

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁷ H01L 29/78	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2005년06월23일 10-0497051 2005년06월15일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2002-0034550 2002년06월20일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2003-0001270 2003년01월06일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장 JP-P-2001-00190277 2001년06월22일 일본(JP)

(73) 특허권자 샤프 가부시기가이샤
일본 오사카후 오사카시 아베노구 나가이계조 22방 22고

후지오 마사오카
일본 미야기 981-0923 센다이시 아오바쿠 히가시카츠야마 2-33-18

(72) 발명자 엔도테츠오
일본미야기981-1245나토리시유리가오카5초메8-6

후지오 마사오카
일본 미야기 981-0923 센다이시 아오바쿠 히가시카츠야마 2-33-18

타케우치노보루
일본히로시마721-0907후쿠야마시카수가초2537-111

타니가미타쿠지
일본히로시마720-0082후쿠야마시키노쇼초1초메3-10-301

요코야마타카시
일본미야기984-0012센다이시와카바야시쿠로쿠초노메나카마치17-6

(74) 대리인 백덕열
이태희

심사관 : 임동우

(54) 반도체 기관 특성의 면 방위 의존성 평가방법 및 이를이용한 반도체 장치

요약

반도체 기관의 면 방위 의존성 평가 방법은 : 면 방위 (100)를 가진 반도체 기관 상에 하드 마스크를 형성하는 단계; 소정 결정 방위로 배향된 면을 얻도록 상기 하드 마스크를 마스크로서 이용하여 상기 반도체 기관을 이방성 에칭하는 단계; 및 상기 소정 결정 방위로 배향된 상기 면의 적어도 일부를 이용하여 상기 반도체 기관의 특성의 면 방위 의존성을 평가하는 단계를 포함한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도1은 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이다.

도2는 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이다.

도3은 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이다.

도4a 및 도4b는 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이고, 도4b는 도4a의 X1-X1'선에 따른 단면도이다.

도5a 내지 도5c는 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이고, 도5b는 도5a의 X1-X1'선에 따른 단면도이며, 도5c는 도5a의 X2-X2'선에 따른 단면도이다.

도6은 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 다른 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이다.

도7은 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 다른 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이다.

도8a 내지 도8c는 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 다른 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이고, 도8b는 도8a의 X3-X3'선에 따른 단면도이며, 도8c는 도8a의 X2-X2'선에 따른 단면도이다.

도9는 본 발명에 의한 실리콘웨이퍼와 포토마스크를 정렬시키는 방법을 설명하는 평면도이다.

도10은 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 또 다른 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이다.

도11은 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 또 다른 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이다.

도12a 내지 도12d는 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이고, 도12b는 도12a의 X4-X4'선에 따른 단면도이며, 도12c 및 도12d는 도12a의 X5-X5'선에 따른 단면도이다.

도13은 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 또 다른 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이다.

도14a 또는 도14b는 본 발명에 의한 면 방위 평가방법의 실시예를 나타내는 반도체장치의 주요부의 개략적인 단면도이고, 도14b는 도14a의 X6-X6'선에 따른 단면도이다.

도15는 본 발명에 의한 반도체기판의 면 방위 평가방법에 사용되는 반도체기판의 평면도이다.

도16은 종래 반도체장치의 구조를 나타낸 단면도이다.

도17은 실리콘웨이퍼를 포토마스크와 정합시키는 종래의 방법을 설명하는 도면이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 면 방위에 대한 반도체 기판 특성의 의존성(이하, "면 방위 의존성"이라 함)을 평가하는 방법 및 상기 방법을 이용하여 제조된 반도체 장치에 관한 것이다.

상기 면 방위는 열산화 속도, 에칭 속도, 전자 이동도 등을 포함하는 결정성 반도체(즉, 실리콘 등) 기판의 물리적 특성에서 중요한 요소이다. 특히, 면 방위는 열산화 속도, 즉 실리콘 기판의 표면에 형성된 열산화막에 대한 성장 속도에 큰 영향을 미친다. 열산화 속도는 면 방위 (100)을 갖는 실리콘 기판의 표면에서 가장 느리고, 면 방위 (111)을 갖는 표면에서 더 빠르며, 면 방위 (110)을 갖는 표면에서 더 빠르다. 따라서, 열산화막들의 두께는 동일한 면 방위를 갖는 표면들에 형성되지 않으면 일정하지 않다.

게이트 산화막이 공지된 MOSFET 등의 실리콘웨이퍼의 표면에만 형성되어 있는 경우에는 문제가 없다. 그러나, 게이트 산화막이 3차원적으로 배치되어 있는 소자, 예컨대 도16에 도시된 트렌치형 버티컬 과워 MOSFET에서는, 균일한 두께의 게이트 산화막을 얻는 것이 중요하다. 따라서, 절연 전압이 감소하는 영역을 피하기 위해, 기판상의 요소들(칩들)의 배치를 고려함으로써 게이트 산화막들을 형성한 영역들의 모든 면 방위들을 매치시키려는 시도가 이루어지고 있다(일본 공개특허 공보 제98-154810호).

상기로부터 알 수 있는 바와 같이, 기판 자체의 면 방위를 결정하고 장치를 제조하기 전에 면 방위 의존성을 평가하는 것은 중요하다.

기판의 면 방위 의존성을 평가하기 위한 종래의 대중적인 방법중 하나는 다음과 같다. 면 방위가 상이한 웨이퍼들을, 다양한 면 방위를 갖는 실리콘 잉곳(ingot)으로부터 제거하여 준비한다. 상기 웨이퍼들을 실제로 각각 열산화하여, 열산화 속도에 의해 면 방위 의존성을 평가한다.

그러나, 상기 방법은, 불순물 농도 등이 명세서에 있지만 다수의 잉곳에서 상이할 수 있는 문제를 수반한다. 이에 의해 열산화 속도가 상이해지기 때문에, 상기 방법은 면 방위 의존성을 정확하게 평가하기 어렵다.

기판의 면 방위를 결정하기 위한 또 다른 종래의 대중적인 방법은 다음과 같다. 반도체 장치의 제조시, 마스크 얼라인먼트용 기준 패턴을 미리 형성한 후, 포토마스크 얼라인먼트용 마스크 패턴을 상기 기준 패턴에 매치시킨다. 상기 기준 패턴은 방위면(orientation flat) 또는 웨이퍼의 노치(notch)(실리콘웨이퍼의 외주부에 형성된 V자형 절단부)에 기초하여 형성된다. 방위면 또는 노치는, 웨이퍼 제조시 결정 방위를 따라 웨이퍼의 외주부의 일부를 절단함으로써 노미널(nominal) 기준 평면을 제공하도록 형성된다.

면 (100)을 갖는 실리콘웨이퍼상에 형성된 방위면은 노미널 평면 (110)을 제공한다. 실리콘웨이퍼의 면 (100)과 방위면 (110) 사이의 예지, 즉 코너는 방위 <110>을 갖는다. 상기 방위들은 일반적으로 실제 결정 방위에 대해 대략 플러스 또는 마이너스 2도의 마진을 갖는 정밀도를 나타낸다.

즉, 방위면이 포토마스크의 마스크 패턴과 정확히 위치정합되더라도, 포토마스크 얼라인먼트용 마스크 패턴과 실제 결정 방위 사이에는 실제로 최대 2°의 편차가 발생할 수 있다. 따라서, 편차의 양이 모든 실리콘웨이퍼마다 변하기 때문에 기판의 면 방위는 정확히 결정될 수 없다.

이러한 위치 편차를 제거하기 위해, 일본 공개특허공보 제1995-283117호에는 고정밀도로 결정학적 실리콘웨이퍼의 기준 방위를 결정하는 포토마스크 얼라인먼트 방법이 개시되어 있다. 이 방법은 결정 방위의 얼라인먼트용 기준으로서 방위면의 커트라인을 사용하지 않고 다른 수단을 사용한다. 상기 방법을, 도17을 참조하여 설명한다.

우선, 실리콘 산화막(72)이 면 (100)을 갖는 실리콘웨이퍼상에 에칭 마스크층으로서 형성된다. 그 후, 2개의 원형 개구(70,71)가 실리콘 산화막(72)상의 서로 이격된 위치에 형성된다. 상기 원형 개구(70,71)는, 개구(70,71)의 중심을 연결하는 일직선이 실리콘웨이퍼의 노미널 방위 <110>을 나타내는 방위면과 대략 평행하도록 형성된다.

그 후, 이와 같이 형성된 실리콘웨이퍼는 수산화칼륨(KOH) 용액 등의 알칼리 용액으로 등방성에칭된다. 이에 의해, 실리콘웨이퍼는 실리콘 산화막(72)상의 원형 개구(70,71)로부터 에칭되어, 중심이 상기 원형 개구(70 또는 71)인 사각피라미드 형상을 각각 갖는 에치 피트(74,75)가 실리콘웨이퍼의 표면에 형성된다(도17a). 상기 에치 피트(74,75)는 실리콘웨이퍼의 표면에 방위 <110>의 4개의 사이드를 갖는 정사각형이다.

이어서, 실리콘웨이퍼의 실제 방위 <110>을 얻기 위해 포토마스크(78)를 준비한다. 상기 포토마스크(78)에는, 도17b에 도시된 바와 같이, 마스크 얼라인먼트용 마크 라인을 제공하기 위해 다음과 같이 배치된 정사각 윈도우(76)와 직사각 윈도우(77)가 제공된다. 상기 윈도우(76,77)는 상기 개구(70,71)와 같이 서로 이격되어 있고 평행 관계로 배치되어 있다. 윈도우(76,77)의 짧은 사이드는 에치 피트(74,75)의 사이드보다 더 작다.

상기 포토마스크(78)는 에치 피트(74,75)를 갖는 실리콘웨이퍼상에 배치정렬된다. 도17c에 도시된 바와 같이, 에치 피트(74,75)의 사이드가 윈도우(76,77)의 사이드와 평행하도록 얼라인먼트가 행해진다. 이에 의해 마스크 얼라인먼트용 마크 라인이 참조부호 80으로 나타난 실리콘웨이퍼의 실제 방위 <110>을 향하게 된다.

상기 방법에서, 알칼리 용액을 사용한 등방성에칭에 의해 실리콘 산화막(72)상의 원형 개구(70,71)에 대해서만 방위 <110>으로 배향된 표면들이 생성되어 포토마스크가 정확한 위치에서 정합되더라도, 상기 얼라인먼트는 위치 얼라인먼트 패턴, 즉 원형 개구(70,71)에 대해서만 얻어진다. 매 샷(shot)마다 (실리콘 잉곳들에 의해) 변할 수 있는 실리콘의 잠재적인 변형 또는 휨을 고려하여 면 방위들이 매치되도록 요구되는 실제 장치용 패턴, 또는 면 방위 의존성을 평가하기 위한 패턴에 대해 이러한 얼라인먼트는 항상 정확하지는 않다. 즉, 포토마스크는 상기 방법에 의해 간접적인 방식으로만 정합된다.

상기된 프로세스에 의해 얻어진 웨이퍼는 면 방위 평가패턴 또는 실제 장치에 적용될 수 없다. 왜냐하면, 면 (100)을 갖는 실리콘웨이퍼는 수산화칼륨(KOH) 용액에서 에칭될 때, 면 (111)에서 용해도가 매우 느리기 때문에 면 (111)을 갖는 표면이 그대로 있기 때문이다. 따라서, 실리콘웨이퍼상에 형성된 에치 피트는 약 55°의 각도를 갖는 V자형 트렌치를 갖는다. 특히, 상기 에치피트들은 상기한 트렌치형 버티컬 파워 MOSFET의 제조시 트렌치 형성 프로세스에 적용될 수 없다. 실리콘 웨이퍼상에 버티컬 측벽을 갖는 트렌치 형상의 에치 피트를 형성하기 위해, 방위 (110)의 면을 갖는 특별한 실리콘웨이퍼가 사용되도록 요구된다. 이러한 특별한 실리콘웨이퍼를, 면 (100)을 갖는 메인스트림 실리콘웨이퍼에 대해 성립되는 프로세스 플로우에 적용하기가 어렵다.

이러한 상황에서, 기판의 하나 이상의 면 방위를 정확하고 용이하게 결정하고 단일의 프로세스에 의해 면 방위에 대한 기판 특성의 의존성을 평가하는 기술에 대한 요구가 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 면 방위 (100)를 가진 반도체 기판 상에 하드 마스크를 형성하는 단계;

소정 결정 방위로 배향된 면을 얻도록 상기 하드 마스크를 마스크로서 이용하여 상기 반도체 기판을 이방성 에칭하는 단계; 및

상기 소정 결정 방위로 배향된 상기 면의 적어도 일부를 이용하여 상기 반도체 기판의 특성의 면 방위 의존성을 평가하는 단계를 포함하는 반도체 기판의 면 방위 의존성 평가 방법을 제공한다.

또한, 본 발명은 결정학적 기준 방위로서 소정 결정 방위로 배향되는 반도체 기관의 면으로서, 면 방위 (100)를 가진 반도체 기관을 이방성 에칭하여 얻어지는 반도체 기관의 면을 이용하여 제조되는 반도체장치를 제공한다.

또한, 본 발명은 면 방위 (100)를 가진 반도체 기관 상에 하드 마스크를 형성하는 단계;

소정 결정 방위로 배향된 면을 가진 기둥 또는 트렌치를 얻도록 상기 하드 마스크를 마스크로서 이용하여 반도체 기관을 이방성 에칭하는 단계; 및

기준 패턴으로서 상기 기둥 또는 트렌치의 얻어진 면을 이용하여 포토마스크를 정합하는 단계를 포함하는 포토마스크 정합 방법을 제공한다.

본 출원의 상기 및 다른 목적은 이하 상세한 설명으로부터 보다 용이하게 명백해질 것이다. 그러나, 본 발명의 정신 및 범위 내에서 각종 변경 및 수정이 이 상세한 설명으로부터 당업자들에게 명확해지기 때문에, 상세한 설명 및 소정 예들은 본 발명의 바람직한 실시예들을 나타내는 것으로서, 단지 설명에 의한 것이라는 것을 이해해야 한다.

발명의 구성 및 작용

본 발명에서는, 우선, 면 방위 (100)을 갖는 반도체기관에 하드마스크가 형성된다.

본 발명에서 사용되는 반도체기관은 다이아몬드 결정구조를 갖는 것이 바람직하다. 이는, 다이아몬드 결정구조를 갖는 실리콘 재료에 의해 후술하는 효과가 얻어질 수 있다는 것이 실험적으로 확인되기 때문이다. 상기 효과는 실리콘 이외에 게르마늄, 다이아몬드 등의 동일한 다이아몬드 결정구조를 갖는 재료에 의해 얻어질 수도 있다.

반도체 기관은 불순물 확산층을 가질 수 있고, 또는 에피택셜 성장된 실리콘막을 가질 수도 있다. 또한, SOI 기관의 표면에 에피택셜 성장된 실리콘막을 가질 수 있고, SOI 기관으로서 절연막에 에피택셜 성장된 실리콘막을 가질 수 있다. 또한 반도체기관은 방위면 또는 노치를 가질 수 있다.

하드 마스크의 형상은 원형, 타원형, 또는 대칭 다각형일 수 있고, 원 또는 대칭 다각형인 것이 바람직하다. 예컨대, 대칭 다각형은 정8각형 정4각형, 직사각형 등이다. 하드 마스크는 사이즈(직경, 사이드의 길이, 대각선의 길이 등)가 수 nm에서 수 μm 이다. 하드 마스크가 이러한 형상이면, 다음 에칭은 균일하고 효과적으로 행해질 수 있다. 또한, 상기한 바와 같이 원형 또는 대칭 다각형의 윈도우(수 nm에서 수 μm 의 사이즈)를 갖는 하드마스크를 사용할 수 있다.

하드 마스크는 실리콘 산화막과 비정질 실리콘막의 적층막, 단일 실리콘 산화막 또는 단일 비정질 실리콘막으로 형성될 수 있다. 반도체 기관(즉, 실리콘기관)의 리액티브 이온 에칭에 의해 에칭되지 않거나 반도체 기관보다 느린 에칭속도를 갖는 임의의 재료는 하드마스크에 사용될 수 있다. 이러한 재료들의 예로서는, 단일 실리콘 질화막 또는 실리콘 질화막을 포함하는 적층막이 포함된다.

그 후, 반도체기관은 소정 결정 방위로 배향된 표면을 얻기 위해 마스크로서 하드 마스크를 사용하여 이방성 에칭된다.

반도체(예를 들어, 실리콘) 기둥 또는 트렌치를 형성할 때 이방성 에칭의 바람직한 에칭량은 하드 마스크의 사이즈의 적어도 수배의 깊이를 얻기 위한 정도이다. 이러한 에칭량은, 면 (100)이 상기 기둥 또는 트렌치의 하부에 나타나, 상기 하부가 실질적인 각주(prism)(이하, 설명의 편의상 각주이라 함)를 형성하는 것을 확실하게 한다. 따라서, 그 표면에 면 (100)을 갖는 각주 기둥 또는 트렌치는 면 방위의 평가에 확실히 사용될 수 있다.

예컨대, 원형 도트 패턴의 하드마스크가 면 (100)을 갖는 실리콘 기관에 형성된 후, 원주형(columnar) 실리콘 기둥이 리액티브 이온 에칭에 의해 형성된다. 상기 실리콘 기둥은 에칭량이 비교적 적은 경우에 하드마스크의 형상에 의해 원주 형상을 갖는다. 한편, 에칭량이 증가함에 따라, 면 (100)은 각주를 형성하는, 기둥의 하부에 나타난다.

따라서, 소정 결정 방위로 배향된 표면은 면 (100)을 갖는 표면인 것이 바람직하다. 이는, 소정 결정 방위로 배향된 표면이 면 (100)을 갖는다면, 즉, 면 (100)이 그 표면에 나타나는 각주 기둥을 사용하면, 각주의 코너는 면 (110)에 대응하기 때문이다. 이는, 반도체 기관의 특성인 면 방위 의존성 평가가, 면 (100)을 갖는 표면과 면 (110)을 갖는 표면에서 동시에 용이하게 관측될 수 있다는 점에서 효과적이다.

그러나, 에칭 방법과 조건을 설정함으로써 다른 면 방위를 제공할 수 있다.

다음, 소정 결정 방위에서 배향된 표면의 적어도 일부를 사용하여 면 방위 의존성을 평가한다.

여기서, "면 방위 의존성"이란 반도체기관의 물리적 특성이 면 방위에 따라 변하는 것을 의미한다. 예컨대, 열산화 속도, 에칭 속도, 전자 이동도 등은 면 방위에 의해 정의되고, 면 방위에 따라 변한다.

면 방위 의존성의 평가는, 예컨대, 면 (100)을 갖는 표면이 나타나는, 상기 얻어진 각주 형상의 기둥 상에 열산화막을 형성하고, 그 열산화막을 관찰함으로써 행해질 수 있다. 이에 의해, 면 (100)을 갖는 표면과 면 (110)을 갖는 표면에 형성된 열산화막이 동시에 용이하게 관측되기 때문에, 열산화 특성에 대해 면 방위 의존성이 평가된다.

본 발명의 평가방법에 의하면, 웨이퍼마다 상이할 수 있는, 불순물 내용, 결정 부족 밀도 등의 변동 또는 편차, 변형, 힘 등의 물리적 요소에 의해 영향을 받는 면 방위에 대한 기관특성의 의존성 평가를 웨이퍼마다 실시할 수도 있다.

본 발명의 반도체장치는, 소정 결정 기준 방위 또는 결정학적 기준 방위로서 소정 결정 방위로 배향된 표면의 적어도 일부를 사용함으로써, 보다 구체적으로는, 면 (100)을 갖는 표면이 웨이퍼의 결정학적 기준 방위를 정확하게 결정하도록 포토마스크 얼라인먼트용 기준으로서 나타나는 각주 기둥 또는 트렌치를 사용함으로써, 제조된 것일 수 있다.

리액티브 이온 에칭을 행하는 것에 이어, 원형 홀 패턴의 하드 마스크가 면 (100)을 갖는 반도체 기판에 형성되면, 원주형 트렌치가 형성된다. 에칭량이 증가함에 따라, 소정 결정 방위에서 배향된 표면이 트렌치의 하부에 나타나게 되어, 그것이 각주 형태로 된다. 트렌치의 상부에 있는 원주형 트렌치 영역은 에컨대, 공지된 CMP(chemical mechanical polishing)에 의해 제거되기 때문에, 장치에 적용되기 쉽고 서로 매치된 면 방위들을 갖는 트렌치 형상이 자기 정합적으로 얻어질 수 있다.

면 (100)의 표면을 갖는 각주 형상의 실리콘 기둥 또는 트렌치는 또한 반도체장치에 사용될 수 있다.

또한, 소정 결정 방위로 배향된 반도체기판의 표면이 반도체 기판에 형성된 기둥 또는 트렌치의 표면이면, 상기 기둥 또는 트렌치는 반도체장치의 일부, 예컨대 액티브 영역(채널, S/D 영역들, 불순물 확산층 등), 트렌치 장치 분리 영역 등에 사용될 수 있다.

본 발명의 다른 관점에서는, 포토마스크를 정합시키는 방법이 제공된다. 에컨대, 상기 방법은, 면 방위 (100)을 갖는 반도체기판에 하드마스크를 형성하는 단계; 소정 결정 방위로 배향된 표면을 갖는 기둥 또는 트렌치를 얻기 위해 마스크로서 하드마스크를 사용하여 상기 반도체 기판을 이방성에칭하는 단계; 및 상기 얻어진 기둥 또는 트렌치의 표면을 기준 패턴으로서 사용하여 포토마스크를 정합시키는 단계를 포함한다.

상기 방법을 수행하기 때문에, 2개의 기둥 또는 트렌치가 이방성에칭에 의해 각각 소정 결정 방위로 배향된 표면을 갖는 각주들의 형태로 얻어진다. 상기 2개의 기둥 또는 트렌치는 서로 분리된다.

본 발명을 사용한 포토마스크는 이격된 2개의 마크가 제공되는 패턴을 갖는다. 상기 2개의 마크는 평행 관계인 것이 바람직하고, 각각은 2쌍의평행한 사이드를 갖는다. 상기 포토마스크는 상기 기둥 또는 트렌치의 사이드와 평행하게 포토마스크의 마크의 사이드를 배치함으로써 정합된다. 이에 의해 포토마스크의 2개의 마크의 중심을 연결한 라인 또는 마크의 사이드와 평행한 라인은 결정학적 기준 방위, 즉 소정 결정 방위를 정확하게 나타낸다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 의한 면 방위 의존성 평가방법 및 상기 방법에 의해 제조되는 반도체 장치의 바람직한 실시예를 설명한다.

도15a는 단일 도전형의 실리콘기판(10)의 평면도이고, 도15b는 소정 결정 방위로 배향된 표면을 갖는 실리콘 기둥 또는 실리콘 트렌치가 형성되는 실리콘기판(10)의 영역 SP(Silicon Pillar)를 나타낸다. 본 발명의 실시예의 프로세스를 나타내는 도면들의 각 단면도는, 다른 것을 나타내지 않는다면 방향 X0-X0'에 있는 부분을 나타낸다.

예 1

편차 없이 소정 결정 방위로 배향된 면을 갖는 실리콘 기둥을 자기정합적으로 얻는 소정 제조 프로세스에 대해 도1 내지 도5를 참조하여 설명한다.

우선, 필요하다면, 면 (100)의 표면을 갖는 실리콘기판(10)의 표면상에, 두께가 약 5 내지 20 nm인 패드 산화층으로서 열산화막이 형성된다. 그 후, 두께가 약 100 내지 2000 nm인 실리콘 산화막(11)이 퇴적된다. 이어서, 비정질 실리콘막(12)이 퇴적되어 하드마스크가 형성된다(도1).

이어서, 비정질 실리콘막(12)과 실리콘 산화막(11)이, 마스크로서 원형으로 패턴화된 레지스트 패턴(도트 패턴)(14)을 사용하는 공지된 포토리소그라피 기술의 리액티브 이온 에칭에 의해 순차 에칭되어(도2), 하드마스크가 원형으로 패턴화된다(도3).

상기 레지스트 패턴(14)은 실리콘 에칭시 더욱 얇은 에칭 깊이로 면 (100)의 표면을 노출시키기 위해 원형인 것이 바람직하지만, 타원형, 대칭 다각형(예컨대, 정8각형, 정4각형 또는 직사각형) 등일 수 있다.

그 후, 상기 레지스트 패턴(14)이 애싱에 의해 제거된 후, 그 기판에 플루오르화 수소(HF) 용액으로 후처리가 행해진다. 다음, 원형으로 패턴화된 하드마스크를 마스크로 사용하여, 즉 실리콘 산화막(11)과 비정질 실리콘막(12)을 마스크로서 사용하여 리액티브 이온에칭에 의해 실리콘 기판(10)이 에칭된다(도4a).

실리콘 기판(10)을 이방성에칭하는 데 사용가능한 가스의 예로는, 염소 가스(Cl₂), 브롬화수소 가스(HBr), 산소 가스(O₂) 또는 이들의 혼합 가스가 포함된다.

이방성에칭으로 에칭된 실리콘 기판(10)의 깊이가 마스크의 사이즈에 비해 깊지 않은 경우에는, 상기 형성된 실리콘 기둥은 마스크의 형상을 따르는 형상을 갖는다. 특히, 상기 형성된 실리콘 기둥은 원형 마스크가 사용될 때, 도4b(도4b는 도4a의 X1-X1'선에 따른 절단부이다)에 도시된 바와 같이 원형 원주가 된다.

그러나, 실리콘기판(10)이 마스크의 사이즈에 대해 충분히 깊게 이방성에칭되는 경우, 특히, 레지스트(14)가 200nm의 직경을 갖는 원형 패턴이고 약 2000nm의 깊이까지 이방성에칭이 행해지는 경우에는, 원형 패턴의 하드마스크가 사용된다(도5c(도5c는 도5a의 X2-X2'선에 따른 절단부를 도시한다)에 도시된 바와 같이 실리콘 기둥의 하부에 각주와 같은 형상이 나타난다.

그 이유는 다음과 같다. 실리콘 기판이 리액티브 이온 에칭에 의해 에칭되면, 리액티브 Cl기가 이온 충돌의 도움으로 실리콘 원자와 결합함으로써, 증기압이 낮은 염화실리콘(SiCl₄)이 생성된다. 따라서, 에칭 프로세스시 원소 밀도가 가장 큰 면 (100)의 표면에서 상기한 리액티브 에칭이 가속화된다.

각주 실리콘 기둥의 각 표면은 면 (100)으로 배향되는 반면, 각주의 각 코너는 면 (110)에 대응한다. 그 결과, 소정 결정 방위로 배향된 표면들을 갖는 실리콘 기둥은 상기 프로세스에 의해 방위의 편차 없이 자기 정합적으로 형성된다.

예 2

다음, 도6 내지 도8을 참조하여, 소정 결정 방위로 배향된 표면을 갖는 실리콘 기둥이 열산화막 형성시 면 방위 의존성을 평가하기 위해 사용되는 소정 실시예에 대해 설명한다.

실리콘 산화막(11)와 비정질 실리콘막(12)이 제거된 후(도6)(상기 실시예는 이들이 제거되는 경우이다), 필요에 따라, 각주 실리콘 기둥에 열산화막(15)이 형성된다. 그 후, 기둥들 사이의 공간에 실리콘 산화막(16)이 매립된다. 그 후, 결과물로서의 반도체기판이, 공지된 CMP에 의해 그 상부 표면으로부터 폴리시되고, 이에 의해 기둥들의 측면에 형성된 열산화막(15)의 부분이 노출된다(도8a).

각주 실리콘 기둥부의 사이드와 코너가 예컨대, 주사 전자 현미경(SEM)으로 그 상부로부터 관찰된다. 상기 관찰에 의해, 면 (100)의 표면과 면 (110)의 표면에 형성된 실리콘 산화막은 동시에 용이하게 관찰될 수 있다(도8b).

하나의 각주 실리콘 기둥은 적어도 4개의 사이드와 코너를 갖기 때문에, 통계학상의 기술을 이용하여 실리콘 산화막의 열산화에 대한 면 방위 의존성을 평가하기 위한 많은 샘플들을 단시간에 얻을 수 있다. 따라서, 매우 신뢰성 있는 측정 결과를 얻을 수 있다.

열산화에 대한 면 방위 의존성은, 도8b에 도시된 바와 같이 면 (100)으로 배향된 면들에 의해 정의되는 실제 각주의 상태로 실리콘 기둥을 관찰하거나 도8c에 도시된 바와 같이 측면의 일부에 면(100)으로 배향된 면을 갖는 상태로 원주형 실리콘 기둥을 관찰함으로써 평가될 수 있다.

예 3

리액티브 이온 에칭에 의해 소정 결정 방위로 배향된 표면을 갖는 실리콘 기둥은, 알칼리 용액을 사용한 종래의 등방성에칭에 의해 형성된 면 방위 기준 패턴과 같이, 실리콘웨이퍼의 결정학적 기준 방위를 정확히 결정하기 위해 포토마스크 얼라인먼트의 기준으로 사용될 수 있다.

이하, 도9a 내지 9c를 참조하여, 소정 면 방위 기준패턴에 실리콘 기둥이 사용되는 일 실시예를 설명한다.

우선, 각각 면 (100)으로 배향된 표면을 갖는 2개의 실리콘 기둥(10)이 서로 이격되도록 형성된다. 각 기둥의 상부는, 필요하다면, CMP 기술에 의해 제거되어, 면 (100)으로 배향된 실리콘 기둥(10)의 측면들이 상부 표면으로부터 확인될 수 있다(도9a).

이어서, 2개의 실리콘 기둥과 같이 서로 이격된 정사각 윈도우와 직사각 윈도우를 갖는 레지스트 패턴(19)이, 실리콘 기둥(10)의 각 사이드가 윈도우들의 각 사이드와 평행하도록 실리콘 기판에 정렬배치된다. 이에 의해, 포토마스크의 위치 얼라인먼트 마크라인은 실리콘웨이퍼의 실제 방향 <100>을 지시한다(도9c).

면 방위 기준 패턴을 위해 리액티브 이온 에칭에 의해 실리콘 기둥을 형성하면, 얇은 트렌치 분리 방법에 의해 형성된 소자 분리 영역이 알칼리 용액으로 등방성에칭을 행하지 않고 실리콘웨이퍼상에 동시에 형성된다.

예 4

소정 결정 방위로 배향된 표면을 갖는 실리콘 트렌치가 형성될 수 있다. 실리콘 트렌치의 소정 제조예에 대해 도10 내지 도14를 참조하여 설명한다.

우선, 필요에 따라, 면 (100)을 갖는 실리콘 기판(10)의 표면에, 열산화막(도시 안함)이 약 11 nm의 두께로 패드 산화막으로서 형성된다. 그 후, 실리콘 산화막(11)이 퇴적되고 나서, 비정질 실리콘막(12)이 퇴적된다. 지금까지의 프로세스들은 예 1과 동일하다(도1 내지 도5).

이어서, 이전 예와 동일한 방식으로, 실리콘기판(10)에 대해 마스크에 사용되는 원형 개구를 갖는 레지스트 패턴(홀 패턴)(14)을 가지고, 리액티브 이온에칭에 의해 하드마스크를 에칭한다. 그 후, 상기 레지스트 패턴(17)을 애시(ash)하여 그 결과물로서의 기판에 플루오르화 수소(HF) 용액으로 후처리를 행한다(도11). 실리콘기판(10)의 깊이가 마스크의 사이즈(홀)에 대해 충분히 크도록 등방성에칭이 행해진다. 이에 의해 소정 결정 방위로 배향된 표면을 갖는 실리콘 트렌치가 기둥의 하부에 형성된다(도12a).

도12b는 도12a의 X4-X4'선에 따른 단면도를 도시하고, 도12c 및 도12d는 도12a의 X5-X5'선에 따른 단면도를 도시한다. 도12c는 배향된 표면이 면 (100)인 경우를 도시하는 반면, 도12d는 배향된 표면이 면 (110)인 경우를 도시한다.

면 (100)을 갖는 표면의 리액티브 이온 에칭에 의한 에칭속도가 면 (110)을 갖는 표면의 에칭속도보다 빠른 경우에는, 에칭이 진행함에 따라 면 (100)이 나타난다.

예컨대, 실리콘 산화막(18)은 실리콘 트렌치를 매립하도록 요구되는 것보다 복수 배 되적이다. 그 후, 평탄화에 대한 요구에 따라 실리콘 산화막(18)이 에치백된다(도13). 그 후, 상부 원형 트렌치 영역이 CMP 기술에 의해 제거되고, 또한, 실리콘 산화막(16)이 선택적으로 제거된다. 이에 의해, 매치된 면 방위를 갖는 각주 실리콘 트렌치가 자기정합적으로 실현될 수 있다(도14a).

각주 실리콘 트렌치의 측면이 배향된 면 방위가 면 (100)인 경우에는(도14b), 면 (100)의 표면을 갖는 실리콘 기판에 대해 형성된 트렌치의 저부면도 면 (100)이다. 이에 의해 트렌치의 모든 내부면들이 면 (100)으로 되며, 이는 트렌치의 모든 내부면들이 특별한 위치 얼라인먼트를 행할 필요 없이 면 (100)에 서로 자기정합적으로 매치되는 것을 의미한다.

상기한 기술이 일본 특허 제2877462호에 개시된 트렌치형 버티컬 파워 MOSFET 또는 메모리셀들에 적용되면, 예컨대, 실리콘 트렌치에 형성된 게이트 산화막들은 그 면 방위가 서로 매치되는 것에 의해 균일한 두께를 갖는다. 이에 의해, 절연 전압이 감소하는 영역이 발생하는 것이 방지되는 고성능 장치가, 복잡한 위치 얼라인먼트를 행하지 않고 정확하고 용이하게 제조될 수 있다.

또한, 산화속도가 가장 느린 면 (100)을 사용함으로써 산화막을 형성할 때 제어능력을 향상시킬 수 있다.

상기 실리콘 산화막(16,18)은 다결정 실리콘막, 실리콘 질화막 등의 단일막 또는 그 적층막으로 각각 형성될 수 있다. 만약 기둥들 사이에 트렌치 또는 공간을 매립할 수 있는 재료라면 어느 것이라도 사용될 수 있다.

소정 결정 방위로 배향된 표면을 갖는 실리콘 기둥 또는 실리콘 트렌치가 면 방위 의존성을 평가하기 위해 사용되거나, 또는 장치로서 사용되는 경우에는, 일단 희생적으로 산화되고 나서, 상기 형성된 희생 산화막을 제거한 후에 사용될 수 있다.

본 발명의 실시예들은 열산화막 형성시 각주 실리콘 기둥이 면 방위를 평가하기 위해 면 방위 기준 패턴으로서 사용되는 경우와, 각주 실리콘 트렌치가 장치에 적용되는 경우를 나타낸다.

각주 실리콘 기둥은 그대로 장치에 적용될 수 있고 또는 각주 실리콘 트렌치는 열산화막 형성시 면 방위를 평가하기 위해 면 방위 기준 패턴으로서 사용될 수 있다. 이들은 면 방위 의존성을 이용하여, 소정 결정 방위로 배향된 표면이 실리콘의 면 방위 평가 또는 장치 제조에 적용되는 예들일 뿐이다.

발명의 효과

본 발명에 의하면, 이론적 편차를 발생시키지 않고, 적어도 하나 이상의 면 방위들이 동일한 웨이퍼상에서 동시에 용이하게 평가될 수 있을 뿐 아니라, 고정밀 평가 결과가 얻어질 수 있다.

또한, 서로 완전하게 매치된 면 방위를 갖는 트렌치 또는 기둥이 용이하게 제조될 수 있다. 따라서, 면 방위를 매치시키는, 문제가 많은 프로세스가 제거되고 장치의 특성에 있어서의 편차를 방지하는 신뢰도가 높은 반도체장치를 얻을 수 있다.

특히, 본 발명에 의하면, 하나 이상의 면 방위, 즉 하나 이상의 특성에 대한 면 방위 의존성을 반도체 웨이퍼상에서 정확하고 용이하게 평가할 수 있다.

또한, 결정학적 기준 방위를 얻기 위한 패턴을, 면 (100)을 갖는 반도체 웨이퍼상에 제조할 수 있다.

또한, 면 방위 의존성이 평가된 웨이퍼가 장치에 적용되는 경우, 서로 모두 매치된 면 방위들을 갖는 각주 트렌치가 자기정합적으로 얻어질 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

면 방위 (100)를 가진 반도체 기판 상에 하드 마스크를 형성하는 단계;

소정 결정 방위로 배향된 면을 얻도록 상기 하드 마스크를 마스크로서 이용하여 상기 반도체 기판을 이방성 에칭하는 단계; 및

상기 소정 결정 방위로 배향된 면의 적어도 일부를 이용하여 상기 반도체 기판의 특성 중 면 방위 의존성을 평가하는 단계를 포함하되,

상기 소정 결정 방위로 배향된 면은 수직방향으로 에칭하여 형성되는 면 (100)을 포함하며,

상기 이방성 에칭은 상기 하드 마스크 사이즈의 적어도 수배의 깊이로 행해지는 것을 특징으로 하는 반도체 기관의 면 방위 의존성 평가 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 면 방위 의존성의 평가는 반도체 기관의 면 방위에 따라 열산화막을 형성하는 속도의 평가인 반도체 기관의 면 방위 의존성 평가 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 반도체 기관이 다이아몬드 결정 구조를 가지는 반도체 기관의 면 방위 의존성 평가 방법.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 소정 결정 방위로 배향된 면은 면 (100)인 반도체 기관의 면 방위 의존성 평가 방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 하드 마스크는 원형 또는 대칭 다각형인 반도체 기관의 면 방위 의존성 평가 방법.

청구항 6.

삭제

청구항 7.

결정학적 기준 방위로서 소정 결정 방위로 배향되는 반도체 기관의 면으로서, 면 방위 (100)를 가진 반도체 기관을 이방성 에칭하여 얻어지는 반도체 기관의 면을 이용하여 제조되고,

상기 소정 결정 방위로 배향되는 반도체 기관의 면은 수직방향으로 에칭하여 형성되는 면 (100)을 포함하며,

상기 이방성 에칭은 하드 마스크 사이즈의 적어도 수배의 깊이로 행해지는 것을 특징으로 하는 반도체장치.

청구항 8.

제 7 항에 있어서, 상기 소정 결정 방위로 배향된 반도체 기관의 면은 반도체 기관에 형성된 기둥 또는 트렌치의 면이며, 상기 기둥 또는 트렌치는 반도체장치의 일부분인 반도체장치.

청구항 9.

제 7 항에 있어서, 상기 소정 결정 방위로 배향된 면은 면 (100)인 반도체장치.

청구항 10.

면 방위 (100)를 가진 반도체 기관 상에 하드 마스크를 형성하는 단계;

소정 결정 방위로 배향된 면을 가진 기둥 또는 트렌치를 얻도록 상기 하드 마스크를 마스크로서 이용하여 반도체 기관을 이방성 에칭하는 단계; 및

기준 패턴으로서 상기 기둥 또는 트렌치의 얻어진 면을 이용하여 포토마스크를 정합하는 단계를 포함하며,

상기 소정 결정 방위로 배향된 면은 수직방향으로 에칭하여 형성되는 면 (100)을 포함하며,

상기 이방성 에칭은 상기 하드 마스크 사이즈의 적어도 수배의 깊이로 행해지는 것을 특징으로 하는 포토마스크 정합 방법.

청구항 11.

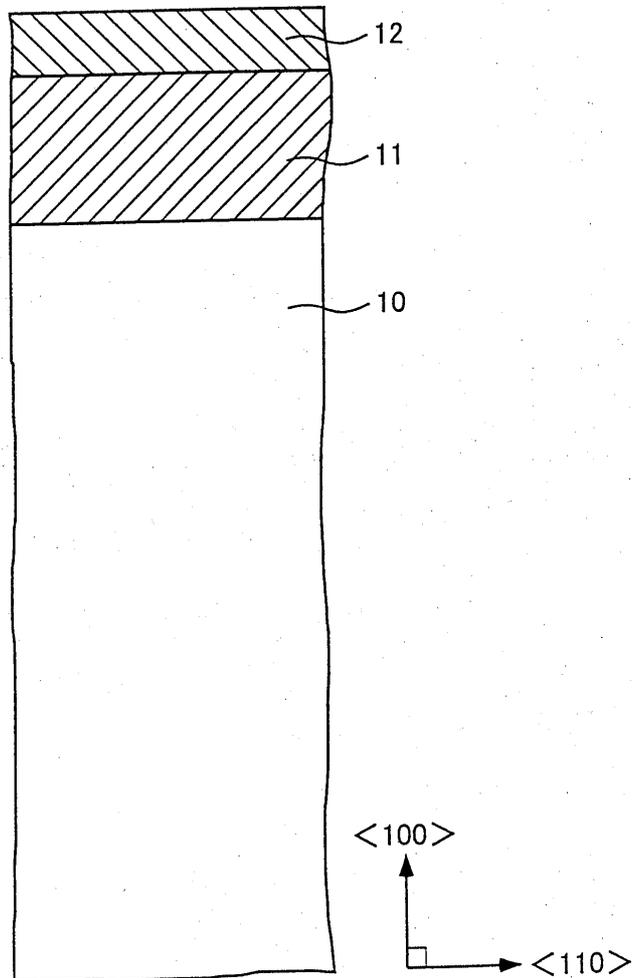
제 10 항에 있어서, 이방성 에칭에 의해 각각 소정 결정 방위로 배향된 면을 가진 프리즘 형태로 된 2개의 기둥 또는 트렌치가 얻어지고, 상기 2개의 기둥 또는 트렌치는 서로 분리되어 있으며,

상기 포토마스크는 간격을 두고 떨어져 있는 2개의 마크들이 제공된 패턴을 가지며, 상기 2개의 마크들은 평행한 관계이고 각각 2쌍의 평행 모서리들을 가지며,

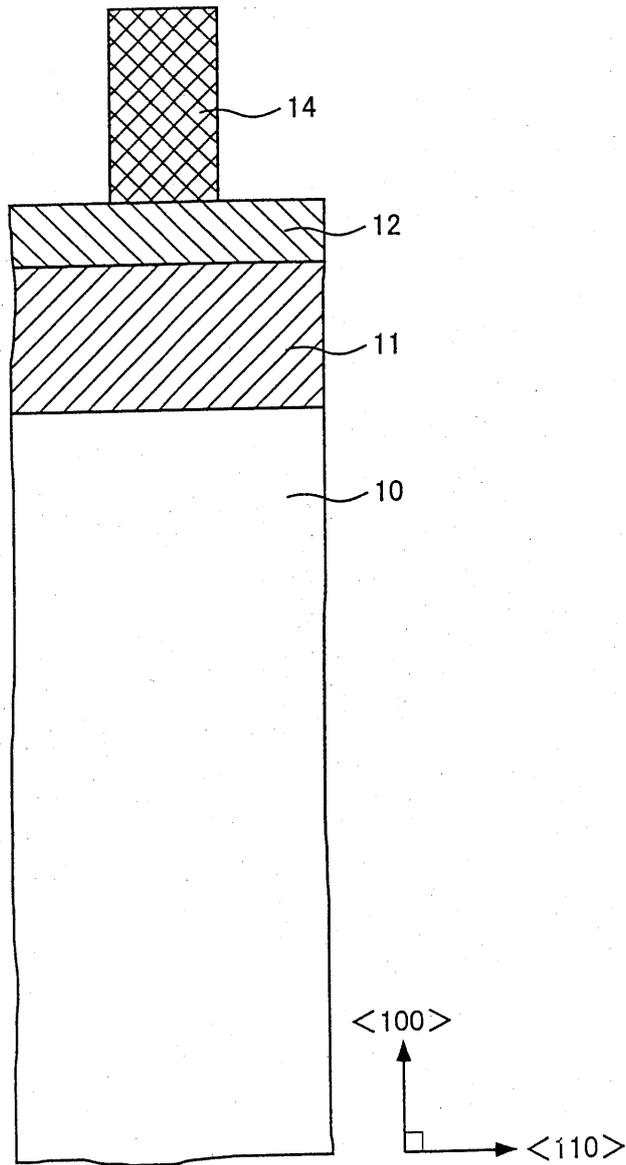
상기 포토마스크는 그의 마크들의 모서리들을 상기 기둥 또는 트렌치의 모서리들과 평행하게 함에 의해 정합되는 포토마스크 정합 방법.

도면

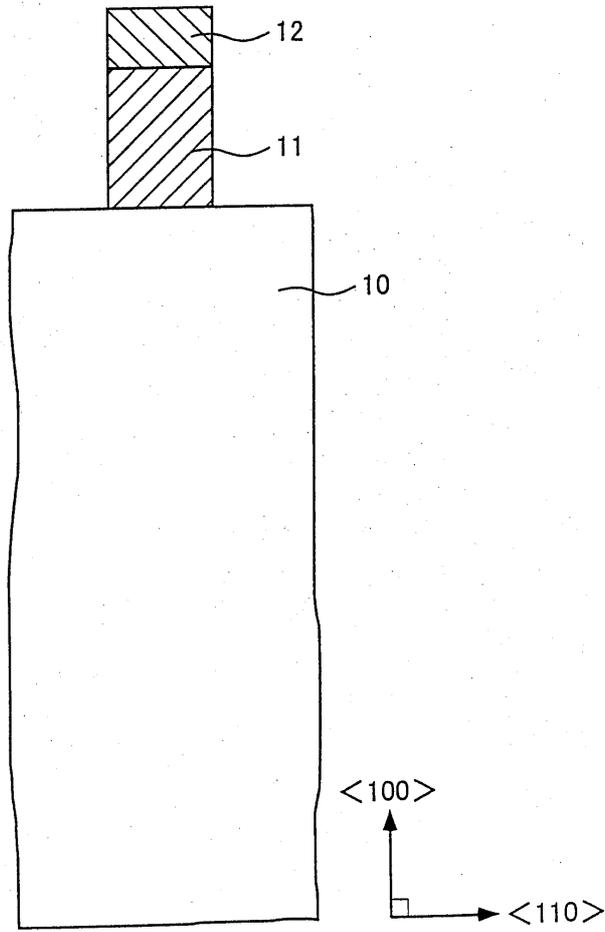
도면1



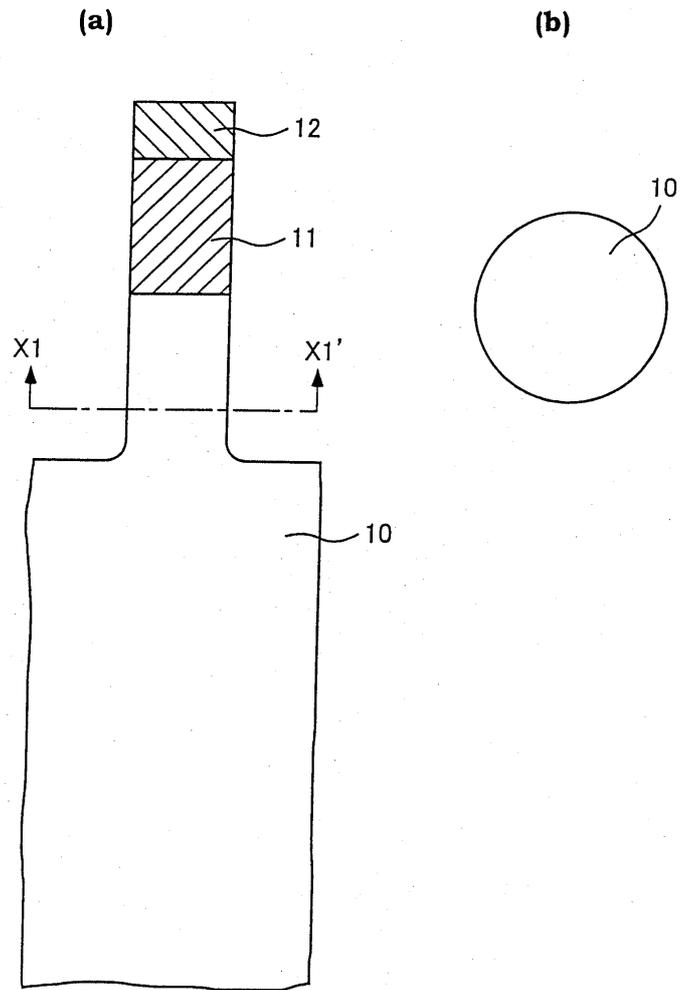
도면2



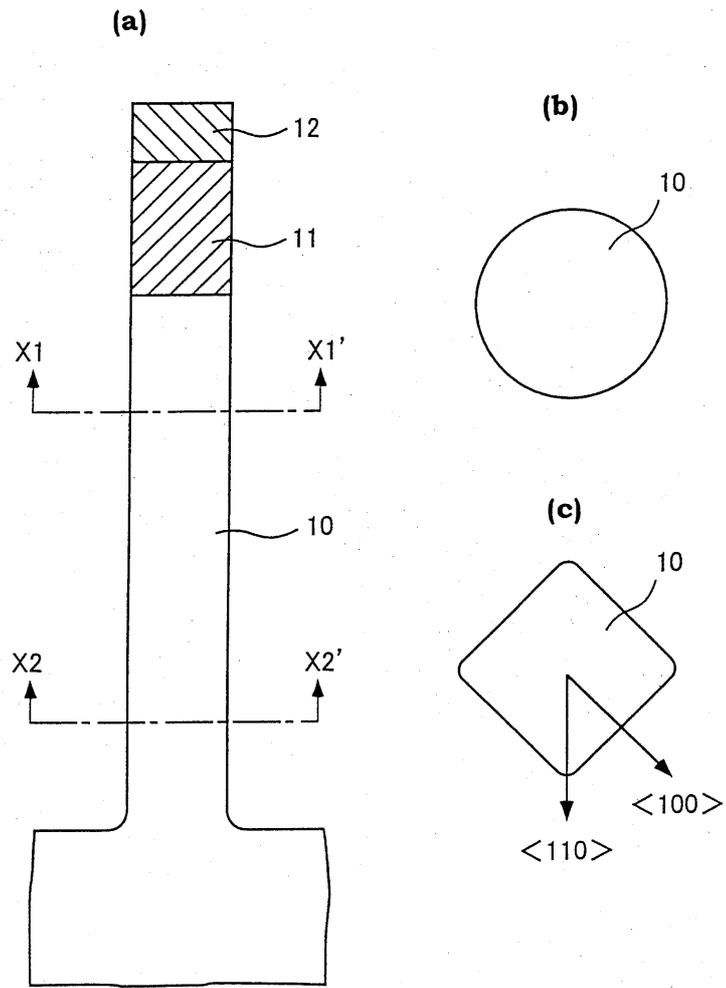
도면3



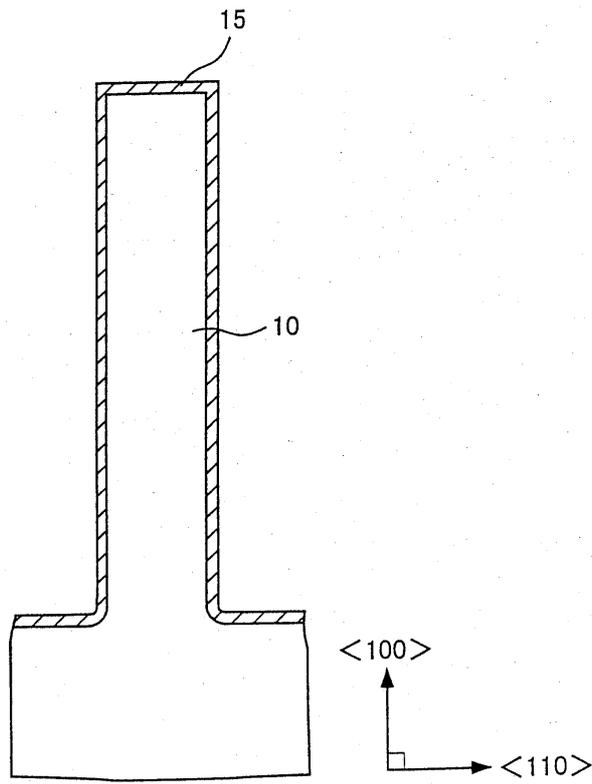
도면4



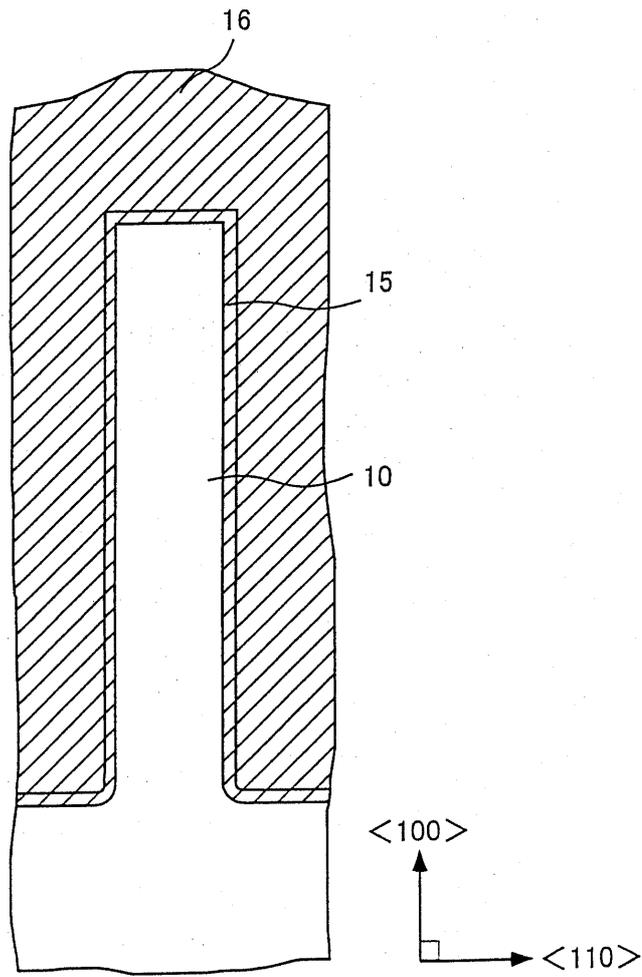
도면5



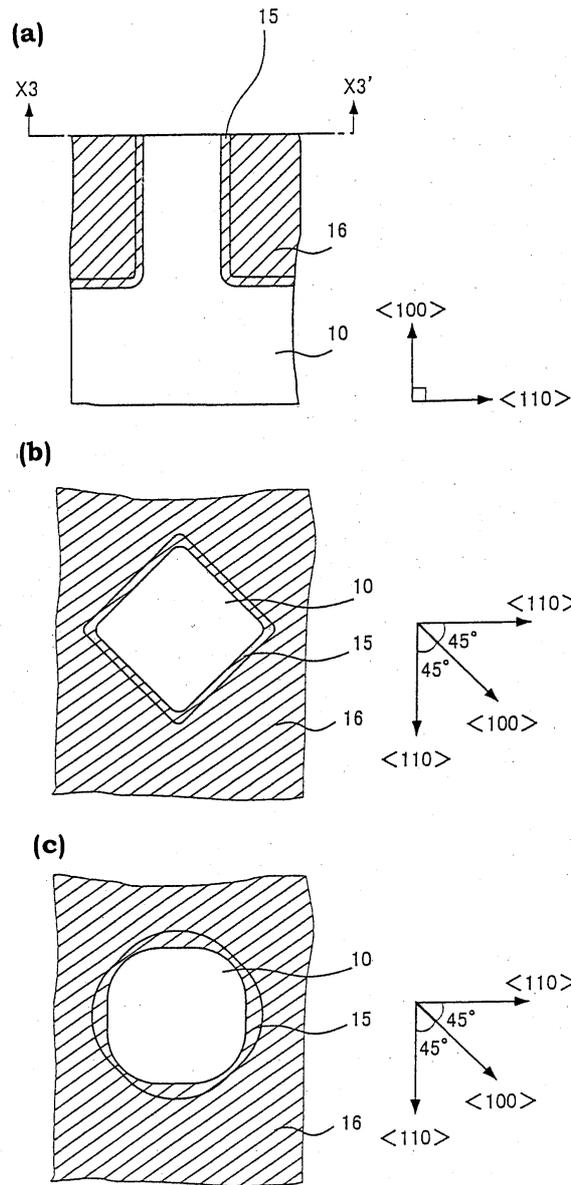
도면6



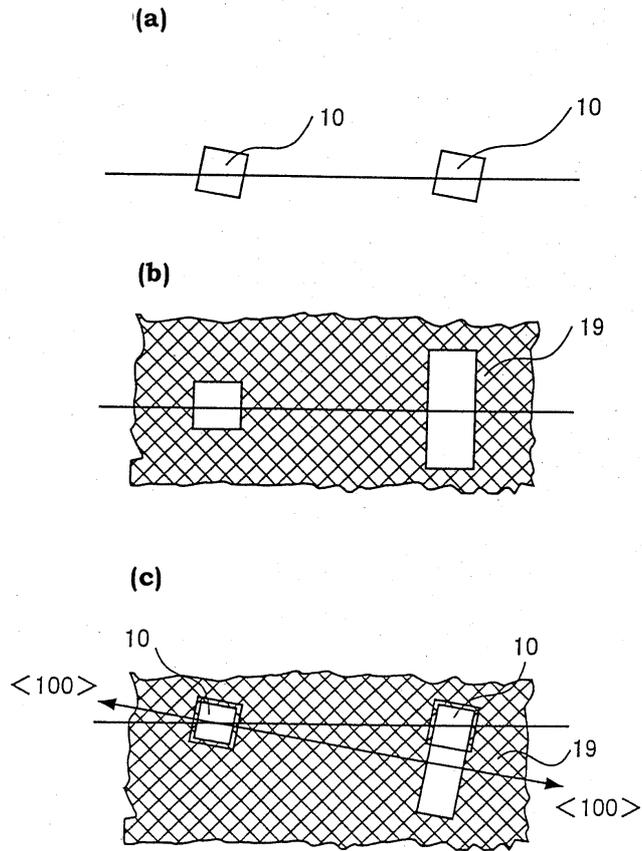
도면7



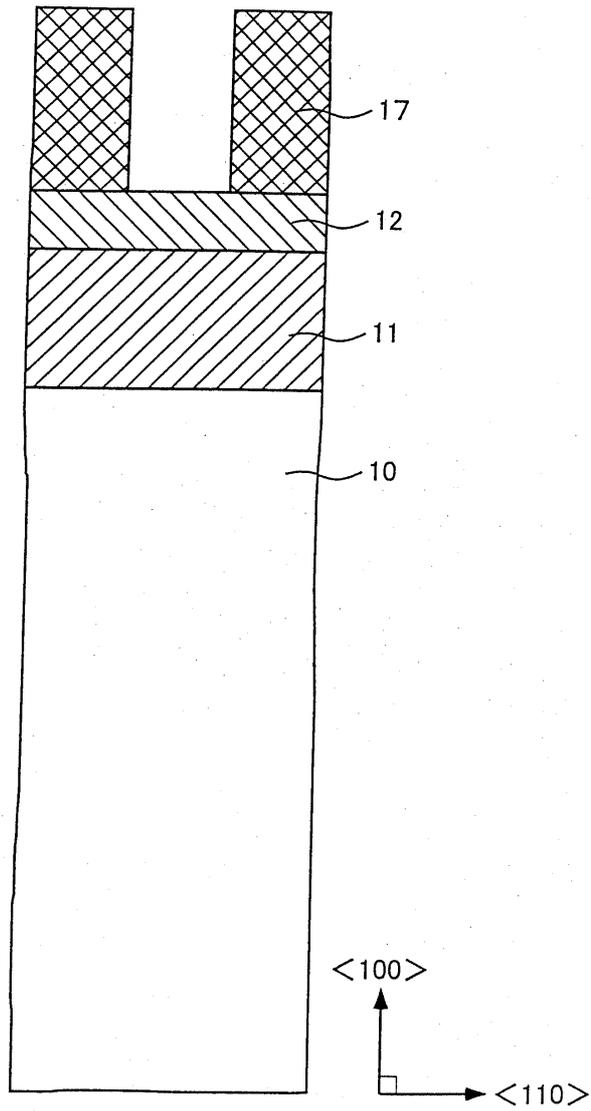
도면8



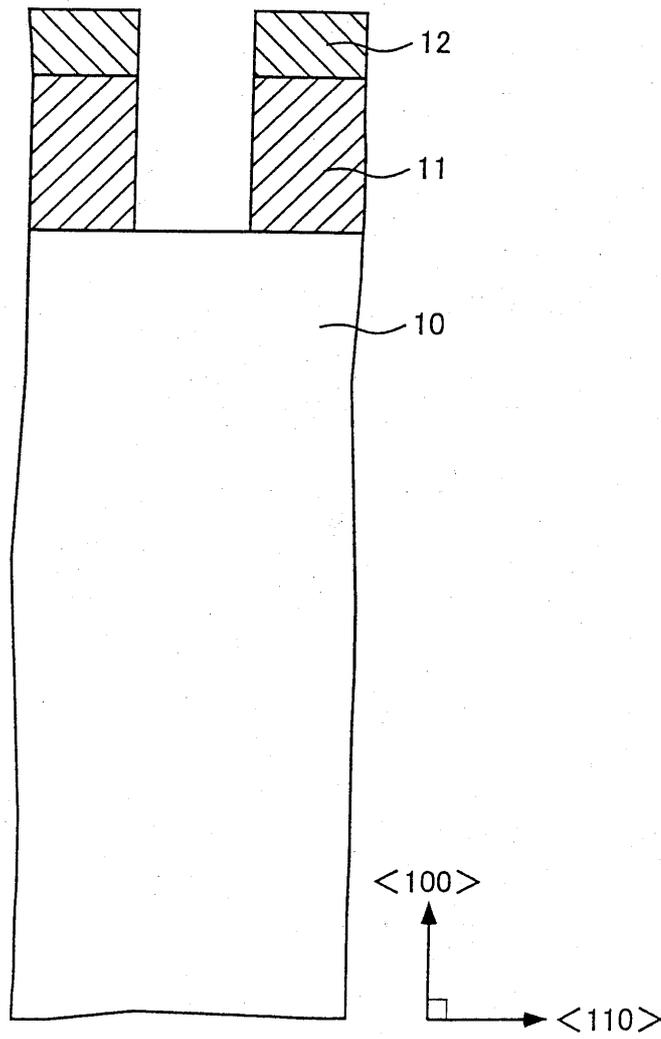
도면9



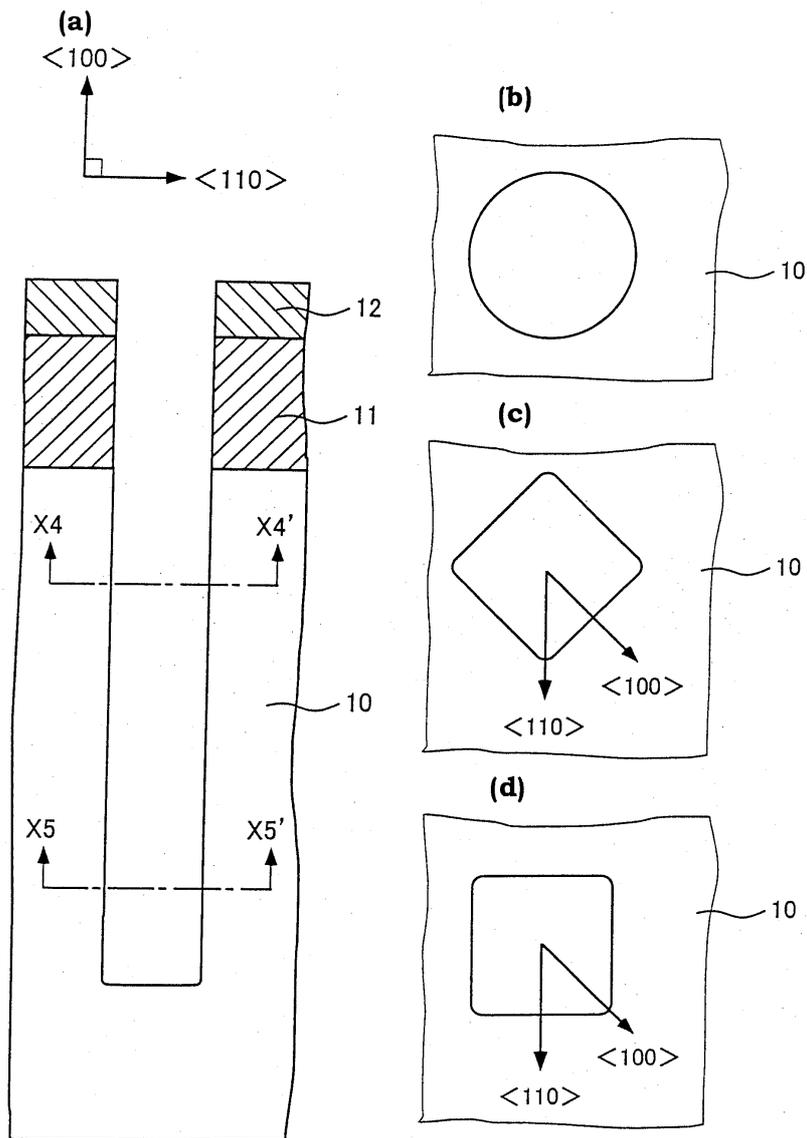
도면10



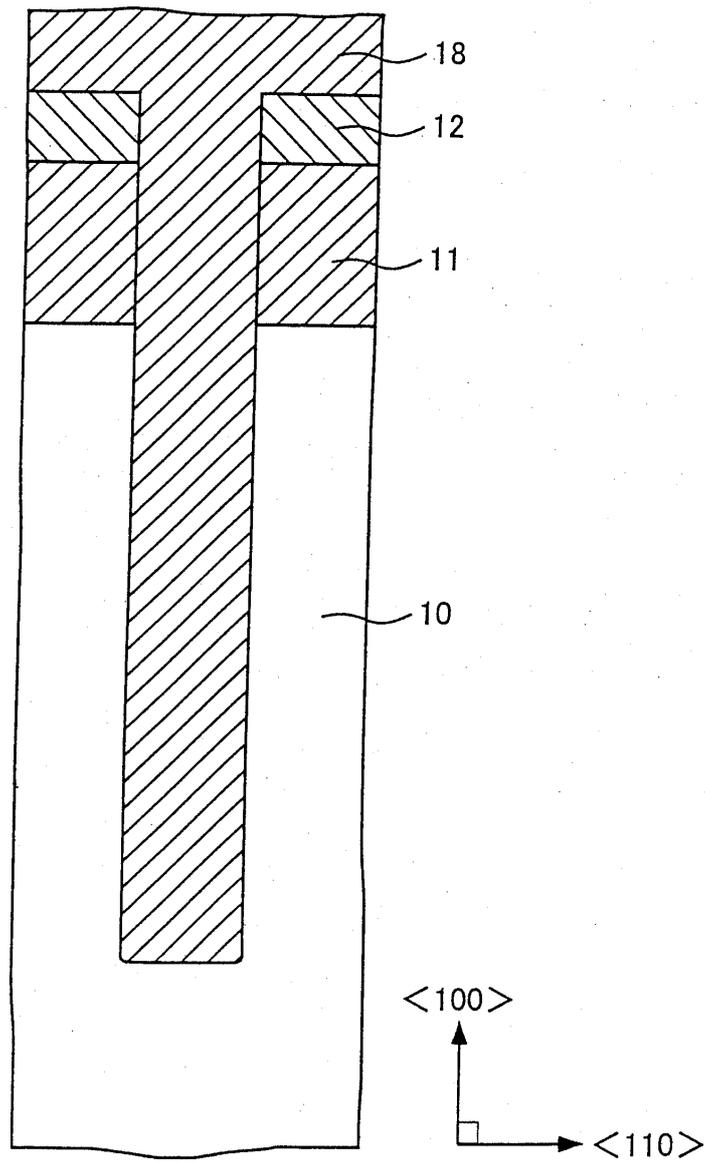
도면11



도면12

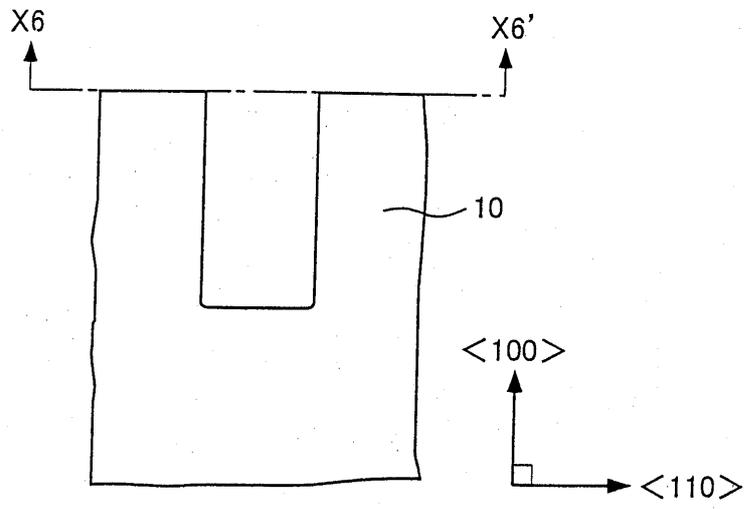


도면13

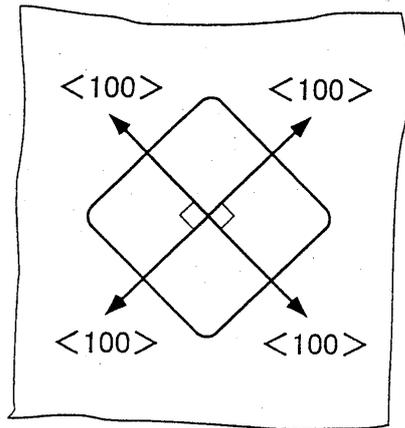


도면14

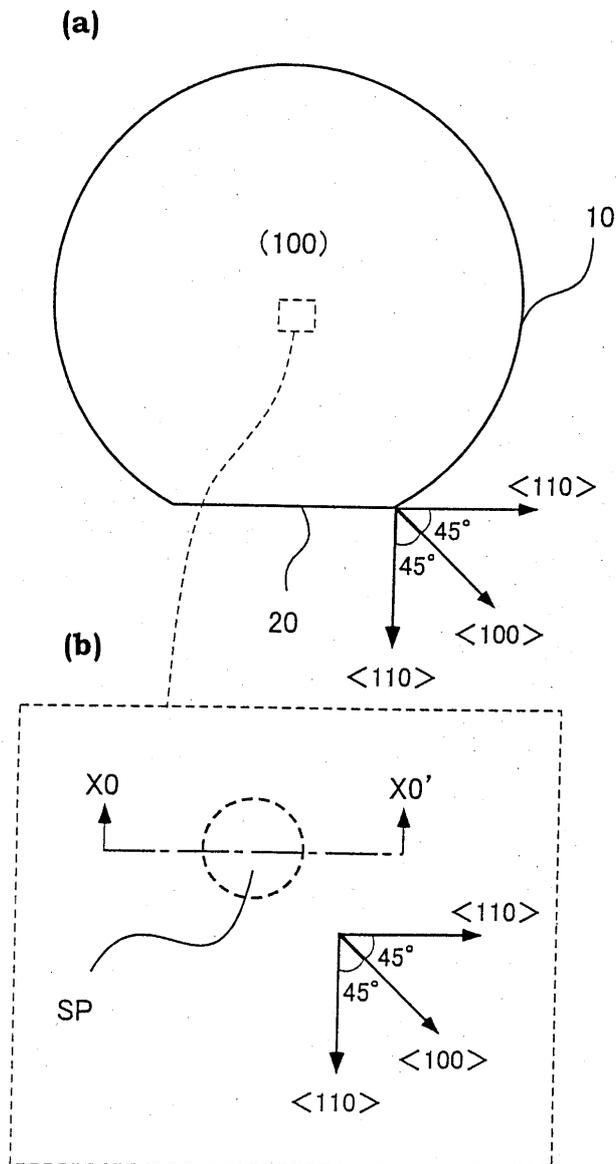
(a)



(b)

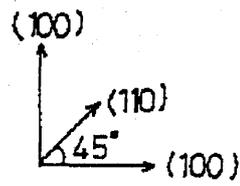
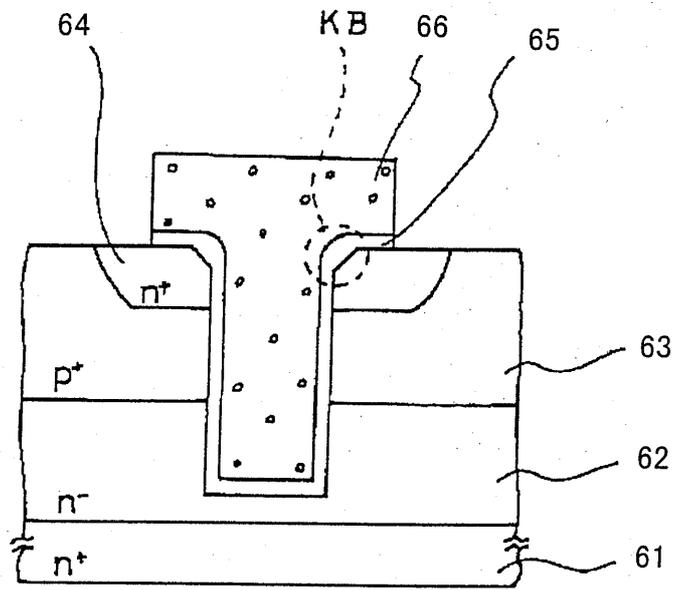


도면15



도면16

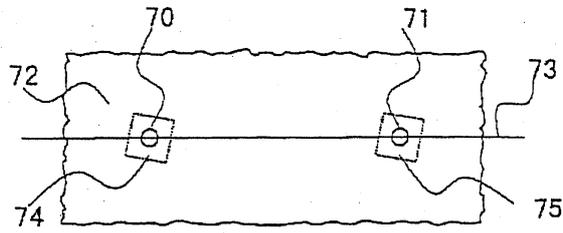
종래기술



도면17

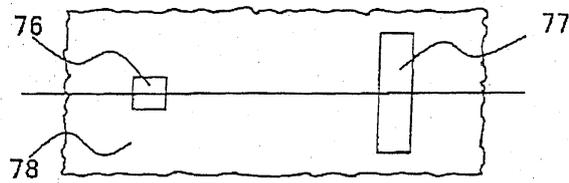
(a)

종래기술



(b)

종래기술



(c)

종래기술

