(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월16일
(11) 등록번호 10-2500931
(24) 등록일자 2023년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02274 (2013.01)
H01L 21/02109 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0033121
(22) 출원일자 2016년03월21일
심사청구일자 2021년03월18일
(65) 공개번호 10-2016-0114514
(43) 공개일자 2016년10월05일
(30) 우선권주장
14/666,953 2015년03월24일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20080113110 A1*
US20090280267 A1*
WO2013133110 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
샤이크 화야즈
미국, 오리건 97219, 포틀랜드, 사우스웨스트 텍사스 스트리트 4966
레디 시리쉬
미국, 오리건 97127, 힐스보로, 아파트 2028, 노스웨스트 오버룩 드라이브 2994
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

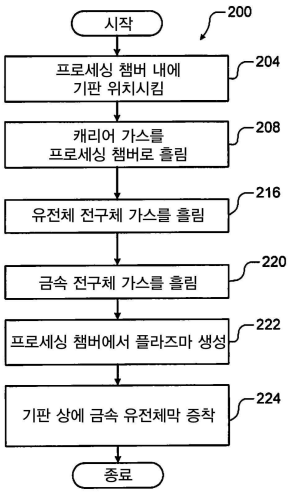
전체 청구항 수 : 총 25 항 심사관 : 양진석

(54) 발명의 명칭 **하드마스크들을 위한 금속 유전체 막의 증착**

(57) 요 약

금속 유전체 막을 증착하기 위한 시스템 및 방법은 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 프로세싱 챔버 내에 기판을 배치하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 캐리어 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 유전체 전구체 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 금속 전구체 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 단계; 및 500 ℃ 미만인 프로세스 온도에서 기판 상에 금속 유전체 막을 증착하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01L 21/205 (2013.01)
H01L 21/76801 (2013.01)
H05H 1/46 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법에 있어서,

PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 프로세싱 챔버 내에 기판을 배치하는 단계;

상기 PECVD 프로세싱 챔버로 캐리어 가스를 공급하는 단계;

상기 PECVD 프로세싱 챔버로 유전체 전구체 가스를 공급하는 단계;

상기 PECVD 프로세싱 챔버로 금속 전구체 가스를 공급하는 단계;

상기 PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 단계; 및

500 ℃ 미만인 프로세스 온도에서 상기 기판 상에 상기 텅스텐 카바이드 막을 증착하는 단계를 포함하고,

상기 텅스텐 카바이드 막은 나노 결정질인, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 금속 전구체 가스는 텅스텐 전구체 가스를 포함하는, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 텅스텐 전구체 가스는 WF_a를 포함하고, 여기서 a는 1 이상의 정수인, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 텅스텐 전구체 가스는 BTBMW (bis(tert-butylimido)-bis-(dimethylamido)tungsten) 를 포함하는, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 분자 수소 (H_2), 아르곤 (Ar), 분자 질소 (N_2), 헬륨 (He), 및/또는 이들의 조합들로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 유전체 전구체 가스는 탄화수소 전구체 가스를 포함하는, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 탄화수소 전구체 가스는 C_xH_y를 포함하고, 여기서 x는 2 내지 10의 정수이고, y는 2 내지 24의 정수인, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 유전체 전구체 가스는 나이트라이드계 전구체 가스를 포함하는, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 탄화수소 전구체 가스는 메탄, 아세틸렌, 에틸렌, 프로필렌, 부탄, 사이클로헥산, 벤젠 및 톨루엔으로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 PECVD 프로세싱 챔버는 페데스탈로부터 이격된 관계로 배치된 제 1 전극을 포함하고,

상기 페데스탈은 제 2 전극을 포함하고, 그리고

플라즈마 생성기로부터의 RF 전력이 상기 제 2 전극으로 공급되고 상기 제 1 전극은 접지되는, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 샤워헤드를 포함하는, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 유전체 전구체 가스에 대한 상기 금속 전구체의 분율은 20 %보다 큰, 기판 상에 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법에 있어서,

PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 프로세싱 챔버 내에 기판을 배치하는 단계;

상기 PECVD 프로세싱 챔버로 캐리어 가스를 공급하는 단계;

상기 PECVD 프로세싱 챔버로 유전체 전구체 가스를 공급하는 단계;

상기 PECVD 프로세싱 챔버로 금속 전구체 가스를 공급하는 단계;

상기 PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 단계; 및

상기 기판 상에 상기 텅스텐 카바이드 막을 증착하는 단계를 포함하고,

상기 PECVD 프로세싱 챔버는 페데스탈로부터 이격된 관계로 배치된 제 1 전극을 포함하고;

상기 페데스탈은 제 2 전극을 포함하고, 그리고

플라즈마 생성기로부터의 RF 전력이 상기 제 2 전극으로 공급되고 상기 제 1 전극은 접지되고,

상기 텅스텐 카바이드 막은 나노 결정질인, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 금속 전구체 가스는 텅스텐 전구체 가스를 포함하는, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 텅스텐 전구체 가스는 WF_a를 포함하고, 여기서 a는 1 이상의 정수인, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 텅스텐 전구체 가스는 BTBMW (bis(tert-butylimido)-bis-(dimethylamido)tungsten) 를 포함하는, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 21

제 16 항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 분자 수소 (H_2), 아르곤 (Ar), 분자 질소 (N_2), 헬륨 (He), 및/또는 이들의 조합들로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 22

제 16 항에 있어서,

상기 유전체 전구체 가스는 탄화수소 전구체 가스를 포함하는, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 탄화수소 전구체 가스는 C_xH_y를 포함하고, 여기서 x는 2 내지 10의 정수이고, y는 2 내지 24의 정수인, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 24

제 16 항에 있어서,

상기 유전체 전구체 가스는 나이트라이드계 전구체 가스를 포함하는, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 25

제 23 항에 있어서,

상기 탄화수소 전구체 가스는 메탄, 아세틸렌, 에틸렌, 프로필렌, 부탄, 사이클로헥산, 벤젠 및 톨루엔으로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 26

삭제

청구항 27

제 16 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 샤워헤드를 포함하는, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 28

제 16 항에 있어서,

상기 유전체 전구체 가스에 대한 상기 금속 전구체 가스의 분율은 20 %보다 큰, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 방법.

청구항 29

삭제

청구항 30

텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 기판 프로세싱 시스템에 있어서,

페데스탈을 포함하는 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 프로세싱 챔버;

캐리어 가스, 유전체 전구체 가스 및 금속 전구체 가스 중 적어도 하나를 선택적으로 공급하도록 구성된 가스 전달 시스템;

상기 PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 선택적으로 생성하도록 구성된 플라즈마 생성기; 및

제어기를 포함하고,

상기 제어기는 상기 가스 전달 시스템 및 상기 플라즈마 생성기와 통신하도록 구성되고, 또한

상기 캐리어 가스, 상기 유전체 전구체 가스 및 상기 금속 전구체 가스를 상기 PECVD 프로세싱 챔버로 공급하고,

상기 PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 스트라이킹하고, 그리고

500 ℃ 미만의 프로세스 온도에서 상기 기판 상에 상기 텅스텐 카바이드 막을 증착하도록 구성되고,

상기 텅스텐 카바이드 막은 나노 결정질인, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 기판 프로세싱 시스템.

청구항 31

텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 기판 프로세싱 시스템에 있어서,

페데스탈을 포함하는 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 프로세싱 챔버;

상기 페데스탈로부터 이격된 관계로 배치되고 접지되는 제 1 전극으로서, 상기 페데스탈은 제 2 전극을 포함하는, 상기 제 1 전극;

캐리어 가스, 유전체 전구체 가스 및 금속 전구체 가스 중 적어도 하나를 상기 PECVD 프로세싱 챔버로 선택적으로 공급하도록 구성된 가스 전달 시스템;

상기 제 2 전극에 RF 전력을 공급함으로써 상기 PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 선택적으로 생성하도록 구성된 플라즈마 생성기; 및

제어기를 포함하고,

상기 제어기는 상기 가스 전달 시스템 및 상기 플라즈마 생성기와 통신하도록 구성되고, 또한

상기 캐리어 가스, 상기 유전체 전구체 가스 및 상기 금속 전구체 가스를 상기 PECVD 프로세싱 챔버로 공급하고,

상기 PECVD 프로세싱 챔버 내에서 상기 플라즈마를 스트라이킹하고, 그리고

상기 기판 상에 상기 텅스텐 카바이드 막을 증착하도록 구성되고,

상기 텅스텐 카바이드 막은 나노 결정질인, 텅스텐 카바이드 막을 증착하기 위한 기판 프로세싱 시스템.

청구항 32

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 기판 프로세싱 시스템들 및 방법들, 보다 구체적으로 기판들 상에 하드마스크들을 증착하기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 본 명세서에 제공된 배경기술 설명은 일반적으로 본 개시의 맥락을 제공하기 위한 것이다. 본 발명자들의 성과로서 본 배경기술 섹션에 기술되는 정도의 성과 및 출원시 종래 기술로서 인정되지 않을 수도 있는 기술의 양태들은 본 개시에 대한 종래 기술로서 명시적으로나 암시적으로 인정되지 않는다.

[0003] 증착 및/또는 에칭을 수행하기 위한 기판 프로세싱 시스템들은 페데스탈을 갖는 프로세싱 챔버를 포함한다. 반도체 웨이퍼와 같은 기판은 페데스탈 상에 배치될 수도 있다. 예를 들어 CVD (chemical vapor deposition) 프로세스에서, 하나 이상의 전구체들을 포함하는 가스 혼합물은 기판 상에 막을 증착하거나 기판을 에칭하기 위해 프로세싱 챔버 내로 도입될 수도 있다. 일부 기판 프로세싱 시스템들에서, 플라즈마는 화학 반응들을 활성화하도록 사용될 수도 있고 본 명세서에서 PECVD (plasma enhanced CVD) 로 지칭된다.

[0004] 비정질 탄소막 및 실리콘막은 기판 프로세싱 동안 고 종횡비 피처들을 에칭하기 위한 하드마스크들로서 사용될 수도 있다. 예를 들어 3D 메모리 애플리케이션들에서, 하드마스크막은 매우 에칭 선택적일 것이다. 그 결과, 하드마스크막은 보다 높은 모듈러스 (modulus), 보다 치밀하고 보다 에칭-화학물질-내성 본딩 매트리스들을 가져야 한다. 개방 프로세스 동안 하드마스크막을 제거할 수 있는 것과 유전체 에칭 프로세스들에 대해 고 선택도를 갖는 것 사이에 균형이 깨진다.

[0005] 텅스텐 카바이드막은 결정질이고 하드 코팅되는 것으로 간주된다. 텅스텐 카바이드는 우수한 하드마스크막으로서 작용할 수 있다. 그러나, 텅스텐 카바이드막은 통상적으로 제거하기 어렵다. 텅스텐 카바이드막은 보통 PECVD 이외의 방법들을 사용하여 증착된다. 텅스텐 카바이드막이 PECVD를 사용하여 증착되는 동안, 매우 높은 프로세스 온도들 (대략 800 ℃) 이 사용된다. 예를 들어, H. Zheng 등의 "Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition Nanocrystalline Tungsten Carbide Thin Film and Its Electro-catalytic Activity", Journal of Material Science Technologies, Vol. 21, No. 4 2005, pp 545-548을 참조하라. PECVD에서 사용된 보다 높은 프로세싱 온도들은 종종 많은 애플리케이션들에서 적합하지 않다.

발명의 내용

[0006] 기판 상에 금속 유전체 막을 증착하기 위한 방법은 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 프로세싱 챔버 내에 기판을 배치하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 캐리어 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 유전체 전구체 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 금속 전구체 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 단계; 및 500 ℃ 미만인 프로세스 온도에서 기판 상에 금속 유전체 막을 증착하는 단계를 포함한다.

[0007] 다른 특징들에서, 금속 전구체 가스는 티타늄 전구체 가스, 탄탈룸 전구체 가스, 텅스텐 전구체 가스, 및 바나듐 전구체 가스로 구성된 그룹으로부터 선택된다.

[0008] 다른 특징들에서, 금속 전구체 가스는 텅스텐 전구체 가스를 포함한다. 텅스텐 전구체 가스는 WF_a를 포함하고, 여기서 a는 1 이상의 정수이다. 텅스텐 전구체 가스는 BTBMW (bis(tert-butylimido)-bis-(dimethylamido)tungsten) 를 포함한다. 캐리어 가스는 분자 수소 (H_2), 아르곤 (Ar), 분자 질소 (N_2), 헬륨 (He), 및/또는 이들의 조합들로 구성된 그룹으로부터 선택된다.

[0009] 다른 특징들에서, 유전체 전구체 가스는 탄화수소 전구체 가스를 포함한다. 탄화수소 전구체 가스는 C_xH_y를 포함하고, 여기서 x는 2 내지 10의 정수이고 y는 2 내지 24의 정수이다. 유전체 전구체 가스는 나이트라이드계 전구체 가스를 포함한다. 탄화수소 전구체 가스는 메탄, 아세틸렌, 에틸렌, 프로필렌, 부탄, 사이클로헥산, 벤젠 및 톨루엔으로 구성된 그룹으로부터 선택된다. 금속 유전체 막은 나노 결정질이다.

[0010] 다른 특징들에서, PECVD 프로세싱 챔버는 페데스탈로부터 이격된 관계로 배치된 제 1 전극을 포함한다. 페데스탈은 제 2 전극을 포함한다. 플라즈마 생성기로부터의 RF 전력이 제 2 전극으로 공급되고 제 1 전극은 접지된다.

[0011] 다른 특징들에서, 제 1 전극은 샤워헤드를 포함한다. 유전체 전구체 가스에 대한 금속 전구체 가스의 분율은 20 %보다 크다.

[0012] 금속 유전체 막을 증착하기 위한 방법은, PECVD 프로세싱 챔버 내에 기판을 배치하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 캐리어 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 유전체 전구체 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버로 금속 전구체 가스를 공급하는 단계; PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 단계; 및 기판 상에 금속 유전체 막을 증착하는 단계를 포함한다. PECVD 프로세싱 챔버는 페데스탈로부터 이격된 관계로 배치된 제 1 전극을 포함한다. 페데스탈은 제 2 전극을 포함한다. 플라즈마 생성기로부터의 RF 전력이 제 2 전극으로 공급되고 제 1 전극은 접지된다.

[0013] 다른 특징들에서, 금속 전구체 가스는 티타늄 전구체 가스, 탄탈륨 전구체 가스, 텅스텐 전구체 가스, 및 바나듐 전구체 가스로 구성된 그룹으로부터 선택된다.

[0014] 다른 특징들에서, 금속 전구체 가스는 텅스텐 전구체 가스를 포함한다. 텅스텐 전구체 가스는 WF_a를 포함하고, 여기서 a는 1 이상의 정수이다. 텅스텐 전구체 가스는 BTBMW (bis(tert-butylimido)-bis-(dimethylamido)tungsten) 를 포함한다. 캐리어 가스는 분자 수소 (H_2), 아르곤 (Ar), 분자 질소 (N_2), 헬륨 (He), 및/또는 이들의 조합들로 구성된 그룹으로부터 선택된다.

[0015] 다른 특징들에서, 유전체 전구체 가스는 탄화수소 전구체 가스를 포함한다. 탄화수소 전구체 가스는 C_xH_y를 포함하고, 여기서 x는 2 내지 10의 정수이고 y는 2 내지 24의 정수이다. 탄화수소 전구체 가스는 메탄, 아세틸렌, 에틸렌, 프로필렌, 부탄, 사이클로헥산, 벤젠 및 톨루엔으로 구성된 그룹으로부터 선택된다.

[0016] 다른 특징들에서, 유전체 전구체 가스는 나이트라이드계 전구체 가스를 포함한다. 금속 유전체 막은 나노 결정질이다.

[0017] 다른 특징들에서, 제 1 전극은 샤워헤드를 포함한다. 유전체 전구체 가스에 대한 금속 전구체 가스의 분율은 20 %보다 크다.

[0018] 금속 유전체 막을 증착하기 위한 기판 프로세싱 시스템은 페데스탈을 포함하는 PECVD 프로세싱 챔버를 포함한다. 가스 전달 시스템은 캐리어 가스, 유전체 전구체 가스 및 금속 전구체 가스 중 적어도 하나를 선택적으로 공급하도록 구성된다. 플라즈마 생성기는 PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 선택적으로 생성하도록 구성된다. 제어기는 가스 전달 시스템 및 플라즈마 생성기와 통신하도록 구성되고, 또한, 캐리어 가스, 유전체 전구체 가스 및 금속 전구체 가스를 PECVD 프로세싱 챔버로 공급하고, PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 스트라이킹하고, 그리고 500 ℃ 미만의 프로세스 온도에서 기판 상에 금속 유전체 막을 증착하도록 구성된다.

[0019] 금속 유전체 막을 증착하기 위한 기판 프로세싱 시스템은 페데스탈을 포함하는 PECVD 프로세싱 챔버를 포함한다. 제 1 전극은 페데스탈로부터 이격된 관계로 배치된다. 페데스탈은 제 2 전극을 포함한다. 제 1 전극은 접지된다. 가스 전달 시스템은 캐리어 가스, 유전체 전구체 가스 및 금속 전구체 가스 중 적어도 하나를 PECVD 프로세싱 챔버로 선택적으로 공급하도록 구성된다. 플라즈마 생성기는 제 2 전극에 RF 전력을 공급함으로써 PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 선택적으로 생성하도록 구성된다. 제어기는, 가스 전달 시스템

및 플라즈마 생성기와 통신하도록 구성되고, 또한 캐리어 가스, 유전체 전구체 가스 및 금속 전구체 가스를 PECVD 프로세싱 챔버로 공급하고, PECVD 프로세싱 챔버 내에서 플라즈마를 스트라이킹하고, 그리고 기판 상에 금속 유전체 막을 증착하도록 구성된다.

[0020] 본 개시의 추가 적용가능 영역들은 상세한 기술, 청구항들 및 도면들로부터 명백해질 것이다. 상세한 기술 및 구체적인 예들은 단지 예시를 목적으로 의도되고, 본 개시의 범위를 제한하는 것으로 의도되지 않았다.

도면의 간단한 설명

[0021] 본 개시는 상세한 기술 및 첨부된 도면들로부터 보다 완전히 이해될 것이다.

도 1은 500 ℃ 미만의 온도들에서 텅스텐 카바이드막과 같은 금속 유전체 막을 증착하기 위한 PECVD 기판프로세싱 챔버의 예를 예시하는 기능 블록도이다.

도 2는 본 개시에 따라 금속 유전체 막을 증착하기 위한 방법의 예를 예시하는 흐름도이다.

도 3은 본 개시에 따라 증착된 예시적인 텅스텐 카바이드막에 대한 2Θ (도) 함수로서 강도 (카운트) 를 예시하는 그래프이다.

도면들에서, 참조 번호들은 유사한/하거나 동일한 엘리먼트들을 식별하기 위해 재사용될 수도 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 개시에 따른 시스템들 및 방법들은 500 ℃ 미만의 온도들에서 PECVD 기판 프로세싱 챔버 내에서 금속 유전체 막을 증착하기 위해 사용된다. 일부 예들에서, 유전체막은 탄소계 또는 나이트라이드계일 수 있다. 일부 예들에서, 금속은 텅스텐, 티타늄, 탄탈룸, 또는 바나듐일 수 있다.

[0023] 단지 예를 들면, 유전체막은 텅스텐 카바이드일 수도 있다. 막 내의 나노 결정질 구조 및 치밀한 탄소의 풍부한 농도로 인해, 텅스텐 카바이드막은 유전체 에칭 화학물질들에 대해 에칭 선택적인 하드마스크막으로서 사용될 수 있다.

[0024] 금속 유전체 막은 PECVD 기판 프로세싱 챔버 내에서 증착된다. 일부 예들에서, 금속 유전체 막은 500 ℃ 미만의 프로세스 온도들에서 PECVD를 사용하여 증착된다. 일부 예들에서, 금속 유전체 막은 400 ℃ 내지 500 ℃의 프로세스 온도들에서 PECVD를 사용하여 증착된다. 이들 프로세스 온도들은 새로운 애플리케이션들을 위해 금속 유전체 막의 사용을 인에이블한다.

[0025] 전술한 기술의 부분들은 텅스텐 카바이드막의 증착과 관련되지만, 본 개시는 이로 제한되는 것은 아니지만, 티타늄 카바이드 (TiC), 탄탈룸 카바이드 (TaC), 탄탈룸 나이트라이드 (TaN), 바나듐 카바이드 (VC), 등과 같은 다른 금속 유전체 막들에 적용된다.

[0026] 일부 예들에서, 프로세스 가스는 유전체 전구체 가스를 포함한다. 일부 예들에서, 프로세스 가스는 WF_a (a는 0 보다 큰 정수), BTBMW (bis(tert-butylimido)-bis-(dimethylamido)tungsten) 전구체 또는 다른 적합한 텅스텐 전구체들과 같은 텅스텐 전구체 가스를 포함한다. 일부 예들에서, 텅스텐 전구체 가스는 텅스텐 헥사플루오라이드 (WF_6) 이다.

[0027] 일부 예들에서, 프로세스 가스는 C_xH_y와 같은 탄화수소 전구체 가스를 더 포함하고, 여기서 x는 2 내지 10의 정수이고 y는 2 내지 24의 정수이다. 일부 예들에서, 탄화수소 전구체 가스는 메탄, 아세틸렌, 에틸렌, 프로필렌, 부탄, 사이클로헥산, 벤젠 또는 톨루엔을 포함할 수도 있다.

[0028] 일부 예들에서, 텅스텐 전구체 가스는 PECVD 증착 반응기에서 탄화수소 전구체 가스 및 하나 이상의 캐리어 가스들과 혼합된다. 일부 예들에서, 캐리어 가스들은 분자 수소 (H_2), 아르곤 (Ar), 분자 질소 (N_2), 헬륨 (He) 또는 이의 혼합물들을 포함한다.

[0029] 증착되는 텅스텐 카바이드막은 나노 사이즈 결정질 구조를 갖고 충분한 에칭 선택도를 제공한다. 텅스텐 카바이드막은 또한 용이하게 제거될 수 있다. 따라서, 텅스텐 카바이드막은 보다 낮은 프로세스 온도 상한 (ceiling) 을 요구하는 애플리케이션들의 하드마스크들로 매우 우수한 후보이다.

[0030] 다른 예들에서, 나이트라이드계 전구체 가스 및/또는 다른 금속계 전구체 가스가 사용될 수도 있다.

[0031] 이제 도 1을 참조하면, 금속 유전체 막의 PECVD 증착을 수행하기 위한 기판 프로세싱 시스템 (100) 의 예가 도시된다. 기판 프로세싱 시스템 (100) 은 기판 프로세싱 시스템 (100) 의 다른 컴포넌트들을 둘러싸고 RF 플라즈마를 담는 프로세싱 챔버 (102) 를 포함한다. 기판 프로세싱 시스템 (100) 은 상부 전극 (104) 및 하부 전극 (107) 을 포함하는 페데스탈 (106) 을 포함한다. 기판 (108) 은 상부 전극 (104) 과 하부 전극 (107) 사이의 페데스탈 (106) 상에 배치된다.

[0032] 단지 예를 들면, 상부 전극 (104) 은 프로세스 가스들을 도입하고 분배하는 샤워헤드 (109) 를 포함할 수도 있다. 대안적으로, 상부 전극 (104) 은 도전 플레이트를 포함할 수도 있고 프로세스 가스들은 또 다른 방식으로 도입될 수도 있다. 하부 전극 (107) 은 비도전성 페데스탈 내에 배치될 수도 있다. 대안적으로, 페데스탈 (106) 은 하부 전극 (107) 으로서 작용하는 도전성 플레이트를 포함하는 정전 척을 포함할 수도 있다.

[0033] RF 생성 시스템 (110) 은 RF 전력을 생성하고 상부 전극 및 하부 전극 중 하나로 출력한다. 상부 전극 및 하부 전극 중 다른 하나는 DC 접지되거나 AC 접지되거나 플로팅 (floating) 할 수도 있다. 단지 예를 들면, RF 생성 시스템 (110) 은 매칭 및 분배 네트워크 (112) 에 의해 상부 전극 (104) 또는 하부 전극 (107) 에 피드된 (feed) RF 전력을 생성하는 RF 전압 생성기 (111) 를 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 도 1에 도시된 바와 같이 RF 전력은 하부 전극 (107) 으로 전달되고 상부 전극 (104) 은 접지된다.

[0034] 가스 전달 시스템 (130) 의 예가 도 1에 도시된다. 가스 전달 시스템 (130) 은 하나 이상의 가스 소스들 (132-1, 132-2, ..., 및 132-N) (집합적으로 가스 소스들 (132)) 을 포함하고, N은 0보다 큰 정수이다. 가스 소스들은 금속 전구체들, 유전체 전구체들, 캐리어 가스들, 및 이들의 혼합물들 중 하나 이상을 공급한다. 기화된 전구체가 또한 사용될 수도 있다. 가스 소스들 (132) 은 밸브들 (134-1, 134-2, ..., 및 134-N) (집합적으로 밸브들 (134)) 및 질량 유량 제어기들 (mass flow controllers) (136-1, 136-2, ..., 및 136-N (집합적으로 질량 유량 제어기들 (136)) 에 의해 매니폴드 (140) 에 연결된다. 매니폴드 (140) 의 출력은 프로세싱 챔버 (102) 로 피드된다. 단지 예를 들면, 매니폴드 (140) 의 출력은 샤워헤드 (109) 로 피드된다.

[0035] 히터 (142) 는 페데스탈 (106) 을 가열하기 위해 페데스탈 (106) 에 배치된 히터 코일 (미도시) 에 연결될 수도 있다. 히터 (142) 는 페데스탈 (106) 및 기판 (108) 의 온도를 제어하도록 사용될 수도 있다. 밸브 (150) 및 펌프 (152) 는 프로세싱 챔버 (102) 로부터 반응물질들을 배기하도록 사용될 수도 있다. 제어기 (160) 는 기판 프로세싱 시스템 (100) 의 다양한 컴포넌트들을 제어하도록 사용될 수도 있다. 단지 예를 들면, 제어기 (160) 는 프로세스 가스, 캐리어 가스 및 전구체 가스의 흐름, 플라즈마를 스트라이킹하고 소화시키는 것, 반응물질들의 제거, 챔버 파라미터들의 모니터링, 등을 제어하도록 사용될 수도 있다.

[0036] 이제 도 2를 참조하면, 본 개시에 따라 금속 유전체 막을 증착하기 위한 방법 (200) 이 도시된다. 204에서, 기판은 PECVD 프로세싱 챔버 내에 위치된다. 208에서, 캐리어 가스는 프로세싱 챔버로 공급된다. 일부 예들에서, 캐리어 가스는 분자 수소 (H_2), 아르곤 (Ar), 분자 질소 (N_2), 헬륨 (He), 및/또는 이들의 조합들을 포함할 수도 있다.

[0037] 216에서, 유전체 전구체 가스는 프로세싱 챔버로 공급된다. 일부 예들에서, 유전체 전구체 가스는 나이트라이드계 전구체 또는 탄화수소 전구체 가스를 포함한다. 일부 예들에서, 탄화수소 전구체 가스는 C_xH_y를 포함할 수도 있고, 여기서 x는 내지 10의 정수이고 y는 2 내지 24의 정수이다. 일부 예들에서, 탄화수소 전구체 가스는 메탄, 아세틸렌, 에틸렌, 프로필렌, 부탄, 사이클로헥산, 벤젠 또는 톨루엔을 포함할 수도 있다.

[0038] 220에서, 금속 전구체 가스는 프로세싱 챔버로 공급된다. 일부 예들에서, 금속 전구체 가스는 텅스텐 전구체 가스, 탄탈룸 전구체 가스, 티타늄 전구체 가스, 바나듐 전구체 가스, 등을 포함한다. 일부 예들에서, 텅스텐 전구체 가스는 WF_a (a는 0보다 큰 정수), BTBMW (bis(tert-butylimido)-bis-(dimethylamido)tungsten) 전구체 가스 또는 다른 적합한 텅스텐 전구체 가스들을 포함한다. 222에서, 플라즈마는 프로세싱 챔버 내에서 생성된다. 일부 예들에서, RF 전력은 하부 전극으로 공급되고 상부 전극은 접지된다. 224에서, 금속 유전체 막은 기판 상에 증착된다. 금속 유전체 막은 후속하는 기판 프로세싱 동안 하드마스크로서 사용될 수도 있다. 일부 예들에서, 금속 유전체 막은 텅스텐 카바이드막, 탄탈룸 카바이드막, 탄탈룸 나이트라이드막, 바나듐 카바이드막, 등을 포함한다.

[0039] 이제 도 3을 참조하면, 강도 (카운트) 가 2Θ (도) 의 함수로 도시된다. 텅스텐 카바이드막은 상대적으로 작은 결정질 구조를 갖는다. 일 예에서, 결정질 구조는 100 % 결정도를 갖는 1.7 ㎚ ± 0.2 ㎚였다.

[0040] 일부 예들에서, 캐리어 가스는 아르곤이고, 탄화수소 전구체 가스는 CH_4이고 텅스텐 전구체 가스는 WF_6이다. 일

부 예들에서, 탄화수소 전구체 가스에 대한 텅스텐 전구체 가스의 분율은 20 %보다 크다. 일부 예들에서, CH_4에 대한 WF_6의 분율은 20 %보다 크다. 일부 예들에서, 프로세스 압력은 3 Torr 내지 7 Torr이다. 일부 예들에서, 프로세스 압력은 4 Torr 내지 6 Torr이다. 일부 예들에서 프로세스 압력은 5 Torr이다.

[0041] 일부 예들에서, 고주파수 (HF) 전력은 13.56 ㎒의 주파수로 공급되지만 다른 주파수들이 사용될 수도 있다.

[0042] 일부 예들에서, 저주파수 (LF) 전력은 800 ㎑ 이하의 주파수로 공급된다. 다른 예들에서, 저주파수 전력은 600 ㎑ 이하의 주파수로 공급된다. 다른 예들에서, 저주파수 전력은 500 ㎑ 이하의 주파수로 공급된다. 또 다른 예들에서, 저주파수 전력은 400 ㎑의 주파수로 공급된다.

[0043] 일부 예들에서, 고주파수 RF (radio frequency) 전력은 저주파수 RF 전력보다 보다 크다. 일부 예들에서, 고주파수 RF 전력은 2400 W 이하이다. 다른 예들에서, 고주파수 RF 전력은 2200 W 이하이다. 또 다른 예들에서, 고주파수 RF 전력은 2000 W이다.

[0044] 일부 예들에서, 저주파수 (LF) RF 전력은 2000 W 이하이다. 다른 예들에서, 저주파수 RF 전력은 1800 W 이하이다. 또 다른 예들에서, 저주파수 RF 전력은 1600 W이다. 일부 예들에서, 저주파수 RF 전력은 고주파수 전력보다 약 20 % 보다 작다.

[0045] 이하의 표는 텅스텐 카바이드막을 증착하기 위한 프로세스 파라미터들의 일 예를 제시한다:

표 1

[0046]

프로세스 파라미터	값
온도	400 ℃ 내지 500 ℃
압력	5 Torr
WF_6	225 sccm
CH_4	750 sccm
Ar	5768 sccm
H_2	0 sccm
HF 전력	13.56 ㎒에서 2000 W
LF 전력	400 ㎑에서1600 W

[0048] 유사한 레시피들이 나이트라이드계 막 및/또는 다른 금속들을 증착할 때 사용될 수도 있다.

[0049] 전술한 기술은 본질적으로 단순히 예시적이고 어떠한 방식으로도 본 개시, 이의 애플리케이션, 또는 용도를 제한하도록 의도되지 않는다. 본 개시의 광범위한 교시들은 다양한 형태들로 구현될 수 있다. 따라서, 본 개시는 특별한 예들을 포함하지만, 본 개시의 진정한 범위는 다른 수정들이 도면들, 명세서, 및 이하의 청구항들을 연구함으로써 명백해질 것이기 때문에 그렇게 제한되지 않아야 한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 구 A, B, 및 C 중 적어도 하나는 비배타적인 논리 OR를 사용하여, 논리적으로 (A 또는 B 또는 C) 를 의미하는 것으로 해석되어야 하고, "적어도 하나의 A, 적어도 하나의 B, 및 적어도 하나의 C"를 의미하도록 해석되지 않아야 한다. 방법 내에서 하나 이상의 단계들은 본 개시의 원리를 변경하지 않고 다른 순서로 (또는 동시에) 실행될 수도 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0050] 일부 구현예들에서, 제어기는 상술한 예들의 일부일 수도 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 툴 또는 툴들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들 (웨이퍼 페데스탈, 가스 플로우 시스템, 등) 을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이들 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자장치에 통합될 수도 있다. 전자장치는 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위 부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭될 수도 있다. 제어기는, 시스템의 프로세싱 요건들 및/또는 타입에 따라서, 프로세싱 가스들의 전달, 온도 설정사항들 (예를 들어, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정사항들, 진공 설정사항들, 전력 설정사항들, 무선 주파수 (RF) 생성기 설정사항들, RF 매칭 회로 설정사항들, 주파수 설정사항들, 플로우 레이트 설정사항들, 유체 전달 설정사항들, 위치 및 동작 설정사항들, 툴들 및 다른 이송 툴들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스를 제어하도록 프로그램될 수도 있다.

[0051] 일반적으로 말하면, 제어기는 인스트럭션들을 수신하고 인스트럭션들을 발행하고 동작을 제어하고 세정 동작들을 인에이블하고, 엔드포인트 측정들을 인에이블하는 등을 하는 다양한 집적 회로들, 로직, 메모리, 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자장치로서 규정될 수도 있다. 집적 회로들은 프로그램 인스트럭션들을 저장하는 펌웨어의 형태의 칩들, 디지털 신호 프로세서들 (DSP), ASIC (application specific integrated circuit) 으로서 규정되는 칩들 및/또는 프로그램 인스트럭션들 (예를 들어, 소프트웨어) 을 실행하는 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 마이크로제어기들을 포함할 수도 있다. 프로그램 인스트럭션들은 반도체 웨이퍼 상에서 또는 반도체 웨이퍼에 대한 특정 프로세스를 실행하기 위한 동작 파라미터들을 규정하는, 다양한 개별 설정사항들 (또는 프로그램 파일들) 의 형태로 제어기로 또는 시스템으로 전달되는 인스트럭션들일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 옥사이드들, 실리콘, 실리콘 다이옥사이드, 표면들, 회로들, 및/또는 웨이퍼의 다이들의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.

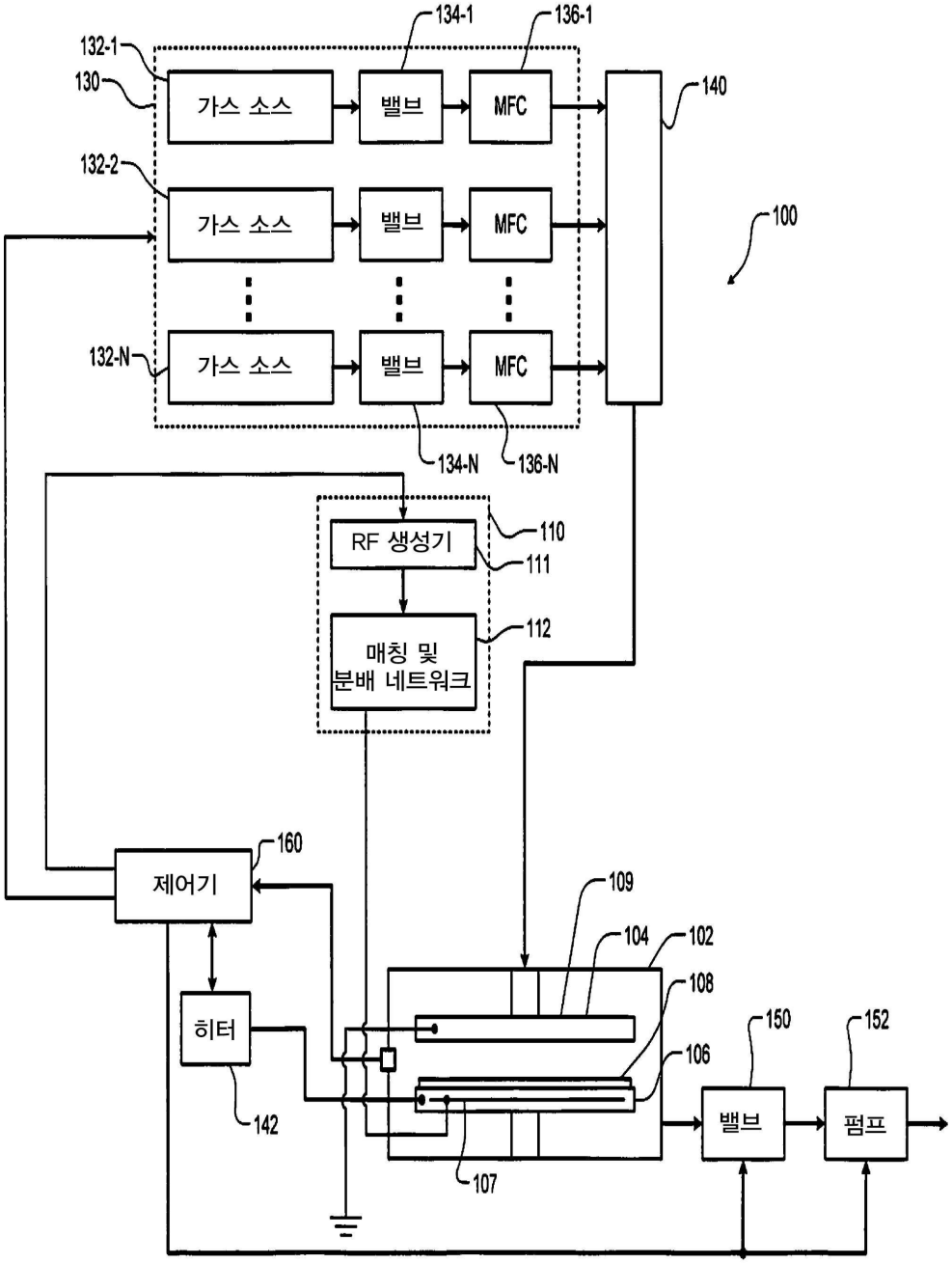
[0052] 제어기는, 일부 구현예들에서, 시스템에 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 이와 달리 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합으로 될 수 있는 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부일 수도 있다. 예를 들어, 제어기는 웨이퍼 프로세싱의 원격 액세스를 가능하게 할 수 있는 공장 (fab) 호스트 컴퓨터 시스템의 전부 또는 일부이거나 "클라우드" 내에 있을 수도 있다. 컴퓨터는 제조 동작들의 현 진행을 모니터링하고, 과거 제조 동작들의 이력을 조사하고, 복수의 제조 동작들로부터 경향들 또는 성능 계측치들을 조사하고, 현 프로세싱의 파라미터들을 변경하고, 현 프로세싱을 따르는 프로세싱 단계들을 설정하고, 또는 새로운 프로세스를 시작하기 위해서 시스템으로의 원격 액세스를 인에이블할 수도 있다. 일부 예들에서, 원격 컴퓨터 (예를 들어, 서버) 는 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수도 있는 네트워크를 통해서 프로세스 레시피들을 시스템에 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 차후에 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 전달될 파라미터들 및/또는 설정사항들의 입력 또는 프로그래밍을 가능하게 하는 사용자 인터페이스를 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 제어기는 하나 이상의 동작들 동안에 수행될 프로세스 단계들 각각에 대한 파라미터들을 특정한, 데이터의 형태의 인스트럭션들을 수신한다. 이 파라미터들은 제어기가 제어하거나 인터페이싱하도록 구성된 툴의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적일 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 상술한 바와 같이, 제어기는 예를 들어 서로 네트워킹되어서 공통 목적을 위해서, 예를 들어 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 제어들을 위해서 협력하는 하나 이상의 개별 제어기들을 포함함으로써 분산될 수도 있다. 이러한 목적들을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는, (예를 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

[0053] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, PVD (physical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, CVD (chemical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, ALD (atomic layer deposition) 챔버 또는 모듈, ALE (atomic layer etch) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 (track) 챔버 또는 모듈, 및 반도체 웨이퍼들의 제조 및/또는 제작 시에 사용되거나 연관될 수도 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템들을 포함할 수도 있다.

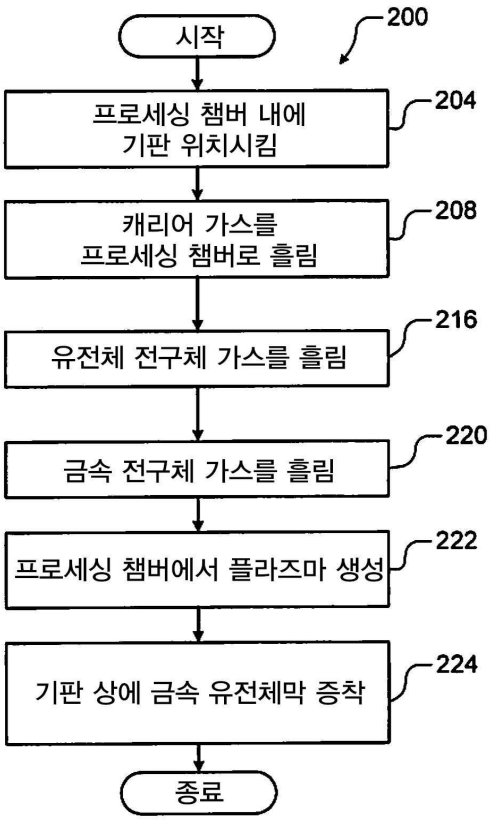
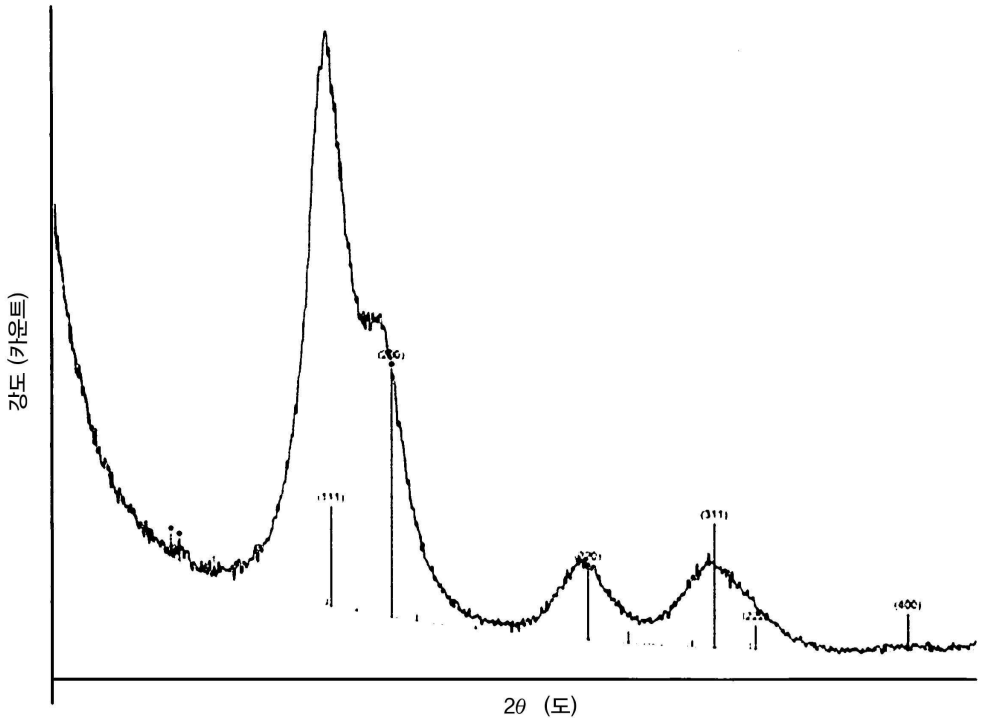
[0054] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 반도체 제작 공장 내의 툴 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 툴 회로들 또는 모듈들, 다른 툴 컴포넌트들, 클러스터 툴들, 다른 툴 인터페이스들, 인접 툴들, 이웃하는 툴들, 공장 도처에 위치한 툴들, 메인 컴퓨터, 또 다른 제어기 또는 툴들 중 하나 이상과 통신할 수도 있다.

도면

도면1


134-1
136-1
132-1
130
가스 소스
밸브
MFC
140
132-2
가스 소스
밸브
MFC
100
132-N
가스 소스
밸브
MFC
134-N
136-N
RF 생성기
110
111
매칭 및
분배 네트워크
112
160
제어기
109
104
102
108
히터
150
152
106
142
밸브
펌프
107

도면2


200
시작
프로세싱 챔버 내에 기판 위치시킴
204
캐리어 가스를 프로세싱 챔버로 흘림
208
유전체 전구체 가스를 흘림
216
금속 전구체 가스를 흘림
220
프로세싱 챔버에서 플라즈마 생성
222
기판 상에 금속 유전체막 증착
224
종료

도면3