식률을 나타내며, 실시예 4++는 최소 거칠기 변화를 나타낸다.

[0040] 표 1: 제품 센티미터 당 입자들 중의 전도체 뚜껑에 대한 액체 입자 카운트(LPC)(p/cm²)

재료	>= .2 μm	>= .3 μm	>= .5 μm	>= 1 μm	>= 2 μm
컴파운드 세라믹 뚜껑	24,875	7,417	3,053	772	145
실시예 1+	21,706	6,531	1,926	719	165

[0041] 표 1은 비교 컴파운드 세라믹 및 제1 예의 세라믹 재료(실시예 1+)로부터 제조된 전도체 뚜껑의 세척후 측정된 입자 결함들을 나타낸 것이다. 제1 예의 세라믹 재료는 73.13 molar% 농도의 Y₂O₃ 및 26.87 molar% 농도의 ZrO₂로 이루어진다. 액체 입자 카운트(LPC)를 수행함으로써 입자 오염을 측정하였다. 표에서 각 컬럼은 적어도 특정 크기인 입자의 수를 나타낸 것이다.

[0043] 표 2A: 10¹⁰ 원자/cm²의 금속 오염물질

재료	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn
컴파운드 세라믹	<70	<20	<10	40	<50	<5
실시예 1+	<70	<20	<10	26	<50	<5

[0044] 표 2B: 10¹⁰ 원자/cm²의 금속 오염물질

재료	Ni	K	Na	Ti	Zn
컴파운드 세라믹	<10	<50	<50	<20	<20
실시예 1+	<10	<50	<50	<20	<20

[0046] 표 2a 및 표 2b는 비교 컴파운드 세라믹 및 제1 예의 세라믹 재료의 고체의 소결된 세라믹 뚜껑을 사용하여 가공된 웨이퍼 상의 금속 오염물질을 나타낸 것이다. 금속 오염물질은 유도 결합 플라즈마 질량 분광법(inductively coupled plasma mass spectroscopy; ICPMS)에 의해 측정될 수 있다. 표에서 각 컬럼은 상이한 금속 오염물질을 나타낸 것이다. 본원의 구체예들에 기술된 고체의 소결된 세라믹 물품들의 상이한 포블레이션들은 이러한 고체의 소결된 세라믹 물품들의 조성들에 따라 상이한 온-웨이퍼 금속 오염물질 수준들을 갖는다. 이에 따라, 제조업체들의 상이한 온-웨이퍼 금속 오염물질 사양들을 기초로 하여, 상이한 포블레이션들은 상응

하는 챔버 부품들을 제작하기 위해 선택될 수 있다.

[0048] 표 3: 실시예의 고체의 소결된 세라믹 물품들의 기계적 성질들

재료	경도 (GPa)	탄성률 (GPa)	벌크 밀도(g/cm ³)	물 흡수율(%)
Y ₂ O ₃	9.94	205	4.55	N/A
비교 컴파운드 세라믹	13.28	225	4.9	N/A
실시예 1+	13.27	232	N/A	N/A
실시예 1++	N/A	N/A	6.39	0.035
실시예 2++	N/A	N/A	6.52	0.030
실시예 3++	N/A	N/A	6.64	0.032
실시예 4++	N/A	N/A	6.79	0.023

[0049]

[0050]

표 3은 도 2를 참조로 하여 규정된 제1 예(실시예 1+)의 고체의 소결된 세라믹 물품, 뿐만 아니라 추가 예의 고체의 소결된 세라믹 물품들 실시예 1++, 실시예 2++, 실시예 3++, 및 실시예 4++의 기계적 성질들을 비교 컴파운드 및 Y₂O₃ 고체의 소결된 세라믹 물품들의 기계적 성질들과 비교하여 나타낸다.

[0051]

상기 설명은 본 발명의 여러 구체예들의 양호한 이해를 제공하기 위하여 특정 시스템들, 부품들, 방법들의 예들, 등과 같은 다수의 특정 세부사항들을 기술한다. 그러나, 당업자에게 본 발명의 적어도 일부 구체예들이 이러한 특정 세부사항들 없이 실행될 수 있다는 것이 명백하게 될 것이다. 다른 경우들에서, 널리 공지된 부품들 또는 방법들은 상세히 기술되지 않거나 본 발명을 불필요하게 모호하게 하는 것을 방지하기 위하여 단순한 블록 다이어그램 포맷으로 제시된다. 이에 따라, 기술된 특정 세부사항들은 단지 예시적인 것이다. 특정 실행들은 이러한 예시적인 세부사항들로부터 다양해질 수 있고, 또한 본 발명의 범위에 있는 것으로 고려될 수 있다.

[0052]

본 명세서 전반에 걸쳐 "하나의 구체예" 또는 "일 구체예"에 대한 언급은, 구체예와 관련하여 기술된 특정 특성, 구조, 또는 특징이 적어도 하나의 구체예에 포함된다는 것을 의미한다. 이에 따라, 본 명세서 전반에 걸쳐 다양한 위치에서 구 "하나의 구체예에서" 또는 "일 구체예에서"의 출현은 반드시 모두 동일한 구체예를 언급하는 것은 아니다. 또한, 용어 "또는"은 배타적인 "또는"이기 보다는 포괄적인 "또는"을 의미하는 것으로 의도된다.

[0053]

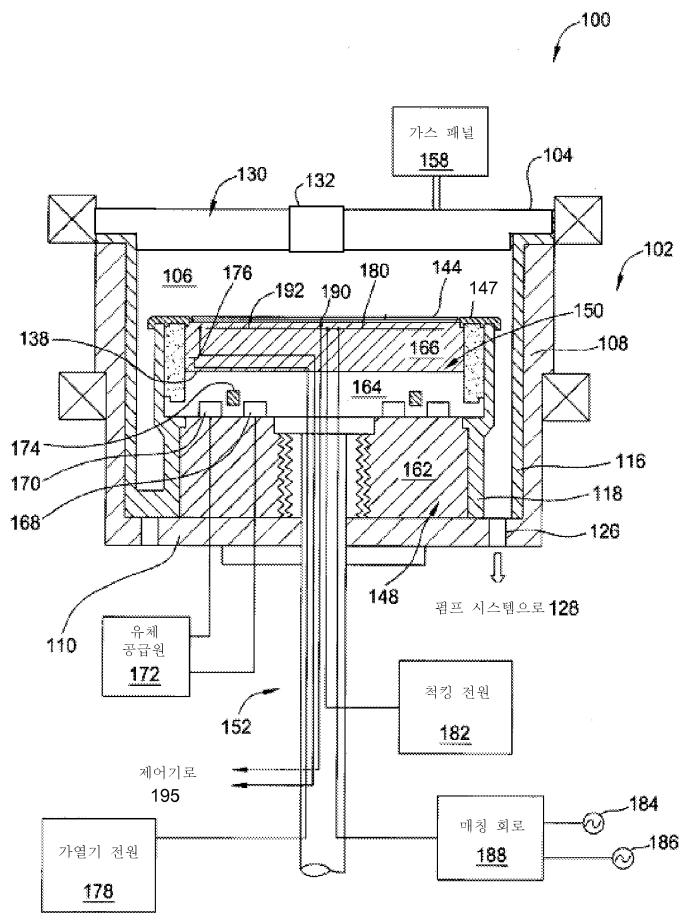
본원의 방법들의 작동들이 실제 순서로 도시되고 기술되어 있지만, 이러한 방법의 작동들의 순서는 특정 작동들이 역순으로 수행될 수 있거나 특정 작동들이 적어도 일부, 다른 작동들과 동시에 수행될 수 있도록 변경될 수 있다. 다른 구체예에서, 별도의 작동들의 명령 또는 하위-작동은 간헐적 및/또는 교차 방식으로 이루어질 수 있다.

[0054]

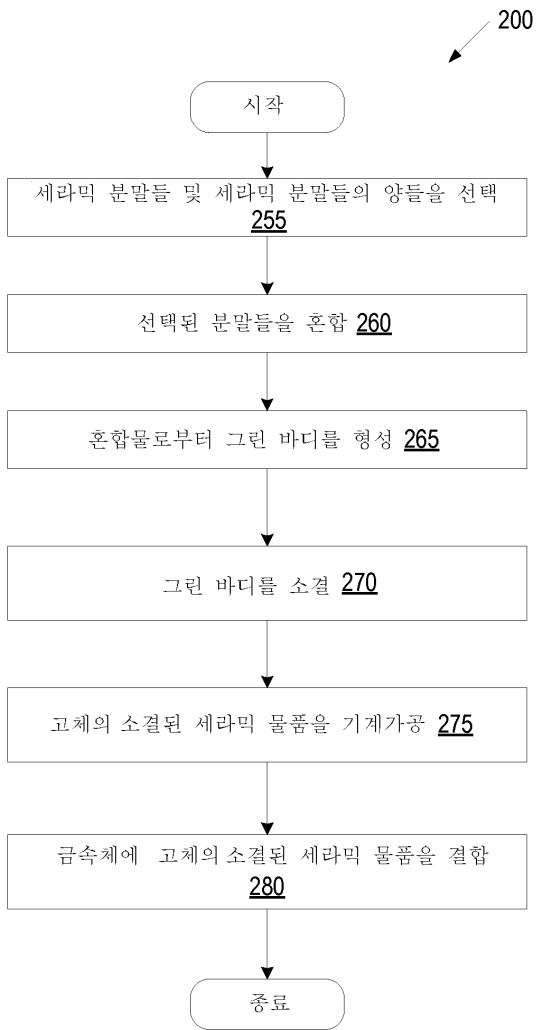
상기 설명이 예시적인 것으로 의도되고 한정적인 것으로 의도되지 않는 것으로 이해될 것이다. 다수의 다른 구체예들은 상기 설명을 읽고 이해할 때에 당업자에게 명백하게 될 것이다. 이에 따라, 본 발명의 범위는 청구항들이 권리를 갖는 균등물들의 전체 범위와 함께, 첨부된 청구항들에 관하여 결정되어야 한다.

도면

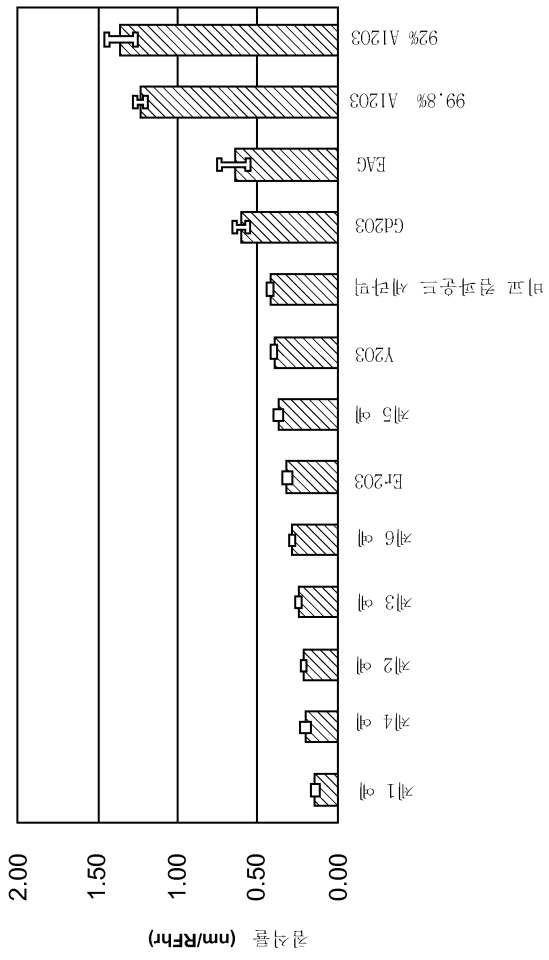
도면1



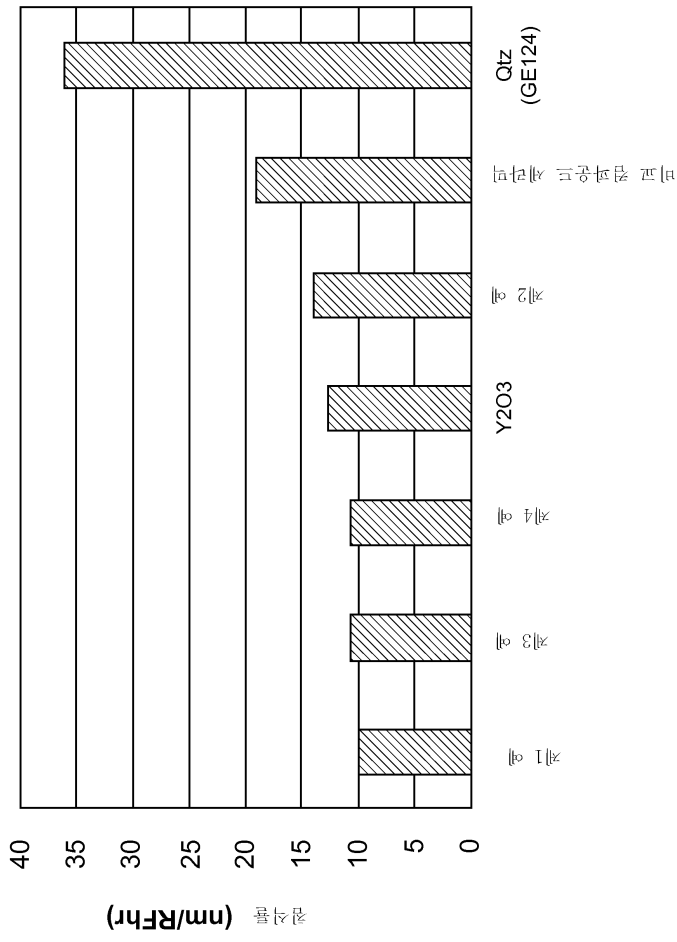
도면2



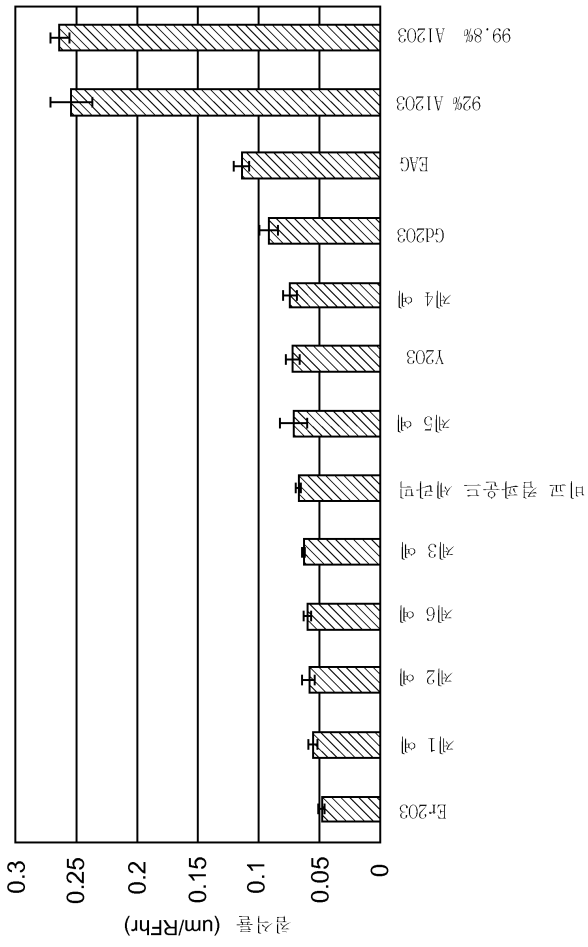
도면3



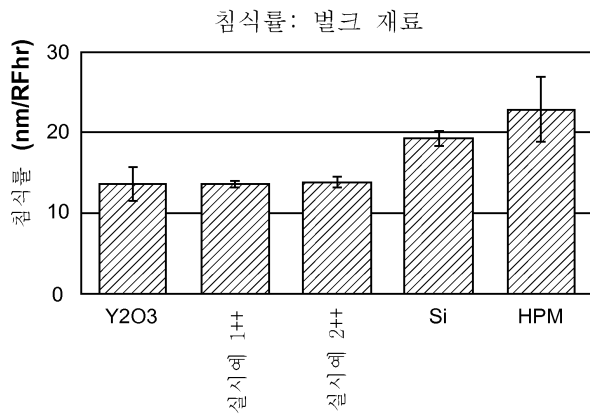
도면4



도면5



도면6a



도면6b

