

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0060328

(43) 공개일자 2025년05월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/16 (2006.01) **G03F 7/004** (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01) **G03F 7/26** (2006.01)
G03F 7/38 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 7/168 (2013.01)
G03F 7/0043 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7013740(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2020년06월24일
 심사청구일자 2025년04월24일
- (62) 원출원 특허 10-2022-7003371
 원출원일자(국제) 2020년06월24일
 심사청구일자 2023년06월21일
- (85) 번역문제출일자 2025년04월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2020/070171
- (87) 국제공개번호 WO 2020/264556
 국제공개일자 2020년12월30일
- (30) 우선권주장
 62/868,708 2019년06월28일 미국(US)

- (71) 출원인
램 리써치 코퍼레이션
 미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
- (72) 발명자
와이드먼, 티모시 윌리엄
 미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
우, 청하오
 미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 광장리앤코

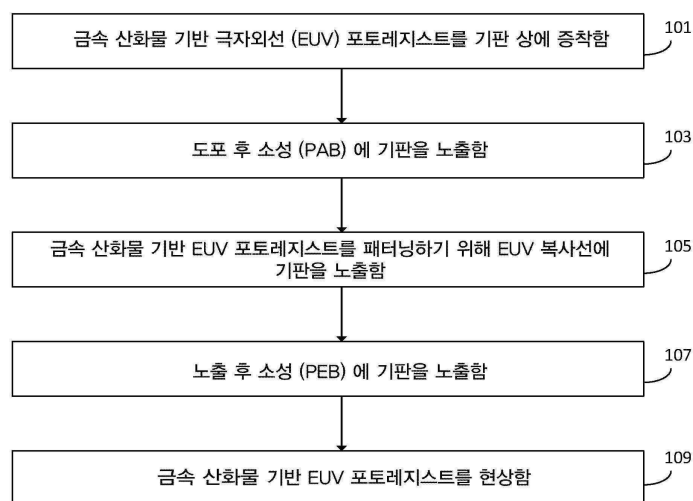
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 금속-함유 레지스트의 리소그래피 성능을 향상시키기 위한 소성 전략들

(57) 요약

본 명세서의 다양한 실시 예들은 반응성 가스 종의 존재 하에, 반도체 기판 상의 금속-함유 포토레지스트 소성을 위한 방법들, 장치 및 시스템들에 관한 것이다. 예를 들어, 방법은 프로세스 챔버 내에 기판을 수용하는 단계로서, 기판은 상부에 포토레지스트 층을 갖고, 포토레지스트 층은 금속-함유 포토레지스트 재료를 포함하는, 기판 수용 단계; 가스 소스로부터, 가스 전달 라인을 통해, 프로세스 챔버 내로 반응성 가스 종을 흘리고, 그리고 기판을 프로세스 챔버 내의 반응성 가스 종에 노출시키는 단계; 및 기판이 반응성 가스 종에 노출되는 동안 포토레지스트 층을 소성하는 단계를 포함할 수도 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G03F 7/2004 (2013.01)

G03F 7/265 (2013.01)

G03F 7/38 (2013.01)

(72) 발명자

나르디, 케이티 린

미국, 95136 캘리포니아, 산 호세, 리오 로보 5244

볼로스키, 보리스

미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이
4650

구, 케빈 리

미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이
4650

명세서

청구범위

청구항 1

금속-함유 포토레지스트의 노출된 영역과 노출되지 않은 영역 사이의 화학적 콘트라스트를 상승시키기 위한 방법으로서,

프로세스 챔버 내의 반응성 가스와 금속-함유 포토레지스트를 접촉시키는 단계로서, 반응성 가스는 알코올, 카르복실산, 아민 또는 이들의 조합을 포함하고, 반응성 가스는 저 분자량 종 또는 휘발성 종을 제거하도록 구성되어 건식 현상을 위한 금속-함유 포토레지스트의 노출된 영역과 노출되지 않은 영역 사이의 화학적 콘트라스트를 상승시키는, 단계

를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

반응성 가스가 알코올을 포함하는, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

반응성 가스가 카르복실산을 포함하는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

반응성 가스가 아민을 포함하는, 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

반응성 가스가 메틸아민, 디메틸아민, 트리메틸아민, 에틸아민, 디에틸아민, 트리에틸아민, 피리딘 또는 이들의 조합을 포함하는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

반응성 가스와 금속-함유 포토레지스트를 접촉시키는 단계가 약 100 °C 내지 약 250 °C 사이의 온도에서 이루어지는, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

반응성 가스와 금속-함유 포토레지스트를 접촉시키는 단계가 현상 전에 이루어지는, 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

금속-함유 포토레지스트가 포토패터닝된 금속 산화물 EUV 포토레지스트를 포함하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

포토파터닝된 금속 산화물 EUV 포토레지스트가 산화주석을 포함하는, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

반응성 가스가 불활성 가스와 함께 전달되는, 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

반응성 가스와 금속-함유 포토레지스트를 접촉시키는 단계 후에 금속-함유 포토레지스트를 건식 현상하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

건식 현상이 금속-함유 포토레지스트의 노출된 영역에 비해 노출되지 않은 영역을 선택적으로 제거하여 레지스트 마스크를 형성하는, 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

반응성 가스가 물과 함께 전달되는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 일반적으로 반도체 프로세싱의 분야에 관한 것이다. 특정한 양태들에서, 본 개시는 패터닝 마스크를 형성하기 위해 리소그래피 패터닝 및 막 현상의 맥락에서 포토레지스트들의 프로세싱을 위한 장치 및 프로세스에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 제조가 계속해서 발전함에 따라, 피처 사이즈들은 계속해서 축소되고 새로운 프로세싱 방법들이 필요하다. 발전들이 이루어지는 일 영역은 패터닝의 맥락에서 이루어지고, 예를 들어 복사선에 대한 노출을 통해 패터닝되는 포토레지스트 재료들을 사용하는 것이다.

[0003] 본 명세서에 제공된 배경기술 기술 (description) 은 본 개시의 맥락을 일반적으로 제시하는 목적을 위한 것이다. 이 배경기술 섹션에 기술된 정도의 본 명세서에 명명된 발명자들의 업적, 뿐만 아니라 출원 시 종래 기술로서 달리 인정되지 않을 수도 있는 본 기술의 양태들은 본 개시에 대한 종래 기술로서 명시적으로나 암시적으로 인정되지 않는다.

발명의 내용

[0004] 참조로서 인용

[0005] PCT 신청 양식이 본 출원의 일부로서 본 명세서와 동시에 제출되었다. 본 출원이 동시에 제출된 PCT 신청 양식에서 식별된 바와 같이 우선권 또는 이익을 주장하는 출원 각각은 전체가 모든 목적들을 위해 본 명세서에 참조로서 인용되었다.

[0006] 본 명세서의 다양한 실시 예들은 기관 상의 포토레지스트 층을 소성하기 (bake) 위한 방법들, 장치 및 시스템들에 관한 것이다. 개시된 실시 예들의 일 양태에서, 기관 상의 포토레지스트 층을 소성하는 방법이 제공되고, 방법은: 프로세스 챔버 내에 기관을 수용하는 단계로서, 기관은 상부에 포토레지스트 층을 갖고, 포토레지스트 층은 금속-함유 포토레지스트 재료를 포함하는, 기관 수용 단계; 가스 소스로부터, 가스 전달 라인을 통해, 프

로세스 챔버 내로 반응성 가스 종을 흘리고, 그리고 기판을 프로세스 챔버 내의 반응성 가스 종에 노출시키는 단계; 및 기판이 반응성 가스 종에 노출되는 동안 포토레지스트 층을 소성하는 단계를 포함한다.

[0007] 다양한 실시 예들에서, 포토레지스트 층은 극자외선 (EUV) 포토레지스트 재료를 포함한다. 일부 실시 예들에서, 반응성 가스 종은 물, 수소, 산소, 오존, 과산화수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 암모니아, 아산화질소, 산화질소, 알코올, 아세틸아세톤, 포름산, 염화옥살릴, 피리딘, 카르복실산, 아민, 및 이들의 조합들로 구성된 그룹으로부터 선택된 가스를 포함한다. 일부 경우들에서, 반응성 가스 종은 물을 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 수소를 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 산소를 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 오존을 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 과산화수소를 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 일산화탄소를 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 이산화탄소를 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 암모니아를 포함할 수도 있다. 일부 이러한 경우들에서, 포토레지스트를 소성하는 단계는 포토레지스트를 패터닝하기 위해 포토레지스트가 EUV 복사선에 노출된 후 발생하고, 이하의 조건들 중 하나가 만족된다: (i) 포토레지스트를 소성하는 동안 프로세스 챔버가 대기압으로 유지되고, 암모니아는 (체적으로) 약 0.001 내지 5 %의 농도로 제공되거나, (ii) 포토레지스트를 소성하는 동안 프로세스 챔버가 대기압 이하의 (sub-atmospheric) 압력으로 유지되고, 암모니아는 약 1 내지 100 mTorr의 분압으로 제공된다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 아산화질소 및/또는 산화질소를 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 알코올을 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 아세틸아세톤을 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 포름산을 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 염화옥살릴을 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 카르복실산을 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 아민을 포함할 수도 있다. 예시적인 아민들은 특정한 경우들에서 메틸아민, 디메틸아민, 트리메틸아민, 에틸아민, 디에틸아민, 및/또는 트리에틸아민을 포함할 수도 있다. 다양한 실시 예들에서, 반응성 가스 종은 산화성일 (oxidative) 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 반응성 가스 종은 극성일 (polar) 수도 있다.

[0008] 특정한 구현 예들에서, 기판을 반응성 가스 종에 노출시키는 단계는 포토레지스트 층 내의 교차결합을 촉진할 수도 있다. 이들 또는 다른 실시 예들에서, 기판을 반응성 가스 종에 노출시키는 단계는 포토레지스트 층에서 저 분자량 종의 제거를 촉진할 수도 있다. 예를 들어, 저 분자량 종은 분자 당 0, 1, 또는 2 개의 금속 원자들을 포함할 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 기판을 반응성 가스 종에 노출시키는 단계는 포토레지스트 층 내의 금속 수소화물 종을 금속 수산화물 종으로 산화시킬 수도 있다.

[0009] 특정한 구현 예들에서, 방법은 포토레지스트 층을 소성하는 동안 프로세스 챔버에 진공을 인가하는 단계를 더 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 실시 예들에서, 방법은 포토레지스트 층을 소성하는 동안 타겟 물 농도 범위 내에 남아 있도록 프로세스 챔버 내 물의 농도를 제어하는 단계를 더 포함할 수도 있다. 유사하게, 방법은 포토레지스트 층을 소성하는 동안 타겟 산소 농도 범위 내에 남아 있도록 프로세스 챔버 내 산소의 농도를 제어하는 단계를 포함할 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 프로세스 챔버는 포토레지스트 층을 소성하는 동안 대기압으로 또는 대기압 이하로 유지될 수도 있다. 예를 들어, 일부 경우들에서 프로세스 챔버는 포토레지스트 층을 소성하는 동안 대기압 이하로 유지될 수도 있다.

[0010] 기판이 위치되는 지지부는 포토레지스트 층을 소성하는 동안 온도 제어될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시 예들에서, 방법은 포토레지스트 층을 소성하는 동안 기판이 위치되는 기판 지지부의 온도를 상승시키는 단계를 더 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 실시 예들에서, 방법은 포토레지스트 층을 소성하는 동안 기판이 위치되는 기판 지지부의 온도를 감소시키는 단계를 더 포함할 수도 있다. 일부 경우들에서, 방법은 타겟 교차결합도 (target degree of crosslinking) 를 달성하기 위해 프로세스 챔버 내로 반응성 종의 플로우를 제어하는 단계를 포함할 수도 있다. 다양한 상이한 타입들의 열이 제공될 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 포토레지스트 층을 소성하는 단계는 핫 플레이트 상에서 기판을 가열하는 단계를 포함한다. 일부 실시 예들에서, 포토레지스트 층을 소성하는 단계는 기판을 적외선 복사선 및/또는 자외선 복사선에 노출시키는 단계를 포함한다. 일부 실시 예들에서, 포토레지스트 층을 소성하는 단계는 위에서 기판을 가열하는 단계를 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 실시 예들에서, 포토레지스트 층을 소성하는 단계는 아래에서 기판을 가열하는 단계를 포함할 수도 있다.

[0011] 본 명세서에 기술된 방법들은 상이한 적용 예들에 사용될 수도 있다. 일부 경우들에서, 포토레지스트 층은 기판에 도포되었지만 아직 패터닝되지 않았고, 소성은 도포 후 소성 (Post-Application Bake; PAB) 이다. 다른 경우들에서, 포토레지스트 층이 기판에 도포되고 EUV 복사선에 대한 부분적인 노출에 의해 패터닝되어, 포토레

지스트 층의 노출된 부분 및 노출되지 않은 부분을 발생시키고, 소성은 노출 후 소성 (Post-Exposure Bake; PEB) 이다. 이들 또는 다른 실시 예들에서, 반응성 가스 층은 극성 분자들 및 산화성 분자들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 반응성 가스 층은 과산화수소를 포함할 수도 있다.

[0012] 개시된 실시 예들의 또 다른 양태에서, 기판 상의 포토레지스트 층을 소성하기 위한 장치가 제공되고, 장치는: 프로세스 챔버; 프로세스 챔버에 반응성 가스 층을 도입하기 위한 유입구; 프로세스 챔버로부터 재료들을 제거하기 위한 유출구; 프로세스 챔버 내의 기판 지지부; 전도, 대류, 및/또는 복사를 통해 기판을 가열하도록 구성된 히터; 및 적어도 하나의 프로세서를 갖는 제어기를 포함하고, 적어도 하나의 프로세서는 본 명세서에 청구되거나 달리 기술된 임의의 방법들을 유발하기 위해 장치를 제어하도록 구성된다.

[0013] 이들 및 다른 양태들은 도면들을 참조하여 이하에 더 기술된다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 다양한 실시 예들에 따른 리소그래피 패터닝 프로세스를 기술하는 플로우 차트를 제시한다.

도 2는 특정한 실시 예들에 따른 프로세싱 챔버의 간략화된 도면을 제시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 개시의 특정한 실시 예들에 대한 참조가 본 명세서에서 상세히 이루어진다. 구체적인 실시 예들의 예들은 첨부된 도면들에 예시된다. 본 개시가 이들 구체적인 실시 예들과 함께 기술될 것이지만, 이는 이러한 특정한 실시 예들로 본 개시를 제한하는 것으로 의도되지 않았다는 것이 이해될 것이다. 반대로, 이는 본 개시의 정신 및 범위 내에 포함될 수도 있는 바와 같이 대안들, 수정들, 및 등가물들을 커버하도록 의도된다. 이하의 기술에서, 본 개시의 완전한 이해를 제공하기 위해 수많은 구체적 상세들이 제시된다. 본 개시는 이들 구체적인 상세들 중 일부 또는 전부 없이 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지된 프로세스 동작들은 본 개시를 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해 상세히 기술되지 않았다.

[0016] 반도체 프로세싱에서 박막들의 패터닝은 종종 반도체들의 제조에서 중요한 단계이다. 패터닝은 리소그래피를 수반한다. 193 nm 포토리소그래피와 같은 종래의 포토리소그래피에서, 패턴들은 포토마스크에 의해 규정된 선택적인 영역들의 광자들에 포토레지스트를 노출하여, 포토레지스트에서 화학적 반응을 유발하고 패턴을 형성하기 위해 포토레지스트의 특정한 부분들을 제거하기 위한 현상 단계에서 레버리지될 (leverage) 수 있는 화학적 콘트라스트 (chemical contrast) 를 생성함으로써 감광성 포토레지스트 막 상에 인쇄된다. 이어서 패터닝되고 현상된 포토레지스트 막은 금속, 산화물, 등으로 구성되는 하부 (underlying) 막들 내로 패턴을 전사하기 위한 에칭 마스크로서 사용될 수 있다.

[0017] (ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) 에 의해 규정된 바와 같이) 22 nm, 16 nm를 넘어서는 노드들을 포함하는 발전된 기술 노드들은 리소그래피 분해능의 지속적인 개선을 필요로 한다. 예를 들어 16 nm 노드에서, 다마신 (Damascene) 구조체의 비아 또는 라인의 폭은 통상적으로 약 30 nm보다 크지 않고, 이는 단순한 193 nm 포토리소그래피로는 불가능하거나, 그렇지 않으면 복잡한 멀티-패터닝 스킴들을 수반한다.

[0018] 극자외선 (EUV) 리소그래피는 종래의 포토리소그래피 방법들로 달성될 수 있는 것보다 작은 이미징 소스 파장들로 이동함으로써 리소그래피 기술 (technology) 을 확장할 수 있다. 대략 10 내지 20 nm, 또는 11 내지 14 nm 파장, 예를 들어 13.5 nm 파장의 EUV 광원들이 또한 스캐너들로 지칭되는, 최첨단 리소그래피 툴들에 사용될 수 있다. EUV 복사선은 주변 압력 (ambient pressure) 가스들뿐만 아니라 석영 및 수증기를 포함하는 넓은 범위의 고체 재료 및 유체 재료에 강하게 흡수되고, 따라서 EUV 스캐너들은 진공에서 동작한다.

[0019] EUV 리소그래피는 아래에 놓인 층들을 에칭하는데 사용하기 위한 마스크들을 형성하도록, EUV 광을 사용하여 패터닝 가능한 EUV 레지스트들을 사용한다. EUV 레지스트들은 액체-기반 스핀-온 (spin-on) 기법들에 의해 생성된 폴리머-기반 CAR들 (Chemically Amplified Resists) 일 수도 있다. CAR들에 대한 대안은 직접적으로 포토패터닝 가능한 금속-산화물 기반 EUV 포토레지스트 (PR) 막들이다. 이러한 PR 막들은 예를 들어, 본 명세서에 참조로서 인용된 포토패터닝 가능한 금속 산화물-함유 막들에 관한 미국 특허 공보 US 2017/0102612 호 및 US 2016/0116839 호에 기술된 바와 같이, 예컨대 Oregon, Corvallis 소재의 Inpria로부터 입수 가능한 (습식)스핀-온 기법들에 의해 생성될 수도 있고, 또는 적어도 2019년 5월 9일에 출원되고 명칭이 METHODS FOR MAKING EUV PATTERNABLE HARD MASKS인 특허 출원 PCT/US2019/031618 호에 기술된 바와 같이 건식 기상-증착될 수도 있고, 이들 개시들은 적어도 본 명세서에 참조로서 인용되는 EUV 레지스트 마스크들을 형성하기 위해 직접 포토패터닝

가능한 금속 산화물 막들의 조성 및 패터닝에 관한 것이다. 이들 직접 포토패터닝 가능한 EUV 레지스트들은 고-EUV-흡광도 금속들 및 이들의 유기금속 산화물들/수산화물들 및 다른 유도체들로 구성되거나 이를 함유할 수도 있다. EUV 노출 시, 생성된 2 차 전자들뿐만 아니라 EUV 광자들은 SnO_x-기반 레지스트 (및 다른 금속 산화물 기반 레지스트들) 에서 베타-H 제거 반응과 같은 화학 반응들을 유도할 수 있고, 레지스트 막에서 교차결합 및 다른 변화들을 용이하게 하는 화학적 기능성을 제공할 수 있다. 이어서 이들 화학적 변화들은 레지스트 막의 노출되거나 노출되지 않은 영역을 선택적으로 제거하고 패턴 전사를 위한 에칭 마스크를 생성하도록 현상 단계에서 레버리지될 수 있다.

[0020] 본 개시가 EUV 리소그래피에 의해 예시된 리소그래피 패터닝 기법들 및 재료들에 관한 것이지만, 이는 또한 다른 차세대 리소그래피 기법들에 적용 가능하다는 것이 이해되어야 한다. 현재 사용 및 개발 중인 표준 13.5 nm EUV 파장을 포함하는 EUV에 더하여, 이러한 리소그래피와 가장 관련이 있는 복사선 소스들은, 일반적으로 248 nm 또는 193 nm 엑시머 레이저 소스들의 사용을 지칭하는 DUV (Deep-UV), X-선 범위의 보다 낮은 에너지 범위의 EUV를 공식적으로 포함하는 X-선, 뿐만 아니라 넓은 에너지 범위를 커버할 수 있는 e-빔이다. 특정한 방법들은 반도체 기관 및 궁극적인 반도체 디바이스에 사용된 특정한 재료들 및 적용 예들에 종속될 수도 있다. 따라서, 본 적용 예에 기술된 방법들은 단지 본 기술에서 사용될 수도 있는 방법들 및 재료들의 예시이다.

[0021] 포토리소그래피 프로세스들은 통상적으로 포토레지스트의 노출된 영역과 노출되지 않은 영역 사이의 화학적 콘트라스트를 생성하도록 요구되는 화학적 반응들을 용이하게 하도록, 하나 이상의 소성 (bake) 단계들을 수반한다. 대량 제작 (High Volume Manufacturing; HVM) 을 위해, 이러한 소성 단계들은 통상적으로 웨이퍼들이 주변 공기 또는 일부 경우들에서 N₂ 플로우 하에서 미리 설정된 온도의 핫-플레이트 상에서 소성되는 트랙들 상에서 수행된다. 이들 소성 단계들 동안 주변에 부가적인 반응성 가스 성분의 도입뿐만 아니라 소성 분위기 (bake ambient) 의 보다 신중한 제어는 도즈 요건을 더 감소시키고 그리고/또는 패턴 충실도를 개선하는 것을 도울 수 있다.

[0022] 본 개시는 소성 분위기의 신중한 제어, 반응성 가스들의 도입, 및 일부 경우들에서 소성 온도의 램핑 (ramping) 레이트의 신중한 제어를 수반하는 새로운 소성 전략을 기술한다. 이러한 전략은 금속 산화물 기반 EUV 포토레지스트 (PR) 에 특히 유용할 수 있다. 유용한 반응성 가스들의 예들은 물, 수소, 산소, 오존, 과산화수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 암모니아, 아산화질소, 산화질소, 메틸아민, 디메틸아민, 알코올, 아세틸아세톤, 포름산, 염화옥살릴, 카복실산, 다른 아민들, 임의의 이들 재료들의 치환된 형태들을 포함한다. 반응성 가스는 가스 형태로 제공되고, 반응 챔버로 전달되기 전에 기화될 수도 있다. 다양한 예시적인 가스들이 이하에 더 논의된다.

[0023] 본 개시는 어떠한 특정한 이론 또는 동작 메커니즘으로 제한되지 않지만, 이들 반응성 가스 분자들은 노출되지 않은 영역에서 교차결합에 대해 제한된 영향을 갖는 동안, 산화, 배위, 또는 산/염기 화학 물질을 통해 EUV 노출된 영역 (이 예에서 패터닝된 막의 현상에 이어서 마스크를 형성하기 위해 남아 있는 영역) 에서 금속 산화물 기반 EUV 포토레지스트의 교차결합 거동을 잠재적으로 가속화할 수 있다는 것이 이해된다. 대안적으로 또는 이에 더하여 일부 경우들에서, 반응성 가스 분자들은 금속 산화물 기반 EUV 포토레지스트로부터 휘발성 종의 제거를 촉진할 수도 있고, 이에 따라 레지스트의 안정성을 더 상승시킨다.

[0024] 도 1은 다양한 실시 예들에 따른 플로우 차트를 제시한다. 동작 101에서, 레지스트가 기관 상에 증착된다. 레지스트가 증착되는 기관은 통상적으로 레지스트가 패터닝/현상된 후 결국 에칭될 하부 재료들을 포함한다. 다양한 실시 예들에서, 레지스트가 증착되는 기관은 비정질 탄소, SoC (Spin-on-Carbon), SoG (Spin-on Glass), 실리콘 산화물, 실리콘 나이트라이드, 실리콘 옥시나이트라이드, 실리콘 카바이드, 실리콘 옥시카바이드, 등의 노출된 층을 가질 수도 있다. 많은 경우들에서, 노출된 층은 AHM (ashable hardmask) 이다. 동작 101에서 증착되는 레지스트는 금속 산화물 기반 EUV 포토레지스트이다. 증착은 습식 스핀-온 기법들 또는 건식 증기-기반 기법들, 예컨대 CVD (Chemical Vapor Deposition) 및/또는 ALD (Atomic Layer Deposition) 를 통해 발생할 수도 있고, 이들 중 하나는 열 에너지, 플라즈마 에너지, 또는 둘 모두에 의해 구동될 수도 있다. 다음에, 동작 103에서, 기관은 종종 도포 후 소성 (Post-Application Bake; PAB) 으로 지칭되는 제 1 소성 단계에서 열에 노출된다. 동작 105에서, 기관은 레지스트를 패터닝하도록 EUV 복사에 노출되고, 이에 따라 레지스트의 노출된 영역들 및 노출되지 않은 영역들을 형성한다. 다음에, 동작 107에서, 기관은 종종 노출 후 소성 (Post-Exposure Bake; PEB) 으로 지칭되는 제 2 소성 단계에서 열에 노출된다. 이어서, 동작 109에서, 레지스트는 노출되지 않은 영역들을 선택적으로 제거하도록 현상된다. 본 명세서의 다양한 실시 예들에서, 기관이 노출되는 분위기는 동작 103의 PAB 동안 그리고/또는 동작 107의 PEB 동안 제어될 수도 있다. 예를 들어, 기관은 이들

단계들 동안 하나 이상의 반응성 가스들에 노출될 수도 있다. 소성 단계들 각각은 이하에 더 논의된다.

[0025] 1. 도포 후 소성 (Post-Application Bake; PAB)

[0026] PAB는 레지스트가 기판 상에 증착된 후, 그리고 레지스트가 패터닝을 위해 EUV 복사선에 노출되기 전에 수행된다. 도 1의 동작 103을 참조하라. PAB는 (예를 들어, 레지스트가 스핀-온 방법들을 통해 증착되는 경우들에서) 과잉 용매를 제거하고 (drive off), 다른 저 분자량 또는 그렇지 않으면 휘발성 종을 제거하고, 그리고 레지스트 내에서 목표된 정도의 교차결합을 촉진하도록 수행될 수도 있다. 이들 피쳐들은 레지스트의 안정성을 상승시키도록 동작한다. 예를 들어, 레지스트 내에 결합되지 않거나 느슨하게 결합된 저 분자량 종 또는 그렇지 않으면 휘발성 종을 제거함으로써, 금속-함유 분자들의 탈기 (outgassing)는 허용 가능한 양 (예를 들어, $1E10$ 분자/(cm²*월) 미만)으로 감소될 수 있다. 그렇지 않으면 다운스트림 프로세스들, 장비, 및 기판들을 오염시킬 수 있기 때문에 이들 재료들을 제거하는 것이 유리하다. PAB 동안 달성된 교차결합은 유사하게 레지스트의 안정성을 상승시킨다; 그러나, 너무 많은 교차결합은 라인 폭 거칠기의 상승을 초래할 수 있다. 이와 같이, 교차결합은 PAB 동안 목표된 정도로 제어될 수도 있다.

[0027] 본 명세서의 다양한 실시 예들에서, 기판은 PAB 동안 반응성 가스에 노출될 수도 있다. 반응성 가스는 저 분자량 종 또는 그렇지 않으면 휘발성 종의 제거를 촉진할 수도 있다. 다양한 실시 예들에서, PAB 동안 제거되는 저 분자량 종은 0 개의 금속 원자들, 1 개의 금속 원자들, 또는 2 개의 금속 원자들을 가질 수도 있다. 일부 경우들에서, 제거되는 저 분자량 종은 2금속 (dimetal) 종을 포함할 수도 있다. 3 개 이상의 금속 원자들을 갖는 분자들은 통상적으로 상대적으로 보다 높은 분자량을 갖고 상대적으로 보다 덜 휘발성이고, 그리고 PAB 동안 레지스트 내에 실질적으로 남아 있을 수도 있다. 저 분자량 종을 제거하는 것에 더하여, 반응성 가스는 레지스트 내에서 목표된 정도의 교차결합을 촉진할 수도 있다. 이들 피쳐들의 결과로서, PAB 동안 반응성 가스의 사용은 레지스트를 안정화시키는 것을 도울 수도 있다.

[0028] 예시적인 프로세싱 장치 및 반응성 가스들이 이하에 제공된다. 기판은 다양한 실시 예들에서 PAB 동안 임의의 하나 이상의 이들 반응성 가스들에 노출될 수도 있다. 특정한 예에서, 기판은 PAB 동안 불활성 gas와 함께 제어된 양의 산소 및/또는 수분 (예를 들어, 수증기)을 갖는 프로세싱 분위기에 노출될 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 적절한 가스 센서들 및 피드백 메커니즘들이 프로세싱 분위기의 조성이 목표된 범위들 내에서 제어되는 것을 보장하도록 사용될 수도 있다.

[0029] 다양한 실시 예들에서, 하나 이상의 프로세싱 조건은 PAB 동안 다음과 같이 제어될 수도 있다. 기판은 약 100 내지 170 °C, 예를 들어 일부 경우들에서 약 100 내지 130 °C의 상승된 온도로 가열될 수도 있다. 압력은 약 0.1 내지 760 Torr, 예를 들어 일부 경우들에서 약 0.1 내지 1 Torr로 유지될 수도 있다. 기판은 약 1 내지 10 분, 예를 들어 약 2 내지 5 분의 지속 기간 동안 상승된 온도에 노출될 수도 있다. 불활성 가스들은 약 10 내지 10,000 sccm의 레이트로 프로세싱 챔버 내로 흐를 수도 있다. 특정한 예에서, 프로세싱 챔버 내 산소 (예를 들어, O₂)의 농도는 PAB 동안 제어될 수도 있다. 이들 또는 다른 실시 예들에서, 물 (예를 들어, H₂O 증기)의 농도는 PAB 동안 제어될 수도 있다.

[0030] 일부 실시 예들에서, PAB는 생략될 수도 있다. 예를 들어 레지스트를 증착하기 위해 사용된 과잉 용매를 제거할 필요가 없기 때문에, 레지스트가 습식 스핀-온 기법들보다는 건식 증기-기반 기법들을 통해 증착되는 경우들에서, PAB는 필요하지 않을 수도 있다. 그러나, 레지스트가 건식 증기-기반 기법들을 통해 증착되는 경우에도, 목표된 교차결합도를 촉진하고 저 분자량 종 또는 그렇지 않으면 비휘발성 종을 제거하기 위해 PAB를 수행하는 것이 유리할 수 있고, 이는 습식 스핀-온 증착 기법들보다 건식 증기 기반 증착 기법들을 사용하면 보다 큰 문제일 수도 있다. 일부 실시 예들에서, PAB는 종래의 PAB일 수도 있다. 즉, PAB는 기판을 반응성 가스 중에 노출하지 않고 그리고/또는 제어되지 않은 분위기에서 발생할 수도 있다. 이러한 실시 예들에서, 기판은 이하에 더 논의된 바와 같이, 노출 후 소성 동안 반응성 가스 중에 노출될 수도 있다.

[0031] 2. 노출 후 소성 (Post-Exposure Bake; PEB)

[0032] 노출 후 소성은 레지스트가 패터닝을 위해 EUV 복사선에 노출된 후, 그리고 레지스트가 레지스트의 노출되지 않은 부분들을 제거하도록 현상되기 전에 수행된다. 도 1의 동작 107을 참조하라. PEB는 몇몇 목적들을 위해, 예를 들어: 1) EUV 노출 동안 생성되는 유기 단편들의 완전한 증발을 구동하고; 2) 금속 수산화물 중 (EUV 노출 동안 베타-H 제거 반응으로부터의 다른 생성물)을 금속 산화물로 산화시키고; 그리고 3) 이웃하는 -OH기들 사이의 교차결합을 용이하게 하고 교차결합된 금속 산화물 네트워크를 형성하기 위해 수행될 수도 있다.

[0033] 소성 온도는 최적의 EUV 리소그래피 성능을 달성하도록 신중하게 선택된다. 너무 낮은 PEB 온도는 불충분한 교

차결합뿐만 아니라 유기 단편들의 불완전한 제거를 초래할 것이고, 결과적으로 주어진 도즈에서 현상을 위한 보다 적은 화학적 콘트라스트를 초래할 것이다. 너무 높은 PEB 온도는 또한 노출되지 않은 영역 (이 예에서 마스크를 형성하기 위해 패터닝된 막의 현상에 의해 제거되는 영역) 에서 심각한 산화 및 막 수축을 포함하여 유해한 영향들을 가질 뿐만 아니라, PR과 하부 층 (UL; 통상적으로 스핀-온 탄소 재료) 사이의 계면에서 목표되지 않은 상호확산 (interdiffusion) 을 가질 것이고, 이들 모두는 화학적 콘트라스트들의 손실 및 불용성 스크 (scum) 으로 인한 결함 밀도의 상승에 기여할 것이다. 유일한 노브들 (knobs) 로서 소성 온도 및 소성 시간을 갖는, 튜닝 가능성 및 프로세스 윈도우는 종종 매우 제한된다.

[0034] 본 명세서에 기술된 바와 같이, PEB 프로세스 동안 소성 분위기 및 반응성 가스 종의 도입에 대한 신중한 제어는 교차결합 프로세스를 미세-튜닝하기 (fine-tune) 위한 부가적인 화학 물질 노브를 제공한다. 예를 들어, 소성 단계 동안 존재하는 H_2O_2 와 같은 극성 (polar) 분자들 및 산화성 (oxidative) 분자들을 갖는 것은, 노출된 영역이 알킬기들의 손실 및 수소화물/수산화물 성분들의 형성으로 인해 노출되지 않은 영역보다 극성인 경향이 있기 때문에 노출된 영역에서 금속 수소화물의 산화를 용이하게 할 수 있다. 반응성 가스 섹션에서 이하에 기술된 것과 같은 다른 가스들은 또한 산화, 산/염기 화학 물질, 배위 화학 물질, 및 이들의 조합을 통해 수소화물 산화 및 수산화물 교차결합 반응의 동역학을 변화시킬 수도 있다. 반응성 가스(들)는 예를 들어, 이하의 소성 장치 섹션에 기술된 임의의 장치를 사용하여 제어된 분위기에서 제공될 수도 있다. 반응성 가스들은 N_2 , Ar, He, Ne, Kr, Xe, 등과 같은 비반응성 가스들과 함께 제공될 수도 있다. 일부 경우들에서, 공기 또는 청정 건조 공기가 PEB 동안 대기에 제공될 수도 있다.

[0035] 금속 산화물 기반 EUV 포토레지스트 재료들에서 교차결합 거동의 동역학을 튜닝하는 능력은 상호확산 및 다른 관련된 결함 형성 메커니즘들을 최소화함으로써 리소그래피 성능의 추가 최적화를 허용하는, 보다 넓은 프로세스 윈도우를 제공한다. 예를 들어, 반응성 가스들이 소성 온도 요건을 효과적으로 낮출 수 있다면, PR/UL 계면에서 상호확산 문제들이 완화될 수 있고, 이는 결함 감소에 유리할 것이다.

[0036] 특정한 실시 예들에서, 하나 이상의 프로세싱 조건은 PEB 동안 다음과 같이 제어될 수도 있다. 기판은 약 100 내지 250 °C, 예를 들어 일부 경우들에서 약 120 내지 200 °C의 상승된 온도로 가열될 수도 있다. 압력은 약 0.1 내지 760 Torr, 예를 들어 일부 경우들에서 약 0.1 내지 1 Torr로 유지될 수도 있다. 기판은 약 1 내지 10 분, 예를 들어 약 2 내지 5 분의 지속 기간 동안 상승된 온도에 노출될 수도 있다. 불활성 가스들은 약 10 내지 10,000 sccm의 레이트로 프로세싱 챔버 내로 흐를 수도 있다. 특정한 예에서, 프로세싱 챔버 내 산소 (예를 들어, O_2) 의 농도는 PEB 동안 제어될 수도 있다. 이들 또는 다른 실시 예들에서, 물 (예를 들어, H_2O 증기) 의 농도는 PEB 동안 제어될 수도 있다.

[0037] 특정한 실시 예에서, 기판은 PEB 동안 암모니아에 노출될 수도 있다. 일부 경우들에서, 암모니아는 PEB 동안 존재하는 유일한 반응성 가스일 수도 있는 한편, 다른 경우들에서 하나 이상의 부가적인 반응성 가스가 암모니아와 함께 제공될 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 암모니아는 대기압에서 (체적으로) 약 0.001 내지 5.0 %, 일부 경우들에서 대기압에서 (체적으로) 약 0.001 내지 0.5 % 농도로, 또는 프로세스 챔버가 진공 하에 있을 때 약 1 내지 100 mTorr, 일부 경우들에서 약 1 내지 10 mTorr의 분압으로 제공될 수도 있다. PEB의 지속 기간 (및/또는 PEB 동안 암모니아에 대한 기판 노출의 지속 기간) 은 약 5 초 내지 약 10 분, 일부 경우들에서 약 5 초 내지 1 분일 수도 있다. 기판이 암모니아에 노출된 후, 프로세스 챔버는 불활성 가스로 퍼지될 수도 있다. 다양한 실시 예들에서, 불활성 가스 퍼지의 지속 기간은 기판이 암모니아에 노출되는 지속 기간만큼 길거나 보다 길 수도 있다. 이들 단계들은 M-OH 축합/교차결합의 알칼리성 촉매 작용을 촉진할 수도 있고, 이는 상기 논의된 바와 같이, 상대적으로 보다 높은 분자량, 보다 적은 휘발성 종의 형성을 유발하여, 보다 안정한 포토레지스트 막을 발생시킨다. 이들 단계들은 또한 EUV 복사선 (또는 다른 타입들의 리소그래피 패터닝 복사선) 에 노출된 막의 영역들을 경화시키고 치밀화할 수도 있고, 그렇지 않으면 동일한 막 특성들을 달성하기 위해 요구되는 것보다 낮은 소성 온도들에서 이들 효과들을 가능하게 할 (enable) 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 이들 동일한 반응 조건들이 PAB 동안 사용될 수도 있다. 일부 경우들에서, 이들 동일한 반응 조건들은 이로 제한되는 것은 아니지만, 메틸아민, 디메틸아민, 트리메틸아민, 에틸아민, 디에틸아민, 트리에틸아민, 피리딘, 등과 같은 다른 휘발성 아민들을 포함하는, 본 명세서에 기술된 대안적이거나 부가적인 반응성 가스와 함께 PAB 및/또는 PEB 동안 사용될 수도 있다.

[0038] 일부 실시 예들에서, PEB는 종래의 PEB일 수도 있다. 즉, PEB는 기판에 모든 반응성 가스를 제공하지 않고 그리고/또는 제어되지 않은 분위기에서 수행될 수도 있다. 이러한 경우들에서, 하나 이상의 반응성 가스가 PAB 동안 기판에 제공될 수도 있다.

[0039] 3. 반응성 가스들

[0040] 본 명세서의 다양한 실시 예들에서, 기판은 포토레지스트 소성 동작 동안 하나 이상의 반응성 가스들에 노출될 수도 있다. 반응성 가스는 상기 기술된 바와 같이, 목표된 정도의 교차결합을 촉진하고, 저 분자량 중 또는 그렇지 않으면 휘발성 중의 제거를 촉진하고, 그리고/또는 포토레지스트를 안정화시킬 수도 있다.

[0041] 다수의 상이한 반응성 가스들이 사용될 수도 있다. 유용한 반응성 가스들의 예들은 물 (H_2O), 수소 (H_2), 산소 (O_2), 오존 (O_3), 과산화수소 (H_2O_2), 일산화탄소 (CO), 이산화탄소 (CO_2), 암모니아 (NH_3), 아산화질소 (N_2O), 산화질소 (NO), 메틸아민 (CH_3NH_2), 디메틸아민 ($(CH_3)_2NH$), 트리메틸아민 ($N(CH_3)_3$), 에틸아민 ($CH_3CH_2NH_2$), 디에틸아민 ($(CH_3CH_2)_2NH$), 트리에틸아민 ($N(CH_2CH_3)_3$), 알코올들 ($C_nH_{2n+1}OH$, 메탄올, 에탄올, 프로판올, 및 부탄올을 포함하지만 이로 제한되지 않음), 아세틸아세톤 ($CH_3COCH_2COCH_3$), 포름산 ($HCOOH$), 염화옥살릴 ($(COCl)_2$), 카르복실산 ($C_nH_{2n+1}COOH$), 및 다른 소분자 아민들 ($NR^1R^2R^3$, 여기서 R^1 , R^2 , 및 R^3 각각은 수소, 하이드록실, 지방족, 할로지방족, 할로헥테로지방족, 헥테로지방족, 방향족, 지방족-방향족, 헥테로지방족-방향족, 또는 이들의 임의의 조합으로부터 독립적으로 선택됨) 을 포함한다. 이들 반응성 가스들의 치환된 형태들이 또한 사용될 수도 있다. 일부 경우들에서, 기판은 포토레지스트 소성 동작 동안 2 개 이상의 반응성 가스들에 노출될 수도 있다.

[0042] 반응성 가스는 산화, 배위, 또는 산/염기 화학 물질을 통해 포토레지스트와 상호작용할 수도 있다. PEB 동작 동안 반응성 가스가 전달되는 일부 경우들에서, 반응성 가스는 EUV 복사선에 노출된 영역들에서 포토레지스트와 우선적으로 상호작용할 수도 있다. 이 우선적인 상호작용은 EUV 노출 동안 발생하는 화학적 변화들, 예를 들어 포토레지스트 내 알킬기들의 손실로 인해 발생할 수도 있다.

[0043] PAB 및/또는 PEB 동안 반응성 가스에 대한 기판의 노출에 이어서, 기판이 프로세싱되는 챔버는 예를 들어, 불활성 가스를 사용하여 배기되고 그리고/또는 퍼지될 수도 있다. 일부 경우들에서, 불활성 가스 퍼지의 지속 기간은 적어도 기판이 반응성 가스에 노출되는 지속 기간만큼 길 수도 있다.

[0044] 4. 온도 램핑

[0045] 일부 실시 예들에서, 기판 온도가 변화하는 레이트는 소성 단계 동안 제어될 수도 있다. 급속 가열 및 냉각은 일부 경우들에서 문제가 될 수 있다. 기판 온도가 상승하거나 감소하는 레이트를 제어함으로써, 급속 가열 및 냉각과 연관된 문제들이 방지될 수 있다. 또한, 소성 온도가 램핑 업 및/또는 다운되는 레이트는 레지스트에서 교차결합 거동을 미세-튜닝하도록 제어될 수도 있다.

[0046] 5. 소성 장치

[0047] 본 명세서에 기술된 소성 동작들은 다양한 상이한 타입들의 프로세싱 장치 상에서 발생할 수도 있다. 일부 경우들에서, 프로세싱 장치는 주변 분위기로부터 시일링되는 (seal) 폐쇄된 챔버를 가질 수도 있다. 다른 경우들에서, 프로세싱 장치는 주변으로부터 시일링되지 않은 개방된 챔버를 가질 수도 있다. 개방된 챔버가 사용되는 특정한 경우들에서, 기판들은 연속적으로 또는 비연속적으로 동작할 수도 있는 트랙 상에서 프로세싱될 수도 있다. 일반적으로, 폐쇄된 챔버들은 프로세싱 분위기에 대해 보다 우수한 제어를 제공하고, 잠재적으로 유해한 반응성 화학 물질들에 대해 부가적인 안전을 제공한다. 그러나, 개방된 챔버들은 예를 들어, 대량 제작 및 비유해한 화학 물질이 사용되는 일부 경우들에서 바람직할 수도 있다.

[0048] 챔버는 목표된 프로세싱 분위기를 제공하기 위한 하나 이상의 유입구들을 구비할 수도 있다. 목표된 프로세싱 분위기는 상기 기술된 바와 같이 하나 이상의 반응성 가스를 포함할 수도 있다. 이와 같이, 유입구는 반응성 가스 소스와 유체로 연결될 수도 있다. 반응성 가스는 반응성 가스 소스로부터, 가스 전달 라인을 통해, 유입구를 통해, 그리고 챔버 내로 흐를 수도 있다. 반응성 가스가 관련 온도들에서 액체인 경우들에서, 이는 액체로서 저장될 수도 있고 이어서 가스 전달 라인/유입구/챔버로의 전달 전에 기화될 수도 있다. 이에 더하여, 공기 및/또는 불활성 가스 (예를 들어, N_2 , Ar, He, Ne, Kr, Xe, 등) 가 특정한 구현 예들에서 프로세싱 분위기에 제공될 수도 있다. 이들은 유사하게 가스 소스로부터, 가스 전달 라인을 통해, 유입구를 통해, 그리고 챔버 내로 흐를 수도 있다. 일부 경우들에서, 프로세싱 분위기는 공기가 없을 (air-free) 수도 있다.

[0049] 챔버는 또한 챔버로부터 재료들을 제거하기 위한 하나 이상의 유출구들을 구비할 수도 있다. 유출구는 챔버로부터 가스 종의 능동 제거를 허용하도록 진공 소스와 유체로 연결될 수도 있다. 진공-연결된 유출구들은 폐쇄된 챔버들 및 개방된 챔버들 모두에서 사용될 수도 있다. 폐쇄된 챔버에서 사용될 때, 진공-연결된 유출구는

대기압 이하의 (sub-atmospheric) 압력들에서 프로세싱을 가능하게 할 수도 있다. 프로세싱 챔버가 주변으로부터 시일링되지 않은 개방된 챔버인 경우들에서, 유출구는 가스가 챔버로부터 수동으로 탈출할 수 있는 임의의 경로일 수도 있다.

[0050] 상기 언급된 바와 같이, 특정한 실시 예들에서, 챔버 내의 분위기는 소성 단계 동안 제어될 수도 있다. 일부 경우들에서, 반응성 가스 (예를 들어, 산소 및/또는 물 및/또는 본 명세서에 기술된 임의의 다른 반응성 가스들)의 농도는 소성 단계 동안 능동적으로 제어될 수도 있다. 상기 언급된 유입구들 및 유출구들에 더하여, 챔버는 챔버 내 분위기의 조성을 모니터링하기 위해 센서들 (예를 들어, 잔류 가스 분석기, 푸리에-변환 (Fourier-transform) 적외선 분광 센서, 등)을 더 구비할 수도 있다. 이들 센서들은 소성 분위기의 조성을 능동적으로 제어하기 위한 피드백을 제공하도록 사용될 수도 있다.

[0051] 포토레지스트를 소성하기 위해, 챔버는 기판을 가열하도록 구성된 하나 이상의 가열 엘리먼트를 구비한다. 가열 엘리먼트(들)는 위에서 그리고/또는 아래에서 기판을 가열할 수도 있다. 가열 엘리먼트(들)는 기판의 전면 (예를 들어, 반도체 디바이스들/구조들이 형성되는 곳) 및/또는 기판의 후면을 가열할 수도 있다. 다양한 상이한 타입들의 가열 엘리먼트들이 단독으로 또는 서로 조합하여 사용될 수도 있다. 예시적인 가열 엘리먼트들은 가열된 기판 지지부들 (예를 들어, 페데스탈들, 척들, 등) 및 적외선 램프들 및/또는 자외선 램프들과 같은 복사선 소스들을 포함할 수도 있다.

[0052] 일부 실시 예들에서, 챔버는 기판을 냉각하도록 구성된 하나 이상의 냉각 엘리먼트를 구비할 수도 있다. 예를 들어, 기판 지지부는 기판을 냉각하도록 구성될 수도 있다. 일 실시 예에서, 기판 지지부는 열 교환 유체가 통과하여 기판을 냉각하는 냉각 채널들을 포함할 수도 있다. 다른 열 교환 하드웨어가 특정한 적용 예를 위해 목표된 바와 같이 사용될 수도 있다. 냉각 엘리먼트는 소성 동작 후에 기판이 냉각되는 레이트를 제어하기 위해 특히 유용할 수도 있다.

[0053] 챔버는 또한 소성 동작 동안 기판 및/또는 기판 지지부의 온도를 모니터링하기 위한 온도 센서들을 구비할 수도 있다. 일 예에서, 챔버는 소성 동안 기판 표면의 온도를 측정하기 위한 고온계를 포함한다. 고온계 또는 다른 온도 센서로부터의 온도 측정값들은 소성 동안 기판의 온도를 능동적으로 제어하기 위한 피드백으로서 사용될 수도 있다.

[0054] 도 2는 일 실시 예에 따른 프로세싱 챔버 (200)의 간략화된 도면을 제시한다. 이 예에서, 프로세싱 챔버 (200)는 제어 가능한 분위기를 갖는 폐쇄된 챔버이다. 기판 (201)은 또한 기판을 가열 및/또는 냉각할 수도 있는 기판 지지부 (202)상에 위치될 수도 있다. 일부 경우들에서 대안적이거나 부가적인 가열 엘리먼트들 및 냉각 엘리먼트들이 제공될 수도 있다. 프로세싱 가스들은 유입구 (203)를 통해 프로세싱 챔버 (200)로 들어간다. 재료들은 진공 소스 (미도시)에 연결될 수도 있는 유출구 (204)를 통해 프로세싱 챔버 (200)로부터 제거된다. 프로세싱 챔버 (200)의 동작은 제어기 (206)에 의해 제어될 수도 있고, 이는 이하에 더 논의된다. 또한, 센서 (205)가 예를 들어, 프로세싱 챔버 (200)내의 온도 및/또는 분위기의 조성을 모니터링하도록 제공될 수도 있다. 센서 (205)로부터의 판독들은 능동 피드백 루프에서 제어기 (206)에 의해 사용될 수도 있다.

[0055] 소성이 발생하는 챔버는 다수의 방식들로 구성될 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 챔버는 포토레지스트를 증착하도록 사용되는 동일한 챔버, 및/또는 포토레지스트를 EUV 복사선에 노출시키도록 사용되는 동일한 챔버, 및/또는 포토레지스트를 현상하도록 사용되는 동일한 챔버이다. 일부 실시 예들에서, 챔버는 증착, 에칭, EUV 노출, 또는 포토레지스트 현상과 같은 다른 프로세스들을 위해 사용되지 않는 전용 소성 챔버이다. 챔버는 독립형 챔버일 수도 있고, 또는 포토레지스트를 증착하도록 사용된 증착 툴, 포토레지스트를 EUV 복사선에 노출시키도록 사용된 EUV 노출 툴, 및/또는 포토레지스트를 현상하기 위해 사용된 현상 툴과 같은, 보다 큰 프로세싱 툴에 통합될 수도 있다. 소성을 위해 사용된 챔버는 특정한 적용 예를 위해 목표되는 바와 같이, 임의의 하나 이상의 이들 툴들과 결합될 수도 있다.

[0056] 챔버는 또한 제어기를 구비할 수도 있다. 일부 구현 예들에서, 제어기는 상기 기술된 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 전자장치와 통합될 수도 있다. 전자장치는 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부분들을 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 설정

사항들, RF 매칭 회로 설정사항들, 주파수 설정사항들, 플로우 레이트 설정사항들, 유체 전달 설정사항들, 위치 및 동작 설정사항들, 톨 및 다른 이송 톨들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드 록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스들을 제어하도록 프로그래밍 될 수도 있다.

[0057] 일반적으로 말하면, 제어기는 인스트럭션들을 수신하고, 인스트럭션들을 발행하고, 동작을 제어하고, 설정 동작들을 인에이블하고 (enable), 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 (DSPs), ASICs (Application Specific Integrated Circuits)로서 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 실시 예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 산화물들, 실리콘, 이산화실리콘, 표면들, 회로들, 및/또는 웨이퍼의 다이들의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어들에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.

[0058] 제어기는, 일부 구현 예들에서, 시스템에 포함되거나, 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 가능하게할 수 있는 공장 (fab) 호스트 컴퓨터 시스템의 전부 또는 일부이거나 "클라우드" 내에 있을 수도 있다. 컴퓨터는 제조 동작들의 현 진행을 모니터링하거나, 과거 제조 동작들의 이력을 조사하거나, 복수의 제조 동작들로부터 경향들 또는 성능 예측치들을 조사하거나, 현 프로세싱의 파라미터들을 변경하거나, 현 프로세싱을 따르는 프로세싱 단계들을 설정하거나, 새로운 프로세스를 시작하기 위해서, 시스템으로의 원격 액세스를 인에이블할 수도 있다. 일부 예들에서, 원격 컴퓨터 (예를 들어, 서버)가 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수도 있는 네트워크를 통해 프로세스 레시피들을 시스템에 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 차후에 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 전달될 파라미터들 및/또는 설정사항들의 입력 또는 프로그래밍을 인에이블하는 사용자 인터페이스를 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 제어기는 하나 이상의 동작들 동안 수행될 프로세싱 단계들 각각에 대한 파라미터들을 특정하는, 데이터의 형태의 인스트럭션들을 수신한다. 파라미터들은 제어기가 제어하거나 인터페이싱하도록 구성되는 톨의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적일 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서 상기 기술된 바와 같이, 제어기는 예컨대 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 제어들과 같은, 공동의 목적을 향해 함께 네트워킹되고 작동하는 하나 이상의 개별 제어기들을 포함함으로써 분산될 수도 있다. 이러한 목적들을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는 (예컨대 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 것이다.

[0059] 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 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.

[0060] 상술한 바와 같이, 톨에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 반도체 제작 공장 내의 톨 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로드로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 톨 회로들 또는 모듈들, 다른 톨 컴포넌트들, 클러스터 톨들, 다른 톨 인터페이스들, 인접 톨들, 이웃하는 톨들, 공장 도처에 위치한 톨들, 메인 컴퓨터, 또 다른 제어기, 또는 톨들 중 하나 이상과 통신할 수도 있다.

[0061] 결론

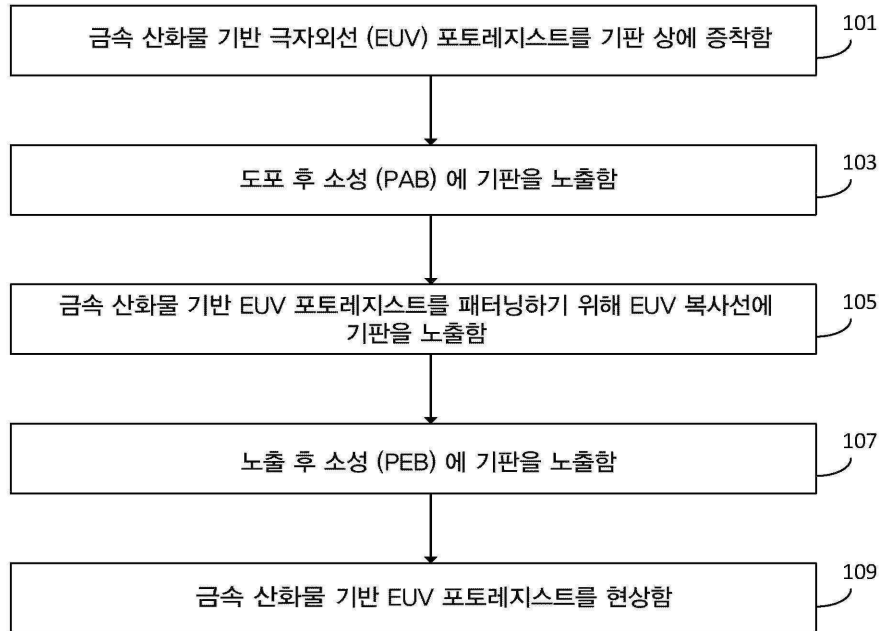
[0062] 금속-함유 EUV 레지스트의 EUV-리소그래피 성능을 향상시키기 위한 소성 전략들이 개시된다.

[0063] 본 명세서에 기술된 예들 및 실시 예들은 단지 예시적인 목적들을 위한 것이고, 이 관점에서 다양한 수정들 또는 변화들이 당업자들에게 제안될 것이라는 것이 이해된다. 명확성을 위해 다양한 상세들이 생략되었지만, 다양한 설계 대안들이 구현될 수도 있다. 따라서, 본 예들은 제한적이지 않고 예시적인 것으로 간주되어야 하고,

개시는 본 명세서에 제공된 상세들로 제한되지 않고, 본 개시의 범위 내에서 수정될 수도 있다.

도면

도면1



도면2

