



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0124861
(43) 공개일자 2013년11월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0048321

(22) 출원일자 2012년05월07일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

김은성

서울특별시 동작구 사당동 신동아 아파트 406-207

김경선

경기도 수원시 영통구 영통1동 황골마을1단지아파트 109-1303

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔목특허법인

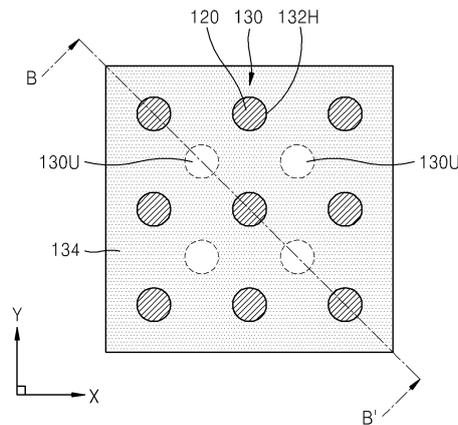
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 패턴 형성 방법

(57) 요약

패턴 형성 방법은 포토레지스트막에서 선택되는 적어도 하나의 제1 영역을 노광하는 제1 노광 단계와, 제1 현상액을 이용하여 적어도 하나의 제1 영역을 제거하여 적어도 하나의 제1 홀을 형성하는 단계와, 포토레지스트막에서 제1 홀을 포위하는 적어도 하나의 제2 영역을 노광하는 제2 노광 단계와, 제2 현상액을 이용하여 포토레지스트막 중 비노광 영역을 제거하여 적어도 하나의 제2 홀을 형성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도4a



(72) 발명자

남재우

서울특별시 노원구 공릉3동 시영아파트 105-408

신철호

경기도 용인시 수지구 풍덕천2동 신정마을현대프라
임아파트 203-1301

이시용

경기도 화성시 반송동 시범다은마을삼성래미안아파
트 311-401

특허청구의 범위

청구항 1

기관상에 포토레지스트막을 형성하는 단계와,

상기 포토레지스트막에서 선택되는 적어도 하나의 제1 영역을 노광하는 제1 노광 단계와,

제1 현상액을 이용하여 상기 적어도 하나의 제1 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 적어도 하나의 제1 홀을 형성하는 단계와,

상기 포토레지스트막에서 상기 적어도 하나의 제1 홀을 포위하는 적어도 하나의 제2 영역을 노광하는 제2 노광 단계와,

제2 현상액을 이용하여 상기 포토레지스트막 중 비노광 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 적어도 하나의 제2 홀을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 노광 단계는 제1 도즈(dose)로 노광을 행하고, 상기 제2 노광 단계는 상기 제1 도즈보다 큰 제2 도즈로 노광을 행하는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 노광 단계 및 상기 제2 노광 단계는 서로 동일한 포토마스크를 사용하여 행해지고,

상기 포토마스크는 제1 방향, 및 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향을 따라 각각 반복적으로 배치된 복수의 투광 영역을 가지는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 포토마스크에서 상기 복수의 투광 영역은 복수의 차광 패턴에 의해 정의되고,

상기 복수의 투광 영역 및 상기 복수의 차광 패턴은 각각 마름모 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 포토마스크에서 상기 복수의 투광 영역의 면적과 상기 복수의 차광 패턴의 면적은 서로 동일한 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제2 노광 단계 후, 상기 포토레지스트막에는 상기 적어도 하나의 제2 영역에 의해 상기 적어도 하나의 제1 홀로부터 이격된 적어도 하나의 비노광 영역이 정의되고,

상기 적어도 하나의 제2 홀을 형성하는 단계는 상기 제2 현상액에 의해 상기 적어도 하나의 비노광 영역을 제거하는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 포토레지스트막은 산의 작용에 의해 극성이 증가하는 수지를 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 현상액은 포지티브 톤 현상액 (positive tone developer)으로 이루어지고,

상기 제2 현상액은 네가티브 톤 현상액 (negative tone developer)으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 9

기관상에 포토레지스트막을 형성하는 단계와,

상기 포토레지스트막에서 서로 이격된 복수의 제1 영역을 노광하는 제1 노광 단계와,

제1 현상액을 이용하여 상기 복수의 제1 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 복수의 제1 홀을 형성하는 단계와,

상기 포토레지스트막에서 상기 복수의 제1 홀 각각의 사이에 하나 씩 배치되는 복수의 비노광 영역이 남도록 상기 포토레지스트막 중 상기 복수의 제1 홀을 포위하는 제2 영역을 노광하는 제2 노광 단계와,

제2 현상액을 이용하여 상기 복수의 비노광 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 복수의 제2 홀을 형성하는 단계와,

상기 복수의 제1 홀 및 상기 복수의 제2 홀 내에 블록 공중합체를 포함하는 물질층을 형성하는 단계와,

상기 물질층을 재배열시켜 상기 복수의 제1 홀 및 상기 복수의 제2 홀 내에 각각 제1 폴리머 블록을 포함하는 중심 블록 (central block)과 제2 폴리머 블록을 포함하는 주위 블록 (surrounding block)을 포함하는 자기조립 물질층을 형성하는 단계와,

상기 중심 블록을 제거하여 상기 복수의 제1 홀 및 상기 복수의 제2 홀 내에 미세 홀을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 노광 단계 및 상기 제2 노광 단계는 서로 동일한 포토마스크를 사용하여 행해지고,

상기 포토마스크는 복수의 차광 패턴에 의해 정의되는 복수의 투광 영역을 가지고,

상기 포토마스크에서 상기 복수의 차광 패턴과 상기 복수의 투광 영역은 서로 동일한 면적을 가지는 것을 특징으로 하는 패턴 형성 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 반도체 소자의 제조 방법에 관한 것으로, 특히 미세 피치로 형성되는 패턴 형성 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 초고집적화된 반도체 소자의 제조 공정에서, 미세 패턴링을 위하여 다양한 노광 기술 및 패턴링 기술이 제안되었다. 반도체 소자가 점차 고집적화되고, 디자인 룰이 점차 감소됨에 따라, 노광 파장을 짧게 하거나 해상도를 높이는 기술 만으로는 제한된 면적 내에서 미세 피치로 반복 형성되는 복수의 미세 패턴을 형성하는 데 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 제한된 면적 내에서 미세 피치로 반복 형성되는 복수의 미세 패턴을 용이하게 형성할 수 있는 패턴 형성 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 양태에 따른 패턴 형성 방법에서는 기판상에 포토레지스트막을 형성한다. 상기 포토레지스트막에서 선택되는 적어도 하나의 제1 영역을 노광하는 제1 노광 단계를 행한다. 제1 현상액을 이용하여 상기 적어도 하나의 제1 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 적어도 하나의 제1 홀을 형성한다. 상기 포토레지스트막에서 상기 적어도 하나의 제1 홀을 포위하는 적어도 하나의 제2 영역을 노광하는 제2 노광 단계를 행한다. 제2 현상액을 이용하여 상기 포토레지스트막 중 비노광 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 적어도 하나의 제2 홀을 형성한다.

[0005] 본 발명의 기술적 사상에 의한 다른 양태에 따른 패턴 형성 방법에서는 기판상에 포토레지스트막을 형성한다. 상기 포토레지스트막에서 서로 이격된 복수의 제1 영역을 노광하는 제1 노광 단계를 행한다. 제1 현상액을 이용하여 상기 복수의 제1 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 복수의 제1 홀을 형성한다. 상기 포토레지스트막에서 상기 복수의 제1 홀 각각의 사이에 하나 씩 배치되는 복수의 비노광 영역이 남도록 상기 포토레지스트막 중 상기 복수의 제1 홀을 포위하는 제2 영역을 노광하는 제2 노광 단계를 행한다. 제2 현상액을 이용하여 상기 복수의 비노광 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 복수의 제2 홀을 형성한다. 상기 복수의 제1 홀 및 상기 복수의 제2 홀 내에 블록 공중합체를 포함하는 물질층을 형성한다. 상기 물질층을 재배열시켜 상기 복수의 제1 홀 및 상기 복수의 제2 홀 내에 각각 제1 폴리머 블록을 포함하는 중심 블록 (central block)과 제2 폴리머 블록을 포함하는 주위 블록 (surrounding block)을 포함하는 자기조립 물질층을 형성한다. 상기 중심 블록을 제거하여 상기 복수의 제1 홀 및 상기 복수의 제2 홀 내에 미세 홀을 형성한다.

발명의 효과

[0006] 본 발명의 기술적 사상에 의한 패턴 형성 방법에서는 동일한 포토마스크를 사용하여 이중 노광 공정을 행함으로써, 주어진 면적 내에 형성되는 복수의 패턴들간의 최소 피치를 감소시켜 패턴 밀도를 증가시킬 수 있고, 복수의 미세 홀의 CD (critical dimension) 산포를 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시예에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위한 플로차트이다.
 도 2a 및 도 2b 내지 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위해 공정 순서에 따라 도시한 평면도들 및 단면도들로서, 도 2b, 도 3b, ..., 도 9b는 각각 도 2a, 도 3a, ..., 도 9a의 B - B' 선 단면도이다.
 도 10a는 본 발명의 기술적 사상에 의한 패턴 형성 방법에서 사용 가능한 포토마스크의 평면도이고, 도 10b는 도 10a의 B - B' 선 단면도이다.
 도 11a는 본 발명의 기술적 사상에 의한 패턴 형성 방법에서 사용 가능한 포토마스크의 평면도이고, 도 11b는 도 11a의 B - B' 선 단면도이다.
 도 12a 및 도 12b 내지 도 15a 및 도 15b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 평면도들 및 단면도들로서, 도 12b, 도 13b, 도 14b, 및 도 15b는 각각 도 12a, 도 13a, 도 14a, 및 도 15a의 B - B' 선 단면도이다.
 도 16은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시예에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위한 플로차트이다.
 도 17a 및 도 17b 내지 도 22a 및 도 22b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 평면도들 및 단면도들로서, 도 17b, 도 18b, ..., 도 22b는 각각 도 17a, 도 18a, ..., 도 22a의 B - B' 선 단면도이다.
 도 23a 및 도 23b 내지 도 28a 및 도 28b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법을

설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 평면도들 및 단면도들로서, 도 23b, 도 24b, ..., 도 28b는 각각 도 23a, 도 24a, ..., 도 28a의 B - B'선 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고, 이들에 대한 중복된 설명은 생략한다.
- [0009] 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것으로, 아래의 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시예들로 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하며 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0010] 본 명세서에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 부재, 영역, 층들, 부위 및/또는 구성 요소들을 설명하기 위하여 사용되지만, 이들 부재, 부품, 영역, 층들, 부위 및/또는 구성 요소들은 이들 용어에 의해 한정되어서는 안 되는 자명하다. 이들 용어는 특정 순서나 상하, 또는 우열을 의미하지 않으며, 하나의 부재, 영역, 부위, 또는 구성 요소를 다른 부재, 영역, 부위 또는 구성 요소와 구별하기 위하여만 사용된다. 따라서, 이하 상술할 제1 부재, 영역, 부위 또는 구성 요소는 본 발명의 가르침으로부터 벗어나지 않고서도 제2 부재, 영역, 부위 또는 구성 요소를 지칭할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소도 제1 구성 요소로 명명될 수 있다.
- [0011] 달리 정의되지 않는 한, 여기에 사용되는 모든 용어들은 기술 용어와 과학 용어를 포함하여 본 발명 개념이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 공통적으로 이해하고 있는 바와 동일한 의미를 지닌다. 또한, 통상적으로 사용되는, 사전에 정의된 바와 같은 용어들은 관련되는 기술의 맥락에서 이들이 의미하는 바와 일관되는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 여기에 명시적으로 정의하지 않는 한 과도하게 형식적인 의미로 해석되어서는 아니 될 것임은 이해될 것이다.
- [0012] 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 공정 순서는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 공정이 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명되는 순서와 반대의 순서로 수행될 수도 있다.
- [0013] 첨부 도면에 있어서, 예를 들면, 제조 기술 및/또는 공차에 따라, 도시된 형상의 변형들이 예상될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 본 명세서에 도시된 영역의 특정 형상에 제한된 것으로 해석되어서는 아니 되며, 예를 들면 제조 과정에서 초래되는 형상의 변화를 포함하여야 한다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시예에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위한 플로차트이다.
- [0015] 도 1을 참조하면, 공정 10에서, 기판상에 포토레지스트막을 형성한다.
- [0016] 일부 실시예에서, 상기 포토레지스트막은 포지티브형 포토레지스트로 이루어진다. 예를 들면, 상기 포토레지스트막은 산 분해성 보호기 (acid-labile protecting group)를 포함하는 수지와, PAG (photo-acid generator)를 포함하는 화학증폭형 포토레지스트로 이루어진다.
- [0017] 공정 20에서, 상기 포토레지스트막에서 선택되는 적어도 하나의 제1 영역을 제1 도즈(dose)로 노광하는 제1 노광 단계를 행한다.
- [0018] 상기 제1 노광 단계에서 상기 제1 도즈는 후속의 공정 30에서 상기 포토레지스트막에 형성하고자 하는 제1 홀의 크기에 따라 설정될 수 있다. 상기 제1 홀의 목표 크기가 작을수록 상기 제1 도즈의 설정치는 작아질 수 있다. 그리고, 상기 제1 홀의 목표 크기가 클수록 상기 제1 도즈의 설정치는 커질 수 있다.
- [0019] 상기 제1 노광 단계는 적어도 하나의 투광 영역을 가지는 포토마스크를 이용하여 행해진다. 일부 실시예에서, 상기 포토마스크는 최종적으로 얻고자 하는 복수의 홀 패턴의 최소 피치보다 더 큰 피치를 가지고 상기 최종적으로 얻고자 하는 복수의 홀 패턴의 밀도보다 더 낮은 밀도로 배치된 복수의 홀 형상의 투광 영역을 포함한다.
- [0020] 상기 제1 노광 단계를 행한 후, 상기 포토레지스트막의 제1 영역에서는 노광에 의해 발생된 산의 작용에 의해 극성이 증가할 수 있다.
- [0021] 공정 30에서, 제1 현상액을 이용하여 공정 20에서 노광된 부분인 상기 적어도 하나의 제1 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 적어도 하나의 제1 홀을 형성한다.

- [0022] 상기 제1 현상액은 상기 포토레지스트막 내에서 노광에 의해 극성이 증가된 부분, 즉 상기 포토레지스트막 내에서의 노광량이 소정치 이상인 부분을 선택적으로 제거할 수 있는 포지티브 톤 현상액 (positive tone developer)으로 이루어질 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 제1 현상액은 알칼리 수용액으로 이루어질 수 있다.
- [0023] 상기 적어도 하나의 제1 홀은 최종적으로 형성하고자 하는 복수의 홀 패턴의 최소 피치보다 더 큰 피치를 가지고 상기 최종적으로 얻고자 하는 복수의 홀 패턴의 밀도보다 더 낮은 밀도로 배치된다. 상기 포토레지스트막에는 복수의 제1 홀이 형성될 수 있으며, 상기 복수의 제1 홀은 매트릭스(matrix) 형태로 배열될 수 있다.
- [0024] 공정 40에서, 상기 포토레지스트막에서 상기 적어도 하나의 제1 홀을 포위하는 적어도 하나의 제2 영역을 제2 도즈로 노광하는 제2 노광 단계를 행한다.
- [0025] 상기 제2 노광 단계에서 상기 제2 도즈는 후속의 공정 50에서 포토레지스트막에 형성하고자 하는 제2 홀의 크기에 따라 설정될 수 있다. 상기 제2 홀의 목표 크기가 작을수록 상기 제2 도즈의 설정치는 커질 수 있다. 그리고, 상기 제2 홀의 목표 크기가 클수록 상기 제2 도즈의 설정치는 작아질 수 있다. 상기 제2 도즈는 공정 20에서의 제1 노광 단계에서 제공되는 제1 도즈보다 더 클 수 있다. 그러나, 본 발명은 이에 제한되는 것은 아니다. 필요에 따라, 상기 제2 도즈는 상기 제1 도즈와 동일하거나 더 작을 수 있다.
- [0026] 상기 제2 노광 단계는 공정 20에서 제1 노광 공정시 사용한 포토마스크와 동일한 포토마스크를 사용할 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 제1 노광 단계에서 상기 기판과 상기 포토마스크와의 얼라인 위치와, 상기 제2 노광 단계에서 상기 기판과 상기 포토마스크와의 얼라인 위치는 서로 동일하다.
- [0027] 상기 제2 노광 단계를 행한 후, 상기 포토레지스트막의 제2 영역에서는 노광에 의해 발생된 산의 작용에 의해 극성이 증가할 수 있다. 상기 포토레지스트막에는 상기 제2 영역에 의해 적어도 하나의 비노광 영역이 정의된다.
- [0028] 공정 50에서, 제2 현상액을 이용하여 상기 포토레지스트막 중 비노광 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 적어도 하나의 제2 홀을 형성한다.
- [0029] 상기 제2 현상액은 상기 포토레지스트막 내에서 비노광 영역, 또는 상기 포토레지스트막 내에서 실질적으로 극성 변화를 초래하지 않을 정도로 노광량이 충분히 작은 부분을 선택적으로 제거할 수 있는 네가티브 톤 현상액 (negative tone developer)으로 이루어질 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 제1 현상액은 유기 용제로 이루어질 수 있다. 상기 적어도 하나의 제2 홀이 형성된 후, 상기 기판에는 상기 포토레지스트막 중 상기 제2 영역만 남을 수 있다.
- [0030] 상기 적어도 하나의 제2 홀은 상기 적어도 하나의 제1 홀로부터 이격된 위치에 형성된다. 상기 적어도 하나의 제2 홀은 최종적으로 형성하고자 하는 복수의 홀 패턴의 밀도보다 더 낮은 밀도로 배치될 수 있다.
- [0031] 상기 포토레지스트막에는 복수의 제1 홀 및 복수의 제2 홀이 형성될 수 있다. 상기 복수의 제1 홀은 매트릭스 형태로 배치되고, 상기 복수의 제2 홀은 각각 상기 매트릭스의 대각선 방향과 동일한 방향에서 서로 이웃하는 2개의 제1 홀 사이에 배치될 수 있다. 상기 제1 홀과 상기 제2 홀과의 최소 거리는 상기 복수의 제1 홀 각각의 사이의 최소 거리보다 더 작다.
- [0032] 상기 포토레지스트막에서 상기 복수의 제1 홀 및 복수의 제2 홀을 포함하는 복수의 홀은 서로 허니콤 (honeycomb) 구조를 이루도록 배열될 수 있다.
- [0033] 도 2a 및 도 2b 내지 도 9a 및 도 9b는 도 1을 참조하여 설명한 패턴 형성 방법의 보다 구체적인 예들을 보여주는 도면들로서, 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 평면도들 및 단면도들이다. 도 2b, 도 3b, ..., 도 9b는 각각 도 2a, 도 3a, ..., 도 9a의 B - B' 선 단면도이다.
- [0034] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 기판(110) 위에 피식각막(112) 및 하드마스크층(114)을 차례로 형성한다. 그리고, 상기 하드마스크층(114) 위에 반사 방지막(120) 및 포토레지스트막(130)을 차례로 형성한다.
- [0035] 상기 기판(110)은 반도체 기판으로 이루어질 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 기판(110)은 Si (silicon), 예를 들면 결정질 Si, 다결정질 Si, 또는 비결정질 Si을 포함할 수 있다. 다른 일부 실시예에서, 상기 기판(110)은 Ge, SiGe, SiC, GaAs, InAs, 또는 InP와 같은 화합물 반도체를 포함할 수 있다. 또 다른 일부 실시예에서, 상기 기판(110)은 SOI (silicon on insulator) 구조를 가질 수 있다. 상기 기판(110)은 도전 영역, 예를 들면 불순물이 도핑된 웰 (well), 또는 불순물이 도핑된 구조물을 포함할 수 있다. 또한, 상기 기판(110)은 STI (shallow

trench isolation) 구조와 같은 다양한 소자분리 구조를 가질 수 있다.

- [0036] 상기 피식각막(112)은 절연막 또는 도전막일 수 있다. 예를 들면, 상기 피식각막(112)은 산화막, 질화막, 산화 질화막, 탄화막, 금속, 또는 반도체로 이루어질 수 있다. 최종적으로 형성하고자 하는 패턴이 기관(110)에 구현되는 경우, 상기 피식각막(112)은 생략될 수 있다.
- [0037] 상기 하드마스크층(114)은 피식각막(112)의 종류에 따라 다양한 막질로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상기 하드마스크층(114)은 산화막, 질화막, SiCN 막, 폴리실리콘막, ACL (amorphous carbon layer), 또는 탄소 함유막으로 이루어질 수 있다.
- [0038] 상기 반사 방지막(120)은 통상의 포토리소그래피 공정에 사용되는 것이라면 어느 것이라도 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 반사 방지막(120)은 KrF 엑시머 레이저용, ArF 엑시머 레이저용, 또는 다른 임의의 광원용 유기 ARC (anti-reflective coating) 재료로 이루어질 수 있다. 상기 반사 방지막(120)은 드라이 (dry) 리소그래피 공정에 사용되는 ARC 재료, 또는 침침 (immersion) 리소그래피 공정에 사용되는 ARC 재료로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상기 반사 방지막(120)은 상품명 "NCA" 시리즈 및 "NCST" 시리즈 (Nissan Chemical Industries, Ltd. 제품), 상품명 "XP" 시리즈 (Rohm and Haas Electronic Materials (RHEM) 제품), 및 상품명 "SNSA" 시리즈 (ShinEtsu Chemical Co. 제품) 중에서 선택되는 적어도 하나의 유기 ARC 재료로 이루어질 수 있다.
- [0039] 일부 실시예들에서, 상기 반사 방지막(120)은 염기성 수용액에 의해 용해되지 않는 재료로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상기 반사 방지막(120)은 티탄, 이산화티탄, 질화티탄, 산화크롬, 카본, 실리콘 질화물, 실리콘 산 질화물, 비정질 실리콘, 또는 이들의 조합으로 이루어지는 무기물로 이루어질 수 있다.
- [0040] 다른 일부 실시예들에서, 상기 반사 방지막(120)은 염기성 수용액에 의해 용해 가능한 재료로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상기 반사 방지막(120)은 발색기(chromophore group)를 포함하는 폴리머, 산과 반응하여 상기 폴리머와 가교될 수 있는 가교제(cross-linker), PAG, TAG (thermal-acid generator), 및 용매를 포함하는 유기 ARC 재료로 이루어질 수 있다. 상기 폴리머는 발색기를 갖는 PHS (polyhydroxystyrene, PHS)로 이루어질 수 있다. 상기 발색기는, 예를 들면, 안트라센으로 치환된 탄소수 2 내지 10의 알킬에스테르기, 탄소수 2 내지 10의 아조(azo)기로 이루어질 수 있다. 상기 가교제는 말단에 이중 결합을 둘 이상 갖는, C₄ ~ C₅₀의 탄화수소 화합물로 이루어질 수 있다. 이 경우, 상기 반사 방지막(120)을 형성하기 위하여, 유기 ARC 재료를 코팅한 후, 열처리하여 상기 유기 ARC 재료를 가교시키는 공정을 행할 수 있다.
- [0041] 상기 반사 방지막(120)은 약 20 nm 내지 약 150 nm의 두께로 형성될 수 있다. 본 예에서는, 상기 반사 방지막(120)이 염기성 수용액에 의해 용해되지 않는 재료로 이루어지는 경우를 예로 들어 설명한다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 제한되는 것은 아니다. 필요에 따라, 상기 반사 방지막(120)이 염기성 수용액에 의해 용해 가능한 재료로 이루어질 수도 있다. 이에 대한 보다 상세한 설명은 도 12a 내지 도 15b를 참조하여 후술한다.
- [0042] 상기 포토레지스트막(130)은 포지티브형 포토레지스트로 이루어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 포토레지스트막(130)은 산의 작용에 의해 극성이 증가하는 수지를 포함한다. 예를 들면, 포토레지스트막(130)은 산 분해성 보호기를 포함하는 수지와, PAG를 포함하는 화학증폭형 포토레지스트로 이루어질 수 있다. 상기 포토레지스트막(130)은 KrF 엑시머 레이저(248 nm)용 레지스트, ArF 엑시머 레이저(193nm)용 레지스트, F₂ 엑시머 레이저(157nm)용 레지스트, 또는 극자외선(extreme ultraviolet, EUV)(13.5 nm)용 레지스트로 이루어질 수 있다. 상기 포토레지스트막(130)은 스핀 코팅 공정에 의해 형성될 수 있다.
- [0043] 도 2a 및 도 2b에 예시한 바와 같이, 복수의 차광 영역 (light shielding area)(LS1) 및 복수의 투광 영역 (light transmitting area)(LT1)을 가지는 포토마스크(140)를 상기 기관(110)상의 소정의 위치에 얼라인하고, 상기 포토마스크(140)의 복수의 투광 영역(LT1)을 통해 상기 포토레지스트막(130)의 제1 영역(132)을 제1 도즈(D1)로 노광하는 제1 노광 공정을 행한다.
- [0044] 상기 포토레지스트막(130)의 제1 영역(132)에서는 상기 제1 노광 공정에 의해 발생된 산에 의해 산 분해성 보호기가 탈보호되고, 상기 제1 영역(132)에서의 극성이 상기 포토레지스트막(130)의 다른 부분에 비해 더 커질 수 있다. 상기 제1 도즈(D1)를 비교적 작게 함으로써, 상기 제1 영역(132)의 크기를 작게 할 수 있다.
- [0045] 상기 제1 노광 단계에서, 복수의 투광 영역(LT1)을 가지는 포토마스크(140)를 이용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 포토마스크(140)는 최종적으로 형성하고자 하는 복수의 홀(112H) (도 8a 및 도 8b 참조)의 밀도보다

더 높은 밀도로 배치된 복수의 홀 형상의 투광 영역을 포함할 수 있다.

- [0046] 도 10a는 상기 포토마스크(140)의 평면도이고, 도 10b는 도 10a의 B - B' 선 단면도이다.
- [0047] 도 10a 및 도 10b를 참조하면, 상기 포토마스크(140)는 석영 기판(142)과, 상기 석영 기판(142) 위에서 복수의 차광 영역(LS1)에 형성된 복수의 차광 패턴(144)을 포함한다. 상기 복수의 차광 패턴(144)은 Cr으로 이루어질 수 있다. 상기 복수의 차광 패턴(144)에 의해 상기 투광 영역(LT1)이 정의될 수 있다.
- [0048] 상기 복수의 투광 영역(LT1)은 제1 방향 (도 10a에서 X 방향), 및 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향 (도 10a에서 Y 방향)을 따라 각각 일렬로 배열되어 있다. 상기 포토마스크(140)에서, 상기 복수의 투광 영역(LT1)은 매트릭스(matrix) 형태로 배열되어 있다.
- [0049] 상기 복수의 투광 영역(LT1)은 각각 상기 제1 방향(도 10a에서 X 방향) 및 제2 방향 (도 10a에서 Y 방향)에 평행하게 연장되고 서로 직교하는 2 개의 대각선을 가지는 마름모 형상을 가진다.
- [0050] 상기 복수의 투광 영역(LT1) 및 복수의 차광 패턴(144)은 각각 마름모 형상을 가진다. 상기 복수의 차광 패턴(144) 중 서로 이웃하는 차광 패턴(144)은 각각 이들의 일부에서 서로 맞닿아 있다.
- [0051] 일부 실시예들에서, 상기 포토마스크(140)에서, 상기 복수의 투광 영역(LT1)이 차지하는 개구율 (open area ratio)은 약 50 %이다. 상기 포토마스크(140)에서 복수의 투광 영역(LT1)의 총 면적과 상기 복수의 차광 패턴(144)의 총 면적은 서로 동일할 수 있다. 다른 일부 실시예들에서, 상기 복수의 투광 영역(LT1) 중 적어도 하나의 투광 영역(LT1)의 면적과, 상기 복수의 차광 패턴(144) 중 적어도 하나의 차광 패턴(144)의 면적은 서로 동일할 수 있다.
- [0052] 도 10a 및 도 10b에 예시한 바와 같이 마름모 형상을 가지는 복수의 투광 영역(LT1)을 가지는 포토마스크(140)를 사용하여 상기 제1 노광 공정을 행함으로써, 노광 공정에서의 콘트라스트 (contrast)를 극대화하여, 형성하고자 하는 복수의 홀 패턴에서 광의 간섭 등에 의해 패턴 형상이 찌그러지거나 왜곡되는 등의 문제를 최소화하고자 원하는 패턴 형상을 충실하게 구현할 수 있다.
- [0053] 도 10a에는 본 실시예에서 포토마스크(140)의 복수의 투광 영역(LT1)과, 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시예에 따라 포토레지스트막(130)에서 정의되는 복수의 제1 영역(132)의 상대적인 위치 및 크기를 예시하기 위하여, 상기 복수의 투광 영역(LT1)에 상기 복수의 제1 영역(132)이 함께 도시되어 있다.
- [0054] 다시 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 상기 제1 노광 공정에서는 다양한 노광 파장을 가지는 조사선을 이용할 수 있다. 예를 들면, 상기 제1 노광 공정은 i-line (365 nm), 248 nm, 193 nm, EUV (13.5 nm), 또는 157 nm의 노광 파장을 이용하여 행해질 수 있다. 일부 실시예들에서, 193 nm의 노광 파장을 이용하는 경우, 액침 리소그래피 (immersion lithography) 공정이 이용될 수도 있다. 액침 리소그래피 공정을 이용하는 경우, 액침액과 상기 포토레지스트막(130)간의 직접적인 접촉을 방지하고 상기 포토레지스트막(130)의 성분들이 액침액으로 침출되지 않도록 하기 위하여, 상기 제1 노광 공정 전에, 상기 포토레지스트막을 덮는 탑코트층(topcoat layer) (도시 생략)을 더 형성할 수 있다.
- [0055] 상기 제1 도즈(D1)는 상기 제1 노광 공정을 통해 포토레지스트막(130)에 형성하고자 하는 제1 홀(132H) (도 3a 및 도 3b 참조)의 크기에 따라 설정될 수 있다. 상기 제1 홀(132H)의 목표 크기가 작을수록 상기 제1 도즈(D1)의 설정치는 작아질 수 있다. 그리고, 상기 제1 홀(132H)의 목표 크기가 클수록 상기 제1 도즈(D1)의 설정치는 커질 수 있다. 예를 들면, 상기 복수의 제1 홀(132H)을 약 40 nm의 직경을 가지도록 형성하기 위하여, 상기 제1 도즈(D1)를 약 30 mJ/cm²로 설정할 수 있다.
- [0056] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 상기 포토레지스트막(130)으로부터 상기 복수의 제1 영역(132)을 선택적으로 제거하여, 상기 포토레지스트막(130)을 관통하는 복수의 제1 홀(132H)을 형성한다.
- [0057] 상기 제1 영역(132)을 제거하기 위하여 포지티브 톤 현상액으로 이루어지는 제1 현상액을 이용한다. 일부 실시예들에서, 상기 제1 현상액은 알칼리성 용액으로 이루어진다. 예를 들면, 상기 제1 현상액은 TMAH (tetramethyl ammonium hydroxide) 수용액으로 이루어질 수 있다. 상기 TMAH 수용액은 약 2 ~ 5 중량%의 농도를 가질 수 있다.
- [0058] 상기 복수의 제1 홀(132H)을 통해 상기 반사방지막(120)이 노출된다.
- [0059] 상기 복수의 제1 홀(132H)은 최종적으로 형성하고자 하는 복수의 홀(112H) (도 8a 및 도 8b 참조)의 피치보다 더 큰 피치를 가지고, 최종적으로 형성하고자 하는 복수의 홀(112H)의 밀도보다 더 낮은 밀도로 배치된다. 상기

복수의 제1 홀(132H)은 매트릭스(matrix) 형태로 배열된다.

- [0060] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 상기 복수의 제1 홀(132H)이 형성된 기관(110)상의 소정의 위치에 상기 포토마스크(140)를 얼라인한다. 이 때, 기관(110)에 대한 포토마스크(140)의 얼라인 위치는 도 2a 및 도 2b를 참조하여 설명한 제1 노광 공정시의 기관(110)에 대한 포토마스크(140)의 얼라인 위치와 동일하다.
- [0061] 상기 포토마스크(140)의 복수의 투광 영역(LT1)을 통해 상기 포토레지스트막(130) 중 상기 복수의 제1 홀(132H)을 포위하는 제2 영역(134)을 제2 도즈(D2)로 노광하는 제2 노광 공정을 행한다.
- [0062] 상기 제2 노광 공정을 행하는 데 있어서, 상기 포토레지스트막(130) 중 일부 영역들인 서로 분리된 복수의 아일랜드형 비노광 영역(130U)을 제외하고, 상기 포토레지스트막(130)의 나머지 부분인 상기 제2 영역(134)이 노광되기에 충분한 정도의 노광량으로 상기 제2 도즈(D2)를 설정한다. 본 예에서는, 상기 제2 노광 공정을 행할 때, 상기 제1 노광 공정시 사용한 포토마스크(140)와 동일한 포토마스크(140)를 사용하므로, 상기 포토마스크(140)를 통하여 상기 포토레지스트막(130)을 노광하는 데 있어서 상기 제1 영역(132)을 포위하면서 상기 제1 영역(132)보다 더 큰 제2 영역(134)이 노광되도록 하기 위하여, 상기 제2 도즈(D2)를 상기 제1 노광 공정시의 제1 도즈(D1)보다 더 크게 설정한다.
- [0063] 상기 제2 노광 단계에서, 상기 제2 도즈(D2)는 후속 공정에서 상기 포토레지스트막(130)에 형성하고자 하는 복수의 제2 홀(134H) (도 5a 및 도 5b 참조)의 목표 크기에 따라 설정될 수 있다. 상기 복수의 제2 홀(134H)의 목표 크기가 작을수록 상기 제2 영역(134)의 크기를 크게 한다. 이를 위하여 상기 제2 도즈(D2)를 상대적으로 크게 설정할 수 있다. 상기 복수의 제2 홀(134H)의 목표 크기가 클수록 상기 제2 영역(134)의 크기를 작게 한다. 이를 위하여 상기 제2 도즈(D2)를 상대적으로 작게 설정할 수 있다. 예를 들면, 상기 복수의 제2 홀(134H)을 약 55 nm의 직경을 가지도록 형성하기 위하여, 상기 제2 도즈(D2)를 약 60 mJ/cm^2 로 설정할 수 있다.
- [0064] 도 10a 및 도 10b에 예시한 바와 같이 복수의 투광 영역(LT1)이 마름모 형상을 가지고 매트릭스 형상으로 배열되어 있는 포토마스크(140)를 사용하여, 상기 포토레지스트막(130)에 대하여 상기 제1 노광 공정 및 상기 제2 노광 공정을 순차적으로 행함으로써, 복수의 제1 영역(132) 및 복수의 제2 영역(134)의 형상을 용이하게 컨트롤할 수 있고, 상기 복수의 제1 영역(132) 및 복수의 제2 영역(134) 각각의 형상 차이를 최소화할 수 있다.
- [0065] 상기 제2 노광 단계를 행한 후, 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134)에서는 노광에 의해 발생된 산의 작용에 의해 극성이 증가할 수 있다.
- [0066] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 상기 포토레지스트막(130)으로부터 상기 복수의 비노광 영역(130U)을 선택적으로 제거하여, 상기 포토레지스트막(130)을 관통하는 복수의 제2 홀(134H)을 형성한다.
- [0067] 상기 비노광 영역(130U)을 선택적으로 제거하기 위하여 네가티브 톤 현상액으로 이루어지는 제2 현상액을 이용한다. 상기 비노광 영역(130U)은 노광량이 0 (zero), 또는 노광에 의해 발생된 산의 작용에 의해 상기 포토레지스트막(130)의 극성이 거의 변화하지 않을 정도로 노광량이 충분히 작은 영역이다. 따라서, 극성이 증가된 제2 영역(134)은 유기 용제로 이루어지는 네가티브 톤 현상액에 의해 제거되지 않고 남아 있는 반면, 비노광 영역(130U)은 유기 용제로 이루어지는 네가티브 톤 현상액에 의해 용이하게 제거될 수 있다.
- [0068] 상기 복수의 제2 홀(134H)이 형성된 후, 상기 포토레지스트막(130) 중 제2 영역(134)만 기관(110)상에 남게 된다. 상기 복수의 제1 홀(132H)을 포위하는 제2 영역(134)으로 인해, 상기 복수의 제2 홀(134H)은 복수의 제1 홀(132H)로부터 이격된 위치에 각각 형성된다.
- [0069] 상기 복수의 제2 홀(134H)은 각각 복수의 제1 홀(132H)이 이루는 매트릭스 배열의 대각선 방향과 동일한 방향에서 서로 이웃하는 2 개의 제1 홀(132H) 사이에 배치된다. 따라서, 상기 복수의 제1 홀(132H) 각각의 사이의 최소 거리(L1)보다 서로 이웃하는 제1 홀(132H)과 제2 홀(134H)과의 최소 거리(L2)가 더 작게 된다.
- [0070] 상기 포토레지스트막(130)에서 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H)을 포함하는 복수의 홀은 허니콤(honeycomb) 구조를 이루도록 배열된다.
- [0071] 상기 네가티브 톤 현상액은 비극성 용매로 이루어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 네가티브 톤 현상액은 벤젠, 톨루엔, 또는 자일렌과 같은 방향족 탄화수소; 시클로헥산, 시클로헥사논; 디메틸에테르, 디에틸에테르, 에틸렌글리콜, 프로필렌글리콜, 헥실렌글리콜, 에틸렌글리콜 모노메틸에테르, 에틸렌글리콜 모노에틸에테르, 에틸렌글리콜 메틸에틸에테르, 디에틸렌글리콜 모노메틸에테르, 디에틸렌글리콜 모노에틸에테르, 디에틸렌글리콜 디메틸에테르, 프로필렌글리콜 메틸에테르, 프로필렌글리콜 에틸에테르, 프로필렌글리콜 프로필에테르, 프로필

렌글리콜 부틸에테르, 테트라하이드로퓨란, 디옥산 등의 비고리형 또는 고리형의 에테르류; 메틸 아세테이트, 에틸 아세테이트, 프로필 아세테이트, 부틸 아세테이트, 메틸 히드록시 아세테이트, 에틸 히드록시 아세테이트, 프로필 히드록시 아세테이트, 부틸 히드록시 아세테이트, 메틸메톡시 아세테이트, 에틸메톡시 아세테이트, 프로필메톡시 아세테이트, 부틸메톡시 아세테이트, 메틸에톡시 아세테이트, 에틸에톡시 아세테이트, 프로필에톡시 아세테이트, 부틸에톡시 아세테이트, 메틸프로폭시 아세테이트, 에틸프로폭시 아세테이트, 프로필프로폭시 아세테이트, 부틸프로폭시 아세테이트, 메틸부톡시 아세테이트, 에틸부톡시 아세테이트, 프로필부톡시 아세테이트, 부틸부톡시 아세테이트, 프로필렌글리콜 메틸에테르 아세테이트, 프로필렌글리콜 에틸에테르 아세테이트, 프로필렌글리콜 프로필에테르 아세테이트, 프로필렌글리콜 부틸에테르 아세테이트, 메틸셀로솔브 아세테이트, 에틸셀로솔브 아세테이트 등의 아세테이트류; 메틸 3-히드록시 프로피오네이트, 에틸 3-히드록시 프로피오네이트, 프로필 3-히드록시 프로피오네이트, 부틸 3-히드록시 프로피오네이트, 메틸 2-메톡시 프로피오네이트, 에틸 2-메톡시 프로피오네이트, 프로필 2-메톡시 프로피오네이트, 부틸 2-메톡시 프로피오네이트, 메틸 2-에톡시프로피오네이트, 에틸 2-에톡시프로피오네이트, 프로필 2-에톡시프로피오네이트, 부틸 2-에톡시프로피오네이트, 메틸 2-부톡시프로피오네이트, 에틸 2-부톡시프로피오네이트, 프로필 2-부톡시프로피오네이트, 부틸 2-부톡시프로피오네이트, 메틸 3-메톡시프로피오네이트, 에틸 3-메톡시프로피오네이트, 프로필 3-메톡시프로피오네이트, 부틸 3-메톡시프로피오네이트, 메틸 3-에톡시프로피오네이트, 에틸 3-에톡시프로피오네이트, 프로필 3-에톡시프로피오네이트, 부틸 3-에톡시프로피오네이트, 메틸 3-프로폭시프로피오네이트, 에틸 3-프로폭시프로피오네이트, 프로필 3-프로폭시프로피오네이트, 부틸 3-프로폭시프로피오네이트, 메틸 3-부톡시프로피오네이트, 에틸 3-부톡시프로피오네이트, 프로필 3-부톡시프로피오네이트, 부틸 3-부톡시프로피오네이트, 프로필렌글리콜 메틸에테르 프로피오네이트, 프로필렌글리콜 에틸에테르 프로피오네이트, 프로필렌글리콜 프로필에테르 프로피오네이트, 프로필렌글리콜 부틸에테르 프로피오네이트 등의 프로피오네이트류; 옥시이소부티르산 에스테르, 예를 들어 메틸-2-히드록시이소부티레이트, 메틸 α -메톡시이소부티레이트, 에틸 메톡시이소부티레이트, 메틸 α -에톡시이소부티레이트, 에틸 α -에톡시이소부티레이트, 메틸 β -메톡시이소부티레이트, 에틸 β -메톡시이소부티레이트, 메틸 β -에톡시이소부티레이트, 에틸 β -에톡시이소부티레이트, 메틸 β -이소프로폭시이소부티레이트, 에틸 β -이소프로폭시이소부티레이트, 이소프로필 β -이소프로폭시이소부티레이트, 부틸 β -이소프로폭시이소부티레이트, 메틸 β -부톡시이소부티레이트, 에틸 β -부톡시이소부티레이트, 부틸 β -부톡시이소부티레이트, 메틸 α -히드록시이소부티레이트, 에틸 α -히드록시이소부티레이트, 이소프로필 α -히드록시이소부티레이트 및 부틸 α -히드록시이소부티레이트 등의 부티레이트류; 또는 메틸 락테이트, 에틸 락테이트, 프로필 락테이트, 부틸 락테이트 등의 락테이트류; 또는 이들의 조합으로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상기 네가티브 톤 현상액으로서 n-부틸 아세테이트를 사용할 수 있다.

- [0072] 일부 실시예들에서, 상기 네가티브 톤 현상액을 이용하여 상기 포토레지스트막(130)으로부터 상기 복수의 비노광 영역(130U)을 선택적으로 제거하는 데 있어서, 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H)을 통해 노출되는 반사방지막(120)이 상기 네가티브 톤 현상액에 의해 제거될 수 있다. 그러나, 상기 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H)을 통해 노출되는 상기 반사방지막(120)이 제거되지 않고 남아 있는 경우, 도 6a 및 도 6b를 참조하여 설명하는 후속 공정에 의해 상기 반사방지막(120)의 노출 부분을 제거할 수 있다.
- [0073] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 상기 포토레지스트막(130)에 형성된 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H)을 통해 노출되는 반사방지막(120)을 제거하여, 상기 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H)을 통해 하드마스크층(114)을 노출시킨다.
- [0074] 상기 반사방지막(120)의 노출된 부분을 제거하기 위하여 유기 용제를 이용할 수 있다. 예를 들면, 상기 유기 용제로서 비극성 유기 용제, 또는 알코올계 용제와 같은 극성 유기 용제를 사용할 수 있다.
- [0075] 도 7a 및 도 7b를 참조하면, 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134)을 식각 마스크로 이용하여 상기 하드마스크층(114)을 식각하여, 복수의 홀(114H)이 형성된 하드마스크 패턴(114A)을 형성한다.
- [0076] 상기 하드마스크 패턴(114A)이 형성된 후, 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134)과 상기 반사방지막(120)은 소모되어 제거될 수 있다. 도시하지는 않았으나, 상기 하드마스크층(114)에 복수의 홀(114H)이 형성된 후, 상기 하드마스크 패턴(114A) 위에 상기 반사방지막(120)과 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134)이 남아 있을 수도 있다.
- [0077] 도 8a 및 도 8b를 참조하면, 상기 하드마스크 패턴(114A)을 식각 마스크로 이용하여 상기 피식각막(112)을 식각하여, 복수의 홀(112H)이 형성된 미세 패턴(112A)을 형성한다.
- [0078] 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 상기 미세 패턴(112A) 위에 남아 있는 하드마스크 패턴(114A)을 제거하여 상기 미

세 패턴(112A)의 상면을 노출시킨다.

- [0079] 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법에서 사용 가능한 포토마스크(240)를 예시한 도면들로서, 도 11a는 상기 포토마스크(240)의 평면도이고, 도 11b는 도 11a의 B - B' 선 단면도이다.
- [0080] 상기 포토마스크(240)는 도 2a 및 도 2b를 참조하여 설명한 제1 노광 공정 및 도 4a 및 도 4b를 참조하여 설명한 제2 노광 공정에서 사용된, 도 10a 및 도 10b에 예시한 포토마스크(140) 대신 사용 가능하다.
- [0081] 도 11a 및 도 11b를 참조하면, 포토마스크(240)는 석영 기판(242)과, 상기 석영 기판(142) 위에서 복수의 차광 영역(LS2)에 형성된 복수의 차광 패턴(244)을 포함한다. 상기 복수의 차광 패턴(244)은 Cr으로 이루어질 수 있다. 상기 복수의 차광 패턴(244)은 2 차원 격자 형상 (lattice shape)을 가지며, 상기 차광 패턴(244)에 의해 복수의 투광 영역(LT2)이 정의된다.
- [0082] 상기 복수의 투광 영역(LT2)은 사각형 형상을 가지는 것을 제외하고, 도 10a 및 도 10b를 참조하여 설명한 복수의 투광 영역(LT1)에 대하여 설명한 바와 대체로 유사하다. 상기 복수의 투광 영역(LT2)은 제1 방향 (도 11a에서 X 방향), 및 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향 (도 11a에서 Y 방향)을 따라 각각 반복적으로 배치되어 매트릭스 형상을 이루며, 상기 제1 방향 (도 11a에서 X 방향)에 평행하게 연장되는 2 개의 외곽선과, 상기 제2 방향 (도 11a에서 Y 방향)에 평행하게 연장되는 2 개의 외곽선에 의해 그 크기가 한정된다. 상기 복수의 투광 영역(LT2)은 정사각형 또는 직사각형의 형태를 가질 수 있다.
- [0083] 도 12a 및 도 12b 내지 도 15a 및 도 15b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 평면도들 및 단면도들이다. 특히, 본 예에서는 도 11a 및 도 11b에 예시한 포토마스크(240)를 사용하는 패턴 형성 방법을 설명한다. 도 12b, 도 13b, 도 14b, 및 도 15b는 각각 도 12a, 도 13a, 도 14a, 및 도 15a의 B - B' 선 단면도이다. 도 12a 및 도 12b 내지 도 15a 및 도 15b에 있어서, 도 2a 및 도 2b 내지 도 9a 및 도 9b에서와 동일한 참조 부호는 동일 부재를 나타내며, 여기서는 설명의 간략화를 위하여 이들에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0084] 도 12a 및 도 12b를 참조하면, 도 2a 및 도 2b를 참조하여 설명한 바와 유사하게, 상기 포토마스크(240)를 사용하여 포토레지스트막(130)에 대하여 비교적 낮은 노광량의 제1 도즈(D3)로 제1 노광 공정을 행하여, 상기 포토레지스트막(130)에 노광에 의해 극성이 증가된 복수의 제1 영역(232)을 형성한다.
- [0085] 도 13a 및 도 13b를 참조하면, 도 3a 및 도 3b를 참조하여 설명한 바와 유사하게, 포지티브 톤 현상액으로 이루어지는 제1 현상액을 이용하여 상기 포토레지스트막(130)으로부터 상기 복수의 제1 영역(232)을 선택적으로 제거하여, 상기 포토레지스트막(130)을 관통하는 복수의 제1 홀(232H)을 형성한다.
- [0086] 도 14a 및 도 14b를 참조하면, 도 4a 및 도 4b를 참조하여 설명한 바와 유사하게, 상기 복수의 제1 홀(232H)이 형성된 기판(110)상의 소정의 위치에 상기 포토마스크(240)를 얼라인한 후, 상기 포토마스크(240)의 복수의 투광 영역(LT2)을 통해 상기 포토레지스트막(130) 중 상기 복수의 제1 홀(232H)을 포위하는 제2 영역(234)을 제2 도즈(D4)로 노광하는 제2 노광 공정을 행한다.
- [0087] 상기 제2 노광 공정을 행하는 데 있어서, 상기 포토레지스트막(130) 중 일부 영역들인 서로 분리된 복수의 아일랜드형 비노광 영역(230U)을 정의하는 제2 영역(234)이 노광되기에 충분한 정도의 노광량으로 상기 제2 도즈(D4)를 설정한다. 상기 제2 도즈(D4)는 상기 제1 도즈(D3)보다 더 크다. 도 14a에 예시한 바와 같이, 상기 복수의 비노광 영역(230U)은 각각 상기 복수의 제1 영역(232) 또는 상기 복수의 제1 홀(232H)과는 다른 형상 및/또는 다른 크기를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 복수의 비노광 영역(230U)은 각각 상기 복수의 제1 홀(232H) 각각의 크기보다 더 큰 크기를 가질 수 있다.
- [0088] 도 15a 및 도 15b를 참조하면, 도 5a 및 도 5b를 참조하여 설명한 바와 유사하게, 네가티브 톤 현상액으로 이루어지는 제2 현상액을 이용하여 상기 포토레지스트막(130)으로부터 상기 복수의 비노광 영역(230U)을 선택적으로 제거하여, 상기 포토레지스트막(130)을 관통하는 복수의 제2 홀(234H)을 형성한다.
- [0089] 도 15a에 예시한 바와 같이, 상기 복수의 제2 홀(234H)은 각각 상기 복수의 제1 홀(232H)과 다른 형상 및/또는 다른 크기를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 복수의 제2 홀(234H)은 각각 상기 복수의 제1 홀(232H) 각각의 크기보다 더 큰 크기를 가질 수 있다.
- [0090] 그 후, 도 6a 및 도 6b 내지 도 9a 및 도 9b를 참조하여 설명한 바와 유사한 공정을 행하여 피식각막(112)에 복

수의 홀을 형성한다.

- [0091] 도 16은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시예에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위한 플로차트이다. 본 예에서는 DSA (directed self-assembly) 공정을 포함하는 본 발명의 기술적 사상에 의한 패턴 형성 방법에 대하여 설명한다.
- [0092] 도 16을 참조하면, 도 1을 참조하여 설명한 바와 같은 공정 10 내지 공정 50을 행한다. 그 후, 공정 60에서, 적어도 하나의 제1 홀 및 적어도 하나의 제2 홀 내에 블록 공중합체를 포함하는 물질층을 형성한다.
- [0093] 공정 70에서, 상기 물질층을 재배열시켜 상기 적어도 하나의 제1 홀 및 적어도 하나의 제2 홀 내에 각각 제1 폴리머 블록을 포함하는 중심 블록 (central block)과, 상기 제1 폴리머 블록과는 다른 제2 폴리머 블록을 포함하는 주위 블록 (surrounding block)을 가지는 자기조립 물질층을 형성한다.
- [0094] 일부 실시예들에서, 상기 물질층의 성분들을 상분리하고 재배열시켜 상기 자기조립 물질층을 형성하기 위하여, 상기 물질층 내에 포함된 블록 공중합체의 유리전이온도보다 더 높은 온도하에서 상기 물질층을 어닐링하는 공정을 이용할 수 있다. 예를 들면, 상기 어닐링은 약 100 ~ 250 °C의 온도하에서 약 1 분 내지 약 24 시간 동안 행해질 수 있다. 제1 폴리머 블록 및 제2 폴리머 블록을 포함하는 블록 공중합체를 포함하는 물질층을 어닐링함으로써, 폴리머 블록들의 극성에 따라 상기 복수의 제1 홀 및 복수의 제2 홀 내에서 상기 폴리머 블록들이 자기조립되어 상기 중심 블록 및 주위 블록이 형성될 수 있다. 다른 일부 실시예들에서, 상기와 같은 폴리머 블록들의 자기조립은 어닐링 공정 없이 자발적으로 이루어질 수도 있다.
- [0095] 공정 80에서, 상기 자기조립 물질층으로부터 중심 블록을 제거하여, 상기 적어도 하나의 제1 홀 및 적어도 하나의 제2 홀 내에 각각 1 개씩 배치되는 복수의 미세 홀을 형성한다.
- [0096] 상기 복수의 미세 홀은 각각 상기 제1 홀 및 제2 홀보다 작은 직경을 가진다. 상기 복수의 미세 홀은 상호 등간격으로 배치될 수 있다.
- [0097] 도 17a 및 도 17b 내지 도 22a 및 도 22b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 평면도들 및 단면도들로서, 특히 도 16을 참조하여 설명한 패턴 형성 방법의 보다 구체적인 예들을 설명하기 위한 도면들이다. 도 17b, 도 18b, ..., 도 22b는 각각 도 17a, 도 18a, ..., 도 22a의 B - B' 선 단면도이다. 도 17a 및 도 17b 내지 도 22a 및 도 22b에 있어서, 도 2a 내지 도 9b에 서와 동일한 참조 부호는 동일 부재를 나타내며, 따라서 여기서는 설명의 간략화를 위하여 이들에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0098] 도 17a 및 도 17b를 참조하면, 도 2a 내지 도 5b를 참조하여 설명한 바와 같은 일련의 공정들을 거쳐 기관(110)상의 포토레지스트막(130)에 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H)을 형성한 후, 반사방지막(120)의 노출 표면과 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134)의 노출 표면을 Ar 플라즈마(340) 처리에 의해 친수성화한다.
- [0099] 단, 본 예에서는 상기 반사방지막(120)은 유기 ARC 재료로 이루어진다. 상기 반사방지막(120)을 형성하기 위하여, 상기 하드마스크층(114) 위에 유기 ARC 재료를 코팅한 후, 열처리하여 상기 유기 ARC 재료를 가교시키는 공정을 행할 수 있다.
- [0100] 일부 실시예들에서, 상기 Ar 플라즈마(340) 처리 공정은 생략될 수 있다.
- [0101] 도 18a 및 도 18b를 참조하면, 상기 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H) 내에 블록 공중합체를 포함하는 물질층(350)을 형성한다.
- [0102] 상기 물질층(350)을 형성하기 위하여 스핀코팅 공정을 이용할 수 있다.
- [0103] 상기 물질층(350)은 2 개의 폴리머 블록으로 이루어지는 블록 공중합체를 포함할 수 있다. 상기 블록 공중합체는 2 종류의 폴리머 블록(A, B)으로 이루어지는 2중(AB) 공중합체로 이루어질 수 있다. 상기 블록 공중합체는 약 3,000 ~ 2,000,000 g/mol의 분자량을 가지는 선형 또는 분기형 고분자로 이루어질 수 있다.
- [0104] 예를 들면, 상기 블록 공중합체로서 폴리스티렌-폴리메틸메타크릴레이트 (polystyrene-polymethylmethacrylate) 공중합체, 폴리부타디엔-폴리부틸메타크릴레이트 (polybutadiene-polybutylmethacrylate) 공중합체, 폴리부타디엔-폴리디메틸실록산 (polybutadiene-polydimethylsiloxane) 공중합체, 폴리부타디엔-폴리메틸메타크릴레이트 (polybutadiene-polymethylmethacrylate) 공중합체, 폴리부타디엔-폴리비닐피리딘 (polybutadiene-polyvinylpyridine) 공중합체, 폴리부틸아크릴레이트-폴리메틸메타크릴레이트 (polybutylacrylate-

polymethylmethacrylate), 폴리부틸아크릴레이트-폴리비닐피리딘 (polybutylacrylate-polyvinylpyridine), 폴리이소프렌-폴리비닐피리딘 (polyisoprene-polyvinylpyridine), 폴리이소프렌-폴리메틸메타크릴레이트 (polyisoprene-polymethylmethacrylate), 폴리헥실아크릴레이트-폴리비닐피리딘 (polyhexylacrylate-polyvinylpyridine), 폴리이소부틸렌-폴리부틸메타크릴레이트 (polyisobutylene-polybutylmethacrylate), 폴리이소부틸렌-폴리메틸메타크릴레이트 (polyisobutylene-polymethylmethacrylate), 폴리이소부틸렌-폴리부틸메타크릴레이트 (polyisobutylene-polybutylmethacrylate), 폴리이소부틸렌-폴리디메틸실록산 (polyisobutylene-polydimethylsiloxane), 폴리부틸메타크릴레이트-폴리부틸아크릴레이트 (polybutylmethacrylate-polybutylacrylate), 폴리에틸에틸렌-폴리메틸메타크릴레이트 (polyethylethylene-polymethylmethacrylate), 폴리스티렌-폴리부틸메타크릴레이트 (polystyrene-polybutylmethacrylate), 폴리스티렌-폴리부타디엔 (polystyrene-polybutadiene), 폴리스티렌-폴리이소프렌 (polystyrene-polyisoprene), 폴리스티렌-폴리메틸실록산 (polystyrene-polydimethylsiloxane), 폴리스티렌-폴리비닐피리딘 (polystyrene-polyvinylpyridine), 폴리에틸에틸렌-폴리비닐피리딘 (polyethylethylene-polyvinylpyridine), 폴리에틸렌-폴리비닐피리딘 (polyethylene-polyvinylpyridine), 폴리비닐피리딘-폴리메틸메타크릴레이트 (polyvinylpyridine-polymethylmethacrylate), 폴리에틸렌옥사이드-폴리이소프렌 (polyethyleneoxide-polyisoprene), 폴리에틸렌옥사이드-폴리부타디엔 (polyethyleneoxide-polybutadiene), 폴리에틸렌옥사이드-폴리스티렌 (polyethyleneoxide-polystyrene), 폴리에틸렌옥사이드-폴리메틸메타크릴레이트 (polyethyleneoxide-polymethylmethacrylate), 폴리에틸렌옥사이드-폴리디메틸실록산 (polyethyleneoxide-polydimethylsiloxane), 폴리스티렌-폴리에틸렌옥사이드 (polystyrene-polyethyleneoxide) 등을 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 물질층(350) 내의 블록 공중합체는 폴리스티렌 (polystyrene)으로 이루어지는 제1 폴리머 블록과 폴리메틸메타크릴레이트 (polymethylmethacrylate)로 이루어지는 제2 폴리머 블록을 포함할 수 있다. 상기 물질층(350) 내에서 상기 제1 폴리머 블록 및 상기 제2 폴리머 블록의 부피비를 조절하여 최종적으로 형성하고자 하는 복수의 미세 홀, 예를 들면 도 20a 및 도 20b에 예시한 복수의 미세 홀(352H)의 크기를 조절할 수 있다. 예를 들면, 상기 물질층(350)은 폴리스티렌으로 이루어지는 제1 폴리머 블록과 폴리메틸메타크릴레이트로 이루어지는 제2 폴리머 블록을 약 65:35의 부피비로 포함하는 블록 공중합체로 이루어질 수 있다.

- [0105] 도 19a 및 도 19b를 참조하면, 상기 물질층(350)을 재배열시켜 상기 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H) 내에 각각 제1 폴리머 블록을 포함하는 중심 블록(352)과, 상기 제1 폴리머 블록과는 다른 제2 폴리머 블록을 포함하는 주위 블록(354)을 가지는 자기조립 물질층(350A)을 형성한다.
- [0106] 복수의 중심 블록(352)은 각각 상기 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H) 내에서 상기 반사방지막(120) 위에 수직 방향으로 연장되는 실린더 형상으로 자기 정렬된다. 상기 복수의 중심 블록(352)의 평면 형상은 실질적으로 원형일 수 있다. 상기 복수의 중심 블록(352)은 각각 상기 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H) 내에서 상기 주위 블록(354)에 의해 둘러싸인다.
- [0107] 일부 실시예들에서, 상기 물질층(350)의 성분들을 상분리하고 재배열시켜 상기 자기조립 물질층(350A)을 형성하기 위하여, 상기 물질층(350) 내에 포함된 블록 공중합체의 유리전이온도보다 더 높은 온도하에서 상기 물질층(350)을 어닐링하는 공정을 이용할 수 있다. 예를 들면, 상기 어닐링은 약 100 ~ 250 °C의 온도하에서 약 1 분 내지 약 24 시간 동안 행해질 수 있다. 제1 폴리머 블록 및 제2 폴리머 블록을 포함하는 블록 공중합체를 포함하는 물질층을 어닐링함으로써, 폴리머 블록들의 극성에 따라 상기 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H) 내에서 상기 폴리머 블록들이 자기조립되어 상기 중심 블록(352) 및 주위 블록(354)이 형성될 수 있다. 다른 일부 실시예들에서, 상기와 같은 폴리머 블록들의 자기조립은 어닐링 공정 없이 자발적으로 이루어질 수도 있다.
- [0108] 일부 실시예들에서, 상기 중심 블록(352)을 구성하는 제1 폴리머 블록은 폴리메틸메타크릴레이트 (polymethylmethacrylate)로 이루어지고, 상기 주위 블록(354)을 구성하는 제2 폴리머 블록은 폴리스티렌 (polystyrene)으로 이루어진다.
- [0109] 도 20a 및 도 20b를 참조하면, 상기 자기조립 물질층(350A)으로부터 중심 블록(352)을 제거하여, 상기 복수의 제1 홀(132H) 및 복수의 제2 홀(134H) 내에 1 개씩 배치되는 복수의 미세 홀(352H)을 형성한다.
- [0110] 상기 중심 블록(352)을 제거하기 위하여, 상기 중심 블록(352)을 산소 플라즈마에 노출시키거나 UV를 조사하여 광분해시킨 후, 광분해된 부분을 세정액으로 스트립하는 공정을 이용할 수 있다.
- [0111] 상기 복수의 미세 홀(352H)은 각각 상기 제1 홀(132H) 및 제2 홀(134H)보다 작은 직경을 가진다. 상기 복수의 미세 홀(352H)은 실질적으로 원형의 평면 형상을 가질 수 있다. 상기 복수의 미세 홀(352H)은 상호 등간격으로

배치될 수 있다. 따라서, 상기 복수의 미세 홀(352H)은 균일한 피치로 배열될 수 있으며, 우수한 CD (critical dimension) 균일성을 확보할 수 있다.

- [0112] 도 21a 및 도 21b를 참조하면, 복수의 주위 블록(354)을 통해 노출되는 반사방지막(120)을 도 6a 및 도 6b를 참조하여 설명한 바와 같은 방법으로 제거한 후, 상기 복수의 주위 블록(354) 및 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134)을 식각 마스크로 이용하여, 상기 하드마스크층(114)을 식각하여, 복수의 미세 홀(314H)이 형성된 하드마스크 패턴(114B)을 형성한다.
- [0113] 상기 하드마스크 패턴(114B)이 형성된 후, 상기 복수의 주위 블록(354), 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134), 및 상기 반사방지막(120)은 소모되어 제거될 수 있다. 도시하지는 않았으나, 상기 하드마스크층(114)에 복수의 홀(314H)이 형성된 후, 상기 하드마스크 패턴(114B) 위에 상기 복수의 주위 블록(354), 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134), 및 상기 반사방지막(120)의 일부가 남아 있을 수도 있다.
- [0114] 도 22a 및 도 22b를 참조하면, 도 8a 및 도 8b를 참조하여 설명한 바와 유사한 방법으로, 상기 하드마스크 패턴(114B)(도 21a 및 도 21b 참조)을 식각 마스크로 이용하여 상기 피식각막(112)을 식각하여, 복수의 미세 홀(312H)이 형성된 미세 패턴(112B)을 형성한다.
- [0115] 그 후, 상기 미세 패턴(112B) 위에 남아 있는 하드마스크 패턴(114B)을 제거하여 상기 미세 패턴(112B)의 상면을 노출시킨다.
- [0116] 도 23a 및 도 23b 내지 도 28a 및 도 28b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 패턴 형성 방법을 설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 평면도들 및 단면도들로서, 특히 도 16을 참조하여 설명한 패턴 형성 방법의 보다 구체적인 다른 예들을 보여주는 도면들이다. 도 23b, 도 24b, ..., 도 28b는 각각 도 23a, 도 24a, ..., 도 28a의 B - B'선 단면도이다. 도 23a 및 도 23b 내지 도 28a 및 도 28b에 있어서, 도 2a 내지 도 15b에 서와 동일한 참조 부호는 동일 부재를 나타내며, 따라서 여기서는 설명의 간략화를 위하여 이들에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0117] 도 23a 및 도 23b를 참조하면, 도 12a 내지 도 15b를 참조하여 설명한 바와 같은 일련의 공정들을 거쳐 기판(110)상의 포토레지스트막(130)에 복수의 제1 홀(232H) 및 복수의 제2 홀(234H)을 형성한 후, 반사방지막(120)의 노출 표면과 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(134)의 노출 표면을 Ar 플라즈마(440) 처리에 의해 친수성화한다.
- [0118] 상기 반사방지막(120)은 유기 ARC 재료로 이루어질 수 있다.
- [0119] 일부 실시예들에서, 상기 Ar 플라즈마(340) 처리 공정은 생략될 수 있다.
- [0120] 도 24a 및 도 24b를 참조하면, 상기 복수의 제1 홀(232H) 및 복수의 제2 홀(234H) 내에 블록 공중합체를 포함하는 물질층(450)을 형성한다.
- [0121] 상기 물질층(450)에 대한 보다 상세한 사항은 도 18a 및 도 18b를 참조하여 물질층(350)에 대하여 설명한 바와 같다.
- [0122] 도 25a 및 도 25b를 참조하면, 도 19a 및 도 19b를 참조하여 설명한 바와 같은 방법으로 상기 물질층(450)을 재배열시켜 상기 복수의 제1 홀(232H) 및 복수의 제2 홀(234H) 내에 각각 제1 폴리머 블록을 포함하는 중심 블록(452)과, 상기 제1 폴리머 블록과는 다른 제2 폴리머 블록을 포함하는 주위 블록(454)을 가지는 자기조립 물질층(450A)을 형성한다.
- [0123] 복수의 중심 블록(452)은 각각 상기 제1 홀(232H) 및 복수의 제2 홀(234H) 내에서 상기 반사방지막(120) 위에 수직 방향으로 연장되는 실린더 형상으로 자기 정렬된다. 상기 복수의 중심 블록(452)의 평면 형상은 실질적으로 원형일 수 있다. 상기 복수의 중심 블록(452)은 각각 상기 제1 홀(232H) 및 복수의 제2 홀(234H) 내에서 상기 주위 블록(454)에 의해 둘러싸인다.
- [0124] 일부 실시예들에서, 상기 중심 블록(452)을 구성하는 제1 폴리머 블록은 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmethacrylate)로 이루어지고, 상기 주위 블록(454)을 구성하는 제2 폴리머 블록은 폴리스티렌(polystyrene)으로 이루어진다.
- [0125] 도 26a 및 도 26b를 참조하면, 도 20a 및 도 20b를 참조하여 설명한 바와 같은 방법으로 상기 자기조립 물질층(450A)으로부터 중심 블록(452)을 제거하여, 상기 복수의 제1 홀(232H) 및 복수의 제2 홀(234H) 내에 1 개씩 배치되는 복수의 미세 홀(452H)을 형성한다.

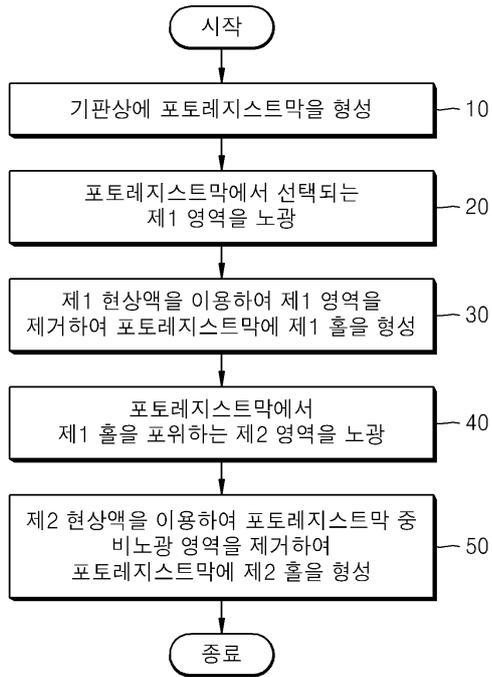
- [0126] 상기 복수의 미세 홀(452H)은 각각 상기 제1 홀(232H) 및 제2 홀(234H)보다 작은 직경을 가진다. 상기 복수의 미세 홀(452H)은 실질적으로 원형의 평면 형상을 가질 수 있다. 상기 복수의 미세 홀(452H)은 상호 등간격으로 배치될 수 있다. 따라서, 상기 복수의 미세 홀(452H)은 균일한 피치로 배열될 수 있으며, 우수한 CD 균일성을 확보할 수 있다.
- [0127] 도 27a 및 도 27b를 참조하면, 복수의 주위 블록(454)을 통해 노출되는 반사방지막(120)을 도 6a 및 도 6b를 참조하여 설명한 바와 같은 방법으로 제거한 후, 상기 복수의 주위 블록(454) 및 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(234)을 식각 마스크로 이용하여, 상기 하드마스크층(114)을 식각하여, 복수의 미세 홀(414H)이 형성된 하드마스크 패턴(114C)을 형성한다.
- [0128] 상기 하드마스크 패턴(114C)이 형성된 후, 상기 복수의 주위 블록(454), 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(234), 및 상기 반사방지막(120)은 소모되어 제거될 수 있다. 도시하지는 않았으나, 상기 하드마스크층(114)에 복수의 미세 홀(414H)이 형성된 후, 상기 하드마스크 패턴(114C) 위에 상기 복수의 주위 블록(454), 상기 포토레지스트막(130)의 제2 영역(234), 및 상기 반사방지막(120)의 일부가 남아 있을 수도 있다.
- [0129] 도 28a 및 도 28b를 참조하면, 도 8a 및 도 8b를 참조하여 설명한 바와 유사한 방법으로, 상기 하드마스크 패턴(114C)(도 27a 및 도 27b 참조)을 식각 마스크로 이용하여 상기 피식각막(112)을 식각하여, 복수의 미세 홀(412H)이 형성된 미세 패턴(112C)을 형성한다.
- [0130] 그 후, 상기 미세 패턴(112C) 위에 남아 있는 하드마스크 패턴(114C)을 제거하여 상기 미세 패턴(112C)의 상면을 노출시킨다.
- [0131] 본 발명의 기술적 사상에 의한 패턴 형성 방법에서는 복수의 홀 형상의 투광 영역을 가지는 포토마스크를 사용하여, 포토레지스트막에 대하여 비교적 낮은 도즈로 제1 노광 공정을 행하고, 포지티브 톤 현상액을 이용하여 노광 영역을 제거하여 상기 포토레지스트막에 패턴 밀도가 비교적 낮은 복수의 제1 홀을 형성한다. 그 후, 상기 포토마스크를 사용하여 상기 복수의 제1 홀이 형성된 포토레지스트막에 비교적 높은 도즈로 제2 노광 공정을 행하고, 네가티브 톤 현상액을 이용하여 비노광 영역을 제거하여, 상기 포토레지스트막 중 상기 복수의 제1 홀과 이격된 영역에 복수의 제2 홀을 형성한다. 본 발명의 기술적 사상에 의한 패턴 형성 방법에 의하면, 보다 감소된 피치로 반복 배치되는 복수의 미세 홀을 용이하게 형성할 수 있으며, 매트릭스 형상의 레이아웃의 경우에 비해 더 감소된 피치를 구현하는 데 유리한 허니콤 레이아웃을 용이하게 구현할 수 있다. 또한, 본 발명의 기술적 사상에 의한 패턴 형성 방법에서는 상기 복수의 제1 홀 및 복수의 제2 홀이 형성된 결과물에 대하여 DSA 공정을 적용하여, 상기 복수의 제1 홀 및 복수의 제2 홀 내에 동심원 형상으로 자기정렬되는 중심 블록 및 주위 블록을 형성하고, 상기 중심 블록을 제거함으로써, 상기 포토레지스트막에 상기 복수의 제1 홀 및 복수의 제2 홀 보다 더 작은 사이즈를 가지는 복수의 미세 홀을 형성할 수 있다. 본 발명의 기술적 사상에 의한 패턴 형성 방법에서 DSA 공정을 적용함으로써, 상기 복수의 제1 홀 및 복수의 제2 홀이 각각 불균일한 패턴 프로파일을 가지거나 불균일한 CD 분포를 가지는 경우에도, 폴리머 블록들의 극성 차이에 기인하여 상기 중심 블록 및 주위 블록이 동심원 형상으로 규칙적으로 배열되도록 자기정렬되므로, 결과적으로 얻어지는 복수의 미세 홀의 CD 산포를 개선할 수 있다.
- [0132] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

부호의 설명

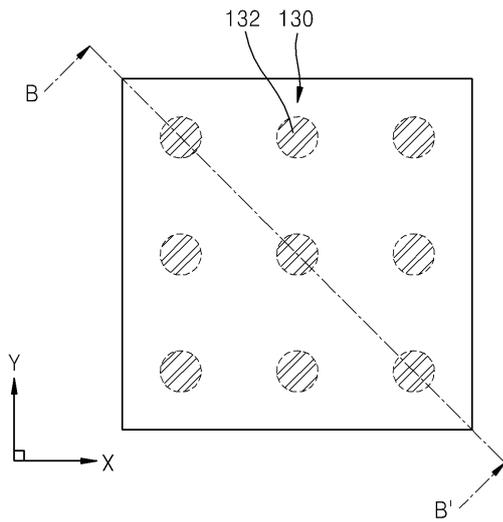
- [0133] 110: 기관, 112: 피식각막, 114: 하드마스크층, 120: 반사 방지막, 130: 포토레지스트막, 130U: 비노광 영역, 132: 제1 영역, 132H: 제1 홀, 134: 제2 영역, 134H: 제2 홀.

도면

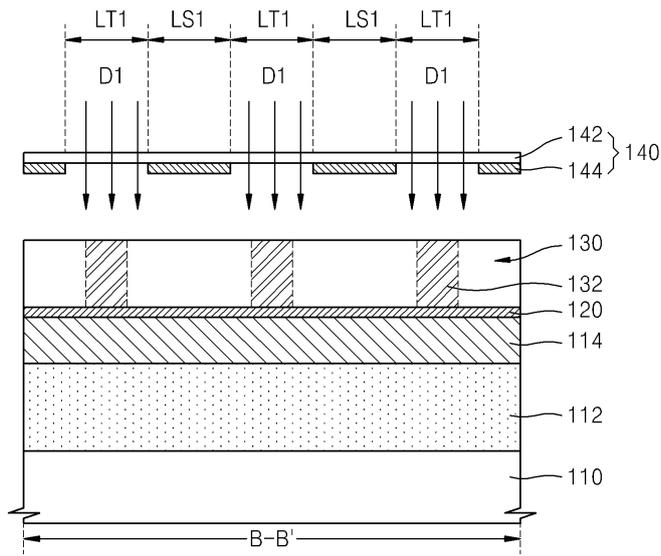
도면1



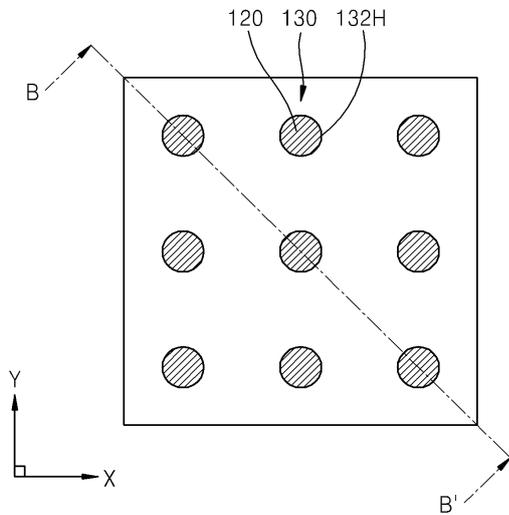
도면2a



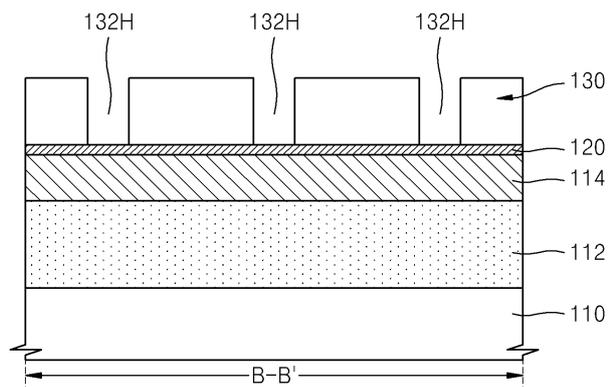
도면2b



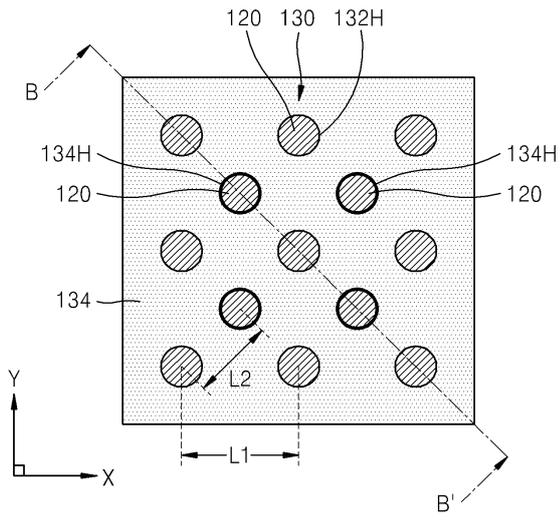
도면3a



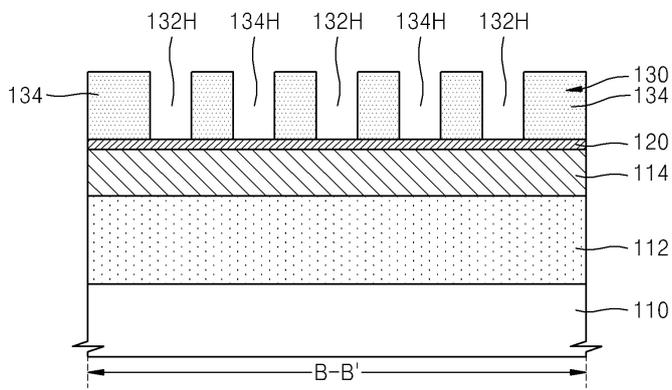
도면3b



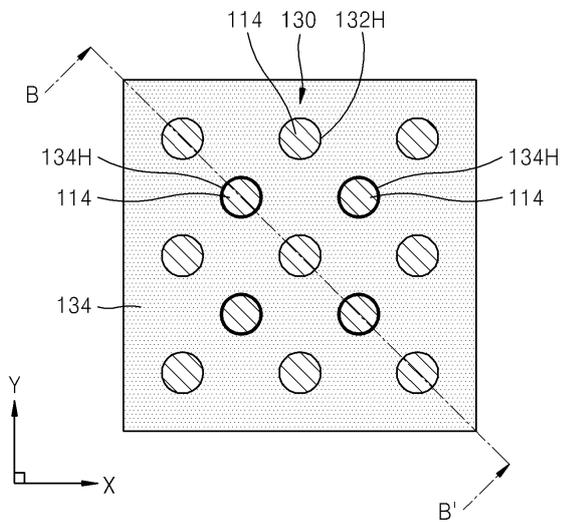
도면5a



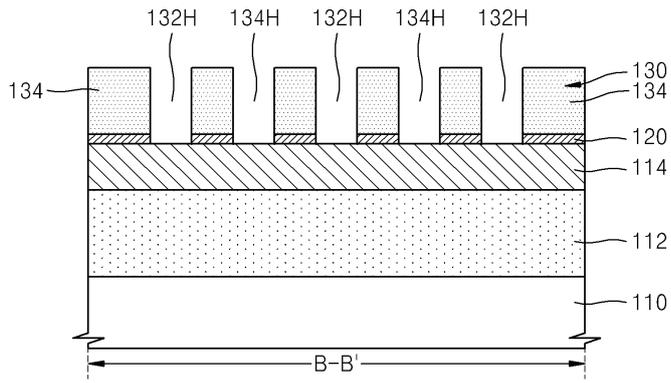
도면5b



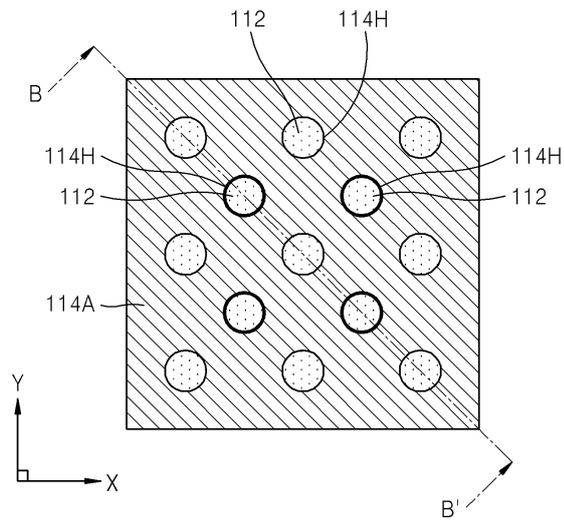
도면6a



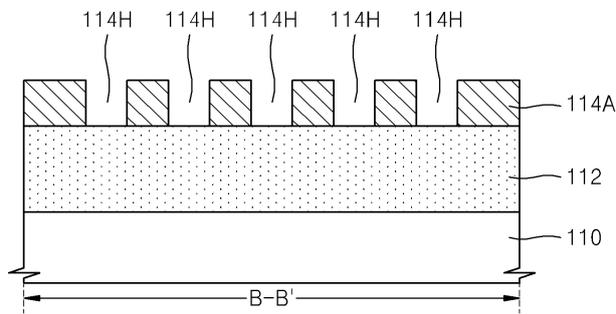
도면6b



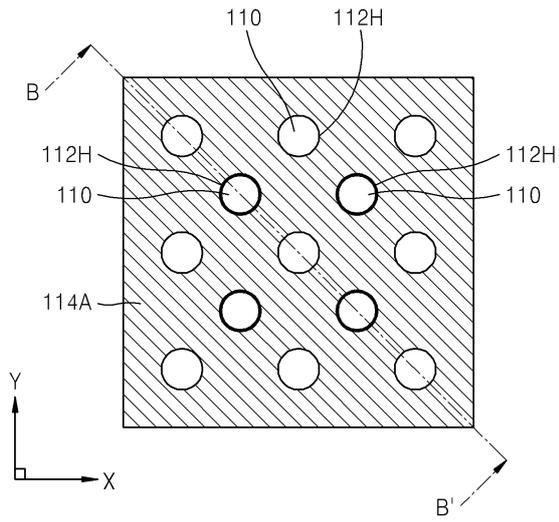
도면7a



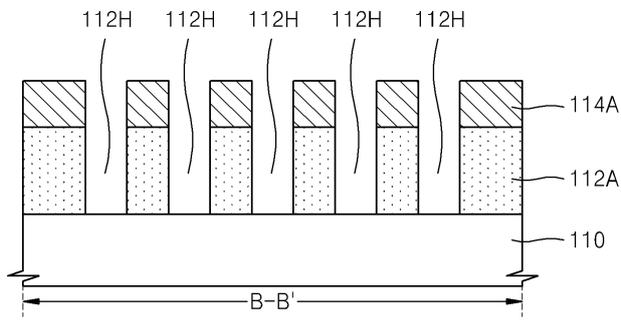
도면7b



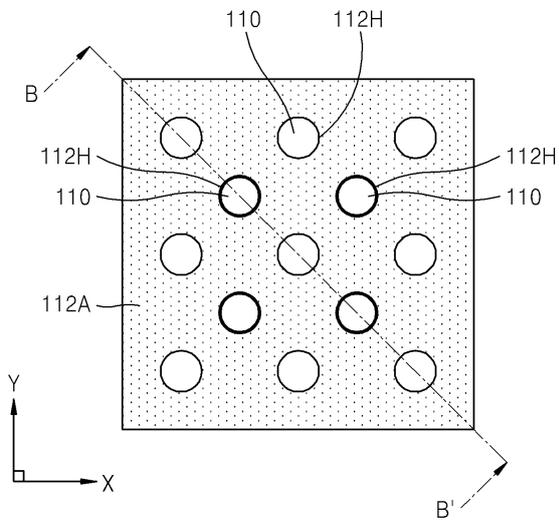
도면8a



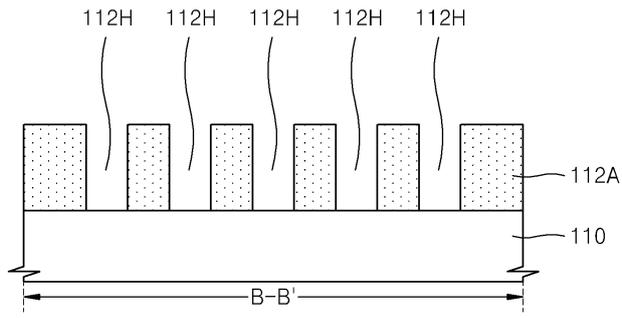
도면8b



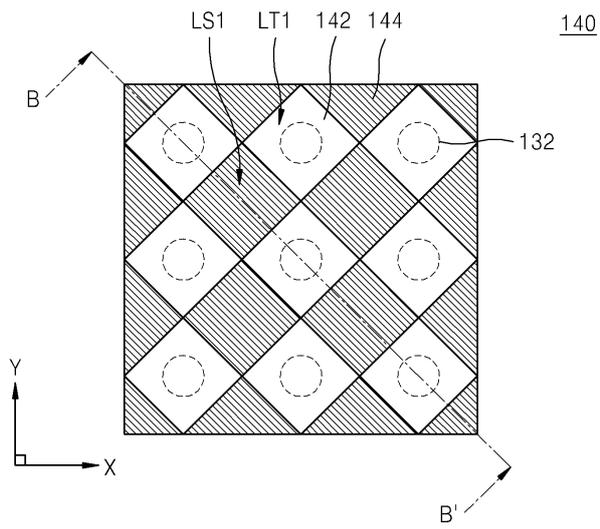
도면9a



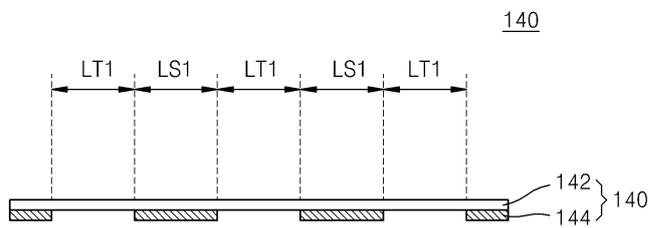
도면9b



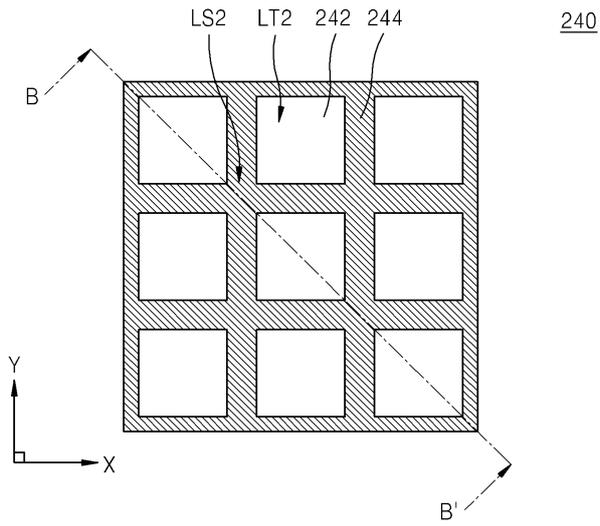
도면10a



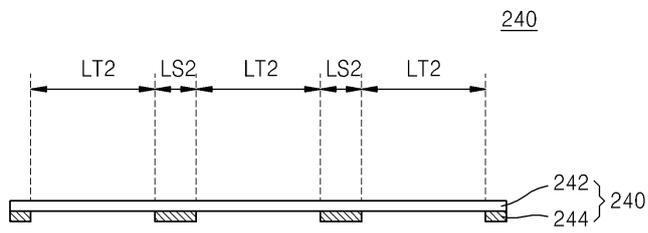
도면10b



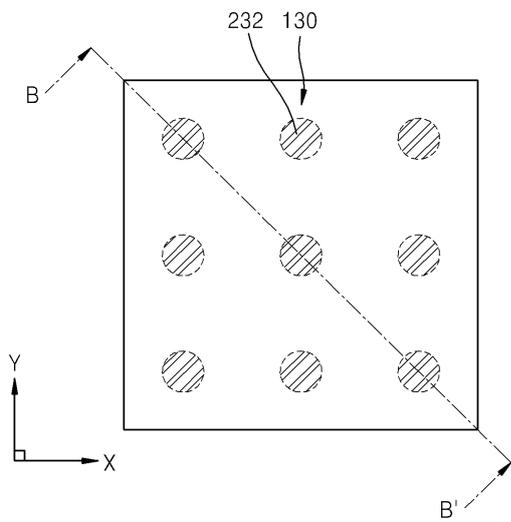
도면11a



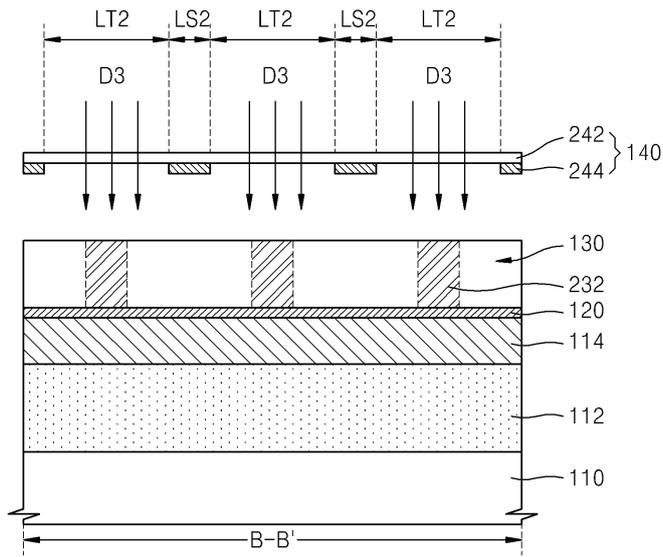
도면11b



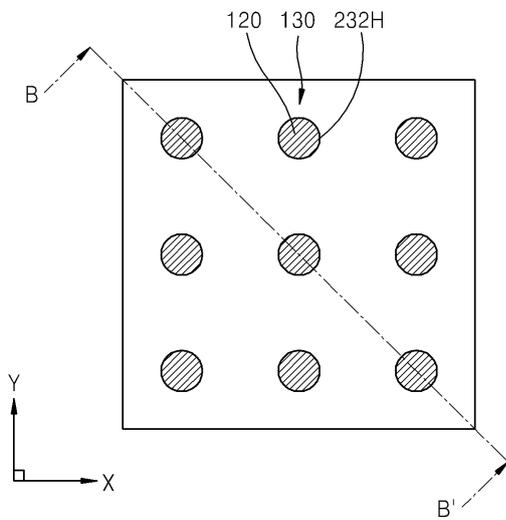
도면12a



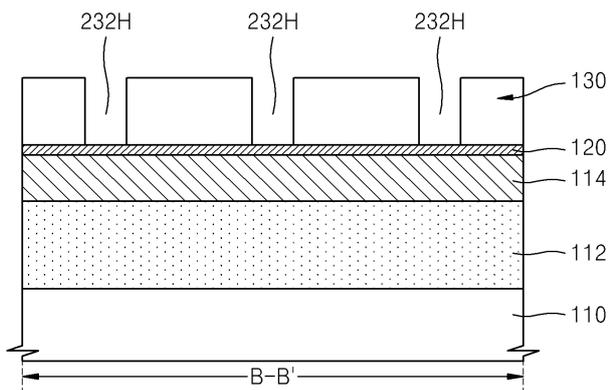
도면12b



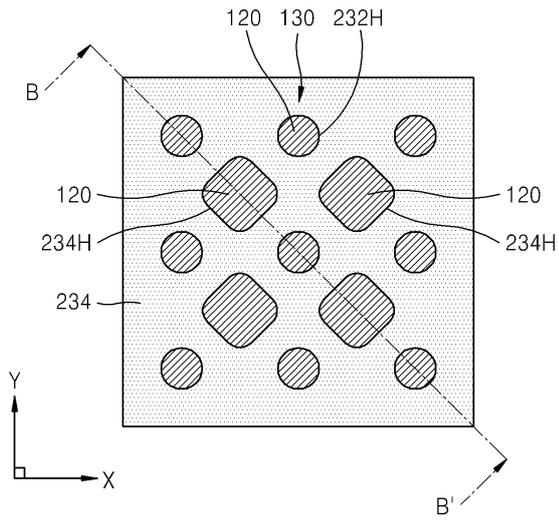
도면13a



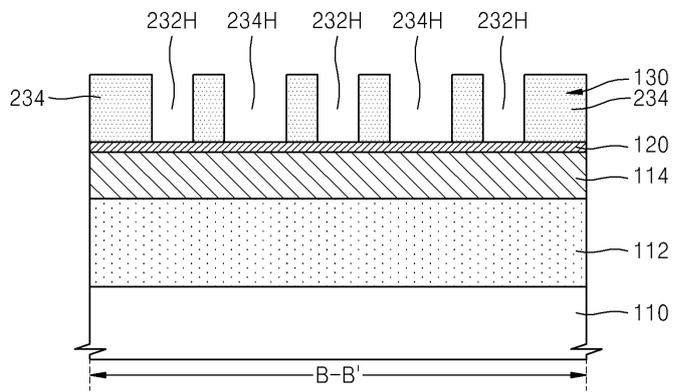
도면13b



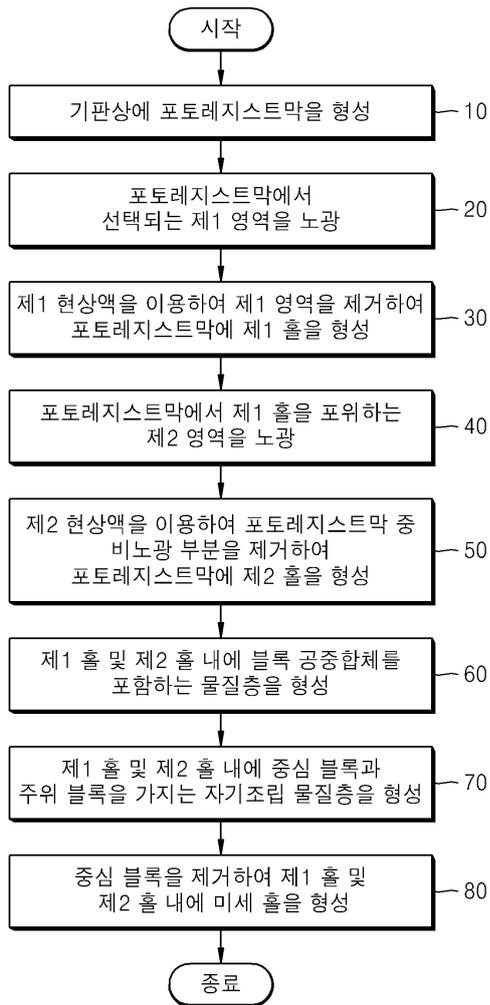
도면15a



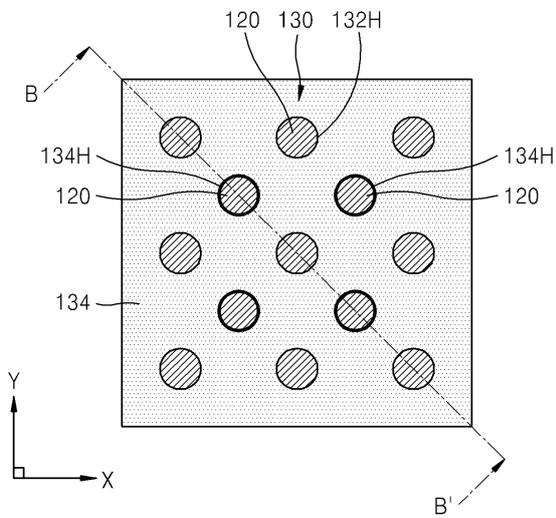
도면15b



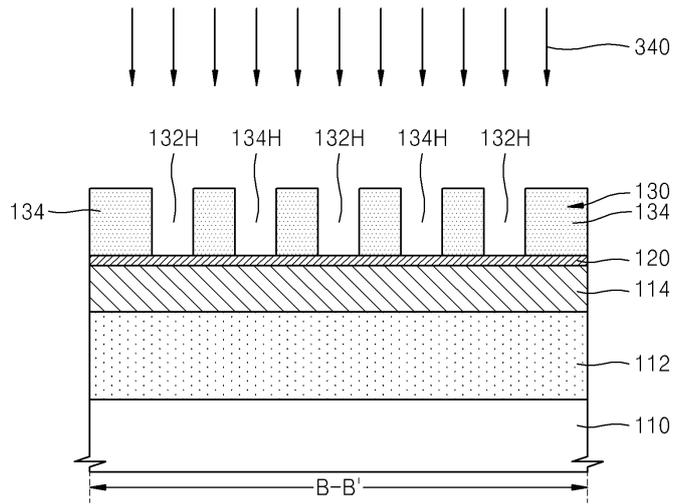
도면16



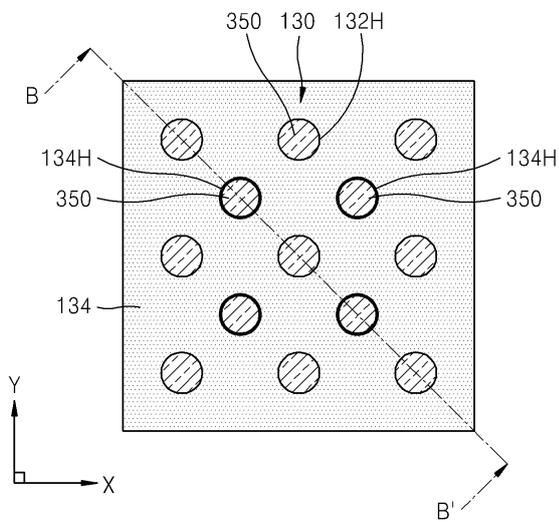
도면17a



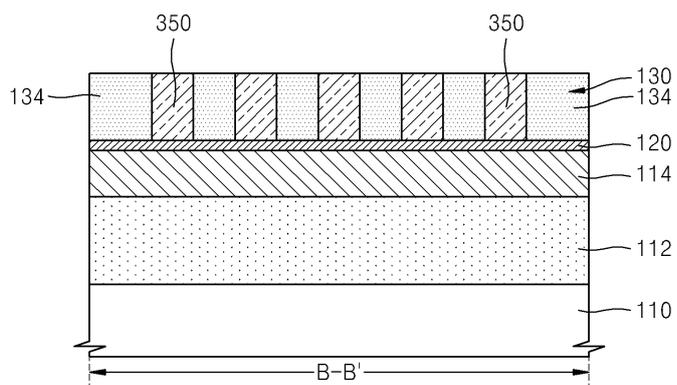
도면17b



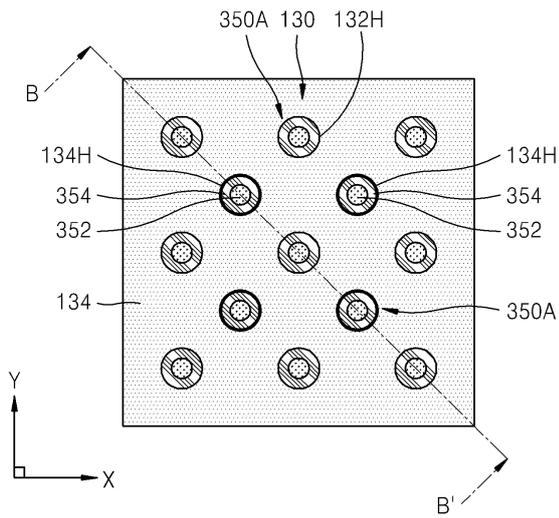
도면18a



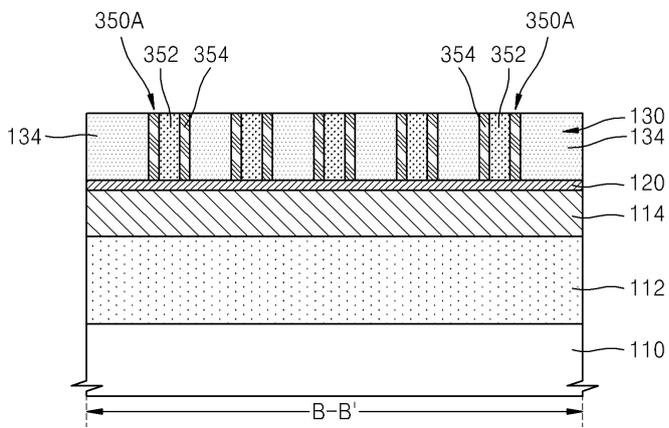
도면18b



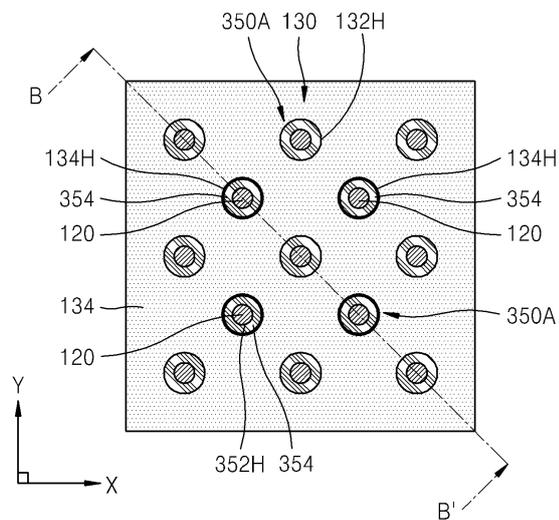
도면19a



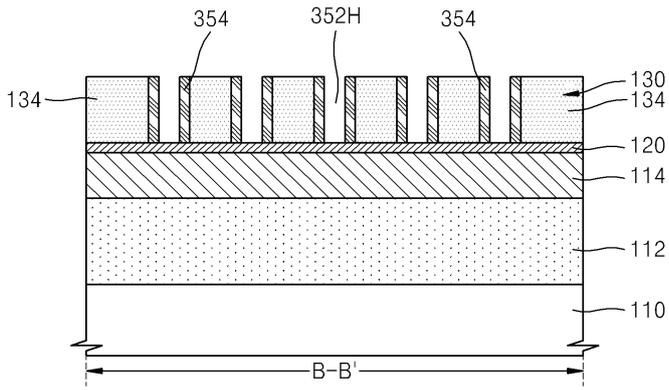
도면19b



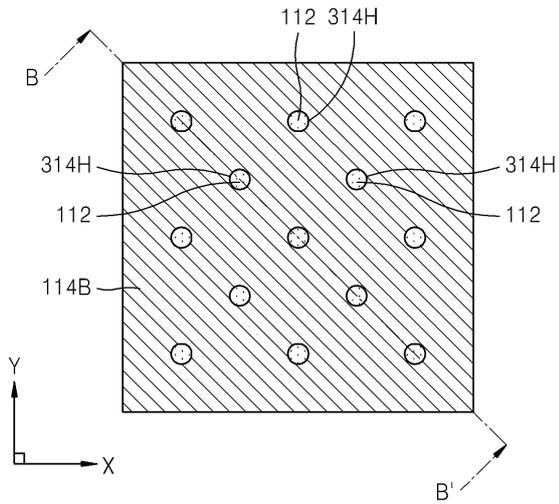
도면20a



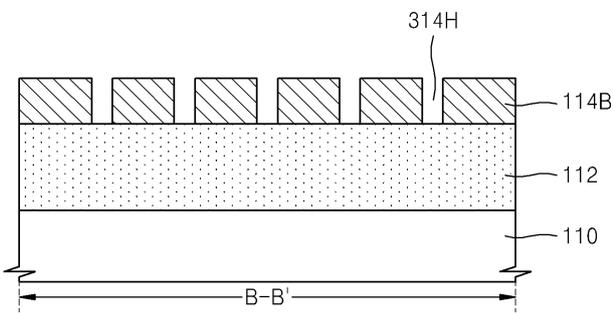
도면20b



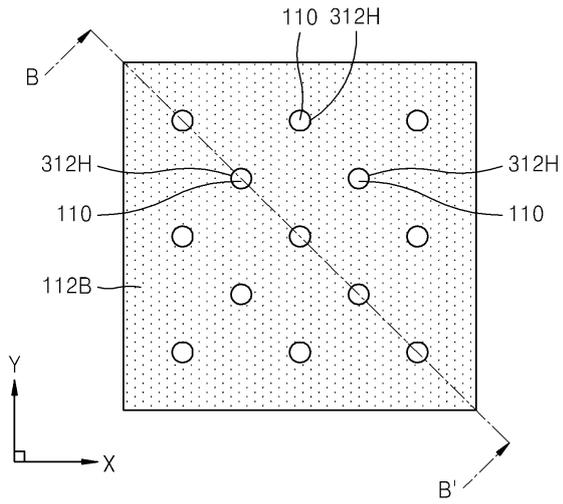
도면21a



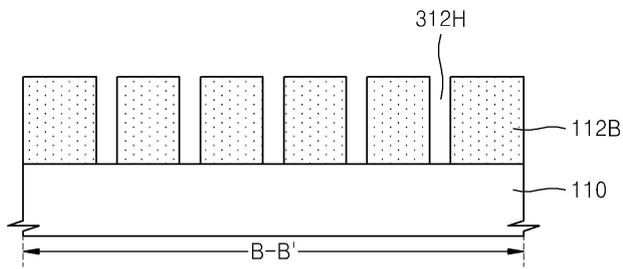
도면21b



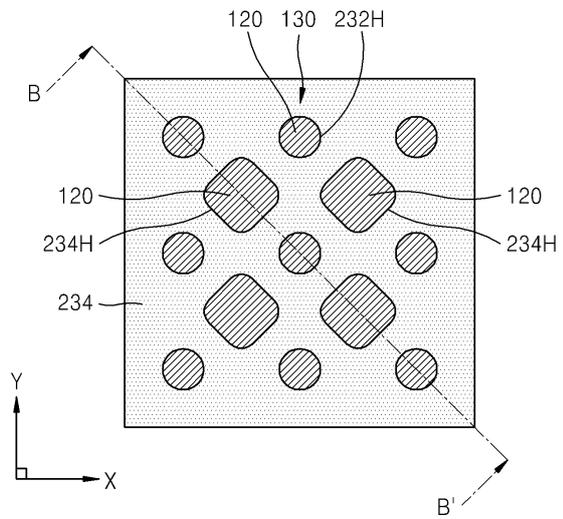
도면22a



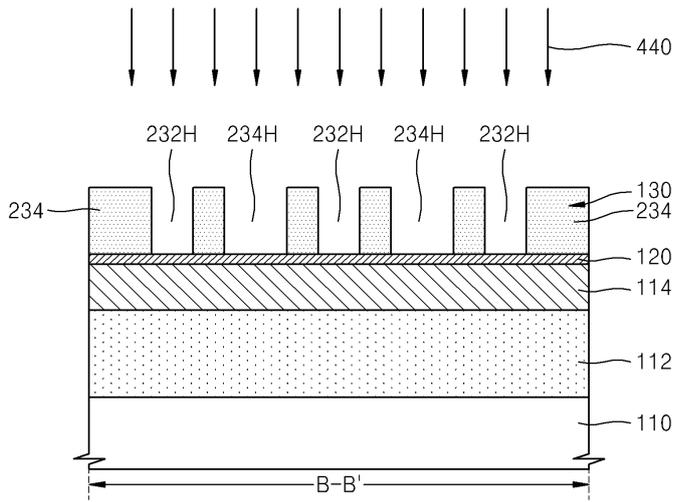
도면22b



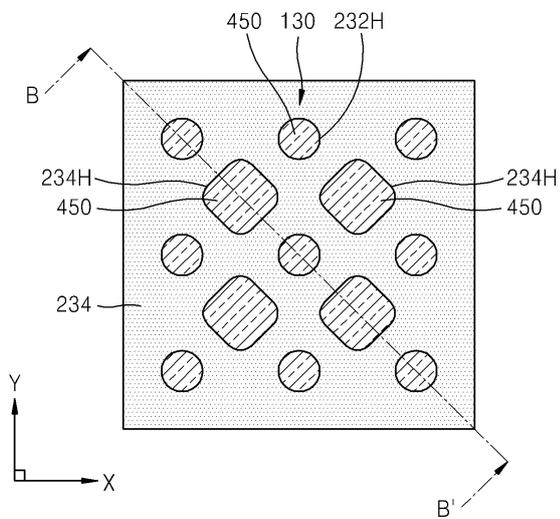
도면23a



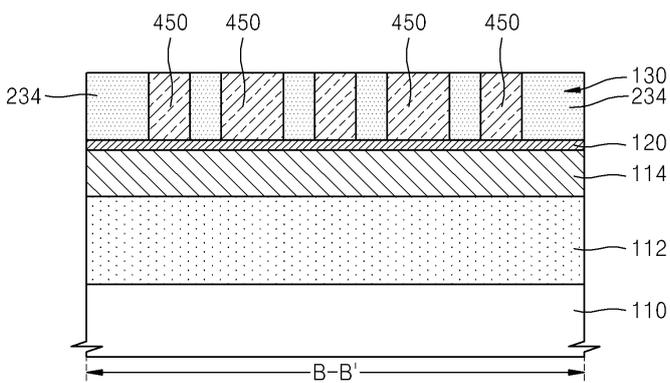
도면23b



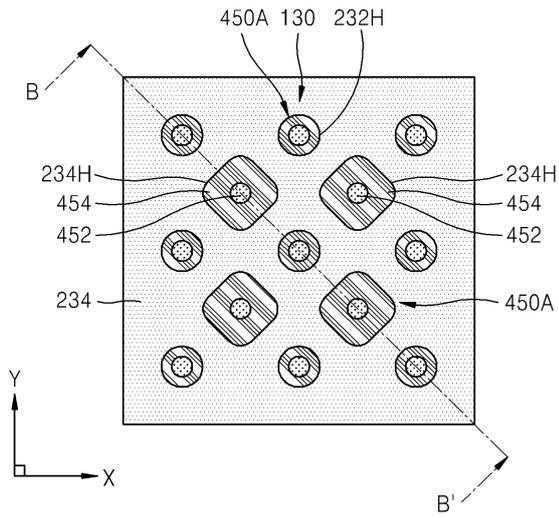
도면24a



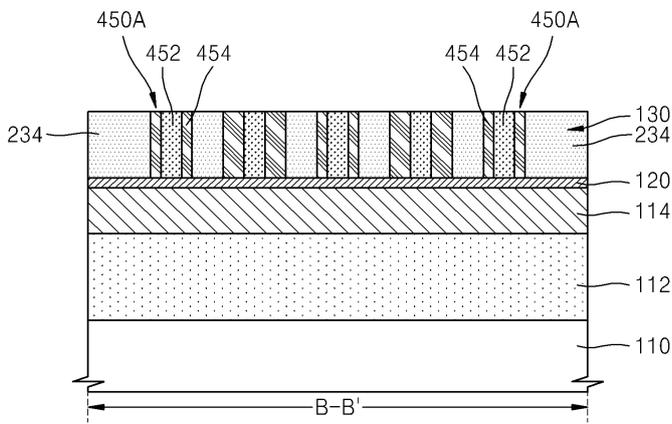
도면24b



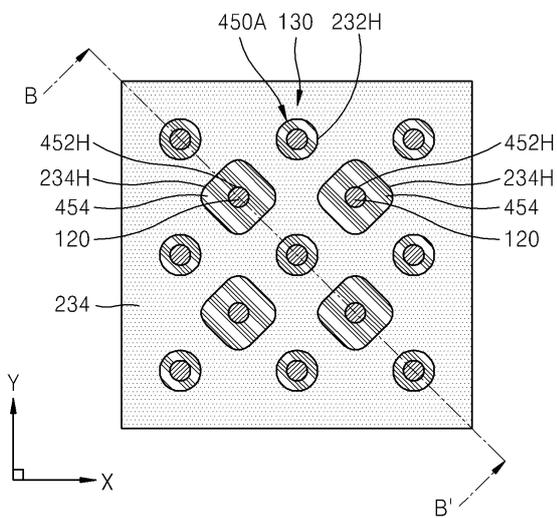
도면25a



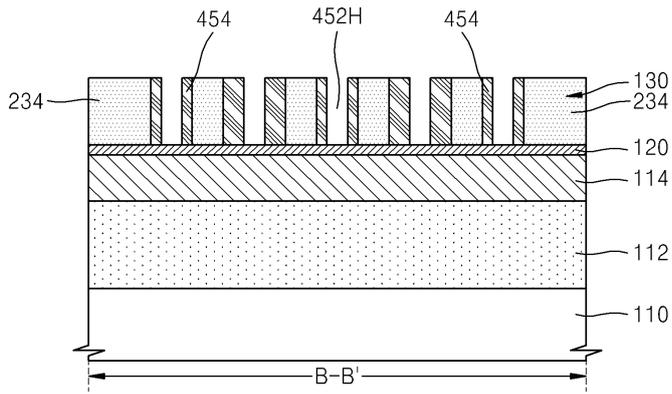
도면25b



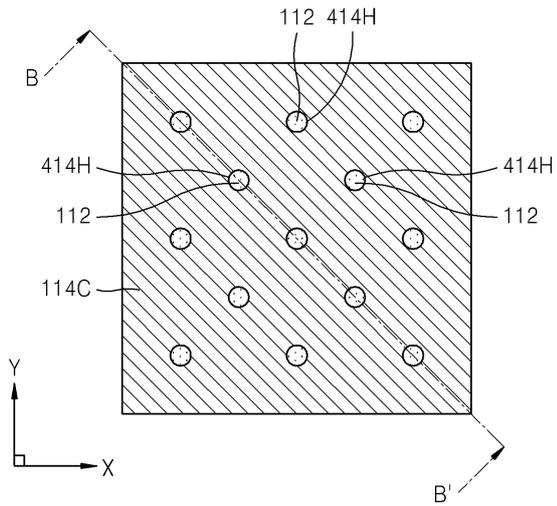
도면26a



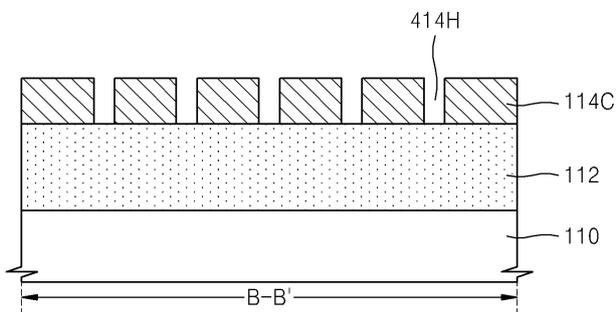
도면26b



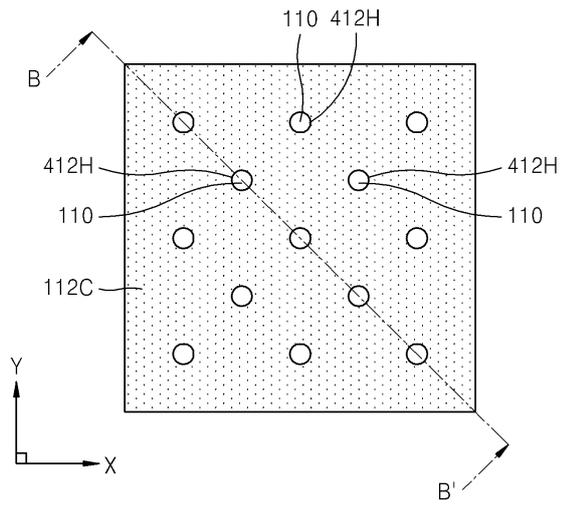
도면27a



도면27b



도면28a



도면28b

