



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월01일

(11) 등록번호 10-2117296

(24) 등록일자 2020년05월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/265 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0168089

(22) 출원일자 2013년12월31일

심사청구일자 2018년11월28일

(65) 공개번호 10-2014-0088031

(43) 공개일자 2014년07월09일

(30) 우선권주장

61/748,058 2012년12월31일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20120028434 A1

US20070152305 A1

KR1020120010860 A

JP2009071049 A

(73) 특허권자

롬 앤드 하스 일렉트로닉 머트어리얼즈 엘엘씨

미국 매사추세츠 01752 말보로우 포레스트 스트리트 455

(72) 발명자

슈 첵-바이

미국 매사추세츠주 01772 사우스보로 데이비스 로드 7

우 청 한

미국 매사추세츠주 01752 말버러 포레스트 스트리트 455

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인한성

전체 청구항 수 : 총 10 항

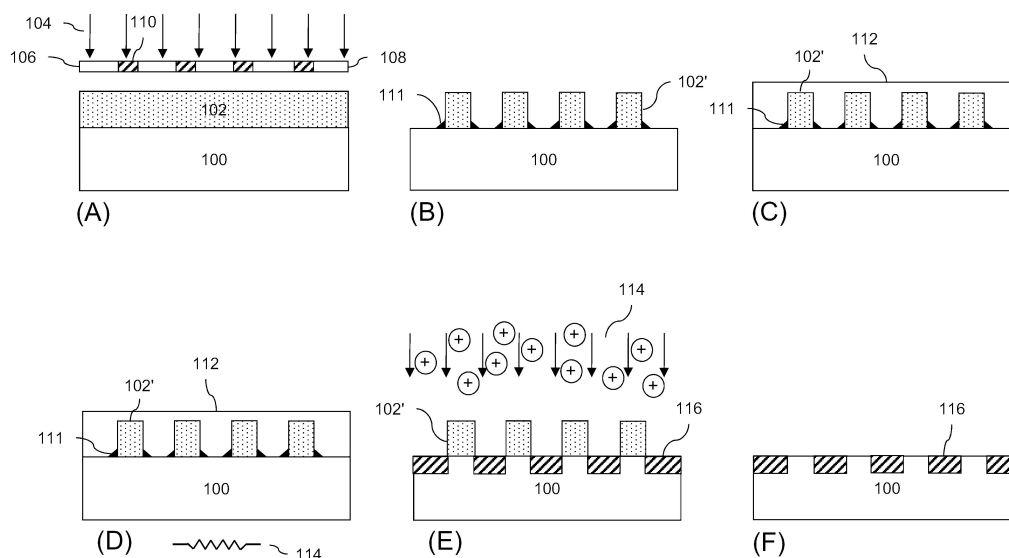
심사관 : 오창석

(54) 발명의 명칭 이온 주입 방법

(57) 요약

반도체 장비에서 이온 주입 영역을 형성하는 방법이 제공된다. 본 방법은 (a) 이온 주입될 복수의 영역을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계; (b) 산불안정 그룹을 갖는 매트릭스 폴리머, 광산 발생제 및 용매를 포함하는 화학적으로 증폭된 포토레지스트 조성물로부터 형성되는 포토레지스트 패턴을 반도체 기판에 형성하는 단계; (c) 매트릭스 폴리머; 유리산; 및 용매를 포함하는 디스커밍 조성물을 포토레지스트 패턴상에 코팅하는 단계; (d) 코팅된 반도체 기판을 가열하는 단계; (e) 코팅된 반도체 기판을 세정제에 접촉시켜 기판으로부터 잔류하는 디스커밍 조성물 및 스컴을 제거하는 단계; 및 (f) 포토레지스트 패턴을 주입 마스크로서 사용하여 반도체 기판의 복수 영역을 이온 주입하는 단계를 포함한다. 상기 방법에 의해 반도체 장비 제조에 있어서 특정의 적용가능성을 갖게 된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

청동원

경기 용인시 수지구 죽전로144번길 19-5, 401호 (죽전동)

야마모토 요시히로

일본 950-2074 니가타-시 마사코 니시-쿠 1-12-21

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 이온 주입될 복수의 영역을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계;
 - (b) 산 불안정성(acid labile) 그룹을 갖는 매트릭스 폴리머, 광산 발생제 및 용매를 포함하는 화학적으로 증폭된 포토레지스트 조성물로부터 형성되는 포토레지스트 패턴을 반도체 기판 상에 생성하는 단계;
 - (c) 매트릭스 폴리머, 유리산, 및 용매를 포함하는 디스커밍(descumming) 조성물을 포토레지스트 패턴 상에 코팅하는 단계;
 - (d) 코팅된 반도체 기판을 가열하는 단계;
 - (e) 코팅된 반도체 기판을 세정제(rinsing agent)에 접촉시켜 기판으로부터 잔여의 디스커밍 조성물 및 스컴(scum)을 제거하는 단계; 및
 - (e) 포토레지스트 패턴을 주입 마스크로서 사용하여 반도체 기판의 복수 영역을 이온 주입하는 단계;
- 를 포함하는 반도체 디바이스에 이온 주입 영역을 생성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 유리산이 방향족 산인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 유리산이 비-방향족 산인 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 디스커밍 조성물의 용매가 유기용매를 포함하는 방법.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 디스커밍 조성물이 수성 용액인 방법.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 세정제가 물 또는 수성 알칼리 용액을 포함하는 방법.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 세정제가 유기 용매 또는 용매 혼합물을 포함하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 세정제가 물을 추가로 포함하는 방법.

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 디스커밍 조성물의 매트릭스 폴리머가 -OH, -COOH, -SO₃H, -SiOH, 하이드록실 스티렌, 하이드록실 나프탈렌, 설포아미드, 헥사플루오로이소프로필 알코올, 무수물(anhydrate), 락톤, 에스테르, 에테르, 알릴아민, 피롤리돈 및 이들의 조합으로부터 선택되는 작용기를 포함하는 방법.

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 포토레지스트 패턴의 형성 단계가 포토레지스트 조성물층을 포토레지스트 패턴과 동시에 노광 및 현상되는 현상 가능한 기저 반사방지층 상에 코팅하는 것을 포함하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 전자 디바이스의 제조에 관한 것이다. 보다 상세하게, 본 발명은 반도체 디바이스에서 이온 주입된 영역을 형성하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 제조 산업에 있어서, 이온 주입은 실리콘 웨이퍼와 같은 반도체 기판에 원하는 전도성의 불순물들(또는 도펀트)을 도입하기 위해 통상적으로 사용된다. 일반적으로 사용되는 불순물로는 보론(p-형), 비소(n-형) 및 인(n-형)을 들 수 있다. 반도체로 주입되는 경우, 도펀트 원자는 어닐링 후 전하 캐리어를 생성한다. p-형 도펀트에 대해 홀이 생성되고 n-형 도펀트에 대해 전자가 형성되어 이에 의해 반도체 물질의 전도성을 변화시킨다. 이 공정은 전자 디바이스(MOSFET 등)에 원하는 특성들을 형성하고 부여하기 위해 사용된다.

[0003] 이온 주입 공정은 공급원으로부터 이온화된 형태, 전형적으로 기체 또는 고체 형태, 즉 반도체 기판 표면에서 도펀트를 포함하는 이온 빔의 발생과 관련된다. 기판의 미리 정한 영역으로 불순물 원자를 선택적으로 도입하기 위하여, 전형적으로 이온 주입에 앞서 기판 표면 상에 포토레지스트 마스크를 형성한다. 마스크의 생성은 기판을 포토레지스트 층으로 코팅한 후 활성 조사선에 노광하고, 현상하여 레지스트 패턴을 생성한다. 레지스트 패턴은 하부 기판을 노출하는 개구(opening), 주입될 반도체 기판의 영역에 해당하는 개구 및 하부에 주입으로부터 보호되는 레지스트 마스크가 있는 기판의 영역을 포함한다. 주입 후, 레지스트 마스크는 기판으로부터 스트리핑하고, 이 기판을 어닐링한다.

[0004] 포토리소그래피 기술은 그 해상도 한계에 접근하는 것으로서, 기판 표면에 미세한 기하구조로 인쇄하는 것이 과제이다. 반도체 디바이스의 전류 발생에 필요한 극히 미세한 기하구조로 인해, 이온 주입 공정에서의 작은 변수조차도 형성된 디바이스의 전기적 특성에 악영향을 미칠 수 있다. 이온 주입 공정에 해가 되는 한가지 요소는, 주입 마스크의 패터닝 후에 주입될 기판의 영역 상에 포토레지스트 잔여물(스کم, scum)이 존재하는 것이다. 이러한 레지스트 스크의 존재는 디바이스 수율에 큰 영향을 미칠 수 있다.

[0005] US 2011/10174774 A1에는 패턴화된 포토레지스트의 디스커밍(descumming) 방법이 개시되어 있다. 이 방법은 패턴화된 포토레지스트로 덮혀지는 에칭될 물질 층을 제공하는 단계, 질소 플라스마로 디스커밍 공정을 실시하여 패턴화된 포토레지스트의 모서리를 트리밍하는 단계 및 마스크로서 디스커밍 패턴화된 포토레지스트를 사용하여 물질 층을 에칭하는 단계를 포함한다. 이 문헌에 설명된 플라스마 디스커밍 공정을 사용하는 것은 이온 주입 마스크로 사용함에 있어서는 예를 들면, 플라스마 에칭 공정의 복잡함과 하부 표면에 플라스마에서 유도되는 손상 때문에 바람직하지 못하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서, 현재 이 기술분야가 갖는 문제점들을 최소화하거나 피할 수 있는 개선된 이온 주입 및 포토리소그래피 방법이 계속적으로 요구되고 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 제 1 측면으로서, 반도체 디바이스에 이온 주입 영역을 생성하는 방법을 제공한다. 상기 방법은: (a) 이온 주입될 복수의 영역을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계; (b) 산 불안정성(acid labile) 그룹을 갖는 매트릭스 폴리머, 광산 발생제 및 용매를 포함하는 화학적으로 증폭된 포토레지스트 조성물로부터 형성되는 포토레지스트 패턴을 반도체 기판 상에 생성하는 단계; (c) 매트릭스 폴리머, 유리산 및 용매를 포함하는 디스커밍 조성물을 포토레지스트 패턴 전체에 걸쳐 코팅하는 단계; (d) 코팅된 반도체 기판을 가열하는 단계; (e) 코팅된 반도체 기판을 세정액(rinsing solution)에 접촉시켜 기판으로부터 잔여 디스커밍 조성물 및 스크를 제거하는 단계; 및 (f) 주입 마스크로서 포토레지스트 패턴을 사용하여 반도체 기판의 복수의 영역을 이온 주입하는 단계를 포함한다.

[0008] 본 발명의 다른 측면으로서, 상술한 방법으로 생성되는 반도체 디바이스를 제공한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명은 반도체 디바이스에 이온 주입 영역을 생성하는 방법에 관한 것으로, 상기 방법에 의해 반도체 디바이스의 제조에 있어서 특정의 적용가능성을 갖게 된다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 발명은 피쳐(feature)에 참조 번호를 붙인 첨부된 도면을 참조로 하여 설명할 것이다.

도 1 A-F는 본 발명에 따른 반도체 디바이스에 이온 주입된 영역을 생성하는 공정 흐름도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명의 방법에 유용한 포토레지스트 디스커밍 조성물은 매트릭스 폴리머, 유리산 및 용매를 포함하고, 임의의 추가 성분들을 포함할 수 있다. 포토레지스트 주입 마스크를 갖는 반도체 기판 상에 디스커밍 조성물을 코팅하는 경우, 디스커밍 조성물이 이온 주입전(pre-ion implanted) 기판의 표면 상에 스킴의 존재를 유리하게 최소화하거나 제거할 수 있다. 결과적으로, 이온 주입 도펀트 프로파일은 원하는 전기적 특성을 갖는 디바이스를 형성시키는데 악영향을 주지 않는다.

[0012] 매트릭스 폴리머는 원하는 두께의 층을 형성함에 있어서 포토레지스트 패턴 상에 코팅되는 조성물을 감안한다. 이는 포토레지스트 패턴화된 표면 상에서 스킴과의 상호작용을 위한 충분한 양의 산을 존재하게 하는데 도움이 될 것이다. 매트릭스 폴리머는 공정에서 사용되는 디스커밍 조성물 세정제에 우수한 용해성을 가져야 한다. 예를 들면, 매트릭스 폴리머는 수성 알칼리 세정제, 바람직하게 수성 테트라메틸암모늄 하이드록시드와 같은 수성 4급 암모늄 하이드록시드 용액 또는 물에 가용성일 수 있다. 디스커밍 물질로부터 생기는 잔여 결점들을 최소화하기 위해, 디스커밍 조성물의 건조된 층의 용해 속도(dissolution rate)는 디스커밍 조성물 세정제 내 포토레지스트 패턴의 용해 속도보다 커야 한다. 매트릭스 폴리머는 전형적으로 세정제에서 100Å/초 이상, 바람직하게 1000Å/초 이상의 용해 속도를 나타낸다. 매트릭스 폴리머는 디스커밍 조성물의 용매에 가용성이다. 매트릭스 폴리머는, 예를 들면, 폴리비닐 알코올, 폴리아크릴산, 폴리비닐 피롤리돈, 폴리비닐 아민, 폴리비닐 아세탈, 폴리(메트)아크릴산 및 이들의 조합으로부터 선택된다. 바람직하게, 폴리머는 -COOH, -SO₃H, SiOH, 하이드록실스티렌, 하이드록실 나프탈렌, 설포아미드, 핵사플루오로이소프로필 알코올, 무수물, 락톤, 에스테르, 에테르, 말아미드, 알릴아민, 피롤리돈 및 이들의 조합으로부터 선택되는 하나 이상의 작용기를 포함한다.

[0013] 디스커밍 조성물 내 매트릭스 폴리머의 함량은, 예를 들면, 보다 두꺼운 층에 대해 보다 높은 폴리머 함량을 사용하는 것과 같이, 목적으로 하는 층의 두께에 의존한다. 매트릭스 폴리머는 디스커밍 조성물 내에서, 디스커밍 조성물의 총 고체를 기준으로, 전형적으로 80 내지 99 wt%, 보다 전형적으로 90 내지 99 wt%의 양으로 존재한다. 폴리머의 중량 평균 분자량은 전형적으로 400,000 미만, 바람직하게 2000 내지 50,000, 보다 바람직하게 3000 내지 10,000이다.

[0014] 디스커밍 조성물에 유용한 폴리머는 호모폴리머이거나, 또는 복수의 구별되는 반복 유닛, 예를 들면, 2, 3, 또는 4개의 구별되는 반복 유닛을 갖는 코폴리머일 수 있다. 디스커밍 조성물은 하나 이상의 폴리머를 포함한다. 디스커밍 조성물에 사용하기 적합한 폴리머 및 모노머는 상업적으로 이용가능하고/하거나 당분야의 통상의 기술자가 쉽게 제조할 수 있다.

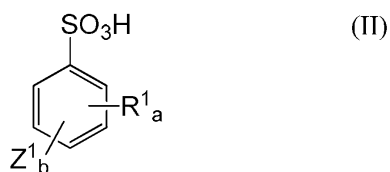
[0015] 디스커밍 조성물을 하나 이상의 유리산을 추가로 포함한다. 탈보호 반응을 기초로 레지스트로부터 생성되는 포토레지스트 스킴의 경우, 열과 함께 유리산은 스킴 내에서 산 불안정성 그룹의 결합을 깰 수 있다. 적절한 산은 방향족 및 비방향족 산을 모두 포함한다. 바람직하게, 상기 산은 설포산과 같은 강산이다. 적절한 비방향족 산은 산 그룹의 알파 위치에 적어도 하나의 불소 치환기를 가질 수 있다.

[0016] 디스커밍 조성물에 사용하는데 바람직한 산은 지방족 및 방향족 구조를 포함한다. 방향족 산은 바람직하게 페닐, 비페닐, 나프틸, 안트라세닐, 티오펜 또는 퓨란 그룹을 포함한다. 적절한 산은 하기 화학식 (I) 내지 (VII)의 화합물을 포함한다:

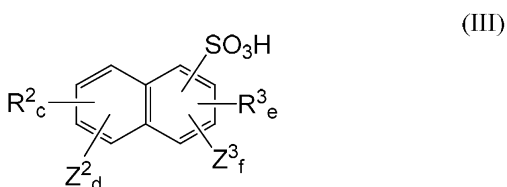


[0018] 상기 식에서, R⁰는 임의로 치환된, 예를 들면, 불소 원자 또는 하이드록시 그룹으로 치환된 1 내지 30개의 탄소 원자, 바람직하게 1 내지 15개의 탄소 원자를 갖는 직쇄, 분지쇄 또는 사이클릭 알킬 그룹이고; A는 단일 결합,

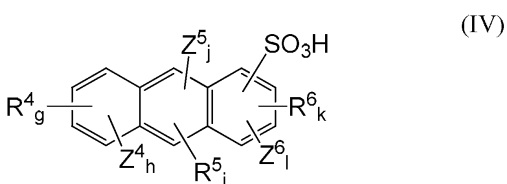
에테르 그룹, 티오에테르 그룹, 카보닐 그룹, 에스테르 그룹, 아마이드 그룹, 설펜아미도 그룹, 우레탄 그룹, 우레아 그룹, 임의로 치환된, 예를 들면, 불소 원자 또는 하이드록시 그룹으로 치환된 알킬렌 그룹 또는 이들의 조합이며;



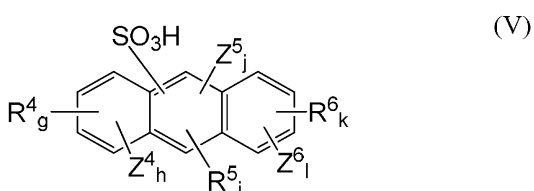
상기 식에서, R^1 은 독립적으로 카보닐, 카보닐옥시, 설펜아미도, 에테르, 티오에테르, 치환 또는 비치환된 알킬렌 그룹 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 하나 이상의 그룹을 임의로 포함하는, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{20} 알킬 그룹, 치환 또는 비치환된 C_5 - C_{20} 아릴 그룹 또는 이들의 조합을 나타내고; Z^1 은 독립적으로 카복실, 하이드록시, 니트로, 시아노, C_1 내지 C_5 알콕시, 포르밀 및 설펜산으로부터 선택되는 그룹을 나타내며; a 및 b는 독립적으로 0 내지 5의 정수이고; a+b는 5 이하이며;



상기 식에서, R^2 및 R^3 는 각각 독립적으로 카보닐, 카보닐옥시, 설펜아미도, 에테르, 티오에테르, 치환 또는 비치환된 알킬렌 그룹 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 하나 이상의 그룹을 임의로 포함하는, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{20} 알킬 그룹, 치환 또는 비치환된 C_5 - C_{16} 아릴 그룹 또는 이들의 조합을 나타내고; Z^2 및 Z^3 는 각각 독립적으로 카복실, 하이드록시, 니트로, 시아노, C_1 내지 C_5 알콕시, 포르밀 및 설펜산으로부터 선택되는 그룹을 나타내며; c 및 d는 독립적으로 0 내지 4의 정수이고; c+d는 4 이하이며; e 및 f는 독립적으로 0 내지 3의 정수이고; e+f는 3 이하이며;

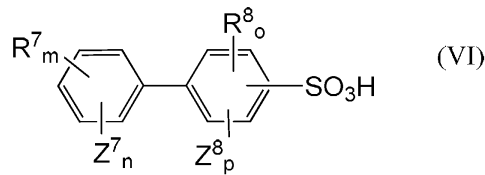


상기 식에서, R^4 , R^5 및 R^6 는 각각 독립적으로 카보닐, 카보닐옥시, 설펜아미도, 에테르, 티오에테르, 치환 또는 비치환된 알킬렌 그룹 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 하나 이상의 그룹을 임의로 포함하는, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{20} 알킬 그룹, 치환 또는 비치환된 C_5 - C_{12} 아릴 그룹 또는 이들의 조합을 나타내고; Z^4 , Z^5 및 Z^6 는 각각 독립적으로 카복실, 하이드록시, 니트로, 시아노, C_1 내지 C_5 알콕시, 포르밀 및 설펜산으로부터 선택되는 그룹을 나타내며; g 및 h는 독립적으로 0 내지 4의 정수이고; g+h는 4 이하이며; i 및 j는 독립적으로 0 내지 2의 정수이고; i+j는 2 이하이며; k 및 l은 독립적으로 0 내지 3의 정수이고; k+l은 3 이하이며;

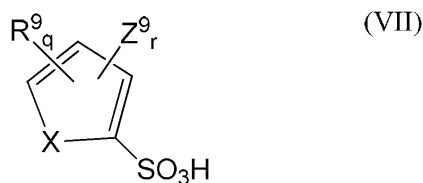


상기 식에서, R^4 , R^5 및 R^6 는 각각 독립적으로 카보닐, 카보닐옥시, 설펜아미도, 에테르, 티오에테르, 치환 또는 비치환된 알킬렌 그룹 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 하나 이상의 그룹을 임의로 포함하는, 치환 또는 비

치환된 C_1 - C_{20} 알킬 그룹, 치환 또는 비치환된 C_5 - C_{12} 아릴 그룹 또는 이들의 조합을 나타내고; Z^4 , Z^5 및 Z^6 는 각각 독립적으로 카복실, 하이드록시, 니트로, 시아노, C_1 내지 C_5 알콕시, 포르밀 및 설폰산으로부터 선택되는 그룹을 나타내며; g 및 h는 독립적으로 0 내지 4의 정수이고; g+h는 4 이하이며; i 및 j는 독립적으로 0 내지 1의 정수이고; i+j는 1 이하이며; k 및 l은 독립적으로 0 내지 4의 정수이고; k+l은 4 이하이며;

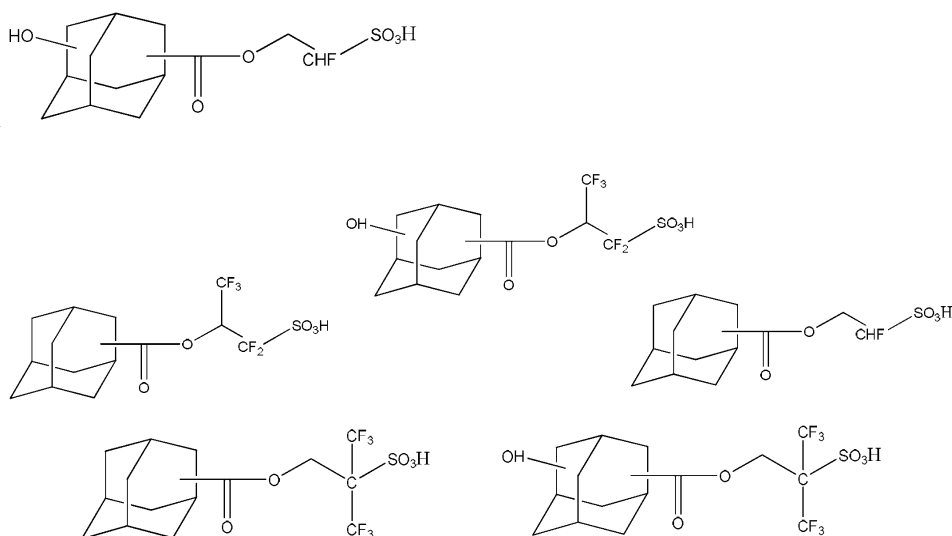


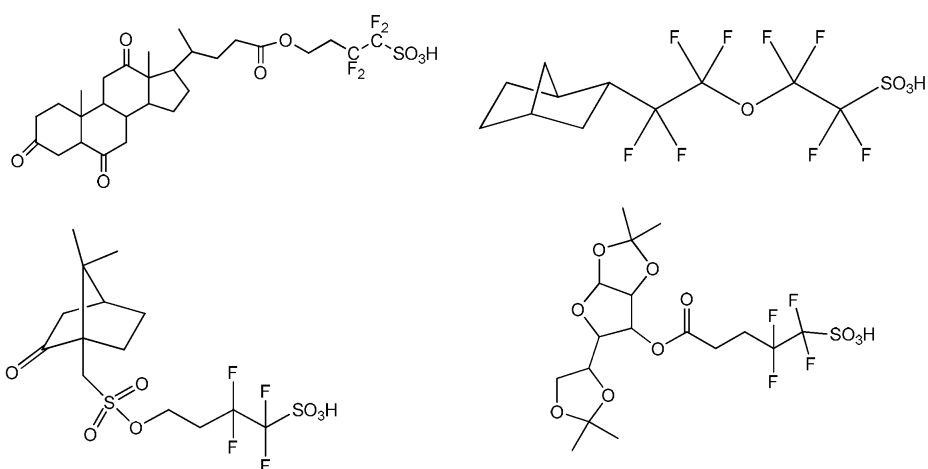
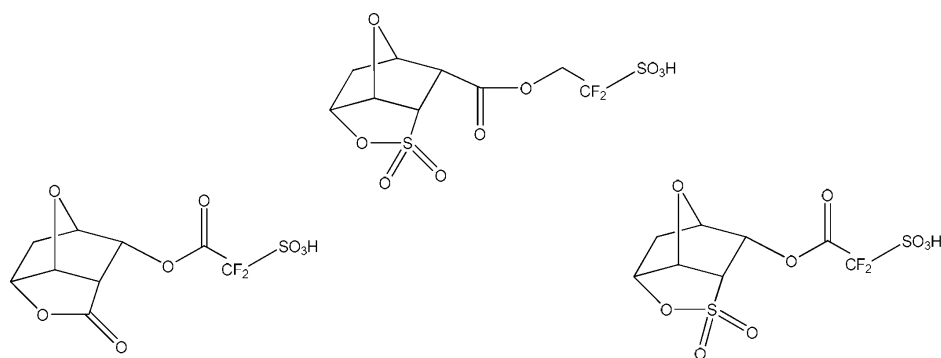
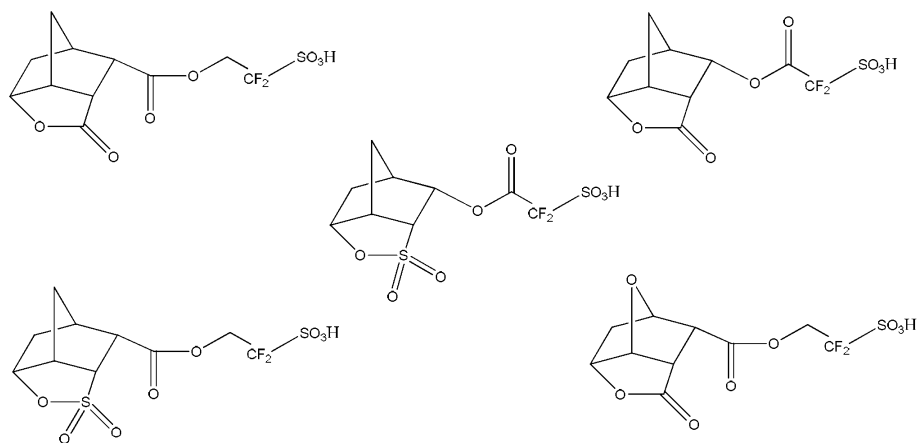
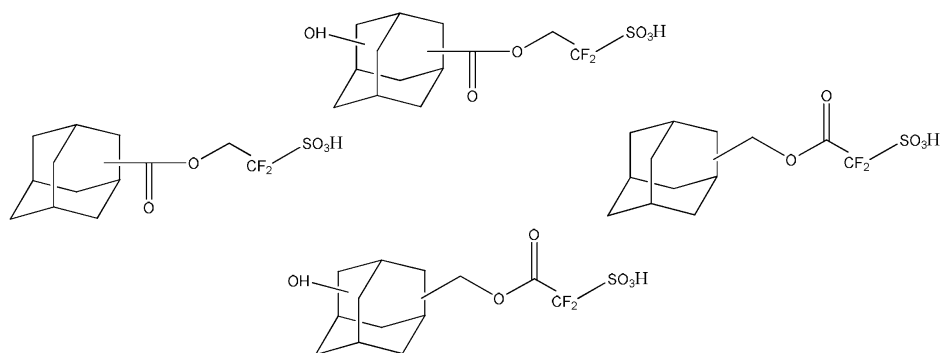
상기 식에서, R^7 및 R^8 은 각각 독립적으로 카보닐, 카보닐옥시, 설폰아미도, 에테르, 티오에테르, 치환 또는 비치환된 알킬렌 그룹 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 하나 이상의 그룹을 임의로 포함하는, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{20} 알킬 그룹, 치환 또는 비치환된 C_5 - C_{14} 아릴 그룹 또는 이들의 조합을 나타내고; Z^7 및 Z^8 은 각각 독립적으로 카복실, 하이드록시, 니트로, 시아노, C_1 내지 C_5 알콕시, 포르밀 및 설폰산으로부터 선택되는 그룹을 나타내며; m 및 n은 독립적으로 0 내지 5의 정수이고; m+n은 5 이하이며; o 및 p는 독립적으로 0 내지 4의 정수이고; o+p는 4 이하이며;

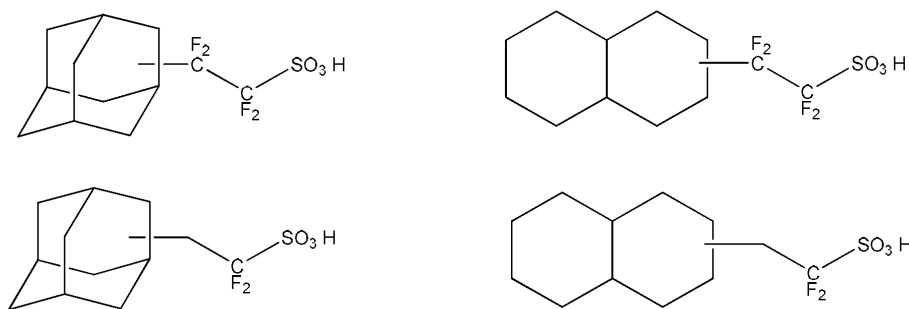


상기 식에서, X는 O 또는 S이고; R^9 는 독립적으로 카보닐, 카보닐옥시, 설폰아미도, 에테르, 티오에테르, 치환 또는 비치환된 알킬렌 그룹 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 하나 이상의 그룹을 임의로 포함하는, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{20} 알킬 그룹, 치환 또는 비치환된 C_5 - C_{20} 아릴 그룹 또는 이들의 조합을 나타내고; Z^9 는 독립적으로 카복실, 하이드록시, 니트로, 시아노, C_1 내지 C_5 알콕시, 포르밀 및 설폰산으로부터 선택되는 그룹을 나타내며; q 및 r은 독립적으로 0 내지 3의 정수이고; q+r은 3 이하이다. 상술한 구조에 있어서, R^1 - R^9 그룹은 임의로 그들 각각의 연관된 고리와 함께 융합된(fused) 구조를 형성할 수 있다.

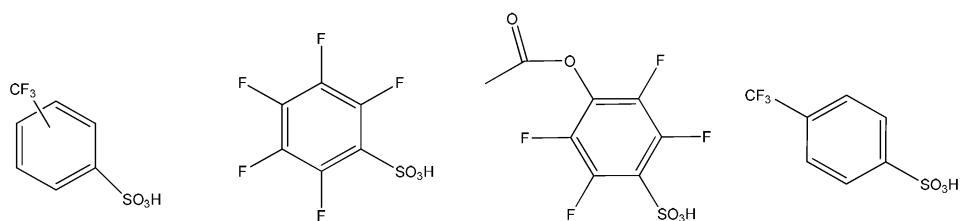
적절한 산으로는, 예를 들면, CF_3SO_3H , $C_4F_9SO_3H$, $CH_3CH_2CF_2CF_2SO_3H$, $HOCH_2CH_2CF_2CF_2SO_3H$,



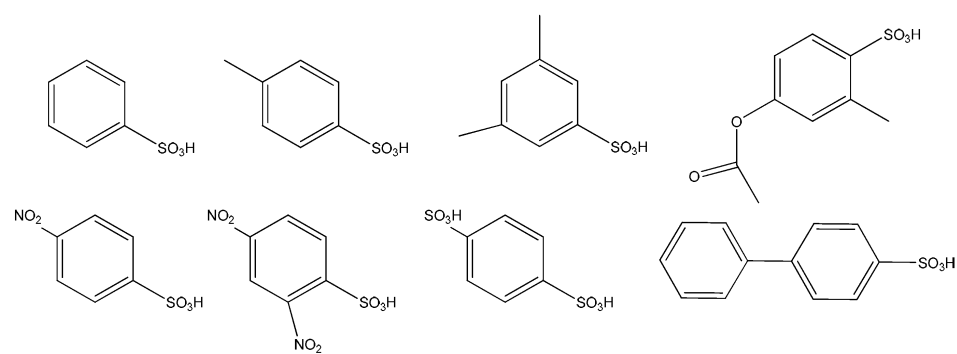




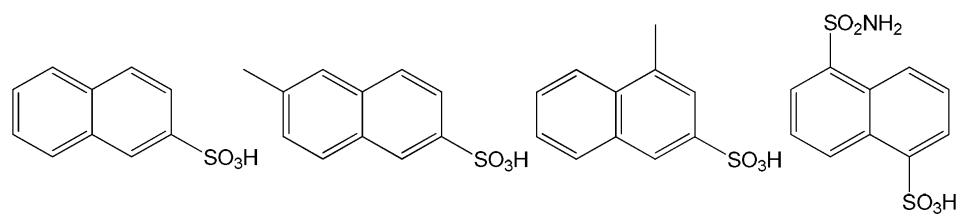
[0038]



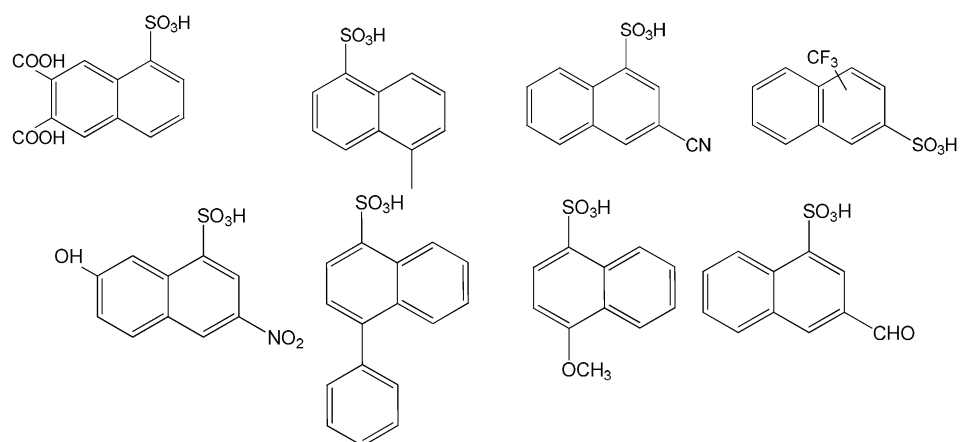
[0039]



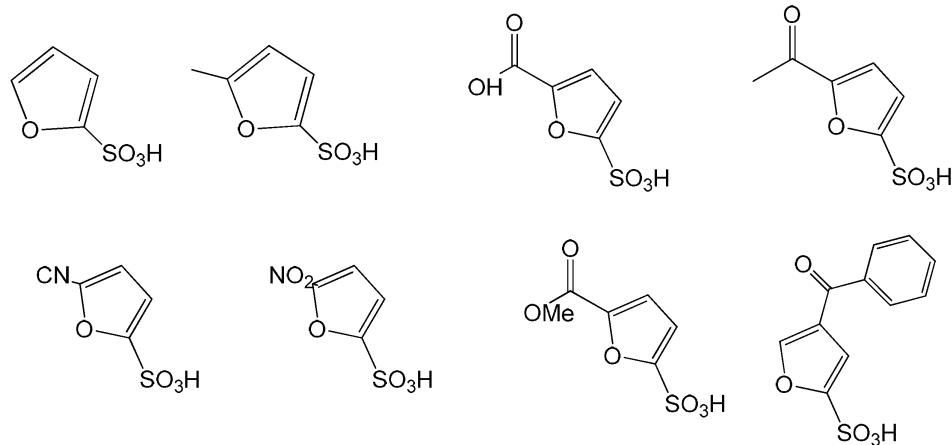
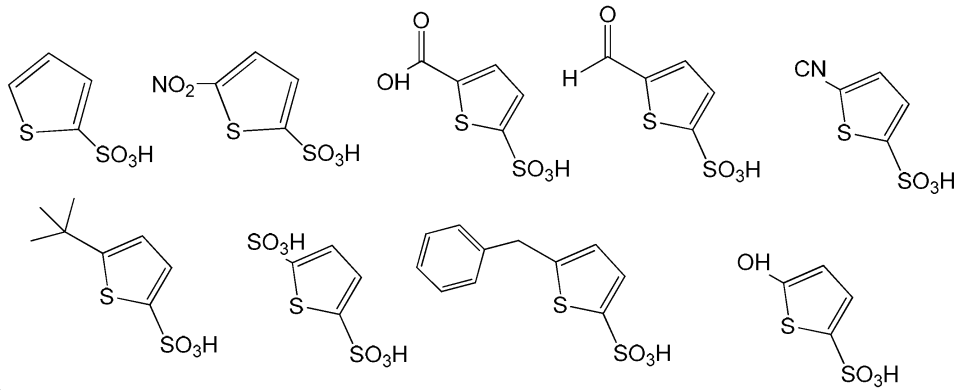
[0040]



[0041]



[0042]



등을 들 수 있다.

디스커밍 조성물 내 산의 함량은 디스커밍 조성물의 총 고체를 기준으로 전형적으로 0.1 내지 20 wt%이다.

디스커밍 조성물은 용매 또는 용매 혼합물을 추가로 포함한다. 디스커밍 조성물을 조제하고 캐스팅하기 위해 적절한 용매 물질은 디스커밍 조성물의 비-용매 성분들에 대하여 매우 우수한 용해 특성을 나타내지만, 상호 혼합을 최소화하기 위해 하부의 포토레지스트 패턴을 눈에 띄게 용해시키지는 않는다. 용매는 전형적으로 물, 수성 용액, 유기 용매 및 이들의 혼합물로부터 선택된다. 디스커밍 조성물에 적합한 유기 용매로는, 예를 들면: 알코올, 에컨대, 직쇄, 분지쇄 또는 사이클릭 C_4 - C_9 모노하이드릭 알코올, 이를 테면, 1-부탄올, 2-부탄올, 이소부틸 알코올, t-부틸 알코올, 2-메틸-1-부탄올, 1-펜탄올, 2-펜탄올, 4-메틸-2-펜탄올, 1-헥산올, 1-헵탄올, 1-옥탄올, 2-헥산올, 2-헵탄올, 2-옥탄올, 3-헥산올, 3-헵탄올, 3-옥탄올 및 4-옥탄올; 2,2,3,3,4,4-헥사플루오로-1-부탄올, 2,2,3,3,4,4,5,5-옥타플루오로-1-펜탄올 및 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-데카플루오로-1-헥산올, 및 C_5 - C_9 불소화 디올, 에컨대, 2,2,3,3,4,4-헥사플루오로-1,5-펜탄디올, 2,2,3,3,4,4,5,5-옥타플루오로-1,6-헥산디올 및 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7-도데카플루오로-1,8-옥탄디올; 알킬 에스테르, 에컨대, 알킬 아세테이트, 이를 테면, n-부틸 아세테이트, 프로피오네이트, 이를 테면, n-부틸 프로피오네이트, n-펜틸 프로피오네이트, n-헥실 프로피오네이트 및 n-헵틸 프로피오네이트, 및 알킬 부티레이트, 이를 테면, n-부틸 부티레이트, 이소부틸 부티레이트 및 이소부틸 이소부티레이트; 케톤, 에컨대, 2,5-디메틸-4-헥산온 및 2,6-디메틸-4-헵탄온; 지방족 탄화수소, 에컨대, n-헵탄, n-노난, n-옥탄, n-데칸, 2-메틸헵탄, 3-메틸헵탄, 3,3-디메틸헥산 및 2,3,4-트리메틸펜탄, 및 불소화 지방족 탄화수소, 에컨대, 퍼플루오로헵탄; 에스테르, 에컨대, 이소펜틸 에테르 및 디프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르; 및 이들 용매 중 하나 이상을 함유하는 혼합물 등을 들 수 있다. 이들 유기 용매들 중에서, 알코올, 지방족 탄화수소 및 에테르가 바람직하다. 디스커밍 조성물의 용매 성분은 디스커밍 조성물을 기준으로, 전형적으로 90 내지 99 wt%의 양으로 존재한다.

디스커밍 조성물은 임의의 첨가제를 포함할 수 있다. 가교제(cross-linking agent)와 같은 물질들은 레지스트 패턴의 치수를 증가시킬 수 있고, 스컴 제거를 방해할 수 있으므로, 함유하지 않는 것이 바람직하다. 임의의 첨가제로서, 디스커밍 조성물은 기판 상에서 스컴과 반응하여 유기 용매 세정제에서 스컴이 용해되도록 하는 성분을 포함할 수 있다. 이러한 임의의 성분은 바람직하게 $-\text{OH}$, $-\text{NH}$, $-\text{SH}$, 케톤, 알데히드, $-\text{SiX}$ (여기에서, X는 할로젠임), 비닐 에테르 및 이들의 조합로부터 선택되는 작용기를 포함한다. 임의의 특정 이론에 얽매는 것은

아니지만, 성분이 스킵 내로 확산되어 스킵의 카복실산 그룹과 반응한다. 이 반응은, 표면이 유기 용매에 용해 되도록 표면의 극성 변화를 일으킨다. 이 성분은, 예를 들면, 포토레지스트 패턴이 산-불안정성 그룹을 포함하는 포토레지스트의 비노광 부분으로 구성되는 네거티브 톤 현상(negative tone development, NTD)으로 형성되는 경우에 유용할 수 있다. 이러한 성분은 사용되는 경우, 디스커밍 조성물의 총 고체를 기준으로 전형적으로 0.1 내지 10 wt%의 양으로 존재한다.

[0053] 디스커밍 조성물을 계면활성제를 추가로 포함할 수 있다. 전형적인 계면활성제로는 친수성과 소수성을 동시에 가질 수 있는 것을 의미하는 양친매성(amphiphilic) 특성을 나타내는 것들을 들 수 있다. 양친매성 계면활성제는 친수성 헤드 그룹 또는 물에 강한 친화성을 갖는 그룹들과 친유성(organophilic)이고 물에 반발하는 긴 소수성 꼬리를 갖는다. 적절한 계면활성제는 이온성(즉, 음이온성, 양이온성) 또는 비이온성일 수 있다. 계면활성제의 추가적인 예로는, 실리콘 계면활성제, 폴리(알킬렌 옥사이드) 계면활성제 및 플루오로케미컬 계면활성제 등을 들 수 있다. 적절한 비이온성 계면활성제로는, 옥틸 및 노닐 페놀 에톡실레이트, 예컨대, TRITON[®] X-114, X-100, X-45, X-15 및 분지형 2급 알코올 에톡실레이트, 예컨대, TERGITOL[™] TMN-6(미국 미시간주 미들랜드 다우 케미컬 컴퍼니) 등을 들 수 있으나, 이에 한하지 않는다. 보다 추가적으로 예시적인 계면활성제로는, 알코올(1급 및 2급) 에톡실레이트, 아민 에톡실레이트, 글루코사이드, 글루카민, 폴리에틸렌 글리콜, 폴리(에틸렌 글리콜-코-프로필렌 글리콜) 또는 기타 "McCutcheon's Emulsifiers and Detergents"(미국 뉴저지주 글렌 락의 Manufacturers Confectioners Publishing사에서 2000년도 출간된 북미판)에 개시된 계면활성제 등을 들 수 있다. 이러한 계면활성제들은 "Air Products and Chemical, Inc." (미국 펜실베이니아주 알렌타운 소재)로부터 상업적으로 이용 가능하고, SURFYNOL[®] 및 DYNOL[®]의 상표명으로 시판되고 있다. 추가적인 적절한 계면활성제로는 기타 폴리머 화합물, 예컨대, 트리-블록 EO-PO-EO 코폴리머 PLURONIC[®] 25R2, L121, L123, L31, L81, L101 및 P123(BASF, Inc.) 등을 들 수 있다. 이들 계면활성제 및 기타 임의의 첨가제가 사용되는 경우 전형적으로 조성물 내에서 최소량으로 존재한다. 예컨대, 디스커밍 조성물의 총 고체를 기준으로, 0.01 내지 10 wt%의 양으로 존재한다.

[0054] 디스커밍 조성물은 공지된 방법에 따라 제조할 수 있다. 예를 들면, 조성물의 고체 성분들을 용매 성분에 용해시켜 조성물을 제조할 수 있다. 조성물의 원하는 총 고체 함량은 원하는 최종 층의 두께 등의 요소에 의해 결정될 것이다. 바람직하게, 디스커밍 조성물의 고체 함량은, 조성물의 총 중량을 기준으로, 1 내지 10 wt%, 보다 바람직하게 1 내지 5 wt%이다.

[0055] 이하에서는, 본 발명에 따른 공정을 도 1 A-F를 참조로 하여 설명할 것이다. 도 1 A-F는 본원에서 설명하는 바와 같이, 포토레지스트 디스커밍 조성물을 사용하여 반도체 디바이스에서 이온 주입 영역을 형성하는 예시적인 공정 흐름도를 도시한 것이다. 도 1A는 반도체 기판(100)의 단면도를 도시한 것이다. 상기 기판은 실리콘 또는 화합물 반도체 (예: III-V 또는 II-VI), 글래스, 퀴즈, 세라믹, 구리 등의 반도체와 같은 물질일 수 있다. 전형적으로, 기판은 단결정 실리콘 또는 화합물 반도체 웨이퍼와 같은 반도체 웨이퍼이며, 하나 이상의 층과 그 표면에 형성된 패턴화된 피쳐(feature)를 가질 수 있다. 기판의 일부를 형성하는 층은, 예를 들면, 하나 이상의 전도층, 예컨대, 알루미늄, 구리, 몰리브덴, 탄탈륨, 티타늄, 텅스텐, 합금, 이들 금속의 니트라이드 또는 실리사이드, 도핑된 무정형 실리콘 또는 도핑된 폴리실리콘의 층, 하나 이상의 유전층, 예컨대, 실리콘 옥사이드, 실리콘 니트라이드, 실리콘 옥시니트라이드, 또는 금속 옥사이드, 반도체 층, 예컨대, 단결정 실리콘의 층 및 이들의 조합 등을 포함할 수 있다. 상기 층들은 다양한 기술, 예를 들면, 화학 증착(chemical vapor deposition, CVD), 예컨대, 플라즈마-증착 CVD), 저압 CVD 또는 에피택셜 성장(epitaxial growth), 물리적 증착(PVD), 예컨대, 스퍼터링(sputtering) 또는 증발, 또는 전기도금 등에 의해 형성할 수 있다.

[0056] 이온 주입 영역은 통상적으로 반도체 제조 공정을 통해 여러번 형성된다. 이온 주입될 영역은 기초 기판 물질 그 자체 또는 기초 기판 물질 상에 형성된 층에 존재할 수 있다. 통상적인 이온 주입 영역은 예컨대, 웰(well), 공급원/드레인(source/drain) 영역, 트랜지스터 채널(transistor channel) 영역, 경 도핑된 드레인 lightly doped drains; LDDs), 디바이스 분리(device isolation) 영역, 접촉 홀 주입(contact holes implant) 영역 등을 포함한다.

[0057] 산불안정기를 갖는 매트릭스 폴리머를 포함하는 화학적으로 증폭된 감광성 조성물로부터 형성된 포토레지스트 층(102)이 기판상에 코팅된다. 포토레지스트 조성물은 스핀-코팅, 디핑, 롤러-코팅 또는 기타 통상의 코팅 기술로 기판상에 적용될 수 있다. 이들 중 스핀-코팅이 통상적이다. 스핀-코팅을 위하여, 코팅 용액의 고체 함량은 사용되는 특정 코팅 장비, 용액의 점도, 코팅 도구의 속도 및 스피닝에 허용되는 시간의 양에 기초하여 원하는 필름 두께를 제공하도록 조정될 수 있다. 포토레지스트 층(102)에 대한 통상적인 두께는 약 500 내지 3000Å이

다.

- [0058] 포토레지스트 층(102)은 이후 층내 용매 함량을 최소화하도록 소프트베이킹될 수 있으며, 이로써 택(tack)이 없는 코팅을 형성하고 기판에 대한 층의 부착을 개선할 수 있다. 소프트베이킹은 핫플레이트상 또는 오븐내에서 수행될 수 있으며, 통상 핫플레이트상에서 수행된다. 소프트베이킹 온도 및 시간은, 예를 들면, 포토레지스트의 특정 물질 및 두께에 의존한다. 전형적인 소프트베이킹은 약 90 내지 150℃의 온도에서 약 30 내지 90 초의 시간 동안 수행된다.
- [0059] 포토레지스트 노광 동안 입사 방사선의 반사를 경감시키기 위해 코팅될 포토레지스트 층 위 또는 밑에 반사방지 코팅을 기판상에 처리하는 것이 바람직하다. 이러한 코팅은 초점 심도, 노광 관용도, 라인폭 균일성 및 CD 조절을 개선할 수 있다. 이온 주입 과정의 온전함이 주로 주입될 표면의 질에 의존하기 때문에, 주입 표면은 무기 기저 반사방지 코팅(BARC) 물질이 포토레지스트 현상에 후속하여 플라즈마-에칭될 때 일어날 수 있는 손상이 없는 것이 바람직하다. 따라서, 반사방지물질이 요망되는 때는 포토레지스트 패턴 아래에 유기 현상가능한 BARC(DBARC) 층을 사용하고/하거나 포토레지스트 패턴 상에 상부 반사방지 코팅 (TARC)층을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 물질들은, 에칭 중에 이온주입될 기판 영역이 플라즈마 에칭-유도 손상에 노출됨 없이, 기판으로부터 제거될 수 있는 점에서 유리하다. 이러한 물질은 포토레지스트 층을 현상하는 시간에 기판으로부터 제거될 수 있다. 어떤 DBARC 물질은 감광성이기 때문에 포토레지스트 층 아래에 있는 이러한 DBARC 층은 동일한 현상제를 사용하여 포토레지스트 층과 동시에 노광되고 패턴화될 수 있다. 적합한 DBARC 물질 및 사용방법은 당업계에 공지되어 있으며, 예컨대 미국 출원공개번호 2011/0003250A1 및 미국 특허 제7824837B2호 및 제8088548B2호에 기술되어 있다. 현상제 가용성이며 따라서 레지스트 현상시 제거가능한 적합한 TARC 물질은 당업계에 공지되어 있으며, 예컨대 미국 특허 제5750312호에 기재되어 있다.
- [0060] 만일 포토레지스트 층(102)이 침지 리소그래피(immersion lithography) 도구, 예컨대 193 nm 침지 스캐너로 노광되면, 침지 탑코팅층이 포토레지스트 층 상에 처리될 수 있다. 이러한 탑코팅층의 사용은 침지액 및 하부의 포토레지스트 층 간에 장벽으로서 작용할 수 있을 뿐 아니라 반사방지 성질을 제공할 수 있다. 이러한 식으로, 광학 렌즈의 오염과 침지액의 유효 굴절을 및 전달 성질의 변화를 일으킬 수 있는 포토레지스트 조성물 구성성분의 침지액 내로의 침출이 최소화되거나 회피될 수 있다. 적합한 탑코트 조성물 및 그 사용은 예를 들어 미국 특허 제8012666B2호 및 제8241832B2호에 기재되어 있으며, 당업계에 공지되어 있다.
- [0061] 포토레지스트 층(102)은 이후 제1 포토마스크(106)를 통해 활성화 방사선(104)에 노광되어 노광 및 비노광 영역 간에 용해도 차이를 일으킨다. 여기에서, 조성물에 대해 활성화 방사선에 포토레지스트 조성물을 노광시키는 것은 방사선이 포토레지스트 조성물에서 잠상(latent image)을 형성할 수 있음을 가리킨다. 포토마스크는 광학적으로 투명 및 광학적으로 불투명영역(108, 110)을 가지며, 이는 각각 활성화 방사선에 의해 노광 및 비노광되는 레지스트 층 영역에 대응한다. 활성화 방사선은 예를 들면, 400 nm 이하, 300 nm 이하, 또는 193 nm 또는 EUV 파장과 같이 200 nm 이하의 노광 파장을 가지거나 e-빔 조사선의 형태를 가질 수 있다. 노광 에너지는 통상적으로 약 10 내지 80 mJ/cm²이며, 이는 노광 기구나 감광성 조성물의 성분에 의존한다.
- [0062] 포토레지스트 층(102)의 노광에 이어서, 노광후 베이킹(post-exposure bake, PEB)이 수행된다. PEB는 예를 들면, 핫플레이트 상에서 또는 오븐안에서 수행될 수 있다. PEB에 대한 조건은, 예컨대, 특정 포토레지스트 조성물 및 층 두께에 의존할 것이다. PEB는 통상 약 80 내지 150℃의 온도에서 약 30 내지 90 초간 수행된다. 극성-스위치 및 비스위치 영역(각각 노광 및 비 노광 영역에 해당)간의 경계에 의해 구획되는 잠상이 이로써 형성된다. 레지스트 패턴의 특징 기하는 제한되지 않으며 주입 및 비주입되는 기판 영역의 기하에 해당한다.
- [0063] 포토레지스트 층(102)은 이후 현상되어 층의 노광 영역이 제거되고, 비노광 영역은 남아, 도 1B에 보인 바와 같은 다수의 특징을 갖는 레지스트 패턴(102')을 형성한다. 묘사된 공정은 포지티브 톤 현상(PTD)방법이다. PTD 현상제는 통상적으로 수성 알칼리 현상제이며, 예를 들면, 4급 암모늄 하이드록시드 용액, 예를 들면 0.26 N (2.38 wt%) 테트라메틸암모늄 하이드록시드(TMAH)와 같은 테트라알킬 암모늄 하이드록시드 용액이다. 또는, 적절한 유기 용매 현상제를 사용하여 네거티브 톤 현상이 수행될 수 있다. NTD는 포토레지스트 층의 비노광 영역을 제거하고, 이 영역의 극성 반전으로 인해 후방의 노광 영역을 남긴다. 적합한 NTD 현상제는 예컨대, 케톤, 에스테르, 에테르, 하이드로카본 및 이들의 혼합물에서 선택되는 용매를 포함한다. 다른 적합한 용매는 포토레지스트 조성물에 사용되는 것들을 포함한다. 현상제는 바람직하게 2-헥탄온 또는 n-부틸 아세테이트와 같은 부틸 아세테이트이다.
- [0064] 포토레지스트 층의 현상은 레지스트 패턴(102')의 모서리에서 기판 표면에 레지스트 스컴(111)이 생기게 할 수 있다. 레지스트 스컴(111)은 이온 주입 동안 도펀트 프로파일로서 바람직하지 못하며, 형성된 장비의 결과하는

전기적 성질이 원하는 값으로부터 변경되게 할 수 있다.

[0065] 여기에 기재된 바와 같은 디스커밍(descumming) 조성물 층(112)은 도 1C에 보인 바와 같이 포토레지스트 패턴(102') 상에 형성된다. 디스커밍 조성물은 통상적으로 스핀-코팅에 의해 기판상에 적용된다. 디스커밍 조성물의 고체 함량은 사용되는 특정 코팅 장비, 용액의 점도, 코팅 도구의 속도 및 스피닝에 허용되는 시간 량에 기초하여 원하는 필름 두께를 제공하도록 조정될 수 있다. 디스커밍 조성물층(112)의 통상적인 두께는 200 내지 1500 Å이다.

[0066] 도 1D에 나타난 바와 같이, 기판은 이후 디스커밍 조성물층(112)내 용매를 제거하고, 유리산이 레지스트 스컴(111)내로 확산되게 하고, 레지스트 스컴 내에 극성-변화 반응이 일어나도록 베이킹된다. 베이킹은 핫플레이트 상에 또는 오븐(114)에서 수행될 수 있으며, 통상 핫플레이트로 수행한다. 적합한 베이킹 온도는 50℃ 이상, 예컨대, 70℃ 이상, 90℃ 이상, 120℃ 이상 또는 150℃ 이상이며, 통상 70 내지 160℃의 온도에서 약 30 초 내지 90초간 수행된다. 단일 베이킹 단계가 통상적이나, 복수-단계 베이킹도 사용될 수 있다.

[0067] 기판은 이후 잔여하는 디스커밍 조성물 및 기판에서 온 레지스트 스컴을 제거하기 위해 세정제와 접촉한다. 세정제는 통상 물, 수성 알칼리 용액, 또는 유기 용매 또는 용매 혼합물이며, 전술한 계면활성제와 같은 부가적인 임의의 성분을 포함할 수 있다. 적합한 수성 알칼리 용액은, 예컨대 4급 암모늄 하이드록시드 용액, 예컨대 0.26 N (2.38 wt%) 테트라메틸암모늄 하이드록시드(TMAH)와 같은 테트라알킬 암모늄 하이드록시드 용액이다. 적합한 유기 용매는, 예를 들면, 케톤, 에스테르, 에테르, 탄화수소 및 이들의 혼합물에서 선택되는 용매를 포함한다. 적합한 케톤 용매는 예를 들면, 아세톤, 2-헥산온, 5-메틸-2-헥산온, 2-헵탄온, 4-헵탄온, 1-옥탄온, 2-옥탄온, 1-노난온, 2-노난온, 디이소부틸케톤, 사이클로헥산온, 메틸사이클로헥산온, 페닐아세톤, 메틸 에틸케톤 및 메틸 이소부틸 케톤을 포함한다. 적합한 에스테르 용매는 예를 들면, 메틸 아세테이트, 부틸 아세테이트, 에틸 아세테이트, 이소프로필 아세테이트, 아밀 아세테이트, 프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르 아세테이트, 에틸렌 글리콜 모노에틸에테르 아세테이트, 디에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르 아세테이트, 디에틸렌 글리콜 모노에틸에테르 아세테이트, 에틸-3-에톡시프로피오네이트, 3-메톡시부틸 아세테이트, 3-메틸-3-메톡시부틸 아세테이트, 메틸 포르메이트, 에틸 포르메이트, 부틸 포르메이트, 프로필 포르메이트, 에틸락테이트, 부틸 락테이트 및 프로필 락테이트를 포함한다. 적합한 에테르 용매는 예를 들면, 디옥산, 테트라하이드로퓨란 및 글리콜 에테르 용매, 예를 들면, 에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르, 프로필렌 글리콜 모노에틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 트리에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르 및 메톡시메틸 부탄올을 포함한다. 적합한 아미드 용매는 예를 들면, N-메틸-2-피롤리돈, N,N-디메틸아세타미드 및 N,N-디메틸폼아미드를 포함한다. 적합한 하이드로카본 용매는 예를 들면, 톨루엔 및 자일렌과 같은 방향족 하이드로카본 용매를 포함한다. 또한, 이들 용매 혼합물 또는 전술된 용매 외의 용매 또는 물과 혼합된 전술된 하나 이상의 용매가 사용될 수 있다. 기타 적합한 용매는 포토레지스트 조성물에 사용되는 용매를 포함한다.

[0068] 도 1E에 나타난 바와 같이, 이온 빔(118)이 생성되고 기판(100)과 접촉되는 이온 주입 도구 내로 스컴이 없는(scum-free) 표면을 갖는 기판(100)이 도입된다. 불순물은 통상 n-형(예: 인 또는 비소) 또는 p-형(예: 붕소)이며, 예컨대 포스핀, 비소 또는 보론 트리플루오라이드와 같은 가스 공급원 또는 고체 비소 또는 인 등의 고체 공급원과 같은 공급원에서 생성된 이온화된 종으로 이온 빔 내에 존재한다. 이온 빔으로부터 온 불순물 원소는 선택적으로 기판(100)에 도입되어 포토레지스트 패턴(102')에 의해 커버되지 않는 기판의 영역 내에 도핑된 영역(120)을 형성한다.

[0069] 이온 주입 공정에 후속하여, 포토레지스트 패턴(102')이 기판 표면으로부터 스트리핑된다. 기판으로부터 포토레지스트 패턴(102')을 스트리핑 하는데 적합한 기술 및 화학은 본 기술분야에 공지되어 있다. 레지스트 패턴은 예를 들면, 산소 플라즈마에 의해 제거될 수 있으며, 잔류하는 잔여물은 RCA (SC1 + SC2) 습식 화학 크리닝과 같은 표준 수성 크리닝 화학기술로 제거될 수 있다. 레지스트 패턴을 기판 표면에서 제거한 후, 기판은 통상적으로 예를 들면, 주입 공정 중에 유발된 기판 내 손상을 복구하거나 도펀트 원소를 활성화하기 위해 열 어닐링 처리된다. 어닐링 기술은 본 기술분야에 공지되어 있으며, 주입 공정에 의해 유발된 기판 내 손상을 복구할 수 있는 시간 동안 상승 온도에서 웨이퍼를 가열하는 것을 포함한다. 어닐링은 통상 급속 열 처리기 또는 확산 용광로에서 불활성 기체 대기에서 수행된다. 어닐링 조건은 예를 들면, 도펀트 물질, 도펀트가 주입되는 물질 및 원하는 도펀트 프로파일에 의존한다. 생성되는 구조를 도 1F에 나타내었다.

[0070] 하기 비-제한적 실시예로 본 발명을 설명한다.

- [0071] 실시예
- [0072] 포토리지스트 디스커밍 조성물
- [0073] 실시예 1: PDC-1
- [0074] 2.167g의 n-부틸 메타크릴레이트/메타크릴산(중량으로 77/23) 공중합체, 0.033g의 p-톨루엔 설펜산 모노하이드레이트 및 97.8g의 4-메틸-2-펜탄올을 함께 모든 성분들이 용해될 때까지 혼합하였다. 생성되는 혼합물을 0.2 마이크론 나이론 필터로 여과하였다.
- [0075] 실시예 2: PDC-2
- [0076] 2.143g의 n-부틸 메타크릴레이트/메타크릴산(중량으로 77/23) 공중합체, 0.057g의 도데실벤젠 설펜산 및 97.8g의 4-메틸-2-펜탄올을 함께 모든 성분들이 용해될 때까지 혼합하였다. 생성되는 혼합물을 0.2 마이크론 나이론 필터로 여과하였다.
- [0077] 실시예 3: PDC-3
- [0078] 2.160g의 n-부틸 메타크릴레이트/메타크릴산(중량으로 77/23) 공중합체, 0.04g의 캄포어(Camphor) 설펜산 및 97.8g의 4-메틸-2-펜탄올을 함께 모든 성분들이 용해될 때까지 혼합하였다. 생성되는 혼합물을 0.2 마이크론 나이론 필터로 여과하였다.
- [0079] 실시예 4: PDC-4
- [0080] 2.148g의 n-부틸 메타크릴레이트/메타크릴산(중량으로 77/23) 공중합체, 0.052g 퍼플로오로부탄 설펜산 및 97.8g 4-메틸-2-펜탄올을 함께 모든 성분들이 용해될 때까지 혼합하였다. 생성되는 혼합물을 0.2 마이크론 나이론 필터로 여과하였다.
- [0081] 실시예 5: PDC-5
- [0082] 2.162g의 n-부틸 메타크릴레이트/메타크릴산(중량으로 77/23) 공중합체, 0.033g의 p-톨루엔 설펜 설펜산, 0.006g의 PF 656 계면활성제 및 97.8g의 4-메틸-2-펜탄올을 함께 모든 성분들이 용해될 때까지 혼합하였다. 생성되는 혼합물을 0.2 마이크론 나이론 필터로 여과하였다.
- [0083] 실시예 6: PDC-6
- [0084] 2.162g의 n-부틸 메타크릴레이트/메타크릴산(중량으로 77/23) 공중합체, 0.033g의 p-톨루엔 설펜 설펜산, 0.006g의 Surfynol 420 계면활성제를 함께 모든 성분들이 용해될 때까지 혼합하였다. 생성되는 혼합물을 0.2 마이크론 나이론 필터로 여과하였다.
- [0085] 리소그래피 공정
- [0086] 실시예 7 (비교)
- [0087] EPIC 2096 ArF 포토리지스트 (Rohm and Haas Electronic Materials LLC, Marlborough, MA)를 TEL 클린 트랙 리티우스i+(Tel Clean Track)상에서 12-인치 실리콘 웨이퍼에 코팅된 유기 기저 반사방지 코팅(BARC) 이중층(AR™ 37 20nm/AR™ 6N 76nm) 상에 스핀-코팅하고, 웨이퍼를 120℃에서 60초간 소프트베이킹(SB)하였다. 30 nm 두께의 OC™ 2000 탑코트 층(Rohm and Haas Electronic Materials)을 TEL 클린 트랙상에서 포토리지스트 층 상에 적용하고, 90℃에서 60초간 베이킹하였다. 코팅된 웨이퍼를 ASML ArF 1900i상에서 NA=1.35, 디폴 35Y 조명(0.9/0.76 시그마), 플러스 x 편광에서 노광하고, 95℃에서 60초간 노광후 베이킹(PEB)하였다. 코팅된 웨이퍼를 0.26N (노르말)수성 TMAH 용액으로 12초간 Tel Lithus GP 노즐로 처리하여 140 nm 1:1 트랜치를 형성하였다.

140 nm 트렌치에 대한 임계적 디멘션(CD)을 히다치 CG 4000 SEM 상에서 측정하고, 20 mJ/cm²에서 SEM으로 생성한 영상을 이용하여 스킴의 존재 및 상대적인 량을 육안으로 검사하였다. 관찰된 스킴의 상대적인 량은 하기와 같이 최소에서 최대까지 스케일로 분류되었다: 스킴 없음(육안적으로 검출된 스킴의 부재) < 약간의 스킴 < 중등도의 스킴 < 과중한 스킴. 과중한 스킴의 존재는 형성된 레지스트-패턴화된 웨이퍼 상에서 관찰되었다.

실시예 8-13

600 Å 두께의 실시예 1-6의 각 디스커밍 조성물 층을 TEL 클린 트랙을 사용하여 실시예 8에서 형성한 각 패터화된 웨이퍼상에 스핀-코팅하였다. 웨이퍼를 70℃에서 60초간 베이킹하고, 클린 트랙상에서 2.38% TMAH 현상제내에서 30초 동안 행군후, 물로 행구었다. 140 nm 트렌치에 대한 임계적 디멘션(CD)을 히다치 CG 4000 SEM 상에서 측정하고, 20 mJ/cm²에서 스킴의 존재 및 상대적인 량을 검사하였다. 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

실시예	디스커밍 조성물	20 mJ/cm ² 에서의 CD(nm)	140 nm 트렌치 1:1의 스킴
7(비교)	-	123	과중한 스킴
8	실시예 1	138	스킴 없음
9	실시예 2	135	스킴 없음
10	실시예 3	134	스킴 없음
11	실시예 4	140	스킴 없음
12	실시예 5	137	스킴 없음
13	실시예 6	137	스킴 없음

이온 주입

실시예 9

실시예 9-15의 웨이퍼를 BF₃ 공급원을 사용하여 B¹¹(10¹⁴ 원소/cm², 40keV)로 이온주입하였다.

도면

도면1

