



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0036847
(43) 공개일자 2023년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32174 (2013.01)
H01J 37/32146 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0119845
(22) 출원일자 2021년09월08일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김지환
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동, 삼성전자)
김현배
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동, 삼성전자)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

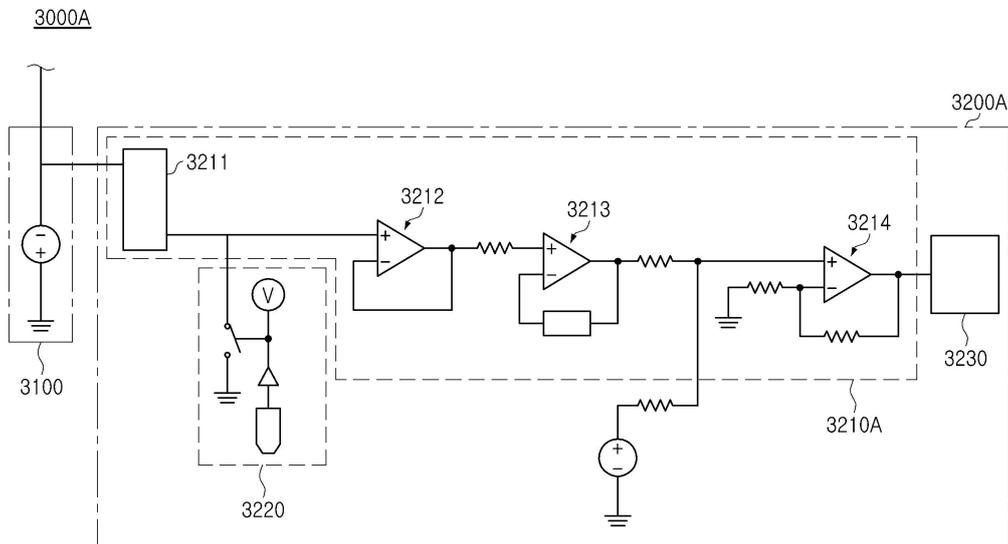
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 고전압 전원 장치 및 이를 포함하는 플라즈마 식각 장비

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 고전압 전원 장치는, 고전압 직류 전압원, 상기 고전압 직류 전압원의 출력을 공정 장비로 인가하는 전력 스위치, 및 센서 및 적어도 하나의 연산 증폭기를 포함하는 센서부, 상기 센서 및 상기 적어도 하나의 연산 증폭기 사이의 노드에 연결되는 기준 전압 검출부, 및 디지털 신호 처리부를 포함하는 센싱 회로부를 포함하고, 상기 센싱 회로부는 상기 고전압 직류 전압원의 출력이 상기 공정 장비로 인가되는 출력단에 연결될 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치를 이용하여 주변 환경 및 조건과 무관하게 출력 전압의 정확성을 향상시키면서 출력 산포를 개선할 수 있고, 나아가 플라즈마 식각 장비 간 공정 산포를 개선할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01J 37/32532 (2013.01)

H01L 21/67069 (2013.01)

H01J 2237/334 (2013.01)

(72) 발명자

조홍승

경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동, 삼성전자)

심승보

경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동, 삼성전자)

김성열

경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동, 삼성전자)

명세서

청구범위

청구항 1

고전압 직류 전압원;

상기 고전압 직류 전압원의 출력을 공정 장비로 인가하는 전력 스위치; 및

센서 및 적어도 하나의 연산 증폭기를 포함하는 센서부, 상기 센서 및 상기 적어도 하나의 연산 증폭기 사이의 노드에 연결되는 기준 전압 검출부, 및 디지털 신호 처리부를 포함하는 센싱 회로부; 를 포함하고,

상기 센싱 회로부는 상기 고전압 직류 전압원의 출력이 상기 공정 장비로 인가되는 출력단에 연결되는 고전압 전원 장치.

청구항 2

공정 챔버의 하부 전극과 전기적으로 연결되고, 상기 하부 전극에 출력을 인가하는 고전압 직류 전압원; 및

상기 고전압 직류 전압원의 출력단에 연결되고, 상기 공정 챔버의 하부 전극에 인가되는 전압의 오프셋을 검출하는 기준 전압 검출부를 포함하는 센싱 회로부; 를 포함하고,

상기 센싱 회로부는 상기 공정 챔버의 상부 전극에 플라즈마 생성 전압을 인가하는 RF 전원이 활성화된 후 상기 고전압 직류 전압원이 활성화되기 전에 인가된 제어 신호에 기초하여 상기 오프셋을 검출하는 고전압 전원 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 센싱 회로부는 센서 및 적어도 하나의 연산 증폭기를 포함하는 센서부 및 디지털 신호 처리부를 더 포함하고,

상기 기준 전압 검출부는 상기 센서 및 상기 적어도 하나의 연산 증폭기 사이의 노드에 연결되는 고전압 전원 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 기준 전압 검출부는 기준 전압을 검출하기 위한 기준 전압 검출 스위치를 포함하고, 상기 기준 전압 검출 스위치는 상기 RF 전원 및 상기 고전압 직류 전압원의 활성화 여부에 따른 스위치 제어 신호에 의해 제어되는 고전압 전원 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 RF 전원이 활성화된 후, 상기 기준 전압 검출 스위치는 상기 스위치 제어 신호에 의해 턴-온되고, 상기 기준 전압 검출 스위치가 턴-온되면, 소정의 시간 동안 상기 오프셋을 계산하는 고전압 전원 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 소정의 시간이 경과한 뒤, 상기 기준 전압 검출 스위치는 상기 스위치 제어 신호에 의해 턴-오프되고, 상기 기준 전압 검출 스위치가 턴-오프되면, 상기 센싱 회로부는 상기 계산된 오프셋을 이용하여 센싱 전압을 보상하는 고전압 전원 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 고전압 직류 전압원은 상기 센싱 전압의 보상이 이루어진 뒤, 상기 제어 신호에 의해 활성화되는 고전압 전원 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 고전압 직류 전압원은 상기 보상된 센싱 전압에 기초하여 상기 공정 챔버의 하부 전극에 출력을 인가하는 고전압 전원 장치.

청구항 9

상부 전극 및 하부 전극을 포함하고, 상기 하부 전극 상에는 공정이 수행되는 기관이 배치되는 공정 챔버;

상기 공정 챔버에 공정 가스를 공급하는 공정 가스 공급부;

상기 공정 가스를 플라즈마 상태로 변환하기 위해 상기 상부 전극에 제1 전압을 인가하는 RF 전원; 및

상기 하부 전극과 접지 단자 사이에 연결되는 센싱 회로부를 포함하고, 상기 센싱 회로부에 의해 검출된 상기 하부 전극의 오프셋 전압에 기초하여 보상된 제2 전압을 상기 하부 전극에 인가하는 고전압 전원 장치; 를 포함하는 플라즈마 식각 장비.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 전압은 RF 전압이고, 상기 제2 전압은 펄스 전압인 플라즈마 식각 장비.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고전압 전원 장치 및 이를 포함하는 플라즈마 식각 장비에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 식각(etching) 공정이란 포토리소그래피(photolithography) 공정에 의해 포토 레지스트가 형성된 영역을 제외한 나머지 영역에서 박막을 제거하는 공정이다. 최근, 반도체 공정 중 기관의 식각 공정에서는 플라즈마를 사용하고 있다. 플라즈마 식각은 진공 상태에서 가스 상태의 분자에 높은 에너지를 가하여 분자를 이온화하거나 분해하여 활성화하고, 활성화된 입자를 박막에 충돌시켜 박막의 결정구조를 깨트림으로써 박막을 제거하는 방식으로

진행될 수 있다. 한편, 플라즈마 식각 공정에는 이온 에너지를 선택적으로 조절하고 이온의 직진성을 향상시키기 위해, 비정현과의 출력을 갖는 전원 장치와, 박막의 막질에 따라 4kV 이상의 높은 전압의 출력할 수 있는 전원 장치가 요구될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 과제 중 하나는, 출력단의 오프셋 전압을 검출하고 보상할 수 있는 기준 전압 검출부를 포함하는 센싱 회로를 포함함으로써 출력 정확도를 향상시키고, 나아가 공정 산포를 개선할 수 있는 고전압 전원 장치 및 이를 포함하는 플라즈마 식각 장비를 제공하고자 하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 실시예에 따른 고전압 전원 장치는, 고전압 직류 전압원, 상기 고전압 직류 전압원의 출력을 공정 장비로 인가하는 전력 스위치, 센서 및 적어도 하나의 연산 증폭기를 포함하는 센서부, 상기 센서 및 상기 적어도 하나의 연산 증폭기 사이의 노드에 연결되는 기준 전압 검출부, 및 디지털 신호 처리부를 포함하는 센싱 회로부를 포함하고, 상기 센싱 회로부는 상기 고전압 직류 전압원의 출력이 상기 공정 장비로 인가되는 출력단에 연결될 수 있다.

[0009] 본 발명의 실시예에 따른 고전압 전원 장치는, 공정 챔버의 하부 전극과 전기적으로 연결되고, 상기 하부 전극에 출력을 인가하는 고전압 직류 전압원, 및 상기 고전압 직류 전압원의 출력단에 연결되고, 상기 공정 챔버의 하부 전극에 인가되는 전압의 오프셋을 검출하는 기준 전압 검출부를 포함하는 센싱 회로부를 포함하고, 상기 센싱 회로부는 상기 공정 챔버의 상부 전극에 플라즈마 생성 전압을 인가하는 RF 전원이 활성화된 후 상기 고전압 직류 전압원이 활성화되기 전에 인가된 제어 신호에 기초하여 상기 오프셋을 검출할 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비는, 상부 전극 및 하부 전극을 포함하고, 상기 하부 전극 상에는 공정이 수행되는 기판이 배치되는 공정 챔버, 상기 공정 챔버에 공정 가스를 공급하는 공정 가스 공급부, 상기 공정 가스를 플라즈마 상태로 변환하기 위해 상기 상부 전극에 제1 전압을 인가하는 RF 전원, 및 상기 하부 전극과 접지 단자 사이에 연결되는 센싱 회로부를 포함하고, 상기 센싱 회로부에 의해 검출된 상기 하부 전극의 오프셋 전압에 기초하여 보상된 제2 전압을 상기 하부 전극에 인가하는 고전압 전원 장치를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치는, 출력단의 오프셋 전압을 검출하고 보상함으로써 주변 환경 및 조건과 무관하게 출력 전압의 정확성을 향상시키고 출력 산포를 개선할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치는, 플라즈마 식각 장비 간 공정 산포를 개선할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다양하면서도 유익한 장점과 효과는 상술한 내용에 한정되지 않으며, 본 발명의 구체적인 실시 형태를 설명하는 과정에서 보다 쉽게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비를 포함하는 반도체 공정 설비의 개략적인 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치를 포함하는 플라즈마 식각 장비의 개략적인 구성도이다.

도 3은 고전압 전원 장치의 출력에 따른 식각률을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일반적인 고전압 전원 장치의 구성을 설명하기 위한 회로도이다.

도 5는 일반적인 고전압 전원 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 회로도이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 회로도이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 회로도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 동작을 설명하기 위한 타이밍도이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치를 각각 포함하는 플라즈마 식각 장비들을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018]

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 형태들을 다음과 같이 설명한다.

[0020]

도면 및 명세서에서, "제1", "제2", 및 "제3" 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아닐 수 있다. "제1", "제2", 및 "제3" 등의 용어는 어느 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로 사용될 수 있다. 일례로, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 "제1 구성요소"는 "제2 구성요소"로 명명될 수 있다.

[0021]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비를 포함하는 반도체 공정 설비의 개략적인 구성도이다.

[0022]

도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비를 포함하는 반도체 공정 설비(1)는 기관(W)에 대하여 반도체 공정을 진행하는 복수의 공정 챔버들(11-14)을 포함할 수 있다. 일례로, 복수의 공정 챔버들(11-14)은 증착 공정을 진행하는 증착 공정 챔버, 화학물리연마(Chemical Mechanical Polishing, CMP) 공정을 진행하는 연마 공정 챔버, 소스 가스의 라디칼과 이온을 포함하는 플라즈마를 생성하거나 식각액 등을 이용하여 기관(W)에 포함되는 소자층들 중 적어도 일부를 제거하는 식각 공정 챔버 등을 포함할 수 있다. 한편, 복수의 공정 챔버들(11-14)은 공정이 진행되는 도중, 또는 공정이 완료된 후에 기관(W)을 검사하는 검사 공정 챔버를 포함할 수도 있다.

[0023]

도 1에 도시된 반도체 공정 설비는 반도체 공정 별로 하나의 공정 챔버를 포함하는 것으로 도시되어 있으나 이는 편의를 위한 도시일 뿐 한정되지 않을 수 있다. 일례로, 반도체 공정 설비는 반도체 공정 별로 복수의 공정 챔버들을 포함할 수 있고, 그 개수에 따라 반도체 칩들의 생산 수율이 결정될 수 있으며, 복수의 공정 챔버들의 개수는 필요에 따라 달라질 수 있다.

[0024]

일례로, 기관(W)은 반도체 공정이 진행되는 반도체 기관일 수 있으며, 실리콘 등과 같은 반도체 물질로 형성되는 웨이퍼일 수 있다. 복수의 공정 챔버들(11-14)에서 진행되는 반도체 공정들에 의해 기관(W) 상에 반도체 소자들, 반도체 소자들과 연결되는 배선 패턴들, 반도체 소자들과 배선 패턴들을 커버하는 절연층들 등이 형성될 수 있으며, 복수의 반도체 칩들이 기관(W)으로부터 생산될 수 있다.

[0025]

일례로, 복수의 공정 챔버들(11-14)은 이송 챔버(20) 및 로드락 챔버(40)를 통해 기관(W)을 전달받아 반도체 공정을 진행할 수 있다. 이송 챔버(20)와 로드락 챔버(40)는 이송 로봇(30)을 포함할 수 있으며, 이송 챔버(20)와 로드락 챔버(40)의 이송 로봇(30)은 공정 대상인 기관(W) 등을 이송할 수 있다. 일례로, 이송 챔버(20)의 이송 로봇(30)은 기관(W) 등의 공정 대상을 로드락 챔버(40)에서 꺼내어, 복수의 공정 챔버들(11-14)에 전달하거나, 또는 복수의 공정 챔버들(11-14) 사이에서 공정 대상을 이송할 수 있다. 일 실시예에서 이송 로봇은 핸들러일 수 있다.

[0026]

이송 로봇(30)은 공정 대상을 고정하기 위한 척(Chuck)과 공정 대상을 이송하기 위한 리니어 스테이지를 포함할 수 있다. 일례로, 척은 정전력을 이용하여 공정 대상을 고정하는 정전 척(Electrostatic chuck, ESC)일 수

있다. 정전 척의 상부에는 공정 대상과 접촉하는 복수의 돌출부가 형성될 수 있다.

- [0027] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치를 포함하는 반도체 공정 설비(1)에서, 이송 챔버(20)의 이송 로봇(30)은 기판(W)을 로드락 챔버(40)에서 꺼내어 이송 챔버(20)로 이송하고, 공정 대상인 기판(W)을 공정 챔버(11)로 이송할 수 있다. 다만, 실시예들에 따라 공정 대상은 웨이퍼로 한정되지 않을 수 있다. 일례로, 기판(W)은 웨이퍼가 아닌 다양한 기판들, 예를 들어 디스플레이용 모기판(mother substrate)일 수도 있다.
- [0028] 공정 챔버들(11-14) 중 적어도 하나의 공정 챔버(11)가 식각 공정을 진행하기 위한 챔버로 할당될 수 있다. 일 실시예에서, 공정 챔버(11)는 플라즈마를 이용하여 기판(W)의 상면에 형성된 박막의 일부를 제거하기 위한 플라즈마 공정 챔버일 수 있다. 일례로, 플라즈마 식각 장비에서, 플라즈마 공정 챔버들 각각은 고전압 전원 장치로부터 식각 공정을 위한 고전압을 인가받을 수 있다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치를 포함하는 플라즈마 식각 장비의 개략적인 구성도이다.
- [0031] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비(100)는 공정 챔버(110), 공정 가스 공급부(120), RF 전원(130), 하부 구조물(140), 및 고전압 전원 장치(1000)를 포함할 수 있다. 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않고, 플라즈마 식각 장비(100)는 도시되지 않은 냉각 장치, 배기부, 컨트롤러 등을 더 포함할 수 있다.
- [0032] 공정 챔버(110)는 외벽에 의해 정의되는 내부 공간을 형성하는 하우징의 역할을 할 수 있다. 내부 공간은 공정 가스 공급부(120)에 의해 공급된 공정 가스(P)를 플라즈마(Plasma) 상태로 변환시켜 피처리 대상인 기판(W)을 처리하는 식각 공정을 수행하는데에 사용될 수 있다. 외벽은 내마모성 및 내부식성이 우수한 재료로 이루어질 수 있다. 공정 챔버(110)는 플라즈마 처리 공정, 예컨대, 식각 공정에서 내부 공간을 소정의 압력 및 온도를 갖는 밀폐 상태로 유지할 수 있다. 외벽의 일 영역에는 내부 공간의 기체를 배기하기 위한 펌프가 배치될 수 있다.
- [0033] 한편, 공정 챔버(110)는 상부 전극(111), 하부 전극(112), 및 유도 전극(113)을 포함할 수 있다. 일례로, 공정 챔버(110)의 내부 공간은 유도 전극(113)에 의해 구분될 수 있고, 공정 가스 공급부(120)는 상부 전극(111)과 유도 전극(113) 사이의 내부 공간에 공정 가스(P)를 공급할 수 있다. 유도 전극(113)과 하부 전극(112)의 사이에는 기판(W)이 배치될 수 있고, 플라즈마 상태의 공정 가스(P)가 분사됨으로써 식각 공정이 수행될 수 있다.
- [0034] 공정 가스 공급부(120)는 공정 챔버(110)의 내부 공간에 플라즈마 식각 공정을 수행하기 위한 공정 가스(P)를 공급할 수 있다. 일례로, 공정 가스(P)는 O₂, Cl₂, 및 SF₆ 등을 포함할 수 있다.
- [0035] 다만, 도 2에 도시된 상부 전극(111)은 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다. 일례로, 공정 가스 공급부(120)는 상부 전극(111)과 연결되는 구조를 가질 수 있다. 이 때, 상부 전극(111)은 샤워헤드 형태의 전극일 수 있고, 공정 가스 공급부(120)로부터 공급된 공정 가스(P)는 상부 전극(111)의 분사 구멍을 통해 공정 챔버(110)의 내부로 분사될 수 있다. 또한, 상부 전극(111)은 실시예에 따라 공정 챔버(110)의 측부에 배치될 수도 있다.
- [0036] 공급된 공정 가스는 RF 전원(130)으로부터 공급된 전력에 의해 플라즈마 상태로 변환될 수 있다. RF 전원(130)은 상부 전극(111)에 연결될 수 있고, 플라즈마 생성을 위한 제1 전압을 상부 전극(111)에 공급할 수 있다. 일례로, RF 전원(130)으로부터 출력된 제1 전압은 임피던스 정합기를 거쳐 상부 전극(111)에 공급될 수 있다.
- [0037] 플라즈마 식각 공정에서 상부 전극(111)과 하부 전극(112)은 반사 전력을 형성할 수 있다. 반사 전력이 클수록 플라즈마 형성을 위한 전체 출력은 감소할 수 있다. 따라서, 임피던스 정합기는 회로와 전원의 임피던스를 매칭함으로써 반사 전력을 최소화할 수 있다. 도 2에 도시된 플라즈마 식각 장비(100)에서, 임피던스 정합기는 RF 전원(130)에만 포함되어 있는 것으로 도시되어 있으나, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비(100)에서, 공급된 제1 전압은 RF 전압일 수 있으며, RF 전압은 상부 전극(111)과 유도 전극(113) 사이에 고주파 전기장을 형성할 수 있다. 고주파 전기장은 공정 챔버(110) 내부에 공급된 공정 가스(P)를 플라즈마 상태로 여기시킬 수 있다. 플라즈마 상태로 여기된 공정 가스(P)는 가스 분사 장치를 통해 공정 챔버(110) 내부에 배치된 기판(W) 상면에 분사될 수 있다.
- [0039] 하부 구조물(140)은 정전 척을 포함할 수 있다. 일례로, 정전 척은 플라즈마 식각 공정이 진행되는 공정 챔버

(110) 내부에 배치되어, 정전기를 이용하여 정전 척의 상면에 기관(W)을 고정할 수 있다.

- [0040] 한편, 하부 구조물(140)은 플라즈마 식각 공정 중에 발생하는 열에 의해 기관(W)의 온도가 올라가는 경우, 기관(W)의 에지 영역에서의 온도를 조절하는데 이용되는 에지 링 등을 더 포함할 수 있다. 일례로, 에지 링은 기관(W)의 측면과 이격되어 기관(W)의 측면을 둘러싸도록 배치될 수 있다.
- [0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비(100)에서, 정전 척은 고전압 전원 장치로부터 전압이 인가되는 하부 전극(112)으로 동작할 수 있다. 하부 전극(112)은 원형의 기관(W)을 지지하기 위해 원형의 평면 형상을 가질 수 있으나, 이에 한정되지 않을 수 있다.
- [0042] 하부 전극(112)은 고전압 전원 장치(1000)로부터 유도 전극(113)과는 서로 다른 극성의 직류 전력을 공급받을 수 있다. 고전압 전원 장치(1000)는 하부 전극(112) 예컨대, 정전 척에 식각 공정을 수행하기 위한 제2 전압을 공급할 수 있다. 일례로, 고전압 전원 장치(1000)는 제2 전압을 출력하는 바이어스 전원일 수 있다. 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다.
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비(100)에서, RF 전원(130)은 공정 챔버(110) 내에 공급된 공정 가스(P)를 플라즈마 상태로 여기시키고, 고전압 전원 장치(1000)는 기관(W) 상으로 이온을 입사시켜 식각 공정을 수행할 수 있다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(1000)는 고전압 직류 전압원(1100) 및 센싱 회로부(1200)를 포함할 수 있다. 고전압 직류 전압원(1100) 및 센싱 회로부(1200) 각각은 하부 전극(112)과 접지 단자 사이에 연결될 수 있다. 센싱 회로부(1200)는 하부 전극(112)의 오프셋 전압을 검출하고, 이를 보상할 수 있다. 이에 따라, 고전압 직류 전압원(1100)은 보상된 센싱 전압에 기초하여 제2 전압을 하부 전극(112)에 인가할 수 있다.
- [0046] 도 3은 고전압 전원 장치의 출력에 따른 식각률을 설명하기 위한 도면이다.
- [0047] 도 3을 참조하면, 플라즈마 식각 장비(100)의 식각률은 고전압 전원 장치(1000)의 출력 산포에 따라 달라질 수 있다. 일례로, V0는 고전압 전원 장치(1000)에서의 정상적인 출력일 수 있고, V1 내지 V3은 고전압 전원 장치(1000)에서의 출력에 틀어짐이 발생한 경우의 출력일 수 있다. 일례로, V1, V2, 및 V3는 정상 출력의 크기에서 각각 2%, 3%, 및 5%가 변동된 경우일 수 있다.
- [0048] 일례로, 기관(W) 중심 부분의 식각률을 비교하였을 때, V1이 인가된 경우에는 V0가 인가된 경우보다 식각률이 약 0.7% 감소할 수 있다. 또한, V2가 인가된 경우에는 V0가 인가된 경우보다 식각률이 약 1.1% 감소할 수 있고, V3가 인가된 경우에는 V0가 인가된 경우보다 식각률이 약 2.7% 감소할 수 있다. 플라즈마 식각 공정에서의 식각률 산포가 커지면, 플라즈마 식각 공정을 거쳐 생산되는 반도체 장치의 불량률이 상승할 수 있다. 따라서, 고전압 전원 장치(1000)에서 출력되는 전압을 정확하게 센싱하여야 할 필요가 있다.
- [0049] 특히, 반도체 공정 설비(1)가 복수의 플라즈마 식각 장비(100)들을 포함하는 경우, 복수의 플라즈마 식각 장비(100)들 각각에 연결된 고전압 전원 장치(1000)에서 출력되는 전압은 정확히 매칭되지 않을 수 있다. 따라서, 복수의 플라즈마 식각 장비(100)들 각각에서의 기관(W)에 대한 식각률에 차이가 나타날 수 있다. 식각률의 차이는 공정 산포의 증가로 이어질 수 있으므로, 식각률의 차이가 증가하면 기관(W)으로부터 제조된 반도체 장치의 불량률 상승을 초래할 수 있다.
- [0051] 도 4는 일반적인 고전압 전원 장치의 구성을 설명하기 위한 회로도이다. 도 5는 일반적인 고전압 전원 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0052] 플라즈마 식각 장비에서 이온 에너지를 선택적으로 조절하고 이온의 직진성을 향상시키기 위해, 비정현파 출력을 갖는 전원 장치와 박막의 막질에 따라 4kV 이상의 높은 전압의 출력할 수 있는 전원 장치가 요구될 수 있다.
- [0053] 한편, 비정현파 출력을 갖는 전원 장치 간 전압 산포는 공정 산포와 밀접한 관련이 있을 수 있다. 따라서, 도 3에서 설명한 공정 산포 문제를 해결하기 위해서는 고전압 전원 장치(1000)와 공정 챔버(110) 사이의 노드, 즉 고전압 전원 장치(1000)의 출력단에서의 오프셋 전압을 검출하고, 이를 보상하는 과정이 필수적으로 요구될 수 있다.
- [0054] 일례로, 고전압 전원 장치(1000)의 출력단에서 오프셋 전압을 검출한 뒤, 목표 출력 전원에서 검출된 오프셋 전

압만큼을 감소시켜 출력함으로써 고전압 전원 장치(1000)에서의 출력을 동일한 수준으로 유지할 수 있다.

- [0055] 도 4를 참조하면, 공정 챔버(210)에 연결된 일반적인 고전압 전원 장치(2000)는 고전압 직류 전압원(2100) 및 고전압 직류 전압원(2100)의 출력을 공정 챔버(210)로 인가하는 전력 스위치(2400)를 포함할 수 있다. 일례로, 고전압 직류 전압원(2100)과 전력 스위치(2400)는 공정 챔버(210)에 직렬로 연결될 수 있다.
- [0056] 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다. 일례로, 고전압 전원 장치(2000)는 전력 스위치(2400)의 스위칭 손실을 감소시키기 위한 손실 저감 블록(2300)을 더 포함할 수 있다. 일례로 손실 저감 블록(2300)은 소정의 크기의 임피던스를 갖는 소자들로 구성될 수 있다.
- [0057] 한편, 일반적인 고전압 전원 장치(2000)에서 공정 산포 문제를 해결하기 위해, 고전압 직류 전압원(2100)의 출력이 공정 챔버(210)로 인가되는 출력단에는 오프셋 전압을 검출하기 위한 영전압 스위치(2200)가 연결될 수 있다.
- [0058] 다만, 플라즈마 식각 장비와 같이 고전압을 필요로 하는 장비의 경우, 영전압 스위치(2200)를 연결했을 때 절연 파괴 및/또는 내압 문제로 인해 오프셋 전압 검출에 한계가 있을 수 있다. 일례로, 영전압 스위치(2200)가 턴-오프된 상태에서 영전압 스위치(2200)의 양단에 고전압이 걸리게 되면, 영전압 스위치(2200)의 절연 상태가 파괴되는 등의 문제가 발생할 수 있다.
- [0059] 또한, 고전압에서 절연 파괴 등의 문제가 발생하지 않도록 내압이 높은 영전압 스위치(2200)를 사용하더라도, 상기 내압이 높은 영전압 스위치(2200)는 그 부피가 매우 커 플라즈마 식각 장비의 집적화에 문제가 있을 수 있다.
- [0060] 따라서, 기존의 플라즈마 식각 장비들에서는, 오프셋 전압을 검출하고 보상하는 기능을 갖는 고전압 전원 장치를 적용하는데 현실적인 어려움이 있을 수 있다.
- [0061] 도 5를 참조하면, 플라즈마 식각 장비에 인가되는 전압은 주변 환경 및/또는 조건에 따라 달라질 수 있다. 일례로, 플라즈마 식각 장비 주변의 온도, 접지 환경, 노이즈 환경 등에 의해 고전압 전원 장치로부터 인가되는 전압은 달라질 수 있다.
- [0062] 일례로, 그래프 C1은 고전압 전원 장치를 비활성화한 후의 센싱 전압의 변화를 도시한 것일 수 있고, 그래프 C2는 고전압 전원 장치를 비활성화하기 전의 센싱 전압의 변화를 도시한 것일 수 있다. 도시된 바와 같이 전원 장치의 비활성화 여부에 따라 센싱되는 전압의 크기가 달라질 수 있다.
- [0063] 따라서, 기존의 플라즈마 식각 장비들에서 고전압 전원 장치를 적용하는 경우, 공정 장비들 사이의 주변 환경 및/또는 조건 차이에 따라 전압 출력 산포 정도가 악화될 수 있다. 나아가, 전압 출력 산포 정도의 악화는 공정 산포 문제를 야기할 수 있다. 또한, 이러한 문제는 플라즈마 식각 장비뿐만 아니라 고전압 전원 장치가 적용되는 다른 반도체 공정 설비들에서도 발생할 수 있다.
- [0065] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0066] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(3000)는 고전압 직류 전압원(3100)의 출력이 공정 챔버(310)로 인가되는 출력단에 연결되는 센싱 회로부(3200)를 제외하면 도 4에 도시된 고전압 전원 장치(2000)에 대응하는 구성들을 포함할 수 있다.
- [0067] 일례로, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(3000)는 고전압 직류 전압원(3100) 및 고전압 직류 전압원(3000)의 출력을 공정 챔버(310)로 인가하는 전력 스위치(3400)를 포함할 수 있고, 전력 스위치(3400)의 스위칭 손실을 감소시키기 위한 손실 저감 블록(3300)을 더 포함할 수 있다. 고전압 직류 전압원(3100), 손실 저감 블록(3300), 및 전력 스위치(3400)는 공정 챔버(310)에 직렬로 연결될 수 있다.
- [0068] 전력 스위치(3400)는 반도체 전력 스위치, 예컨대 MOSFET 스위치, 절연 게이트 바이폴라 트랜지스터(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT), 또는 실리콘 카바이드(SiC) 스위치일 수 있다. 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다.
- [0069] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(3000)에 포함된 센싱 회로부(3200)는 센서부, 기준 전압 검출부, 및 디지털 신호 처리부를 포함할 수 있다. 기준 전압 검출부는 고전압 전원 장치(3000)와 공정 챔버(310) 사이 노드에서의 오프셋 전압을 검출하고, 이를 보상함으로써 공정 챔버(310)에 동일한 수준의 전압을 인가하도록 할

수 있다.

- [0070] 한편, 본 명세서에서 공정 챔버(310)는 플라즈마 식각 공정을 수행하기 위한 식각 챔버로 설명되어 있으나, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다. 일례로, 도 6에 도시된 공정 챔버(310)는 식각 챔버 뿐만 아니라 고전압 전원 장치(3000)를 이용하는 다양한 공정 챔버를 포함할 수 있다.
- [0072] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 회로도이다.
- [0073] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(3000A)는 고전압 직류 전압원(3100) 및 센싱 회로부(3200A)를 포함할 수 있다. 일례로, 고전압 직류 전압원(3100)은 공정 챔버의 하부 전극과 전기적으로 연결되고, 하부 전극에 출력을 인가할 수 있다. 센싱 회로부(3200A)는 고전압 직류 전압원(3100)의 출력이 공정 챔버로 인가되는 출력단에 연결될 수 있다.
- [0074] 센싱 회로부(3200A)는 센서부(3210A), 기준 전압 검출부(3220), 및 디지털 신호 처리부(3230)를 포함할 수 있다. 일례로, 센서부(3210A)는 센서(3211) 및 적어도 하나의 연산 증폭기(3212, 3213, 3214)를 포함할 수 있다. 기준 전압 검출부(3220)는 센서(3211) 및 적어도 하나의 연산 증폭기(3212, 3213, 3214) 사이의 노드에 연결될 수 있다.
- [0075] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(3000A)는 출력단에 영전압을 직접 연결하기 어려운 경우 센싱 회로부(3200A)를 활용하여 오프셋 전압을 검출하는 회로일 수 있다.
- [0076] 일례로, 센서부(3210A)에 포함된 센서(3211)는 약 5000:1의 감쇄비를 가지는 센서일 수 있다. 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있고, 센서(3211)는 절연 파괴 문제가 적으면서 부피가 작은 다양한 구조로 구성될 수 있다. 센서(3211)의 출력은 적어도 하나의 연산 증폭기(3212, 3213, 3214)를 통과하여 데이터를 처리하기 위한 디지털 신호 처리부(3230)로 인가될 수 있다.
- [0077] 적어도 하나의 연산 증폭기(3212, 3213, 3214)는 버퍼로 동작하는 제1 연산 증폭기(3212), 임피던스 소자를 포함하는 비반전 연산 증폭기로 동작하는 제2 연산 증폭기(3213), 및 저항 소자를 포함하는 비반전 연산 증폭기로 동작하는 제3 연산 증폭기(3214) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 다만, 도 7에 도시된 적어도 하나의 연산 증폭기(3212, 3213, 3214)들의 구성 및 연결은 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다.
- [0078] 일례로, 제1 연산 증폭기(3212)는 센서(3211)의 출력단에 연결되고 센서(3211)로부터 인가받은 입력 임피던스를 하이 임피던스 상태(High Impedance State, Hi-Z)로 출력할 수 있다. 제2 연산 증폭기(3213)는 센싱 회로부(3200A)의 센싱 레벨을 조절하기 위한 임피던스 소자를 포함할 수 있다.
- [0079] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(3000A)에 포함된 기준 전압 검출부(3220)는 기준 전압을 검출하기 위한 기준 전압 검출 스위치를 포함할 수 있다. 기준 전압 검출 스위치는 전압 감쇄, 수명, 부피 특성에 장점을 가지는 스위치일 수 있다. 일례로, 기준 전압 검출 스위치는 ON 저항이 낮아 수명이 길고 부피가 작은 포토모스(PhotoMOS) 릴레이일 수 있다. 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다.
- [0080] 기준 전압 검출 스위치에는 디지털 신호 처리부(3230)로부터 생성된 스위치 제어 신호가 인가될 수 있다. 스위치 제어 신호는 반도체 공정을 수행하는 과정에서 오프셋 전압을 검출하기 위해 기준 전압 검출 스위치를 온/오프할 수 있다.
- [0082] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 회로도이다. 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 회로도이다.
- [0083] 도 8 및 도 9에 도시된 본 발명의 일 실시예들에 따른 고전압 전원 장치들(3000B, 3000C)은 도 7에 도시된 고전압 전원 장치(3000A)가 변형된 일례일 수 있다. 일례로, 고전압 전원 장치들(3000B, 3000C) 각각은 고전압 전원 장치(3000A)의 고전압 직류 전압원(3100), 센서(3211), 기준 전압 검출부(3220), 디지털 신호 처리부(3230)에 대응하는 구성들을 포함할 수 있다.
- [0084] 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(3000B)는 도 7에 도시된 고전압 전원 장치(3000A)에서 버퍼로 동작하는 제1 연산 증폭기(3212)가 생략된 센싱 회로부(3200B)를 포함할 수 있다. 이에 따라, 기준 전압 검출부(3220)는 센서(3211)와 제2 연산 증폭기(3213) 사이의 노드에 연결될 수 있다. 다시 말해,

기준 전압 검출부는 기준 출력단의 변경 없이 센서(3211)의 출력단에 연결될 수 있다.

- [0085] 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치(3000C)는 도 7에 도시된 고전압 전원 장치(3000A)에서 버퍼로 동작하는 제1 연산 증폭기(3212) 및 임피던스 소자를 포함하는 제2 연산 증폭기(3213)가 생략된 센싱 회로부(3200C)를 포함할 수 있다. 이에 따라, 기준 전압 검출부(3220)는 센서(3211)와 제3 연산 증폭기(3214) 사이의 노드에 연결될 수 있다. 다시 말해, 기준 전압 검출부는 기준 출력단의 변경 없이 센서(3211)의 출력단에 연결될 수 있다.
- [0087] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0088] 도 10은 도 7 내지 도 9에 도시된 본 발명의 일 실시예들에 따른 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)의 동작을 설명하기 위한 흐름도일 수 있다.
- [0089] 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예들에 따른 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)은 고전압 전원을 요구하는 모든 공정에 적용될 수 있다. 따라서, 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)은 해당 공정이 고전압 전원을 사용하는 공정인지를 판단하고 이에 따라 적절한 제어가 인가될 수 있다(S110).
- [0090] 해당 공정이 고전압 전원을 사용하는 공정인 경우, 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)에 포함된 센싱 회로부(3200A, 3200B, 3200C)는 공정 챔버의 상부 전극과 연결된 상부 전원장치, 예컨대 RF 전원이 활성화되었는지 여부에 따라 동작을 시작할 수 있다(S120). 일례로, 고전압 직류 전압원(3100)의 출력단에 연결된 센싱 회로부(3200A, 3200B, 3200C)는 기준 전압 검출부를 이용하여 공정 챔버의 하부 전극에 인가되는 전압의 오프셋을 검출할 수 있다.
- [0091] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)에서, 센싱 회로부(3200A, 3200B, 3200C)는 공정 챔버의 상부 전극에 플라즈마 생성 전압을 인가하는 RF 전원이 활성화된 후, 고전압 직류 전압원(3100)이 활성화되지 전에 인가된 제어 신호에 기초하여 오프셋 전압을 검출할 수 있다.
- [0092] 다시 말해, 센싱 회로부(3200A, 3200B, 3200C)에 포함된 기준 전압 검출부(3220)는 기준 전압 검출 스위치를 포함할 수 있고, 기준 전압 검출 스위치는 RF 전원 및 고전압 직류 전압원(3100)의 활성화 여부에 따른 스위치 제어 신호에 의해 온/오프가 제어될 수 있다.
- [0093] RF 전원을 활성화하는 제어 신호는 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)을 포함하는 플라즈마 식각 장비를 전반적으로 제어하는 컨트롤러로부터 인가될 수 있다. 한편, 오프셋 전압을 검출하고 보상할 수 있는 시간을 확보하기 위해, RF 전원은 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)보다 선제적으로 활성화될 수 있다. 즉, RF 전원과 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)은 별도의 제어 신호에 의해 활성화되어 출력 전압을 내보낼 수 있다.
- [0094] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)에서, RF 전원이 활성화된 후 기준 전압 검출 스위치는 스위치 제어 신호에 의해 턴-온될 수 있다(S130). 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)은 기준 전압 검출 스위치가 턴-온되면 소정의 시간 동안 상기 오프셋을 계산할 수 있다. 일례로, 기준 전압 검출 스위치가 턴-온된 뒤 센서(3211)에서 검출되는 전압은 오프셋 전압에 해당할 수 있다.
- [0095] 일례로, 오프셋 계산에 소요되는 시간은 약 18ms 내지 22ms 사이일 수 있다. 오프셋 전압은 소정의 시간 동안 검출된 전압의 평균값으로 설정될 수 있다. 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다. 일례로, 센싱 회로부(3200A, 3200B, 3200C)의 구조는 필요에 따라 달라질 수 있고, 센싱 회로부(3200A, 3200B, 3200C)의 구조에 따라 오프셋 계산에 소요되는 시간은 달라질 수 있다. 또한, 오프셋은 소정의 시간 동안 검출된 전압의 평균값이 아닌 다른 방법으로 설정될 수도 있다.
- [0096] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)에서, 오프셋 계산에 필요한 소정의 시간이 경과한 뒤, 기준 전압 검출 스위치는 스위치 제어 신호에 의해 턴-오프될 수 있다(S140). 센싱 회로부(3200A, 3200B, 3200C)는 기준 전압 검출 스위치가 턴-오프되면 계산된 오프셋을 이용하여 센싱 전압을 보상할 수 있다. 일례로, 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)로부터 출력되는 전압은 계산된 오프셋 전압만큼 감소되어 출력되도록 보상될 수 있다.
- [0097] 센싱 전압의 보상이 이루어진 뒤, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)은 제어 신호에 의해 활성화될 수 있다(S150). 이 때 제어 신호는 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)을 포함

하는 플라즈마 식각 장비를 전반적으로 제어하는 컨트롤러로부터 인가될 수 있다. 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다.

- [0098] 활성화된 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)에 포함된 고전압 직류 전압원(3100)은 보상된 센싱 전압에 기초하여 공정 챔버의 하부 전극에 출력을 인가할 수 있다. 이 때, 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C)에서 출력되는 출력 전압은 서로 동일한 수준을 유지할 수 있다.
- [0100] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 동작을 설명하기 위한 타이밍도이다.
- [0101] 도 11을 참조하면, 플라즈마 식각 공정은 공정 시작 전 공정 챔버의 분위기 조성을 위한 제1 구간(P1), RF 전원이 활성화되고 오프셋 전압을 검출하는 제2 구간(P2), 및 바이어스 전원, 예컨대 고전압 전원 장치가 활성화되고 보상된 전압이 출력되어 식각 공정을 수행하는 제3 구간(P3) 순서로 진행될 수 있다.
- [0102] 일례로, 제1 구간(P1)에서 공정 가스 공급부는 공정 챔버 내부에 공정을 진행하기 위한 공정 가스를 공급하고, 공정 챔버 내부 압력을 일정한 수준으로 유지할 수 있다. 이 때, 최적의 공정 가스 공급량과 공정 챔버 내부 압력은 공정에 따라 달라질 수 있다.
- [0103] 제2 구간(P2) 및 제3 구간(P3)은 공정 구간일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 식각 장비는 제2 구간(P2)에서 RF 전원이 활성화되면 도 10에 도시된 S130 및 S140 단계를 거쳐 오프셋 전압을 검출하고 보상할 수 있다. 전술한 바와 같이, 오프셋 전압은 기준 전압 검출 스위치가 턴-온되는 제1 시점(t1)부터 기준 전압 검출 스위치가 턴-오프되는 제2 시점(t2) 사이의 소정의 시간(t)동안 검출된 전압의 평균값으로 설정될 수 있다.
- [0104] 오프셋 전압을 검출하여 보상한 뒤, 제3 구간(P3)에서 고전압 전원 장치는 활성화되어 공정 챔버의 하부 전극에 일정 수준의 바이어스 전압을 인가하고 식각 공정을 수행할 수 있다.
- [0106] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0107] 도 12를 참조하면, 서로 다른 값을 갖는 센싱 전압(Vs)과 출력 전압(Vc)은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치의 오프셋 전압 검출 및 보상에 따라 동일한 수준으로 매칭될 수 있다.
- [0108] 일례로, 제1 시점(t1)은 오프셋 전압(OFFSET)을 검출하기 위해 기준 전압 검출 스위치를 턴-온하는 시점일 수 있고, 제2 시점(t2)은 오프셋 전압(OFFSET)을 보상하기 위해 기준 전압 검출 스위치를 턴-오프하는 시점일 수 있다.
- [0109] 오프셋 전압(OFFSET)을 검출하고 보상하기 전인 제1 시점(t1) 이전에는 센싱 전압(Vs)의 크기가 출력 전압(Vc)의 크기보다 클 수 있고, 이는 오프셋 전압(OFFSET)을 검출하는 제1 시점(t1)과 제2 시점(t2) 사이에도 마찬가지로 지일 수 있다.
- [0110] 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치에 의해 검출된 오프셋 전압(OFFSET)은 센싱 전압(Vc)에 반영될 수 있고, 이에 따라 출력 전압(Vc)과 센싱 전압(Vs)은 동일한 수준으로 매칭될 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치에 의해 출력 전압(Vc)을 정확하게 센싱할 수 있다.
- [0111] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치를 사용하지 않는 경우, 센싱 전압의 산포는 약 2.5% 내지 3% 수준으로 검출될 수 있다. 일례로, 센싱 전압의 산포는 주변 환경 및/또는 조건에 따라 나타나는 결과일 수 있다. 다만, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치를 이용하여 오프셋 전압을 보상하는 경우, 센싱 전압의 산포는 약 0.3% 내지 0.7% 수준으로 감소할 수 있다. 도 3에 도시된 전압 산포에 따른 식각률을 함께 참조하면, 센싱 전압의 산포가 개선됨에 따라 공정 산포 수준은 기존의 약 2배 이상 개선될 수 있다.
- [0113] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치를 각각 포함하는 플라즈마 식각 장비들을 설명하기 위한 도면이다.
- [0114] 도 13을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치들 각각은 서로 다른 플라즈마 식각 장비들에 포함될 수 있다. 일례로, 고전압 직류 전압원들(4100a, 4100b, 4100c) 및 센싱 회로부들(4200a, 4200b, 4200c) 각각은 서로 다른 공정 챔버들(410a, 410b, 410c)에 연결될 수 있다.

- [0115] 고전압 전원 장치들 각각은 오프셋 전압을 검출하고 보상함으로써 센싱 전압과 출력 전압을 동일한 수준으로 매칭할 수 있으므로, 공정 챔버들(410a, 410b, 410c) 각각은 고전압 직류 전압원들(4100a, 4100b, 4100c)로부터 동일한 수준의 출력 전압을 인가받을 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압 전원 장치들은 공정 챔버들(410a, 410b, 410c)에서 수행되는 식각 공정의 전체적인 공정 산포를 개선할 수 있다.
- [0116] 한편, 공정 챔버들(410a, 410b, 410c)에 연결된 센싱 회로부들(4200a, 4200b, 4200c) 각각은 서로 동일한 구조를 가질 수 있다. 일례로, 센싱 회로부들(4200a, 4200b, 4200c)은 도 7 내지 도 9에 도시된 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C) 각각에 포함된 센싱 회로부들(3200A, 3200B, 3200C) 중 하나일 수 있다.
- [0117] 다만, 이는 일 실시예에 불과할 뿐 한정되지 않을 수 있다. 일례로, 센싱 회로부들(4200a, 4200b, 4200c)은 도 7 내지 도 9에 도시된 고전압 전원 장치들(3000A, 3000B, 3000C) 각각에 포함된 센싱 회로부들(3200A, 3200B, 3200C)과 다른 구조를 가질 수 있다. 또한, 센싱 회로부들(4200a, 4200b, 4200c) 중 적어도 하나는 다른 센싱 회로부와 다른 구조를 가질 수도 있다.
- [0119] 본 발명은 상술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 한다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다고 할 것이다.

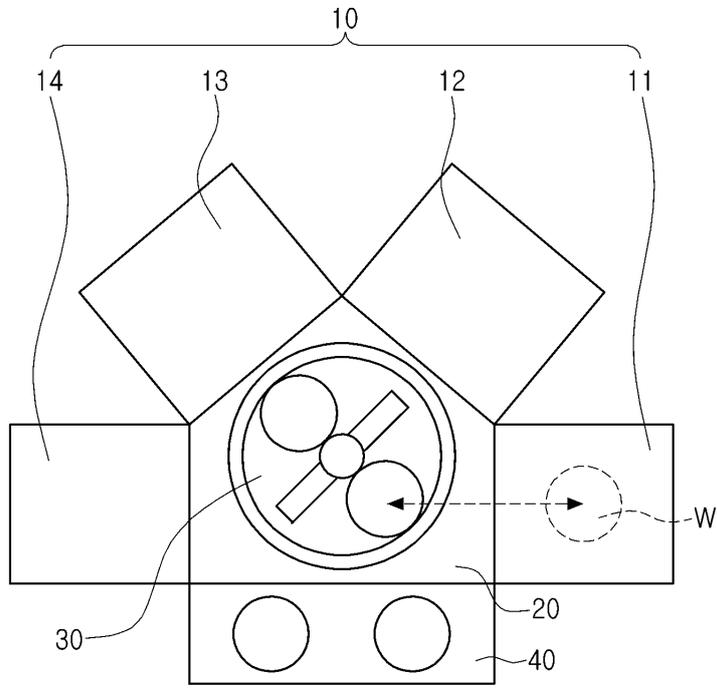
부호의 설명

- [0121] 1: 반도체 공정 설비 11-14: 복수의 공정 챔버들
 20: 이송 챔버 30: 이송 로봇
 40: 로드락 챔버 W: 기판
 100: 플라즈마 식각 장비 110, 210, 310, 410a-410c: 공정 챔버
 111: 상부 전극 112: 하부 전극
 113: 유도 전극 120: 공정 가스 공급부
 130: RF 전원 140: 하부 구조물
 1000, 2000, 3000: 고전압 전원 장치
 1100, 2100, 3100: 고전압 직류 전압원
 1200, 3200: 센싱 회로부 2200: 영전압 스위치
 2300, 3300: 손실 저감 블록 2400, 3400: 전력 스위치
 3211: 센서 3212, 3213, 3214: 연산 증폭기
 3220: 기준전압 검출부 3230: 디지털 신호 처리부

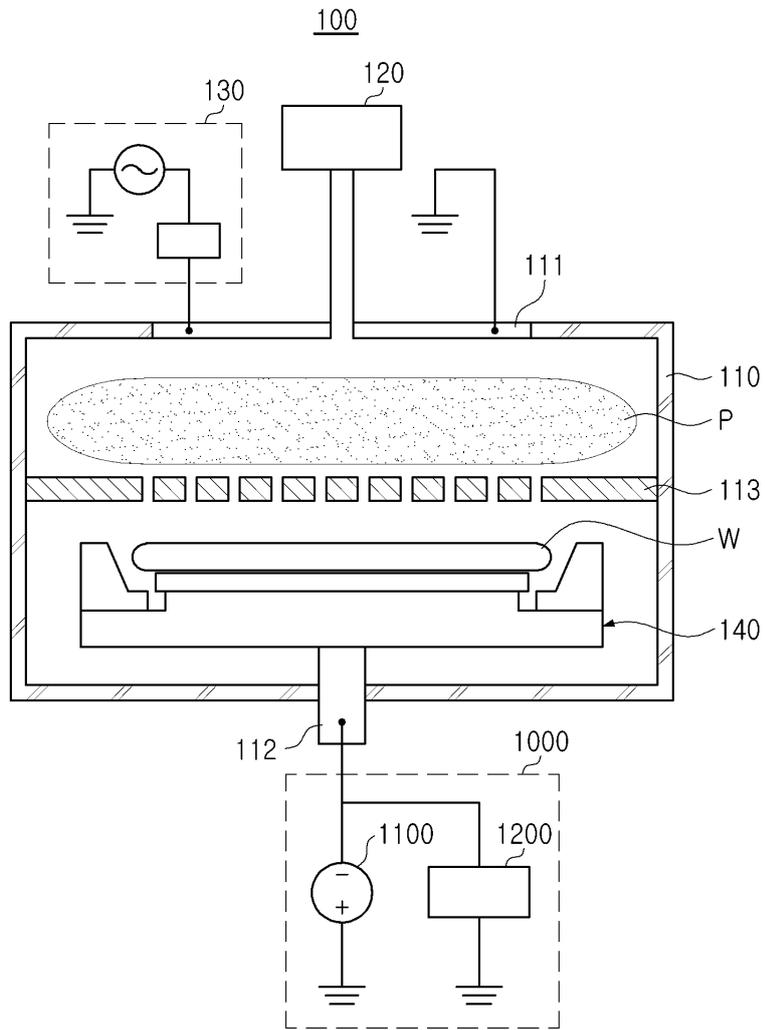
도면

도면1

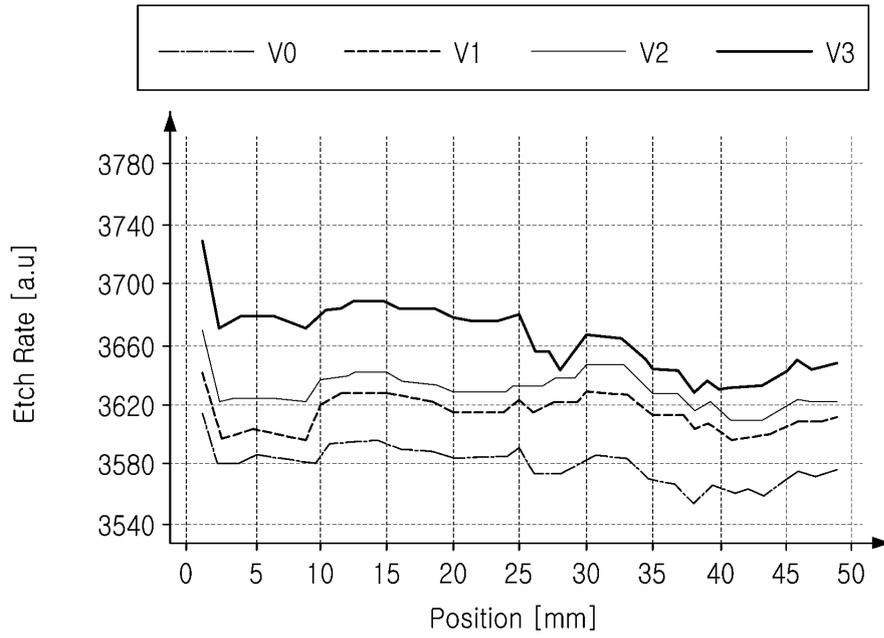
1



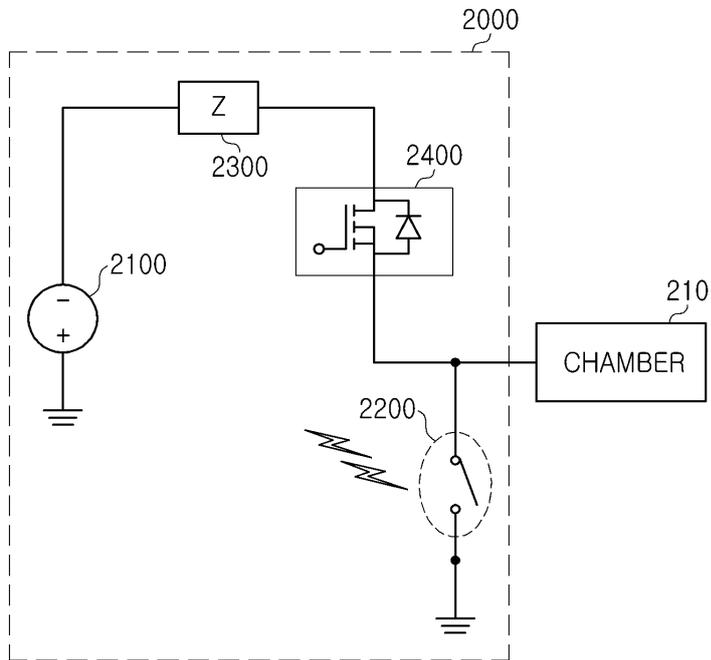
도면2



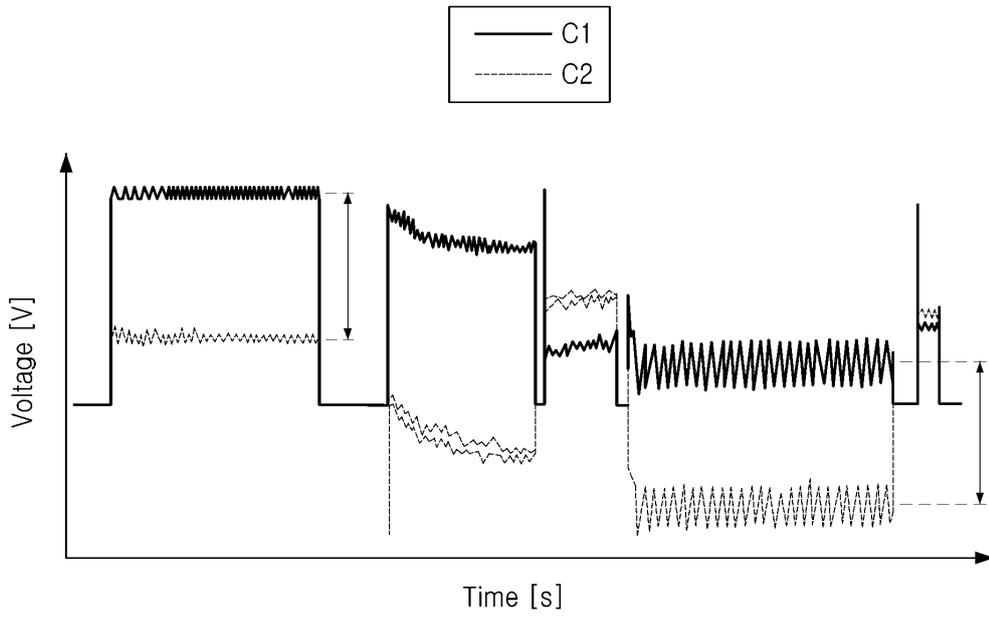
도면3



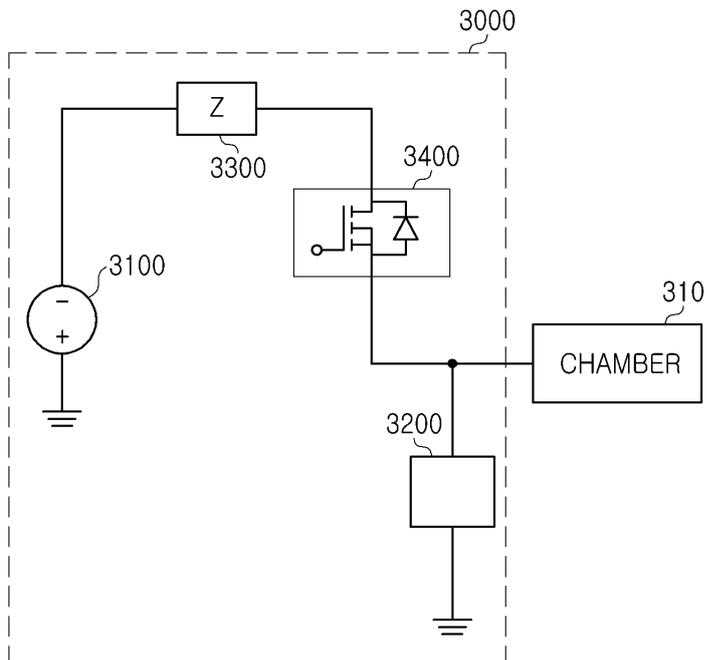
도면4



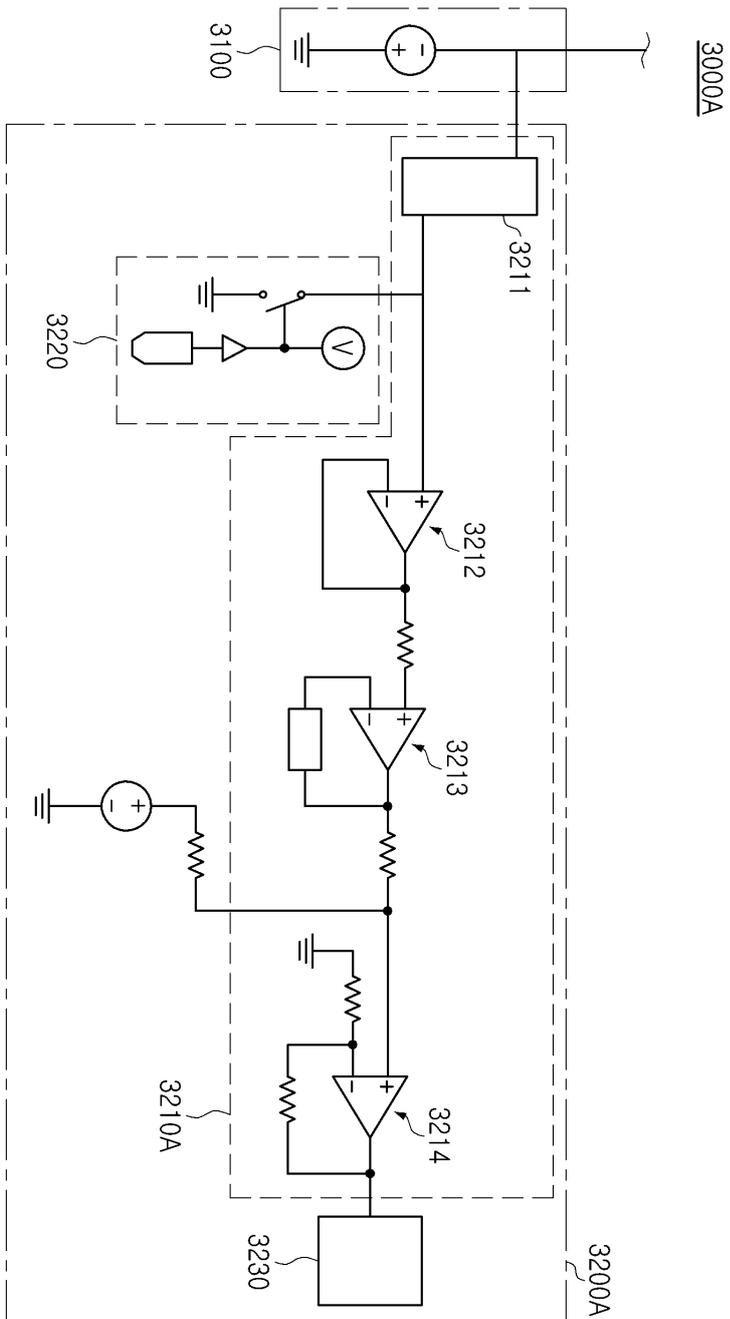
도면5



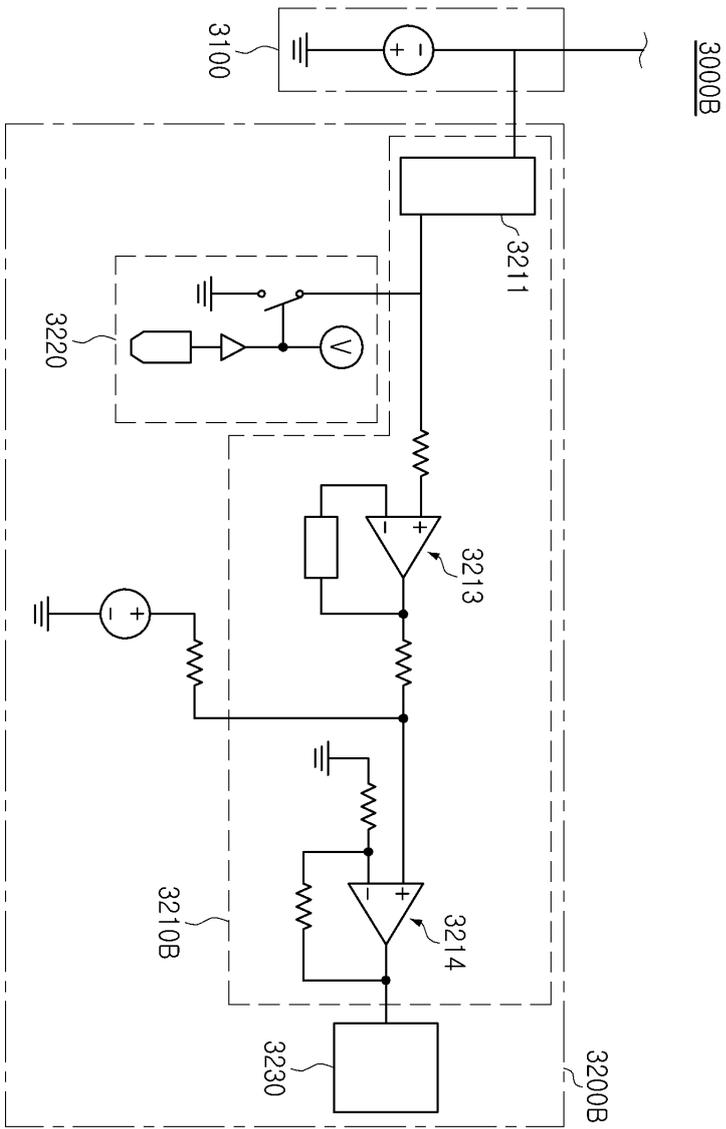
도면6



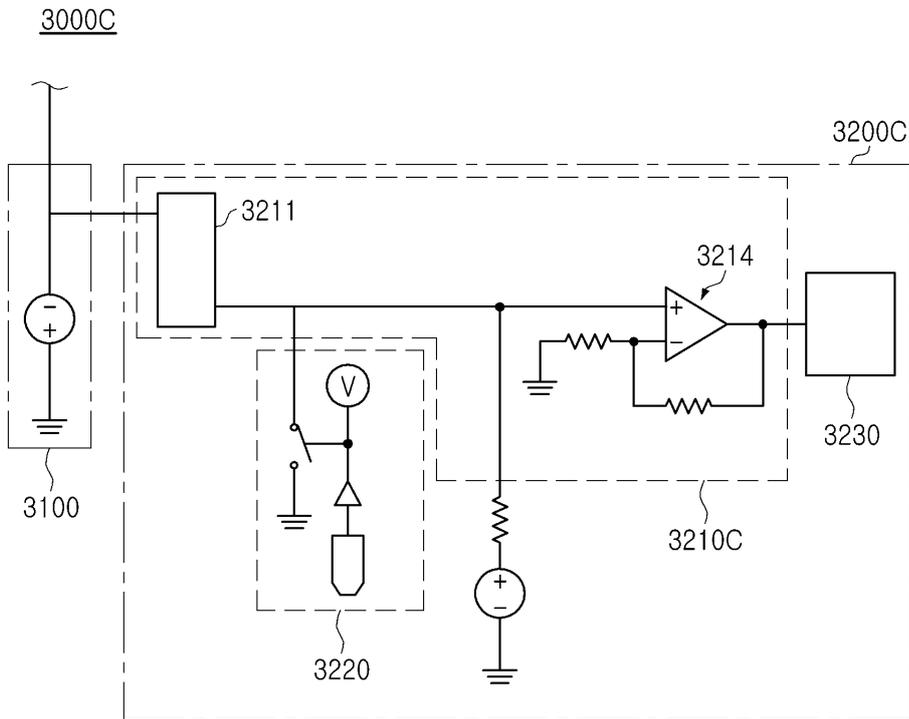
도면7



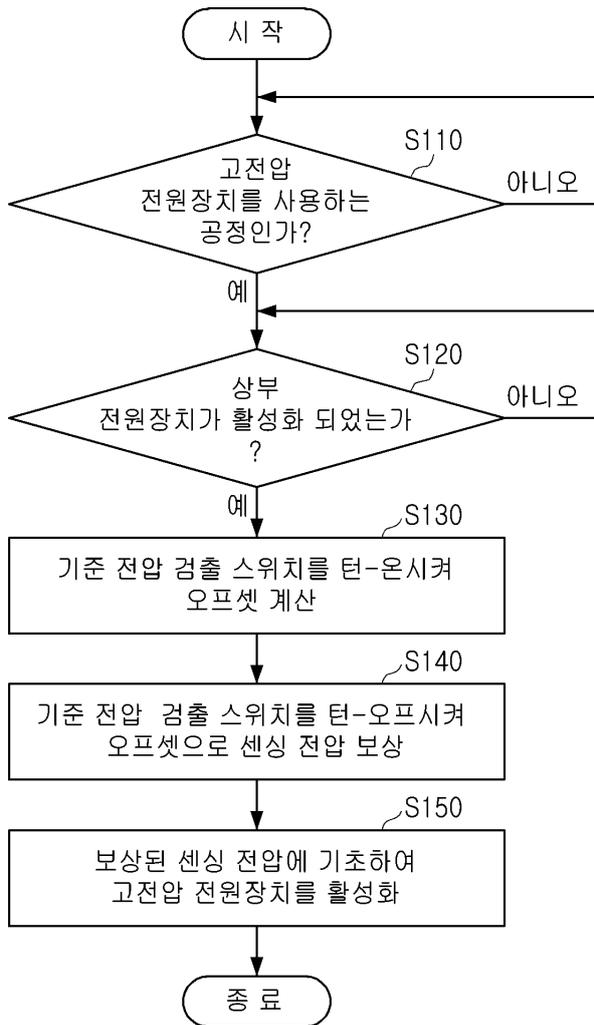
도면8



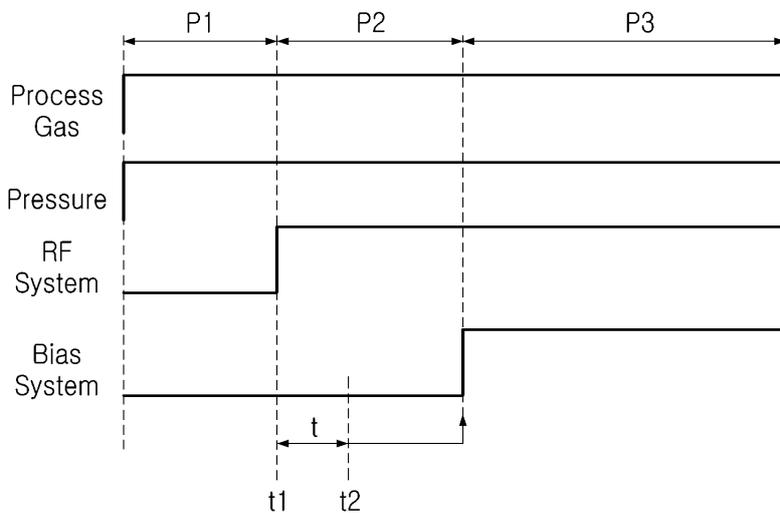
도면9



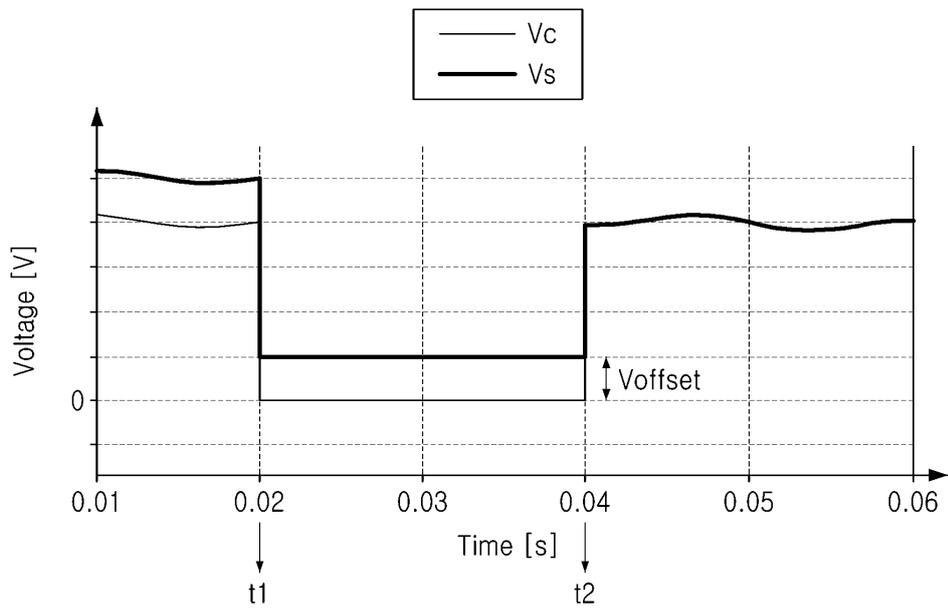
도면10



도면11



도면12



도면13

