



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월06일
(11) 등록번호 10-1369993
(24) 등록일자 2014년02월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/265 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7015192
(22) 출원일자(국제) 2007년12월18일
심사청구일자 2012년11월05일
(85) 번역문제출일자 2009년07월20일
(65) 공개번호 10-2009-0100421
(43) 공개일자 2009년09월23일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/087894
(87) 국제공개번호 WO 2008/077020
국제공개일자 2008년06월26일
(30) 우선권주장
60/870,575 2006년12월18일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20060205192 A1*
JP2003282473 A*
US20040072446 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050
(72) 발명자
포드, 마지드, 에이.
미국 94087 캘리포니아 쉐니베일 세라튼 드라이브
640
벨라이칼, 마노지
미국 94085 캘리포니아 쉐니베일 #127 산타페 테
라스 250
산타남, 카르티크
미국 94539 캘리포니아 프레몬트 카메론 힐즈 드
라이브 43844
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 13 항

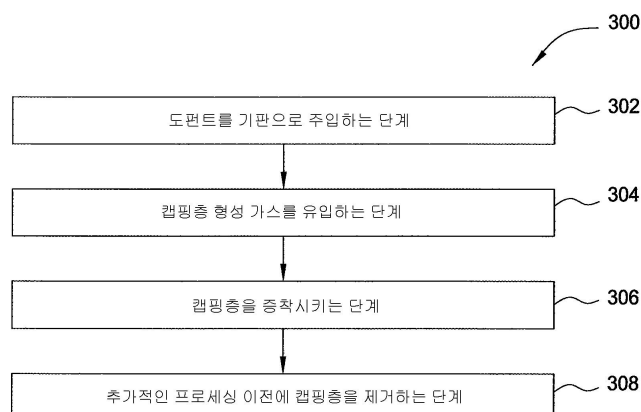
심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 낮은 에너지로 가지며 많은 양의 비소, 인, 및 붕소 주입된 웨이퍼의 안전한 핸들링

(57) 요약

주입 프로세스 이후 유독성 가스 형성을 방지하는 방법이 개시된다. 기판 상에 배치된 필름으로 주입될 때, 일정한 도펀트는 수분에 노출될 때 유독성 가스 및/또는 가연성 가스를 형성하도록 반응할 수 있다. 산소 함유 화합물로 도핑된 필름을 인-시튜(in-situ)로 노출함에 의해, 층 스택으로 얇게 주입되는 도펀트는 도펀트 산화물을 형성하도록 반응하고, 이에 의해 잠재적인 유독성 가스 및/또는 가연성 가스 형성을 감소시킨다. 대안적으로 캡핑층은 유독성 가스 및/또는 가연성 가스의 잠재적인 생성을 감소시키기 위해 주입된 필름 위에 인-시튜로 형성될 수 있다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

기관 프로세싱 방법으로서,

프로세싱 챔버에 배치된 필름으로 도펀트를 주입하는 단계;

도펀트가 주입된 필름을 대기 산소에 노출시키기 이전에, 상기 도펀트가 주입된 필름 상에 산화물층을 형성하고 상기 필름 내의 도펀트를 포획하기(trap) 위해서 상기 도펀트가 주입된 필름을 산소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계; 및

상기 산소 함유 플라즈마와 별도로(separately from) 수소 함유 플라즈마에 상기 도펀트가 주입된 필름을 노출시키는 단계

를 포함하는, 기관 프로세싱 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 도펀트는 비소, 인, 붕소 및 이들의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 산소 함유 플라즈마는 산소 가스로부터 생산되는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 주입하는 단계 및 상기 노출시키는 단계는 동일한 프로세싱 챔버 내에서 일어나는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 플라즈마가 용량성으로 커플링된 소스에 의해 생성되고, 상기 플라즈마가 상기 용량성으로 커플링된 소스 뿐만 아니라 유도성으로 커플링된 소스에 의해 생성되는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 플라즈마가 유도성으로 커플링된 소스에 의해 생성되는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 도펀트가 주입된 필름을 수소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계는 상기 도펀트를 주입하는 단계 이후 그리고 상기 산소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계 이전에 일어나고, 상기 수소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계 및 상기 산소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계는 복수 회 일어나는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 도펀트가 주입된 필름을 수소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계는 상기 도펀트를 주입하는 단계 이후 그리고 상기 산소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계 이후에 일어나고, 상기 수소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계 및 상기 산소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계는 복수 회 일어나는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 산화물층 위에 캡핑층을 증착시키는 단계 - 상기 캡핑층은 탄소층, 실리콘층, 실리콘 산화물층, 실리콘 질화물층, 실리콘 카바이드층, 유기층 및 이들의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택됨 - ; 및

상기 도펀트를 주입하는 단계 이후 그리고 상기 노출시키는 단계 이전에 상기 필름을 에칭하는 단계를 포함하고,

상기 에칭하는 단계는 과잉 도펀트들을 제거하며,

상기 에칭하는 단계는 NF_3 로부터 형성된 플라즈마에 상기 도펀트가 주입된 층을 노출시키는 단계를 포함하는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 11

기관 프로세싱 방법으로서,

프로세싱 챔버에서 기관 상에 배치된 필름으로 도펀트를 주입하는 단계;

상기 도펀트가 주입된 필름을 대기 산소에 노출시키기 이전에 상기 도펀트가 주입된 필름 위에 캡핑층을 증착시키는 단계; 및

상기 주입하는 단계 이후 그리고 상기 증착시키는 단계 이전에 상기 필름을 에칭하는 단계를 포함하고,

상기 캡핑층은 탄소층, 실리콘층, 실리콘 산화물층, 실리콘 질화물층, 실리콘 카바이드층, 유기층 및 이들의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택되며,

상기 에칭하는 단계는 과잉 도펀트들을 제거하며,

상기 에칭하는 단계는 NF_3 로부터 형성된 플라즈마에 상기 도펀트가 주입된 층을 노출시키는 단계를 포함하는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 주입하는 단계 및 상기 증착시키는 단계는 동일한 프로세싱 챔버 내에서 일어나는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 14

기관 프로세싱 방법으로서,

프로세싱 챔버에서 기관 상에 배치된 필름으로 도펀트를 주입하는 단계; 및

상기 도펀트가 주입된 필름을 대기 산소에 노출시키기 이전에 상기 도펀트가 주입된 필름을 NF_3 로부터 형성된 플라즈마로 에칭함으로써 과잉 도펀트를 제거하는 단계를 포함하는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 도펀트가 주입된 필름 상에 산화물층을 형성하고 상기 필름 내의 도펀트를 포획하기 위해 상기 에칭된 필름을 산소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계를 추가로 포함하고, 상기 주입하는 단계 및 상기 노출시키는 단계는 동일한 프로세싱 챔버 내에서 일어나는,

기관 프로세싱 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

명세서

기술분야

[0001]

본 발명의 실시예들은 일반적으로 반도체 제조 프로세스의 분야에 관한 것이고, 더욱 구체적으로는 다루기 더 안전한 비소, 인 또는 붕소가 주입된 기관을 만드는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

집적 회로는 백만 개보다 많은 마이크로-전자계 효과 트랜지스터(예를 들어, 상보적 금속-산화물-반도체(complementary metal-oxide-semiconductor(CMOS)) 전계 효과 트랜지스터)를 포함할 수 있고, 이 트랜지스터는 기관(예를 들어, 반도체 웨이퍼) 상에 형성되고 회로 내에서 다양한 기능들을 수행하도록 협력한다. CMOS 트랜지스터는 기관에 형성된 소스 영역과 드레인 영역 사이에 배치된 게이트 구조물(structure)을 포함한다. 게이트 구조물은 일반적으로 게이트 전극 및 게이트 유전체층(dielectric layer)을 포함한다. 게이트 전극은 게이트 유전체층 아래의 드레인 영역과 소스 영역 사이에 형성된 채널 영역에서 전하 캐리어의 유동을 제어하도록 게이트 유전체층 위에 배치된다.

[0003] 이온 주입 프로세스는 전형적으로 기판으로 이온들을 주입하고 도핑하는데 이용되고, 이에 의해 기판 상에 원하는 프로파일(profile) 및 농도를 가진 게이트 및 소스 드레인 구조물을 형성한다. 이온 주입 프로세스 동안, 상이한 프로세스 가스 또는 가스 혼합물이 비소, 인 또는 붕소와 같은 이온 소스종을 제공하는데 사용될 수 있다. 특히, 비소는 수분에 노출될 때 이하의 반응식에 따라서 산화 비소(arsenic oxide) 및 아르신 가스(arsine gas)를 생성하도록 반응할 것이다:

[0004] $As + H_2O \rightarrow AsH_3 + As_xO_y$

[0005] 아르신 가스는 강한 유독성 가스이고 또한 가연성이다. 많은 양(high dose)의 도펀트(즉, 약 $1 \times 10^{16} \text{ 1/cm}^2$ 또는 그 초과) 및 낮은 주입 에너지(즉, 약 2kV)가 가해질 때, 도펀트는 층 스택(layer stack)으로 깊게 주입되지 않는다. 따라서, 더 많은 도펀트가 층 스택의 표면에 또는 그 근처에 존재하고 챔버로부터의 제거시 수분에 노출될 수 있다. 표면 근처에 잔류하는 비소는 바람직하지 않게 아르신 가스를 형성하도록 반응할 수 있다.

[0006] 그러므로, 도펀트가 주입된 이후 유독성 화합물이 형성되는 것을 방지하는 방법에 대한 요구가 존재한다.

발명의 상세한 설명

[0007] 본 발명은 일반적으로 주입 프로세스 이후 유독성 가스 형성을 방지하는 방법을 포함한다. 특정 도펀트들은, 기판 상에 배치된 필름으로 주입될 때, 유독성 가스 및/또는 가연성 가스를 형성하기 위하여 수분에 노출되는 때 반응할 수 있다. 일 실시예에서, 처음에는 도펀트가 기판 상에 형성된 필름으로 주입되고, 이후 주입된 필름은 산소 함유 가스에 노출되어 보호성 산화물층을 형성한다. 산화물층은 필름이 주입되었던 챔버와 동일한 챔버에서 형성될 수 있다.

[0008] 다른 실시예에서, 기판 프로세싱 방법은 프로세싱 챔버에 배치된 필름으로 도펀트를 주입하는 단계 및 주입된 필름을 대기 산소에 노출시키기 이전에, 주입된 필름 상에 산화물층을 형성하고 필름 내의 도펀트를 포획하기(trap) 위해서 주입된 필름을 산소 함유 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함한다.

[0009] 다른 실시예에서, 처음에는 도펀트가 기판 상에 형성된 필름으로 주입되고 이후 캡핑층은 주입된 필름 위로 증착된다. 캡핑층은 필름이 주입되었던 챔버와 동일한 챔버에서 증착될 수 있다.

[0010] 다른 실시예에서, 기판 프로세싱 방법은 도펀트를 프로세싱 챔버에서 기판 상에 배치된 필름으로 주입하는 단계 및 주입된 필름을 대기 산소에 노출시키기 이전에, 도펀트가 주입된 필름 위에 캡핑층을 증착시키는 단계를 포함하고, 캡핑층은 탄소층, 실리콘층, 실리콘 산화물층, 실리콘 질화물층, 실리콘 카바이드층, 유기층(organic layer) 및 이들의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택된다.

[0011] 다른 실시예에서, 기판 프로세싱 방법은 프로세싱 챔버에서 기판 상에 배치된 필름으로 도펀트를 주입하는 단계 및 주입된 필름을 대기 산소에 노출시키기 이전에, 주입된 필름을 NF_3 로부터 형성된 플라즈마로 에칭함으로써 초과 도펀트를 제거하는 단계를 포함한다.

실시예

[0019] 본 발명은 주입 프로세스 이후 유독성 가스 형성을 방지하는 방법을 설명한다. 도 1a는 플라즈마 반응기(100)를 도시하고, 이는 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 주입, 산화물층 형성, 및 캡핑층 형성을 실시하는데 이용될 수 있다. 본 발명을 실시하는데 적용될 수 있는 하나의 적절한 반응기는 미국 캘리포니아주 산타 클라라에 위치한 어플라이드 머티어리얼스사로부터 이용가능한 P3iTM 반응기이다. 본 발명을 실시하는데 적용될 수 있는 다른 반응기는 본원에서 그 전체가 참조로 통합되는 2006년 12월 8일 출원된 미국 특허출원번호 제11/608,357호에서 설명된다. 여기서 설명된 방법들은 다른 적절하게 적용된 플라즈마 반응기에서 실시될 수 있다고 고려되며, 상기 플라즈마 반응기는 다른 제작자에 의해 만들어진 것을 포함한다.

[0020] 플라즈마 반응기(100)는 프로세스 영역(104)을 에워싸는 바닥부(124), 상부(126), 및 측벽(122)을 가진 챔버 바디(102)를 포함한다. 기판 지지 어셈블리(128)는 챔버 바디(102)의 바닥부(124)로부터 지지되고, 프로세싱을 위

한 기관(106)을 수용하도록 적응된다. 가스 분배 플레이트(130)는 기관 지지 어셈블리(128)를 향하는 챔버 바디(102)의 상부(126)에 커플링된다. 펌핑 포트(132)는 챔버 바디(102)에 정의되고, 진공 펌프(134)에 커플링된다. 진공 펌프(134)는 펌핑 포트(132)로 스로틀 밸브(136)를 통해 커플링된다. 가스 소스(152)는 가스 분배 플레이트(130)에 커플링되고, 이에 의해 기관(106) 상에서 수행되는 프로세스를 위해 가스상 전구체 화합물을 공급한다.

[0021] 도 1a에서 도시된 반응기(100)는 도 1b의 사시도에서 가장 잘 도시된 플라즈마 소스(190)를 추가로 포함한다. 플라즈마 소스(190)는 서로 교차하도록(또는 도 1b에서 도시된 예시적 실시예에서 도시된 것처럼 서로 직교하게) 배치된 챔버 바디(102)의 상부(126)의 외부에 장착된 분리된 외부 요각(reentrant) 도관의 쌍(140, 140')을 포함한다. 제 1 외부 도관(140)은 챔버 바디(102)에서 프로세스 영역(104)의 제 1 측부로 상부(126)에 형성된 개구(198)를 통해 커플링된 제 1 단부(140a)를 갖는다. 제 2 단부(140b)는 프로세스 영역(104)의 제 2 측부로 커플링된 개구(196)를 갖는다. 제 2 외부 요각 도관(140b)은 프로세스 영역(104)의 제 3 측부로 커플링된 개구(194)를 갖는 제 1 단부(140a') 및 프로세스 영역(104)의 제 4 측부로 개구(192)를 갖는 제 2 단부(140b')를 갖는다. 일 실시예에서, 제 1 및 제 2 외부 요각 도관(140, 140')은 서로 직교하도록 구성되고, 이에 의해 챔버 바디(102)의 상부(126)의 둘레 주위로 약 90도의 간격으로 배치된 각각의 외부 요각 도관(140, 140')의 두 단부들(140a, 140a', 140b, 140b')을 제공한다. 외부 요각 도관(140, 140')의 직교 구성은 프로세스 영역(104)을 가로질러 균일하게 분포된 플라즈마 소스를 허용한다. 제 1 및 제 2 외부 요각 도관들(140, 140')은 프로세스 영역(104)으로 균일한 플라즈마 분포를 제공하도록 이용되는 다른 분포들처럼 구성될 수 있다 고 고려된다.

[0022] 자기적으로 투과성이 있는 토로이드형(toroidal) 코어(142, 142')는 외부 요각 도관들(140, 140') 중 상응하는 하나의 일부분을 둘러싼다. 전도성 코일들(144, 144')은 각각 임피던스 정합 회로들 또는 요소들(148, 148')을 통해 개별적인 RF 플라즈마 소스 전력 생성기들(146, 146')로 커플링된다. 각각의 외부 요각 도관(140, 140')은 각각 절연성 환형 링(150, 150')에 의해 중단되는(interrupted) 중공형 전도성 튜브이고, 상기 절연성 환형 링은 개별적인 외부 요각 도관(140, 140')의 두 단부(140a, 140b)(및 140a', 140b') 사이에서 다른 연속적인 전기적 경로를 중단시킨다. 기관 표면에서의 이온 에너지는 임피던스 정합 회로 또는 요소(156)를 통해 기관 지지 어셈블리(128)에 커플링된 RF 플라즈마 바이어스 전력 생성기(154)에 의해 제어된다.

[0023] 도 1a로 다시 돌아가면, 프로세스 가스 소스(152)로부터 공급된 가스상 화합물을 포함한 프로세스 가스는 프로세스 영역(104)으로 오버헤드 가스 분배 플레이트(130)를 통해 유입된다. RF 소스 플라즈마 전력(146)은 전력 인가장치(applicator)로부터 도관(140)에 공급된 가스로 커플링되고, 이는 외부 요각 도관(140) 및 프로세스 영역(104)을 포함한 제 1 폐쇄 토로이드형 경로에서 순환하는 플라즈마 전류를 생성한다. 또한, RF 소스 전력(146')은 다른 전력 인가장치로부터 제 2 도관(140')의 가스로 커플링될 수 있고, 이는 제 1 토로이드형 경로와 교차하는(예를 들어, 직교하는) 제 2 폐쇄 토로이드형 경로에서 순환하는 플라즈마 전류를 생성한다. 제 2 토로이드형 경로는 제 2 외부 요각 도관(140') 및 프로세스 영역(104)을 포함한다. 각각의 경로에서의 플라즈마 전류는 개별적인 RF 소스 전력 생성기(146, 146')의 주파수에서 진동하고(예를 들어, 역방향), 이는 서로 동일하거나 또는 약간 오프셋될 수 있다.

[0024] 일 실시예에서, 프로세스 가스 소스(152)는 기관(106)으로 주입된 이온을 제공하는데 이용될 수 있는 상이한 프로세스 가스를 제공한다. 프로세스 가스의 적절한 예는 특히 B_2H_6 , BF_3 , SiH_4 , SiF_4 , PH_3 , P_2H_5 , PO_3 , PF_3 , PF_5 및 CF_4 를 포함한다. 각각의 플라즈마 소스 전력 생성기(146, 146')의 전력이 작동되어, 이들의 조합된 효과는 프로세스 가스 소스(152)로부터 공급된 프로세스 가스를 효과적으로 분리시키고 기관(106)의 표면에서 원하는 이온 플럭스(flux)를 만든다. RF 플라즈마 바이어스 전력 생성기(154)의 전력은 선택된 레벨로 제어되고, 이 레벨에서 프로세스 가스로부터 분리된 이온 에너지는 기관 표면을 향해 가속되고 원하는 이온 농도로 기관(106)의 상부면 아래에 원하는 깊이로 주입될 수 있다. 예를 들면, 약 50eV 미만과 같은 비교적 낮은 RF 전력으로, 비교적 낮은 플라즈마 이온 에너지가 얻어질 수 있다. 낮은 이온 에너지를 가진 분리된 이온들은 기관 표면으로부터 약 0Å 내지 약 100Å의 얇은 깊이로 주입될 수 있다. 대안적으로, 약 50eV를 넘는 것과 같은 높은 RF 전력으로부터 생성되고 제공된 높은 이온 에너지를 가진 분리된 이온은 기관 표면으로부터 실질적으로 100Å 깊이를 넘는 깊이로 기관에 주입될 수 있다.

[0025] 제어된 RF 플라즈마 소스 전력 및 RF 플라즈마 바이어스 전력의 조합은 프로세싱 챔버(100)에서 충분한 모멘텀 및 원하는 이온 분포를 갖는 가스 혼합물의 이온들을 분리시킨다. 이온들은 바이어스되고 기관 표면을 향해 드라이브되며(driven), 이에 의해 원하는 이온 농도, 분포 및 기관 표면으로부터의 깊이로 기관에 이온을 주입한

다. 또한, 공급된 프로세스 가스로부터의 제어된 이온 에너지 및 상이한 유형의 이온종은 기관(106)에 주입된 이온을 촉진시키고, 이에 의해 기관(106) 상의 게이트 구조물 및 소스 드레인 영역과 같은 원하는 소자 구조물을 형성한다.

[0026] 도 2는 주입 프로세스 이후 도펀트 산화물층을 형성하기 위한 방법(200)의 프로세스 흐름도를 도시한다. 방법(200)은 도펀트가 기관 상에 형성된 필름으로 주입되는 단계(202)에서 시작한다. 필름이란 용어는 기관 상에 선택될 수 있는 하나 또는 그 이상의 물질층을 포함하는 포괄적인 용어이다. 일 실시예에서, 도펀트는 비소를 포함한다. 다른 실시예에서, 도펀트는 인을 포함한다. 또 다른 실시예에서, 도펀트는 붕소를 포함한다.

[0027] 도펀트가 층 스택으로 주입된 이후, 이 방법은 주입된(예를 들어, 도핑된) 층이 산소 함유 가스에 노출되는 단계(204)에서 계속된다. 이러한 노출은 층이 주입되는 챔버와 동일한 챔버 내에서 인-시튜로 일어날 수 있다. 도핑된 층을 가진 기관은 도펀트가 수분에 노출되지 않는 것을 보장하도록 주입 이후 챔버에 남아 있을 수 있고, 이 경우 수분은 유독성 또는 가연성 가스를 형성하도록 도펀트와 반응할 수 있다. 일 실시예에서, 주입된(예를 들어, 도핑된) 층은 이 층을 대기에 즉 수분에 노출하지 아니한 채로 분리된 챔버에서 산소 함유 가스에 노출될 수 있다.

[0028] 주입된 층을 산소 함유 가스에 노출시킴에 의해, 산소는 단계(206)에서 주입된 필름의 표면 상에 산화물을 형성하도록 반응한다. 산화물은 도펀트 및/또는 주입된 필름의 산화물일 수 있다. 사용될 수 있는 적절한 산소 함유 가스는 원자 산소(O), 산소(O_2), 오존(O_3), 아산화질소(N_2O), 산화질소(NO), 이산화질소(NO_2), 이들의 플라즈마, 이들의 라디칼, 이들의 파생물, 이들의 조합물, 또는 다른 적절한 산소 소스를 포함한다. 산소 함유 가스는 플라즈마로 점화될 수 있다. 일 실시예에서, 산소 함유 가스는 주입과 동일한 프로세싱 챔버 내에서 점화된다. 다른 실시예에서, 플라즈마는 원격으로 점화되고 챔버로 전달된다. 플라즈마는 용량성 소스 및/또는 유도성 소스에 의해 생성될 수 있다.

[0029] 일 실시예에서, 주입된 층은 수소 함유 가스에 노출될 수 있다. 주입된 층은 산소 함유 가스로의 노출 이전에 또는 그 이후에 수소 함유 가스에 노출될 수 있다. 일 실시예에서, 수소 함유 가스는 수소 가스를 포함한다. 수소 함유 가스로의 노출 및 산소 함유 가스로의 노출은 다수 회(a plurality of times) 반복될 수 있다. 수소 함유 가스는 플라즈마로 점화될 수 있다. 일 실시예에서, 수소 함유 가스는 주입과 동일한 프로세싱 챔버 내에서 점화된다. 다른 실시예에서, 플라즈마는 원격으로 점화되고 챔버로 전달된다. 플라즈마는 용량성 소스 및/또는 유도성 소스에 의해 생성될 수 있다. 수소 함유 가스 노출 및 산소 함유 가스 노출은 동일한 프로세싱 챔버 내에서 일어날 수 있으나 분리된 간격으로 일어날 수 있다.

[0030] 일 실시예에서, 캡핑층은 주입된 층 상에 형성된 산화물층 위에 증착될 수 있다. 캡핑층은 탄소층, 실리콘층, 실리콘 산화물층, 실리콘 질화물층, 실리콘 카바이드층, 유기층, 및 이의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택될 수 있다. 캡핑층은 주입과 동일한 프로세싱 챔버 내에서 산화물층 위에 증착될 수 있다. 일 실시예에서, 캡핑층은 대기로의, 즉 수분으로의 층의 노출 없이 분리된 챔버에서 증착될 수 있다. 캡핑층은 어닐링 이후 제거될 수 있다.

[0031] 또 다른 실시예에서, 주입된 층은 초과 도펀트들을 제거하기 위해 가스에 노출될 수 있다. 초과 도펀트들을 제거함에 의해, 도펀트들은 활성화되지 않을 수 있고, 따라서 수소화물 형성이 감소될 수 있다. 일 실시예에서, 가스는 에칭 가스를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 가스는 NF_3 를 포함할 수 있다. 초과 도펀트들의 제거는 주입과 동일한 프로세싱 챔버 내에서 일어날 수 있다. 일 실시예에서, 초과 도펀트들의 제거는 대기로의, 즉 수분으로의 층의 노출 없이 분리된 챔버에서 일어날 수 있다.

[0032] 산화물층 형성, 캡핑층 형성 및 초과 도펀트의 제거는 어떠한 조합으로도 이용될 수 있다. 일 실시예에서, 산화물층이 형성되고 캡핑층은 형성되지 않으며 초과 도펀트는 제거되지 않는다. 다른 실시예에서, 캡핑층이 형성되고 산화물층은 형성되지 않으며 초과 도펀트는 제거되지 않는다. 다른 실시예에서, 초과 도펀트가 제거되지만, 산화물층 또는 캡핑층은 형성되지 않는다. 다른 실시예에서, 산화물층 및 캡핑층은 형성되지만 초과 도펀트는 제거되지 않는다. 다른 실시예에서, 산화물층이 형성되고 초과 도펀트가 제거되지만 캡핑층은 형성되지 않는다. 다른 실시예에서, 캡핑층이 형성되고 초과 도펀트가 제거되지만 산화물층은 형성되지 않는다. 추가적으로, 수소 함유 가스 노출은 상기 산화물층 형성, 캡핑층 형성, 및 초과 도펀트의 제거와 함께 어떠한 조합으로도 일어날 수 있다.

[0033] 산화물층 형성에서, 산소 함유 가스는 약 300sccm 내지 약 450sccm의 유량으로 챔버에 제공될 수 있다. 다른 실시예에서, 산소 함유 가스의 유량은 450sccm을 초과할 수 있다. 산화물층은 약 15mTorr 내지 약 300mTorr의

챔버 압력에서 약 3초 내지 약 10초 동안 주입된 필름을 노출시킴에 의해 챔버에서 형성된다. 산소 함유 가스는 캐리어 가스와 챔버로 함께 유동될 수 있다. 캐리어 가스는 약 50sccm의 유량을 가질 수 있다. 캐리어 가스는 비활성 가스를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 캐리어 가스는 아르곤을 포함한다.

[0034] 도 3은 주입 프로세스 이후 캡핑층을 형성하기 위한 방법(300)의 프로세스 흐름도를 도시한다. 이 방법(300)은 도펀트가 기판 상에 형성된 필름으로 주입되는 단계(302)에서 시작한다. 도펀트는 위에서 설명된 바와 같을 수 있다.

[0035] 도펀트가 필름으로 주입된 이후, 이 방법은 단계(304)에서 계속되고, 이 단계에서 단계(306)에서 도핑된 층 스택 위에 캡핑층을 증착시키는데 사용될 수 있는 가스들이 제공된다. 캡핑층은 층이 주입되었던 것과 동일한 챔버에서 인-시투로 증착될 수 있다. 인-시투로 주입된 기판을 캡핑함에 의해 동일한 챔버는 도펀트가 수분에 노출되지 않는 것을 보장하고, 이 경우 수분은 도펀트와 반응하여 유독성 또는 가연성 가스를 형성할 수 있다.

[0036] 캡핑층은 화학 기상 증착(CVD) 프로세스에 의해 증착될 수 있다. 사용될 수 있는 하나의 특별한 CVD 프로세스는 플라즈마 향상 화학 기상 증착(plasma enhanced chemical vapor deposition(PECVD))을 포함한다. 캡핑층은 실리콘, 산소, 질소, 탄소 및 이들의 조합을 포함할 수 있다. 챔버로 유입될 수 있는 적절한 가스들은 실리콘 함유 가스, 위에서 설명된 바와 같은 산소 함유 가스, 질소 함유 가스 및 탄소 함유 가스를 포함한다. 일 실시예에서, 캡핑층은 실리콘층을 포함한다. 다른 실시예에서, 캡핑층은 실리콘 산화물층을 포함한다. 또 다른 실시예에서, 캡핑층은 실리콘 질화물층을 포함한다. 또 다른 실시예에서, 캡핑층은 실리콘 카바이드층을 포함한다.

[0037] 캡핑층을 형성하기 위한 적절한 실리콘 가스들의 예는 아미노실란, 아미노디실란, 시릴아지드, 시릴히드라진, 또는 이들의 파생물을 포함한다. 실리콘 가스들의 몇몇 특정한 예들은 비스(테르트부틸아미노)실란(bis(tertbutylamino)silane)(BTBAS) 또는 $(^t\text{Bu}(\text{H})\text{N})_2\text{SiH}_2$), 헥사클로로디실란(HCD 또는 Si_2Cl_6), 테트라클로로실란(SiCl_4), 디클로로실란(H_2SiCl_2), 1,2-디에틸-테트라키스(디에틸아미노)디실란($(\text{CH}_2\text{CH}_3((\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{N})_2\text{Si})_2$), 1,2-디클로로-테트라키스(디에틸아미노)디실란($(\text{Cl}((\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{N})_2\text{Si})_2$), 헥사키스(N-피롤리디니오)디실란($((\text{C}_4\text{H}_9\text{N})_3\text{Si})_2$), 1,1,2,2-테트라클로로-비스(디(트리메틸시릴)아미노)디실란($(\text{Cl}_2((\text{CH}_3)_3\text{Si})_2\text{N})_2\text{Si})_2$), 1,1,2,2-테트라클로로-비스(다이소프로필아미노)디실란($(\text{Cl}_2((\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{N})_2\text{Si})_2$), 1,2-디메틸테트라키스(디에틸아미노)디실란($(\text{CH}_3(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N})_2\text{Si})_2$), 트리스(디메틸아미노)실란 아지드($((\text{CH}_3)_2\text{N})_3\text{SiN}_3$), 트리스(메틸아미노)실란 아지드($((\text{CH}_3)(\text{H})\text{N})_3\text{SiN}_3$), 2,2-디메틸히드라진-디메틸실란($(\text{CH}_3)_2(\text{H})\text{Si}(\text{H})\text{NN}(\text{CH}_3)_2$), 트리시릴아민($(\text{SiH}_3)_3\text{N}$ 또는 TSA), 및 헥사키스(에틸아미노)디실란($(\text{EtHN})_3\text{Si})_2$), 이들의 라디컬, 이들의 플라즈마, 이들의 파생물 또는 이들의 조합을 포함한다. 사용될 수 있는 다른 적절한 실리콘 가스들은 비스(테르트부틸아미노)실란(BTBAS 또는 $(^t\text{Bu}(\text{H})\text{N})_2\text{SiH}_2$) 또는 헥사클로로디실란(HCD 또는 Si_2Cl_6)과 같은 하나 또는 그 이상의 Si-N 결합 또는 Si-Cl 결합을 가진 화합물을 포함한다.

[0038] 위에서 설명된 바람직한 결합 구조를 가진 실리콘 가스는 이하의 화학식을 갖는다:

[0039] (I) $\text{R}_2\text{NSi}(\text{R}'_2)\text{Si}(\text{R}'_2)\text{NR}_2$ (아미노디실란),

[0040] (II) R_3SiN_3 (시릴아지드), 또는

[0041] (III) $\text{R}'_3\text{SiNRNR}_2$ (시릴히드라진).

[0042] 위의 화학식에서, R 및 R'는 할로겐의 그룹, 하나 또는 그 이상의 이중 결합을 갖는 유기 그룹, 하나 또는 그 이상의 삼중 결합을 갖는 유기 그룹, 지방족(aliphatic) 알킬 그룹, 사이클릭(cyclical) 알킬 그룹, 아로마틱 그룹, 유기실릴(organosilyl) 그룹, 알킬아미노 그룹, 또는 N 혹은 Si를 함유한 사이클릭(cyclic) 그룹, 또는 이들의 조합들로부터 독립적으로 선택된 하나 또는 그 이상의 기능성 그룹일 수 있다. 특정 기능성 그룹들은 클로로(-Cl), 메틸(-CH₃), 에틸(-CH₂CH₃), 이소프로필(-CH(CH₃)₂), 테르트부틸(-C(CH₃)₃), 트리메틸시릴(-Si(CH₃)₃), 피롤리딘, 또는 이들의 조합을 포함한다.

[0043] 적절한 실리콘 가스들의 다른 예시들은 R 그룹들의 임의의 조합과 선형 및 사이클릭인 시릴히드라진 종류의 가

스들($R_3SiNRNR_2$) 및 시릴아지드(R_3SiN_3)를 포함한다. R 그룹들은 H 또는, 메틸, 에틸, 프로필, 부틸 및 이와 유사한 것(C_xH_y)과 같은 임의의 유기 기능성 그룹일 수 있다. Si에 부착된 R 그룹들은 선택적으로 다른 아미노 그룹(NH_2 또는 NR_2)일 수 있다. 특정 시릴아지드 화합물의 예는 트리메틸시릴아지드($(CH_3)_3SiN_3$)(미국 펜실베이니아주 브리스톨에 위치한 유나이티드 케미컬 테크놀로지사로부터 이용가능함), 및 트리스(디메틸아민)시릴아지드($((CH_3)_2N)_3SiN_3$)를 포함한다. 특정 시릴히드라진 화합물의 예는 1,1-디메틸-2-디메틸시릴히드라진($(CH_3)_2HSiNHN(CH_3)_2$)이다. 다른 실시예에서, 실리콘-질소 가스는 $(R_3Si)_3N$, $(R_3Si)_2NN(SiR_3)_2$ 및 $(R_3Si)NN(SiR_3)_2$ 중 적어도 하나일 수 있고, 각각의 R은 독립적으로 수소이거나 또는, 메틸, 에틸, 프로필, 부틸, 페닐, 또는 이들의 조합과 같은 알킬이다. 적절한 실리콘-질소 가스들의 예시들은 트리스릴아민($(H_3Si)_3N$), $(H_3Si)_2NN(SiH_3)_2$, $(H_3Si)NN(SiH_3)_2$, 또는 이들의 파생물을 포함한다.

[0044] 적절한 질소 가스들의 예시들은 암모니아(NH_3), 히드라진(N_2H_4), 유기 아민, 유기 히드라진, 유기 디아진(예를 들어, 메틸디아진($(H_3C)NNH$)), 시릴아지드, 시릴히드라진, 수소 아지드(HN_3), 수소 시아니드(HCN), 원자 질소(N), 질소(N_2), 페닐히드라진, 아조테르트부탄, 에틸아지드, 이들의 파생물들, 또는 이들의 조합들을 포함한다. 유기 아민은 R_xNH_{3-x} 를 포함하고, 각각의 R은 독립적으로 알킬 그룹 또는 아릴 그룹이고, x는 1, 2, 또는 3이다. 유기 아민의 예시들은 트리메틸아민($(CH_3)_3N$), 디메틸아민($(CH_3)_2NH$), 메틸아민($(CH_3)NH_2$), 트리에틸아민($(CH_3CH_2)_3N$), 디에틸아민($(CH_3CH_2)_2NH$), 에틸아민($(CH_3CH_2)NH_2$), 테르트부틸아민($((CH_3)_3C)NH_2$), 이들의 파생물들 또는 이들의 조합들을 포함한다. 유기 히드라진은 $R_xN_2H_{4-x}$ 를 포함하고, 각각의 R은 독립적으로 알킬 그룹 또는 아릴 그룹이며 x는 1, 2, 3, 또는 4이다. 유기 히드라진의 예시들은 메틸히드라진($(CH_3)_2N_2H_3$), 디메틸히드라진($(CH_3)_2N_2H_2$), 에틸히드라진($(CH_3CH_2)_2N_2H_3$), 디에틸히드라진($(CH_3CH_2)_2N_2H_2$), 테르트부틸히드라진($((CH_3)_3C)_2N_2H_3$), 디테르트부틸히드라진($((CH_3)_3C)_2N_2H_2$), 이들의 라디칼, 이들의 플라즈마, 이들의 파생물 또는 이들의 조합을 포함한다.

[0045] 탄소 소스는 유기실란, 알킬, 알켄, 및 에틸, 프로필 및 부틸의 알킨을 포함한다. 이러한 탄소 소스는 메틸실란(CH_3SiH_3), 디메틸실란($(CH_3)_2SiH_2$), 에틸실란($CH_3CH_2SiH_3$), 메탄(CH_4), 에틸렌(C_2H_4), 에틴(C_2H_2), 프로판(C_3H_8), 프로펜(C_3H_6), 부틴(C_4H_6) 및 그 외를 포함한다.

[0046] 캡핑층 형성 가스는 캐리어 가스와 함께 챔버로 제공될 수 있다. 일 실시예에서, 아르곤은 캐리어 가스로서 사용되고 약 300sccm의 유량으로 제공될 수 있다. RF 전력은 CVD 동안 약 200와트 내지 약 2000와트로 공급될 수 있다.

[0047] 일 실시예에서, 이산화규소층은 15sccm으로 실란 가스를, 약 50sccm 내지 약 60sccm으로 산소 가스를, 약 300sccm으로 아르곤 가스를 유동시키고, 약 200와트의 RF 바이어스를 인가함에 의해 주입된 필름 위에 증착될 수 있다. 증착은 약 1분 내지 약 2분 동안 일어나고, 약 50Å 내지 약 60Å의 두께의 이산화규소 캡핑층을 증착한다. 선택적으로, 캡핑층은 방법(200)을 사용하여 형성된 산화물층 위에 증착될 수 있다.

[0048] 단계(308)에서, 캡핑층은 추가적인 프로세싱 이전에 제거된다. 인-시튜로 증착된 캡핑층 또는 산화물층은 이후의 프로세싱 동안 제거될 수 있고 도펀트가 유독성 및/또는 가연성 가스들을 생산하는 것을 방지하고/방지하거나 감소시키기에 충분히 두꺼워야 한다. 그러나, 산화물 또는 캡핑층은 또한 층 스택으로의 손상 또는 초과 프로세싱 시간을 추가함이 없이 예를 들어 스트립핑(striping) 프로세스에 의해 쉽게 제거될 수 있을 정도로 충분히 얇아야 한다.

[0049] 표 1은 $1 \times 10^{16} \text{ 1/cm}^2$ 투약 레벨 및 2kV 주입 전력으로 도펀트로서 비소가 주입된 5개의 상이한 기판들에 대한 데이터를 도시한다. 각각의 기판에 대해서, 상이한 노출(exposure)/캡핑 프로세스가 일어났다.

[0050]

표 1

기관	주입 전력	도펀트	노출/캐핑	도펀트 산화물/캐핑층 두께		
				첫째날	셋째날	다섯째날
1	2 kV	As	None	34.85 Å		42.65 Å
2	2 kV	As	10 seconds O ₂ (no plasma)	37.38 Å		36.75 Å
3	2 kV	As	3 seconds O ₂ plasma (no bias)	51.19 Å		56.19 Å
4	2 kV	As	7 seconds O ₂ plasma (no bias)	47.15 Å	47.57 Å	49.93 Å
5	2 kV	As	3 seconds SiH ₂ /O ₂ plasma (no bias)	56.73 Å		59.52 Å

[0051]

[0052]

기관 1에 대해, 주입 이후 인-시튜 노출은 발생하지 않는다. 비소 산화물층은 비소가 알신 가스와 함께 수분에 노출될 때 자연적으로 형성된다. 비소 산화물층은 첫째 날에 34.85Å의 두께로 형성됐고, 5일째 되는 날 그 두께는 42.65Å으로 증가됐다.

[0053]

기관 2에 대해, 주입된 필름은 플라즈마를 때리지 아니한 채로 10초 동안 산소 가스에 노출되었다. 비소 산화물층은 37.38Å의 두께로 형성됐다. 5일째 되는 날 그 두께는 36.75Å으로 감소됐다. 생산된 알신 가스의 양은 탐지 불가능했다.

[0054]

기관 3에 대해, 주입된 필름은 바이어스를 가하지 아니한 채로 3초 동안 산소 플라즈마에 노출되었다. 비소 산화물층은 51.19Å의 두께로 형성됐다. 5일째 되는 날 그 두께는 56.19Å으로 증가됐다. 생산된 알신 가스의 양은 탐지 불가능했다.

[0055]

기관 4에 대해, 주입된 필름은 바이어스를 가하지 아니한 채로 7초 동안 산소 플라즈마에 노출되었다. 비소 산화물층은 47.15Å의 두께로 형성됐고, 3일째 되는 날에 47.57Å으로 증가됐으며 5일째 되는 날에 49.93Å으로 증가됐다. 생산된 알신 가스의 양은 탐지 불가능했다.

[0056]

기관 5에 대해, 이산화규소층은 3초 동안 SiH₂ 및 O₂의 플라즈마를 유입시킴으로써 주입된 필름 위에 증착됐다. 이산화규소층은 56.73Å의 두께로 형성됐다. 5일째 되는 날 그 두께는 59.52Å으로 증가됐다. 생산된 알신 가스의 양은 탐지 불가능했다.

[0057]

기관 1-4에 대한 알신 방출(evolution)이 도 4에서 도시된다. 도 4로부터 볼 수 있는 것처럼, 인-시튜로 형성된 산화물층을 갖지 않는 기관 1은 산화물층을 형성하기 위하여 처음에 많은 양의 알신 가스를 허용한다. 반면, 기관 2-4는 형성되도록 허용되는 훨씬 적은 양의 알신 가스를 갖는다. 위에서 논의된 것처럼, 기관 2-4는 층이 주입되었던 챔버와 동일한 챔버 내에서 인-시튜로 산소에 노출되고, 따라서 수분에 노출될 때 알신 가스를 생산하는데 이용가능한 적은 비소를 갖는다. 적은 알신이 형성되기 때문에 기관 2-4는 다루기가 훨씬 쉬워진다.

[0058]

인-시튜로 도펀트 주입된 필름을 산화시키는 것 및/또는 인-시튜로 도펀트 주입된 필름 위에 캐핑층을 증착하는 것은, 수분에 층 스택이 노출될 때 생산될 수 있는 유독성 및/또는 가연성 가스들의 양을 감소시킨다. 또한, 주입 및 산화(또는 캐핑) 단계가, 기관이 주입과 산화/캐핑 프로세스 사이에서 진공 하에 남아 있는 동안은, 개별 챔버들에서 수행될 수 있음이 고려된다.

[0059]

전술한 바는 본 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 그리고 추가적인 실시예들이 본 발명의 기본 범위로부터 벗어나지 않고 고안될 수 있고, 본 발명의 범위는 다음의 청구범위에 의해 결정된다.

도면의 간단한 설명

[0012]

본 발명의 상기 언급된 특징들이 더욱 상세하게 이해될 수 있도록, 상기에서 간략히 요약된 본 발명의 더욱 구체적인 설명들은 실시예를 참고로 이루어질 수 있고, 이 실시예의 일부는 첨부된 도면에서 도시된다. 하지만, 첨부된 도면들은 본 발명의 오직 전형적인 실시예만을 도시하는 것이므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 여겨져서는 안 되며, 본 발명은 다른 동등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있음에 유의한다.

[0013]

도 1a-1b는 본 발명을 실행하는데 적절한 플라즈마 임벌션 이온 주입 튜(plasma immersion ion implantation

tool)의 일 실시예를 도시한다.

[0014] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 도펀트 산화물 형성 프로세스를 위한 방법을 도시하는 프로세스 도면이다.

[0015] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 인-시튜(in-situ) 캡핑 프로세스를 위한 방법을 도시하는 프로세스 도면이다.

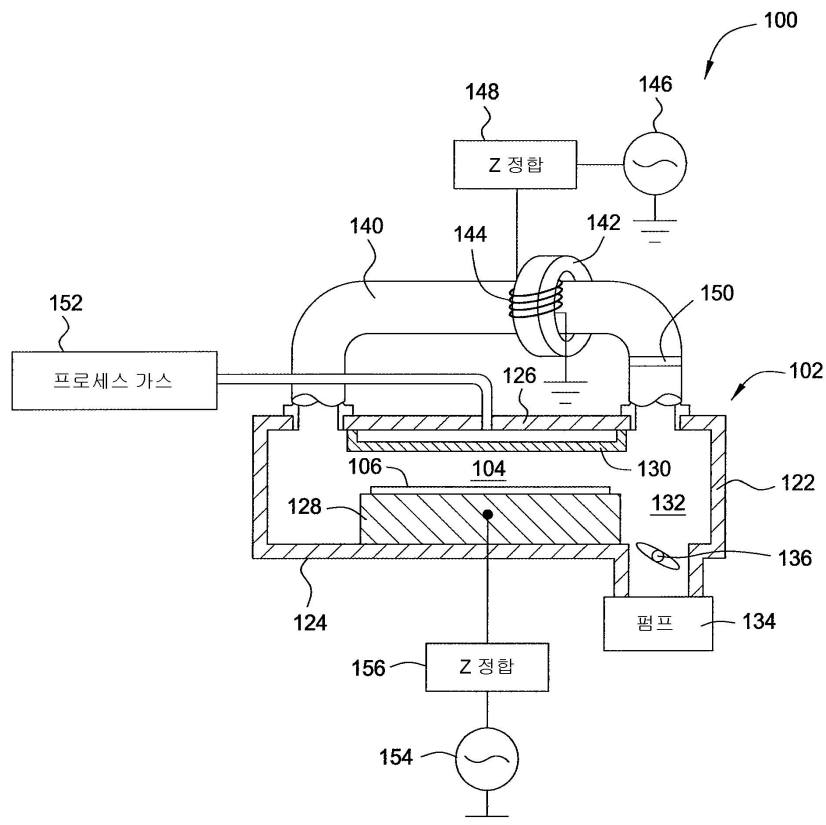
[0016] 도 4는 시간에 따른 아르신 가스 형성을 도시하는 그래프이다.

[0017] 이해를 돕기 위해, 동일한 도면 부호가 가능한 도면들에서 공통적인 동일한 요소들을 지칭하는데 사용되었다. 일 실시예의 요소 및 특징들은 추가적인 인용 없이 다른 실시예에 유리하게 통합될 수 있음이 고려된다.

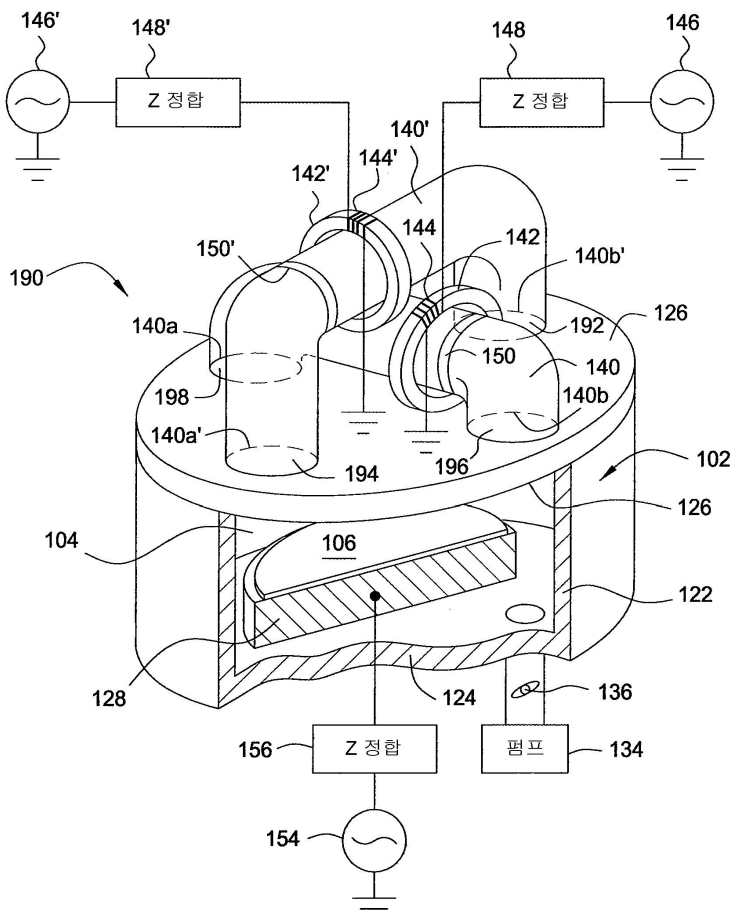
[0018] 첨부된 도면들은 오직 본 발명의 예시적 실시예들만을 도시하므로 그 범위를 제한하는 것으로 여겨져서는 안 되며, 본 발명은 다른 동등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있음에 유의한다.

도면

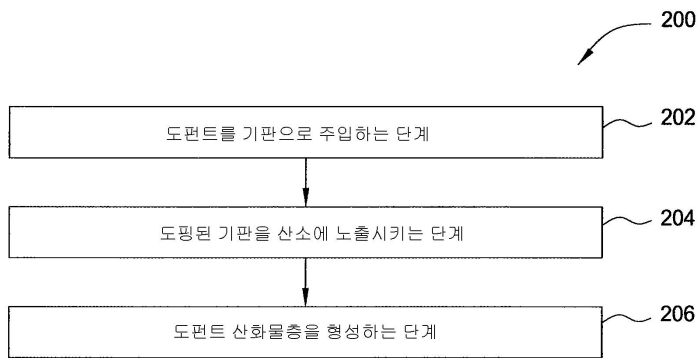
도면1a



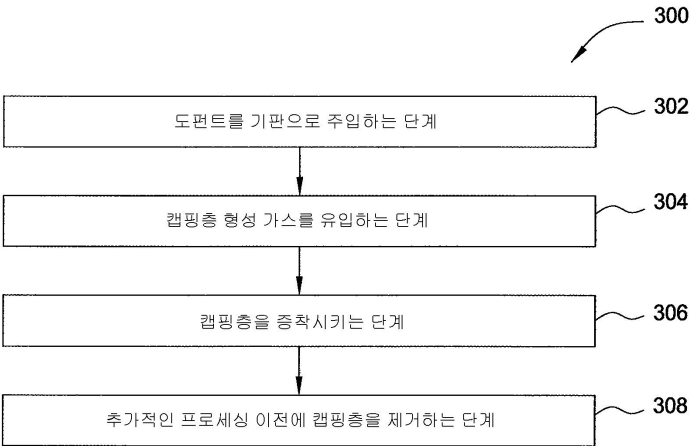
도면1b



도면2



도면3



도면4

