



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0138377
(43) 공개일자 2023년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 23/2202 (2018.01) G01N 23/2251 (2018.01)
H01J 37/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 23/2202 (2013.01)
G01N 23/2251 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0107068
(22) 출원일자 2022년08월25일
심사청구일자 2022년08월25일
(30) 우선권주장
1020220036294 2022년03월23일 대한민국(KR)

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
유효빈
서울특별시 노원구 섬밭로 229 극동아파트 3동 1412호
(74) 대리인
특허법인 고려

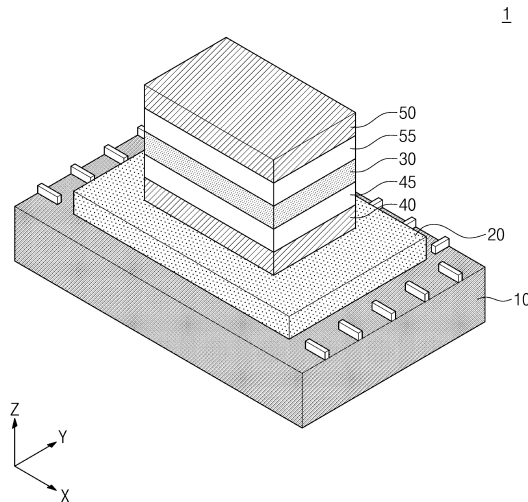
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 현미경 시편, 및 현미경을 이용한 이의 분석 방법

(57) 요약

현미경 시편은, 하부 개구부를 포함하는 하부 플레이트; 상기 하부 개구부를 덮는 상부 플레이트; 상기 상부 플레이트 상의 타겟 물질층; 상기 상부 플레이트와 상기 타겟 물질층 사이의 하부 전극층; 상기 타겟 물질층 상의 상부 전극층; 및 상기 상부 전극층 및 하부 전극층과 전기적으로 연결되는 배선 패턴을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01J 37/26 (2013.01)

G01N 2223/056 (2013.01)

G01N 2223/079 (2013.01)

G01N 2223/418 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

하부 개구부를 포함하는 하부 플레이트;
상기 하부 개구부를 덮는 상부 플레이트;
상기 상부 플레이트 상의 타겟 물질층;
상기 상부 플레이트와 상기 타겟 물질층 사이의 하부 전극층;
상기 타겟 물질층 상의 상부 전극층; 및
상기 상부 전극층 및 하부 전극층과 전기적으로 연결되는 배선 패턴을 포함하는 현미경 시편.

청구항 2

제 1항에 있어서,
상기 타겟 물질층은 상기 하부 개구부와 수직적으로 중첩하는 현미경 시편.

청구항 3

제 1항에 있어서,
상기 상부 플레이트는 상부 개구부를 포함하고,
상기 타겟 물질층은 상기 상부 개구부와 수직적으로 중첩하는 현미경 시편.

청구항 4

제 1항에 있어서,
상기 타겟 물질층의 적어도 일부가 상기 상부 전극층과 수직적으로 중첩하는 현미경 시편.

청구항 5

제 1항에 있어서,
상기 상부 플레이트의 두께는 0nm보다 크고, 300nm 이하인 현미경 시편.

청구항 6

제 1항에 있어서,
상기 타겟 물질층은 칼코제나이드, 금속 산화물, 질화물, 그래핀 및 그래파이트 중 적어도 하나를 포함하는 현미경 시편.

청구항 7

제 1항에 있어서,
상기 타겟 물질층의 두께는 0nm보다 크고, 300nm 이하인 현미경 시편.

청구항 8

제 1항에 있어서,
상기 상부 전극층 및 하부 전극층 각각의 두께는 0nm보다 크고, 300nm 이하인 현미경 시편.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 하부 전극층 및 상기 상부 전극층은 단결정 물질 및 비정질 물질 중 적어도 하나를 포함하는 현미경 시편.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 타겟 물질층과 상기 하부 전극층 사이에 개재되는 하부 절연층 또는 상기 타겟 물질층과 상기 상부 전극층 사이에 개재되는 상부 절연층 중 적어도 하나를 더 포함하는 현미경 시편.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 하부 절연층 및 상기 상부 절연층은 단결정 물질 및 비정질 물질 중 적어도 하나를 포함하는 현미경 시편.

청구항 12

(a) 현미경 내 시편을 위치시키는 것;

(b) 상기 시편을 투과하는 전자빔을 조사하는 것; 및

(c) 상기 투과된 전자빔 중 회절된 전자빔으로부터 분석 정보를 획득하는 것을 포함하되,

상기 시편은:

하부 개구부를 포함하는 하부 플레이트;

상기 하부 개구부를 덮는 상부 플레이트;

상기 상부 플레이트 상의 타겟 물질층; 및

상기 플레이트와 상기 타겟 물질층 사이의 하부 전극층을 포함하고,

상기 (b) 단계에서 상기 전자빔은 상기 타겟 물질층, 상기 하부 전극층, 상기 상부 플레이트 및 상기 하부 플레이트를 차례로 투과하는 분석 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 전자빔은 상기 하부 플레이트의 상기 하부 개구부를 투과하는 분석 방법.

청구항 14

제 12항에 있어서,

상기 상부 플레이트는 상부 개구부를 포함하고,

상기 (b) 단계에서 상기 전자빔은 상기 상부 플레이트의 상기 상부 개구부를 투과하는 분석 방법.

청구항 15

제 12항에 있어서,

상기 시편은 상기 타겟 물질층 상의 상부 전극층을 더 포함하고,

상기 타겟 물질층의 적어도 일부는 상기 상부 전극층과 수직적으로 중첩하는 분석 방법.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 전자빔은 상기 상부 전극층을 더 투과하는 분석 방법.

청구항 17

제 12항에 있어서,

상기 (b) 단계 및 상기 (c) 단계를 번갈아가며 반복적으로 수행하는 분석 방법.

청구항 18

제 17항에 있어서,

(d) 상기 하부 전극층에 전압을 인가하는 것을 더 포함하되,

상기 (d) 단계에서 상기 전압은 상기 (b) 단계 및 상기 (c) 단계의 반복 수행 중 연속적으로 인가되는 분석 방법.

청구항 19

제 17항에 있어서,

(d) 상기 하부 전극층에 전압을 인가하는 것을 더 포함하되,

상기 (d) 단계는 상기 (c) 단계의 수행 이후, 상기 (b) 단계의 반복 수행 이전에 수행되는 분석 방법.

청구항 20

제 12항에 있어서,

상기 (b) 단계는 전자를 2MV 이하의 전압으로 가속하여 상기 전자빔을 발생시키는 것을 포함하는 분석 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 현미경 시편, 및 현미경을 이용한 이의 분석 방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는 타겟 물질층을 포함하는 다층의 현미경 시편, 및 현미경을 이용한 다층의 현미경 시편의 타겟 물질층의 분석 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현대 산업이 고도로 발전함에 따라, 전자 디바이스 등의 고집적화 경향이 심화되고 있다. 전자 디바이스 등의 고집적화를 위해, 전자 디바이스 등의 개발에 활용될 수 있는 다양한 분석 방법의 개발이 요구되고 있다. 이러한 분석 방법의 대표적인 예로써는, 전자 현미경을 통한 물질 구조 등의 분석이 있다. 그 중에서도, 전자를 투과시켜 이에 대한 회절 패턴을 분석하는 방식의 전자 현미경을 통한 분석 방법이 널리 활용되고 있다. 다만, 이러한 방식의 경우, 전자가 시편을 효과적으로 투과할 수 있도록 시편의 두께를 얇게 가공할 것이 요구된다. 이에 따라, 전자 현미경을 활용하기 위해서는 파괴적인 방식의 시편 제조가 수반되며, 시편의 구조가 새롭게 가공됨에 따라 전자 디바이스의 실제 구동 환경을 재현하기가 어려운 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 이루고자 하는 일 기술적 과제는 반도체 장치 등의 실제 구동 환경을 재현한 현미경 시편 및 현미경을 이용한 이의 분석 방법을 제공하는데 있다.

[0004] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 외부 요인에 따른 타겟 물질층의 구조 변화를 실시간으로 분석할 수 있는 현미경 시편 및 현미경을 이용한 이의 분석 방법을 제공하는데 있다.

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따른 현미경 시편은, 하부 개구부를 포함하는 하부 플레이트; 상기 하부 개구부를 덮는 상부 플레이트; 상기 상부 플레이트 상의 타겟 물질층; 상기 상부 플레이트와 상기 타겟 물질층 사이의 하부 전극층; 상기 타겟 물질층 상의 상부 전극층; 및 상기 상부 전극층 및 하부 전극층과 전기적으로 연결되는 배선 패턴을 포함할 수 있다.

[0007] 본 발명에 따른 분석 방법은, (a) 현미경 내 시편을 위치시키는 것; (b) 상기 시편을 투과하는 전자빔을 조사하는 것; 및 (c) 상기 투과된 전자빔 중 회절된 전자빔으로부터 분석 정보를 획득하는 것을 포함할 수 있다. 상기 시편은: 하부 개구부를 포함하는 하부 플레이트; 상기 하부 개구부를 덮는 상부 플레이트; 상기 상부 플레이트 상의 타겟 물질층; 및 상기 플레이트와 상기 타겟 물질층 사이의 하부 전극층을 포함할 수 있다. 상기 (b) 단계에서 상기 전자빔은 상기 타겟 물질층, 상기 하부 전극층, 상기 상부 플레이트 및 상기 하부 플레이트를 차례로 투과할 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 개념에 따르면, 적층 구조를 가지는 현미경 시편에 대하여, 시편의 적층 구조 내 위치하는 타겟 물질층을 비파괴적인 방식으로 분석할 수 있다. 동시에, 타겟 물질층에 대하여 적층 방향에 따른 전기장이 형성될 때, 적층 방향과 교차하는 평면의 연장 방향에 따른 타겟 물질층의 변화를 실시간으로 분석할 수 있다. 그 결과, 반도체 장치 등의 실제 구동 환경 하에서의 실시간 구조 변화 등에 대한 분석이 용이할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 시편을 나타내기 위한 사시도이다.
 도 2 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 시편을 나타내기 위한 도면들이다. 도 2, 도 4 및 도 6은 본 발명의 일 실시예들에 따른 시편의 평면도들이다. 도 3a 및 도 3b는 도 2의 A-A' 선에 대응하는 단면도이고, 도 5는 도 4의 A-A' 선에 대응하는 단면도이고, 도 7은 도 6의 A-A' 선에 대응하는 단면도이다.
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 방법을 설명하기 위한 현미경의 개략적인 모식도이다.
 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명한다.

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 시편을 나타내기 위한 사시도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 시편의 평면도이다. 도 3a 및 도 3b는 도 2의 A-A' 선에 대응하는 단면도이다.

[0013] 도 1 내지 도 3a를 참조하면, 현미경을 이용한 분석 방법을 수행하는데 이용되는 시편(1)이 제공될 수 있다. 현미경은 전자 현미경일 수 있다. 일 예로, 현미경은 투과 전자 현미경(TEM, Transmission Electron Microscope) 또는 주사 투과 전자 현미경(STEM, Scanning Transmission Electron Microscope) 중 어느 하나일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0014] 시편(1)은 하부 플레이트(10), 상부 플레이트(20), 타겟 물질층(30), 하부 전극층(40), 상부 전극층(50) 및 배선 패턴(60)을 포함할 수 있다. 하부 플레이트(10)는 그 내부를 관통하는 하부 개구부(12)를 포함할 수 있다. 하부 개구부(12)는 하부 플레이트(10)의 상면으로부터 하면까지 연장되는 빈 공간일 수 있고, 복수 개로 제공될 수 있다. 하부 플레이트(10)는, 일 예로, 실리콘을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0015] 상부 플레이트(20)는 하부 플레이트(10) 상에 위치할 수 있다. 상부 플레이트(20)는 하부 플레이트(10)의 하부 개구부(12)를 덮을 수 있고, 하부 플레이트(10)의 상면 상으로 연장될 수 있다. 일 예로, 상부 플레이트(20)는 하부 플레이트(10)를 완전히 덮을 수 있지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 상부 플레이트(20)의 하면이 하부 개구부(12)에 의해 외부로 노출될 수 있다. 상부 플레이트(20)의 두께(t_1)는, 일 예로, 0nm보다 크고, 300nm 이하일 수 있다. 상부 플레이트(20)의 두께(t_1)가 300nm 이하로 제공됨으로써, 후술되는 분석 방법에서 현미경의 전자빔이 상부 플레이트(20)를 투과할 수 있다. 일 예로, 상부 플레이트(20)는 실리콘 질화물을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 예로, 상부 플레이트(20)는 단결정 물질을 포함할 수 있으나, 이에 제

한되는 것은 아니다. 다른 예로, 상부 플레이트(20)는 비정질 물질을 포함할 수 있다.

- [0016] 타겟 물질층(30)이 상부 플레이트(20) 상에 위치할 수 있다. 일 예로, 타겟 물질층(30)은 상부 플레이트(20)의 상면의 적어도 일부를 덮을 수 있다. 타겟 물질층(30)은 하부 플레이트(10)의 하부 개구부(12)와 수직적으로 중첩할 수 있다. 일 예로, 타겟 물질층(30)의 전 영역이 하부 개구부(12)와 수직적으로 중첩할 수 있다. 다른 예로, 도시되지 않았지만, 타겟 물질층(30)의 일부가 하부 개구부(12)와 수직적으로 중첩할 수 있다. 타겟 물질층(30)은 후술되는 분석 방법에서 현미경을 통해 관찰하고자 하는 물질을 포함하는 층일 수 있다.
- [0017] 타겟 물질층(30)의 두께(t_4)는, 일 예로, 0nm보다 크고, 300nm 이하일 수 있다. 타겟 물질층(30)의 두께(t_4)가 300nm 이하로 제공됨으로써, 후술되는 분석 방법에서 현미경의 전자빔이 타겟 물질층(30)을 투과할 수 있다. 타겟 물질층(30)은, 칼코제나이드, 금속 산화물, 질화물, 그래핀 및 그래파이트 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 예로, 타겟 물질층(30)은 전이금속 디칼코제나이드(TMD, Transition Metal Dichalcogenide)와 같은 2차원 물질을 포함할 수 있다. 타겟 물질층(30)은, 일 예로, 강유전성을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0018] 하부 전극층(40)이 상부 플레이트(20) 상에 위치할 수 있다. 하부 전극층(40)은 상부 플레이트(20)와 타겟 물질층(30)의 사이에 개재될 수 있다. 타겟 물질층(30)의 적어도 일부는 하부 전극층(40)과 수직적으로 중첩할 수 있다. 일 예로, 도 3a에 도시된 바와 같이, 타겟 물질층(30)의 전 영역이 하부 전극층(40)과 수직적으로 중첩할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 하부 전극층(40)의 두께(t_2)는, 일 예로, 0nm보다 크고, 300nm 이하일 수 있다. 하부 전극층(40)의 두께(t_2)가 300nm 이하로 제공됨으로써, 후술되는 분석 방법에서 현미경의 전자빔이 하부 전극층(40)을 투과할 수 있다.
- [0019] 상부 전극층(50)이 타겟 물질층(30) 상에 위치할 수 있다. 타겟 물질층(30)의 적어도 일부는 상부 전극층(50)과 수직적으로 중첩할 수 있다. 일 예로, 도 3a에 도시된 바와 같이, 타겟 물질층(30)의 전 영역이 상부 전극층(50)과 수직적으로 중첩할 수 있다. 상부 전극층(50)의 두께(t_6)는, 일 예로, 0nm보다 크고, 300nm 이하일 수 있다. 상부 전극층(50)의 두께(t_6)가 300nm 이하로 제공됨으로써, 후술되는 분석 방법에서 현미경의 전자빔이 상부 전극층(50)을 투과할 수 있다.
- [0020] 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)은 도전성 물질을 포함할 수 있다. 일 예로, 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50) 각각은 도전성 그래파이트(graphite)를 포함할 수 있다. 다른 예로, 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50) 각각은 도전성 금속물질(예를 들어, 구리, 알루미늄, 금, 은, 티타늄 또는 텅스텐 등)을 포함할 수 있다. 일 예로, 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50) 각각은 단결정 물질 및 비정질 물질 중 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)은 서로 동일한 물질을 포함할 수 있고, 또는 서로 다른 물질을 포함할 수 있다.
- [0021] 일 예로, 하부 절연층(45)이 하부 전극층(40)과 타겟 물질층(30)의 사이에 개재될 수 있고, 상부 절연층(55)이 상부 전극층(50)과 타겟 물질층(30)의 사이에 개재될 수 있다. 하부 절연층(45)은 하부 전극층(40)과 타겟 물질층(30)을 서로 이격시킬 수 있고, 상부 절연층(55)은 상부 전극층(50)과 타겟 물질층(30)을 서로 이격시킬 수 있다. 하부 절연층(45)은 하부 전극층(40)과 타겟 물질층(30)을 전기적으로 서로 절연시킬 수 있고, 상부 절연층(55)은 상부 전극층(50)과 타겟 물질층(30)을 전기적으로 서로 절연시킬 수 있다. 하부 절연층(45) 및 상부 절연층(55) 각각은 절연 물질을 포함할 수 있다. 일 예로, 하부 절연층(45) 및 상부 절연층(55) 각각은 육방정계 질화붕소(h-BN, Hexagonal Boron Nitride)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 예로, 하부 절연층(45) 및 상부 절연층(55)은 단결정 물질 및 비정질 물질 중 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 하부 절연층(45) 및 상부 절연층(55)은 서로 동일한 물질을 포함할 수 있고, 또는 서로 다른 물질을 포함할 수 있다.
- [0022] 하부 절연층(45)의 두께(t_3) 및 상부 절연층(55)의 두께(t_5) 각각은, 일 예로, 0nm보다 크고, 300nm 이하일 수 있다. 하부 절연층(45)의 두께(t_3) 및 상부 절연층(55)의 두께(t_5)가 300nm 이하로 제공됨으로써, 후술되는 분석 방법에서 현미경의 전자빔이 하부 절연층(45) 및 상부 절연층(55)을 투과할 수 있다.
- [0023] 배선 패턴(60)이 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에 전기적으로 연결될 수 있다. 일 예로, 배선 패턴(60)은 하부 플레이트(10)(예를 들어, 상부 플레이트(20)에 의해 덮이지 않은 하부 플레이트(10)의 일부) 상에 위치할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 예로, 배선 패턴(60)은 연결부(70)에 의해 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에 전기적으로 연결될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 다른 예로, 배선 패턴(60)은 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에 직접 접할 수 있고, 전기적으로 연결될 수 있다. 배선 패턴(60)은 복수의 도전

라인들을 포함할 수 있다. 배선 패턴(60) 및 연결부(70) 각각은 도전성 물질을 포함할 수 있다.

- [0024] 배선 패턴(60)에 전압을 인가함으로써 하부 전극층(50) 및 상부 전극층(60) 간의 전위차가 발생할 수 있고, 그 결과, 타겟 물질층(30)에 전기장이 가해질 수 있다. 일 예로, 상기 전기장에 의해 타겟 물질층(30) 내 분극 상태가 변할 수 있고, 이로 인해 타겟 물질층(30)의 도메인 구조가 변할 수 있다. 후술하는 분석 방법을 통해, 전기장에 따른 타겟 물질층(30)의 도메인 구조 변화가 실시간으로 관찰될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 개념에 따르면, 시편(1)이 후술하는 분석 방법을 통해 관찰되는 경우, 타겟 물질층(30)이 시편(1)의 적층 구조 내부에 위치함에도 불구하고, 타겟 물질층(30)의 도메인 구조가 분석될 수 있다. 다시 말해, 타겟 물질층(30)이 z 방향으로 적층된 시편(1)에 제공됨에도 불구하고, 타겟 물질층(30)의 x-y 평면에 대한 도메인 구조가 분석될 수 있다. 이 때, z 방향은 x-y 평면에 교차하는(일 예로, 수직하는) 방향이다. 또한, 타겟 물질층(30)의 구조 변화를 관찰하기 위해, x-z 평면 또는 y-z 평면으로 타겟 물질층(30)을 절단이 요구되지 않는다. 결과적으로, 적층 방향(즉, z 방향)에 교차하는 x-y 평면의 연장 방향을 따라, 타겟 물질층(30)을 비파괴적인 방식으로 분석할 수 있다.
- [0026] 도 3b를 참조하면, 시편(1)은 도 3a의 하부 절연층(45) 및 상부 절연층(55)을 포함하지 않을 수 있다. 즉, 타겟 물질층(30)의 하면에 하부 전극층(40)이 접할 수 있고, 타겟 물질층(30)의 상면에 상부 전극층(50)이 접할 수 있다. 도시되지 않았지만, 시편(1)은 도 3a의 하부 절연층(45) 및 상부 절연층(55) 중 어느 하나만 포함할 수 있다.
- [0028] 도 4 내지 도 7는 본 발명의 일 실시예에 따른 시편을 나타내기 위한 도면들로, 도 4 및 도 6은 본 발명의 일 실시예들에 따른 시편의 평면도들이고, 도 5 및 도 7은 각각 도 4 및 도 6의 A-A' 선에 대응하는 단면도들이다. 설명의 간소화를 위해, 도 1 내지 도 3b를 참조하여 설명한 내용과 중복되는 내용의 설명은 생략하고, 차이점을 위주로 설명한다.
- [0029] 도 4 및 도 5를 참조하면, 상부 플레이트(20)는 그 내부를 관통하는 상부 개구부(22)를 포함할 수 있다. 상부 개구부(22)는 상부 플레이트(20)의 상면으로부터 하면까지 연장되는 빈 공간일 수 있고, 복수 개로 제공될 수 있다. 상부 개구부(22)는 하부 개구부(12) 및 타겟 물질층(30)과 수직적으로 중첩할 수 있다. 일 예로, 상부 개구부(22)는 하부 전극층(40)의 하면을 외부로 노출시킬 수 있다.
- [0030] 후술하는 분석 방법에서, 전자빔이 상부 플레이트(20)를 투과할 수 있고, 일 예로, 상부 플레이트(20)의 상부 개구부(22)를 통과할 수 있다. 상부 개구부(22)가 전자빔의 경로에 위치함으로써, 상부 플레이트(20)로 인한 전자빔의 반사 또는 회절이 최소화될 수 있다. 그 결과, 현미경을 이용한 관찰 시, 분석하고자 하는 타겟 물질층(30)의 이미지를 더욱 용이하게 얻을 수 있다.
- [0031] 도 6 및 도 7을 참조하면, 타겟 물질층(30)의 일부가 상부 전극층(50)과 수직적으로 중첩할 수 있다. 타겟 물질층(30)의 다른 일부는 상부 전극층(50)과 수직적으로 중첩하지 않을 수 있다. 일 예로, 타겟 물질층(30)의 상면의 일부가 상부 전극층(50)에 의해 덮일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상부 절연층(55)이 상부 전극층(50)과 타겟 물질층(30)의 사이에 개재될 수 있다. 일 예로, 상부 절연층(55)의 전 영역이 상부 전극층(50)과 타겟 물질층(30)의 사이에 개재될 수 있다. 다른 예로, 도시되지 않았지만, 상부 절연층(55)의 일부가 상부 전극층(50)과 타겟 물질층(30)의 사이에 개재될 수 있고, 상부 절연층(55)의 다른 일부는 상부 전극층(50)과 타겟 물질층(30)의 사이에 개재되지 않을 수 있다.
- [0032] 후술하는 분석 방법에서, 전자빔이 타겟 물질층(30)을 투과할 수 있다. 일 예로, 전자빔은 타겟 물질층(30) 중 상부 전극층(50)과 수직적으로 중첩하지 않는 영역을 투과할 수 있다. 이로 인해, 상부 전극층(50)으로 인한 전자빔의 반사 또는 회절이 최소화될 수 있다. 그 결과, 현미경을 이용한 관찰 시, 분석하고자 하는 타겟 물질층(30)의 이미지를 더욱 용이하게 얻을 수 있다.
- [0033] 다만, 본 발명의 개념은 전술한 실시예들 각각에만 한정되지 않는다. 본 발명의 개념은 도 1 내지 도 7을 참조하여 설명한 실시예들 각각의 특징 중 일부 또는 전부가 조합된 실시예들을 포함할 수 있다.
- [0035] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 방법을 설명하기 위한 현미경의 개략적인 모식도이다. 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 이하에서, 현미경을 통해 도 1 내지 도 7을 참조하여 설명한 시편을 관찰하는 분

석 방법에 대하여 설명한다. 설명의 간소화를 위해, 앞서 설명한 내용과 중복되는 내용의 설명은 생략하고, 차이점을 위주로 설명한다.

- [0036] 도 8 및 도 9를 참조하면, 시편(1)이 현미경 내에 위치할 수 있다(S10). 시편(1)은 도 1 내지 도 7을 참조하여 설명한 시편(1)과 실질적으로 동일할 수 있다. 현미경은 전자총(2), 집광 렌즈들(3, 4), 대물 렌즈(5), 초점면(6) 및 이미지 스크린(7)을 포함할 수 있다.
- [0037] 전자총(2)이 전자빔을 발생시킬 수 있고, 전자빔은 시편(1)을 투과할 수 있다(S20). 보다 자세하게는, 전자총(2)에 전압을 인가함으로써 전자가 가속될 수 있고, 초기 전자빔(IE)이 발생될 수 있다. 전자총(2)에 인가되는 전압은 2MV 이하일 수 있다. 전자총(2)에서 발생된 초기 전자빔(IE)은 집광 렌즈들(3, 4)을 거쳐 시편(1)으로 향할 수 있다. 집광 렌즈들(3, 4)은 초기 전자빔(IE)이 시편(1)을 향하도록 초기 전자빔(IE)을 모을 수 있다.
- [0038] 초기 전자빔(IE)은 시편(1)의 각 층을 차례로 투과할 수 있다. 일 예로, 도 3a의 시편(1)이 제공되는 경우, 초기 전자빔(IE)은 상부 전극층(50), 상부 절연층(55), 타겟 물질층(30), 하부 절연층(45), 하부 전극층(40), 상부 플레이트(20) 및 하부 플레이트(10)를 차례로 투과할 수 있다. 이 때, 초기 전자빔(IE)은 하부 플레이트(10)의 하부 개구부(12)를 투과할 수 있다. 다른 예로, 도 3b의 시편(1)이 제공되는 경우, 초기 전자빔(IE)은 상부 전극층(50), 타겟 물질층(30), 하부 전극층(40), 상부 플레이트(20) 및 하부 플레이트(10)를 차례로 투과할 수 있다. 또 다른 예로, 도 7의 시편(1)이 제공되는 경우, 초기 전자빔(IE)은 타겟 물질층(30), 하부 절연층(45), 하부 전극층(40), 상부 플레이트(20) 및 하부 플레이트(10)를 차례로 투과할 수 있다. 이 때, 초기 전자빔(IE)은 상부 플레이트(20)의 상부 개구부(22)를 투과할 수 있다.
- [0039] 초기 전자빔(IE)은 시편(1)을 투과하며 회절될 수 있다. 초기 전자빔(IE)은 시편의 각 층에 포함된 물질에 의해 회절될 수 있다. 일 예로, 초기 전자빔(IE) 중 적어도 일부가 시편의 각 층에 포함된 물질에 의해 회절될 수 있다. 초기 전자빔(IE)이 시편(1)을 투과한 뒤, 투과된 전자빔 중 적어도 일부는 회절을 일으키는 시편(1) 내 각 층의 물질에 따라 복수의 회절 전자빔들(DE1, DE2, DE3)로 나뉠 수 있다. 회절 전자빔들(DE1, DE2, DE3)의 수는 제한되지 않으나, 설명의 편의를 위해 이하에서 제1 내지 제3 회절 전자빔들(DE1, DE2, DE3)을 정의하여 설명한다. 일 예로, 제1 회절 전자빔(DE1)은 타겟 물질층(30)에 의해 서로 동일한 방향으로 회절된 전자빔들일 수 있다. 다른 예로, 제2 회절 전자빔(DE2)은 타겟 물질층(30) 이외의 층(예를 들어, 하부 전극층(40) 등)에 의해 서로 동일한 방향으로 회절된 전자빔들일 수 있고, 제2 회절 전자빔(DE2)이 회절된 방향은 제1 회절 전자빔(DE1)이 회절된 방향과 다를 수 있다. 또 다른 예로, 제3 회절 전자빔(DE3)은 타겟 물질층(30) 이외의 층(예를 들어, 상부 전극층(50) 등)에 의해 서로 동일한 방향으로 회절된 전자빔들일 수 있고, 제3 회절 전자빔(DE3)이 회절된 방향은 제1 및 제2 회절 전자빔들(DE1, DE2)이 회절된 방향들과 다를 수 있다. 타겟 물질층(30)을 관찰하고자 하는 경우, 제1 회절 전자빔(DE1)에 대한 분석이 요구된다. 이에 따라, 타겟 물질층(30)을 관찰하기 위해서 제2 및 제3 회절 전자빔들(DE2, DE3)에 대한 필터링 작업이 요구될 수 있다.
- [0040] 이후, 투과된 전자빔 중 회절 전자빔들(DE1, DE2, DE3)로부터 타겟 물질층(30)의 분석 정보가 획득될 수 있다(S30). 일 예로, 회절 전자빔들(DE1, DE2, DE3)에 대한 필터링 작업이 진행될 수 있다.
- [0041] 일 예로, 보다 자세하게는, 대물렌즈(5)는 제1 내지 제3 회절 전자빔들(DE1, DE2, DE3) 각각을 초점면(6)의 동일한 영역들로 모을 수 있다. 일 예로, 제1 회절 전자빔(DE1)을 구성하는 전자빔들이 초점면(6)의 일 영역으로 모일 수 있다. 마찬가지로, 제2 회절 전자빔(DE2)을 구성하는 전자빔들이 초점면(6)의 다른 영역으로 모일 수 있고, 제3 회절 전자빔(DE3)을 구성하는 전자빔들이 초점면(6)의 또 다른 영역으로 모일 수 있다.
- [0042] 초점면(6)은 회절 개구부(6a)를 포함할 수 있고, 회절 개구부(6a)는 복수 개로 제공될 수 있다. 이 때, 분석이 요구되는 제1 회절 전자빔(DE1)은 초점면(6)의 회절 개구부(6a)에 모일 수 있다. 제1 회절 전자빔(DE1)은 회절 개구부(6a)를 통해 초점면(6)을 통과할 수 있다. 제2 및 제3 회절 전자빔들(DE2, DE3)은 초점면(6)의 회절 개구부(6a) 외의 영역으로 모일 수 있다. 제2 및 제3 회절 전자빔들(DE2, DE3)은 초점면(6)을 통과하지 못할 수 있다. 이에 따라, 복수의 회절 전자빔들(DE1, DE2, DE3) 중 제1 회절 전자빔(DE1)만이 초점면(6)을 통과하여 이미지 스크린(7)을 향할 수 있다. 이미지 스크린(7)에 형성되는 제1 회절 전자빔(DE1)의 회절패턴으로부터 타겟 물질층(30)의 정보가 분석될 수 있다.
- [0043] 다만, 본 발명의 개념은 위의 필터링 방법에 제한되지 않으며, 통상의 기술자가 용이하게 변형할 수 있는 범위 내에서, 다양한 필터링 방법이 제한 없이 사용될 수 있다.
- [0044] 도 9 및 도 10을 참조하면, 하나의 시편(1)에 대해, 전자빔의 조사(S20) 및 분석 정보의 획득(S30)이 반복적으로 수행될 수 있다. 이를 통해, 타겟 물질층(30)의 분석 정보가 복수 회 획득될 수 있다. 예를 들어, 전자빔의

조사(S20) 및 분석 정보의 획득(S30)의 반복에 있어, 시편(1) 내(일 예로, 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)) 전압의 인가가 더 수행될 수 있다(S40).

[0045] 일 예로, 전자빔의 조사(S20) 및 분석 정보의 획득(S30)의 반복에 있어, 시편(1)의 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에 지속적으로 전압이 인가될 수 있다. 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에 인가되는 전압은 시간에 따라 크기 및 방향이 변할 수 있다. 이에 따라, 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에서 형성되는 전기장으로 인해 타겟 물질층(30)의 도메인 구조가 연속적으로 변할 수 있고, 타겟 물질층(30)의 도메인 구조 변화가 실시간으로 분석될 수 있다.

[0046] 다른 예로, 전자빔의 조사(S20) 및 분석 정보의 획득(S30)의 반복에 있어, 시편(1)의 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에 불연속적으로 전압이 인가될 수 있다. 일 예로, 분석 정보의 획득(S30) 이후 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에 전압이 일시적으로 인가될 수 있고, 다시 전자빔을 조사(S20)하기 전에 전압이 제거될 수 있다. 이에 따라, 하부 전극층(40) 및 상부 전극층(50)에서 형성되는 전기장으로 인해 타겟 물질층(30)의 도메인 구조가 변할 수 있고, 타겟 물질층(30)의 도메인 구조 변화가 분석될 수 있다.

[0047] 본 발명의 개념에 따르면, z 방향에 대한 전기장이 발생될 때, x - y 평면에 대한 타겟 물질층(30)의 도메인 구조 변화가 실시간으로 분석될 수 있다. 그 결과, 반도체 장치 등의 실제 구동 환경 하에서의 실시간 구조 변화 등에 대한 분석이 용이할 수 있다.

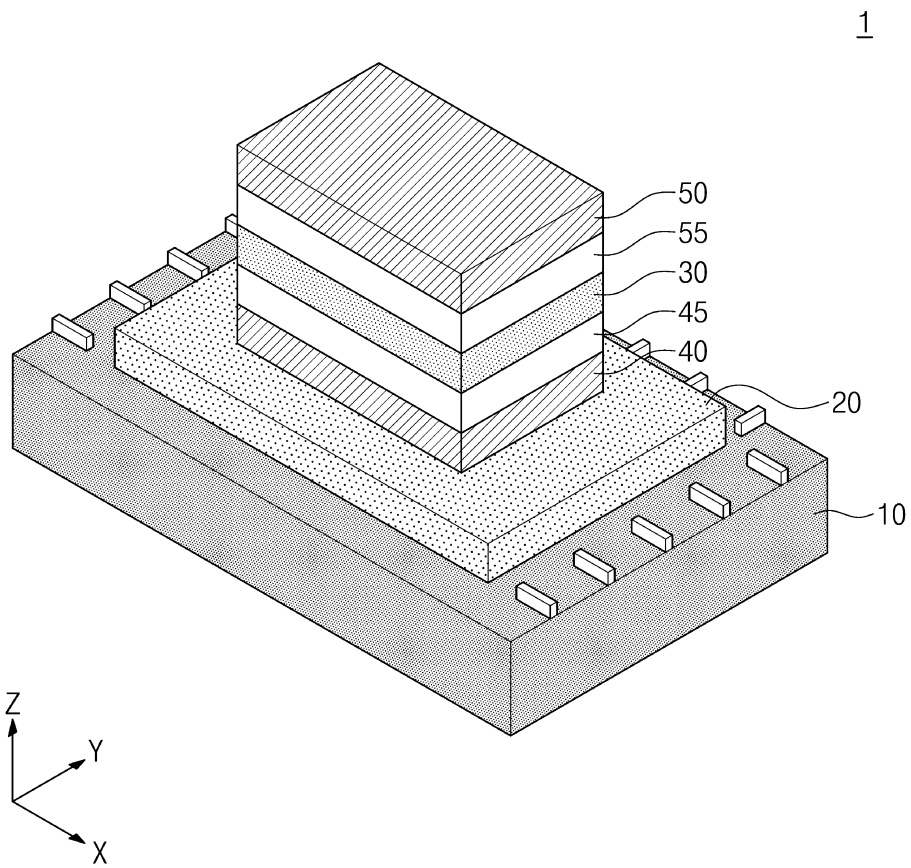
[0049] 본 발명의 실시예들에 대한 이상의 설명은 본 발명의 설명을 위한 예시를 제공한다. 따라서 본 발명은 이상의 실시예들에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당해 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의하여 상기 실시예들을 조합하여 실시하는 등 여러 가지 많은 수정 및 변경이 가능함은 명백하다.

부호의 설명

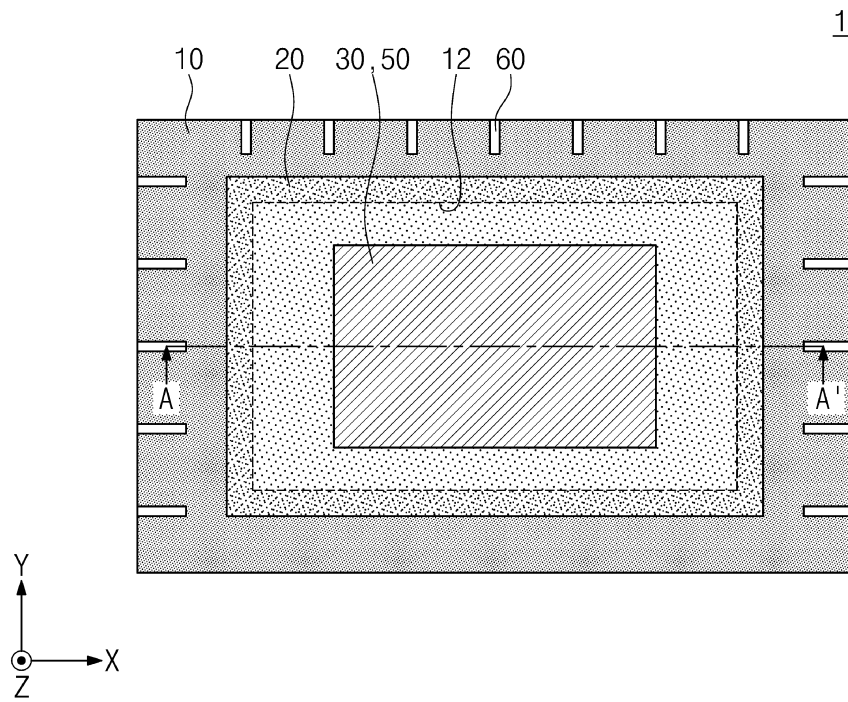
[0050] 10: 하부 플레이트 20: 상부 플레이트
30: 타겟 물질층 40: 하부 전극층
50: 상부 전극층

도면

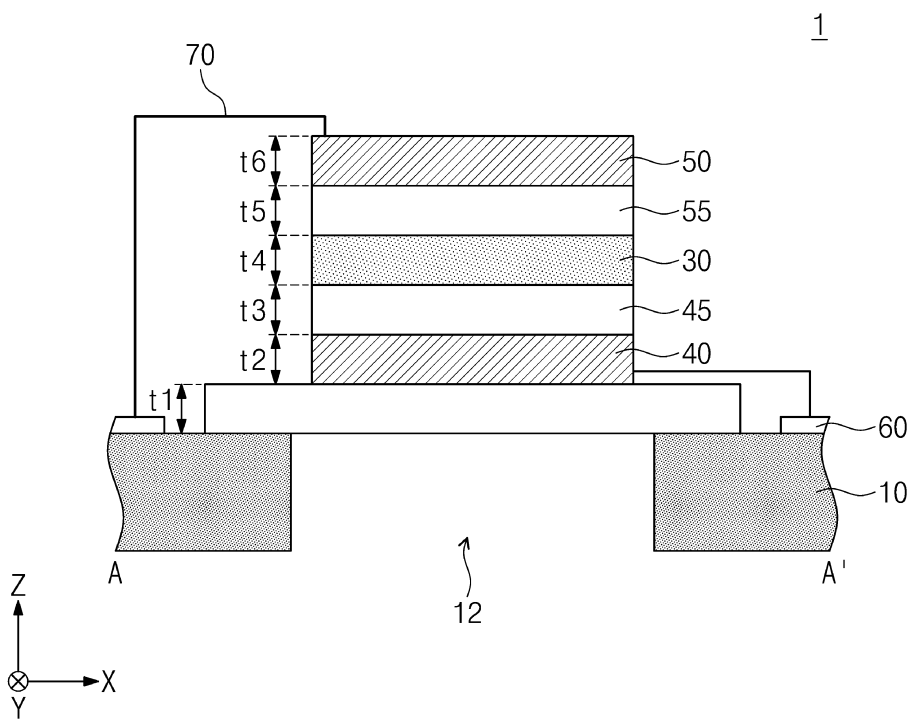
도면1



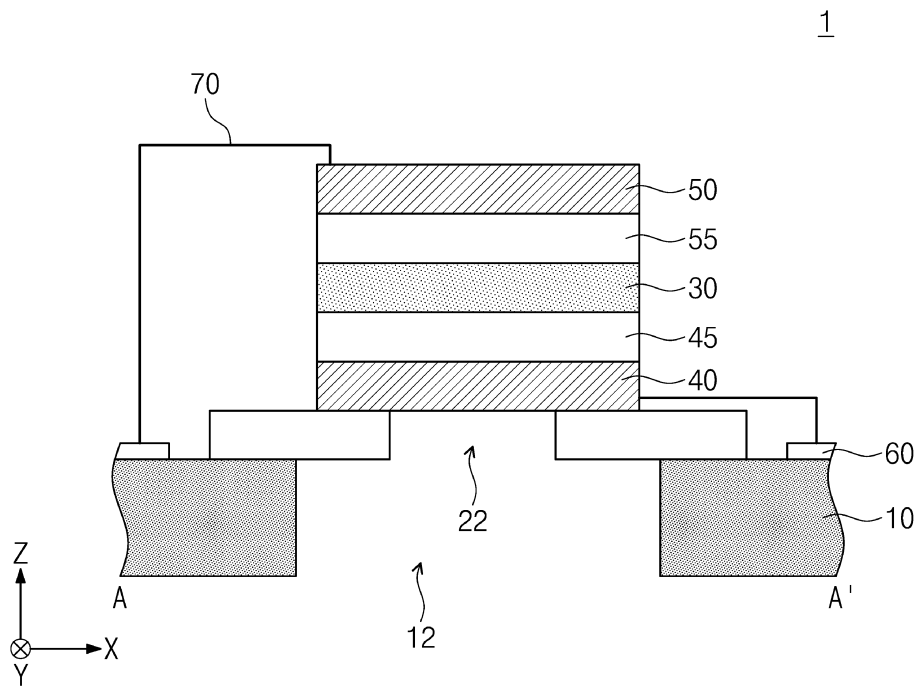
도면2



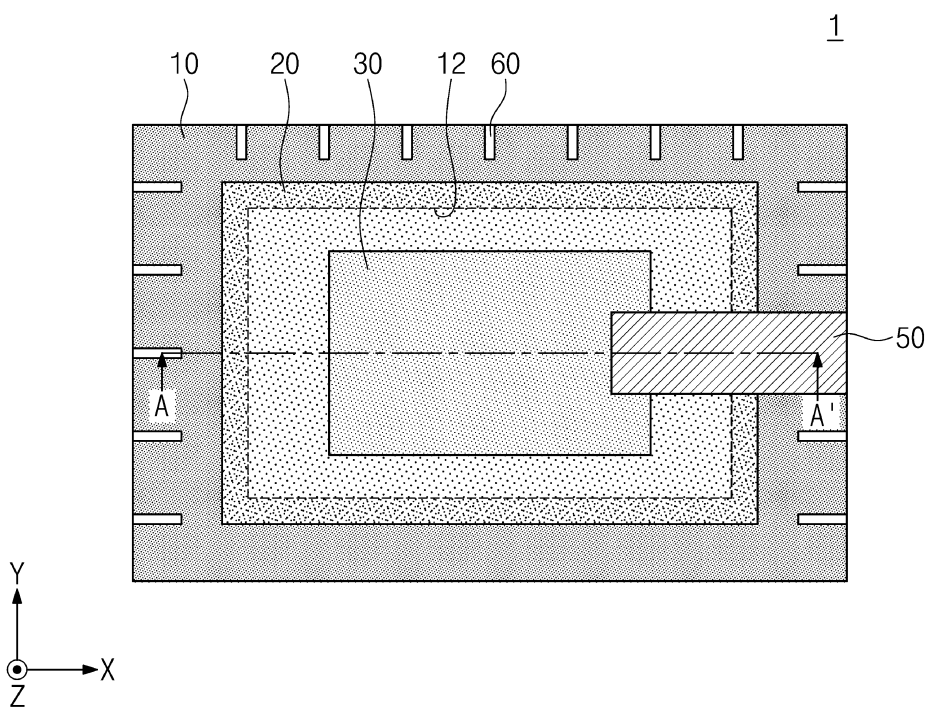
도면3a



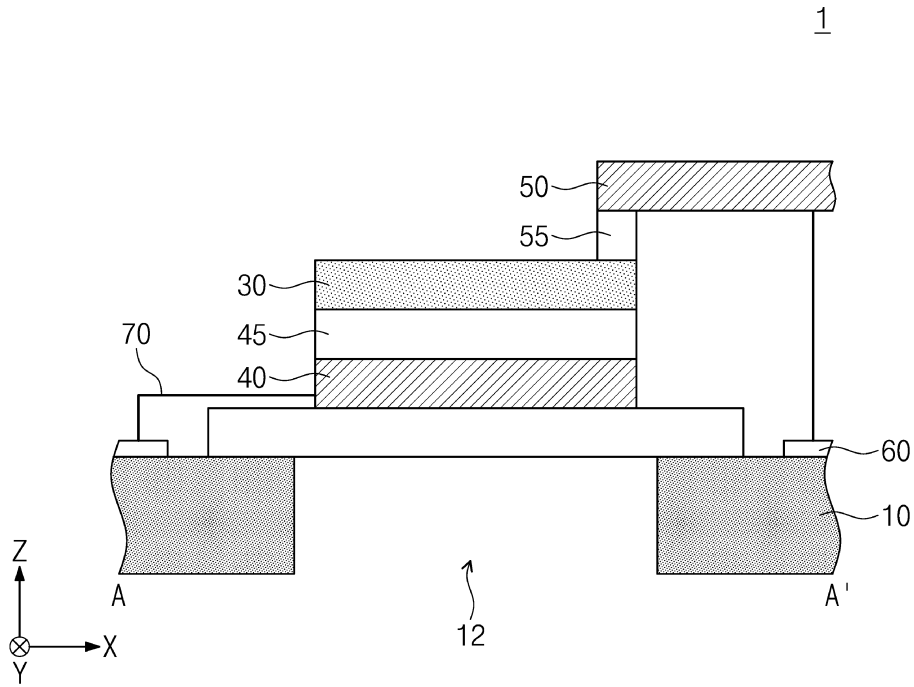
도면5



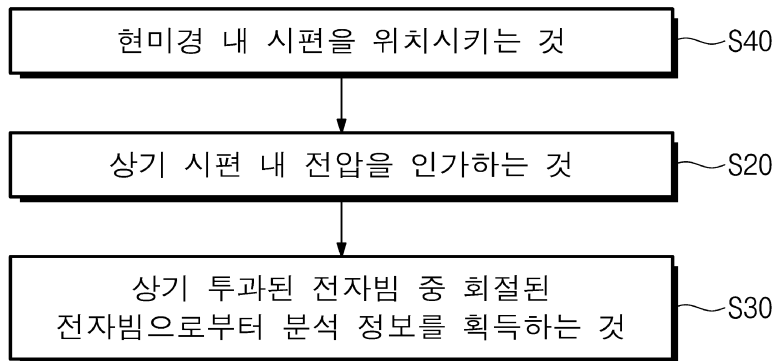
도면6



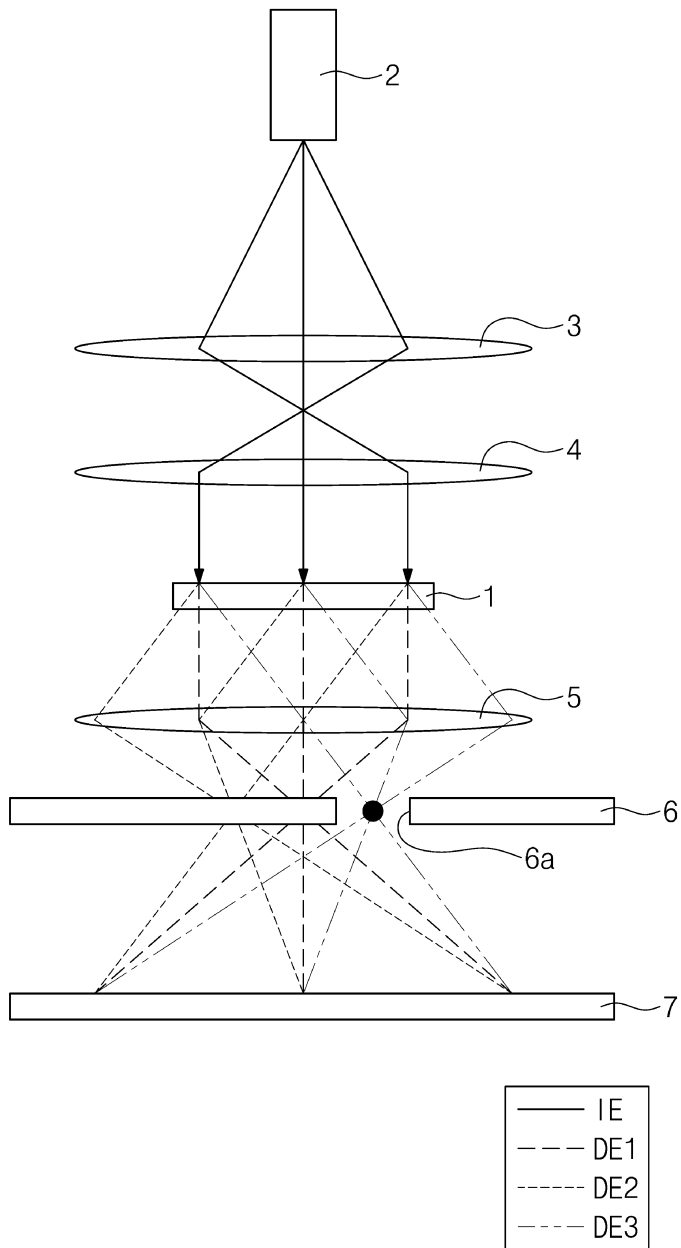
도면7



도면8



도면9



도면10

