



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0031794
(43) 공개일자 2014년03월13일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05H 1/46 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2013-0098575</p> <p>(22) 출원일자 2013년08월20일
심사청구일자 없음</p> <p>(30) 우선권주장
13/604,498 2012년09월05일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
에이에스엠 아이피 홀딩 비.브이.
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트
라아트 8</p> <p>(72) 발명자
류 나카노
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트
라아트 8
츠토무 마키노
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트
라아트 8
히사시 타카미자와
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트
라아트 8</p> <p>(74) 대리인
이만재</p> |
|--|--|

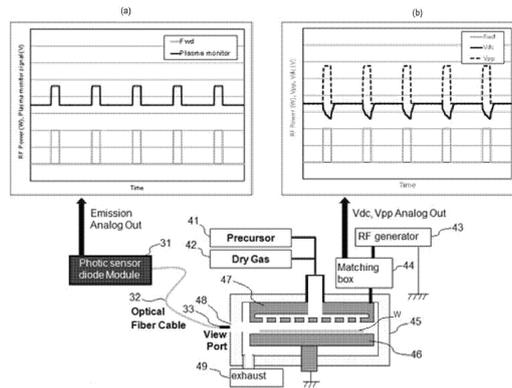
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **플라즈마 점화 안정화 방법**

(57) 요약

기관상에 실시된 연속 공정에서 플라즈마 점화를 안정화하기 위한 방법은, 기관이 위치되는 상부 전극과 하부 전극 사이에 RF 전력의 스파이크를 인가하는 단계로서, 스파이크는 제로 전력에서 시작하여 스파이크 전력으로 점프하고, 그리고 난 후, 플라즈마의 점화 실패를 일으킬 만큼 낮은 베이스 전력으로 강하하는 단계와, 기관을 처리하는 스파이크의 기간보다 상당히 긴 기간 동안 상부 및 하부 전극 사이의 베이스 전력에서 RF 전력을 연속하여 인가하는 단계를 포함한다. 상기 스파이크는 점화 실패를 감소하도록 한다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

기판 상에 실시된 연속 공정에서 플라즈마 점화를 안정화시키기 위한 방법에 있어서,

상기 기판이 위치되는 상부 전극과 하부 전극 사이에 RF 전력의 스파이크를 인가하되, 상기 스파이크는 제로 전력에서 시작하여 스파이크 전력으로 점프하고, 그리고 나서 플라즈마 점화 실패를 야기시킬 만큼 낮은 베이스 전력으로 강하하는 단계; 및

상기 기판을 처리하는 스파이크의 지속기간보다 긴 기간 동안 상부 및 하부 전극 사이의 베이스 전력에서 RF 전력을 연속하여 인가하는 단계;를 포함하되,

상기 스파이크는 점화 실패가 감소되도록 하는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 베이스 전력이 점화 전압의 근처에 설정되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 베이스 전력은 약 0.12 W/cm^2 미만이고, 상기 스파이크 전력은 상기 하부 전극의 면적당 약 0.12 W/cm^2 초과인 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 스파이크 전력은 상기 하부 전극의 면적당 0.36 W/cm^2 이하인 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 스파이크는 플라즈마가 점화된 후 종결되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 스파이크는 스파이크 없이 베이스 전력을 사용하는 것을 제외하고는 동일하게 처리된 막과 비교하여 상기 스파이크가 상기 기판 상의 막에 실질적인 변화를 야기시키기 전에 종결되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 스파이크는 스파이크의 시작의 20 msec 이내에 종결되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 8

제 5항에 있어서,

RF 발전기 및/또는 점화광으로부터의 신호에 기초하여 플라즈마 점화를 모니터링하는 단계와,

플라즈마 점화가 감지될 때 상기 스파이크를 종결하는 단계를 더 포함하는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 플라즈마 점화는 광센서를 사용하여 상기 상부 및 하부 전극의 사이의 점화광을 모니터링함으로써 검출되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 플라즈마 점화는 상기 RF 발전기의 매칭박스에서 측정된 피크 대 피크 전압(Vpp) 및/또는 셀프 바이어스 전압(Vdc)을 모니터링함으로써 검출되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 11

제 5항에 있어서,

상기 스파이크는 미리 설정된 시간 주기 내에서 종결되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 스파이크의 타이밍은 RF 전력의 온-오프 신호, 스파이크 전력(SP) 및 스파이크 시간(ST)에 의해 제어되고, 상기 스파이크 시간은 설정된 값을 가지며, RF 전력이 ON 될 때 카운트를 시작하고 설정 값이 끝날 때까지 카운트를 계속하는 파라미터로서 사용되고, 상기 스파이크 전력은 설정값을 가지며, RF 전력의 온-오프 신호와 스파이크 시간에 의해 조절되는 파라미터로서 사용되고, 여기서, RF 전력이 OFF 이고 또한, 스파이크 시간이 카운트 되는 한편 스파이크 전력의 신호가 출력되고, RF 전력이 ON 이지만, 스파이크 시간이 카운트를 정지하는 한편 스파이크 전력 신호가 출력되지 않으며, 여기서, RF 전력이 ON이 되면, 스파이크가 발생되어, 스파이크의 개시 시에 스파이크 전력의 파라미터의 값을 제거 변경하여 아날로그 시작 지연 없이 스파이크를 시작하게 되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 스파이크 시간의 지속기간은 20 msec 로 설정되는 플라즈마 점화 안정화 방법.

청구항 14

제 1항에 있어서,

상기 연속 공정은 플라즈마 강화 원자층 증착(PEALD)의 공정인 플라즈마 점화 안정화 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로, 예를 들어, 플라즈마 강화 원자층 증착(PEALD) 또는 다른 플라즈마 강화 증착에 의한 플라즈마 기판을 처리하는 방법에 관한 것으로서, 특히 이러한 처리 공정에서 플라즈마 점화를 안정화하기 위한 방법에 관한 것이다

배경기술

[0002] PEALD 공정에서, 예를 들어, RF 전력은 막(film)의 품질과 특성을 제어하는 중요한 파라미터이다. 예를 들어, 높은 RF 전력은 막의 품질을 향상시킬 수 있지만, 일부 적용에서는 매우 낮은 RF 전력이 필요하다. 다음과 같은 세 가지 적용이 전형적인 예다.

[0003] 도 1a는 고체 상태 확산(SSD)을 위한 붕규산 유리(borosilicate glass)(BSG) 공정을 나타내는 개략도이다. 이 공정에서 낮은 RF 전력이 요구되는 이유는, 높은 RF 전력이 인가되면, 이온 충격에 의해 막 형성 단계에서 Si 기판 안으로 불순물이 주입되게 된다. 도 1a 도시된 바와 같이, BSG 막(1)이 기판(3) 상에 형성되면, 붕소 B는 기판(3) 안으로 침투하여, 기판(3)에 붕소 확산 층(2)을 형성한다. 이러한 이물질(foreign matter)의 확산은, 이물질의 원치 않는 확산을 제한하기 위해, BSG 막을 형성하는 중에 또는 형성한 후에, BSG 막을 제거하고, 열 처리를 행하여, 기판 표면상의 특정한 원하는 영역으로 국한할 수 있다. 그러나, 확산이 막 형성 공정 중에 발생하는 경우, 불가피하게 이러한 이물질이 원치 않는 지역으로 확산 된다. 포스포실리케이이트 유리(Phosphosilicate Glass)(PSG) 공정은 높은 RF 전력이 공급될 때 상기와 유사한 문제가 있다.

[0004] 도 1b는 하부 층의 산화를 요구하지 않는 SiO 공정을 나타내는 개략도이다. 이 공정에서 낮은 RF 전력이 요구되는 이유는, 높은 RF 전력이 인가되는 경우, 하부 층의 물질이 막 형성 단계에서 산소 플라즈마, 이온 충격(ion bombardment) 및/또는 스패터링(sputtering)에 의해 산화될 수 있기 때문이다. 도 1b에 도시된 바와 같이, SiO 막(4)이 텅스텐(W) 층(6)에 형성되면, W 층(6)은 산화되어, W 층(6)에 산화 층(5)이 형성된다. 하부 층은 W와 TiN 과 같은 물질, 또는 SiN 막과 같은 막을 포함하고, PEALD-SiO 막이 그 위에 증착되고, 하부 층의 물질은 PEALD-SiO 막을 형성하기 위해 산화 가스를 포함하는 플라즈마에 의해 산화된다. 산화된 하부 층을 갖는 디바이스는 원하는 특성을 갖지 못한다.

[0005] 도 1c는 포토레지스트상의 막 형성 공정을 개략적으로 도시하는 개략도이다. 이 공정에서 낮은 RF 전력이 요구되는 이유는, 높은 RF 전력을 인가하면, 포토레지스트가 막 형성 공정 단계에서 산소 플라즈마, 이온 충격 및/또는 스패터링에 의해 에칭 또는 부식될 수 있기 때문이다. 도 1c에 도시된 바와 같이, SiO 막이 하부 층(9) 상에 형성된 포토레지스트(8)에 형성되면, 포토레지스트(8)는 에칭 또는 부식되어, 포토레지스트(8)의 크기가 감소한다. 더블 패터닝 공정 계획에서, PEALD-산화 막을 포토레지스트에 증착시키면, PEALD-산화 막을 형성하는 산화 가스를 포함하는 플라즈마는 하부 포토레지스트를 산화시키고, 또한 스패터링은 포토레지스트를 축소(shrinks) 시킨다. 결과적으로, 바람직한 크기를 갖는 포토레지스트를 얻을 수 없게 된다.

[0006] 반면, 낮은 RF 전력의 적용은 문제를 일으킨다. RF 전력이 낮은 경우, RF 송신기 회로에서의 전력 손실에 의한 영향, 박스의 위치화를 매칭시키는 민감도, 및/또는 반응 챔버에서의 분위기를 변화시키는 민감도(예를 들면, 증착 막의 두께 변화로 인해)가 더욱 심각하게 된다. 따라서, 때때로 전압이 연소 전압에 도달하지 않으면, 플라즈마 점화 실패(plasma ignition failure) 또는 플라즈마 처리의 단축(shortening)을 일으킨다. 그 결과, 예상된 처리 결과물 (예를 들면, 막의 두께 또는 균일성)를 얻을 수 없게 된다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0007] 관련된 기술에 포함된 문제점들 및 해결책들의 모든 논의는 본 발명에 대한 개념을 제공할 목적으로만 이 명세

서에 포함되었으며, 논의의 일부 또는 전부를 본 발명이 형성된 당시에 알고 있었다는 입장으로 간주하여서는 안 된다.

- [0008] 일부 실시예들은 기판상에 실시된 연속 공정에서 플라즈마 점화를 안정화하기 위한 방법을 제공하며, (i) 기판이 위치되는 상부 전극과 하부 전극 사이에 RF 전력의 스파이크를 인가하는 단계로서, 여기서, 스파이크는 제로 전력에서 시작하여 스파이크 전력으로 점프하고, 그리고 난 후, 플라즈마의 점화 실패를 일으킬 만큼 낮은 베이스 전력으로 강하하는 단계, (ii) 기판을 처리하는 스파이크의 기간보다 상당히 긴 기간 동안 상부 및 하부 전극 사이의 베이스 전력에서 RF 전력을 연속하여 인가하는 단계로서, 여기서, 스파이크는 점화 실패를 감소하도록 하는 단계를 포함한다.
- [0009] 일부 실시예들에서, 베이스 전력이 점화 전압 근처에 설정된다. 일부 실시예들에서, 스파이크는 플라즈마 점화 후에 종료되고, 스파이크는, 스파이크가 없는 베이스 전력을 사용하는 것을 제외하고는 동일하게 처리된 막과 비교할 때, 스파이크가 기판상의 막에 상당한 변화를 발생시키기 전에 종료된다.
- [0010] PR 전력 인가의 스파이크로 인해, 플라즈마 점화 실패는 막에 상당한 변화를 유발하지 않고 많이 감소할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 측면과 관련 기술을 통해 성취된 장점을 요약하기 위해, 본 발명의 특정 목적들과 장점들이 본 명세서에 기술되어 있다. 물론, 이러한 모든 목적들 또는 장점들은 본 발명의 특정 실시예에 따라 달성될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 따라서, 예를 들어, 당업자는 여기서 가르치거나 제시될 수 있는 바와 같은 다른 목적들 또는 장점들을 성취할 필요없이, 여기서 가르친 바와 같은 하나의 장점 또는 장점들의 그룹을 성취하거나 적당화시키는 방식으로, 본 발명을 구현하거나 수행할 수 있음을 인식할 수 있을 것이다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 측면들, 특징들 및 장점들이 다음의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.
- [0013] 본 발명의 이들 및 다른 특징들이 바람직한 실시예들인 도면을 참조하여 이제 설명되며, 이들 바람직한 실시예들은 본 발명을 설명하고자 하는 의도이며 제한하지는 않는다. 도면들은 설명을 위하여 상당히 단순화하였고 일정한 비율일 필요는 없다.
- [0014] 기판상에 실시된 연속 공정으로, 기판이 위치되는 상부 전극과 하부 전극 사이에 RF 전력의 스파이크를 인가하는 단계와, 기판을 처리하는 스파이크의 기간보다 상당히 긴 기간 동안 상부 및 하부 전극 사이의 베이스 전력에서 RF 전력을 연속하여 인가하는 단계를 포함하여, 스파이크가 점화 실패를 감소하도록 하여, 플라즈마 점화를 안정화한다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1a는 고체 상태 확산(SSD)을 위한 붕규산 유리(BSG) 공정을 개략적으로 도시한 개략도이다.
- 도 1b는 하부 층의 산화를 요구하지 않는 SiO 공정을 개략적으로 도시한 개략도이다
- 도 1c는 포토레지스트상의 막 형성 공정을 개략적으로 도시한 개략도이다.
- 도 2a는 기판을 처리하기 위해 전극들에 인가된 RF 전력의 종래의 패턴을 도시하는 도면이다.
- 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따라 기판을 처리하기 위해 전극들에 인가된 RF 전력의 패턴을 도시하는 도면이다.
- 도 3은 붕규산 유리(BSG)가 PEALD에 의해 각 기판상에 증착될 때, 기판에 침투된 붕소의 농도를 나타내는 2차 이온 질량 분광 분석법(second ion mass spectrometry)(SIMS)의 결과를 보여주는 그래프이다.
- 도 4는 플라즈마 강화 원자층 증착(PEALD)을 위한 장치를 개략적으로 도시하고, 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 점화의 변수를 도시하는 도면이다.
- 도 5a(정상 점화), 5b(점화 실패), 그리고 5c(스파이크 점화)는 본 발명의 실시예에 따라 플라즈마 모니터링(플라즈마 모니터)과 인가된 RF 포워드 전력(Fwd)의 출력을 나타낸 그래프이다.
- 도 6a(정상 점화), 6b(점화 실패), 그리고 6c(스파이크 점화)는 본 발명의 실시예에 따른 인가된 RF 포워드 전력(Fwd)에 대해 응답하는 Vdc와 Vpp의 출력을 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 RF 전력 적용의 타이밍 차트이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 RF 전력 적용의 향상된 타이밍 차트다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 RF 발전기(generator)를 제어하기 위한 개략적인 제어 도식을 도시한다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 스파이크 모드에서 순서를 설명하는 흐름도이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 스파이크 모드에서 순서의 일부를 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 명세서에서 "가스"는 증발된 고체 및/또는 액체를 포함할 수 있으며, 단일 가스 또는 가스 혼합물로 구성될 수 있다. 본 명세서에서, 전구체, 반응 가스, 및 다른 첨가제 가스들은 서로 다르거나, 또는 가스 유형의 관점에서 서로 배타적이며, 즉 이들 범주 중 가스 유형이 서로 중복되지 않는다. 일부 실시예에서, "막(film)"은 전체 타겟(target) 또는 관련 표면을 커버하기 위해 핀홀이 실질적으로 없고 두께 방향에 대해 수직인 방향으로 계속 확장하는 층, 또는 단순히 타겟 또는 관련 표면을 커버하는 층을 나타낸다. 일부 실시예에서, "층"은 표면에 형성된 일정 두께를 갖는 구조 또는 막의 동의어를 나타낸다. 막 또는 층은 분리된 하나의 막, 또는 특정 특성을 갖는 막, 또는 다중 막들이나 층들로 구성될 수 있고, 인접한 막들 또는 층들 사이의 경계(boundary)는 깨끗하거나 또는 그렇지 않을 수도 있고, 물리적, 화학적 및/또는 기타 다른 특성, 형성 공정 또는 순서, 및/또는 인접한 막들 또는 층들의 기능 또는 목적에 기초하여 설정될 수 있다. 본 명세서에서 "a"는 종(species) 또는 다수 종을 포함하는 속(genus)을 나타낸다. 또한, 본 명세서에서, 임의의 두 변수는, 작업가능한 범위가 일상적인 작업에 기초하여 결정될 때, 작업가능한 변수의 범위를 구성할 수 있으며, 표시되는 임의의 범위는 종점(endpoints)을 포함하거나 제외할 수 있다. 부가적으로, 표시된 임의의 변수 값은 정확한 값 또는 근사값을 나타내고, 당량을 포함하며, 일부 실시예들에서는, 평균값, 중심값, 대표값, 가장 많은 값 등으로 나타낼 수 있다.

[0017] 조건 및/또는 구조가 특정되지 않은 본 명세서에서, 당업자는 본 발명의 관점에서, 일상적인 경험의 입장에서, 이러한 조건 및/또는 구조를 용이하게 제공할 수 있다.

[0018] 개시된 모든 실시예들에서, 실시예에서 사용되는 모든 요소들은 의도된 목적을 위해, 명시적으로, 반드시, 또는 본질적으로 여기에 개시된 것과 균등한 모든 요소들로 대체될 수 있다. 또한, 본 발명은 동일하게 장치들 및 방법들에 적용될 수 있다.

[0019] 본 명세서에서, 정의된 의미는 일부 실시예에서 통상의 그리고 관습적인 의미를 배제하지는 않는다.

[0020] 일부 실시예에서 설명한 바와 같이, 기관상에 실시된 연속 공정에서 플라즈마 점화를 안정화하기 위한 방법은: (i) 기관이 배치되는 상부 전극과 하부 전극 사이에 RF 전력의 스파이크를 인가하는 단계로서, 여기서, 스파이크는 제로 전력(zero power)에서 시작하여 스파이크 전력(spike power)으로 점프하고, 그리고 난 후, 플라즈마의 점화 실패를 일으킬 만큼 낮은 베이스 전력(base power)으로 강하하는, 단계와; (ii) 기관을 처리하는 스파이크의 기간보다 상당히 긴 기간 동안 상부 및 하부 전극 사이의 베이스 전력에서 RF 전력을 연속하여 인가하는 단계로서, 여기서, 스파이크는 점화 실패를 감소하도록 하는, 단계를 포함한다. 본 명세서에서 "연속" 공정은 같은 층을 처리하거나 또는 같은 층을 형성하기 위해, 또는 물리적 또는 화학적으로 동일한 반응을 수행하기 위해, RF 전력이 연속적으로 인가되는 공정을 말하며, 또는 이에 상당하는 의미를 말한다. 또한, 본 명세서에서, "연속적으로" 는 진공 상태의 파괴 없이, 타임라인(timeline)으로서의 중단 없이, RF 관련 조건을 제외한 조건의 변경 없이, 그 직후, 두 구조들 사이에 별도의 물리적 또는 화학적 경계의 유발 없이, 를 말하며, 또는 이와 동일한 의미를 말한다. 본 명세서에서 "스파이크" 는 RF 전력에서의 순간적인 날카로운 증가(sharp momentary increase) 또는 RF 전력에서의 날카로운 상승에 뒤이은 날카로운 또는 점진적인 또는 단계적 하락이다. 스파이크의 형태는 일반적으로 바 형이 될 수 있지만, 피크 또는 계단식이 될 수 있다. 스파이크의 기간은 베이스 전력이 인가되는 공정의 기간보다 실질적으로 더 짧다. 본 명세서에서 "실질적으로 더 짧은", "실질적으로 더 긴", "실질적으로 다른" 등은 물질의 차이 또는 1/100, 10/100, 50/100, 90/100의 비율과 같이 숙련된 자에게 인식되는 차이, 또는 일부 실시예들에서의 임의의 범위를 말한다.

[0021] 일부 실시예들에서, 베이스 전력은 점화 전압 근처에 설정된다. 본 명세서에서 "점화 전압은" 자립 방전(self-sustained discharge), 즉 외부 자극 소스 없이 지속 될 수 있는 방전을 생성하는데 필요한 가스에서 전극들 사이의 최소 전위차를 의미한다. 자립 방전은 전극들 사이의 간격에서 발생하는 여기 공정(excitation processes)에 의해 유지된다. 전압이 점화 전압보다 작으면, 점화가 발생하지 않고, 전압이 점화 전압에 있으면, 점화

실패가 발생할 경우에도 점화가 발생할 수 있다. 점화 전압의 크기는 가스의 성질과 압력, 전극들의 물질, 형태, 표면 상태, 그리고 전극들 간의 간격 등에 의해 결정된다. 본 기술 분야에 통상의 지식을 가진자는, 점화가 발생하는지의 여부에 따라 전압을 점화 전압 위에 있게 할지의 여부를 용이하게 결정할 수 있으나, 그것이 가스의 종류, 압력, 전극들 및 반응기의 형태 등에 의해 영향을 받기 때문에, 점화 전압의 정확한 값을 정확히 확인하는 것이 용이하지 않다. 점화가 발생하면 전압이 점화 전압보다 위에 있다고 가정할 수 있기 때문에, 본 명세서에서, 전압은 점화가 발생하면 점화 전압보다 위에 있다고 간주하고, 그리고 점화 실패 비율이 0% 보다 크거나, 약 20 내지 약 90 %, 또는 예를 들어, 약 20 % 내지 약 50 % 일 때, 전압은 "점화 전압 근처"에 있는 것으로 간주한다. 점화 실패 비율은, RF 전력이 전극들에 인가될 때 지체 없이 플라즈마가 생성되는 횟수와, RF 전력이 전극들에 인가될 때의 총 횟수에 대한 비율로 정의된다. 전극들과 그 사이에 인가된 RF 전력 사이의 전위는 어느 정도 상관 관계가 있으며, 전극들 사이에 인가된 RF 전력이 제로로부터 증가하면, RF 전력이 점화 전압에 해당하는 특정 값에 도달할 때, 전극들 사이에서 플라즈마가 발생된다. 일부 실시예에서, RF 전력은, 점화 실패 비율이 0% 보다 크거나, 약 20 내지 약 90 %, (또는 약 20 % 내지 약 50 %) 가 되게 하면, RF 전력은 "점화 전압 근처에 설정된 베이스 전력" 이다. 스파이크 전력은 베이스 전력보다 더 크며, 일부 실시예에서, 스파이크 전력은, 점화 실패 비율이 약 20 % 미만, 약 10 % 이하, 또는 약 5 % 이하가 되도록 한다. 스파이크는 제로 전력으로부터 시작하여, 스파이크 전력으로 점프하고, 점화 전압 근처에 설정된 베이스 전력으로 떨어진다.

[0022] 일부 실시예에서, 베이스 전력이 너무 낮아 플라즈마 점화의 실패를 일으킨다. 일부 실시예에서, 베이스 전력은 약 0.12 W/cm^2 미만이고, 스파이크 전력은 하부 전극들의 면적당 약 0.12 W/cm^2 보다 크다. 일부 실시예에서, 베이스 전력은 하부 전극들의 면적당 약 0.012 W/cm^2 보다 크거나, 또는 약 0.024 W/cm^2 보다 크다. 베이스 전력이 너무 낮으면, 플라즈마가 한 번 발생하더라도 플라즈마는 소멸되게 된다. 일부 실시예에서, 스파이크 전력은 하부 전극들의 면적당 약 0.36 W/cm^2 이하 이거나, 또는 약 0.24 W/cm^2 이하이다. 스파이크 전력이 짧은 시간 동안 전극들 사이에 인가될 때, 다음의 베이스 전력은, 베이스 전력이 점화 전압 근처에 설정되어있는 경우에도, 낮은 점화 실패 비율을 갖는 플라즈마를 유지할 수 있다. 일부 실시예에서, 스파이크는, 스파이크 없이 베이스 전력을 사용하는 것을 제외하고 동일하게 처리된 막과 비교할 때, 스파이크가 기관상의 막에 상당한 변화를 발생시키기 전에, 종료된다. 스파이크의 기간이 너무 길면, 종래 기술 부분에서 논의된 바와 같이, 높은 전력으로 인해 기관상에 부작용이 가해질 수 있다. 그러나, 기간이 짧은 경우, 스파이크는 점화를 향상시켜, 부작용없이, 점화 실패 비율을 낮추게 된다.

[0023] 일부 실시예에서, 점화를 개선하기 위해 플라즈마가 점화된 후 스파이크가 종료된다. 그러나, 전술 한 바와 같이, 부작용의 발생을 억제하기 위해 기간이 짧아진다. 일부 실시예에서, 스파이크의 개시의 약 50 msec 미만, 일반적으로 약 20 msec 미만(예를 들어, 약 10 msec 내지 약 20 msec) 이내에서 스파이크가 끝난다. 일부 실시예에서, 스파이크는 프로그램을 사용하여 조절될 수 있는 예정된 시간 내에 끝난다.

[0024] 도 2a는 기관을 처리하기 위해 전극들에 인가되는 RF 전력의 종래의 패턴을 보여주며, 여기서, 상기 RF 전력은 50 W에서 제로 밀리세컨드에서 시작하여 200 밀리세컨드까지 일정하다. 상기에서, 50 W는 점화 전압에 가까운 전력에 대응하는데, 즉, 전력이 너무 낮아 점화 실패의 가능성이 높다(예를 들면, 20 % 이상). 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 기관 처리를 위해 전극들에 인가되는 RF 전력의 패턴을 보여주며, 여기서, 시작시에 RF 전력의 크기는 200 W로 점프하고, 20 밀리세컨트 이후에, RF 전력의 크기는 50 W로 떨어지고, 스파이크를 구성하고, 그 후, RF 전력은 200 밀리세컨드의 말까지 50 W로 유지된다. 스파이크 전력이 아주 높아 점화 실패의 낮은 확률(예를 들어, 20% 미만)이 존재하게 된다. 이 실시예에서, 50 W는 베이스 전력이고, 200 W는 스파이크 전력인데, 즉 스파이크 전력은 베이스 전력의 4배이다. 일부 실시예에서, 스파이크 전력은 베이스 전력의 약 1.5 배 내지 10 배 일 수 있다. 스파이크의 기간은 아주 짧아 스파이크가 수행되지 않는 경우와 비교할 때 스파이크 전력은 기관에 중요한 또는 상당한 손상을 일으키지 않는다.

[0025] 일반적으로, RF 전력의 크기는 아날로그 신호를 사용하여 제어되고, RF 전력의 온-오프 스위칭은 디지털 신호를 사용하여 제어된다. 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 RF 전력 적용의 타이밍 차트이고, 여기서, RF 전력이 온("RF On")되면, 디지털 신호가 트리거로서 사용되며, 그 크기에 대한 RF 전력의 아날로그 신호가 출력된다. 그러나, 그 성질에 의해, 아날로그 신호 시작 지연("ASD")이 스파이크 전력("SP")에 도달하기 전에 발생한다. 또한, 뒤에 설명되듯이, 스파이크의 기간은 RF 발전기의 컨트롤러(아날로그 디지털 시스템)와 모듈 컨트롤러(프로세스 모듈 컨트롤러) 간의 통신의 트래픽 용량으로 인해, 예를 들어, 50 밀리세컨드의 배수로만 설정할 수 있다. 따라서, 도 7에 도시되어 있듯이, 스파이크의 기간(또는 스파이크 시간 "ST")은 최소 50 밀리세컨드에서

설정된다. 스파이크 후, RF 출력은 베이스 출력 (또는 정상 RF 전력 "RFP")에서 유지된다.

[0026]

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 RF 발전기("RF Gen")(94)를 제어하기 위한 개략적인 제어 방식을 보여준다. 특히, 컨트롤러인 메인 제어 장치("UPC") (91)는, 전송 제어 프로토콜("TCP") 및 인터넷 프로토콜("IP")를 사용하는 프로세스 모듈 컨트롤러("PMC")(92)와 통신하고, 예를 들어, 프로세스 모듈 컨트롤러는 RF 발전기(94)를 제어하기 위한 프로세스 모듈을 포함하는 프로세스 모듈을 제어한다. 프로세스 모듈 컨트롤러(92)는 예를 들어, 디바이스넷(DeviceNet)(데이터 교환을 위한 제어 장치를 상호 연결하기 위해 자동화 산업에서 사용되는 네트워크 시스템)을 통해 아날로그 디지털 시스템("ADS")(93)과 통신한다. 프로세스 모듈 컨트롤러(92)와 RF 발전기(94)의 I/O 인터페이스 보드 사이에 배치되는 아날로그 디지털 시스템(93)은 프로세스 모듈 컨트롤러(92)로부터 제어 명령을 수신하고, 명령의 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하고, 각각의 디지털 출력 포트로 연속하여 비트(bit)를 출력한다. 아날로그 디지털 시스템(93)은 또한 RF 발전기(94)의 아날로그 및 디지털 신호를 변환하고 이들을 프로세스 모듈 컨트롤러(92)로 출력한다. 프로세스 모듈 컨트롤러(92)는 매 50 밀리세컨드 마다 아날로그 디지털 시스템(93)에 대하여 모든 아날로그 출력 및 디지털 출력 설정값을 출력하며, 아날로그 디지털 시스템(93)은 매 50 밀리세컨드 마다 프로세스 모듈 컨트롤러(92)에 대하여 모든 아날로그 입력과 디지털 입력 전류 값을 출력한다. 위의 데이터 볼륨이 매우 크기 때문에, 디바이스넷은 프로세스 모듈 컨트롤러(92)와 아날로그 디지털 시스템(93) 사이에 매 50 밀리세컨드 보다 더 자주 데이터를 전송할 수는 없다. RF 전력의 크기는 아날로그 신호를 사용하여 제어되고, 그리고 RF 전력의 온-오프 스위칭은 디지털 신호를 사용하여 제어되기 때문에, 스파이크가 도 7에 도시된 바와 같이, 종래의 제어 시스템을 사용하여 제어되는 경우, 스파이크의 시작과 50 밀리세컨드의 배수로 설정되는 스파이크(ST)의 기간에서, 아날로그 신호 지연(ASD)은 불가피하다.

[0027]

그러나, 일부 실시예에서, 아날로그 디지털 시스템 보드에서, 파라미터로서, RF 전력의 온-오프 스위칭의 신호, 스파이크 전력, 스파이크 시간, 베이스 전력을 설정함에 의해, 아날로그 디지털 시스템 보드는 트리거로서 RF 전력 ON 신호를 사용하여, 밀리세컨드로 스파이크를 제어할 수 있다. 또한, RF 전력이 OFF로 될 때, 스파이크 전력을 출력 전력으로서 설정함에 의해, 아날로그 신호 지연을 회피할 수 있다. 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 RF 전력 적용의 타이밍 차트이다. 이 실시예에서, 스파이크의 타이밍은 RF 전력의 온-오프 신호의 디지털 신호와, 스파이크 전력(SP) 및 스파이크 시간(ST)에 의해 제어된다. 스파이크 전력은 제로 보다 큰(즉, 베이스 전력보다 큰) 설정 값(스�파이크 전력의 크기)을 갖고, 연속 공정전에 시작하고(-50 내지 0 msec. 도 8), 연속 공정에서 스파이크시에 계속되고(ST, 0 내지 20 msec. 도 8), 연속 공정 이후에 재시작하고(200 내지 250 msec. 도 8), 연속 공정에서 스파이크의 종결에 시작하여 연속 공정의 종결까지 계속되어(20 내지 200 msec. 도 8), 제로(즉, 베이스 전력)로 되는, 파라미터로서 사용된다. 스파이크 전력(SP)은 RF 전력의 온-오프 신호 및 설정 값을 가지는 스파이크 시간에 의해 조절되고, 타이머가 스파이크의 시작부터 카운트를 시작하여 설정 시간이 오버 될 때까지(0 내지 20 msec. 도 8) 카운트를 계속하는, 파라미터로서 사용된다. 도 8에서, RF 전력이 OFF 되고 스파이크 시간 타이머가 -50 msec 내지 0 msec의 시간 주기 동안 시작되지 않으면, 스파이크 전력 신호가 출력된다. 스파이크 전력 신호가 출력되어도, RF 전력이 OFF 이기 때문에, RF 전력이 여기 되지 않는다. RF 전력이 ON 이고, 0 msec 내지 20 msec의 시간 주기 동안 스파이크 시간 타이머가 카운트를 하면, 스파이크 전력 신호가 출력된다. 0 msec 내지 20 msec의 시간 주기 동안에는, RF 전력이 ON 이고 또한, 스파이크 전력 신호가 출력되기 때문에, 스파이크 전력은 여기된다. RF 전력이 ON 이고, 스파이크 시간 타이머가 20 msec 내지 200 msec부터의 시간 주기 동안 종료되면, 스파이크 전력 신호가 출력되지 않고 즉, 베이스 전력이 여기된다. RF 전력이 ON 이기 때문에, 또한 베이스 전력이 여기된다. RF 전력이 OFF 되고 스파이크 시간 타이머가 200 msec 내지 250 msec의 시간 주기 동안 종료되면, 스파이크 전력 신호가 출력된다. 스파이크 전력 신호가 출력되어도, RF 전력이 OFF 이기 때문에, RF 전력은 여기되지 않는다. RF 전력이 0 msec의 시간에서 ON 이기 때문에, 스파이크 전력 신호는 이미 출력되고, 스파이크가 발생되어, 스파이크의 시작시에 스파이크 전력의 파라미터의 값을 변경 제거하여 아날로그 시작의 지체 없이 스파이크를 시작한다. 이 실시예에서, 스파이크의 타이밍은 RF 전력의 온-오프 신호와, 스파이크 전력(SP) 및 스파이크 시간(ST)에 의해 제어되고, 여기서, 스파이크 시간은 설정 값을 가지며, RF 전력이 ON 될 때 카운트를 시작하고 설정 값이 끝날 때까지 카운트를 계속하는 파라미터로서 사용되고, 스파이크 전력은 설정 값을 가지며, RF 전력의 ON-OFF 신호와 스파이크 시간에 의해 조절되는 파라미터로서 사용되고, 여기서, RF 전력이 OFF 이고 또한, 스파이크 시간이 카운트 되는 한편 스파이크 전력의 신호가 출력되고, RF 전력이 ON 이지만, 스파이크 시간이 카운트를 정지하는 한편 스파이크 전력 신호가 출력되지 않는다.

[0028]

본 실시예에서는, 위에서 설명한 것과 같이, RF 전력을 0 msec에서 ON으로 하면, 스파이크 전력의 파라미터는, 값이 0으로부터 설정 값으로 상승하는 것을 제거하기 위해 스파이크에 대한 설정 값을 이미 가지고 있어서, 아날로그 시작 지연을 제거하게 된다. 더욱이, 설정된 스파이크 시간이 프로세스 모듈 컨트롤러에서 출력된 스

이크가 종료하는 신호를 기다리지 않고 종료될 때, 스파이크는 종료되고, 따라서 스파이크의 기간이 밀리세컨드에 의해 설정될 수 있다.

[0029] 도 8에 도시된 바와 같이 스파이크 제어는 도 10에 도시된 순서도에서 보여주는 바와 같이 실행되는 프로그램을 사용하여 성취될 수 있다. 일부 실시예에서, 파라미터는 아래의 표 1과 같이 정의될 수 있다.

표 1

파라미터	신호	단위	비고
스파이크 전력	아날로그	W	베이스(또는 정상) RF 전력의 출력 값보다 높은 스파이크 RF 전력의 출력 값(범위가 베이스 전력의 것과 동일하기 때문에 출력 값이 이와 같이 사용될 수 있다)
스파이크 시간	아날로그	msec	한 자릿수의 밀리세컨드로 설정될 수 있는 스파이크 RF 전력의 출력 기간
베이스 전력	아날로그	W	RF 발전기의 특성에 따라 설정될 수 있는 베이스 또는 정상 RF 전력의 출력 값
RF-ON	디지털	-	RF 전력의 ON-OFF 스위칭

[0031] 먼저, 아날로그 디지털 시스템(ADS)은 필요시 프로세스 모듈 컨트롤러(PMC)로부터 디바이스넷을 통해, 디지털 출력과 아날로그 출력(DO/AO) 신호를 얻는다(단계 1). ADS와 PMC는 예를 들면 제한된 데이터 전송 용량에 의해 때때로 50 msec 마다 또는 그 이하로 서로 통신할 수 없다. 다음으로, 스파이크 전력의 설정 값이 제로인지(단계 2), 그리고 스파이크의 설정 값이 제로인지가 결정된다(단계 3). 값이 제로이면, 스파이크 RF 모드가 활성화된다. 그런 다음, RF 전력이 ON인지 결정된다(단계 4). RF 전력의 온-오프 스위칭은 도 8에 도시된 바와 같이 별도로 제어된다. 예를 들어, 도 8에서, -50 msec에서 0 msec 까지의 시간 주기 동안 그리고, 200 msec에서 250 msec 까지의 시간 주기 동안, RF 전력이 ON이 아니면, RF-ON의 DO 신호가 OFF로 설정되고(단계 5), 스파이크 RF 모드의 상태가 "비 작동"으로 설정된다(단계 6). 그런 다음, 스파이크 RF 전력(스파이크 전력)의 값은, RF 전력이 ON 일 때 스파이크에 대해 준비 되도록 출력되는 RF 전력으로 설정되고(단계 7), 여기서 RF 전력은 지체 없이 스파이크 전력으로 점프될 수 있다, 그 후, 모든 DO 신호와 모든 AO 신호는 ADS로부터 RF 발전기로 출력되고(단계 8과 단계 9), RF 발전기를 제어한다. RF 발전기가 디지털 및 아날로그 신호를 사용하여 작동되는 9 단계 이후에, 상기 순서가 단계 1로부터 시작하여 순서대로 반복된다.

[0032] 단계 4에서, Yes 이면, 즉, RF 전력이 ON 이면, RF-ON의 DO 신호가 ON으로 설정된다(단계 10). 그런 다음, 스파이크 RF 모드가 "작동 중"인지 결정된다(단계 11). NO 인 경우, 스파이크 RF 모드는 "비 작동"이고, 스파이크 RF 모드의 완료 여부를 결정한다(단계 12). NO 인 경우, 스파이크 RF 전력 모드 상태가 "작동"으로 설정되고(단계 13), 그리고 스파이크 시간 타이머가 예를 들어, 도 8의 0 msec의 시간에 시작된다(단계 14). 스파이크 RF 전력(스파이크 전력)의 값은 출력되는 RF 전력으로서 이미 설정되고(단계 7), 단계 8과 9가 이어져, RF 전력이 지체 없이 스파이크 RF 전력의 설정 값으로 점프될 수 있다.

[0033] 단계 12에서, YES 이면, 즉, 스파이크 RF 모드가 도 8에서 20 msec 으로부터 200msec 까지의 시간 주기 중에 완성되면, 정상 RF 전력(베이스 전력)의 값은 출력되는 RF 전력으로서 이미 설정되고(단계 17), 단계 8과 9가 이어진다.

[0034] 단계 11에서, YES 이면 즉, 스파이크 RF 모드가 "작동 중"이면, 스파이크 RF 모드(스파이크 RF 작동 시간)가 종료되었는지를 결정하고(단계 15), 아직 종료되지 않았으면, 예를 들어, 도 8에서 0 msec 으로부터 20msec 까지의 시간 주기 중에 단계 7, 단계 8, 그리고 단계 9가 수행되어, 스파이크 RF 전력의 설정 값이 여기된다. 단계 15에서, 스파이크 모드가 예를 들어, 도 8에서의 20 msec에서 종료되면, 스파이크 모드의 상태는 "완료"로 변경된다(단계 16). 그리고 정상 RF 전력(베이스 전력)의 값은 출력되는 RF 전력으로서 설정되고(단계 17), 단계 8과 9가 이어진다.

[0035] 단계 2와 3에서, 스파이크 전력 또는 스파이크 시간의 값이 제로인 경우, 정상 RF 모드가 도 11에 도시된 바와 같이 작동된다. 즉, RF 전력이 ON 인지의 여부를 결정한다(단계 18). 만약 YES 이면, RF-ON의 DO 신호가 ON으로 설정되고(단계 19), 그리고 정상 RF 전력(베이스 전력)의 값은 출력되는 RF 전력으로서 설정되고(단계 21), 단계 8과 단계 9가 이어지고, 단계 1로 돌아간다. 단계 18에서, 만약 NO 이면, RF 전력은 ON이 아니고, RF-ON의 DO 신호가 OFF로 설정되고(단계 20), 단계 21, 단계 8과 단계 9가 이어진다.

[0036] 상기 실시예에서, 스파이크의 타이밍은 프로그램되고, 스파이크는, 경과 시간에 기초하여 종료되게 프로그램되

어 있고, 여기서 플라즈마가 점화된 후에, 스파이크가 끝나는 시간이 설정된다. 본 기술에 공지된 기술을 가진 자는 일정한 경험에 기초하여 플라즈마 점화의 타이밍을 쉽게 결정할 수 있다. 그러나, 일부 실시예에서, RF 발전기 및/또는 점화 광으로부터의 신호에 기초한 플라즈마 점화를 모니터링하여, 플라즈마 점화가 감지될 때 스파이크가 종료된다. 일부 실시예에서, 플라즈마 점화는 광센서를 사용하여 상부 및 하부 전극들 사이의 점화 광을 모니터링하여 검출된다. 일부 실시예에서, 플라즈마 점화는 RF 발전기의 매칭 박스에서 측정된 피크 대 피크 전압{peak-to-peak voltage (Vpp)} 및/또는 셀프 바이어스 전압{self-bias voltage (Vdc)}을 모니터링하여 검출된다.

[0037] 도 4는 플라즈마 강화 원자층 증착(PEALD)을 위한 장치를 개략적으로 도시하고, 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 점화를 나타내는 변수를 도시하는 도면이다. 사용가능한 장치들은 도 4에 도시된 장치에 제한되지 않으며 본 발명의 일부 실시예에서는 PEALD, PECVD, 순환 PECVD, 플라즈마 에칭, 플라즈마 클리닝, 또는 다른 플라즈마 처리를 위한 적당한 플라즈마 증착 장치가 적용될 수 있다. 이 장치들은 챔버(45), 상부 전극 또는 샤워헤드(47), 그리고 챔버(45) 내부에 설치된 하부 전극 또는 서셉터(susceptor)(46)를 포함한다. 기판 W는 하부 전극(46) 상에 위치되고, 전구체 소스(41)로부터 공급된 전구체와, 건조 가스 소스(42)(다른 가스 소스는 도시되어 있지 않음)로부터 플라즈마와 반응하기 위한 챔버의 내부로 공급된 반응제를 사용하여 원자 층 증착을 받고, 상기 챔버는 배기 장치(49)를 사용하여 진공처리된다. 플라즈마는 RF 발전기로부터 매칭 박스(44)를 통해 RF 전력을 인가하여 전극들 사이에서 발생된다. 외부로부터의 점화 광을 모니터링하기 위해, 챔버(45)는, 광 센서(33)가 상부 및 하부 전극들 사이의 공간에 직접 설치된, 뷰 포트(view port)(48)를 갖는다. 광 센서(33)는 광 섬유 케이블(32)을 통해 광 센서 다이오드 모듈(31)에 연결된다. 광 센서 다이오드 모듈(31)로부터, 아날로그 출력 신호가 ADS(도시 없음)로 출력된다. 도 4의 그래프(a)는 플라즈마 광을 모니터링하는 일반적인 결과를 도시하며, 여기서 플라즈마 모니터링(플라즈마 모니터)의 펄스가 검출되고, 이 펄스는 RF 포워드 전력(fwd)의 펄스와 동시에 발생된다.

[0038] 도 5a(정상 점화), 5b(점화 실패), 그리고 5c(스파이크 점화)는 도 4a에서 보다 더 자세히 도시된 것으로, 본 발명의 실시예에 따라 인가된 RF 포워드 전력(fwd)에 응답하는 플라즈마 모니터링(플라즈마 모니터)의 출력을 도시하는 그래프이다. 도 5a는 RF 포워드 전력(fwd)이 인가될 때, 플라즈마가 점화되는 것을 도시하며, 이것은 아날로그 신호(플라즈마 모니터)를 출력하는 광 센서(플라즈마 센서)에 의해 검출되고, 그 후에, 신호가 유지되고, RF 전력이 OFF 될 때까지 플라즈마가 유지되는 것을 나타낸다. 그러나, 도 5b에 도시된 바와 같이, RF 전력의 전압이 점화 전압 근처에 있게 되면, RF 포워드 전력(fwd)이 인가되어도 때때로 신호가 광 센서에 의해 검출되지 않아, 플라즈마 점화가 발생되지 않았다고 나타난다. 도 5c에서, 도 5a에서 사용된 전력보다 큰 RF 전력이 RF 전력 적용의 시작시에 인가되면, 광 센서로부터의 아날로그 신호 출력이 검출되어, 플라즈마 점화가 발생하였음을 나타내고, 검출 후에 즉시, RF 전력이 5a에서와 동일한 전력으로 감소하고, 도 5c에 도시된 RF 전력의 스파이크를 구성한다. RF 전력의 스파이크를 인가함에 의해, 도 5b에 도시된 것과 같은 점화 실패가 방지될 수 있다.

[0039] 도 4로 돌아가서, 플라즈마 점화를 모니터링하기 위해, 챔버(45)는 부가적으로 또는 대안적으로 RF 발전기의 매칭 박스(44)에서 측정된 피크 대 피크 전압(Vpp) 및/또는 셀프 바이어스 전압(Vdc)을 모니터링하기 위한 다른 검출 시스템을 갖는다. 도 4에서 그래프(b)는 플라즈마 점화를 모니터링하는 일반적인 결과를 도시하며, 여기서 Vdc와 Vpp의 펄스가 검출되고, 이 펄스는 RF 포워드 전력(fwd)의 펄스와 동시에 발생된다.

[0040] 도 6a(정상 점화), 6b(점화 실패), 그리고 6c(스파이크 점화)는 도 4b에서 보다 더 자세히 도시된 것으로, 본 발명의 실시예에 따른 인가된 RF 포워드 전력(fwd)에 응답한 Vdc와 Vpp의 출력을 도시하는 그래프이다. 도 6a는 RF 포워드 전력(fwd)이 인가될 때, 플라즈마가 점화되는 것을 도시하며, 이것은 Vdc를 변화시켜, Vpp의 펄스가 플라즈마가 점화에 관계없이 RF 전력의 펄스와 상당히 관련하면서 Vdc의 하향 펄스를 발생시킨다. 그러나, 도 6b에 도시된 바와 같이, RF 전력의 전압이 점화 전압 근처에 있게 되면, RF 포워드 전력(fwd)이 인가되어도, 때때로 Vdc의 변화가 검출되지 않아, 플라즈마 점화가 발생하지 않았다고 나타난다. 도 6c에서, 도 6a에서 사용된 전력보다 큰 RF 전력이 RF 전력 적용의 시작시에 인가되면, Vdc의 변화가 검출되어, 플라즈마 점화가 발생하였음을 나타내고, 검출 후에 즉시, RF 전력이 6a에서와 동일한 전력으로 감소하고, 도 6c에 도시된 RF 전력의 스파이크를 구성한다. Vpp의 스파이크는 RF 전력의 스파이크를 반영한다. RF 전력의 스파이크를 인가함에 의해, 도 6b에 도시된 것과 같은 점화 실패가 방지될 수 있다.

[0041] 상술한 실시예 및 다른 실시예들에서, 당업자는 상기 장치들이 프로그램된 하나 이상의 컨트롤러(들)(도시 없음), 또는 여기 어디엔가 기술된 상기 검출 프로세스를 구현할 수 있는 다른 구성부를 포함할 수 있음을 인식할 수 있다. 상기 컨트롤러(들)은 당업자들에게 인식될 수 있는 바와 같이, 전력 소스, 가열 시스템, 펌프, 로

봇 및 가스 흐름 컨트롤러, 또는 반응기의 밸브들과 연통할 수 있다.

[0042] 상술한 실시예들이 본 발명을 제한할 의도가 아닌 특정 예들을 참조하여 설명된다. 특정 예들에 부여된 수치들은 다른 조건에서 적어도 ±50 %의 범위로 수정될 수 있고, 여기서 범위의 종점(endpoints)은 포함되거나 또는 배제될 수 있다. 본 명세서에서, 조건 및/또는 구조들은 특정화되지 않으며, 당업자는 일반적인 경험에 의해 본 기술사항의 관점에서 이러한 조건 및/또는 구조들을 용이하게 제공할 수 있다.

[0043] [예]

[0044] 반도체 기판(직경이 300mm)이 붕규산 유리(BSG)의 PEALD를 위하여 도 4에 도시된 장치의 325mm의 직경을 갖는 서셉터 상에 적체되었고, BSG의 막이 다음 조건하에서 기판상에 증착되었다.

[0045] BSG를 위한 PEALD :

[0046] 전구체 : BDEAS, TEOB

[0047] 전구체의 유입 압력 : 400Pa

[0048] 기판 온도 : 300 °C

[0049] 캐리어 가스 흐름 : 2.0SLM (연속)

[0050] 반응물 가스 흐름 : 0.5SLM (연속)

[0051] 사이클당 전구체 공급 시간 : 0.3 초

[0052] 전구체 펄스 후 퍼지 시간 : 1.0 초

[0053] RF 주파수 : 13.56 MHz

[0054] 사이클당 RF 플라즈마 여기 시간 : 0.2 초

[0055] RF 적용 사이클 후 퍼지 시간 : 0.1 초

[0056] RF 전력 적용의 각 사이클은 하기의 표 2에 도시된 조건하에서 도 10과 11에 도시된 순서로 실행되는 프로그램을 사용하여 도 2b에 기초하여 제어되었다. 각각의 조건하에서, 플라즈마 점화 실패율(RF 전력이 전극들에 인가될 때의 총 횟수에 대한 RF 전력이 전극들에 인가될 때 플라즈마가 지체없이 발생하는 횟수의 비)이 결정되고, 그 결과가 표 2에 또한 도시되었다.

표 2

[0057]

No	조건			플라즈마 점화 실패율
	베이스 전력	스파이크 전력	스파이크 기간	
1	50 W	없음	없음	35 %
2	50 W	100 W	10 msec	35 %
3	50 W	200 W	10 msec	35 %
4	50 W	300 W	10 msec	15 %
5	50 W	400 W	10 msec	0 %
6	50 W	500 W	10 msec	0 %
7	50 W	100 W	20 msec	35 %
8	50 W	200 W	20 msec	5 %
9	50 W	100 W	50 msec	30 %
10	50 W	200 W	50 msec	0 %

[0058] 표 2에 도시된 바와 같이, 스파이크가 예 1에서 인가되지 않았을 때, 점화 실패율은 35 %였고, 이것은 50 W가 점화 전압 근처의 RF 전력인 것을 나타내는 것으로 고려된다(점화 실패율이 20 % 보다 클 때, 예를 들어, RF 전력이 조건들 하에서 점화 전압 근처로 설정되도록 고려된다). 100 W의 스파이크 전력과 10 밀리초의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 2에서 인가될 때, 점화 실패율은 여전히 35%이며 개선되지 않았다. 더욱이, 100 W의 스파이크 전력과, 예 2에서의 시간의 두 배인, 20 밀리초의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 7에 인가되면, 점화 실패율은 여전히 35%이며 개선되지 않았다. 더욱이, 100 W의 스파이크 전력과, 예 2에서의 시간

의 5 배인, 50 밀리세컨드의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 9에 인가되면, 점화 실패율은 여전히 30% 만큼 높으며 상당히 개선되지는 않았다. 따라서, 스파이크 전력이 높지않을 때, 심지어 기간이 연장된다 하여도, 점화 실패율은 거의 개선되지 않았다.

[0059] 예 2에서의 전력의 두 배인 200 W의 스파이크 전력과, 10 밀리세컨드의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 3에 인가되면, 점화 실패율은 여전히 35 %이며 개선되지 않았다. 그러나, 200 W의 스파이크 전력과, 예 3에서의 두 배인, 20 밀리세컨드의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 8에 인가되면, 점화 실패율은 5 %로 상당히 감소하며, 상당히 개선되었다. 200 W의 스파이크 전력과, 예 3에서의 시간의 5 배인, 50 밀리세컨드의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 10에 인가되면, 점화 실패율은 대폭적으로 0 %로 감소되며 대폭적으로 개선되었다. 예 2에서의 전력의 3 배인 300 W의 스파이크 전력과, 10 밀리세컨드의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 4에 인가되면, 점화 실패율은 대폭적으로 15 %로 상당히 감소하며, 상당히 개선되었다. 또한, 예 2에서의 전력의 4 배인 400 W의 스파이크 전력과, 10 밀리세컨드의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 5에 인가되면, 점화 실패율은 대폭적으로 0 %로 감소되며 대폭적으로 개선되었다. 더욱이, 예 2에서의 전력의 5 배인 500 W의 스파이크 전력과, 10 밀리세컨드의 스파이크 기간을 갖는 스파이크가 예 6에 인가되면, 점화 실패율은 대폭적으로 0 %로 감소되며 대폭적으로 개선되었다. 따라서, 적당한 시간 주기(예를 들면, 약 200 W에서 약 20 밀리세컨드; 약 300 W에서 약 10 밀리세컨드)에 대하여 적어도 200 W의 RF 전력을 갖는 스파이크를 사용함에 의해, 점화 실패율은 상당히 개선될 수 있다.

[0060] 다음, 하기사항을 제외하고는 상기와 동일한 조건하에서, 붕규산 유리(BSG)가 4개의 기관상에 증착되었다 ; 스파이크 없이 50 W, 20 밀리세컨드에 대하여 200 W의 스파이크, 50 밀리세컨드에 대하여 200 W의 스파이크, 그리고 스파이크 없이 200 W. 이렇게 얻어진 기관들은 BSG 막을 제거하고 기관의 표면을 노출시키기 위해 DHF에 침지되었고, 그 표면들은 기관들 안으로 침투된 붕소의 농도를 측정하기 위해 2차 이온 질량 분광 분석법(second ion mass spectrometry)(SIMS) 처리를 하였다. 그 결과가 도 3에 도시되어 있다. 스파이크 없이 50 W의 RF 전력이 기관상의 BSG 막의 증착물에 인가되면, 점화는 상기 표 2에 도시된 바와 같이 불안정하고(예 1), 기관에 침투되어 확산된 붕소의 농도는 도 3에 도시된 바와 같이 $4E+16$ 원자/cm³의 순서 내에 있고, 도판트(dopant) 붕소의 충격 손상(bombardment)은 심각하지 않다. 반면, 스파이크 없이 200 W의 RF 전력이 기관상의 BSG 막의 증착물에 인가되면, 점화는 안정하지만(0%의 점화 실패), 기관에 침투되어 확산된 붕소의 농도가 도 3에 도시된 바와 같이 $1.5E+17$ 원자/cm³의 순서로 증가하였고, 도판트 붕소의 충격 손상은 상당하였다. 50 msec에 대하여 200 W의 스파이크를 갖는 RF 전력이 기관상의 BSG 막의 증착물에 인가되면, 점화는 표 2에 도시된 바와 같이 안정하지만(예 10, 0%의 점화 실패), 기관에 침투되어 확산된 붕소의 농도가 도 3에 도시된 바와 같이 스파이크 없이 200 W의 RF 전력을 인가하는 경우와 거의 동일한 레벨로 증가하였고, 스파이크의 기간이 너무 길 경우(약 50 msec 또는 그 이상), 도판트 붕소의 충격 손상은 스파이크 전력의 연속 적용에서와 같이 상당하였다. 20 msec에 대하여 200 W의 스파이크를 갖는 50 W의 RF 전력이 기관상의 BSG 막의 증착물에 인가되면, 점화는 표 2에 도시된 바와 같이 안정하지만(예 8, 5%의 점화 실패), 기관에 침투되어 확산된 붕소의 농도가 증가하지 않고, 도 3에 도시된 바와 같이 스파이크 없이 50 W의 RF 전력을 인가하는 경우와 거의 동일한 레벨이었고, 스파이크의 기간이 충분히 짧을 경우(약 20 msec 또는 더 짧은), 도판트 붕소의 충격 손상은 스파이크 없는 베이스 전력의 연속 적용에서와 같이 제어되었고, 스파이크는 기관을 거의 변화시키지 않았다.

[0061] 상기에서 보여주는 바와 같이, 스파이크 전력(P[W])과 스파이크 시간(T[msec])은 적당하게 설정되었고, 플라즈마 점화가 스파이크에 의해 기관을 거의 변화시키지 않고 효과적으로 안정화될 수 있다. 적당한 P와 T는 기관의 재료, 프로세스의 형식 등에 의존하지만, 당업자들은 이 명세서와 부가적인 일반적 경험에 기초하여 적당한 P와 T를 결정할 수 있다. 일부 실시예에서, 방정식 $P=(2000/T)+100$ 이 325mm의 직경을 갖는 서셉터에 적용되고, $P \pm 20\%$ 및 $T \pm 20\%$ 가 채용될 수 있다. 일부 실시예에서, 하부 전극의 영역당 스파이크의 전력, P가 0.15 W/cm^2 내지 0.6 W/cm^2 으로 설정되고, 스파이크의 기간[msec]은 $P \pm 50\%$ 및 $T \pm 20\%$ 이고, 여기서 $T=2.4(P-0.12)$ 이다.

[0062] 일부 실시예에서, 본 발명은 발명의 배경에서 기술한 프로세스를 포함하는 적당한 플라즈마 처리공정에 적용된다.

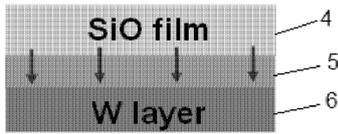
[0063] 당업자는 많은 그리고 다양한 변경이 본 발명의 정신을 벗어남이 없이 행해질 수 있음을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 양식은 본 발명의 영역을 제한할 의도가 아니고 단지 설명을 위한 것임을 명백히 이해하여야 한다.

도면

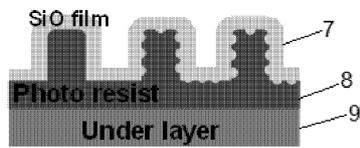
도면1a



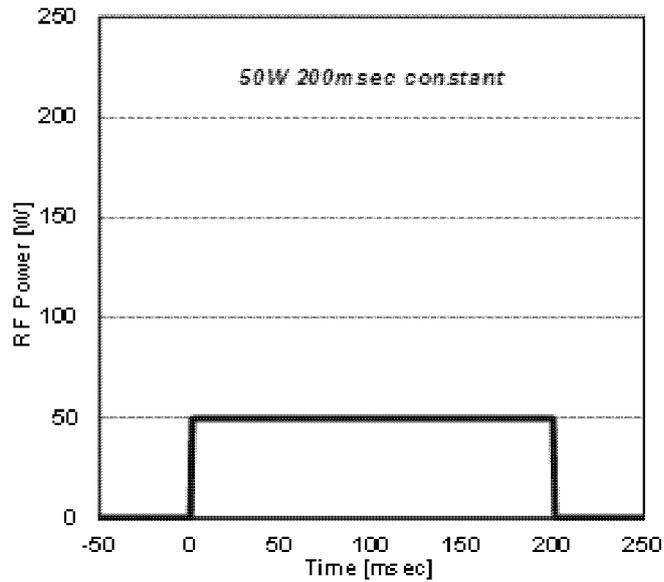
도면1b



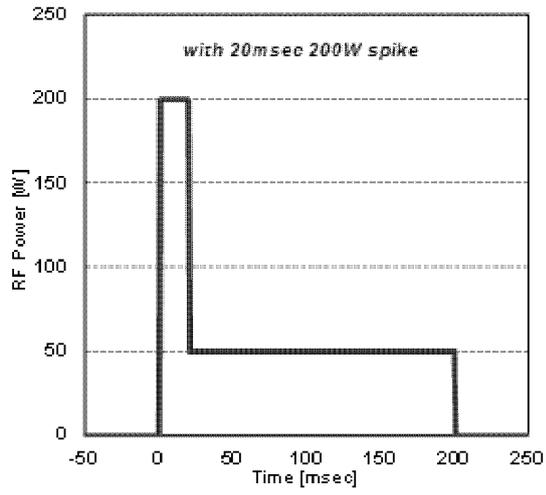
도면1c



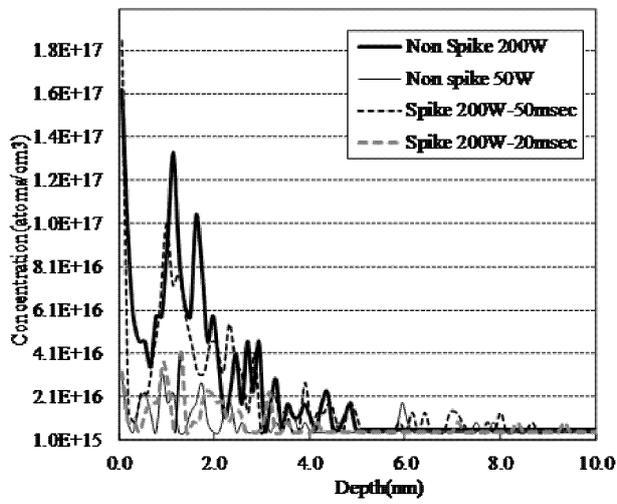
도면2a



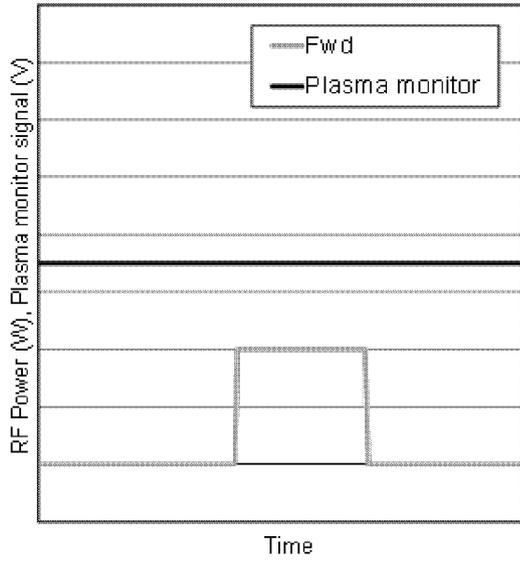
도면2b



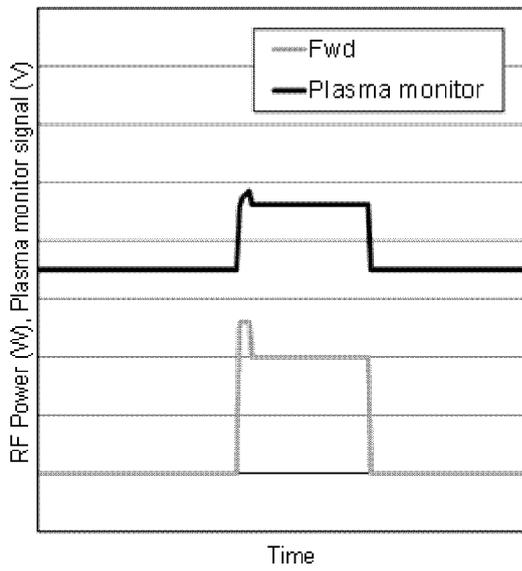
도면3



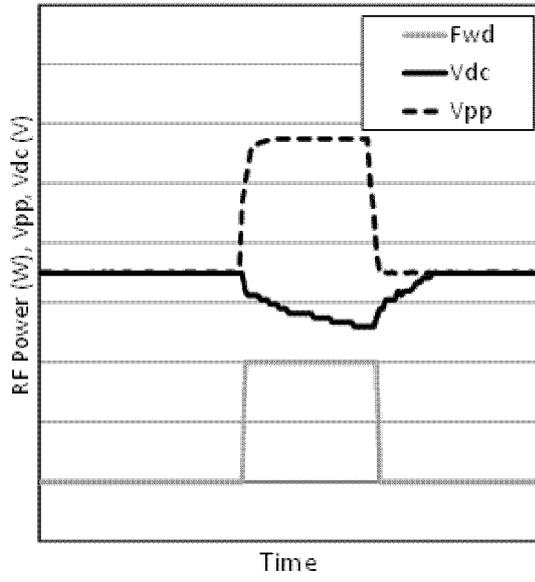
도면5b



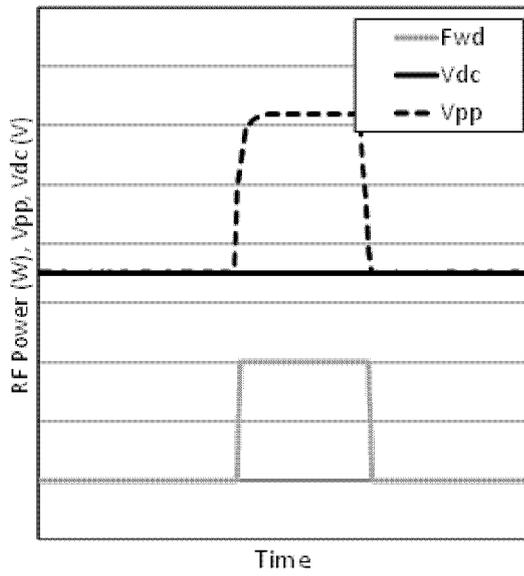
도면5c



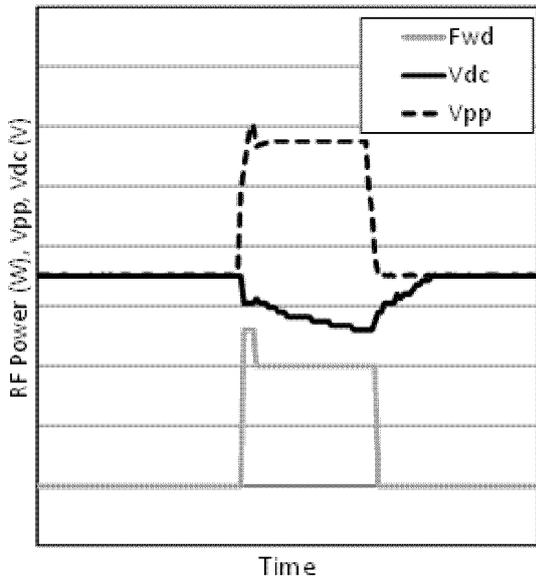
도면6a



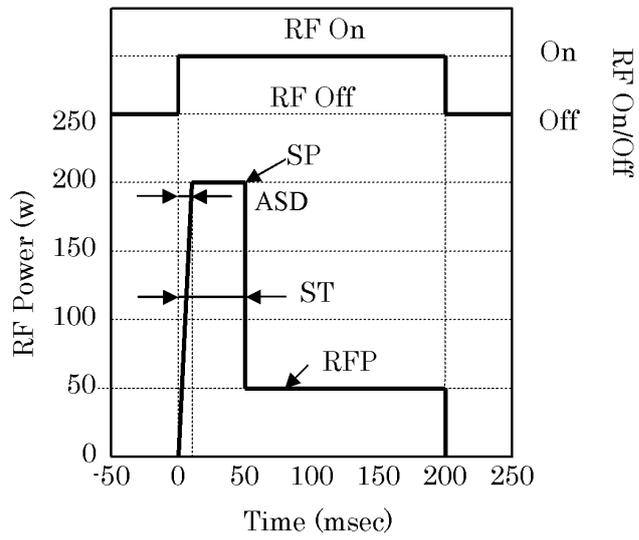
도면6b



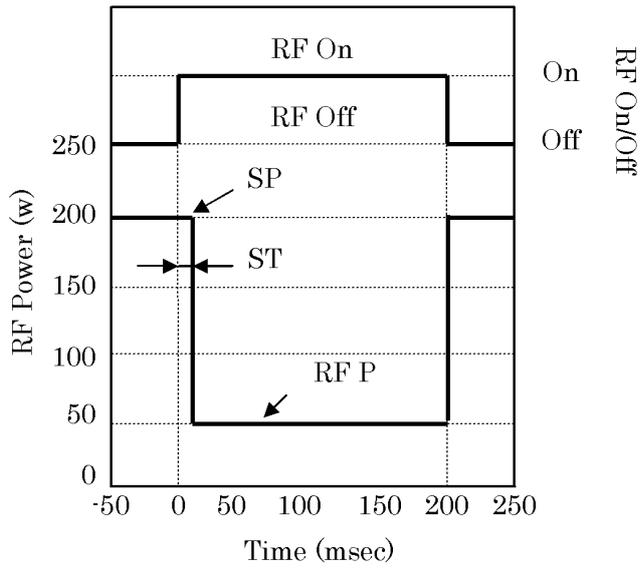
도면6c



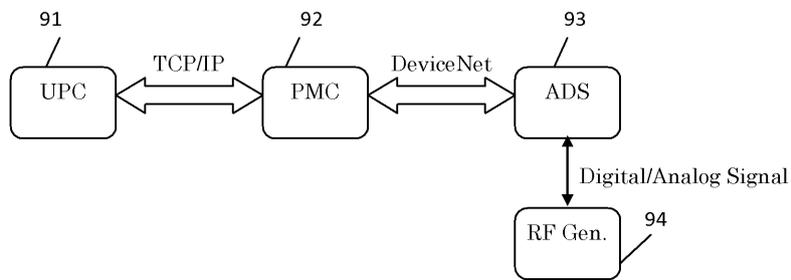
도면7



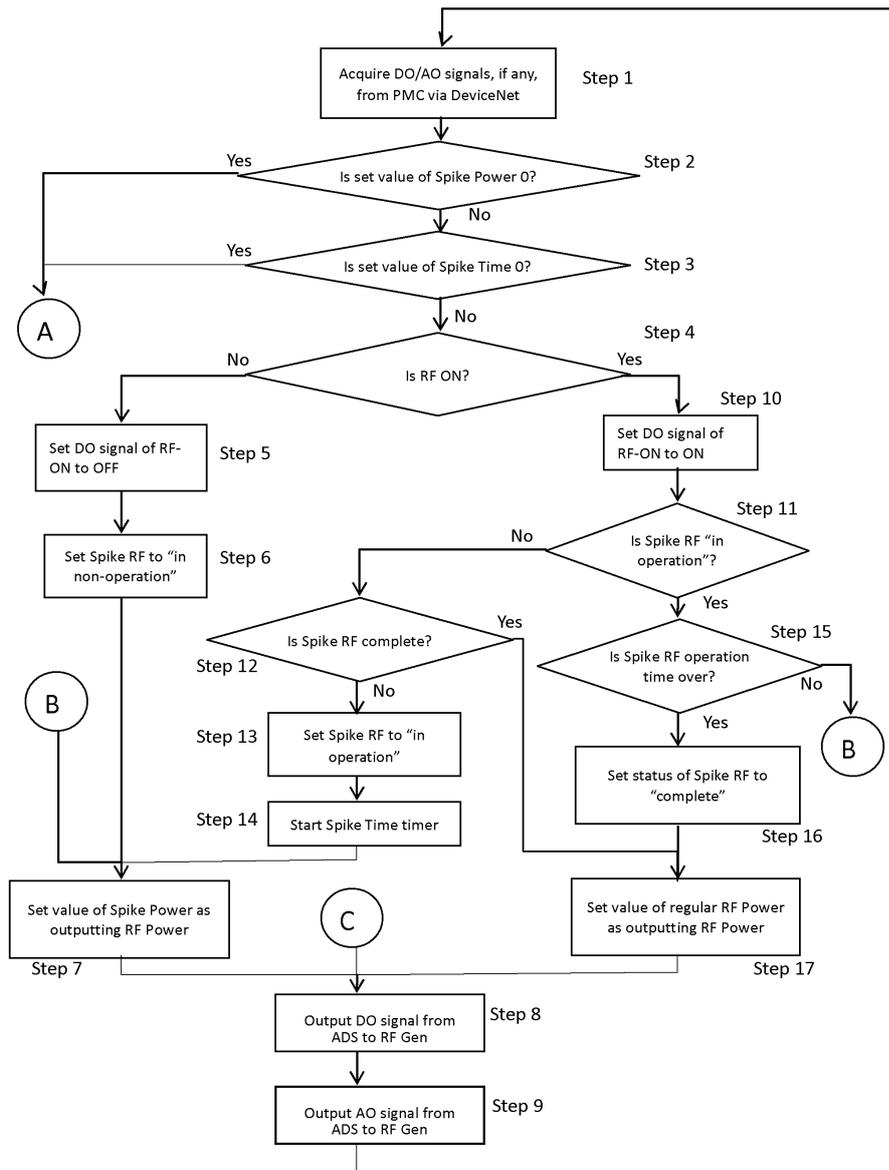
도면8



도면9



도면10



도면11

