



등록특허 10-2705674



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월10일
(11) 등록번호 10-2705674
(24) 등록일자 2024년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/033 (2006.01) *G03F 7/00* (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01) *H01L 21/308* (2006.01)
H01L 21/3105 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01L 21/0337 (2013.01)
G03F 7/0002 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7011023

(22) 출원일자(국제) 2016년09월20일
심사청구일자 2021년09월10일

(85) 번역문제출일자 2018년04월19일

(65) 공개번호 10-2018-0045892

(43) 공개일자 2018년05월04일

(86) 국제출원번호 PCT/US2016/052668

(87) 국제공개번호 WO 2017/053296
국제공개일자 2017년03월30일

(30) 우선권주장
62/232,005 2015년09월24일 미국(US)
62/258,119 2015년11월20일 미국(US)

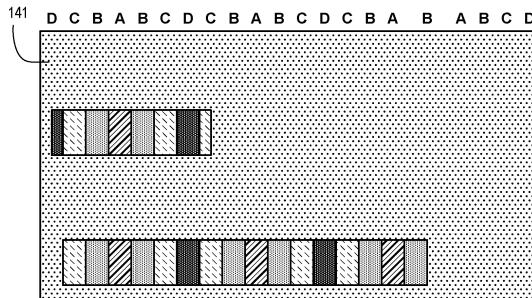
(56) 선행기술조사문헌
US20070099431 A1*
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 김대선

(54) 발명의 명칭 **분해능이하 기판 패터닝을 위한 에칭 마스크를 형성하는 방법****(57) 요 약**

여기에서 개시된 기술은, 고분해능 피처를 생성하기 위해 피치 감소(피치/피처 밀도 증가)를 위한 그리고 또한 분해능이하 피처의 피치 상의 컷팅을 위한 방법을 제공한다. 기술은 상이한 에칭 특성을 갖는 복수의 재료를 사용하여 피처를 선택적으로 에칭하고 지정된 곳에 컷을 생성하는 것을 포함한다. 상이한 내에칭성에 기초하여 선택적인 자가 정렬을 제공하는 재료의 순서 또는 재료의 라인들의 반복 패턴이 사용된다. 아래의 전사 또는 기억 층과 함께 결합되어, 복수의 상이한 에칭 선택도에 접근할 수 있다. 에칭 마스크는 복수의 재료의 라인들의 어느 영역이 에칭될 수 있는지 정의한다.

대 표 도 - 도15

(52) CPC특허분류

H01L 21/0274 (2013.01)

H01L 21/3086 (2013.01)

H01L 21/31056 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR100718782 B1*

US20090258492 A1*

US20060027889 A1*

US20150243518 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

기판을 패터닝하는 방법에 있어서,

하부층(underlying layer) 상에 위치된 맨드릴(mandrel) - 상기 맨드릴은 제1 재료로 구성됨 - 을 갖는 기판을 제공하는 단계;

상기 맨드릴의 노출된 측벽 상에 제2 재료로 구성된 제1 측벽 스페이서를 형성하는 단계;

상기 제1 측벽 스페이서의 노출된 측벽 상에 제3 재료로 구성된 제2 측벽 스페이서를 형성하는 단계;

서로 마주하는 상기 제2 측벽 스페이서의 노출된 측벽 사이에 정의되는 개방 공간을 충전하는 충전 구조물을 형성하는 단계 - 상기 충전 구조물은 제4 재료로 구성되고, 상기 맨드릴, 상기 제1 측벽 스페이서, 상기 제2 측벽 스페이서 및 상기 충전 구조물의 상부 표면은 전부 아무것도 덮여 있지 않으며, 상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료는 전부 서로 화학적으로 상이함 - ;

상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료를 덮지 않는 개구를 정의하는 제1 에칭 마스크를 상기 기판 상에 제공하는 단계; 및

상기 제1 에칭 마스크 및 제1 에칭 화학(etch chemistry)을 사용하여 제1 선택된 재료를 선택적으로 에칭하는 단계

를 포함하는, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료는, 제1 에칭 화학이 나머지 재료에 관하여 상기 제1 재료를 선택적으로 에칭하고 제2 에칭 화학이 나머지 재료에 관하여 상기 제2 재료를 선택적으로 에칭하고 제3 에칭 화학이 나머지 재료에 관하여 상기 제3 재료를 선택적으로 에칭하고 제4 에칭 화학이 나머지 재료에 관하여 상기 제4 재료를 선택적으로 에칭한다는 점에서, 전부 서로 화학적으로 상이한 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료는, 미리 정해진 에칭 화학을 사용하여 에칭할 때 주어진 2개의 재료가 나머지 재료와 관련하여 선택적으로 에칭된다는 점에서, 전부 서로 화학적으로 상이한 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료는, 미리 정해진 에칭 화학을 사용하여 상기 기판을 에칭하는 것이 나머지 재료에 관련하여 주어진 3개의 재료를 선택적으로 에칭한다는 점에서, 전부 서로 화학적으로 상이한 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료 중의 둘은, 제1 에칭 화학이 나머지 재료에 관련하여 상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료 중의 둘을 동시에 선택적으로 에칭한다

는 점에서, 동일한 재료인 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

나머지 재료에 관련하여 선택적으로 하나 이상의 선택된 재료를 예칭하는 미리 정해진 예칭 화학을 사용하여 예칭 프로세스를 실행하는 단계

를 더 포함하는, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 하부층은 상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료와는 화학적으로 상이한 제5 재료로 구성되는 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 제1 예칭 마스크 및 제2 예칭 화학을 사용하여 제2 선택된 재료를 선택적으로 예칭하는 단계

를 더 포함하는, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 제1 측벽 스페이서의 적어도 일부는 상기 제2 측벽 스페이서를 형성하기 전에 서로 간의 개방 공간을 정의하는 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 맨드릴의 피치는 주어진 포토리소그래피 시스템의 광학 분해능보다 더 작은 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 맨드릴의 하프 피치(half pitch) 간격은 16 나노미터보다 더 작은 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 제2 측벽 스페이서를 형성하는 단계는,

상기 기판 상에 상기 제3 재료를 컨포멀하게(conformally) 퇴적하는 단계; 및

상기 맨드릴의 상부 표면으로부터 그리고 상기 제1 측벽 스페이서의 측벽 상에 퇴적된 상기 제1 재료 사이에 있는 상기 하부층으로부터 상기 제3 재료를 제거하는 스페이서 개방 예칭을 실행하는 단계

를 포함하는 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 제2 측벽 스페이서의 노출된 측벽 사이에 정의되는 개방 공간을 충전하는 충전 구조물을 형성하는 단계는,

상기 기판 상에 상기 제4 재료의 과퇴적물(overburden)을 퇴적하는 단계; 및

상기 제4 재료가 상기 제2 측벽 스페이서의 상부 표면 아래로 리세싱될 때까지 상기 제4 재료를 예칭백하는 단계

를 포함하는 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 14

청구항 1에 있어서,

상기 하부층 상에 위치된 맨드릴을 갖는 기판을 제공하는 단계는, 상기 맨드릴이 2개의 재료로 구성되며 상기 맨드릴의 하부 부분이 상기 제1 재료로 구성되고 상기 맨드릴의 상부 부분이 제6 재료로 구성되는 것을 포함하고, 상기 제1 재료는 화학 기계적 연마에 내성이 있는(resistant) 정지 재료 충으로서 선택되는 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 맨드릴, 상기 제1 측벽 스페이서, 상기 제2 측벽 스페이서, 및 상기 충전 구조물의 상부 표면이 전부 공면(coplanar)을 이루도록, 상기 맨드릴, 상기 제1 측벽 스페이서, 상기 제2 측벽 스페이서, 및 상기 충전 구조물을 상기 맨드릴의 하부 부분의 상부 표면까지 하향 평탄화하는 화학 기계적 연마 프로세스를 실행함으로써 상기 기판을 평탄화하는 단계

를 더 포함하는, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 16

청구항 1에 있어서,

상기 제1 측벽 스페이서를 형성하는 단계는,

상기 기판 상에 상기 제2 재료를 컨포멀하게 퇴적하는 단계; 및

상기 맨드릴의 상부 표면으로부터 그리고 상기 맨드릴의 측벽 상에 퇴적된 상기 제2 재료 사이에 있는 상기 하부층으로부터 상기 제2 재료를 제거하는 스페이서 개방 예칭을 실행하는 단계

를 포함하는 것인, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 17

기판을 패터닝하는 방법에 있어서,

하부층 상에 위치된 맨드릴 - 상기 맨드릴은 제1 재료로 구성됨 - 을 갖는 기판을 제공하는 단계;

상기 맨드릴의 노출된 측벽 상에 제2 재료로 구성된 제1 측벽 스페이서를 형성하는 단계;

상기 제1 측벽 스페이서의 노출된 측벽 상에 제3 재료로 구성된 제2 측벽 스페이서를 형성하는 단계;

서로 마주하는 상기 제2 측벽 스페이서의 노출된 측벽 사이에 정의되는 개방 공간을 충전하는 충전 구조물을 형성하는 단계 - 상기 충전 구조물은 제4 재료로 구성되고, 상기 맨드릴, 상기 제1 측벽 스페이서, 상기 제2 측벽 스페이서 및 상기 충전 구조물의 상부 표면은 전부 아무것도 덮여 있지 않으며, 상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료 중의 적어도 2개의 재료는 나머지 재료와는 화학적으로 상이함 - ;

상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료를 덮지 않는 개구를 정의하는 제1 예칭 마스크를 상기 기판 상에 제공하는 단계; 및

상기 제1 예칭 마스크 및 제1 예칭 화학을 사용하여 하나 이상의 재료를 나머지 재료에 대하여 선택적으로 예칭하는 단계

를 포함하는, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 제1 예칭 마스크를 제거하는 단계;

상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료 및 상기 제4 재료를 덮지 않는 개구를 정의하는 제2 예칭 마스크를 상기 기판 상에 제공하는 단계; 및

상기 제2 예칭 마스크 및 제2 예칭 화학을 사용하여 하나 이상의 재료를 나머지 재료에 대하여 선택적으로 예칭하는 단계

를 더 포함하는, 기판을 패터닝하는 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은, 2015년 9월 24일 출원되어 발명의 명칭이 “Methods of Forming Etch Masks for Sub-Resolution Substrate Patterning”인 미국 가특허 출원 번호 제62/232,005호의 우선권을 주장하며, 이는 그 전체가 참조에 의해 여기에 포함된다. 본 출원은 또한, 2015년 11월 20일 출원되어 발명의 명칭이 “Methods of Forming Etch Masks for Sub-Resolution Substrate Patterning”인 미국 가특허 출원 번호 제62/258,119호의 우선권을 주장하며, 이는 그 전체가 참조에 의해 여기에 포함된다.

[0002] 본 개시는 기판 프로세싱에 관한 것으로, 보다 상세하게는 반도체 웨이퍼의 패터닝을 포함하여 기판을 패터닝하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 리소그래피 프로세스에 있어서 선폭을 축소시키는 방법은 역사적으로 더 큰 NA(numerical aperture) 광학기기, 더 짧은 노출 파장, 또는 공기가 아닌 다른 계면 매체(예컨대, 수침)를 사용하는 것을 수반하여왔다. 종래의 리소그래피 프로세스의 분해능이 이론 한계에 다다를 때 따라, 제조자들은 광학 한계를 극복하기 위해 이중 패터닝(DP; double-patterning) 방법으로 전환하기 시작했다.

[0004] (포토리소그래피와 같은) 재료 프로세싱 방법에서, 패터닝된 층을 생성하는 것은, 기판의 상면에 포토레지스트와 같은 방사선 감응 재료의 얇은 층을 도포하는 것을 포함한다. 이 방사선 감응 재료는, 기판 상의 하부층(underlying layer)으로 패턴을 전사하도록 예칭 마스크로서 사용될 수 있는 릴리프 패턴으로 변형된다. 방사선 감응 재료의 패터닝은 일반적으로, 예를 들어 포토리소그래피 시스템을 사용하여, 방사선 감응 재료에 레티클(및 관련 광학기기)을 통한 광학 방사선에의 노출을 수반한다. 이 노출 다음에는 현상 용매를 사용하여 방사선 감응 재료의 조사된 영역(포지티브 포토레지스트의 경우) 또는 조사되지 않은 영역(네가티브 레지스트의 경우)의 제거가 이어질 수 있다. 이 마스크 층은 복수의 부층을 포함할 수 있다.

[0005] 기판에 방사선 또는 광의 패턴을 노출시키는 종래의 리소그래피 기술은, 노출되는 피처(feature)의 크기를 한정하고 노출된 피처들 간의 간격 또는 피치(pitch)를 한정하는 다양한 난제를 갖고 있다. 노출 한계를 완화시키기 위한 하나의 종래의 기술은, 종래의 리소그래피 기술로 현재 가능한 것보다 더 작은 피치로 더 작은 피처의 패터닝을 가능하게 하도록 이중 패터닝 접근을 사용하는 것이다.

발명의 내용

[0006] 반도체 기술은 14 나노미터, 7 nm, 5 nm 및 그 이하의 피처 크기를 포함하는 더 작은 피처 크기 또는 노드로 계속해서 발전하고 있다. 다양한 소자들이 제조되는 피처의 크기에 있어서의 이 계속되는 감소로 피처를 형성하는 데에 사용되는 기술에 대한 요구가 점점 더 커지고 있다. 이를 피처의 사이징을 기술하는 데에 “피치”의 개념이 사용될 수 있다. 피치는 2개의 인접한 반복 피처의 2개의 동일 포인트 간의 간격이다. 이어서, 하프피

치(half-pitch)는 인접한 피처의 동일 피처 간의 간격의 절반이다.

[0007] 피처 감소 기술은, “피처 2배화(pitch doubling)” 등에 의해 예시되는 바와 같이 (종종 다소 잘못된 것이긴 하지만 일상적으로) “피처 증식(pitch multiplication)”으로 칭해진다. 피처 감소 기술은 피처 크기 한계(광학 분해능 한계)를 넘어 포토리소그래피의 능력을 확대할 수 있다. 즉, 피처의 특정 팩터만큼의 종래의 증식은 (보다 정확하게는 피처 감소, 또는 피처 밀도의 증배) 지정된 팩터만큼 목표 피처를 감소시키는 것을 수반한다. 193 nm 액침 리소그래피와 함께 사용되는 이중 패터닝 기술은 종래에 22 nm 노드 및 그 이하 노드를 패터닝하는데에 가장 유망한 기술 중의 하나로서 간주된다. 주목할 만한 것은, 자가 정렬된 스페이서 이중 패터닝(SADP; self-aligned spacer double patterning), 또는 자가 정렬된 사중 패터닝(SAQP; self-aligned quadruple patterning)이 이미 피처 밀도 2배화 프로세스로서 확립되었고 NAND 플래시 메모리 디바이스의 고용량 제조에 채택되었다는 것이다. 또한, 피처 4배화(quadrupling)로서 SADP 단계를 두 번 반복하여 초미세 분해능이 얻어질 수 있다.

[0008] 패턴 밀도 또는 피처 밀도를 증가시키기 위한 여러 가지 패터닝 기술이 존재하지만, 종래의 패터닝 기술은 예칭된 피처의 거친 표면 또는 열악한 분해능의 단점을 갖는다. 따라서, 종래의 기술은 매우 작은 치수(20 nm 이하)에 대해 바람직한 충실도(fidelity) 및 균일도 수준을 제공할 수 없다. 신뢰성 있는 리소그래피 기술은 약 80 nm의 피처를 갖는 피처를 생성할 수 있다. 그러나, 종래의 그리고 신흥 설계 사양은 약 20 nm 또는 10 nm보다 더 작은 임계 치수를 갖는 피처를 제조하기를 원한다. 또한, 피처 밀도 2배화 및 4배화 기술로, 분해능이 하(sub-resolution) 라인이 생성될 수 있지만, 이들 라인 사이의 연결이나 컷(cut)을 행하는 것이 난제이며, 특히 이러한 컷에 필요한 피처 및 치수가 종래의 포토리소그래피 시스템의 능력의 훨씬 아래이기 때문이다.

[0009] 여기에 개시된 기술은, 고분해능 피처를 생성하기 위해 피처 감소(피처/피처 밀도 증가)를 위한 그리고 또한 분해능이 하 피처의 피처 상의 컷팅을 위한 방법을 제공한다. 기술은 상이한 예칭 특성을 갖는 복수의 재료를 사용하여 피처를 선택적으로 예칭하고 지정된 곳에 컷을 생성하는 것을 포함한다. 따라서, 여기에서의 방법은 선택적인 자가 정렬을 제공하는 재료의 순서를 제공한다. 아래의 전사 또는 기억 충과 함께 결합되어, 다섯 개의 상이한 예칭 선택도에 접근할 수 있다.

[0010] 하나의 실시예는 기판을 패터닝하는 방법을 포함한다. 방법은, 하부층 상에 위치된 맨드릴을 갖는 기판을 제공하는 것을 포함하며, 맨드릴은 제1 재료로 구성된다. 제1 측벽 스페이서가 맨드릴의 노출된 측벽 상에 형성되며, 제1 측벽 스페이서는 제2 재료로 구성된다. 제2 측벽 스페이서가 제1 측벽 스페이서의 노출된(아무것도 덮여 있지 않은) 측벽 상에 형성되며, 제2 측벽 스페이서는 제3 재료로 구성된다. 서로 마주하는 제2 측벽 스페이서의 노출된 측벽 사이에 정의되는 개방 공간을 채우는 충전 구조물이 형성되며, 충전 구조물은 제4 재료로 구성된다. 맨드릴, 제1 측벽 스페이서, 제2 측벽 스페이서, 및 충전 구조물의 상부 표면은 전부 아무것도 덮여 있지 않다. 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료는, 재료 중의 하나 이상이 나머지 재료에 관련하여 선택적으로 예칭될 수 있다는 점에서, 전부 서로 화학적으로 상이하다.

[0011] 물론, 명확하게 하기 위해 여기에 기재된 바와 다른 단계의 설명 순서가 제시되었다. 일반적으로, 이들 단계는 임의의 적합한 순서로 수행될 수 있다. 또한, 여기에서의 다양한 특징, 기술, 구성 등의 각각이 본 개시의 상이한 곳에 설명되어 있을 수 있지만, 개념의 각각은 서로 독립적으로 또는 서로 결합하여 실행될 수 있는 것으로 의도된다. 따라서, 본 발명은 많은 상이한 방식들로 구현되고 보여질 수 있다.

[0012] 이 요약 부분이 본 개시 또는 청구하는 발명의 모든 실시예 및/또는 점증적인 신규의 양상을 명시한 것은 아님을 유의하자. 대신, 이 요약은 단지 다양한 실시예들의 예비 설명 및 종래 기술 이상의 신규성의 대응점을 제공하는 것이다. 본 발명 및 실시예의 추가적인 세부사항 및/또는 가능한 관점에 대하여, 아래에 더 설명되는 바와 같은 본 개시의 상세한 설명 및 대응하는 도면을 참조한다.

도면의 간단한 설명

[0013] 첨부 도면과 함께 고려되는 다음의 상세한 설명을 참조하여 본 발명의 다양한 실시예 및 이의 많은 동반 이점의 보다 완전한 인식이 용이하게 명백하게 될 것이다. 도면은 반드시 실축척대로 도시된 것이 아니며, 대신에 특징, 원리 및 개념을 예시하는 데에 중점을 둔다.

도 1 내지 도 7은 여기에 개시된 실시예에 따른 예시적인 기판 세그먼트의 측단면도이다.

도 8은 여기에 개시된 실시예에 따른 예시적인 기판 세그먼트의 측면 사시도이다.

도 9 내지 도 13은 여기에 개시된 실시예에 따른 예시적인 기판 세그먼트의 측단면도이다.

도 14 내지 도 21은 여기에 개시된 실시예에 따른 예시적인 기판 세그먼트의 상부 평면도이다.

도 22 내지 도 24는 여기에 개시된 실시예에 따른 예시적인 기판 세그먼트의 측단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014]

여기에서 개시된 기술은, 고분해능 피처를 생성하기 위해 피치 감소(피치/피처 밀도 증가)를 위한 그리고 또한 분해능이하 피처의 피치 상의 컷팅을 위한 방법 및 제조 구조물을 제공한다. 기술은, 피처를 선택적으로 에칭하고 지정된 곳에 컷 또는 블록을 생성하도록 상이한 에칭 특성을 갖는 복수의 재료를 사용하는 것을 포함한다. 이는, 40 나노미터 및 심지어는 12 나노미터 이하 그리고 더 작은 하프 피치를 가지며, A-B-C-D-C-B-A의 패턴을 갖는 재료들의 반복 패턴을 생성하는 것을 포함할 수 있다. 재료의 임계 치수는, 광학 분해능에 의해서만 제어되는 대신, 예를 들어 원자층 증착을 이용한, 퇴적 두께의 유형에 의해 제어될 수 있다.

[0015]

하나의 실시예는 기판을 패터닝하는 방법을 포함한다. 이러한 방법은 반도체 디바이스 및 집적 회로의 제조에 유용하다. 이제 도 1을 참조하면, 방법은 하부층(115) 상에 위치된 맨드릴(111)을 갖는 기판(105)을 제공하는 것을 포함한다. 맨드릴(111)은 제1 재료로 구성된다. 기판(105)은 실리콘 웨이퍼를 포함할 수 있다. 주어진 제조 플로우 내에서 기판의 전개에 따라 하나 이상의 추가의 하부층 및/또는 매립 구조물이 포함될 수 있다. 맨드릴이 구성될 수 있는 많은 상이한 재료들이 존재한다. 재료는 다양한 질화물, 산화물, 유기물, 금속 뿐만 아니라 기타 종래의 이용가능한 재료를 포함할 수 있다. 맨드릴(111)은 종래의 패터닝 기술을 사용하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 맨드릴(111)은 자가 정렬된 이중 패터닝 또는 자가 정렬된 사중 패터닝 기술의 결과일 수 있고, 따라서 분해능이하 하프 피치를 가질 수 있다.

[0016]

도 3에 도시된 바와 같이 제1 측벽 스페이서(112)가 맨드릴(111)의 노출된 측벽 상에 형성된다. 제1 측벽 스페이서(112)는 제2 재료로 구성된다. 도 3은 맨드릴(111)의 수직 측벽 상에 형성된 스페이서를 도시함을 유의하자. 제1 측벽 스페이서(112)를 형성하는 것은 기판 상에 제2 재료를 컨포멀하게(conformally) 퇴적하는 것을 포함할 수 있다. 도 2는 기판(105) 상에 퇴적된 컨포멀(conformal) 막(122)을 도시한다. 이러한 스페이서 형성은 종래에 공지되어 있다. 예를 들어, 원자층 증착(ALD)과 같은 고도의 컨포멀 퇴적 기술이 스페이서 재료를 퇴적하기 위해 선택될 수 있으며, 스페이서 재료는 맨드릴(111) 및 하부층(115)을 대략 균일하게 덮는다. 그 다음, 측벽 스페이서의 형성을 완료하도록 스페이서 개방 에칭이 실행될 수 있다. 이러한 스페이서 개방 에칭은 통상적으로, 맨드릴(111)의 상부 표면으로부터 그리고 맨드릴(111)의 측벽 상에 퇴적된 제2 재료 사이에 있는 하부층(115)으로부터 제2 재료를 제거하는 방향성 에칭이다(맨드릴의 측벽 상의 재료가 하부층(115)을 덮는 곳을 제외함).

[0017]

도 5에 도시된 바와 같이 제2 측벽 스페이서(113)가 제1 측벽 스페이서(112)의 노출된 측벽 상에 형성된다. 제2 측벽 스페이서(113)는 제3 재료로 구성된다. 도 5는 제1 측벽 스페이서(112)의 수직 측벽 상에 형성된 스페이서를 도시함을 유의하자. 제2 측벽 스페이서(113)를 형성하는 것은 기판 상에 제3 재료를 컨포멀하게 퇴적하는 것을 포함할 수 있다. 도 4는 기판(105) 상에 퇴적된 컨포멀 막(123)을 도시한다. 이러한 스페이서 형성은 종래에 공지되어 있다. 예를 들어, 원자층 증착(ALD)과 같은 고도의 컨포멀 퇴적 기술이 스페이서 재료를 퇴적하기 위해 선택될 수 있으며, 스페이서 재료는, 맨드릴(111), 제1 측벽 스페이서(112) 및 하부층(115)을 포함할 수 있는, 기판 상의 기존의 구조물을 대략 균일하게 덮는다. 그 다음, 측벽 스페이서의 형성을 완료하도록 스페이서 개방 에칭이 실행될 수 있다. 이러한 스페이서 개방 에칭은 통상적으로, 맨드릴(111), 제1 측벽 스페이서(112)의 상부 표면으로부터 그리고 제1 측벽 스페이서(112)의 측벽 상에 퇴적된 제3 재료 사이에 있는 하부층(115)으로부터 제3 재료를 제거하는 방향성 에칭이다(구조물의 수직 측벽 상의 재료가 하부층(115)을 덮는 곳을 제외함). 제1 측벽 스페이서(112)의 적어도 일부는 제2 측벽 스페이서를 형성하기 전에 서로 간의 개방 공간을 정의한다. 일부 위치에서, 제1 측벽 스페이서를 형성하는 것이 선택된 맨드릴 쌍 사이의 공간을 완전히 채우고 따라서 이러한 위치에 제2 측벽 스페이서를 형성하는 것을 막도록, 맨드릴 하프피치는 단축될 수 있다. 다르게 말하자면, 맨드릴의 피치를 변화시키는 것이, 제1 측벽 스페이서나 제2 측벽 스페이서로부터 일부 합병된 스페이서를 야기할 수 있다. 이러한 제조 기술은 예를 들어 집적 회로를 위한 전력 레일을 형성하는 데 있어서 유리할 수 있다.

[0018]

이제 도 7을 참조하면, 그 다음 기판(105) 상에 충전 구조물(114)이 형성된다. 충전 구조물(114)은 (충전 구조물(114)을 형성하기 전에) 서로 마주하는 제2 측벽 스페이서(113)의 노출된 측벽 사이에 정의되는 개방 공간을 채운다. 충전 구조물(114)은 제4 재료로 구성된다. 충전 구조물(114)은 맨드릴(111), 제1 측벽 스페이서(112), 제2 측벽 스페이서(113) 및 충전 구조물(114)의 상부 표면이 전부 아무것도 덮여 있지 않도록 형성된다.

형성 동안의 재료 선택은, 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료가 전부 서로 화학적으로 상이하도록 이루어진다. 충전 구조물(114)을 형성하는 것은, 기판 상에 제4 재료의 과퇴적(overburden) 재료(124)를 퇴적하는 것을 포함할 수 있다. 도 6은 기존의 구조를 완전히 덮을 수 있는, 기판(105) 상에 퇴적된 과퇴적 재료(124)를 도시한다. 스피온 퇴적을 포함하여 과퇴적 재료(124)를 퇴적하기 위한 다양한 퇴적 기술이 사용될 수 있다. 퇴적 후에, 과퇴적 재료(124)는, 제4 재료가 제2 측벽 스페이서(113)의 상부 표면 아래로 리세싱될(recessed) 때까지 예칭 백될 수 있다. 제4 재료는 또한, 제1 측벽 스페이서(112) 및 맨드릴(111)의 상부 표면 아래로 리세싱될 것이다.

[0019] 도 8은 맨드릴(111), 제1 측벽 스페이서(112), 제2 측벽 스페이서(113), 및 충전 구조물(114)로부터 4개의 상이한 라인 어레이를 갖는 기판 세그먼트의 사시도를 도시한다. 이 결과, 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료는, 제1 예칭 화학이 나머지 재료에 관련하여 제1 재료를 선택적으로 예칭하고 제2 예칭 화학이 나머지 재료에 관련하여 제2 재료를 선택적으로 예칭하고 제3 예칭 화학이 나머지 재료에 관련하여 제3 재료를 선택적으로 예칭하고 제4 예칭 화학이 나머지 재료에 관련하여 제4 재료를 선택적으로 예칭한다는 점에서, 전부 서로 화학적으로 상이하다. 다르게 말하자면, 4개의 상이한 재료 중의 임의의 재료가 나머지 재료에 선택적으로 예칭될 수 있다. 다른 실시예에서, 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료는, 미리 정해진 예칭 화학을 사용하여 예칭할 때, 주어진 2개의 재료가 나머지 재료에 관련하여 선택적으로 예칭된다는 점에서, 전부 서로 화학적으로 상이하다. 또 다른 실시예에서, 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료는, 미리 정해진 예칭 화학을 사용하여 기판이 예칭하는 것이 나머지 재료에 관련하여 주어진 3개의 재료를 선택적으로 예칭한다는 점에서, 전부 서로 화학적으로 상이하다. 또 다른 실시예에서, 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료 중의 적어도 2개의 재료는 나머지 재료와 서로 화학적으로 상이하다. 따라서, 예칭 프로세스는 나머지 재료에 관련하여 하나 이상의 선택된 재료를 예칭하는 미리 주어진 예칭 화학을 사용하여 실행될 수 있다.

[0020] 다른 실시예에서, 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료 중의 둘은, 제1 예칭 화학이 나머지 재료에 관련하여 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료 중의 둘을 동시에 그리고 선택적으로 예칭한다는 점에서, 동일한 재료이다. 따라서, 모든 상이한 재료를 갖는 대신에, 둘 이상의 재료는 동일한 재료이고 따라서 본질적으로 매칭된 예칭 특성을 갖는다. 어떤 상이한 재료들이 둘 다 예칭하는 것에 맞는 특정 화학과 유사하게 예칭할 수 있으며, 따라서 동시에 예칭될 수 있는 피처를 생성하는 데에 상이한 방법들이 존재한다. 동일한 재료의 재료들은, 예를 들어 주어진 기판 상의 인접한 라인 또는 교대하는 라인일 수 있다.

[0021] 이제 도 9 내지 도 13을 참조하면, 과퇴적 재료(124)를 리세싱하는데 있어서 유리할 수 있는 대안의 방법이 개시된다. 이 방법은 제1 측벽 스페이서(112)를 형성할 때 하부층(115) 안으로 부분적으로 예칭하는 것을 수반한다. 도 9는, 스페이서 개방 예칭이 하부층(115) 안으로 부분적으로 예칭하는 것을 포함한다는 것을 제외하고는 도 3과 유사하다. 방향성 예천트에 노출되어 있는 하부층(115)의 상부 표면이 이제 맨드릴(111)의 하부 표면 아래에 있음을 유의하자. 이 리세싱의 이점은 도 10에서, 컨포멀 막(123)이 상대적으로 더 긴 측벽을 갖는 구조물 상에 퇴적됨에 따라 보다 명백하다. 도 11은 제1 측벽 스페이서(112)보다 더 긴 제2 측벽 스페이서(113)를 도시한다. 그리하여, 과퇴적 재료(124)가 퇴적될 때(도 12), 제2 측벽 스페이서(113) 사이에 퇴적된 과퇴적 재료(124)의 양이 더 크며, 이는 도 13에 도시된 바와 같이 충전 구조물(114)을 형성하도록 예칭 백을 실행할 때 더 많은 높이 또는 허용오차를 의미한다.

[0022] 4개의 재료 중의 하나 이상을 선택적으로 예칭하도록 다양한 예칭 화학이 사용될 수 있다. 다양한 선택 비로 다른 유형의 재료에 비해 특정 유형의 재료를 선택적으로 예칭할 수 있는 예칭 화학(공정 가스 및 가스 조합)은 공지되어 있다.

[0023] 하부층(115)은 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료와 화학적으로 상이한 제5 재료로 구성될 수 있다. 다른 4개의 재료와 상이한 제5 재료로, 하부층은 다른 층으로 전사할 복합 패턴을 생성하기 위해 기억 층 또는 전사 층으로서 사용될 수 있다.

[0024] 마스킹 층을 사용하는 것은 패턴 전사를 더 도울 수 있다. 도 14는 도 8로부터의 예시적인 기판 세그먼트의 상부 평면도이다. 4개의 상이한 재료의 라인들이 부가의 패터닝 동작을 위해 형성되었음을 유의하자. 일반적으로, 기판의 적어도 일부는 세그먼트(130)에 도시된 바와 같이 재료 유형 패턴이 A-B-C-D-C-B-A인 라인들의 반복 패턴을 포함할 수 있다. 따라서, 재료의 유형에 따라, 다양한 간격 거리가 적용가능하다. 예를 들어, 재료 A 또는 재료 D의 반복 인스턴스 사이에, 상이한 재료의 5개의 라인들이 존재한다. 이들 재료는 맨드릴 재료 및 충전 구조물 재료에 대응할 수 있다. 재료 B 또는 재료 C의 반복 인스턴스 사이에, 통상적으로 상이한 재료 유형의 하나 또는 3개의 라인이 존재한다.

[0025] 도 15에 도시된 바와 같이, 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료를 덮지 않는 개구를 정의하는 제1 예칭 마스크(141)가 기판 상에 제공될 수 있다. 이러한 예칭 마스크는 하나의 방향에서 더 작은 치수로 선형일 수 있는 개구를 정의할 수 있다는 것을 유의하자. 제1 예칭 마스크(141) 및 대응하는 개구는 종래의 포토리소그래피 시스템에 의해 정의될 수 있다.

[0026] 제1 선택된 재료는 제1 예칭 마스크(141) 및 제1 예칭 화학을 사용하여 선택적으로 예칭된다. 도 16은 이 선택적 예칭의 예시적인 결과를 도시한다. 재료 A의 마스킹되지 않은 부분이 제거되었고 하부층(115)이 이제 이 위치에서 보인다는 것을 유의하자. 이 예칭 단계 동안 나머지 재료는 제거되지 않았다는 것도 유의하자. 도 17은 제1 예칭 마스크(141)가 제거된 이 결과를 예시한다. 다른 실시예에서, 제2 선택된 재료는 제1 예칭 마스크 및 제2 화학을 사용하여 선택적으로 예칭될 수 있다. 대안으로서, 하나 이상의 재료는 나머지 재료 또는 재료들에 의해 선택적으로 예칭될 수 있다.

[0027] 이제 도 18을 참조하면, 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료 및 제4 재료를 덮지 않는 개구를 정의하는 제2 예칭 마스크(142)가 기판 상에 생성될 수 있다. 그 다음, 제2 예칭 마스크 및 제2 예칭 화학을 사용하여 하나 이상의 마스킹되지 않은 재료가 나머지 재료에 의해 선택적으로 예칭될 수 있다. 도 18은 예칭되지 않은 재료 C의 마스킹되지 않은 부분을 도시한다. 도 19는 제2 예칭 마스크(142)가 제거된 기판 세그먼트를 도시한다. 도 20은 하부층을 통해 복합 패턴을 전사한 결과를 도시한다. 도 21에 도시된 비한정적인 예에서, 재료 B 및 D는 도 21에 도시된 구조물을 제공하기 위해 전사된 세그먼트 또는 컷과 함께 결합되도록 유지 또는 반전되었다. 맨드릴의 퍼치는 주어진 리소그래피 시스템의 광학 분해능보다 더 작은 것을 유의하자. 예를 들어, 맨드릴의 하프 퍼치 간격은 40 나노미터, 12 나노미터보다 작거나, 심지어 그보다 더 작을 수 있고, 여기에서의 기술은 종래의 포토리소그래피 시스템을 사용하여 이러한 좁은 퍼치 라인들 사이의 컷을 행할 수 있다.

[0028] 다른 방법은 4개의 재료의 공면 표면이 바람직한 응용에 사용될 수 있다. 이러한 실시예에서, 하부층 상에 위치된 맨드릴(111)을 갖는 기판(105)을 제공하는 것은 맨드릴이 2개의 재료로 구성되는 것을 포함한다. 맨드릴의 하부 부분(151)은 제1 재료로 구성되며, 맨드릴의 상부 부분(152)은 제6 재료로 구성된다. 이의 예가 도 22에 도시된다. 제1 재료는 질화물과 같이 화학 기계적 연마에 내성이 있는 정지 재료층으로서 선택된다. 그 다음, 프로세스 흐름은 도 1 내지 도 6에서 앞서 기재된 바와 같이, 도 23에 도시된 바와 같이 과정적 재료(124)가 기판(105) 상에 퇴적되는 시점으로 이어진다. 이 시점에서 예칭 백은 생략되거나 또는 부분적으로 실행될 수 있다. 이 실시예는, 도 24에 도시된 바와 같이, 맨드릴, 제1 측벽 스페이서, 제2 측벽 스페이서, 및 충전 구조물의 상부 표면이 전부 공면을 이루도록, 맨드릴, 제1 측벽 스페이서, 제2 측벽 스페이서, 및 충전 구조물을 맨드릴(111)의 하부 부분(151)의 상부 표면까지 하향 평탄화하는 화학 기계적 연마 프로세스를 실행함으로써 기판을 평탄화하는 평탄화 단계를 포함한다. 이러한 기술의 하나의 이점은 측벽 스페이서의 곡면, 뾰족하거나 각진 표면을 제거하는 것이다.

[0029] 또 다른 실시예는 반도체 기판 상의 패터닝된 구조물을 포함한다. 이 패터닝된 구조물은 4개의 상이한 재료의 라인들을 갖는, 기판 상의 나노제조된 구조물을 포함한다. 4개의 상이한 재료의 라인들은 기판의 적어도 일부에서 A-B-C-D-C-B-A의 반복 순서를 정의한다. 각각의 라인의 상부 표면은 아무것도 덮여 있지 않으며 따라서 방향성 예칭될 수 있다. 라인들 중의 적어도 둘이 컨포멀 퇴적 후에 방향성 예칭을 사용하여 측벽 스페이서로서 생성되었다. 각자의 재료의 라인들은 16 나노미터보다 더 작은 하프 퍼치 간격을 갖는다. 4개의 상이한 재료는, 하나 이상의 재료가 나머지 재료에 관련하여 선택적으로 예칭될 수 있다는 점에서, 서로 화학적으로 상이하다. 도 8은 이 패터닝된 구조물의 예시적인 실시예의 예시이다. 이 패터닝된 구조물은 통상적으로 최종 구조물이 아니라, 후속 패터닝, 퍼치 상의 컷팅 등을 위한 가능 구조물이다.

[0030] 알 수 있는 바와 같이, 선택가능한 재료 및 재료 조합의 매트릭스는, 종래의 포토리소그래피 시스템의 분해능 능력 아래의 원하는 위치 및 길이로 퍼처를 생성하도록 형성될 수 있다. 예칭된 퍼처 자체가 기억 층 및/또는 타겟 층으로 전사될 수 있고 패턴을 반전하는 데에도 사용될 수 있다는 것을 유의하자. 따라서, 5개의 상이한 재료가 선택적 예칭을 위해 접근될 수 있다. 예칭 마스크 및 상이한 재료의 차등 예칭 선택도를 사용하여 자가 정렬이 기판 상의 다양한 곳에서 선택될 수 있다. 다르게 말하자면, 공지된 치수의 4개의 상이한 재료들로, 설계자는, 예칭을 실행하여 그 예칭이 분해능이하 치수로 자가정렬되어야 할 곳을 선택할 수 있다. 예를 들어, 포토레지스트 재료로부터의 주어진 콘택 패턴이 비교적 크고 복수의 재료에 걸쳐 이어지는 경우, 콘택은 그 콘택 패턴 개구 내의 재료 중 하나에서만 예칭될 것이다.

[0031] 여기에서의 기술은 원하는 컬러 방식, 즉 차등 예칭 선택도를 갖는 재료를 제공하는 데에 사용될 수 있다. 그 자체가 분해능이하 복수 패터닝의 산물일 수 있는 맨드릴로 시작하여, 맨드릴은 스페이서(컨포멀 재료)로 이중

랩핑되고 남은 공간은 제4 재료로 채워진다. 그러면, 컷 길이가 SADP/SAQP 뿐만 아니라 ALD 기술에 의해 제어되며, 이는 포토리소그래피 분해능에 관련하여 상당히 더 작은 치수로 제어될 수 있다. 예를 들어, SADP/SAQP 기술은 시작 크기의 8분의 1 또는 16분의 1로 광학적으로 설정된 분해능 패턴을 감소시킬 수 있고, 스페이서 퇴적 기술은 나노미터 이하로 제어될 수 있다. 종래에는 피치 상의 컷팅이 매우 어려웠다. 종래의 포토리소그래피 시스템은 약 42 나노미터의 컷을 행할 수 있다. 그러나, 여기에서의 기술을 이용하여, 어느 곳에든 마음대로 콘택이 배치되거나 컷팅될 수 있다. 이 패터닝 기술은 또한 컬러에 걸친 피치 분할을 가능하게 한다. 일부 영역에서 재료들 사이에 폴 하프 피치가 있을 수 있고, 다른 영역에서는 예를 들어 맨드릴 사이에 비교적 큰 양의 자가 정렬이 존재한다. 또한, 도 21에서 볼 수 있듯이, 재료 중의 둘이 서로 인접해 있는, 다섯 컬러 재료 중의 둘 이상을 선택함으로써, 오프피치(off-pitch) 또는 혼합 크기의 에칭이 실행될 수 있다. 따라서, 여기에서의 기술로 다양한 피치 배수가 컷 또는 블록으로서 행해질 수 있다.

[0032]

앞의 설명에서, 프로세싱 시스템의 특정 기하학 및 여기에 사용된 다양한 컴포넌트 및 프로세스의 기재와 같은 구체적인 세부사항들이 설명되었다. 그러나, 여기에서의 기술은 이들 구체적인 세부사항에서 벗어난 다른 실시 예에서 실시될 수 있고, 이러한 세부사항은 설명을 위한 목적인 것이며 한정하는 것이 아님을 이해하여야 한다. 여기에 개시된 실시예는 첨부 도면을 참조하여 기재되었다. 마찬가지로, 설명을 위한 목적으로, 완전한 이해를 제공하기 위해 특정 수치, 재료 및 구성이 서술되었다. 그러나, 실시예는 이러한 구체적인 세부사항 없이도 실시될 수 있다. 실질적으로 동일한 기능 구성을 갖는 컴포넌트는 유사한 참조 문자로 표시되고, 따라서 임의의 중복 기재는 생략되었을 수 있다.

[0033]

다양한 실시예를 이해하는 것을 돋도록 다양한 기술들이 복수의 개별 동작들로서 기재되었다. 기재의 순서는 이 동작들이 반드시 순서에 따라야 함을 의미하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 실제로, 이들 동작은 제시된 순서대로 수행될 필요가 없다. 기재된 동작들은 기재된 실시예와 상이한 순서로 수행될 수 있다. 추가의 실시 예에서 다양한 추가의 동작이 수행될 수 있고 그리고/또는 기재된 동작들이 생략될 수도 있다.

[0034]

여기에서 사용될 때에 “기판” 또는 “타겟 기판”은 일반적으로 본 발명에 따라 처리되고 있는 객체를 지칭한다. 기판은 디바이스, 구체적으로 반도체 또는 기타 전자 디바이스의 임의의 재료 부분 또는 구조물을 포함할 수 있고, 예를 들어 반도체 웨이퍼, 레티클과 같은 베이스 기판 구조물이거나 박막과 같이 베이스 기판 위에 있거나 이를 덮는 층일 수 있다. 따라서, 기판은 임의의 특정 베이스 구조물, 하부층 또는 상부층, 패터닝된 또는 패터닝되지 않은 것에 한정되지 않으며, 오히려 임의의 이러한 층 또는 베이스 구조물 그리고 층 및/또는 베이스 구조물의 임의의 조합을 포함하는 것을 고려할 수 있다. 기재는 기판의 특정 유형을 참조할 수 있지만, 이는 단지 설명을 위한 목적인 것이다.

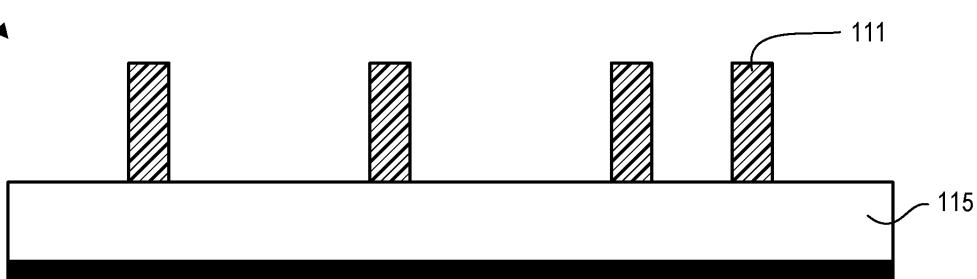
[0035]

당해 기술 분야에서의 숙련자는 또한, 본 발명의 동일 목적을 여전히 달성하면서 상기에 설명된 기술의 동작에 많은 변형이 행해질 수 있다는 것을 이해할 것이다. 이러한 변형은 본 개시의 범위 내에 포함되는 것으로 의도된다. 그리하여, 본 발명의 실시예의 전술한 기재는 한정하는 것으로 의도되지 않는다. 오히려 본 발명의 실시예에 대한 임의의 한정은 다음 청구항에서 제시된다.

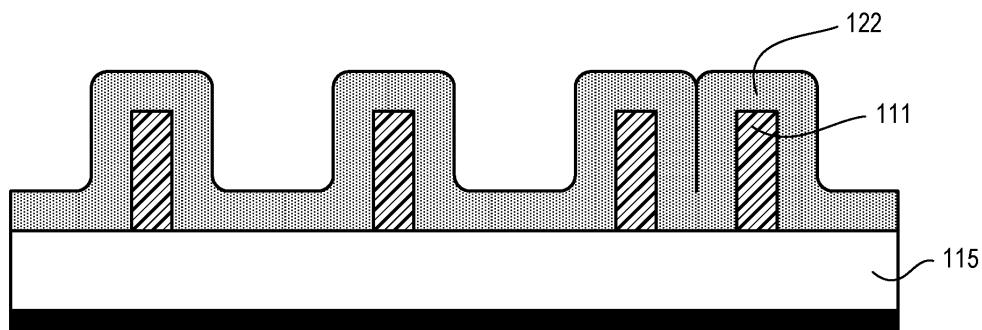
도면

도면1

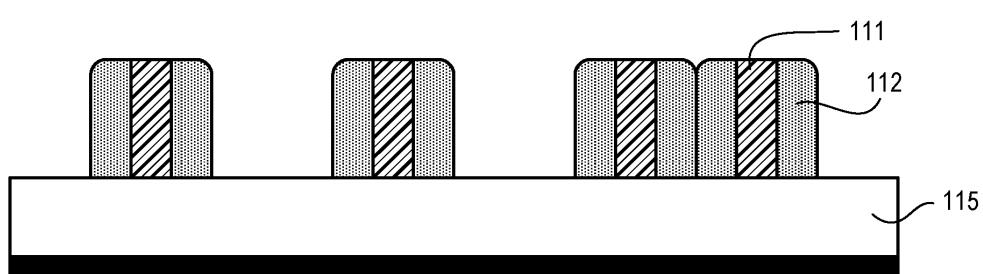
105



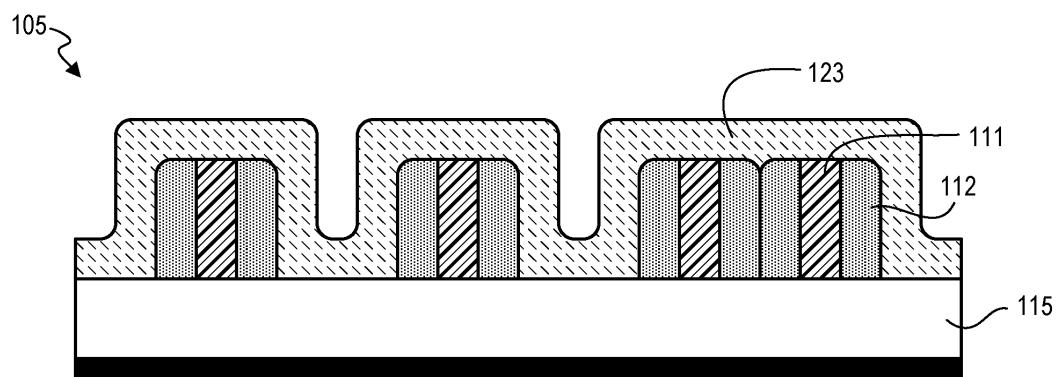
도면2



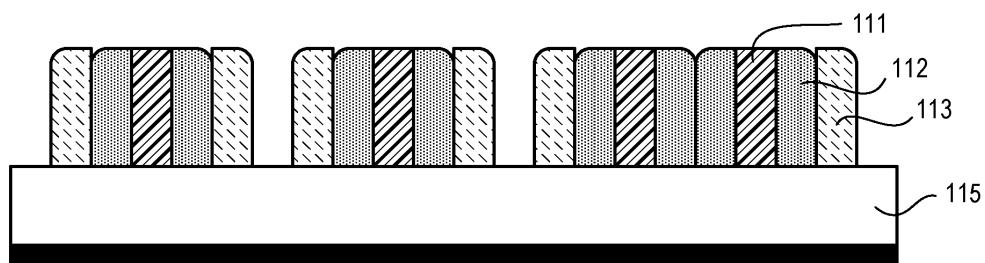
도면3



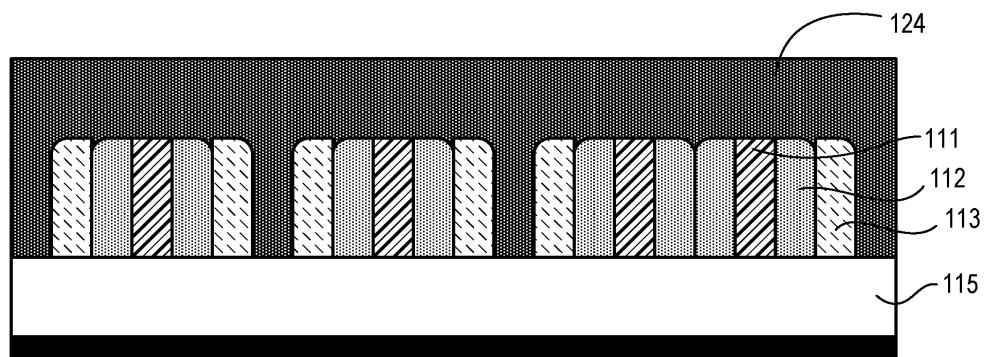
도면4



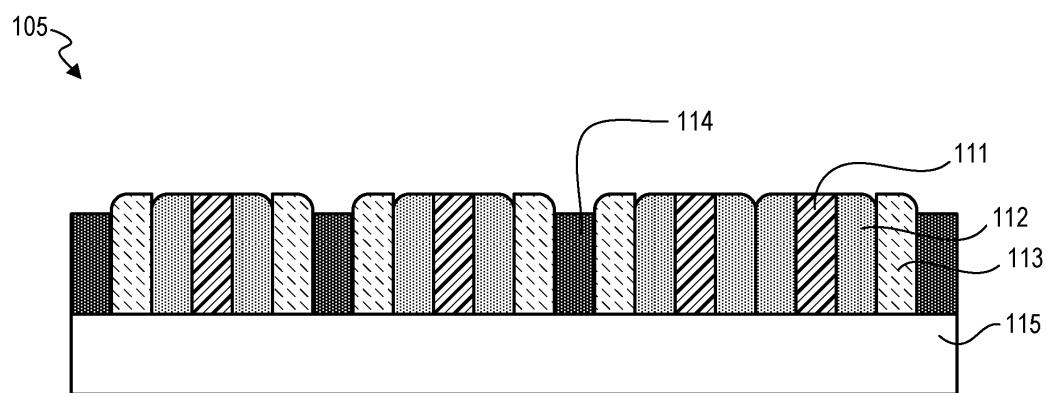
도면5



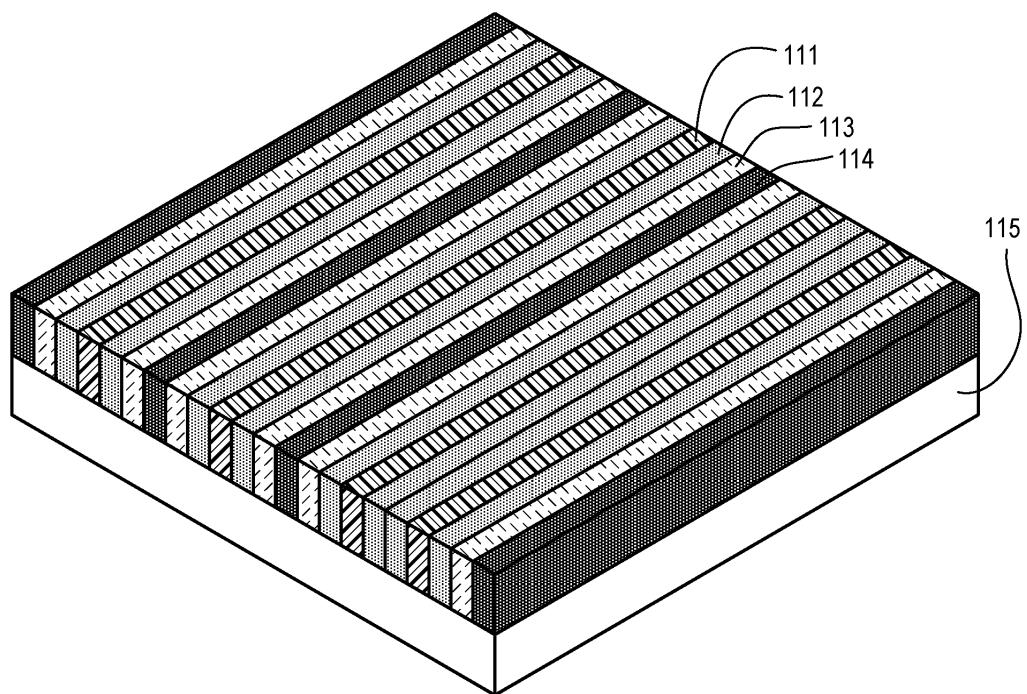
도면6



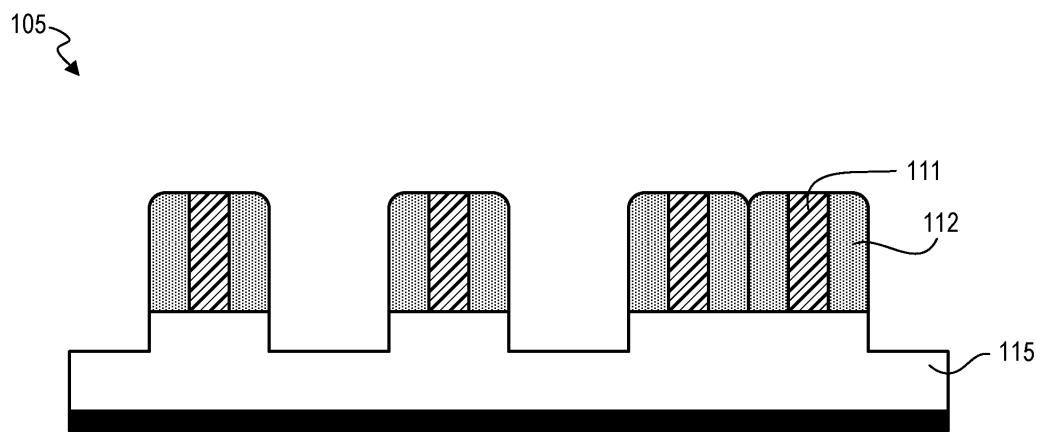
도면7



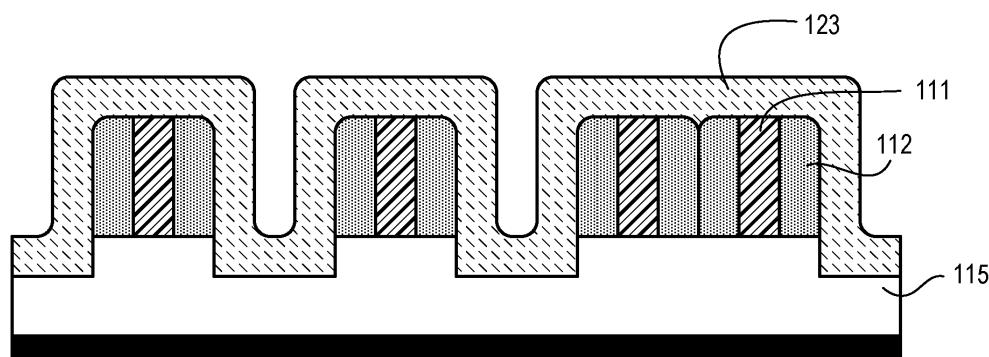
도면8



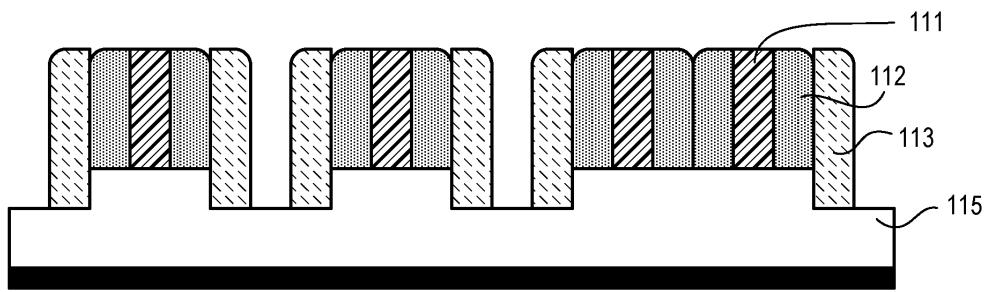
도면9



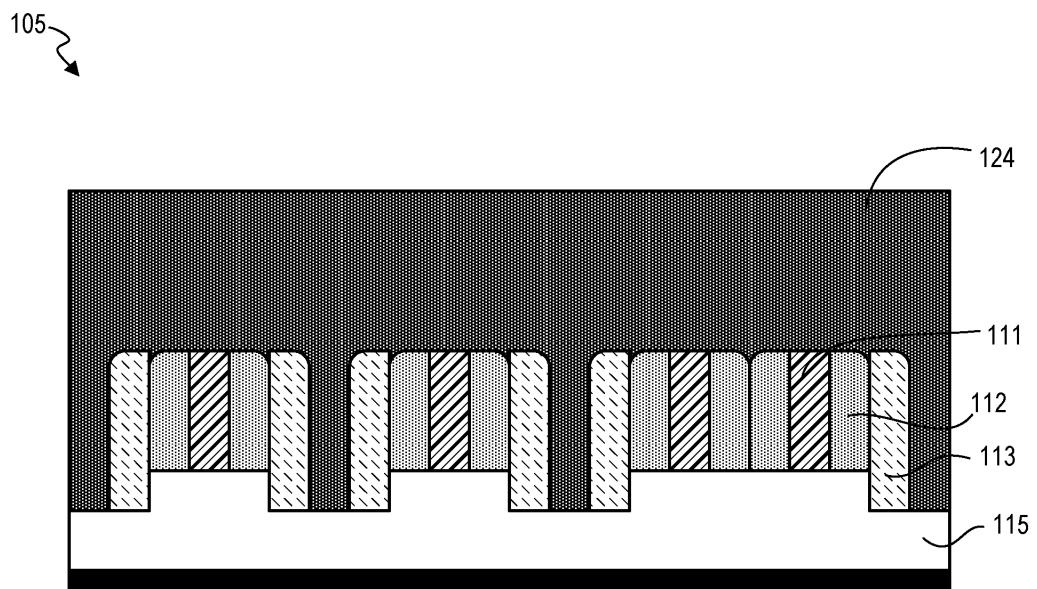
도면10



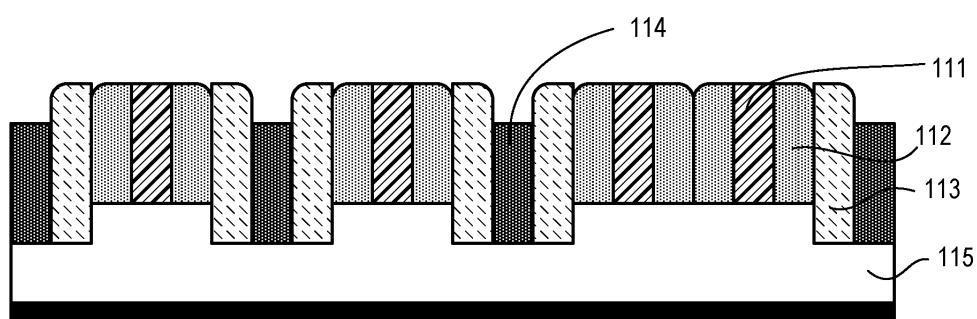
도면11



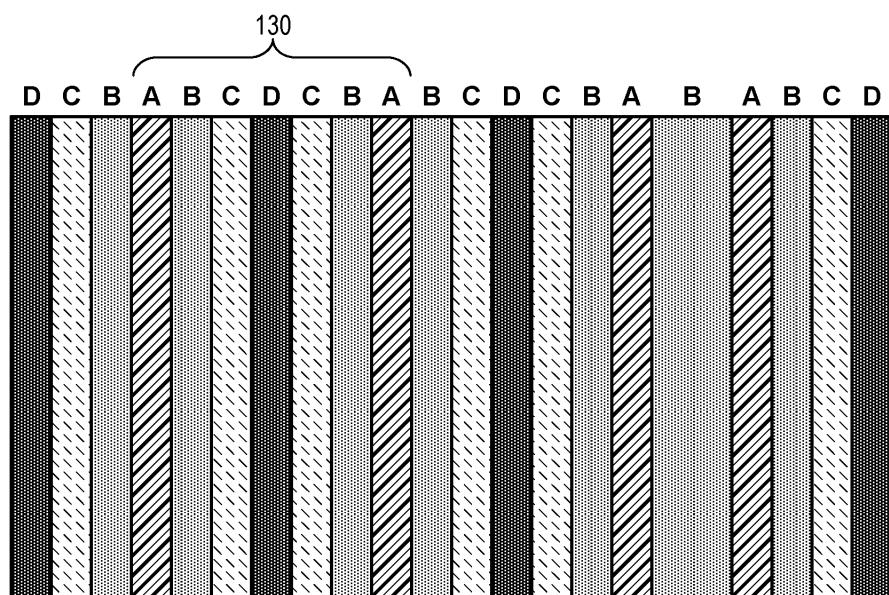
도면12



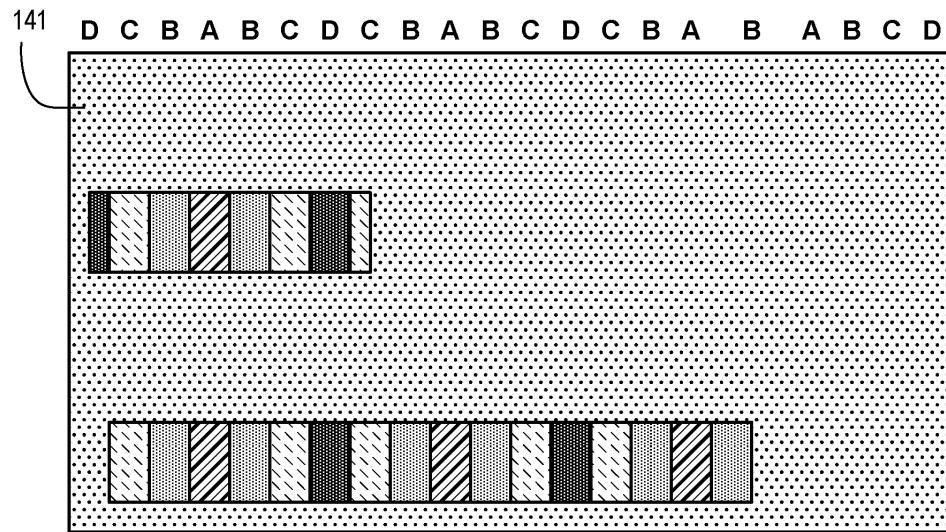
도면13



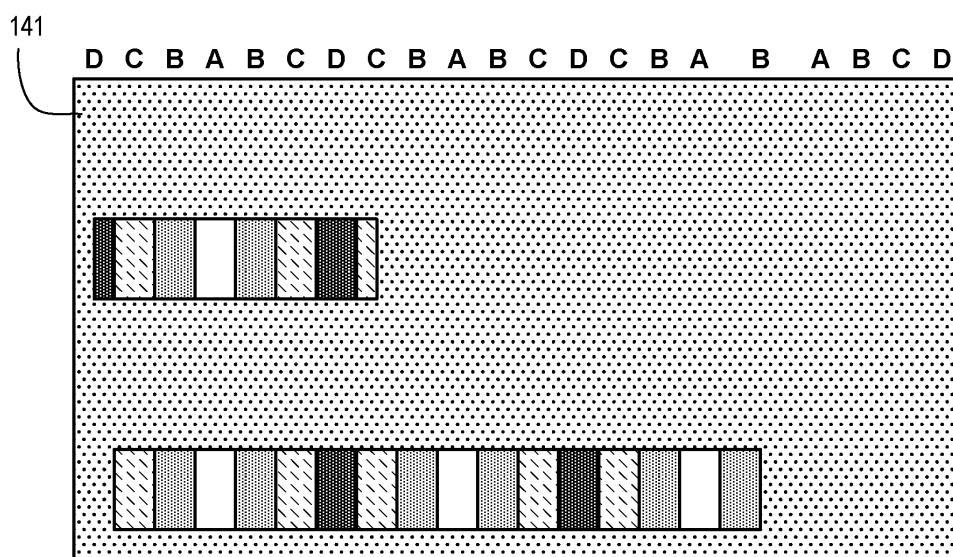
도면14



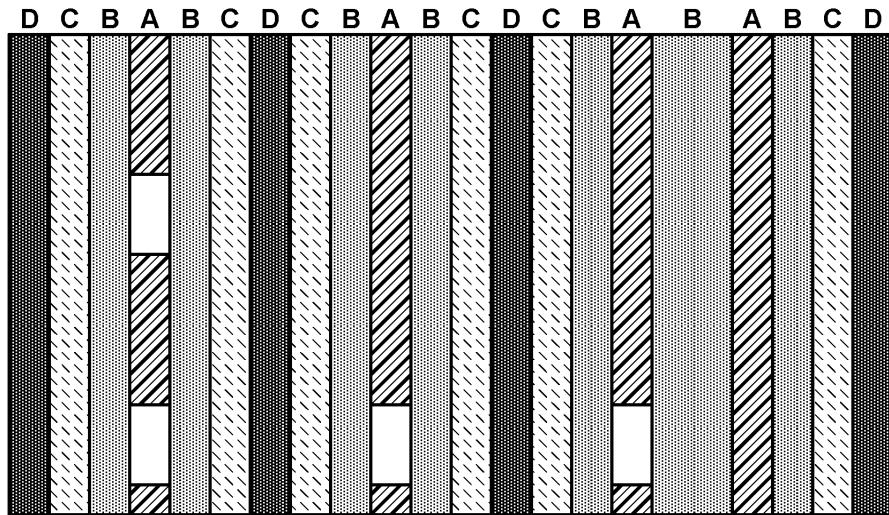
도면15



도면16

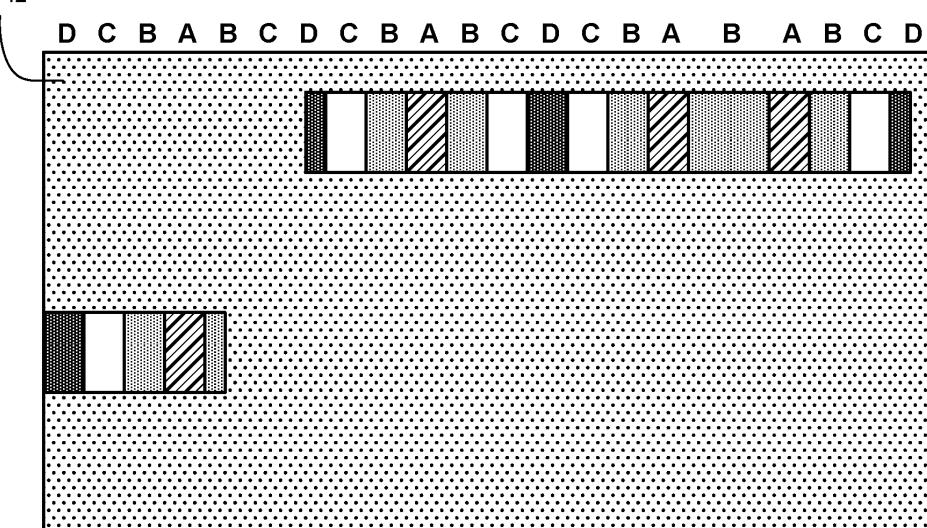


도면17

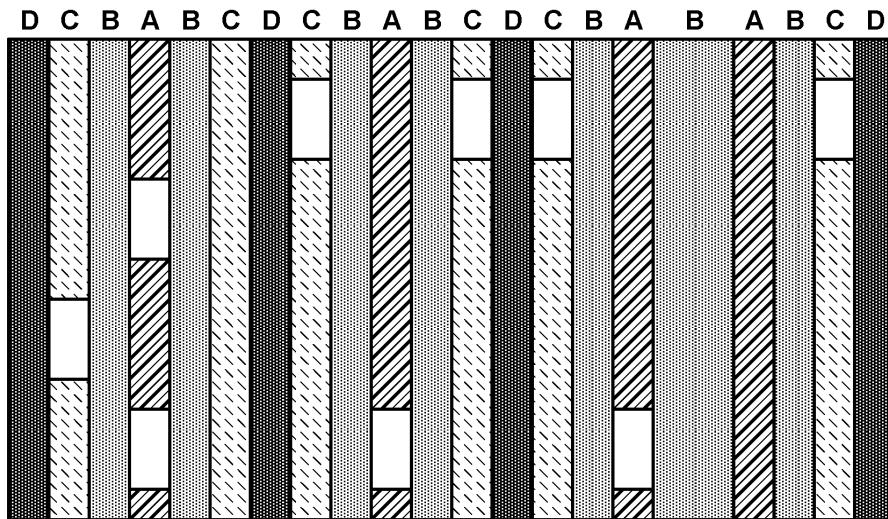


도면18

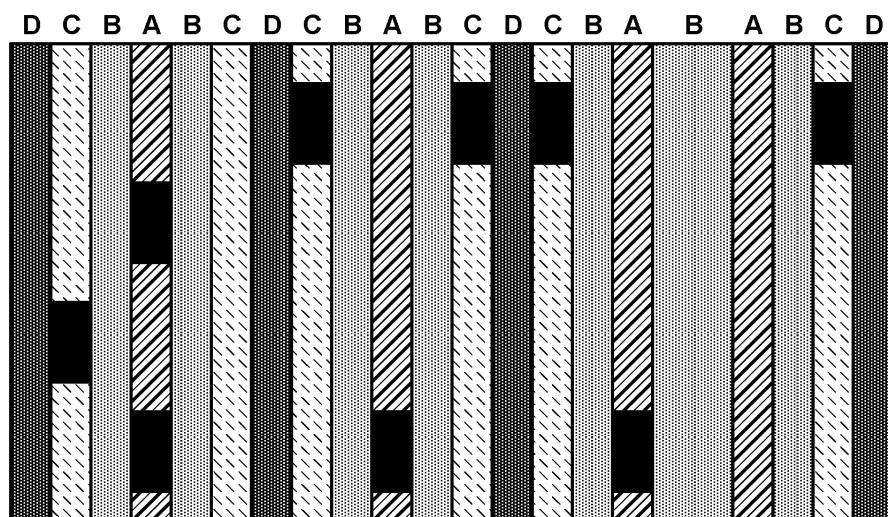
142



도면19



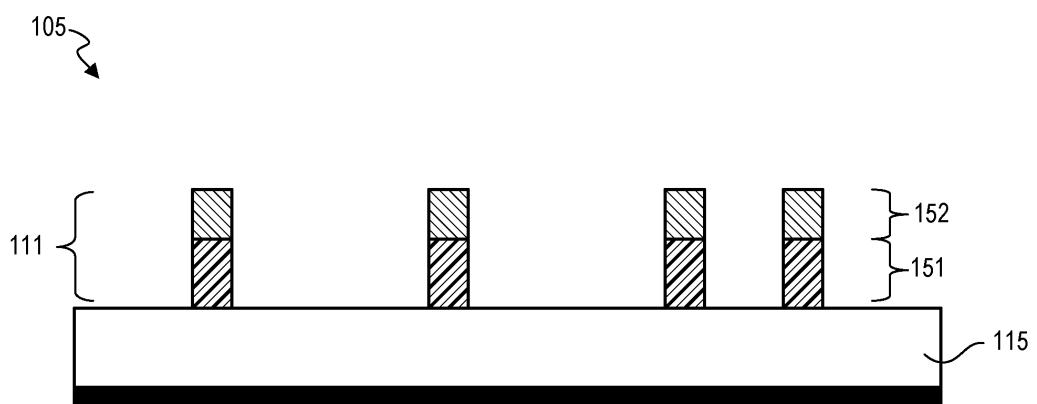
도면20



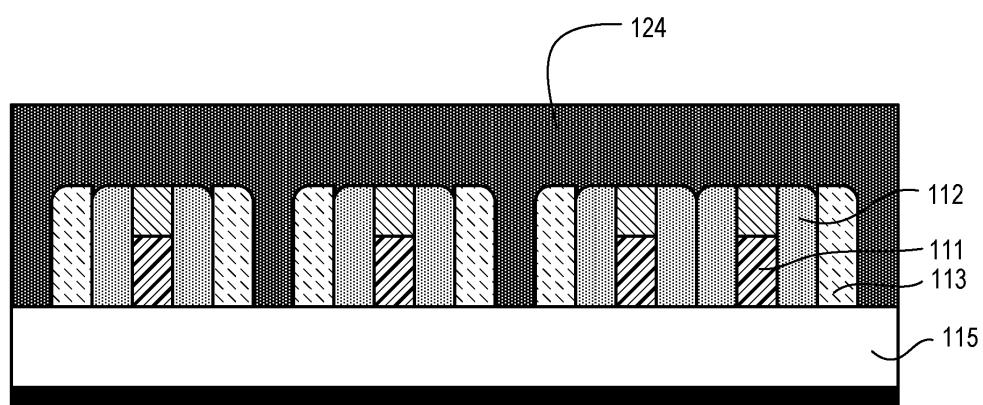
도면21



도면22



도면23



도면24

