(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0148545
(43) 공개일자 2021년12월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) *H05H 1/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32944 (2013.01)
H05H 1/0081 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2020-0065137
(22) 출원일자 2020년05월29일
심사청구일자 2020년05월29일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
유신재
대전광역시 유성구 가정로 63, 106동 1201호 (신성동, 하나아파트)
김시준
대전광역시 동구 산서로 1633-16
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
안재열

전체 청구항 수 : 총 7 항

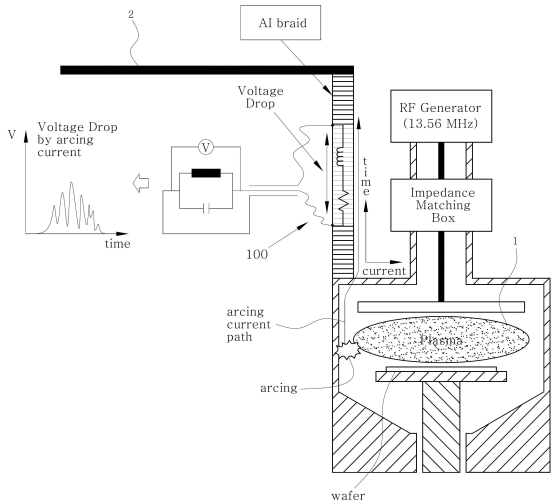
(54) 발명의 명칭 **플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 관한 것이다.

더욱 상세하게는, 플라즈마 발생부에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링하는 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 있어서, 플라즈마 발생부에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링하는 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 플라즈마 발생부에서 연장되는 접지부에 연결되어 접지부(2)의 전압을 측정하고, 측정된 전압을 전압신호로 전송하는 프로브 헤드; 및 상기 프로브 헤드에서 전송된 전압신호를 이용하여 아킹 발생의 예보에 필요한 예보신호 및 모니터링에 필요한 모니터링신호를 출력하도록 구성되는 고속검출부가 포함되는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의하면, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링할 수 있도록 구성됨으로써, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹에 대해 빠르게 대처할 수 있도록 구성되는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

조철희

대전광역시 유성구 어은로 57 한빛아파트 122동 1403호

이영석

제주특별자치도 제주시 신성로 4길 21 604호

이장재

대전광역시 유성구 계룡로105번길 20 434호 (봉명동,K타운)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415168132
과제번호	20172010105910
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지수요관리핵심기술개발(에특)(R&D)
연구과제명	PFC 가스 대체용 Fluorocarbon 계열 Precursor를 이용한 식각 공정 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	성균관대학교산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345299519
과제번호	2017R1D1A1A02018310
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(교육부)(R&D)
연구과제명	플라즈마 아킹 발생 메커니즘 연구를 통한 아킹 예보 시스템 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2019.06.01 ~ 2020.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

플라즈마 발생부에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링하는 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 있어서,

상기 플라즈마 발생부(1)의 하우징 혹은 플라즈마 발생부(1)에서 연장되는 접지부(2) 혹은 플라즈마 발생부(1)와 접지부(2) 사이에 연결되어 전압을 측정하고, 측정된 전압을 전압신호로 전송하는 프로브 헤드(100); 및

상기 프로브 헤드(100)에서 전송된 전압신호를 이용하여 아킹 발생의 예보에 필요한 예보신호 및 모니터링에 필요한 모니터링신호를 출력하도록 구성되는 고속검출부(200);

가 포함되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고속검출부(200)에는,

상기 프로브 헤드(100)로부터 전송된 전압신호를 분기한 어느 하나의 데이터를 수집하여 트리거링하는 제1트리거(211)를 포함하며, 예보신호를 출력하는 예보모듈(210); 및

상기 프로브 헤드(100)로부터 전송된 전압신호를 분기한 다른 하나의 데이터를 수집하여 트리거링하는 제2트리거(221) 및 상기 제2트리거(221)로부터 트리거링된 신호를 아킹 파형 신호처리하여 모니터링신호를 출력하는 신호처리부(222)가 포함되는 모니터링모듈(220);

이 포함되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1트리거(211)는,

적어도 상기 제2트리거(221) 보다 고속으로 데이터를 수집하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 예보모듈(210)에는,

상기 프로브 헤드(100)로부터 전송된 전압신호를 제1디지털 신호로 변환시켜 전달하는 제1ADC(Analogue digital converter)(212); 및

상기 제1ADC(212)에서 전달되는 제1디지털 신호를 저장하도록 구성되는 제1메모리(213);

가 포함되고,

상기 제1트리거(211)는,

상기 제1ADC(212)로 입력되는 신호를 트리거링하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1메모리(213)는,

상기 제1ADC(212)에서 출력되는 제1디지털 신호에서 미리 설정된 특정시간(Δt) 동안 특정전압변화(ΔV)가 발생된 것으로 판단되는 경우 아킹 발생을 예보신호를 출력하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 모니터링모듈(220)에는,

상기 프로브 헤드(100)로부터 전송된 전압신호를 제2디지털 신호로 변환시켜 전달하는 제2ADC(223); 및

상기 제2ADC(223)에서 전달되는 제2디지털 신호를 저장하도록 구성되는 제2메모리(224);

가 포함되고,

상기 제2트리거(221)는,

상기 제2ADC(223)로 입력되는 신호를 트리거링하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 고속검출부(200)에는,

상기 프로브 헤드(100)에서 전송되는 전압신호를 증폭시켜 상기 예보모듈(210) 및 모니터링모듈(220)로 전달하도록 구성되는 증폭모듈(230)이 포함되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 관한 것이다.

[0002] 더욱 상세하게는, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링할 수 있도록 구성됨으로써, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예방할 수 있도록 구성되는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 플라즈마란 초고온에서 음전하를 가진 전자와 양전하를 띤 이온으로 분리된 기체 상태를 말한다. 이때 전하 분리도가 상당히 높으면서도 전체적으로 음과 양의 전하 수가 같아서 중성을 띠게 된다. 플라즈마는 물질의 제4의 상태라 불리는 것이며, 예를 들면 반도체 공정 등에 쓰이는 각종 CVD(Chemical Vapor Deposition), PVD(Physical Vapor Deposition), 코팅, 스퍼터링, 금속의 질화처리, 탄화 결정성장, 다이아몬드 합성 등에 이용된다.

[0004] 이러한 플라즈마를 이용한 반도체소자 제조공정을 진행하기 위해서는 플라즈마를 발생시키기 위하여 고주파 전력의 인가가 필요한데, 이때, 공정챔버를 플로팅(Floating) 상태 그대로 두는 것은 이러한 고주파 전력의 인가에 의하여 공정챔버에 전하(Charge)가 쌓이게 되므로 작업자 및 장비의 안정상 바람직하지 않은 문제가 있다.

[0005] 따라서, 임피던스가 작은 접지선을 이용하여 공정챔버를 접지(Grounding)시킴으로써, 공정 챔버에 축적된 전하를 외부로 배출시키도록 구성된다.

[0006] 하지만 공정 챔버에 축적된 전하가 외부로 제대로 빠져나가지 못하면 축적된 전하와 플라즈마의 사이, 접지 상태가 안 좋은 부분과 축적된 전하의 사이에서 전자 열전계 방출(Thermofield emission)을 통해 미세 아킹(Micro-Arcing)이 발생하게 되는데, 이렇게 되면 플라즈마가 안정되지 못하므로 공정의 신뢰성이 저하되며, 장비의 수명도 뿐만 아니라, 장비를 구동하는 작업자(Operator)의 안정성 또한 위협받게 되는 문제가 있다.

[0007] 따라서 플라즈마 챔버 내부에서 발생되는 아킹에 대한 정확한 감지와 신속한 대처 시스템이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 등록특허공보 제 10-1303040 호(2013.08.28.)

(특허문헌 0002) 등록특허공보 제 10-0476460 호(2005.03.04.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 위와 같은 과제를 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링할 수 있도록 구성됨으로써, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예방할 수 있도록 구성되는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템은, 플라즈마 발생부에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링하는 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 플라즈마 발생부의 하우징 혹은 플라즈마 발생부에서 연장되는 접지부 혹은 플라즈마 발생부와 접지부 사이에 연결되어 전압을 측정하고, 측정된 전압을 전압신호로 전송하는 프로브 헤드; 및 상기 프로브 헤드에서 전송된 전압신호를 이용하여 아킹 발생의 예보에 필요한 예보신호 및 모니터링에 필요한 모니터링신호를 출력하도록 구성되는 고속검출부가 포함되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한 상기 고속검출부에는, 상기 프로브 헤드로부터 전송된 전압신호를 분기한 어느 하나의 데이터를 수집하여 트리거링하는 제1트리거를 포함하며, 예보신호를 출력하는 예보모듈; 및 상기 프로브 헤드로부터 전송된 전압신호를 분기한 다른 하나의 데이터를 수집하여 트리거링하는 제2트리거 및 상기 제2트리거로부터 트리거링된 신호를 아킹 파형 신호처리하여 모니터링신호를 출력하는 신호처리부가 포함되는 모니터링모듈이 포함되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 제1트리거는 적어도 상기 제1트리거 보다 고속으로 데이터를 수집하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 예보모듈에는 상기 프로브 헤드로부터 전송된 전압신호를 제1디지털 신호로 변환시켜 전달하는 제1ADC(Analogue digital converter); 및 상기 제1ADC에서 전달되는 제1디지털 신호를 저장하도록 구성되는 제1메모리가 포함되고, 상기 제1트리거는 상기 제1ADC로 입력되는 신호를 트리거링하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 제1메모리는 상기 제1ADC에서 출력되는 제1디지털 신호에서 미리 설정된 특정시간 동안 특정전압변화가 발생된 것으로 판단되는 경우 아킹 발생을 예보신호를 출력하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 모니터링모듈에는 상기 프로브 헤드로부터 전송된 전압신호를 제2디지털 신호로 변환시켜 전달하는 제2ADC; 및 상기 제2ADC에서 전달되는 제2디지털 신호를 저장하도록 구성되는 제2메모리가 포함되고, 상기 제2트리거는 상기 제2ADC로 입력되는 신호를 트리거링하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 고속검출부에는 상기 프로브 헤드에서 전송되는 전압신호를 증폭시켜 상기 예보모듈 및 모니터링모듈로 전달하도록 구성되는 증폭모듈이 포함되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 의하면, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링할 수 있도록 구성됨으로써, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹에 대해 빠르게 대처할 수 있도록 구성되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템이 적용된 상태를 나타내는 도면.

도 2는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템을 나타내는 도면.

도 3은 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 프로브 헤드를 나타내는 참고도.

도 4는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 고속검출부를 나타내는 참고도.

도 5는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 아킹 검출방법을 검증하기 위한 시스템 모식도.

도 6a는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 플라즈마 발생 중 아킹 발생했을 때의 전압-시간 그래프.

도 6b는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 아킹 검출방법 검증 데이터를 나타내는 그래프.

도 7a 및 도 7b는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 접지, 아킹 발생 전극 및 플라즈마 부유 전위를 도 5의 Test 2, 도 5의 Test 3에서 측정한 그래프.

도 8은 플라즈마 공정에서 발생하는 아킹 신호에 따른 전압 파형과 전류 파형을 나타내는 그래프.

도 8은 플라즈마 공정에서 발생하는 아킹 신호의 전류를 측정하는 기존 기술을 나타내는 도면.

도 9는 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹 신호의 전압을 측정하는 시스템과 전류를 측정하는 시스템을 비교한 참고도.

도 10은 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹 신호에 따른 전압 파형과 전류 파형을 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0021] 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0022] 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의

도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 공정, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 공정, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0023] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미가 있는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 또한, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다. 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 또한, 명세서 전반에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 한 어느 곳에서든지 동일한 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다.

[0025] 본 발명은 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링할 수 있도록 구성됨으로써, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹에 대해 빠르게 대처할 수 있도록 구성되는 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 관한 것이다.

[0026] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템이 적용된 상태를 나타내는 도면이고, 도 2는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템을 나타내는 도면이며, 도 3은 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 프로브 헤드를 나타내는 참고도이고, 도 4는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 고속검출부를 나타내는 참고도이다.

[0028] 첨부된 도 1 내지 도 4에 따르면, 본 발명의 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템에는 플라즈마 발생부(1)의 하우징 혹은 플라즈마 발생부(1)에서 연장되는 접지부(2) 혹은 플라즈마 발생부(1)와 접지부(2) 사이에 연결되어 전압을 측정하고 측정된 전압을 전압신호로 전송하도록 구성되는 프로브 헤드(100) 및 상기 프로브 헤드(100)에서 전송되는 전압신호를 이용하여 아킹 발생의 예보에 필요한 예보신호 및 모니터링에 필요한 모니터링신호를 출력하도록 구성되는 고속검출부(200)가 포함된다.

[0029] 이러한 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템은 플라즈마 발생부(1)에서 아킹이 발생되는 경우 상기 접지부(2)에서 측정되는 전압이 강하되거나 상승되는 것을 모니터링하여 상기 플라즈마 발생부(1)에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링하도록 구성되는 것이다.

[0030] 이때, 본 발명의 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템은, 상기 접지부(2)의 전압을 측정하며 모니터링하고 있는 상태에서, 일정한 전압이 측정되다가 어느 하나의 시점에서 전압의 강하 또는 상승이 이루어진 후 강하되던 전압이 상승되거나 상승되던 전압이 강하되면 상기 플라즈마 발생부(1)에서 아킹이 발생된 것으로 판단하도록 구성되어, 일정한 전압이 측정되다가 어느 하나의 시점에서 전압의 강하 또는 상승이 이루어지면 상기 플라즈마 발생부(1)에서 아킹이 발생될 수 있는 것으로 예보하도록 구성될 수 있다.

[0031] 도 3에 나타난 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에서 상기 프로브 헤드(100)는 플라즈마 발생부(1)에서 연장되는 접지부(2)에 설치되며 일 측으로 케이블 연결부(120)가 형성되는 동판(Copper sheet)(110) 및 상기 동판(110)의 외부에 구비되어 상기 동판을 보호하도록 구성되는 플라스틱 홀더(Plastic holder)(130)가 포함될 수 있다.

[0032] 상기 동판(110)은 상기 접지부(2)을 통해 전달되는 전압이 상기 연결부(120)를 통해 후술되는 동축케이블(300)

로 전달되어 상기 고속검출부(200)로 전송되도록 한다.

[0033] 즉, 상기 프로브 헤드(100)는 상기 접지부(2)을 통해 흐르는 전압을 상기 고속검출부(200)로 전달하도록 구성되는 것이다.

[0034] 상기 고속검출부(200)는 상기 프로브 헤드(100)에서 전송되는 전압신호를 수집 및 트리거링(Triggering)하여 피드백 신호를 출력하도록 구성되는 것으로서, 오실로스코프(Oscilloscope) 등이 대표적으로 사용된다.

[0035] 또한 상기 트리거링이란, 상기 오실로스코프가 언제 파형을 포착하고 화면에 디스플레이할지를 설정하는 것으로서, 트리거는 파형이 화면에 안정되게 표시될 수 있도록 포착한 파형과 선택된 소스(Source)를 동기화하는 것이다. 트리거 소스는 입력 채널, 외부 트리거 입력(External trigger Input), 라인 전원(Line power)이 있으며, 일부 오실로스코프에서는 빠른 에지(Fast edge), 속도에 맞춰 일어나는 간헐적 이벤트를 트리거하는 기본 모드(Built in mode)가 제공되기도 한다.

[0036] 한편, 도 4에 나타난 바와 같이, 상기 고속검출부(200)에는, 상기 프로브 헤드(100)로부터 전송된 전압신호를 분기한 어느 하나의 데이터를 수집하여 트리거링하는 제1트리거(211)를 포함하며, 예보신호를 출력하는 예보모듈(210) 및 상기 프로브 헤드(100)로부터 전송된 전압신호를 분기한 다른 하나의 데이터를 수집하여 트리거링하는 제2트리거(221) 및 상기 제2트리거(221)로부터 트리거링된 신호를 아킹 파형 신호처리하여 모니터링신호를 출력하는 신호처리부(222)가 포함되는 모니터링모듈(220)이 포함될 수 있다.

[0037] 이때, 상기 제1트리거(211)는 필요에 따라 상기 제2트리거(221) 보다 고속으로 데이터를 수집하도록 구성될 수도 있다.

[0038] 상기 예보모듈(210)에는, 상기 프로브 헤드(100)로부터 전송된 전압신호를 제1디지털 신호로 변환시켜 전달하는 제1ADC(Analogue digital converter)(212) 및 상기 제1ADC(212)에서 전달되는 제1디지털 신호를 저장하도록 구성되는 제1메모리(213)가 포함될 수 있으며, 상기 제1트리거(211)는 상기 제1ADC(212)로 입력되는 신호를 트리거링하도록 구성될 수 있다.

[0039] 이때, 상기 제1메모리(213)는 상기 제1ADC(212)에서 출력되는 제1디지털 신호에서 미리 설정된 시간 동안 미리 설정된 만큼의 전압강하 또는 전압상승이 발생된 것으로 판단되는 경우 아킹 발생을 예보하기 위한 신호를 출력하도록 구성될 수 있다.

[0040] 더욱 바람직하게, 상기 제1메모리(213)는 상기 제1ADC(212)에서 출력되는 제1디지털 신호에서 특정시간(Δt) 동안 특정전압변화(ΔV)가 발생되는 경우 아킹 발생을 예보하는 신호를 출력하도록 구성될 수 있다.

[0041] 후술할 본 발명의 일 실시예에서는 도 6b에서 나타난 바와 같이 특정시간(Δt) 0.05 ~ 0.15μs 동안 특정전압변화(ΔV) 20V 이상의 전압강하 또는 전압상승이 발생되는 경우 아킹 발생을 예보하는 신호를 출력하도록 구성될 수 있다.

[0042] 이때, 상기 제1메모리(213)가 아킹 발생을 예보하기 위한 신호를 출력하는 기준인 특정시간(Δt)과 특정전압변화(ΔV)는 실시 환경에 따라 얼마든지 변경될 수 있다.

[0043] 상기 제1메모리(213)는, 상기 제1ADC(212)에서 전달되는 제1디지털 신호를 저장하여 상기 플라즈마 발생부(1)에서 발생되는 아킹의 발생 빈도를 분석하여 처리하도록 구성될 수 있으며, 이러한 상기 제1메모리(213)에 저장되는 제1디지털 신호는 별도의 처리과정을 거쳐 작업자(Operator)에 의해 관리되도록 구성될 수 있다.

[0044] 상기 모니터링모듈(220)에는, 상기 프로브 헤드(100)로부터 전송된 전압신호를 제2디지털 신호로 변환시켜 전달하는 제2ADC(223) 및 상기 제2ADC(223)에서 전달되는 제2디지털 신호를 저장하도록 구성되는 제2메모리(224)가 포함될 수 있으며, 상기 제2트리거(221)는 상기 제2ADC(223)로 입력되는 신호를 트리거링하도록 구성될 수 있다.

[0045] 상기 제2메모리(224)는, 상기 제2ADC(223)에서 전달되는 제2디지털 신호를 저장하여 상기 플라즈마 발생부(1)에서 발생되는 아킹의 발생 빈도를 분석하여 처리하도록 구성될 수 있으며, 이러한 상기 제2메모리(224)에 저장되는 제2디지털 신호는 별도의 처리과정을 거쳐 작업자(Operator)에 의해 관리되도록 구성될 수 있다.

[0046] 또한, 상기 고속검출부(200)에는 상기 프로브 헤드(100)에서 전송되는 전압신호를 증폭시켜 상기 예보모듈(210) 및 모니터링모듈(220)로 전달하도록 구성되는 증폭모듈(230)이 포함될 수 있다.

[0047] 상기 증폭모듈(230)은 입력신호의 진폭을 크게 하여 출력하는 것으로서, 상기 프로브 헤드(100)와 상기 예보모

듈(210)의 사이 및 상기 프로브 헤드(100)와 상기 모니터링모듈(220)의 사이에 구비되어 상기 전압신호를 증폭 전달하도록 구성되는 것이다.

[0048] 이러한 상기 증폭모듈(230)에는 트랜지스터나 전기장 효과 트랜지스터(FET)와 같이 신호를 증폭할 수 있는 회로 소자를 사용하며, 상기 트랜지스터나 FET는 증폭기의 전원에서 입력신호에 관계없이 공급되는 전기에너지를 입력신호로 제어해 입력신호의 진폭을 크게 한 신호를 출력하는 작용을 하도록 구성된다.

[0049] 상기 증폭모듈(230)의 대표적인 예로 가정에 있는 오디오의 앰프를 들 수 있으며, 앰프는 테이프 레코드의 자기 헤드, 레코드, CD의 픽업에서 얻어진 아주 약한 전기신호를 트랜지스터나 FET의 작용으로 스피커를 울릴 수 있을 만한 큰 진폭의 신호로 증폭하도록 구성되는 것이다.

[0050] 본 발명의 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템에는 일 측은 상기 프로브 헤드(100)에 연결되고 타 측은 상기 고속검출부(200)에 연결되도록 구성되어 신호를 전송하도록 구성되는 동축케이블(300)이 더 포함될 수 있다.

[0051] 이러한 동축케이블(300)은 중앙부와 그 주위에 도체를 배치한 단면이 동심원상(同心圓狀)의 케이블상기 프로브 헤드(100)에서 출력되는 신호를 상기 고속검출부(200)로 전달하도록 구성되는 것이다.

[0052] 이러한 상기 동축케이블(300)은 중앙의 구리선에 흐르는 전기신호가 그것을 싸고 있는 외부 구리 망 때문에 외부의 전기적 간섭을 적게 받아 전력 손실도 적어 고주파 신호의 전송에 이용될 수 있다.

[0053] 도 5는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 아킹 검출방법을 검증하기 위한 모식도이고, 도 6a는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 플라즈마 발생 중 아킹 발생했을 때의 전압-시간 그래프이며, 도 6b는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 아킹 검출방법 검증 데이터를 나타내는 그래프이다.

[0054] 첨부된 도 5 내지 도 6b에 따르면, 플라즈마 발생 전극에 직류 전류가 흐를 수 있는 환경을 구축하여 플라즈마 전위가 높은 환경으로 만들었으며, 여기에 추가로 아킹이 용이하게 발생되도록 하기 위한 아킹점화(Arcing Ignition Probe, AIP) 프로브를 장착하였다. AIP 프로브에 직류전원장치(DC power supply)를 연결하여 음전압을 인가하고 전압을 제어하도록 함으로써 아킹 발생 빈도 및 세기를 제어할 수 있도록 하였다.

[0055] AIP 프로브에 수직한 방향으로 부유전위 프로브를 삽입하여 플라즈마 부유 전위를 측정하였다. 아킹 발생을 측정하기 위해 오실로스코프 (TDS3054B, Tektronix)와 100:1 프로브를 이용해서 AIP 프로브의 전압과 부유전위를 모니터링하였다. 그리고 도 5에서와 같이, AIP와 가까운 위치의 접지에서부터 Test 1, Test 2, Test 3 전위를 10:1 프로브를 이용해서 측정하였으며, 이 경우 프로브의 접지는 Main 접지를 사용하였다. 아킹 발생을 트리거하기 위해 트리거신호발생기(DG645)를 이용하여 AIP 프로브의 전압 변화를 트리거링 하였으며, 트리거신호발생기(DG645)의 신호 출력을 오실로스코프에 연결하여 데이터를 수집하였다.

[0056] 한편, 플라즈마 발생 챔버 내에는 아르곤 가스를 5.0 sccm 주입하여 챔버 압력을 28.1 mTorr로 유지하고 RF 전극에 50 W를 인가하여 플라즈마를 발생시켰으며, 임피던스 정합장치를 통해 반사파 전력을 0 W로 유지하고, AIP 프로브에 -50 V를 인가하여 간헐적 아킹 발생을 유도했다.

[0057] 먼저, AIP 전압 신호와 부유 전위 신호 변화가 아킹에 의한 신호인지를 검증하기 위하여, RF 전극에 인가되는 전압과 AIP 프로브 및 부유전위를 동시에 측정한 결과를 도 6a에 나타내었다.

[0058] 아킹이 발생한 시점에서 RF 전극에 인가되는 전압은 수 μs 내에 0 V로 감소하였으며 20 μ이후에 회복하는 특성을 보였다. 부유전위 또한 290 V 정도에 유지되고 있다가 전극 전압과 동일한 양상을 띄는 것을 확인할 수 있었다.

[0059] 이러한 아킹 발생 이후 플라즈마 부유 전위가 감소하는 결과는 많이 알려진 사실이다. 동시에 측정된 AIP 프로브의 전압을 살펴보면, 초기 설정한 -50 V로 유지되다가 아킹 발생 이후 양전압으로 오버슈트(Overshoot)한 이후 긴 시간 변동(Fluctuation)하는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 도 6a에서와 같은 AIP 프로브의 전압 신호 양상은 아킹에 의한 신호로 확인할 수 있다.

[0060] 도 6b는 AIP 전압에 전압을 인가하지 않은 상황에서, 아킹 발생했을 때의 Test 1 위치에서의 접지 전압과 AIP 프로브 그리고 부유전위를 측정한 그래프이다.

[0061] 아킹이 발생하기 이전에는 RF 노이즈에 의해 AIP 프로브의 전압이 진동하다가 아킹이 발생하기 100 ns 이전에

AIP 전압이 상승하고, 최대값에 도달한 후 다시 감소하는 것을 확인할 수 있다. 플라즈마 부유전위의 경우 AIP 프로브의 전압이 최대값에 도달한 후 감소하기 시작하는 시점부터 부유전위 값이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0062] Test 1 지점에서의 접지 신호의 경우, AIP 신호와 비슷한 양상을 띄는데, 초기 전위값이 진동하다가 AIP 신호가 증가하는 시점과 동일하게 접지부 신호가 음의 값으로 상승하는 것을 확인할 수 있다.

[0063] 이 때 신호대잡음비(signal-to-noise ratio)는 4.5 정도이다. 따라서, 아킹 발생 신호는 접지 전압을 측정함으로써 동시간대에 측정이 가능한 것을 확인할 수 있다.

[0064] 여기서 주목할 점은, 아킹이 발생하여 플라즈마가 영향을 받는, 즉 플라즈마 부유 전위가 감소하는 시간 이전에 접지 전압 신호가 AIP와 동일하게 변한다는 것이다. 즉, 접지 신호를 고속 측정하게 되면 아킹 발생 예보 신호로서 사용 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

[0065] 도 7a 및 도 7b는 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템의 접지, 아킹 발생 전극 및 플라즈마 부유 전위를 도 5의 Test 2, 도 5의 Test 3에서 측정한 그래프이다.

[0066] 첨부된 도 7a 및 도 7b에 따르면, 각신호의 시간에 따른 변화를 잘 나타내기위해 [0, 1] 표준화(normalization) 데이터 처리를 했다. 도 7a 및 도 7b에서와 같이 AIP 전극에서 먼 Test 2와 Test 3 위치에서도 접지 신호가 아킹 신호와 동일하게 잘 측정됨을 확인할 수 있다. 따라서, AIP에서 가까운 위치뿐만 아니라, 임피던스 정합장치 혹은 플라즈마 발생 용기 벽면의 접지 신호도 아킹 검출 신호로 사용 가능함을 알 수 있다. 이에 따라, 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템이 플라즈마 발생 접지 설비에만 종속되지 않고 다양한 시스템의 접지 설비에도 장착되어 사용될 수 있음을 확인할 수 있다.

[0067] 결론적으로, 상기 실험을 통해 본 발명에 따른 플라즈마 공정 장비 접지 전압 모니터링을 통한 아킹 예보 및 모니터링 시스템이 잘 동작할 수 있음을 검증하였다.

[0068] 도 8은 플라즈마 공정에서 발생하는 아킹 신호의 전류를 측정하는 기존 기술을 나타내는 도면이고, 도 9는 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹 신호의 전압을 측정하는 시스템과 전류를 측정하는 시스템을 비교한 참고도이며, 도 10은 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹 신호에 따른 전압 파형과 전류 파형을 나타내는 그래프이다.

[0069] 첨부된 도 8에 따르면, 종래 기술은 플라즈마 공정챔버(10p)를 접지시키고, 공정 진행 중에 상기 접지를 통해 흐르는 전지선 주위에 코일(30p)을 설치하여 상기 코일에 유도되는 유도전류를 측정함으로써 측정된 유도전류가 기준 값 이상일 때에 비정상 상태로 판단하여 아킹이 발생된 것으로 판단하도록 구성되는 것이다.

[0070] 첨부된 도 9에 따르면, 상기 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹 신호의 전류를 측정하여 아킹 발생을 감지하는 종래기술(우측)과 본 발명의 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹 신호의 전압을 측정하여 아킹 발생을 감지하는 기술(좌측)을 키르히호프의 법칙(Kirchhoff's law)에 따라 비교하면 다음 [수학식 1] 및 [수학식 2]와 같은 결과를 얻을 수 있다.

수학식 1

[0071]
$$V_{RF} - \overbrace{I_{RF} j\omega L_{strip}}^{V_{vol}} - \overbrace{I_{RF} \frac{\omega^2 M^2}{j\omega L_{probe}}}^{V_{cur}} = 0$$

[0072] 여기서, $M = k\sqrt{L_{probe} L_{strip}}$, k는 결합 계수(coupling coefficient)이고, ω는 펄스신호의 주파수를 나타냄

[0073] 상기 수학식1에서 전류측정방식(종래기술)과 전압측정방식의 전압을 비교하여 보면, 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

수학식 2

[0074] $$|V_{vol}/V_{cur}| = \left|\frac{j\omega L_{strip}}{\frac{\omega^2 M^2}{j\omega L_{probe}}}\right| = \frac{L_{strip}L_{probe}}{M^2} = \frac{1}{k^2}$$

[0075] 일반적으로 0 ≤ k ≤ 1의 범위 내에 있으므로 수학식 2의 결과는 항상 1 보다 큰 결과를 얻게 된다.

[0076] 즉, 전류를 측정하는 방식 보다 전압을 측정하는 방식의 전압이 1보다 더 크기 때문에, 전압측정방식의 민감도가 전류측정방식보다 더 뛰어남을 알 수 있다.

[0077] 뿐만 아니라, 첨부된 도 10에 따르면, 검정색 파형은 플라즈마 공정에서 발생하는 아킹 신호에 따른 파형을 나타내는 것이고, 파란색 파형은 상기 아킹 신호에서 측정되는 전압 파형을 나타내는 것이며, 빨간색 파형은 상기 아킹 신호에서 측정되는 전류 파형을 나타내는 것이다.

[0078] 상기 도 10에 나타난 바와 같이 상기 아킹신호 파형(검은색)이 발생할 때 전압파형(파란색)은 아킹신호 파형에 즉각 대응(0.5ns 이내)하여 아킹신호 파형과 유사한 초기 거동을 보이는 반면 전류 파형(붉은색)은 전압파형에 비하여 훨씬 늦은 응답을 보이는 것을 확인할 수 있다. 또한, 전압파형은 아킹이 발생한 이후 시점(2ns 이후)에 빠르게 측정값이 0으로 수렴하는 것을 확인할 수 있으나, 전류파형은 0으로 수렴하지 못하고 측정신호가 발산하는 것을 확인할 수 있다.

[0079] 즉, 아킹 신호에 대응하는 응답성과 아킹 신호의 추종성 모두 전압측정방식이 기존의 전류측정방식에 비하여 월등히 뛰어난 것을 상기 도 10의 시뮬레이션결과로부터 쉽게 파악할 수 있다.

[0080] 이상 본 발명에 의하면, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예보 및 모니터링할 수 있도록 구성됨으로써, 플라즈마 공정에서 발생되는 아킹을 예방할 수 있도록 구성되는 효과가 있다.

[0081] 이상의 설명에서는 본 발명의 다양한 실시 예들을 제시하여 설명하였으나 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함을 알 수 있다.

부호의 설명

[0082] 1 : 플라즈마 발생부 2 : 접지부

100 : 프로브 헤드

110 : 동판 120 : 연결부

130 : 플라스틱 홀더

200 : 고속검출부

210 : 예보모듈 211 : 제1트리거

212 : 제1ADC 213 : 제1메모리

220 : 모니터링모듈

221 : 제2트리거 222 : 신호처리부

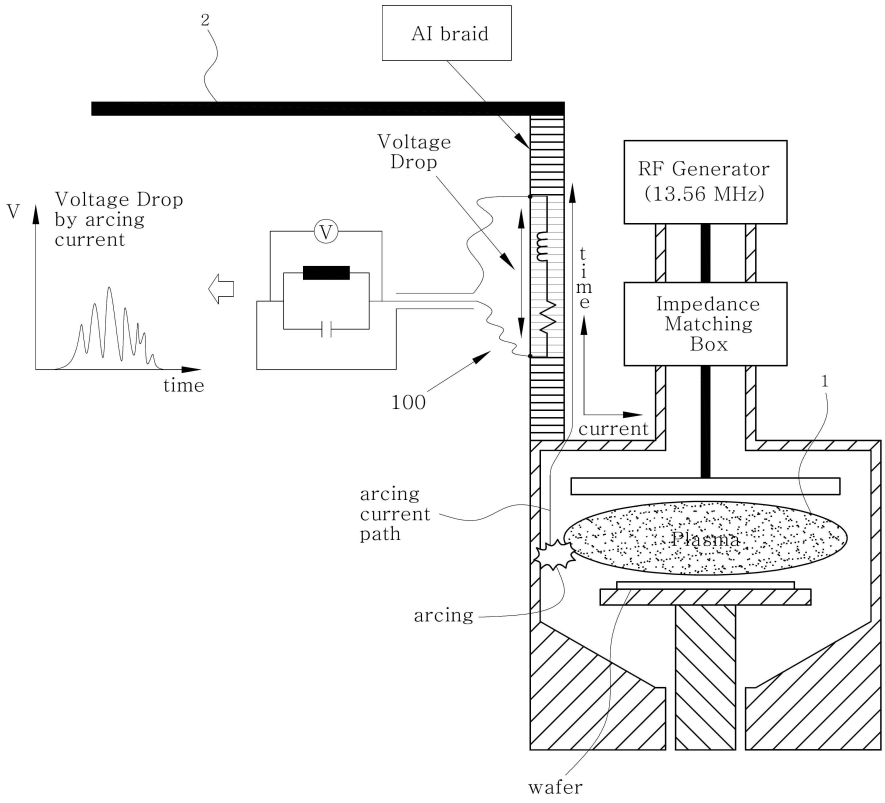
223 : 제2ADC 224 : 제2메모리

230 : 증폭모듈

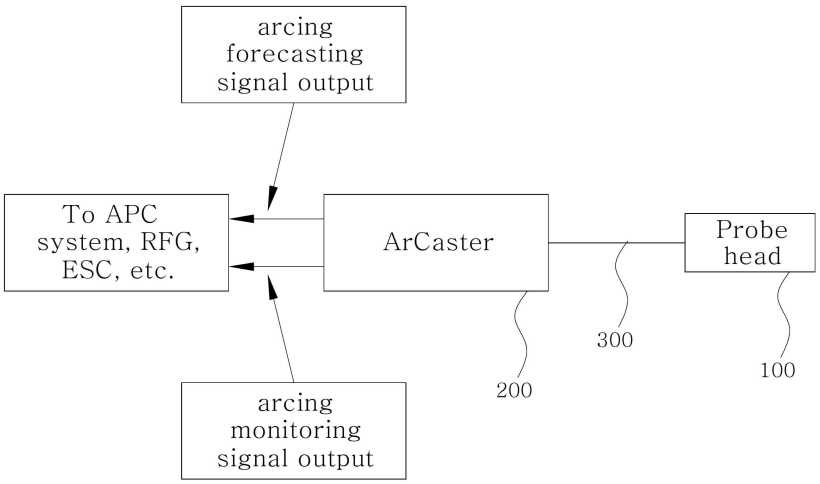
300 : 동축케이블

도면

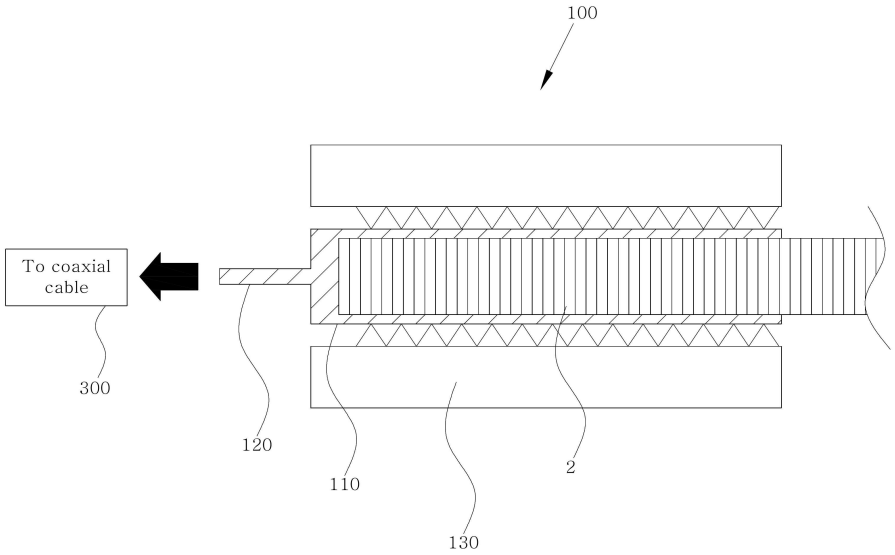
도면1


2
Al braid
Voltage
Drop
RF Generator
(13.56 MHz)
V
Voltage Drop
by arcing
current
V
time
t
i
m
e
Impedance
Matching
Box
100
1
current
arcing
current
path
Plasma
arcing
wafer

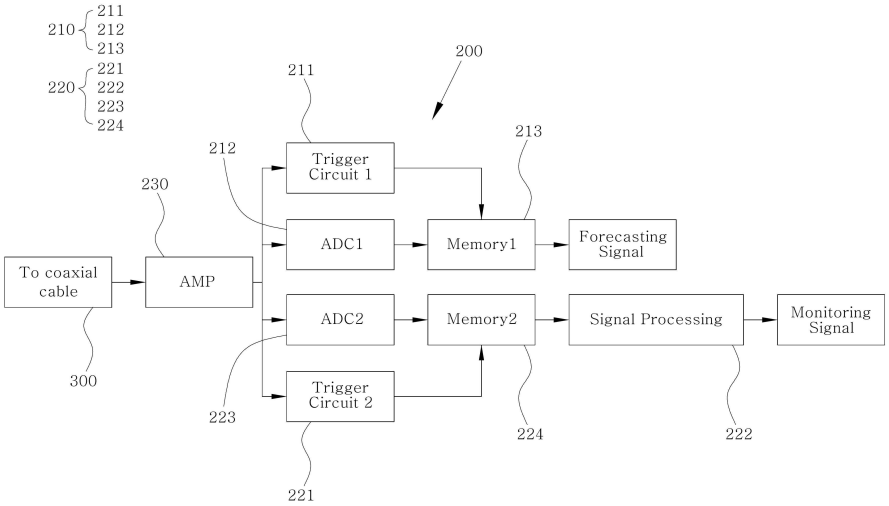
도면2


arcing
forecasting
signal output
To APC
system, RFG,
ESC, etc.
ArCaster
Probe
head
300
200
100
arcing
monitoring
signal output

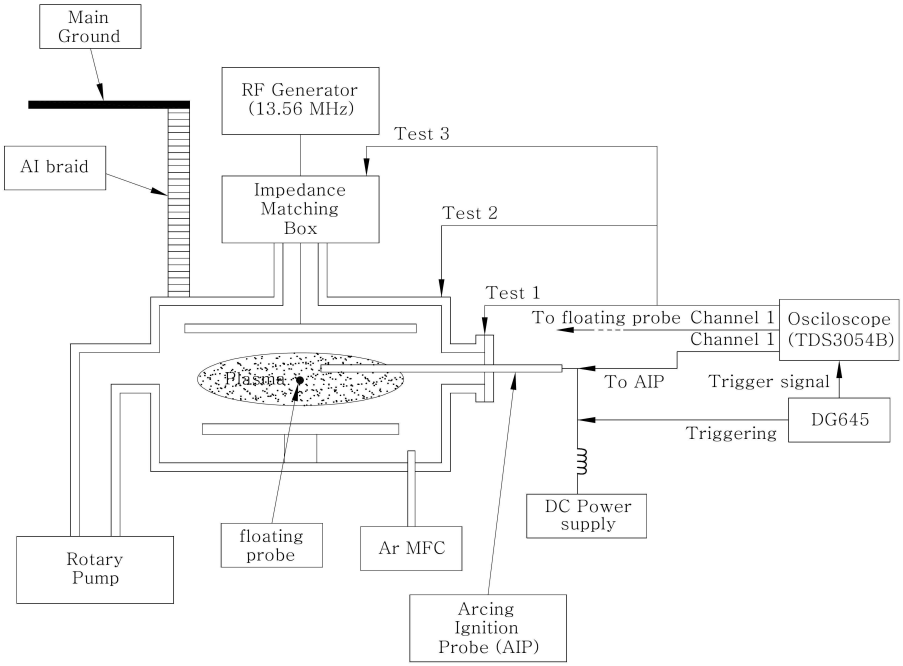
도면3


100
To coaxial cable
300
120
110
130
2

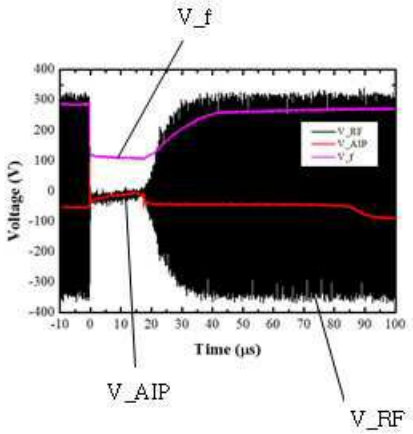
도면4


210
211
212
213
220
221
222
223
224
200
211
212
213
230
Trigger Circuit 1
ADC1
Memory1
Forecasting Signal
To coaxial cable
AMP
ADC2
Memory2
Signal Processing
Monitoring Signal
300
223
Trigger Circuit 2
224
222
221

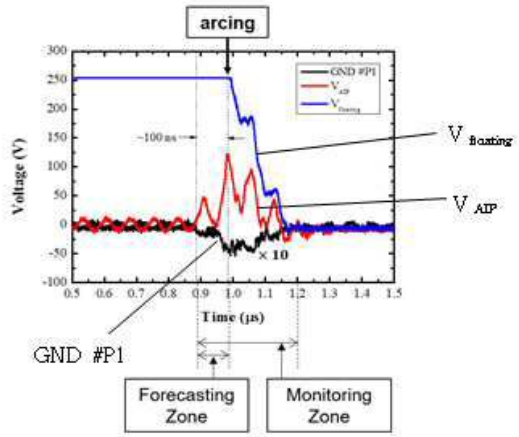
도면5



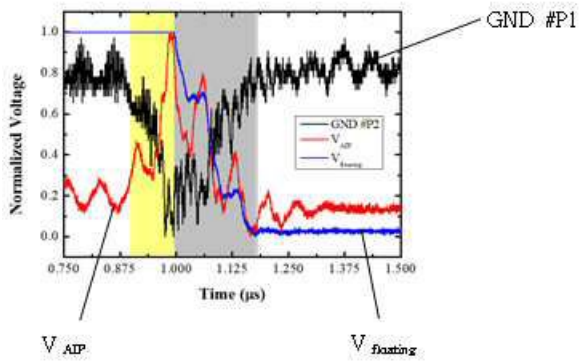
도면6a



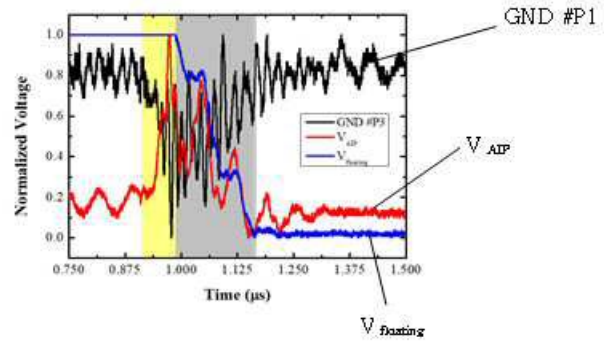
도면6b



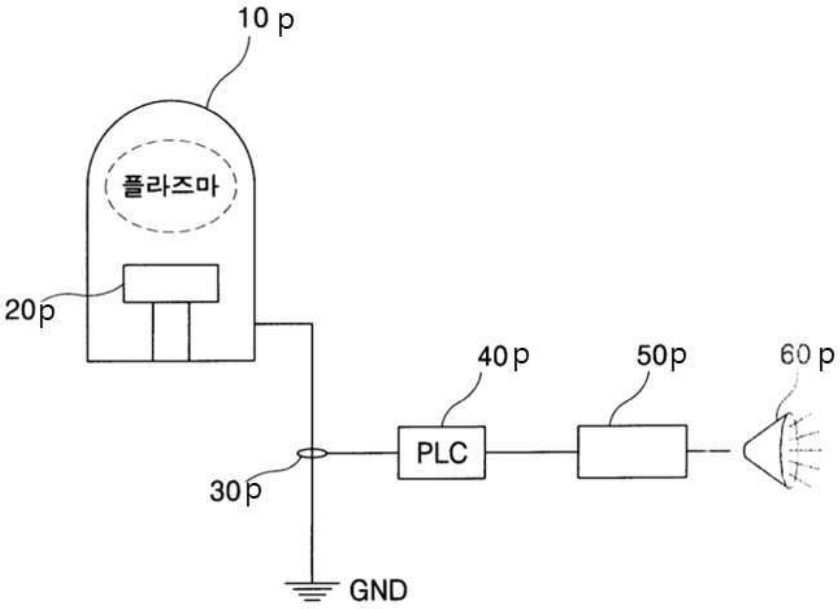
도면7a



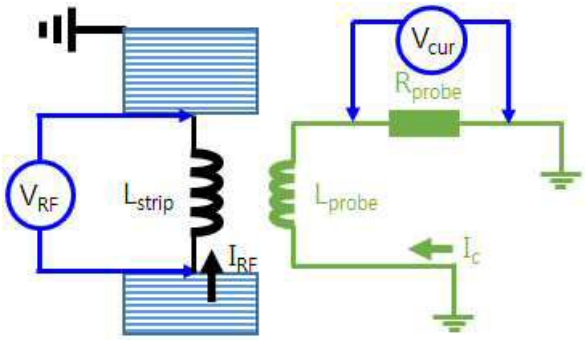
도면7b



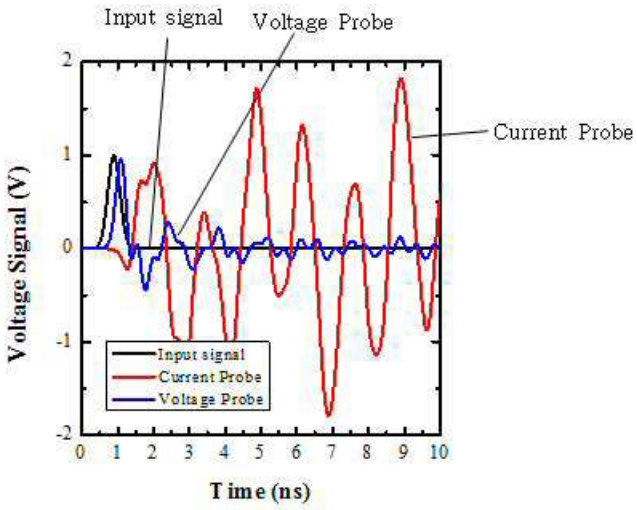
도면8



도면9


V_cur
R_probe
V_RF
L_strip
I_RF
L_probe
I_C

도면10


Input signal
Voltage Probe
Current Probe
Voltage Signal (V)
Time (ns)
Input signal
Current Probe
Voltage Probe