

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01S 3/0941 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년11월17일 10-0646733 2006년11월09일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2000-0001292 2000년01월12일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2000-0076458 2000년12월26일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장 11-144064 1999년05월24일 일본(JP)

(73) 특허권자 가부시킴가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398

(72) 발명자 다나카코이치로
일본국가나가와켄아쓰기시하세398가부시킴가이샤한도오따이에네루기
켄큐쇼내

(74) 대리인 황의만

심사관 : 이용배

(54) 레이저 조사장치

요약

레이저 빔의 일 방향에 있어서의 에너지 분포를 동일하게 하고, 피막을 균일하게 레이저 어닐하는 것을 과제로 한다.

일 방향으로 레이저 빔을 분할하는 렌즈와, 분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계를 갖고, 이 렌즈에 입사되는 렌즈 빔의 형상이 상기 방향과 수직인 경계를 갖는 것을 특징으로 한다.

대표도

도 3

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 선형 레이저 빔이 조사된 규소막의 사진.

도 2는 도 1을 모식적으로 나타낸 도면.

도 3은 종래에 있어서의 선형 레이저 빔을 형성하는 광학계와 광로도.

도 4는 종래의 분할하는 광학계에 입사하는 레이저 빔을 나타내는 도면.

- 도 5는 종래에 있어서의 선형 레이저 빔을 형성하는 광학계와 광로도.
- 도 6은 본 발명에 있어서의 선형 레이저 빔을 형성하는 광학계와 광로도.
- 도 7은 본 발명에 있어서의 선형 레이저 빔을 형성하는 광학계와 광로도.
- 도 8은 레이저 조사장치의 개략도.
- 도 9는 선형 레이저 빔의 에너지 분포의 폭방향의 단면도.
- 도 10은 본 발명의 선형 레이저 빔이 조사된 규소막의 사진.
- 도 11은 도 10을 모식적으로 나타낸 도면.
- 도 12는 본 발명에 있어서의 레이저 조사 시스템을 나타낸 도면.
- 도 13은 본 발명에 있어서의 선형 레이저를 형성하는 광학계와 광로도.
- 도 14는 정사각형의 레이저 빔으로 가공하는 광학계와 광로도.
- 도 15는 화소회로와 제어회로의 제작 공정을 나타낸 도면.
- 도 16은 화소회로와 제어회로의 제작 공정을 나타낸 도면.
- 도 17은 화소회로와 제어회로의 제작 공정을 나타낸 도면.
- 도 18은 액티브 매트릭스형 액정표시장치의 단면구조도.
- 도 19는 n채널형 TFT의 LDD 구조를 나타낸 도면.
- 도 20은 액티브 매트릭스형 액정표시장치의 사시도.
- 도 21은 반사거울을 설치하지 않는 광학계를 나타낸 도면.
- 도 22는 반사거울의 반입(搬入) 위치를 변화시킨 광학계를 나타낸 도면.
- 도 23은 전자기기예의 응용 예를 나타내는 도면.
- 도 24는 프로젝터예의 응용 예를 나타내는 도면.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 레이저 빔을 대면적에 높은 균질성으로 조사하는 기술에 관한 것이다. 또한, 그의 응용방법에 관한 것이다.

최근, 유리 등의 절연 기판 상에 형성된 비(非)단결정 반도체막(단결정이 아니라, 비정질 반도체막 또는 다결정, 미(微)결정 등의 결정성을 가지는 반도체막 및 이들의 결정성이 혼합된 반도체막)에 대하여 레이저 어닐을 실시하여 결정화하거나 결정성을 향상시키는 기술이 광범위하게 연구되고 있다. 상기 반도체막에는 규소막이 흔히 사용된다.

유리기판은 종래 흔히 사용되어 온 석영기판과 비교하여, 저렴하고 가공성이 뛰어나며, 대면적 기판을 용이하게 제작할 수 있다는 이점(利點)을 갖고 있다. 이것이 상기 연구가 실행되는 이유이다. 또한, 결정화에 레이저가 흔히 사용되는 것은 유리기판의 융점이 낮기 때문이다. 레이저는 기판의 온도를 그다지 변화시키지 않고, 비단결정 반도체막에만 높은 에너지를 부여할 수 있다.

레이저 어닐을 실시하여 형성된 결정성 규소막은 높은 이동도를 갖기 때문에, 이 결정성 규소막을 이용하여 박막트랜지스터(TFT)를 형성하고, 예를 들어, 1개의 유리기판 상에 화소구동용과 구동회로용의 TFT를 제작하는 모놀리식형 액정전기 광학장치 등에 이용되고 있다. 그 결정성 규소막은 다수의 결정립으로 이루어져 있기 때문에, 다결정 규소막 또는 다결정 반도체막이라 불린다.

또한, 출력이 큰 엑시머 레이저 등의 펄스 레이저 빔을 피(被)조사면에서 한 변이 수 cm 정도의 직사각형 또는 정사각형의 스폿 또는 수 백 μm \times 수 십 cm의 선형이 되도록 광학계에 의해 가공하고, 레이저 빔을 주사(走査)하여(레이저 빔의 조사(照射)위치를 피조사면에 대하여 상대적으로 이동시켜) 레이저 어닐을 행하는 방법이, 생산성이 좋고, 공업적으로 뛰어나기 때문에 흔히 사용된다.

특히, 선형 레이저 빔을 사용할 경우, 전후좌우의 주사가 필요한 스폿 형상의 레이저 빔을 사용한 경우와는 달리, 선형 레이저의 선방향에 직각인 방향만의 주사에 의해 피조사면 전체에 레이저 어닐을 행할 수 있기 때문에, 높은 생산성이 얻어진다. 선방향에 직각인 방향으로 주사하는 것은, 그것이 가장 효율적인 주사방향이기 때문이다. 이러한 높은 생산성에 의해, 현재 레이저 어닐에는 선형 레이저 빔을 사용하는 것이 주류를 이루고 있다.

선형, 직사각형 또는 정사각형으로 가공된 레이저 빔을 주사하여, 비단결정 반도체막에 대하여 레이저 어닐을 실시함에 있어서, 몇 가지의 문제가 발생하게 된다. 그 중에서도 특히 심각한 문제의 하나는 레이저 빔의 가공이 균일하게 이루어지지 않는 것이었다. 그러한 레이저 빔을 사용할 경우는, 기판 전면(全面)에 대하여 불균일한 레이저 어닐이 실행되었다.

도 1은 비정질 규소막에 대하여, 종래의 광학계를 이용하여 선형으로 가공한 레이저 빔을 1 쇼트(shot) 조사한 상태를 나타내는 광학현미경 사진이다. 사진 중앙에 레이저 빔의 조사 흔적이 확인된다.

도 1의 경우, 파장이 308nm인 XeCl 엑시머 레이저를 도면의 좌우방향으로 연장되는 선형 레이저 빔으로 하고, 이것을 비정질 규소막에 1쇼트 조사한 경우이다.

도 1로부터, 선형 레이저 빔의 폭방향의 엣지(edge), 특히 도면 아래쪽의 엣지가 지그재그로 되어 있고, 불규칙한 에너지 분포를 갖는 선형 레이저 빔인 것이 확인된다.

도 2(a)는 도 1에 나타낸 불규칙한 에너지 분포를 갖는 선형 레이저 빔(201)을 피막(209)에 조사한 상태를 모식적으로 나타낸 도면이다.

도 2(a)에 나타낸 바와 같이, 높은 에너지 밀도를 갖는 영역(202)이 폭방향의 중심 부근에 형성되고, 영역(202)에 비하여 낮은 에너지 밀도를 갖는 영역(203)이 폭방향의 주변부에 형성되어 있다. 도 2(a)의 X-X'와 Y-Y'에 있어서의 에너지 분포의 단면(斷面) 형상을 도 2(b) 및 도 2(c)에 각각 나타낸다.

도 2(a) 내지 도 2(c)에 나타낸 바와 같이, 선형 레이저 빔(201)은 폭방향에 있어서의 에너지 분포의 단면 형상이 상이함을 알 수 있다.

도 2(a)의 선형 레이저 빔(201)을 이용하여 피막을 레이저 어닐하더라도, 피막을 균일하게 레이저 어닐하는 것은 불가능하였다.

본 발명은, 레이저 빔의 일 방향에 있어서의 에너지 분포를 동일하게 하고, 피막을 균일하게 레이저 어닐하는 것을 과제로 한다. 본 명세서에서 레이저 빔이란 레이저 빔 내의 최대 에너지가 5% 이상인 영역을 가리킨다.

일반적으로 레이저 빔을 선형으로 가공할 경우, 원래는 대략 직사각형의 레이저 빔을 적당한 광학계에 통과시켜 선형으로 가공한다. 상기 대략 직사각형의 레이저 빔은 중횡비가 2 내지 5 정도이나, 예를 들어, 도 3에 나타낸 광학계에 의해 중횡비 100 이상의 선형 레이저 빔으로 변형된다. 그때, 빔 내의 에너지 분포도 동시에 균질화되도록, 상기 광학계는 설계되어 있다.

도 3에 나타난 장치는, 빔 발생장치(301)로부터의 레이저 빔(이 시점에서는 대략 직사각형을 갖고 있다)을 광학계(302, 303, 304, 306, 308)를 통하여 선형 빔으로서 조사하는 기능을 갖고 있다. 또한, 참조부호 305는 슬릿, 307은 거울이다.

부호 302는 레이저 빔을 일 방향(여기서는, 선방향)으로 분할하는 역할을 수행하는 광학 렌즈이고, 원통형(실린드릭) 렌즈 그룹(멀티실린드릭 렌즈라고도 불린다)을 사용한다. 이 분할된 다수의 빔은 원통형 렌즈(306)에 의해 선방향에 대하여 중첩되어 균일화한다.

이 구성은 레이저 빔 내의 강도 분포를 개선시키기 위해 요구된다. 또한, 원통형 렌즈 그룹(303)도 상술한 원통형 렌즈 그룹(302)과 동일하게, 레이저 빔을 다른 방향(여기서는, 폭방향)으로 분할하고, 원통형 렌즈(304, 308)에 의해 폭방향에 대하여 중첩되어 균일화한다.

즉, 원통형 렌즈 그룹(302)과 원통형 렌즈(306)의 조합은 선형 레이저 빔의 선방향에 있어서의 강도 분포를 개선시키는 기능을 갖고, 원통형 렌즈 그룹(303)과 원통형 렌즈(304, 308)의 조합은 선형 레이저 빔의 폭 방향에 있어서의 강도 분포를 개선시키는 기능을 갖고 있다.

여기서, 폭방향에 관해서 2개의 원통형 렌즈(304, 308)를 사용하는 것은, 피조사면(309)에 있어서의 선형 레이저 빔의 폭 방향을 보다 정밀하게 하기 위함이다. 선형 레이저 빔의 폭에 따라서는, 중첩시키기 위한 광학계를 1개로 하는 경우도 있으며, 3개 이상으로 하는 경우도 있다.

레이저 빔 내의 에너지 분포를 균질화시키는 역할을 수행하는 광학계를 빔 균질기(beam homogenizer)라고 부른다. 도 3에 나타난 광학계도 빔 균질기의 하나이다. 원래의 대략 직사각형의 레이저 빔을 원통형 렌즈 그룹(302, 303)으로 분할한 후, 각각 원통형 렌즈(304, 306, 308)로 정형(整形)하고 중첩시켜 에너지 분포를 균질화한다.

이론상은, 무한개의 원통형 렌즈를 갖는 원통형 렌즈 그룹을 이용하여 레이저 빔의 에너지 분포를 균일화할 경우, 어떠한 단면형상의 레이저 빔이 입사되어도 균일한 레이저 빔으로 하는 것이 가능하다.

그러나, 산업상 이용가능한 원통형 렌즈 그룹은, 정밀도 또는 비용 등의 사정에 의해 다수(최대 수십개)의 원통형 렌즈를 사용한다. 이러한 원통형 렌즈 그룹은 입사하는 레이저 빔의 단면 형상과 입사 상태에 따라, 불규칙한 에너지 분포를 갖는 레이저 빔으로 가공된다.

종래에는, 그다지 문제되지 않았던 상기 불균일이, 박막트랜지스터(TFT)로 대표되는 미소한 소자를 동일 기판 상에 다수 형성하는 피막에 대한 레이저 어닐에 사용할 경우는, 상기한 바와 같은 다양한 문제가 발생하는 것을 발명자는 알게 되었다.

도 4(a) 및 도 4(b)는 선형 레이저 빔으로 가공하는 빔 균질기에 있어서, 폭방향으로 레이저 빔을 분할하는 원통형 렌즈 그룹(403)과 그에 입사하는 레이저 빔(401)의 예이다.

도 4(a) 및 도 4(b)에 나타난 바와 같이, 도 3의 빔 발생장치(301)로부터 방사되어, 분할하는 광학계에 입사하는 레이저 빔(401, 401')은 대략 직사각형의 단면 형상을 가지고 있다.

빔 발생장치(301)로부터 방사되는 레이저 빔은 완전한 직사각형으로 방사되는 것이 이상적이거나, 현실적으로는 현재의 기술에서는 불가능하고, 대략 직사각형의 단면형상으로 된다.

도 4(a)에서, 가장 상단(上端)의 원통형 렌즈(4031)와 가장 하단(下端)의 원통형 렌즈(4036)에서는, 레이저 빔이 원통형 렌즈의 전체 폭에 입사하지 않고, 입사하는 빔 형상도 불규칙하다.

한편, 그 사이의 4개의 원통형 렌즈(4032~4035)에서는, 각각의 렌즈의 전체 폭에 레이저 빔이 입사한다.

도 5는 선형 레이저 빔을 가공하는 광학계로부터, 폭방향에 관하여 가공하는 광학계를 선택한 구성을 나타낸 도면이다. 도 5에 나타난 바와 같이, 원통형 렌즈 그룹(503)에 대하여 레이저 빔(501)이 도 4(a)에 나타난 바와 같이 입사할 경우, 원통형 렌즈(5031) 및 원통형 렌즈(5036)에, 레이저 빔의 경계가 직선이 아닌 불규칙한 형상으로 레이저 빔이 입사한다.

따라서, 원통형 렌즈(5031) 및 원통형 렌즈(5036)에 의해 분할된 레이저 빔은, 레이저 빔의 불규칙한 형상을 유지한 채로 원통형 렌즈(504)에 의해 피조사면(509)에 중첩된다. 그러므로, 선방향에 있어서 동일하지 않은, 즉, 폭방향에 있어서의 에너지 분포의 단면 형상이 선방향에 따라 상이한 선형 레이저 빔이 형성된다.

그리고, 예를 들어, 도 2(a)에 나타낸 바와 같은 높은 에너지 밀도를 갖는 영역(202)이 폭방향의 중심 부근에 형성되고, 영역(202)에 비하여 낮은 에너지 밀도를 갖는 영역(203)이 폭방향의 주변부에 형성된 선형 레이저 빔으로 된다.

또한, 도 4(b)에 나타낸 바와 같이 레이저 빔(401')이 폭방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹(403')에 입사할 경우, 원통형 렌즈(4035')에 불규칙한 형상의 레이저 빔이 입사하기 때문에, 상기와 마찬가지로 선방향에 있어서의 선형 레이저 빔이 동일하지 않게 된다.

이상으로부터 본 발명자는 이하의 것을 알아냈다. 레이저 빔에 의한 불균일한 레이저 어닐의 원인은, 레이저 빔을 분할하는 원통형 렌즈 그룹의 일부의 원통형 렌즈에 대하여 불규칙한 형상의 레이저 빔이 입사하는 것에 있다. 이것에 의해, 선형 레이저 빔의 에너지 분포가 불규칙한 것으로 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 하나는, 레이저 조사장치에 있어서, 일 방향으로 레이저 빔을 분할하는 렌즈와, 분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계를 가지고, 상기 렌즈에 입사하는 레이저 빔의 형상은 상기 방향에 수직인 경계를 가지는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 다른 하나는, 레이저 조사장치에 있어서, 빔 발생장치와, 일 방향으로 레이저 빔을 분할하는 렌즈와, 상기 분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계를 가지고, 상기 빔 발생장치와 상기 렌즈 사이에, 상기 방향에 수직인 경계를 레이저 빔에 형성하는 슬릿을 설치한 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 또 다른 하나는, 레이저 조사장치에 있어서, 일 방향으로 레이저 빔을 분할하는 원통형 렌즈 그룹과, 상기 분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계를 가지고, 상기 방향에서, 상기 원통형 렌즈 그룹의 폭은 분할되기 전의 레이저 빔의 최대 폭보다 좁은 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 또 다른 하나는, 레이저 조사장치에 있어서, 일 방향으로 레이저 빔을 분할하는 원통형 렌즈 그룹과, 상기 분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계를 가지고, 상기 원통형 렌즈 그룹의 원통형 렌즈의 일부를 차광시키고 있는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 일 실시형태를 도 6을 이용하여 설명한다. 도 6에는, 편의상, 선형 레이저 빔을 가공하는 장치의 폭방향에 관한 균질기만을 나타낸다.

또한, 이하의 설명에서는, 발사 시의 단면형상이 대략 직사각형인 레이저 빔을 예시하고 있으나, 본 발명의 특징은 가공되는 레이저 빔의 단면형상으로, 발사 시에 어떠한 단면형상을 갖고 있더라도 사용할 수 있다. 단, 레이저 빔의 에너지를 효율적으로 이용하기 위해서는, 원형 또는 타원형의 레이저 빔보다는 직사각형의 레이저 빔이 바람직하다.

대략 직사각형의 레이저 빔(601)의 엣지부를 슬릿(610)을 이용하여 제거하여 직사각형의 레이저 빔으로 한다. 슬릿(610)에 의해, 레이저 빔의 경계는 불규칙한 형상으로부터 직선으로 가공된다. 또한, 원통형 렌즈 그룹(603)의 분할방향(폭방향)에 수직인 직선이 얻어지도록 슬릿(610)을 배치한다.

그리고, 이 직사각형의 레이저 빔을 분할하는 광학계, 여기서는 원통형 렌즈 그룹(603)에 입사한다. 슬릿(610)은 유리, 석영계 젯빛 유리, 세라믹, 금속 등을 사용할 수 있으나, 특히 석영계 젯빛 유리에 의한 차광이 바람직하다.

왜냐하면, 석영은 레이저 빔에 의한 변질이 없으며, 반도체 제조에 유해한 물질을 발생시키기 어렵기 때문이다.

본 발명에서 이용할 수 있는 레이저 빔은 KrF, XeCl, ArF, KrCl 등의 엑시머 레이저에 한정되는 것이 아니라, Ar 레이저, YAG 레이저, CO₂ 레이저 등의 각종 레이저 빔을 이용할 수 있다. 엑시머 레이저는 펄스 발진(發振) 엑시머 레이저뿐만 아니라, 연속발광 엑시머 레이저도 이용할 수 있다.

이때, 직사각형 레이저 빔의 분할방향에 수직인 경계, 즉, 도 6에서는 직사각형의 긴 변과 원통형 렌즈 그룹의 원통형 렌즈들의 경계를 평행으로 한다. 또한, 직사각형의 짧은 변과 선방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹의 원통형 렌즈들의 경계(도시 생략)를 평행으로 한다.

원통형 렌즈 그룹(603)에 입사한 레이저 빔은 일 방향으로 분할되고, 원통형 렌즈(604)에 의해 피조사면(609)에 중첩된다. 이와 같이 하여, 고(高)에너지 밀도 영역(202) 및 저(低)에너지 밀도 영역(203)을 갖지만, 선방향으로 동일한 레이저 빔이 얻어진다.

슬릿에 의해 경계가 직선을 갖는 직사각형으로 가공된 레이저 빔이 원통형 렌즈 그룹에 입사할 때, 직사각형의 긴 변과, 폭 방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹의 원통형 렌즈들의 경계 또는 원통형 렌즈 그룹의 끝면을 일치시키고, 직사각형의 짧은 변과, 선방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹의 원통형 렌즈들의 경계 또는 원통형 렌즈 그룹의 끝면을 일치시킬 경우, 일치시키지 않는 경우에 비하여 가공된 선형 레이저 빔의 에너지 밀도가 높은 영역을 확대시킬 수 있다.

따라서, 대면적에 레이저 빔을 가공(선형일 경우는 선방향으로 길게)하는 것이 가능하여, 생산성이 향상된다. 또한, 본 명세서에 있어서 에너지 밀도가 높은 영역은, 레이저 어닐을 행하기 위해 필요한 에너지 밀도 이상의 에너지 밀도를 갖는 영역을 의미한다.

게다가, 선형 레이저 빔의 에너지 분포는 그 빔의 끝을 제외한 영역에서 거의 동일해진다. 따라서, 보다 균일한 레이저 어닐이 가능해진다.

한편, 도 6에 나타낸 바와 같이 슬릿에 의해 직사각형으로 가공된 레이저 빔이 원통형 렌즈 그룹에 입사할 때, 레이저 빔의 분할방향에 수직인 경계의 적어도 한쪽과, 원통형 렌즈 그룹의 원통형 렌즈들의 경계 또는 원통형 렌즈 그룹의 끝면이 일치되지 않을 경우, 다수의 에너지 밀도를 갖는 선형 레이저빔이 얻어진다.

또한, 다른 실시형태로서, 분할하는 광학계의 분할방향에 있어서의 폭보다도 입사하는 레이저 빔의 분할방향에 있어서의 폭을 넓게 하는 것을 들 수 있다.

도 7에 그의 일례를 나타낸다. 도 7에서, 원통형 렌즈 그룹(703)은, 종래의 경우는 불규칙한 형상의 레이저 빔이 입사하는 원통형 렌즈(7031, 7036)를, 예를 들어, 석영제 젯빔 유리로 치환함으로써 차광하여, 분할하는 광학계(원통형 렌즈(7032~7035))의 분할방향에 있어서의 폭보다도 레이저 빔의 상기 방향에 있어서의 폭을 넓게 함으로써, 입사하는 대략 직사각형의 레이저 빔(701)에 직선의 경계를 부여한다.

도 7에는, 편의상, 레이저 빔의 폭방향에 관한 균질기만을 나타냈으나, 선방향에 관해서도 동일한 구성의 분할하는 광학계를 이용하는 것이 바람직하다.

보다 간단한 방법으로서, 분할하는 광학계(703) 자체의 분할방향에 있어서의 폭보다도 입사하는 레이저 빔(701)의 분할방향에 있어서의 폭을 넓게 하는 것에서도 직선의 경계로 하는 것이 가능하다.

그리고, 분할된 레이저 빔은 원통형 렌즈(704)에 의해 피조사면(709)에 중첩된다. 이와 같이 하여 가공된 레이저 빔은 분할한 방향의 에너지 분포를 동일하게 할 수 있어, 에너지 밀도가 높은 영역을 확대시킬 수 있다.

이와 같이, 대략 직사각형의 레이저 빔의 엣지부를 제거함으로써 직사각형의 레이저 빔을 형성하나, 레이저 빔의 에너지 손실을 방지하기 위해, 제거되는 부분은 가능한 한 적게 하는 것이 바람직하다.

또한, 가능한 한 레이저 빔의 중심 부근에 있는 에너지 밀도가 큰 부분이 분할하는 광학계에 입사하도록 광학계를 배치하는 것이 바람직하다.

또한, 피조사면에서 다수의 에너지 밀도를 갖는 레이저 빔은, 분할하는 원통형 렌즈 그룹에의 입사 상태를 제어함으로써 다양한 형상을 취할 수 있다. 예를 들어, 도 9(a)에 나타낸 바와 같이, 에너지 밀도가 서로 다른 3개의 영역을 갖고, 중앙의 직사각형의 에너지 밀도가 가장 높은 볼록형의 형상, 도 9(b)에 나타낸 바와 같이, 에너지 밀도가 서로 다른 3개의 영역을 갖고, 중앙의 직사각형의 에너지 밀도가 가장 낮은 오목형의 형상, 도 9(c)에 나타낸 바와 같이, 에너지 밀도가 서로 다른 2개의 영역을 조합한 형상의 에너지 분포 등이다.

도 8은 본 발명을 이용한 레이저 조사장치의 일례이다. 빔 발생장치(801)로부터 조사된 대략 직사각형의 레이저 빔은 반사거울(802)을 통하여 광학계(803, 808)에 의해 선형으로 가공된다.

반사거울(807)은 레이저 빔의 방향을 피쳐리기관(809)의 방향으로 반사시킨다. 반사거울(807)은 반드시 필요하지는 않지만, 레이저 조사장치를 소형화하기 위해 설치했다. 반사거울(807)을 설치하지 않는 광학계의 예는 도 21에, 반사거울의 반입(搬入) 위치를 변화시킨 광학계의 예는 도 22에 나타냈다.

그리고, 피쳐리기관(809)을 보유한 조사 스테이지(805)는 선형 레이저 빔의 폭방향에 대하여 이동할 수 있다. 도 8에 나타낸 레이저 조사장치에서는, 조사 스테이지가 이동하는 구조이지만, 선형 레이저 빔이 이동하는 구조도 가능하다.

그러나, 선형 레이저 빔을 이동시킬 경우, 에너지 분포가 변화되기 쉬워져, 불균일한 레이저 어닐로 될 우려가 있다. 따라서, 조사 스테이지를 이동시키는 것이 바람직하다.

광학계(803)는 레이저 빔을 선방향으로 가공하는 광학계와 폭방향으로 분할하는 광학계를 포함한다. 또한, 광학계(808)는 폭방향으로 분할된 레이저 빔을 동일 면에서 중첩시키는 역할을 수행한다.

반사거울(802)의 역할을 이하에 기재한다. 빔 발생장치(801)로부터 사출되는 레이저 빔의 방향은 레이저 조사장치의 정비시에 미묘하게 변화된다. 따라서, 레이저 빔을 광학계(803)에 설치되어 있는 렌즈에 대하여 수직이며 평행한 광선으로서 직접 입사시키는 것은 어렵다.

따라서, 반사거울(802)을 빔 발생장치의 사출구에 배치시키고, 반사거울(802)의 각도를 조절함으로써 레이저 빔의 방향을 미세하게 조절할 수 있도록 했다. 그 결과, 광학계(803)에 레이저 빔을 대략 평행하게 입사시킬 수 있었다.

이상, 선형 레이저 빔으로 가공하는 빔 균질기와 그 빔 균질기를 이용한 레이저 조사장치를 나타냈다.

게다가, 상기 빔 균질기는, 선형뿐만 아니라 중형비가 100 이하인 직사각형 또는 정사각형으로 레이저 빔을 가공할 때도 응용할 수 있다.

이러한 레이저 조사장치에서, 레이저 빔을 분할하는 광학계와 빔 발생장치 사이에 도 6에 나타낸 바와 같은 슬릿(610)을 설치하고, 대략 직사각형의 레이저 빔의 엣지부를 제거하여, 경계가 직선인 직사각형의 레이저 빔으로 한다.

또한, 슬릿(610)에 의해 모든 엣지부를 제거하고, 직사각형으로 하는 것 이외에, 정사각형으로 하는 것도 가능하다. 또한, 슬릿에 의해 엣지부의 일부만을 제거하는 것도 가능하다. 그때, 후술하는 바와 같이, 선형 레이저 빔으로 가공하는 경우는, 적어도 폭방향으로 분할하는 광학계에의 불규칙한 형상의 레이저 빔의 입사는 제거할 필요가 있다.

또한, 분할하는 광학계에의 불규칙한 형상의 레이저 빔의 입사를 제거하는 수단으로서, 슬릿(610) 대신에, 분할하는 광학계의 분할방향에 있어서의 폭보다도 입사하는 레이저 빔의 분할방향에 있어서의 폭을 넓게 하는 방법이 있다. 그 일례로서, 도 7에 나타낸 바와 같이, 원통형 렌즈 그룹의 일부의 원통형 렌즈를 차광하는 방법이 있다.

이 방법에서는, 폭방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹과 선방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹 모두에 적용하는 것이 바람직하나, 선형 레이저 빔을 형성하는 경우에는, 적어도 폭방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹에 대하여 적용할 필요가 있다.

선형 레이저 빔에 있어서, 적어도 폭방향으로 분할하는 광학계에의 불규칙한 형상의 레이저 빔의 입사는 제거해야만 한다. 그 이유는, 레이저 어닐을 행할 때, 선형 레이저 빔은 선방향에 직교하는 방향, 즉, 폭방향으로 피조사기관을 상대적으로 이동시키기 때문에, 폭방향의 에너지 분포의 차이는 기관 전면(全面)에 대하여 불균일한 레이저 어닐로 된다.

한편, 선방향으로 분할하는 광학계에의 불규칙한 빔의 입사는 선형 레이저 빔의 중앙부분의 에너지 분포에는 그다지 영향을 미치지 않기 때문에, 그 중앙부분만을 사용할 경우, 산업상 이용하는 것은 가능하다.

직사각형 또는 정사각형 레이저 빔을 이용하여 피조사면을 주사할 경우에 있어서, 직사각형 또는 정사각형 레이저 빔의 한 변의 길이(직사각형의 경우는 긴 변의 길이)가 기관의 짧은 변의 길이보다도 길 경우, 선형 레이저 빔과 동일하게 일 방향으로 1회 주사하는 것만으로도 레이저 어닐은 완료된다.

그러나, 직사각형 또는 정사각형 레이저 빔의 긴 변 방향의 길이가 기관의 짧은 변의 길이보다도 짧은 경우는, 직사각형 또는 정사각형 레이저 빔을 다수 회의 주사를 행할 필요가 있기 때문에, 조사 스테이지의 이동기구도 복잡해진다.

피조사기관은 유리기관에 한정되는 것이 아니라, 석영기관, 세라믹 기관, 반도체 기관, 플라스틱 기관, 유기(有機)수지 기관 등을 이용하는 것이 가능하다. 특히, 고온에 약한 유리기관, 플라스틱 기관, 유기 수지 기관에 레이저 어닐을 이용하는 것은 효과적이다.

본 발명을 이용한 레이저 빔의 용도의 일례는 비정질, 다결정, 미결정 등의 결정구조를 갖는 피막의 결정화 또는 결정성 향상이다. 결정성 향상은, 라만 분광(分光) 분석 등에 의해 확인되는 피막의 결정구조가 단결정에 보다 가까워지는 것이나, 본 발명자는, 라만 분광 분석의 결과와는 별도로 레이저 어닐에 의해 피막의 전계효과 이동도가 증가하는 것을 발견했으며, 이 전계효과 이동도의 증가도 포함하여 결정성 향상이라고 부른다.

게다가, 피막 중에 첨가된 불순물의 활성화, 이온 주입 등에 의한 피막의 결정구조의 흐트러짐을 회복시키기 위한 레이저 어닐 등에 이용할 수 있다.

이러한 용도를 전제로 할 경우, 특히 실리콘을 주성분으로 하는 피막에 본 발명은 효과적이거나, 본 발명의 피조사 피막이 특정한 막에 한정되는 것은 아니다.

실리콘을 주성분으로 하는 피막을 결정화하는 용도에 YAG 레이저를 사용하는 경우는, 제2 내지 제4 고조파 중의 적어도 하나를 포함하는 파장을 이용한다. 또한, 불순물의 활성화 및/또는 레이저 어닐의 용도에 YAG 레이저를 사용하는 경우는, 기본파 내지 제4 고조파 중의 하나 또는 다수를 포함하는 파장을 이용한다.

이하의 실시예에서 나타내는 것은 본 발명의 일례로서, 본 발명을 실시예에 한정시키는 것은 아니다. 예를 들어, 분할하는 광학계에 반(半)원통형 렌즈 그룹을 이용하여 구면수차(球面收差)의 영향을 완화시키고, 피조사면에서의 에너지 분포의 단부(端部)가 수직인 단면 형상을 가지는 레이저 빔을 가공하는데 이용하는 것도 가능하다.

[실시예 1]

도 10은 비정질 규소막에 대하여, 도 8의 레이저 조사장치를 이용하여 선형으로 가공된 레이저 빔을 1쇼트 조사한 상태를 나타내는 광학현미경 사진이다. 사진 중앙에 레이저 빔의 조사 흔적이 확인된다.

도 10은, 파장이 308nm인 XeCl 엑시머 레이저를 도면의 좌우방향으로 연장되는 폭 500 μ m의 선형 레이저 빔으로 하고, 이것을 비정질 규소막에 조사한 경우의 것이다.

도 10에서 사용한 선형 레이저 빔은, 폭방향 및 선방향으로 분할하는 광학계로서 이용한 석영제 원통형 렌즈 그룹의 원통형 렌즈의 일부를 석영제 젓빛 유리로 치환한 광학계를 사용하여 가공하였다. 그리고, 불규칙한 형상의 레이저 빔이 분할하는 광학계에 입사하는 것을 방지하였다.

도 10으로부터, 대략 직사각형의 레이저 빔의 엣지부를 제거함으로써, 선형 레이저 빔의 선방향의 에너지 분포가 동일하게 되어 있는 것이 확인된다.

도 11은 도 10을 모식적으로 나타낸 도면이다. 도 11에 나타낸 바와 같이, 선형 레이저 빔(1101)에 의해 형성되는 고에너지 밀도 영역(1102)과 저에너지 밀도 영역(1103)의 경계가 직선이고, 폭방향의 에너지 분포의 단면형상이 모두 동일함을 알 수 있다. 또한, 본 실시예에 있어서, 영역(1103)이 생기는 원인은 렌즈의 가공 정밀도 또는 위치결정의 정밀도에 있다.

그러나, 도 1 및 도 2에 비하여, 고에너지 밀도 영역(1102)이 상당히 넓게 되어 있기 때문에, 보다 균일한 레이저 어닐이 가능하다.

[실시예 2]

본 실시예에서는, 다결정 규소막을 제작할 때, 레이저 어닐을 사용하는 예를 나타낸다. 먼저, 레이저 조사되는 막의 제작 방법을 나타낸다. 레이저 조사되는 막은 본 실시예에서는 다음의 3종류의 막을 나타낸다. 본 발명은 어떠한 막에 대해서도 효과적이다.

먼저, 3종류의 어느 막도, 기관으로서, 127 mm 제곱의 코닝 1737 유리 기관 상에, 기관으로부터의 불순물의 확산을 방지하기 위한 하지막으로서 질화규소막을 실란과 암모니아를 원료가스로 사용한 플라즈마 CVD법에 의해 200 nm 이상의 두께로 성막하고, 열처리를 실시하여 막질(膜質)을 향상시켰다.

게다가, 제 2 하지막과 비정질 규소막을 플라즈마 CVD법을 이용하여 연속성막(앞 단계의 성막 후, 대기에 노출시키지 않고 다음 성막을 행하는 것)한다. 제 2 하지막으로서 산화규소막(SiOx), 질화규소막(SiNx), 질화산화규소막(SiOxNy)을 10~100nm, 본 실시예에서는 산화규소막을 50nm의 두께로 형성했다. 비정질 규소막은 10~100nm, 본 실시예에서는 50nm의 두께로 성막한다. 이하, 상기 비정질 규소막을 출발막이라고 부른다.

(막 A의 제작 순서)

출발막을 450℃의 열욕(熱浴)에 1시간 노출시킨다. 본 공정은 비정질 규소막 중의 수소 농도를 감소시키기 위한 것이다. 막 중의 수소가 지나치게 많을 경우, 막이 레이저 에너지를 견딜 수 없기 때문에 본 공정이 요구된다.

막 내의 수소 밀도는 10^{20} 원자/cm³가 적당하다. 이 탈(脫)수소화된 비정질 규소막을 비(非)단결정 규소막 A라고 부른다.

(막 B의 제작 순서)

10 ppm의 니켈 아세테이트 수용액이 스핀 코팅법에 의해 출발막 상에 도포되어, 니켈 아세테이트 층이 형성된다. 니켈 아세테이트 수용액에는 계면활성제를 첨가하는 것이 보다 바람직하다. 니켈 아세테이트 층은 극히 얇기 때문에, 막 형상으로 되어 있다고 단정할 수는 없지만, 이후의 공정에서 문제는 없다.

다음으로, 상기와 같이 하여 각 막이 적층된 기관에 600℃에서 4시간의 열 어닐을 실시한다. 그리하면, 비정질 규소막이 결정화되어, 결정성 규소막인 비단결정 규소막 B가 형성된다.

이때, 촉매원소인 니켈이 결정성장의 핵의 역할을 수행하여, 결정화가 촉진된다. 600℃에서 4시간이라는 저온 및 단시간으로 결정화를 행할 수 있는 것은 니켈의 기능에 의한 것이다. 상세한 설명은 일본국 공개특허공고 평6-244104호 공보에 기재되어 있다.

촉매원소의 농도는 1×10^{15} 내지 1×10^{19} 원자/cm³로 하는 것이 바람직하다. 1×10^{19} 원자/cm³ 이상의 높은 농도에서는 결정성 규소막에 금속적 성질이 나타나, 반도체로서의 특성이 소멸된다. 본 실시예에 있어서, 결정성 규소막 중의 촉매원소의 농도는 1×10^{17} 내지 1×10^{18} 원자/cm³이다. 이들의 값은 2차 이온 질량 분석법(SIMS)에 의해 분석 및 측정된 것이다.

(막 C의 제작 순서)

출발막의 위로부터 다시 산화규소막을 70nm의 두께로 성막한다. 성막방법은 플라즈마 CVD법을 사용한다.

다음으로, 그 산화규소막의 일부를 포토리소그래피 패터닝 공정에 의해 개구부를 형성한다.

게다가, 그 개구부에 산화박막을 형성하기 위해, 산소분위기 중에서 UV광을 5분간 조사한다. 상기 산화박막은 나중에 도입하는 니켈 수용액에 대한 상기 개구부의 습윤성 개선을 위해 형성되는 것이다.

다음으로, 100ppm의 니켈 아세테이트 수용액이 스핀 코팅법에 의해 해당 막 상에 도포되고, 니켈 아세테이트가 상기 개구부에 들어간다. 니켈 아세테이트 수용액에는 계면활성제를 첨가시키는 것이 보다 바람직하다.

다음으로, 600℃에서 8시간의 열 어닐이 실시되고, 니켈 도입 부분으로부터 횡방향으로 결정이 성장하게 된다. 이때, 니켈이 수행하는 역할은 막 B와 동일한 것이다. 이 조건에서는 횡성장 양으로서 40 μ m 정도가 얻어진다.

이와 같이 하여 비정질 규소막이 결정화되고, 결정성 규소막인 비단결정 규소막 C가 형성된다. 그후, 비단결정 규소막 C 상의 산화규소막을 버퍼 플루오르산을 이용하여 박리(剝離)제거한다.

이와 같이 하여 얻어지는 비단결정 규소막 A, B, C에 엑시머 레이저를 이용한 레이저 어닐을 행한다.

도 8에 본 실시예에 있어서의 레이저 조사장치를 나타낸다. 도 8은 레이저 조사장치의 개관이다.

도 8에서, 레이저 빔은 빔 발생장치(801)로부터 조사되고, 반사거울(802)에 의해 레이저 빔의 진행방향을 조정한 후, 광학계(803, 808)에 의해 단면 형상이 선형으로 가공된다. 반사거울(807)은 레이저 빔을 반사시켜, 피처리 기관(809)에 레이저 빔을 조사한다. 반사거울(802)들 사이에는 레이저 빔의 확장 각도를 억제하는 동시에, 빔의 크기를 조정할 수 있는 빔 확장기(expander)를 삽입하여도 좋다.

그리고, 피처리기관(809)을 유지하고 있는 조사 스테이지(805)는, 선형 레이저 빔의 폭방향으로 이동될 수 있다.

본 실시예에서의 광학계(803)는, 분할하는 광학계와 빔 발생장치 사이에서, 분할하는 광학계의 바로 앞에 도 6에 나타난 바와 같이 슬릿(610)을 설치하여, 입사하는 레이저 빔의 엣지부를 제거하여 직사각형으로 한다.

이러한 장치를 이용하여 다음과 같은 레이저 빔의 가공을 행하였다.

빔 발생장치(801)는, 여기서는 XeCl 엑시머 레이저(파장 308nm)를 발진시키는 것을 사용한다. 그밖에도, KrCl(파장 222nm) 등의 엑시머 레이저를 이용할 수도 있고, Ar 레이저, 제2 내지 제4 고조파 중의 적어도 하나를 포함한 YAG 레이저 등도 이용할 수 있다.

빔 발생장치로부터 사출(射出)된 레이저 빔은, 분할하는 광학계의 바로 앞에서는 대략 15 mm \times 45 mm의 크기로 되어 있다.

분할하는 광학계의 바로 앞에 배치된 슬릿은 12 mm \times 35 mm이고, 레이저 빔의 엣지부를 제거하여 직사각형으로 했다.

그리고, 직사각형의 레이저 빔의 분할방향에 수직인 끝변과, 분할하는 원통형 렌즈 그룹의 원통형 렌즈들의 경계를 평행으로 했다.

선방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹은, 각 원통형 렌즈의 폭이 5 mm인 합성석영으로 이루어진 원통형 렌즈를 7단 병렬로 배열시킨 원통형 렌즈 그룹을 사용했다.

또한, 폭방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹은, 각 원통형 렌즈의 폭이 2 mm인 합성석영으로 이루어진 원통형 렌즈를 6단 병렬로 배열시킨 원통형 렌즈 그룹을 사용했다.

원통형 렌즈 그룹은 그의 중심이 입사하는 레이저 빔의 중심과 일치하도록 배치되었다.

이와 같이 하여 분할된 레이저 빔은 중첩시키기 위한 광학계를 거쳐, 피처리 기관(809) 상에 폭 0.1 내지 1mm, 길이 100 내지 300 mm의 크기로 가공된다. 본 실시예에서는, 폭 0.4 mm, 길이 135 mm의 크기를 갖는 선형 레이저 빔을 얻었다.

여기서, 직사각형 레이저 빔의 짧은 변과 원통형 렌즈 그룹의 선방향의 단부를 일치시켰다. 또한, 직사각형 레이저 빔의 긴 변과 원통형 렌즈 그룹의 폭방향의 단부를 일치시켰다. 따라서, 피조사면에 있어서의 레이저 빔의 에너지 분포의 단면형상이 직사각인 레이저 빔을 얻을 수 있었다.

다음으로, 도 12에 나타난 장치를 설명한다. 반입/반출실(1205)에 피처리 기관(809)이 다수 매, 예를 들어, 20매 수납된 카세트(1203)가 배치된다. 로봇 암(1204)에 의해, 카세트(1203)로부터 1매의 기관이 얼라인먼트(alignment) 실(1202)로 이동된다.

얼라인먼트 실(1202)에는, 피처리 기관(809)과 로봇 암(1204)과의 위치관계를 수정하기 위한 얼라인먼트 기구가 배치되어 있다.

기관은 로봇 암(1204)에 의해 기관 반송실(1201)로 운반되고, 로봇 암(1204)에 의해 레이저 조사실(1206)로 이송된다.

도 8에 있어서, 피처리기관(809) 상에 조사되는 선형 레이저 빔은 폭 0.4mm × 길이 135mm이다.

피조사면에 있어서의 레이저 빔의 에너지 밀도는 100 mJ/cm² 내지 500 mJ/cm²의 범위이며, 본 실시예에서는 350 mJ/cm²로 한다. 조사 스테이지(805)를 1.2mm/s로 일 방향으로 이동시키면서 행함으로써, 선형 레이저 빔을 주사시킨다.

레이저의 발진 주파수는 30 Hz로 하고, 피조사물의 1개 지점에 주목할 경우, 10쇼트의 레이저 빔이 조사된다. 상기 쇼트 수는 5 내지 50쇼트의 범위에서 적당히 선택한다.

레이저 조사 종료 후, 피처리 기관(809)은 로봇 암(1204)에 의해 기관 반송실(1201)로 되돌아간다.

그리고, 피처리 기관(809)은 로봇 암(1204)에 의해 반입/반출실(1205)로 이송되어, 카세트(1203)에 수납된다.

이와 같이 하여, 레이저 어닐 공정이 종료된다. 이와 같이 하여, 상기 공정을 반복함으로써, 다수의 기관에 대하여 연속적으로 1개씩 처리할 수 있다.

도 12의 레이저 조사 시스템에서, 장치의 공간절약을 위해 반입/반출실(1205)은 하나의 챔버로 겸하고 있으나, 생산성을 향상시키기 위해 반출실을 별도로 설치하는 구성으로 할 수도 있다.

그 경우, 기관 반송실(1201)에 제2 얼라인먼트 실을 설치하고, 제2 얼라인먼트 실에 접속된 반출실을 설치하는 구성에서도 생산성은 향상되나, 레이저 조사실(1206)에 제2 기관 반송실을 설치하고, 레이저 조사 종료 후의 피처리 기관을 제2 기관 반송실의 로봇 암에 의해 제2 얼라인먼트 실 및 반출실로 이송하는 구성으로 하면 더욱 효과적이다.

본 실시예에는 선형 레이저 빔을 사용했으나, 선형에서부터 정사각형에 이르기까지 어떠한 빔 형상을 본 발명에 사용하여도 본 발명이 특징으로 하는 효과가 얻어진다.

이 레이저 조사장치를 이용하여, 비단결정 규소막 A, B, C를 레이저 어닐한 결과, 비단결정 규소막 A는 기관 전면에 균일하게 레이저 결정화된 다결정 규소막을 얻을 수 있었다.

또한, 비단결정 규소막 B 및 C는, 기관 전면의 규소막의 결정성이 향상되어, 레이저 어닐 전에 비하여 높은 전계효과 이동도를 갖는 다결정 규소막을 얻을 수 있었다.

본 실시예에 의해 얻어진 다결정 규소막을 액정표시장치 또는 유기 EL 표시장치의 스위칭 소자로서 기능하는 TFT의 소스, 드레인, 채널 영역을 포함한 반도체층으로서 이용한 경우, 종래와 비교하여 레이저의 가공 흔적이 두드러지게 나타나지 않게 되었다.

[실시예 3]

본 실시예에서는, 대략 직사각형의 레이저 빔의 엡지부를 제거하는 방법으로서, 분할하는 광학계인 원통형 렌즈 그룹의 불규칙한 형상의 레이저 빔이 입사하는 원통형 렌즈를 차광시켰다.

실시예 2에 나타난 방법을 채용할 경우, 직사각형 슬릿의 짧은 변과 긴 변을, 분할하는 각 방향에 평행하게 배치할 필요가 있고, 배치의 어긋남에 의해 분할하는 광학계에의 불규칙한 형상의 레이저 빔의 입사가 발생할 우려가 있다. 그러나, 본 실시예에서는, 분할하는 광학계의 불규칙한 형상의 레이저 빔이 입사하는 원통형 렌즈를 차광시키기 때문에, 상기의 문제를 해소시킬 수 있다.

본 실시예에서는, 실시예 2의 레이저 조사장치에 있어서, 슬릿(601)을 제거하고, 원통형 렌즈 그룹의 일부의 원통형 렌즈를 차광시킨 구성을 갖는 레이저 조사장치를 사용했다.

빔 발생장치로부터 사출된 레이저 빔은, 분할하는 광학계의 바로 앞에서는 대략 15 mm × 45 mm의 크기로 되어 있다.

폭방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹은, 각 원통형 렌즈의 폭이 2 mm인 합성석영으로 이루어진 원통형 렌즈를 8단 병렬로 배열시킨 원통형 렌즈 그룹을 사용했다. 그리고, 원통형 렌즈 그룹은, 그의 중심이 입사하는 레이저 빔의 중심과 일치하도록 배치되고, 그 양끝의 원통형 렌즈를 석영제 젓빛 유리에 의해 차광시켜, 입사하는 레이저 빔의 폭방향의 엷지부를 제거할 수 있었다.

선방향으로 분할하는 원통형 렌즈 그룹은, 각 원통형 렌즈의 폭이 6 mm인 합성석영으로 이루어진 원통형 렌즈를 9단 병렬로 배열시킨 원통형 렌즈 그룹을 사용했다. 그리고, 원통형 렌즈 그룹은, 그의 중심이 입사하는 레이저 빔의 중심과 일치하도록 배치되고, 그 양끝의 원통형 렌즈를 석영제 젓빛 유리에 의해 차광시켜, 입사하는 레이저 빔의 선방향의 엷지부를 제거할 수 있었다.

이와 같이 하여, 본 실시예에서는 그 분할하는 방향에 관하여, 분할하는 광학계의 폭을 입사하는 레이저 빔의 폭보다도 짧게 함으로써, 엷지부의 제거를 행하였다.

본 실시예에서는, 원통형 렌즈 그룹의 양끝의 원통형 렌즈를 차광시키는 구성으로 했으나, 그 분할하는 방향에 관하여, 원통형 렌즈 그룹의 폭이 입사하는 레이저 빔의 폭보다도 짧은 원통형 렌즈 그룹을 사용할 수도 있다. 그때, 원통형 렌즈 그룹의 주위에는, 입사하지 않은 레이저 빔을 차광시키기 위해 차광판을 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 차광판에 의해 원통형 렌즈 그룹을 지지하여도 좋다.

이와 같이 하여 분할된 레이저 빔은 중첩시키기 위한 광학계를 거쳐, 피처리기관 상에 폭 400 μ m, 길이 13.5cm의 크기로 가공했다.

이 레이저 조사장치를 이용하여, 비단결정 규소막 A, B, C를 레이저 어닐한 결과, 비단결정 규소막 A는 기관 전면에 균일하게 레이저 결정화된 다결정 규소막을 얻을 수 있었다.

또한, 비단결정 규소막 B 및 C는, 기관 전면의 규소막의 결정성이 향상되어, 레이저 어닐 전에 비하여 높은 전계효과 이동도를 갖는 다결정 규소막을 얻을 수 있었다.

본 실시예에 의해 얻어진 다결정 규소막을 액정표시장치 또는 유기 EL 표시장치의 스위칭 소자로서 기능하는 TFT의 소스, 드레인, 채널 영역을 포함한 반도체층으로서 이용한 경우, 종래와 비교하여 레이저의 가공 흔적이 두드러지게 나타나지 않게 되었다.

[실시예 4]

본 실시예에서는, 레이저 빔의 폭보다도 짧은 원통형 렌즈 그룹을 이용하여, 레이저 빔을 분할하고, 불규칙한 형상의 레이저 빔이 입사하는 원통형 렌즈를 없앴다.

또한, 본 실시예의 레이저 조사장치는, 폭방향의 빔 균질기의 광학계에 조합 원통형 렌즈 그룹을 이용하여 렌즈의 수차를 감소시킨 구성을 채용하고 있다. 이러한 구성을 채용함으로써, 선형 레이저 빔의 피조사면에 있어서의 폭방향의 에너지 분포의 퇴색 영역을 25 μ m 이하로 하여, 그의 엷지를 수직에 근접시킬 수 있다. 퇴색 영역은 최대 에너지의 90 내지 95%인 영역을 가리킨다.

도 8에 본 실시예에 있어서의 레이저 조사장치를 나타낸다. 도 8은 레이저 조사장치의 개관이다.

도 8에서, 레이저 조사장치는, 레이저 빔 발생장치(801)로부터 조사되고, 반사거울(802)에 의해 레이저 빔의 진행방향을 조정한 후, 광학계(803, 808)에 의해 단면형상이 선형으로 가공된다. 반사거울(807)은 레이저 빔을 반사시켜, 피처리기관(809)에 레이저 빔을 조사한다. 반사거울(802)들 사이에는, 레이저 빔의 확장 각도를 억제하는 동시에, 빔의 크기를 조정할 수 있는 빔 확장기(expander)를 삽입하여도 좋다.

그리고, 피처리 기관(809)을 보유하고 있는 조사 스테이지(805)는 선형 레이저 빔의 폭방향으로 이동될 수 있다.

본 실시예에 있어서의 광학계(803), 반사거울(807), 원통형 렌즈(808)는 도 13에 나타난 구조이다.

도 13에서, 입사한 레이저 빔은 원통형 렌즈 그룹(1402)에 의해 선방향으로 분할되고, 볼록 메니스커스(meniscus) 원통형 렌즈와 평볼록 원통형 렌즈와의 조합 원통형 렌즈 그룹(1403)에 의해 폭방향으로 분할된다.

본 실시예에서는, 폭방향으로 레이저 빔을 분할하는 광학 렌즈로서 도 13에 나타난 구조를 사용했으나, 다른 조합 원통형 렌즈 그룹을 사용하여도, 비구면(非球面)으로 가공하여 수차를 거의 없앤 원통형 렌즈 그룹을 사용하여도 퇴색 영역을 작게 하는 것이 가능하며, 엣지를 수직에 가깝게 할 수 있다.

그리고, 트리플렛(triplet) 타입의 대칭형 렌즈로 이루어진 광학렌즈(1404)에 의해 분할된 레이저 빔을 중첩시켜 균일화하고, 슬릿(1405)과 원통형 렌즈(1406)를 거쳐, 테사(Tessar) 타입의 대칭형 렌즈로 이루어진 광학렌즈(1408)에 의해 레이저 빔을 폭방향에 관하여 피처리기관(1409)에 중첩시킨다.

본 실시예에서는, 광학 렌즈(1404, 1408)에 대칭형 렌즈를 사용했으나, 다른 조합 렌즈를 사용하여도 좋고, 비구면 렌즈로서 수차를 거의 없앤 구성으로 하여도 좋다.

또한, 슬릿(1405)은 반드시 필요하지는 않으며, 선형 레이저 빔의 폭을 미세하게 조절할 때에 사용했다.

이러한 장치를 이용하여 다음과 같은 레이저 빔의 가공을 행하였다.

레이저 빔 발생장치(801)는, 여기서는 XeCl 엑시머 레이저(파장 308nm)를 발진시키는 것을 사용했다. 그밖에도, KrF 엑시머 레이저(파장 248nm), ArF(파장 193nm), KrCl(파장 222nm) 등을 이용할 수도 있다.

레이저 발생장치로부터 사출된 레이저 빔의 폭방향의 길이는 대략 16 mm 정도였다. 그 레이저 빔을 폭방향으로 분할하는 광학 렌즈에 입사시킨다.

광학렌즈는, 각 렌즈의 폭이 2mm인 합성석영으로 이루어진 원통형 렌즈를 7단 병렬로 배열시킨 원통형 렌즈 그룹에, 마찬가지로 2mm 폭의 합성석영으로 이루어지며, 요철(凹凸)면을 갖는 원통형 렌즈를 7단 병렬로 배열시킨 원통형 렌즈 그룹을 조합시킨 구성(1403)을 사용했다. 도 13 중에서는 광학렌즈가 4단만 기재되어 있으나, 이것은 도면을 간략화시켰기 때문이다.

상기와 같이 광학렌즈는, 입사하는 레이저 빔의 폭 16 mm보다도 작은 14 mm의 폭만이 있고, 입사한 레이저 빔의 단부는 사용하고 있지 않다.

입사한 레이저 빔의 단부는 불균일한 에너지를 갖고 있고, 균일성을 높이기 위해 레이저 빔의 단부는 사용하지 않는 것이 바람직하다.

이와 같이 하여 폭방향으로 분할된 레이저 빔은 광학렌즈(1404) 및 광학렌즈(1408)를 거쳐, 기관 상에 폭 300 내지 1000 μm 로 가공된다. 레이저 빔의 폭은, 광학렌즈(1404)와 광학렌즈(1408) 사이의 거리를 조절함으로써 변화시킬 수 있다.

이와 같이 하여 가공된 선형 레이저 빔은, 폭방향에 관하여, 렌즈의 수차의 영향을 거의 받지 않기 때문에, 에너지 분포의 엣지가 수직인 선형 레이저 빔으로 된다.

본 실시예에 있어서, 피처리기관(809) 상에 조사되는 선형 레이저 빔은 폭 0.4mm \times 길이 135mm이다.

피조사면에 있어서의 레이저 빔의 에너지 밀도는 100 mJ/cm^2 내지 500 mJ/cm^2 의 범위이며, 본 실시예에서는 350 mJ/cm^2 로 했다. 조사 스테이지(805)를 1.2mm/s 로 일 방향으로 이동시키면서 행함으로써, 선형 레이저 빔을 주사시켰다.

레이저의 발진 주파수는 30 Hz 로 하고, 피조사물의 1개 지점에 주목할 경우, 10쇼트의 레이저 빔이 조사된다. 상기 쇼트 수는 5 내지 50쇼트의 범위에서 적당히 선택한다.

이와 같이 하여, 레이저 어닐 공정이 종료된다. 이와 같이, 상기 공정을 반복함으로써, 다수의 기판에 대하여 연속적으로 1개씩 처리할 수 있다.

본 실시예에는 선형 레이저 빔을 사용했으나, 선형에서부터 정사각형에 이르기까지 어떠한 빔 형상을 본 발명에 사용하여도 본 발명이 특징으로 하는 효과가 얻어진다.

이 레이저 조사장치를 이용하여, 비단결정 규소막 A, B, C를 레이저 어닐한 결과, 비단결정 규소막 A는 기판 전면에 균일하게 레이저 결정화된 다결정 규소막을 얻을 수 있었다.

또한, 비단결정 규소막 B 및 C는, 기판 전면의 규소막의 결정성이 더욱 촉진되어, 높은 이동도를 갖는 다결정 규소막을 얻을 수 있었다.

또한, 광학 렌즈에 조합 렌즈를 사용함으로써, TFT의 특성이 주기적으로 불규칙하게 분포되는 줄무늬 현상을 방지하는 것이 가능하다. 종래의 광학계와 비교한 줄무늬의 방지는, 본 실시예에서 얻어진 규소막을 화소 스위칭 소자에 이용한 액티브 매트릭스형 액정표시장치 또는 유기 EL 표시장치로 했을 때에 현저하게 확인할 수 있다.

본 실시예에서는, 광학렌즈(1404, 1408)에 대칭형 렌즈를 사용했으나, 다른 조합 렌즈를 사용하여도 좋고, 비구면 렌즈로서 수차를 거의 없앤 구성으로 하여도 좋다.

본 실시예에서는, 광학렌즈(1404) 및 광학렌즈(1408)에 조합 렌즈를 이용하여 수차를 감소시켰으나, 광학렌즈(1408)만을 조합 렌즈로 하고, 광학렌즈(1404)에는 원통형 렌즈 단체(單體)로 하여도 줄무늬 형성을 완화시키는 것이 가능했다.

상기 레이저 어닐된 규소막을 활성층으로 하는 TFT를 제작할 경우, N채널형과 P채널형을 모두 제작할 수 있다.

또한, N채널형과 P채널형을 조합시킨 구조도 얻는 것이 가능하다. 또한, 다수의 TFT를 집적화하여 전기회로를 구성할 수도 있다.

상기 비단결정 규소막 A, B, C는 평탄한 유리기판에 설치되어 있으나, 비단결정 규소막 A, B, C의 피형성면이 배선 등에 의해 요철형상으로 되더라도 본 레이저 어닐은 효과적이다.

본 발명의 광학계를 통하여 레이저 어닐된 반도체막을 이용하여, TFT를 갖는 액정표시장치 또는 유기 EL 표시장치를 제작한 경우, 각각의 TFT 특성의 편차가 적은 고화질의 것을 얻을 수 있다.

이상의 것은, 다른 실시예에서 나타낸 광학계를 통하여 레이저 어닐된 반도체막에 대해서도 적용할 수 있다.

[실시예 5]

본 실시예에서는, $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 의 정사각형으로 가공된 레이저 빔을 사용하여 비단결정 규소막 A, B, C를 레이저 어닐한다.

정사각형으로 가공하기 위한 광학계를 도 14에 나타낸다. 입사 레이저 빔의 방향은 원통형 렌즈 그룹(1302) 및 반원통형 렌즈 그룹(1303)에 대하여 수직인 것이 바람직하다.

입사 레이저 빔은 원통형 렌즈 그룹(1302)에 의해 X축 방향으로 분할되고, 반원통형 렌즈 그룹(1303)에 의해 Y축 방향(X축 방향과 Y축 방향은 선형 레이저 빔에서 말하는 선방향과 폭방향에 대응한다)으로 분할된다.

그리고, 분할된 레이저 빔은 원통형 렌즈(1306)에 의해 X축 방향에 관하여 피쳐리면(1309)에서 중첩되고, 원통형 렌즈(1304)에 의해 Y축 방향에 관하여 피쳐리면(1309)에서 중첩된다.

또한, 본 실시예에서 사용하는 레이저 조사장치는, 조사 스테이지가 X축 방향 및 Y축 방향의 2방향으로 이동하는 수단을 가지고 있다.

이상의 광학계를 이용하여, 레이저 빔을 피쳐리 기관에서 10 mm × 10 mm의 정사각형으로 가공하고, 비단결정 규소막 A, B, C를 레이저 어닐한다. 피조사면에서의 레이저 빔의 에너지 밀도는 350 mJ/cm²로 했다.

그 결과, 비단결정 규소막 A는 기관 전면이 거의 균일하게 레이저 결정화된 다결정 규소막을 얻을 수 있었다.

또한, 비단결정 B 및 C는 기관 전면의 규소막의 결정성이 향상되어, 레이저 어닐 전에 비하여 높은 전계효과 이동도를 갖는 다결정 규소막을 얻을 수 있었다.

[실시예 6]

본 실시예에 대해서 도 15 내지 도 18을 이용하여 설명한다. 여기서는, 실시예 1 내지 실시예 3에서 얻어진 반도체막을 이용하는 액정표시장치의 화소부와 그의 주변에 설치되는 구동회로를 동시에 제작하는 방법에 대해서 설명한다. 단, 설명을 간단하게 하기 위해, 구동회로에 관해서는 시프트 레지스터 회로, 버퍼 회로 등의 기본회로인 CMOS 회로와, 샘플링 회로를 형성하는 n채널형 TFT를 도시하는 것으로 한다.

도 15(A)에서, 기관(3100)에는 유리 기관 또는 석영 기관을 사용하는 것이 바람직하다. 그밖에도, 규소 기관, 금속 기관, 스테인레스 기관의 표면에 절연막을 형성한 것을 기관으로 할 수도 있다. 내열성이 허용될 경우는 플라스틱 기관을 사용할 수도 있다.

그리고, 기관(3100)의 TFT가 형성되는 표면에는, 규소(실리콘)를 포함하는 절연막(본 실시예 중에서는 산화규소막, 질화규소막, 질화산화규소막의 총칭을 가리킨다)으로 이루어진 하지막(3101)을 플라즈마 CVD법 또는 스퍼터링법에 의해 100~400 nm의 두께로 형성한다. 또한, 본 실시예에서 질화산화규소막이란, SiO_xN_y로 표시되는 절연막으로서, 규소, 산소, 질소를 소정의 비율로 포함하는 절연막을 가리킨다.

본 실시예에서는, 하지막(3101)으로서 질화산화규소막을 25~100 nm(여기서는 50 nm)의 두께로, 산화규소막을 50~300 nm(여기서는 150 nm)의 두께로 한 2층 구조로 형성하였다. 하지막(3101)은 기관으로부터의 불순물 오염을 방지하기 위해 설치되는 것으로, 석영 기관을 사용한 경우에는 반드시 설치할 필요는 없다.

다음으로, 하지막(3101) 상에 20~100 nm 두께의 비정질 구조를 포함하는 반도체막(본 실시예에서는 비정질 규소막(도시 생략))을 공지의 성막법에 의해 형성했다. 또한, 비정질 구조를 포함하는 반도체막으로서, 비정질 반도체막, 미결정 반도체막이 있으며, 비정질 실리콘 게르마늄막 등의 비정질 구조체를 포함하는 화합물 반도체막도 포함된다.

그리고, 일본국 공개특허공고 평7-130652호 공보(미국특허 제5,643,826호에 대응)에 기재된 기술에 따라, 결정 구조를 포함하는 반도체막(본 실시예에서는 결정질 규소막)(3102)을 형성했다. 상기 공보에 기재된 기술은, 비정질 규소막의 결정화에 있어서 결정화를 조장하는 촉매원소(니켈, 코발트, 게르마늄, 주석, 아연, 팔라듐, 철, 구리에서 선택된 1종 또는 다수 종류의 원소, 대표적으로는 니켈)를 사용하는 결정화 수단이다.

구체적으로는, 비정질 규소막 표면에 촉매원소를 보유시킨 상태에서 가열처리를 행하고, 비정질 규소막을 결정질 규소막으로 변화시키는 것이다. 본 실시예에서는 상기 공보의 실시예 1에 기재된 기술을 사용하나, 실시예 2에 기재된 기술을 사용할 수도 있다. 또한, 결정질 규소막에는, 이른바 단결정 규소막과 다결정 규소막이 모두 포함되나, 본 실시예에서 형성되는 결정질 규소막은 결정입계를 가지는 규소막이다.(도 15(A))

비정질 규소막은 함유 수소량에 의해 결정되기도 하나, 바람직하게는 400~550℃에서 수 시간 가열하여 탈수소 처리를 행하여, 함유 수소량을 5 원자% 이하로 하여 결정화 공정을 행하는 것이 바람직하다. 또한, 비정질 규소막을 스퍼터링법 또는 증착(蒸着)법 등의 다른 제작방법에 의해 형성할 수도 있으나, 막 중에 함유되는 산소, 질소 등의 불순물 원소를 충분히 저감시켜 두는 것이 바람직하다.

여기서는, 하지막과 비정질 규소막은 동일한 성막법에 의해 형성할 수 있기 때문에, 양자를 연속적으로 형성하는 것도 가능하다. 하지막을 형성한 후, 대기 중에 노출되지 않게 함으로써 표면의 오염을 방지하는 것이 가능해져, 제작되는 TFT의 특성 편차를 감소시킬 수 있다.

다음으로, 실시예 1 내지 실시예 3에 나타난 방법에 의해 결정질 규소막(3102)에 대하여 레이저 어닐을 실시하여 결정성이 개선된 결정질 규소막(3103)을 형성한다. 레이저광으로서는 펄스 발진형 또는 연속 발진형 엑시머 레이저광이 바람직하지만, 연속 발진형의 아르곤 레이저광을 사용할 수도 있다.(도 15(B))

본 실시예에서는, 실시예 2에 나타난 광학계를 이용하여 펄스 발진형 엑시머 레이저광을 선형으로 가공하여 레이저 어닐 공정을 행하였다. 레이저 어닐 조건은, 여기(勵起) 가스로서 XeCl 가스를 사용하고, 처리 온도를 실온, 펄스 발진 주파수를 30 Hz로 하며, 레이저 에너지 밀도를 250 내지 500 mJ/cm²(대표적으로는 350 내지 400 mJ/cm²)로 했다.

상기 조건에서 실행된 레이저 어닐 공정은, 열 결정화 후에 잔존한 비정질 영역을 완전히 결정화시키는 동시에, 이미 결정화된 결정질 영역의 결함 등을 감소시키는 효과를 갖는다. 따라서, 본 공정은 광 어닐에 의해 반도체 막의 결정성을 개선시키는 공정, 또는 반도체막의 결정화를 조장하는 공정이라고 할 수 있다. 이러한 효과는 레이저 어닐 조건을 최적화함으로써 달성될 수 있다. 본 실시예 중에서는 이러한 조건을 제1 어닐 조건이라고 부르기로 한다.

다음으로, 결정질 규소막(3103) 상에 나중의 불순물 첨가 시를 위해 보호막(3104)을 형성했다. 보호막(3104)은 100~200 nm(바람직하게는 130~170 nm)의 두께를 갖는 질화산화규소막 또는 산화규소막을 사용했다. 상기 보호막(3104)은 불순물 첨가 시에 결정질 규소막이 직접 플라즈마에 노출되지 않도록 하고, 미묘한 농도 제어를 가능하게 하기 위한 의미가 있다.

그리고, 그 위에 레지스트 마스크(3105)를 형성하고, 보호막(3104)을 통하여 p형을 부여하는 불순물 원소(이하, p형 불순물 원소라고 한다)를 첨가했다. p형 불순물 원소로서는, 대표적으로는 13족에 속하는 원소, 전형적으로는 붕소 또는 갈륨을 사용할 수 있다. 이 공정(채널 도핑 공정이라고 한다)은 TFT의 스톱밴드 전압을 제어하기 위한 공정이다. 또한, 여기서는 디보란(B₂H₆)을 질량분리하지 않고 플라즈마 여기시킨 이온 도핑법에 의해 붕소를 첨가했다. 물론, 질량분리를 행하는 이온 주입법을 사용할 수도 있다.

이 공정에 의해 1×10¹⁵ 내지 1×10¹⁸ atoms/cm³(대표적으로는 5×10¹⁶ 내지 5×10¹⁷ atoms/cm³)의 농도로 p형 불순물 원소(본 실시예에서는 붕소)를 함유한 불순물 영역(3106)을 형성했다. 또한, 본 실시예 중에서는, 적어도 상기 농도 범위로 p형 불순물 원소를 함유한 불순물 영역을 p형 불순물 영역(b)이라고 정의한다.(도 15(C))

다음으로, 레지스트 마스크(3105)를 제거하고, 레지스트 마스크(3107~3110)를 새롭게 형성했다. 그리고, n형을 부여하는 불순물 원소(이하, n형 불순물 원소라고 한다)를 첨가하여 n형을 나타내는 불순물 영역(3111~3113)을 형성했다. 또한, n형 불순물 원소로서는, 대표적으로는 15족에 속하는 원소, 전형적으로는 인 또는 비소를 사용할 수 있다.(도 15(D))

이 저농도 불순물 영역(3111~3113)은 나중에 CMOS 회로 및 샘플링 회로의 n채널형 TFT에 있어서 LDD 영역으로서 기능시키기 위한 불순물 영역이다. 또한, 여기에서 형성된 불순물 영역에는 n형 불순물 원소가 2×10¹⁶ 내지 5×10¹⁹ atoms/cm³(대표적으로는 5×10¹⁷ 내지 5×10¹⁸ atoms/cm³)의 농도로 함유되어 있다. 본 실시예 중에서는 상기 농도 범위로 n형 불순물 원소를 함유한 불순물 영역을 n형 불순물 영역(b)이라고 정의한다.

또한, 여기서는 포스핀(PH₃)을 질량분리하지 않고 플라즈마 여기시킨 이온 도핑법에 의해 인을 1×10¹⁸ atoms/cm³ 농도로 첨가했다. 물론, 질량분리를 행하는 이온 주입법을 사용할 수도 있다. 이 공정에서는, 보호막(3104)을 통하여 결정질 규소막에 인을 첨가했다.

다음으로, 보호막(3104)을 제거하고, 실시예 1 내지 실시예 3에 나타난 방법에 의해 레이저 빔 조사 공정을 다시 행한다. 본 실시예에서는, 실시예 2에 나타난 광학계를 이용하여 레이저 어닐을 행하였다. 레이저 빔으로서는, 펄스 발진형 또는 연속 발진형 엑시머 레이저광이 바람직하지만, 연속 발진형 아르곤 레이저광을 사용할 수도 있다. 다만, 첨가된 불순물 원소의 활성화가 목적이기 때문에, 결정질 규소막이 용융되지 않을 정도의 에너지로 조사하는 것이 바람직하다. 또한, 보호막(3104)을 부가시킨 상태에서 레이저 어닐 공정을 행하는 것도 가능하다.(도 15(E))

본 실시예에서는, 펄스 발진형 엑시머 레이저 광을 선형으로 가공하여 레이저 어닐 공정을 행하였다. 레이저 어닐 조건은, 여기 가스로서 KrF 가스를 사용하고, 처리 온도를 실온, 펄스 발진 주파수를 30Hz로 하며, 레이저 에너지 밀도를 100 내지 300 mJ/cm²(대표적으로는 150 내지 250 mJ/cm²)로 했다.

상기 조건에서 실행된 레이저 어닐 공정은, 첨가된 n형 또는 p형을 부여하는 불순물 원소를 활성화시키는 동시에, 불순물 원소의 첨가 시에 비정질화된 반도체막을 재결정화시키는 효과를 갖는다. 또한, 상기 조건은 반도체막을 용융시키지 않고 원자 배열의 정합성을 취하는 동시에, 불순물 원소를 활성화시키는 것이 바람직하다. 또한, 본 공정은 레이저 어닐에 의해 n형 또는 p형을 부여하는 불순물 원소를 활성화시키는 공정, 반도체막을 재결정화시키는 공정, 또는 그들을 동시에 행하는 공정이라고 할 수 있다. 본 실시예 중에서는 이러한 조건을 제 2 어닐 조건이라고 부르기로 한다.

상기 공정에 의해 n형 불순물 영역(b)(3111~3113)의 경계부, 즉, n형 불순물 영역(b)의 주위에 존재하는 진성(眞性) 영역(p형 불순물 영역(b)도 실질적으로 진성으로 간주한다)과의 접합부가 명확해진다. 이것은 나중에 TFT가 완성된 시점에서, LDD 영역과 채널 형성 영역이 매우 양호한 접합부를 형성할 수 있음을 의미한다.

또한, 이 레이저 빔에 의한 불순물 원소의 활성화에 있어서, 열처리에 의한 활성화를 병용할 수도 있다. 열처리에 의한 활성화를 행할 경우는, 기관의 내열성을 고려하여 450 내지 550℃ 정도의 열처리를 행하는 것이 좋다.

다음으로, 결정질 규소막의 불필요한 부분을 제거하여, 섬 형상의 반도체막(이하, 활성층이라고 한다)(3114~3117)을 형성했다.(도 15(F))

다음으로, 활성층(3114~3117)을 덮는 게이트 절연막(3118)을 형성했다. 게이트 절연막(3118)은 10~200 nm, 바람직하게는 50~150 nm의 두께로 형성하는 것이 좋다. 본 실시예에서는, 플라즈마 CVD법에 의해 N₂O와 SiH₄를 원료로 한 질화산화규소막을 115 nm의 두께로 형성했다.(도 16(A))

다음으로, 게이트 배선이 되는 도전막을 형성했다. 또한, 게이트 배선은 단층의 도전막으로 형성할 수도 있으나, 필요에 따라 2층 또는 3층과 같은 적층막으로 하는 것이 바람직하다. 본 실시예에서는, 제 1 도전막(3119)과 제 2 도전막(3120)으로 이루어진 적층막을 형성했다.(도 16(B))

여기서, 제 1 도전막(3119) 및 제 2 도전막(3120)으로서는, 탄탈(Ta), 티탄(Ti), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 규소(Si) 중에서 선택된 원소, 또는 상기 원소를 주성분으로 하는 도전막(대표적으로는 질화탄탈막, 질화텅스텐막, 질화티탄막), 또는 상기 원소를 조합시킨 합금막((대표적으로는 Mo-W 합금, Mo-Ta 합금)을 사용할 수 있다.

또한, 제 1 도전막(3119)은 10~50 nm(바람직하게는 20~30 nm)으로 하고, 제 2 도전막(3120)은 200~400 nm(바람직하게는 250~350 nm)으로 하는 것이 좋다. 본 실시예에서는, 제 1 도전막(3119)으로서 50 nm 두께의 질화텅스텐(WN)막을, 제 2 도전막(3120)으로서 350 nm 두께의 텅스텐막을 사용했다.

또한, 제 1 도전막(3119) 아래에 규소막(도시 생략)을 2 내지 20 nm 정도의 두께로 형성해 두는 것은 효과적이다. 이것에 의해, 그 위에 형성되는 도전막의 밀착성의 향상과 산화 방지를 도모할 수 있다.

다음으로, 제 1 도전막(3119)과 제 2 도전막(3120)을 일괄적으로 에칭하여 400 nm 두께의 게이트 배선(3121~3124)을 형성했다. 이때, 구동회로에 형성되는 게이트 배선(3122, 3123)은 n형 불순물 영역(b)(3111~3113)의 일부와 게이트 절연막을 사이에 두고 중첩되도록 형성했다. 이 중첩된 부분이 나중에 Lov 영역으로 된다. 또한, 게이트 배선(3124)은 단면에서는 2개로 보이지만, 실제로는 연속적으로 연결된 1개의 패턴으로 형성되어 있다.(도 16(C))

다음으로, 게이트 배선(3121~3124)을 마스크로 하여 자기정합적으로 n형 불순물 원소(본 실시예에서는, 인)를 첨가했다. 이와 같이 하여 형성된 불순물 영역(3125~3130)에는 상기 n형 불순물 영역(b)의 1/2 내지 1/10(대표적으로는 1/3 내지 1/4)의 농도(단, 상술한 채널 도핑 공정에서 첨가된 붕소 농도보다도 5 내지 10배 높은 농도, 대표적으로는 1×10^{16} 내지 5×10^{18} atoms/cm³, 전형적으로는 3×10^{17} 내지 3×10^{18} atoms/cm³)로 인이 첨가되도록 조절했다. 또한, 본 실시예 중에서는 상기 농도 범위로 n형 불순물 원소를 함유한 불순물 영역을 n형 불순물 영역(c)이라고 정의한다.(도 16(D))

또한, 이 공정에서는 게이트 배선으로 숨겨진 부분을 제외한 모든 n형 불순물 영역(b)에도 1×10^{16} 내지 5×10^{18} atoms/cm³ 농도로 인이 첨가되어 있으나, 상당히 낮은 농도이기 때문에 n형 불순물 영역(b)으로서의 기능에는 영향을 주지 않는다. 또한, n형 불순물 영역(b)(3127~3130)에는 이미 채널 도핑 공정에서 1×10^{15} 내지 1×10^{18} atoms/cm³ 농도의 붕소가 첨가되어 있으나, 이 공정에서는 p형 불순물 영역(b)에 함유된 붕소의 5 내지 10배의 농도로 인이 첨가되기 때문에, 이 경우도 붕소는 n형 불순물 영역(b)의 기능에 영향을 미치지 않는다고 생각할 수 있다.

단, 엄밀하게는 n형 불순물 영역(b)(3111~3113) 중에서 게이트 배선에 중첩된 부분의 인 농도가 2×10^{16} 내지 5×10^{19} atoms/cm³를 유지하는 것에 대하여, 게이트 배선에 중첩되지 않는 부분은 그것에 1×10^{16} 내지 5×10^{18} atoms/cm³ 농도의 인이 부가되어 있어, 약간 높은 농도로 인을 함유하게 된다.

다음으로, 게이트 배선(3121~3124)을 마스크로 하여 자기정합적으로 게이트 절연막(3118)을 에칭했다. 에칭은 건식 에칭법을 사용하고, 에칭 가스로서는 CHF₃ 가스를 사용하였으나, 에칭 가스는 이것에 한정될 필요는 없다. 이와 같이 하여, 게이트 배선 아래에 게이트 절연막(3131~3134)이 형성되었다.(도 16(E))

이와 같이 활성층을 노출시킴으로써, 나중에 불순물 원소의 첨가 공정을 행할 때에 가속전압을 낮게 할 수 있다. 그 때문에, 필요한 도즈량이 적기 때문에 생산성이 향상된다. 물론, 게이트 절연막을 에칭하지 않은 상태로 남겨 두고, 도핑에 의해 불순물 영역을 형성할 수도 있다.

다음으로, 게이트 배선을 덮는 형태로 레지스트 마스크(3135~3138)를 형성하고, n형 불순물 원소(본 실시예에서는, 인)를 첨가하여 고농도로 인을 함유한 불순물 영역(3139~3147)을 형성했다. 여기서도, 포스핀(PH₃)을 사용한 이온 도핑법(물론, 이온 주입법을 사용할 수도 있다)에 의해 행하고, 이 영역의 인의 농도는 1×10^{20} 내지 1×10^{21} atoms/cm³(대표적으로는 2×10^{20} 내지 5×10^{21} atoms/cm³)로 했다(도 16(F)).

또한, 본 실시예 중에서는, 상기 농도 범위로 n형 불순물 원소를 함유한 불순물 영역을 n형 불순물 영역(a)이라고 정의한다. 또한, 불순물 영역(3139~3147)이 형성된 영역에는 이미 앞의 공정에서 첨가된 인 또는 붕소가 함유되어 있으나, 충분히 높은 농도로 인이 첨가되게 되기 때문에, 앞의 공정에서 첨가된 인 또는 붕소의 영향은 고려하지 않아도 된다. 따라서, 본 실시예 중에서는, 불순물 영역(3139~3147)은 n형 불순물 영역(a)으로 바꿔 말해도 상관없다.

다음으로, 레지스트 마스크(3135~3139)를 제거하고, 레지스트 마스크(3148)를 새롭게 형성했다. 그리고, p형 불순물 원소(본 실시예에서는, 붕소)를 첨가하여, 고농도로 붕소를 함유한 불순물 영역(3149, 3150)을 형성했다. 여기서는, 디보란(B₂H₆)을 사용한 이온 도핑법(물론, 이온 주입법을 사용할 수도 있다)에 의해 3×10^{20} 내지 3×10^{21} atoms/cm³(대표적으로는 5×10^{20} 내지 1×10^{21} atoms/cm³)의 농도로 붕소를 첨가했다. 또한, 본 실시예에서는, 상기 농도 범위로 p형 불순물 원소를 함유한 불순물 영역을 p형 불순물 영역(a)이라고 정의한다.(도 17(A))

또한, 불순물 영역(3149, 3150)의 일부(상술한 n형 불순물 영역(a)(3139, 3140))에는 이미 1×10^{20} 내지 1×10^{21} atoms/cm³ 농도로 인이 첨가되어 있으나, 여기서 첨가되는 붕소는 그의 적어도 3배 이상의 농도로 첨가된다. 따라서, 미리 형성되어 있던 n형 불순물 영역은 완전히 p형으로 반전되어, p형 불순물 영역으로서 기능한다. 따라서, 본 실시예 중에서는, 불순물 영역(3149, 3150)을 p형 불순물 영역(a)으로 바꿔 말해도 상관없다.

다음으로, 레지스트 마스크(3148)를 제거한 후, 제 1 층간절연막(3151)을 형성했다. 제 1 층간절연막(3151)으로서는 규소를 함유한 절연막, 구체적으로는 질화규소막, 산화규소막, 질화산화규소막 또는 그들을 조합시킨 적층막으로 형성하는 것이 좋다. 또한, 막 두께는 100 내지 400 nm으로 하는 것이 좋다. 본 실시예에서는, 플라즈마 CVD법에 의해 SiH₄, N₂O, NH₃를 원료 가스로 하여, 200nm 두께의 질화산화규소막(단, 질소 농도가 25 내지 50 atomic%)을 형성했다.

그후, 각각의 농도로 첨가된 n형 또는 p형 불순물 원소를 활성화하기 위해 열처리 공정을 행하였다. 이 공정은 노(爐) 어닐법, 레이저 어닐법, 또는 급속 열 어닐법(RTA)에 의해 행할 수 있다. 여기서는, 노 어닐법에 의해 활성화 공정을 행하였으나, 실시예 1 내지 실시예 3에 나타낸 레이저 어닐을 사용하는 것도 효과적이다. 가열 처리는 질소 분위기에서 300~650℃, 바람직하게는 400~550℃, 여기서는 550℃로 4시간의 열처리를 행하였다.(도 17(B))

이때, 본 실시예에서 비정질 규소막의 결정화에 사용한 촉매원소(본 실시예에서는, 니켈)가 화살표로 나타낸 방향으로 이동하여, 상술한 도 16(F)의 공정에서 형성된 고농도로 인을 함유한 영역에 포획(게터링)되었다. 이것은 인에 의한 금속원소의 게터링 효과에 기인하는 현상이며, 그 결과, 나중의 채널 형성 영역(3152~3156)은 상기 촉매원소의 농도가 1×10^{17} atoms/cm³ 이하(바람직하게는 1×10^{16} atoms/cm³ 이하)로 되었다.

반대로, 촉매원소의 게터링 사이트로 된 영역(도 16(F)의 공정에서 불순물 영역(3139~3147)이 형성된 영역)은 고농도로 촉매원소가 편석(偏析)하여 5×10^{18} atoms/cm³ 이상(대표적으로는 1×10^{19} 내지 5×10^{20} atoms/cm³)의 농도로 존재하게 되었다.

그리고, 3 내지 100%의 수소를 함유한 분위기 중에서 300 내지 450℃로 1 내지 12 시간의 열처리를 행하여, 활성층을 수소화하는 공정을 행하였다. 이 공정은 열적으로 여기된 수소에 의해 반도체층의 덩글링 결합을 중단(終端)시키는 공정이다. 수소화의 다른 수단으로서, 플라즈마 수소화(플라즈마에 의해 여기된 수소를 사용한다)를 행할 수도 있다.

활성화 공정을 종료한 후, 제 1 층간절연막(3151) 상에 500nm 내지 1.5 μ m 두께의 제 2 층간절연막(3157)을 형성했다. 본 실시예에서는, 제 2 층간절연막(3157)으로서 800nm 두께의 산화규소막을 플라즈마 CVD법에 의해 형성했다. 이와 같이 하여 제 1 층간절연막(질화산화규소막)(3151)과 제 2 층간절연막(산화규소막)(3157)과의 적층막으로 이루어진 1 μ m 두께의 층간절연막을 형성했다.

또한, 제 2 층간절연막(3157)으로서 폴리이미드, 아크릴, 폴리이미드, 폴리이미드아미드, BCB(benzocyclobutene) 등의 유기 수지막을 사용하는 것도 가능하다.

그후, 각각의 TFT의 소스 영역 또는 드레인 영역에 이르는 콘택트 홀이 형성되고, 소스 배선(3158~3161) 및 드레인 배선(3162~3165)을 형성했다. 또한, 도시하지는 않았지만, CMOS 회로를 형성하기 위해 드레인 배선(3162, 3163)은 동일 배선으로서 접속되어 있다. 또한, 도시하지는 않았지만, 본 실시예에서는 이 전극을, Ti막 100nm, Ti를 함유하는 알루미늄막 300nm, Ti막 150nm를 스퍼터링법에 의해 연속적으로 형성한 3층 구조의 적층막으로 했다.

다음으로, 패시베이션 막(3166)으로서 질화규소막, 산화규소막, 또는 질화산화규소막을 50~500 nm(대표적으로는 200~300 nm)의 두께로 형성했다. 이때, 본 실시예에서는 막의 형성에 앞서 H₂ 또는 NH₃와 같은 수소를 함유한 가스를 사용하여 플라즈마 처리를 행하고, 성막 후에 열처리를 행하였다. 이 전(前)처리에 의해 여기된 수소가 제 1 및 제 2 층간절연막 중에 공급된다. 이 상태에서 열처리를 행함으로써, 패시베이션 막(3166)의 막질을 개선시키는 동시에, 제 1 및 제 2 층간절연막 중에 첨가된 수소가 하층 측으로 확산하기 때문에, 활성층을 효과적으로 수소화할 수 있었다.

또한, 패시베이션 막(3166)을 형성한 후, 다시 수소화 공정을 행할 수도 있다. 예를 들어, 3~100%의 수소를 함유한 분위기 중에서 300~450℃로 1~12 시간의 열처리를 행하는 것이 좋다. 또한, 플라즈마 수소화 방법을 이용하여도 동일한 효과가 얻어졌다. 여기서, 나중에 화소 전극과 드레인 배선을 접속시키기 위한 콘택트 홀을 형성하는 위치에서 패시베이션 막(3166)에 개구부를 형성할 수도 있다.

그후, 유기 수지로 이루어진 제 3 층간절연막(3167)을 약 1 μ m의 두께로 형성했다. 유기 수지로서는 폴리이미드, 아크릴, 폴리이미드, 폴리이미드아미드, BCB(benzocyclobutene) 등을 사용할 수 있다. 유기 수지막을 사용하는 것의 장점은, 성막 방법이 간단하다는 점, 비(比)유전률이 낮기 때문에 기생용량을 감소시킬 수 있다는 점, 평탄성이 뛰어나다는 점 등을 들 수 있다. 또한, 상술한 것 이외의 유기 수지막 또는 유기계 SiO₂ 화합물 등을 사용하는 것도 가능하다. 여기서는, 기판에 도포한 후에 열적으로 중합시키는 타입의 폴리이미드를 사용하고, 300℃에서 소성(燒成)하여 형성했다.

다음으로, 화소부가 되는 영역에서, 제 3 층간절연막(3167) 상에 차폐막(3168)을 형성했다. 또한, 본 실시예 중에서는 광과 잔자파를 차단한다는 의미에서 차폐막이라는 용어를 사용한다.

차폐막(3168)은 알루미늄(Al), 티탄(Ti), 탄탈(Ta) 중에서 선택된 원소로 이루어진 막 또는 그 중의 어느 하나의 원소를 주성분으로 하는 막을 100~300 nm의 두께로 형성했다. 본 실시예에서는, 1 wt%의 티탄을 함유시킨 알루미늄막을 125 nm의 두께로 형성했다.

또한, 제 3 층간절연막(3167) 상에 산화규소막 등의 절연막을 5 내지 50nm 형성해 놓을 경우, 이 위에 형성되는 차폐막의 밀착성을 높일 수 있었다. 또한, 유기 수지로 형성된 제 3 층간절연막(3167)의 표면에 CF_4 가스를 사용한 플라즈마 처리를 실시할 경우, 표면 개질(改質)에 의해 막 위에 형성되는 차폐막의 밀착성을 향상시킬 수 있었다.

또한, 티탄을 함유시킨 알루미늄막을 이용하여, 차폐막뿐만 아니라 다른 접속 배선을 형성하는 것도 가능하다. 예를 들어, 구동회로 내에서 회로 사이를 연결하는 접속 배선을 형성할 수 있다. 단, 그 경우는 차폐막 또는 접속 배선을 형성하는 재료를 성막하기 전에, 미리 제 3 층간절연막에 콘택트 홀을 형성해 놓을 필요가 있다.

다음으로, 차폐막(3168)의 표면에 양극산화법 또는 플라즈마 산화법(본 실시예에서는, 양극산화방법)에 의해 20 내지 100nm(바람직하게 30 내지 50nm)의 두께의 산화물(3169)을 형성했다. 본 실시예에서는, 차폐막(3168)으로서 알루미늄을 주성분으로 하는 막을 사용했기 때문에, 양극산화물(3169)로서 산화알루미늄막(알루미나막)이 형성되었다.

이 양극산화 처리에서, 먼저 알칼리 이온 농도가 충분히 작은 주석산 에틸렌 글리콜 용액을 제조했다. 이것은 15%의 주석산 암모늄 수용액과 에틸렌 글리콜을 2:8로 혼합시킨 용액으로서, 이것에 암모니아수를 부가하여, pH가 7 ± 0.5 로 되도록 조절했다. 그리고, 이 용액 중에 음극으로 되는 백금 전극을 설치하고, 차폐막(3168)이 형성되어 있는 기판을 용액에 담근 후, 차폐막(3168)을 양극으로 하여, 일정(수 mA 내지 수십 mA)한 직류 전류를 흐르게 했다.

용액 중의 음극과 양극 사이의 전압은 양극산화물의 성장에 따라 시간과 함께 변화되지만, 정(定)전류의 상태에서 100 V/min의 승압(昇壓) 속도로 전압을 상승시켜, 도달 전압이 45 V에 도달한 시점에서 양극산화 처리를 종료시켰다. 이렇게 하여 차폐막(3168)의 표면에는 두께 약 50 nm의 양극산화물(3169)을 형성할 수 있었다. 또한, 그 결과, 차폐막(3168)의 막 두께는 90 nm로 되었다. 또한, 여기서 나타낸 양극산화법에 관련된 수치는 일례에 불과하며, 제작되는 소자의 크기 등에 따라 최적의 값은 변화될 수 있는 것은 당연하다.

또한, 여기서는 양극산화법을 이용하여 차폐막 표면에만 절연막을 설치하는 구성으로 했으나, 절연막을 플라즈마 CVD법, 열 CVD법 또는 스퍼터링법 등의 기상법에 의해 형성할 수도 있다. 그 경우도 막 두께는 20 내지 100nm(바람직하게는 30 내지 50nm)으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 산화규소막, 질화규소막, 산화질화규소막, DLC(Diamond like carbon)막 또는 유기 수지막을 사용할 수도 있다. 게다가, 이들을 조합시킨 적층막을 사용할 수도 있다.

다음으로, 제 3 층간절연막(3167) 및 패시베이션 막(3166)에 드레인 배선(3165)에 이르는 콘택트 홀을 형성하고, 화소 전극(3170)을 형성하였다. 또한, 화소 전극(3171, 3172)은 각각 인접한 다른 화소의 화소 전극이다. 화소 전극(3170~3172)은, 투과형 액정표시장치로 할 경우에는 투명 도전막을 사용하고, 반사형 액정표시장치로 할 경우에는 금속막을 사용하면 된다. 여기서는, 투과형 액정표시장치로 하기 위해, 산화인듐-주석(ITO)막을 110 nm의 두께로 스퍼터링법에 의해 형성하였다.

또한, 이때, 화소 전극(3170)과 차폐막(3168)이 양극산화물(3169)을 사이에 두고 중첩되어, 보유 용량(3173)을 형성하였다. 또한, 이 경우, 차폐막(3168)을 부유 상태(전기적으로 고립된 상태) 또는 고정 전위, 바람직하게는 공통 전위(데이터로서 송신되는 화상 신호의 중간 전위)로 설정해 두는 것이 바람직하다.

이와 같이 하여 동일 기판 상에 구동회로와 화소부를 갖는 액티브 매트릭스 기판이 완성되었다. 또한, 도 17(C)에 있어서는, 구동회로에는 p채널형 TFT(3301)와 n채널형 TFT(3302, 3303)가 형성되고, 화소부에는 n채널형 TFT로 이루어진 화소 TFT(3304)가 형성되었다.

구동회로의 p채널형 TFT(3301)에는 채널 형성 영역(3201), 소스 영역(3202), 드레인 영역(3203)이 각각 p형 불순물 영역(a)으로 형성되었다. 단, 실제로는 소스 영역 또는 드레인 영역의 일부에 1×10^{20} 내지 1×10^{21} atoms/cm³의 농도로 인을 함유한 영역이 존재한다. 또한, 그 영역에는, 도 17(B)의 공정에서 게터링된 촉매원소가 5×10^{18} atoms/cm³ 이상(대표적으로는 1×10^{19} 내지 5×10^{20} atoms/cm³)의 농도로 존재한다.

또한, n채널형 TFT(3302)에는 채널 형성 영역(3204), 소스 영역(3205), 드레인 영역(3206), 채널 형성 영역의 한쪽(드레인 영역 측)에 게이트 절연막을 사이에 두고 게이트 배선과 중첩된 영역(본 실시예 중에서는, 이러한 영역을 Lov 영역이라고 한다. 또한, ov는 overlap의 의미이다)(3207)이 형성되었다. 이때, Lov 영역(3207)은 2×10^{16} 내지 5×10^{19} atoms/cm³의 농도로 인을 함유하는 동시에, 게이트 배선과 전체적으로 중첩되도록 형성되었다.

또한, n채널형 TFT(3303)에는 채널 형성 영역(3208), 소스 영역(3209), 드레인 영역(3210), 채널 형성 영역의 양측에 LDD 영역(3211, 3212)이 형성되었다. 또한, 이 구조에서는 LDD 영역(3211, 3212)의 일부가 게이트 배선과 중첩되도록 배치되었기 때문에, 게이트 절연막을 사이에 두고 게이트 배선과 중첩된 영역(Lov 영역)과 게이트 배선과 중첩되지 않는 영역(본 실시예에는, 이러한 영역을 Loff 영역이라고 한다. "off"는 "offset"의 의미이다)이 실현되어 있다.

여기서 도 19에 나타낸 단면도는 도 17(C)에 나타낸 n채널형 TFT(3303)를 도 17(B)의 공정까지 제작한 상태를 나타내는 확대도이다. 도 19에 나타낸 바와 같이, LDD영역(3211)은 다시 Lov 영역(3211a) 과 Loff 영역(3211b)으로 구별할 수 있다. 또한, 상술한 Lov 영역(3211a)에는 2×10^{16} 내지 5×10^{19} atoms/cm³의 농도로 인이 함유되지만, Loff 영역(3211b)은 그의 1 내지 2배(대표적으로는 1.2 내지 1.5배)의 농도로 인이 함유된다.

또한, 화소 TFT(3304)에는 채널 형성 영역(3213, 3214), 소스 영역(3215), 드레인 영역(3216), Loff 영역(3217~3220), Loff 영역(3218, 3219)에 접한 n형 불순물 영역(a)(3221)이 형성되었다. 이때, 소스 영역(3215) 및 드레인 영역(3216)이 각각 n형 불순물 영역(a)으로 형성되고, Loff 영역(3217~3220)이 n형 불순물 영역(c)으로 형성되었다.

본 실시예에서는, 화소부 및 구동회로가 요구하는 회로 사양(仕様)에 따라 각 회로를 형성하는 TFT의 구조를 최적화하여 반도체 장치의 동작 성능 및 신뢰성을 향상시킬 수 있었다. 구체적으로는, n채널형 TFT는 회로 사양에 따라 LDD 영역의 배치를 달리하고, Lov 영역 또는 Loff 영역을 구분하여 사용함으로써, 동일 기판 상에 고속 동작 또는 핫 캐리어 대책을 중시한 TFT 구조와 낮은 오프(off) 전류 동작을 중시한 TFT 구조를 실현하였다.

예를 들어, 액티브 매트릭스형 액정표시장치의 경우, n채널형 TFT(3302)는 고속 동작을 중시하는 시프트 레지스터 회로, 분주파(分周波) 회로, 신호분할 회로, 레벨 시프터 회로, 버퍼 회로 등의 구동회로에 적합하다. 즉, 채널 형성 영역의 한쪽(드레인 영역 측)에만 Lov 영역을 배치함으로써, 가능한 한 저항 성분을 감소시키는 동시에 핫 캐리어 대책을 중시한 구조로 되어 있다. 이것은 상기 회로 그룹의 경우, 소스 영역과 드레인 영역의 기능이 변화되지 않고, 캐리어(전자)의 이동 방향이 일정하기 때문이다. 단, 필요에 따라 채널 형성 영역의 양측에 Lov 영역을 배치할 수도 있다.

또한, n채널형 TFT(3303)는 핫 캐리어 대책과 낮은 오프 전류 동작 모두를 중시하는 샘플링 회로(샘플 홀드 회로)에 적합하다. 즉, Lov 영역을 배치함으로써 핫 캐리어 대책으로 하며, Loff 영역을 배치함으로써 낮은 오프 전류 동작을 실현하였다. 또한, 샘플링 회로는 소스 영역과 드레인 영역의 기능이 반전되어 캐리어의 이동 방향이 180°변화되기 때문에, 게이트 배선을 중심으로 선대칭을 이루는 것과 같은 구조로 해야만 한다. 또한, 경우에 따라서는 Lov 영역만으로 할 수도 있다.

또한, n채널형 TFT(3304)는 낮은 오프 전류 동작을 중시한 화소부, 샘플링 회로(샘플 홀드 회로)에 적합하다. 즉, 오프 전류값을 증가시키는 요인이 될 수 있는 Lov 영역을 배치하지 않고, Loff 영역만을 배치함으로써 낮은 오프 전류 동작을 실현하였다. 또한, 구동회로의 LDD 영역보다도 낮은 농도인 LDD 영역을 Loff 영역으로서 이용함으로써, 온(on) 전류값이 다소 저하되더라도 철저하게 오프 전류값을 감소시키는 대책을 마련했다. 또한, n형 불순물 영역(a)(3221)은 오프 전류값을 감소시키는데 매우 효과적이라는 것이 확인되었다.

또한, 채널 길이 3~7 μm에 대하여 n채널형 TFT(3302)의 Lov 영역(3207)의 길이(폭)는 0.5~3.0 μm, 대표적으로는 1.0~1.5 μm로 하는 것이 좋다. 또한, n채널형 TFT(3303)의 Lov 영역(3211a, 3212a)의 길이(폭)는 0.5~3.0 μm, 대표적으로는 1.0~1.5 μm, Loff 영역(3211b, 3212b)의 길이(폭)는 1.0~3.5 μm, 대표적으로 1.5~2.0 μm로 하는 것이 좋다. 또한, 화소 TFT(3304)에 설치되는 Loff 영역(3217~3220)의 길이(폭)는 0.5~3.5 μm, 대표적으로는 2.0~2.5 μm로 하는 것이 좋다.

게다가, p채널형 TFT(3301)는 자기정합적으로 형성되고, n채널형 TFT(3302~3304)는 비(非)자기정합적으로 형성되어 있는 점도 본 발명의 특징 중의 하나이다.

또한, 본 실시예에서는 보유 용량의 유전체로서 비유전률이 7 내지 9로 높은 알루미늄나막을 사용함으로써, 필요한 용량을 형성하기 위한 면적을 작게 하는 것이 가능했다. 그리고, 본 실시예와 같이 화소 TFT 상에 형성되는 차폐막을 보유 용량의 한쪽 전극으로 함으로써, 액티브 매트릭스형 액정표시장치의 화상표시부의 개구율을 향상시킬 수 있었다.

또한, 본 발명은 본 실시예에 나타낸 보유 용량의 구조에 한정될 필요는 없다. 예를 들어, 본 출원인에 의한 일본국 특허출원 평9-316567호 또는 일본국 특허출원 평10-254097호에 기재된 보유 용량의 구조를 사용할 수도 있다.

도 18에 나타난 바와 같이, 도 17(C)의 상태의 기관에 대하여 배향막(3401)을 형성했다. 본 실시예에서는 배향막으로서 폴리이미드막을 사용했다. 또한, 대향 기관(3402)에는 투명 도전막(3403)과 배향막(3404)을 형성했다. 또한, 대향 기관에는 필요에 따라 컬러 필터나 차폐막을 형성할 수도 있다.

다음으로, 배향막을 형성한 후, 러빙(rubbing) 처리를 실시하여 액정 분자가 어떤 일정한 프리틸트(pretilt)각으로 배향되도록 했다. 그리고, 화소부와, 구동회로가 형성된 액티브 매트릭스 기관과 대향 기관을 공지의 셀 조립 공정에 의해 밀봉체(도시 생략) 또는 스페이서(도시 생략) 등을 사이에 두고 부착하였다. 그후, 양 기관 사이에 액정(3405)을 주입하고, 봉지재(封止劑)(도시 생략)에 의해 완전히 봉지하였다. 액정에는 공지의 액정 재료를 사용하면 된다. 이와 같이 하여 도 18에 나타난 액티브 매트릭스형 액정표시장치가 완성되었다.

다음으로, 이 액티브 매트릭스형 액정표시장치의 구성을 도 20의 사시도를 이용하여 설명한다. 또한, 도 20은 도 15 내지 도 17의 단면 구조도와 대응시키기 위해 공통 부호를 사용했다. 액티브 매트릭스 기관은 유리 기관(3101) 상에 형성된 화소부(3601), 주사(게이트) 신호 구동회로(3602), 화상(소스) 신호 구동회로(3603)로 구성된다. 화소부의 화소 TFT(3304)는 n채널형 TFT이고, 주변에 설치되는 구동회로는 CMOS 회로를 기본으로 하여 구성되어 있다. 주사 신호 구동회로(3602)와 화상 신호 구동회로(3603)는 각각 게이트 배선(3124)과 소스 배선(3161)에 의해 화소부(3601)에 접속되어 있다. 또한, FPC(3604)가 접속된 외부 입출력 단자(3605)로부터 구동회로의 입출력 단자까지의 접속 배선(3606, 3607)이 설치되어 있다.

[실시예 7]

본 발명을 실시하여 형성된 CMOS 회로 또는 화소 매트릭스 회로는 다양한 표시장치(액티브 매트릭스형 액정표시장치, 액티브 매트릭스형 EL 표시장치, 액티브 매트릭스형 EC 표시장치)에 사용할 수 있다. 즉, 이들 표시장치를 표시 매체로 하여 구성된 모든 전자기기에 본 발명을 실시할 수 있다.

이러한 전자기기로서는, 비디오 카메라, 디지털 카메라, 프로젝터(리어형 또는 프론트형), 헤드 장착형 표시장치(고글형 표시장치), 자동차 내비게이션 시스템, 퍼스널 컴퓨터, 휴대 정보 단말기(모바일 컴퓨터, 휴대 전화기 또는 전자 서적 등) 등을 들 수 있다. 그들의 일례를 도 23 및 도 24에 나타낸다.

도 23(A)는 퍼스널 컴퓨터로서, 본체(2001), 화상 입력부(2002), 표시장치(2003), 키보드(2004)로 구성된다. 본 발명을 화상 입력부(2002), 표시장치(2003) 또는 다른 신호제어 회로에 적용할 수 있다.

도 23(B)는 비디오 카메라로서, 본체(2101), 표시장치(2102), 음성 입력부(2103), 조작 스위치(2104), 배터리(2105), 수상부(2106)로 구성된다. 본 발명을 표시장치(2102), 음성 입력부(2103) 또는 다른 신호제어 회로에 적용할 수 있다.

도 23(C)는 모바일 컴퓨터로서, 본체(2201), 카메라부(2202), 수상부(2203), 조작 스위치(2204), 표시장치(2205)로 구성된다. 본 발명은 표시장치(2205) 또는 다른 신호제어 회로에 적용할 수 있다.

도 23(D)는 고글형 표시장치로서, 본체(2301), 표시장치(2302), 암(arm)부(2303)로 구성된다. 본 발명은 표시장치(2302) 또는 다른 신호제어 회로에 적용할 수 있다.

도 23(E)는 프로그램을 기록한 기록 매체(이하, 기록 매체라고 부른다)를 사용하는 플레이어를 나타내는 것으로, 본체(2401), 표시장치(2402), 스피커부(2403), 기록 매체(2404), 조작 스위치(2405)로 구성된다. 또한, 이 장치는 기록 매체로서 DVD(Digital Versatile Disc), CD 등을 사용하여, 음악감상, 영화감상, 게임, 인터넷을 행할 수 있다. 본 발명은 표시장치(2402) 또는 다른 신호제어 회로에 적용할 수 있다.

도 23(F)는 디지털 카메라로서, 본체(2501), 표시장치(2502), 접안부(2503), 조작 스위치(2504), 수상부(도시 생략)로 구성된다. 본 발명을 표시장치(2502) 또는 다른 신호제어 회로에 적용할 수 있다.

도 24(A)는 프론트형 프로젝터로서, 표시장치(2601) 및 스크린(2602)으로 구성된다. 본 발명은 표시장치 또는 다른 신호제어 회로에 적용할 수 있다.

도 24(B)는 리어형 프로젝터로서, 본체(2701), 표시장치(2702), 거울(2703), 스크린(2704)으로 구성된다. 본 발명은 표시장치 또는 다른 신호제어 회로에 적용할 수 있다.

또한, 도 24(C)는 도 24(A) 및 도 24(B)에서의 표시장치(2601, 2702)의 구조의 일례를 나타낸 도면이다. 표시장치(2601, 2702)는 광원 광학계(2801), 거울(2802, 2804~2806), 다이크로익(dichroic) 거울(2803), 프리즘(2807), 액정표시장치(2808), 위상차 판(2809), 투사 광학계(2810)로 구성된다. 투사 광학계(2810)는 투사 렌즈를 포함하는 광학계로 구성된다. 본 실시예는 3판식의 예를 나타냈으나, 특별히 한정되는 것은 아니고, 예를 들어, 단판식으로 하는 것도 가능하다. 또한, 도 24(C)에서 화살표로 표시된 광로(光路)에 실시자가 적절히 광학 렌즈, 편광(偏光) 기능을 갖는 필름, 위상차를 조절하기 위한 필름, IR 필름 등의 광학계를 설치할 수도 있다.

또한, 도 24(D)는 도 24(C) 중에 있어서의 광원 광학계(2801)의 구조의 일례를 나타낸 도면이다. 본 실시예에서는, 광원 광학계(2801)는 반사기(2811), 광원(2812, 2813, 2814), 편광 변환 소자(2815), 집광(集光) 렌즈(2816)로 구성된다. 또한, 도 24(D)에 나타낸 광원 광학계는 일례이고 특별히 한정되지는 않는다. 예를 들어, 광원 광학계에 실시자가 적절히 광학렌즈, 편광(偏光) 기능을 갖는 필름, 위상차를 조절하기 위한 필름, IR 필름 등의 광학계를 설치할 수도 있다.

이상과 같이, 본 발명의 응용 범위는 극히 넓으며, 모든 분야의 전자기기에 적용하는 것이 가능하다. 또한, 본 실시예의 전자기기는 실시예 1 내지 실시예 7 중의 어떠한 조합으로 이루어진 구성을 이용하여도 실현할 수 있다.

발명의 효과

본 발명에 의해, 피처리기판 전면에 균일한 레이저 어닐을 실시하는 것이 가능해졌다. 그 결과, 기판 표면 내에 있어서의 반도체장치의 특성을 균일하게 할 수 있었다. 또한, 피형성면에서의 레이저 빔의 면적을 넓게 할 수 있어, 생산성을 향상시킬 수 있었다.

그리고, 본 발명을 이용하여 제작된 TFT를 사용하여, 예를 들어, 액티브 매트릭스형 액정표시장치를 제작한 경우, 종래와 비교하여 레이저 가공 흔적이 두드러지게 나타나지 않게 되었다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

삭제

청구항 2.

레이저 빔을 방출하는 빔 발생장치,

상기 레이저 빔을 분할하는 렌즈,

분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계, 및

상기 레이저 빔의 옛지들을 직선으로 만들기 위해 상기 빔 발생장치와 상기 렌즈 사이에 배치된 슬릿을 포함하고,

상기 옛지들의 직선이, 상기 레이저 빔이 분할되는 방향에 수직인 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 3.

레이저 빔을 방출하는 빔 발생장치,

폭 방향으로 상기 레이저 빔을 분할하는 광학계, 및

분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계를 포함하고,

상기 레이저 빔을 분할하는 상기 광학계의 폭이, 폭 방향으로 분할되기 전의 레이저 빔의 폭보다 좁은 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 4.

레이저 빔을 방출하는 빔 발생장치,

레이저 빔을 분할하는 원통형 렌즈 그룹, 및

분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계를 포함하고,

상기 원통형 렌즈 그룹이 다수의 원통형 렌즈로 이루어져 있고,

상기 원통형 렌즈 그룹의 상기 다수의 원통형 렌즈의 일부가 차광되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 5.

제 2 항에 있어서, 상기 렌즈가 원통형 렌즈 그룹을 포함하고,

상기 원통형 렌즈 그룹은 상기 레이저 빔이 분할되는 방향으로 병렬 배열되어 있는 다수의 원통형 렌즈로 이루어져 있고,

상기 다수의 원통형 렌즈 각각이 상기 옛지들의 직선에 평행하게 연장하여 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 6.

제 3 항에 있어서, 상기 레이저 빔을 분할하는 상기 광학계가 원통형 렌즈 그룹을 포함하고,

상기 원통형 렌즈 그룹은 상기 폭방향으로 병렬 배열되어 있는 다수의 원통형 렌즈로 이루어져 있고,

상기 다수의 원통형 렌즈 각각이 상기 폭방향에 대하여 수직인 길이방향으로 연장하여 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 7.

제 4 항에 있어서, 상기 다수의 원통형 렌즈는 상기 레이저 빔이 분할되는 방향으로 병렬 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 8.

제 4 항에 있어서, 상기 다수의 원통형 렌즈의 상기 일부가 상기 원통형 렌즈들 중 양끝의 원통형 렌즈인 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 9.

제 8 항에 있어서, 상기 양끝의 원통형 렌즈가 석영제 젯빛 유리로 되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 10.

제 2 항에 있어서, 중첩된 레이저 빔이 상기 엣지들의 직선에 평행한 직사각형 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 11.

제 3 항에 있어서, 중첩된 레이저 빔이 길이방향에 평행한 직사각형 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 12.

레이저 빔을 방출하는 빔 발생장치,

피조사면에서의 상기 레이저 빔의 폭방향으로 상기 레이저 빔을 분할하는 원통형 렌즈 그룹으로서, 상기 피조사면에서의 상기 레이저 빔의 길이방향으로 각각 연장하는 다수의 원통형 렌즈가 상기 폭방향으로 병렬 배열되어 이루어진 원통형 렌즈 그룹,

분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계, 및

상기 레이저 빔의 적어도 한쪽 엣지를 상기 길이방향에 평행한 직선으로 만들기 위해 상기 빔 발생장치와 상기 원통형 렌즈 그룹 사이에 배치된 슬릿을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 13.

레이저 빔을 방출하는 빔 발생장치,

피조사면에서의 상기 레이저 빔의 폭방향으로 상기 레이저 빔을 분할하는 원통형 렌즈 그룹으로서, 상기 피조사면에서의 상기 레이저 빔의 길이방향으로 각각 연장하는 다수의 원통형 렌즈가 상기 폭방향으로 병렬 배열되어 이루어진 원통형 렌즈 그룹,

분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계, 및

상기 레이저 빔의 적어도 한쪽 길이방향 엣지를 상기 폭방향에 수직인 직선으로 만들기 위해 상기 빔 발생장치와 상기 원통형 렌즈 그룹 사이에 배치된 슬릿을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 14.

레이저 빔을 방출하는 빔 발생장치,

상기 레이저 빔을 분할하는 원통형 렌즈 그룹, 및

분할된 레이저 빔을 중첩시키는 광학계를 포함하고,

상기 원통형 렌즈 그룹의 엣지부가 차광되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 15.

제 14 항에 있어서, 상기 원통형 렌즈 그룹이 다수의 원통형 렌즈로 이루어져 있고,

상기 원통형 렌즈 그룹의 엣지부가 상기 원통형 렌즈 그룹의 상기 원통형 렌즈들 중 양끝의 원통형 렌즈이고,

상기 원통형 렌즈 그룹의 엣지부가, 방출된 레이저 빔의 엣지들을 길이방향에 평행한 직선으로 만들기 위해 차광되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 16.

제 14 항에 있어서, 상기 원통형 렌즈의 엣지부가 석영제 젯빛 유리로 되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 17.

제 2 항, 제 12 항, 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 슬릿이 유리, 석영, 세라믹, 및 금속으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나로 되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 18.

제 2 항, 제 3 항, 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 중첩된 레이저 빔을 기관에 조사하는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 19.

제 18 항에 있어서, 상기 기관이 유리 기관, 석영 기관, 세라믹 기관, 반도체 기관, 플라스틱 기관, 및 유기 수지 기관으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 20.

제 2 항, 제 3 항, 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 조사장치가, 위에 반도체막을 가지는 기관을 보유하기 위한 스테이지를 더 포함하고,

상기 반도체막이 상기 레이저 빔의 조사에 의해 결정화되는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 21.

제 2 항, 제 3 항, 제 4 항, 제 12 항, 제 13 항, 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 분할된 레이저 빔을 중첩시키는 상기 광학계가 볼록 렌즈인 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 22.

제 2 항, 제 3 항, 제 4 항, 제 12 항, 제 13 항, 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 빔이 레이저의 고조파인 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 23.

제 12 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 중첩된 레이저 빔을 피조사면에 조사하는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

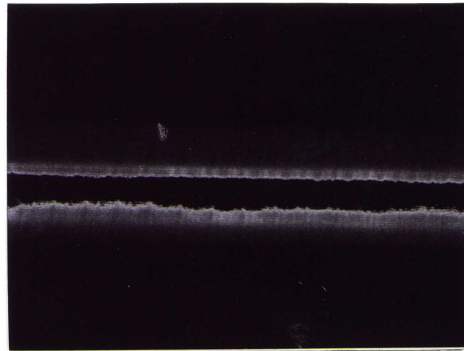
청구항 24.

제 12 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 조사장치가, 위에 피조사면을 가지는 반도체막을 보유하기 위한 스테이지를 더 포함하고,

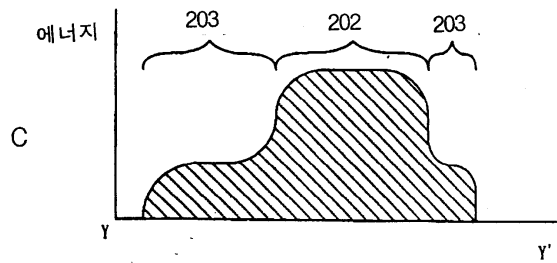
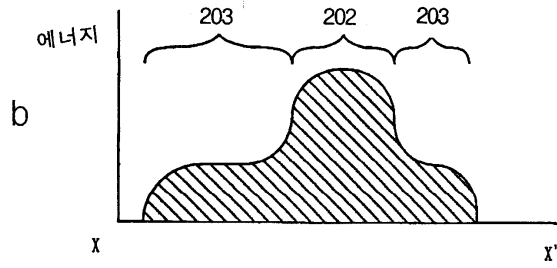
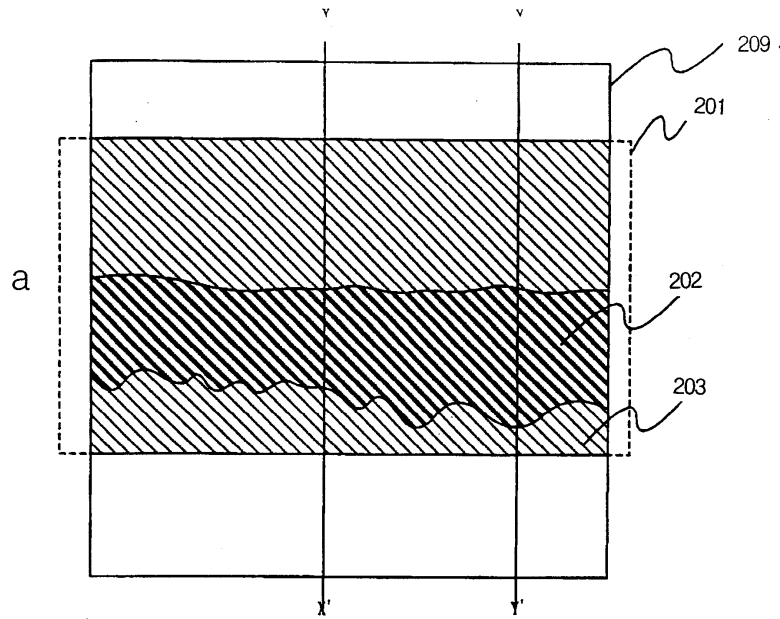
상기 반도체막이 상기 레이저 빔의 조사에 의해 결정화되는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

도면

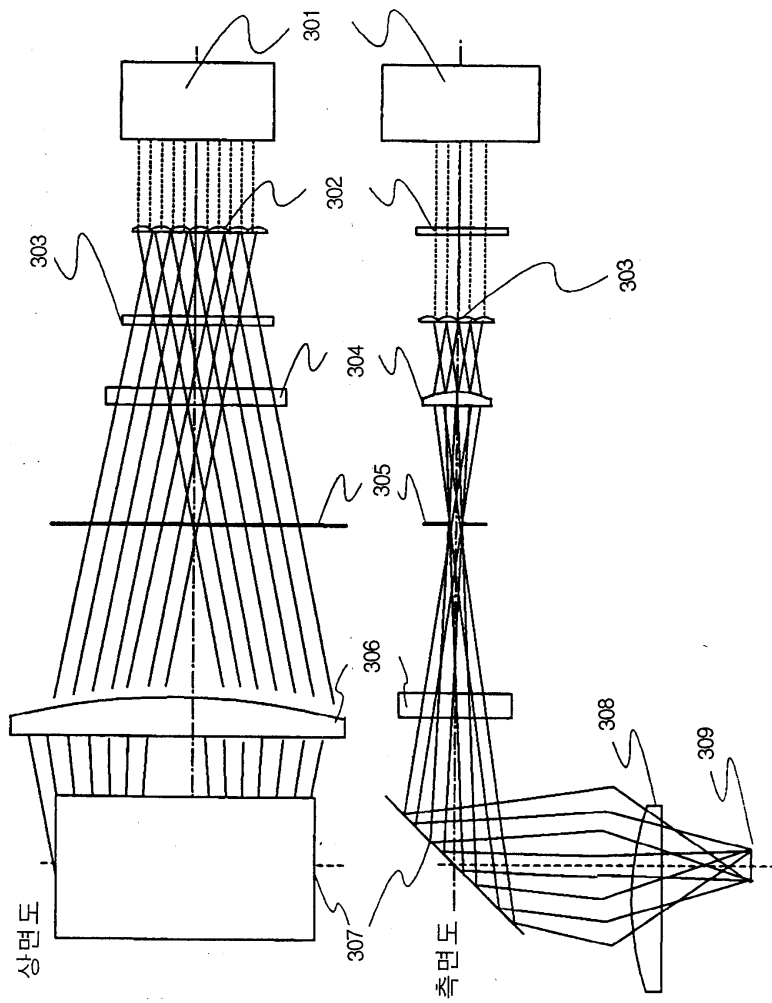
도면1



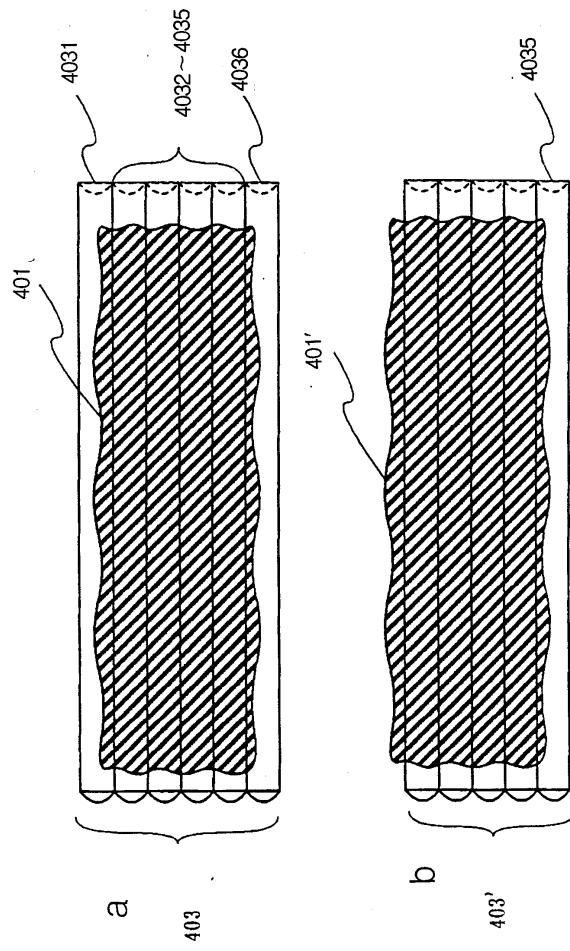
도면2



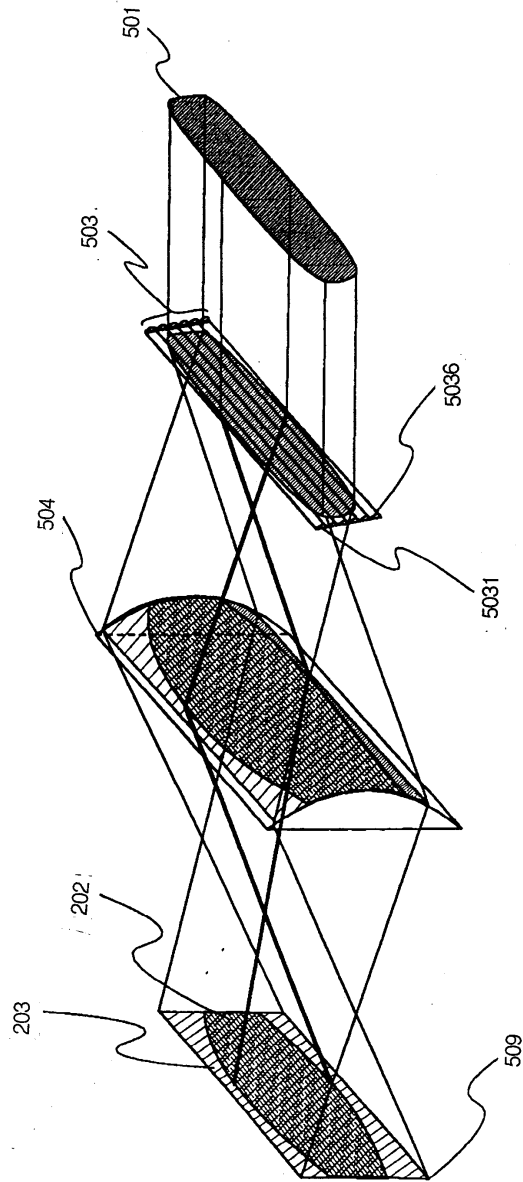
도면3



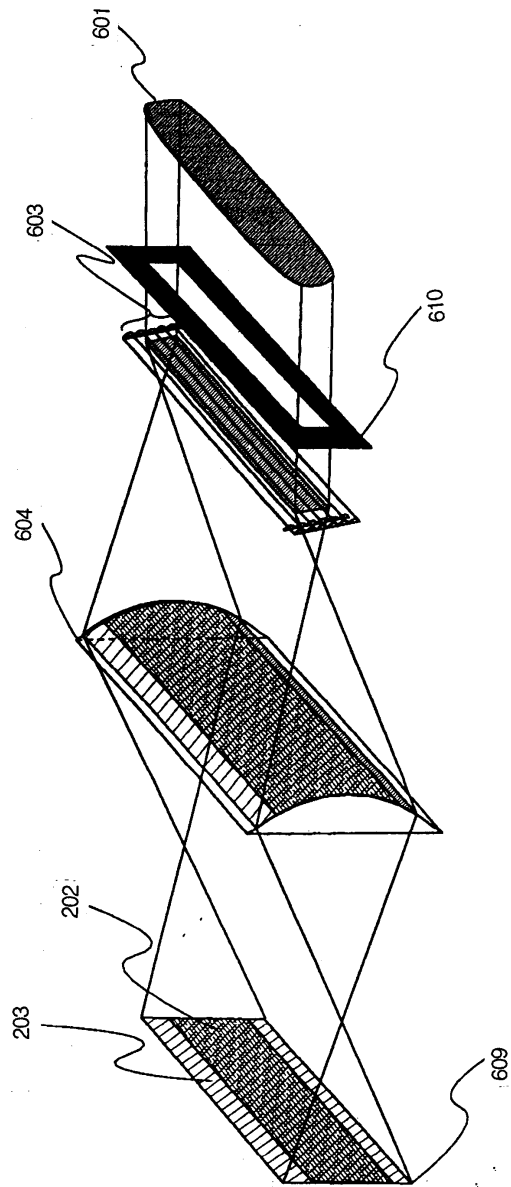
도면4



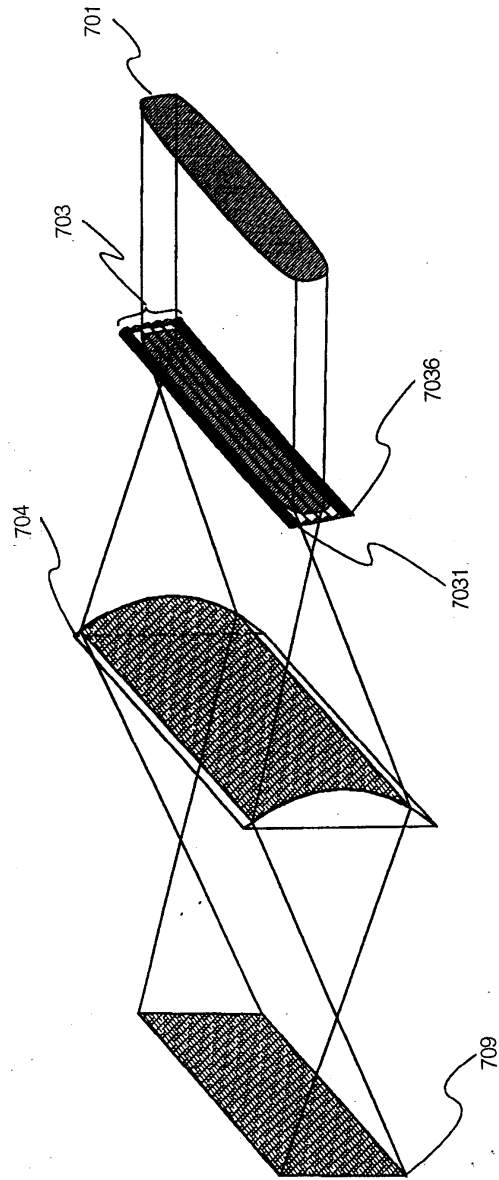
도면5



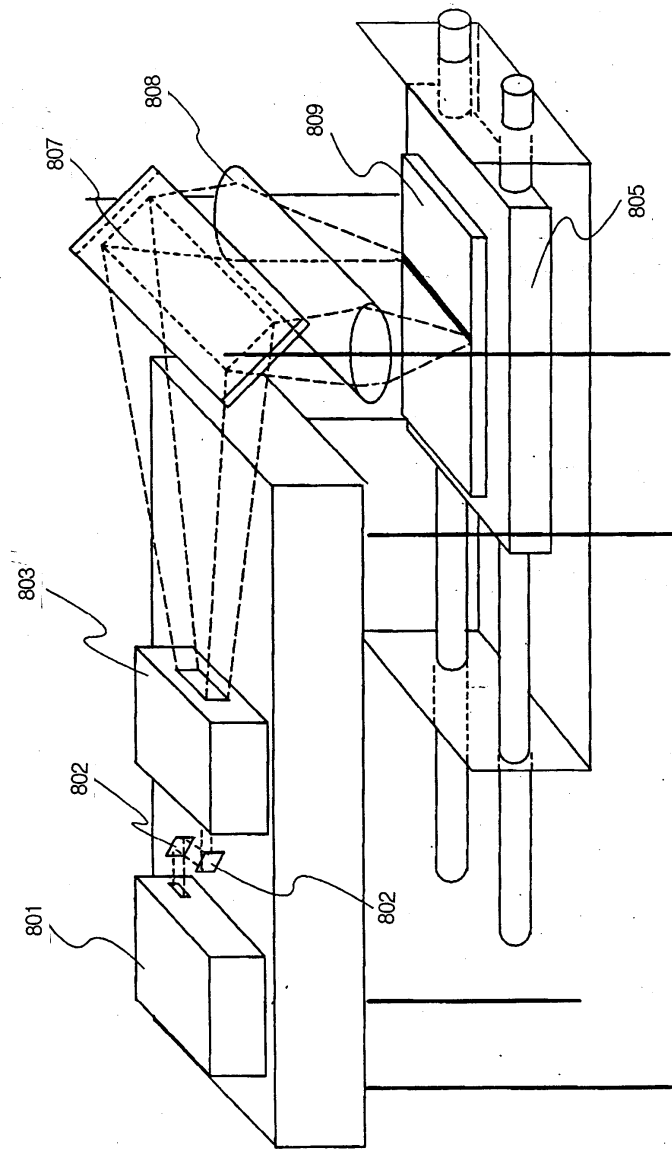
도면6



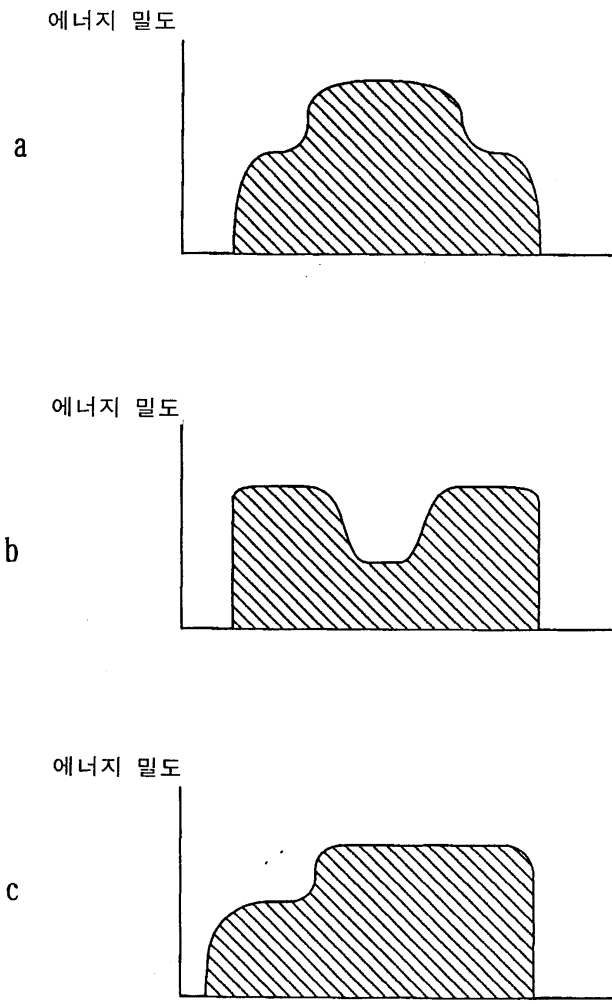
도면7



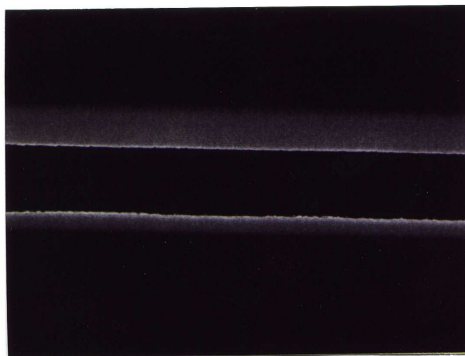
도면8



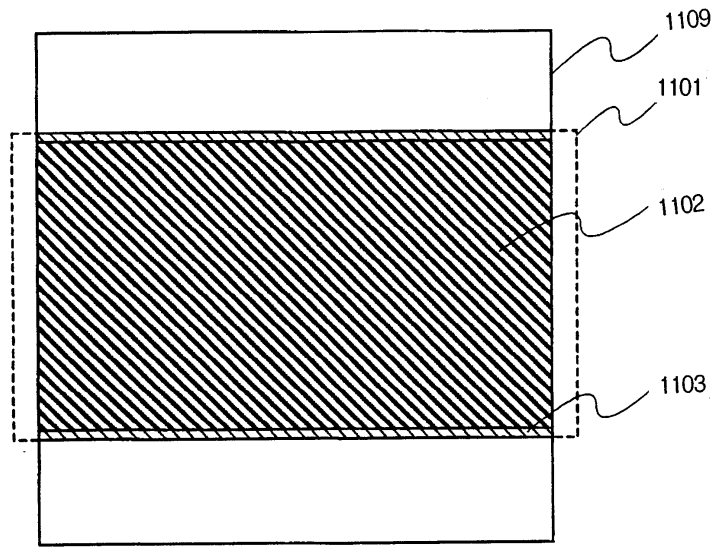
도면9



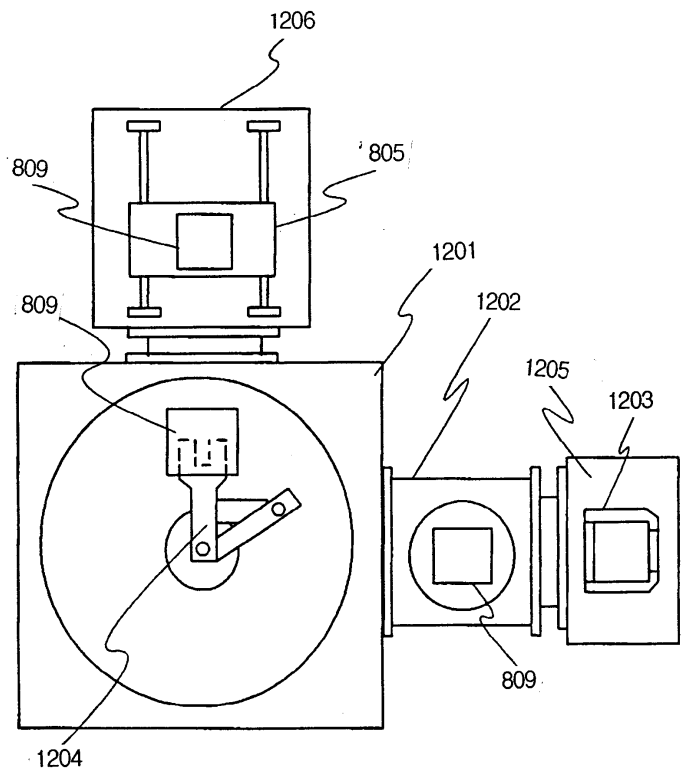
도면10



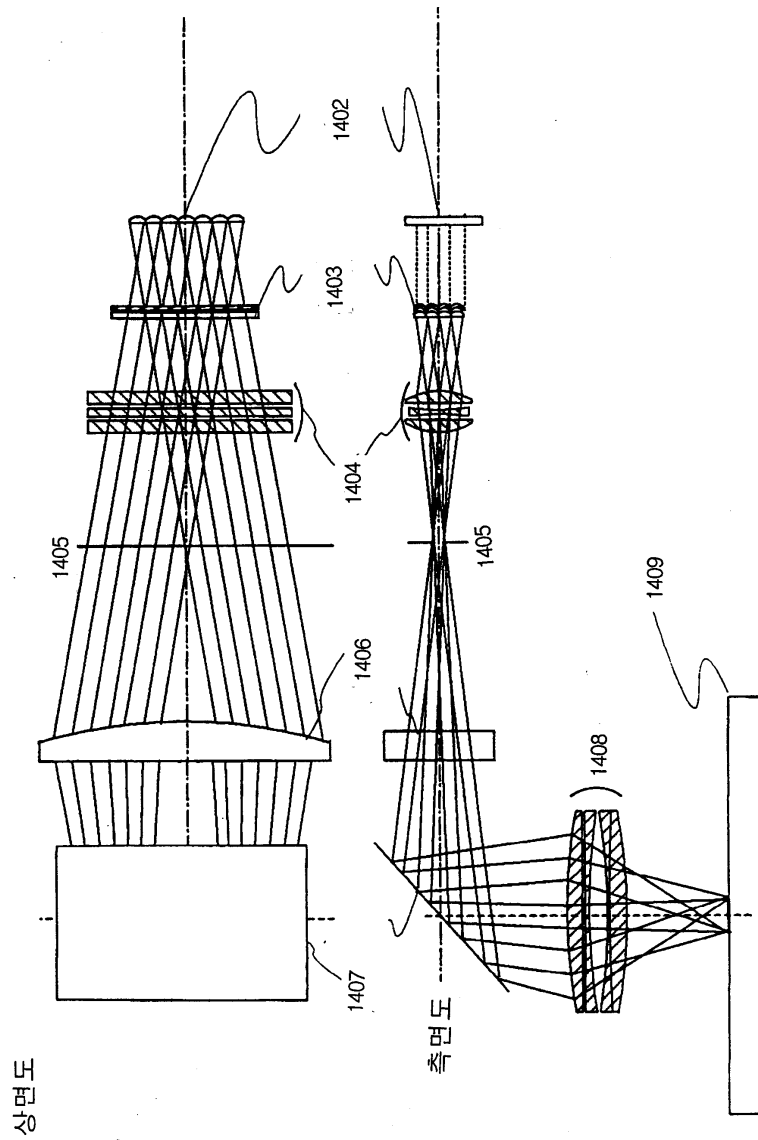
도면11



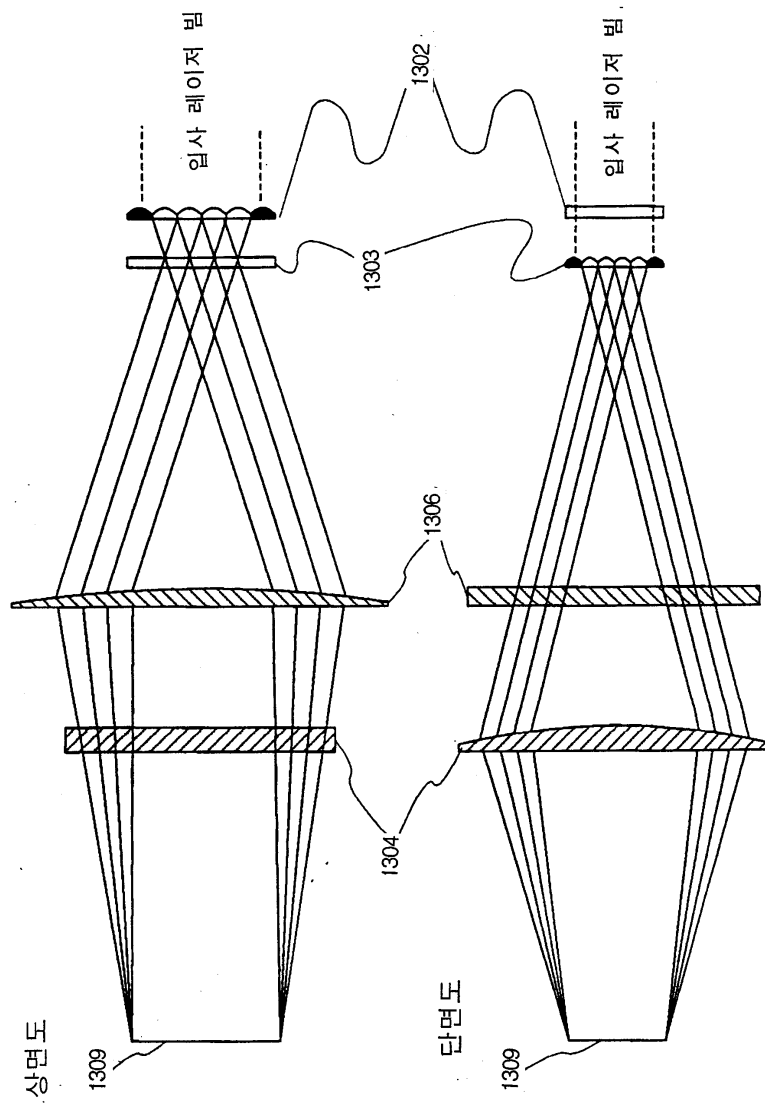
도면12



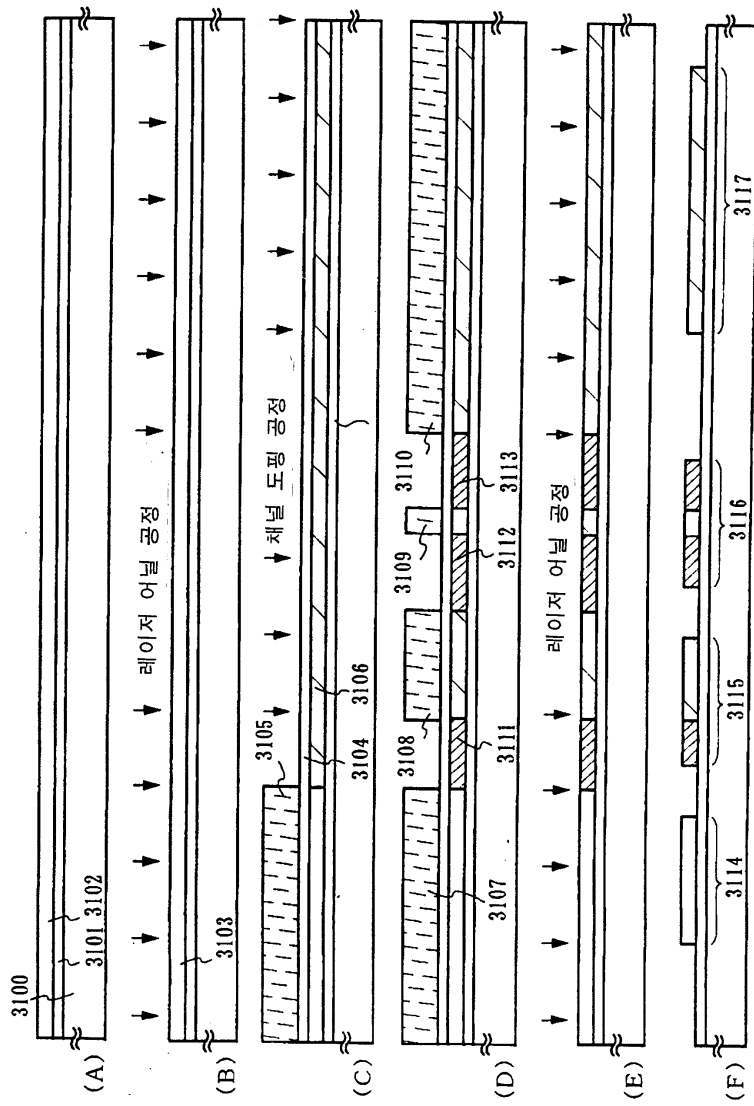
도면13



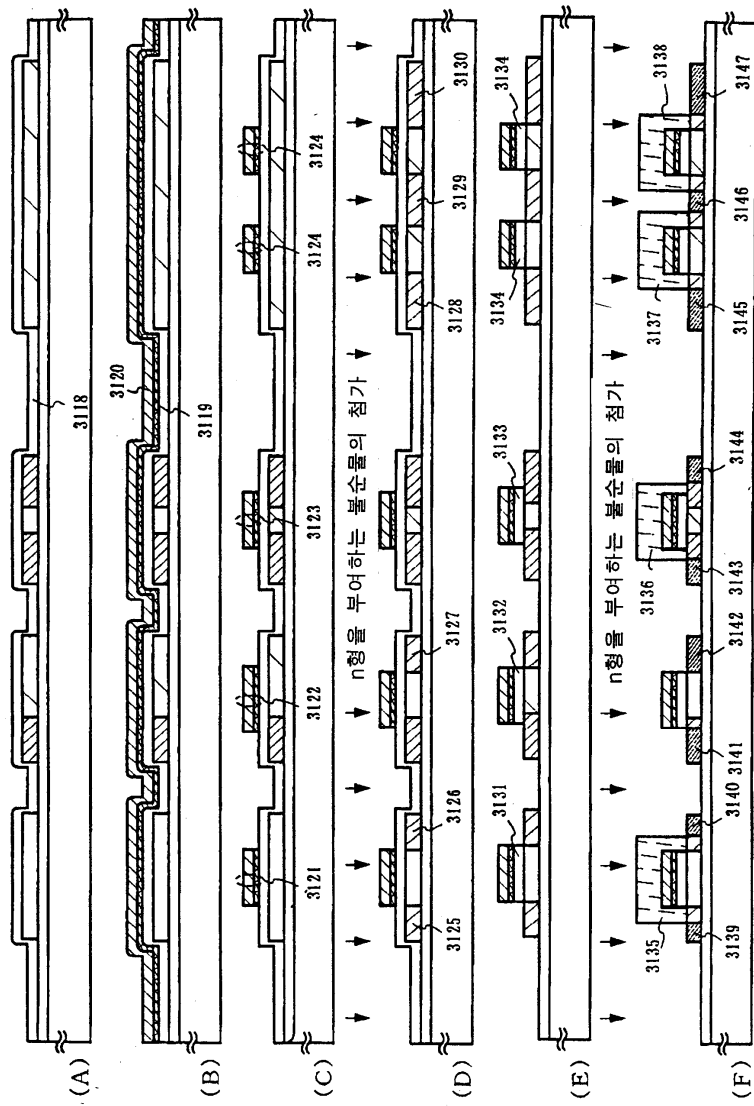
도면14



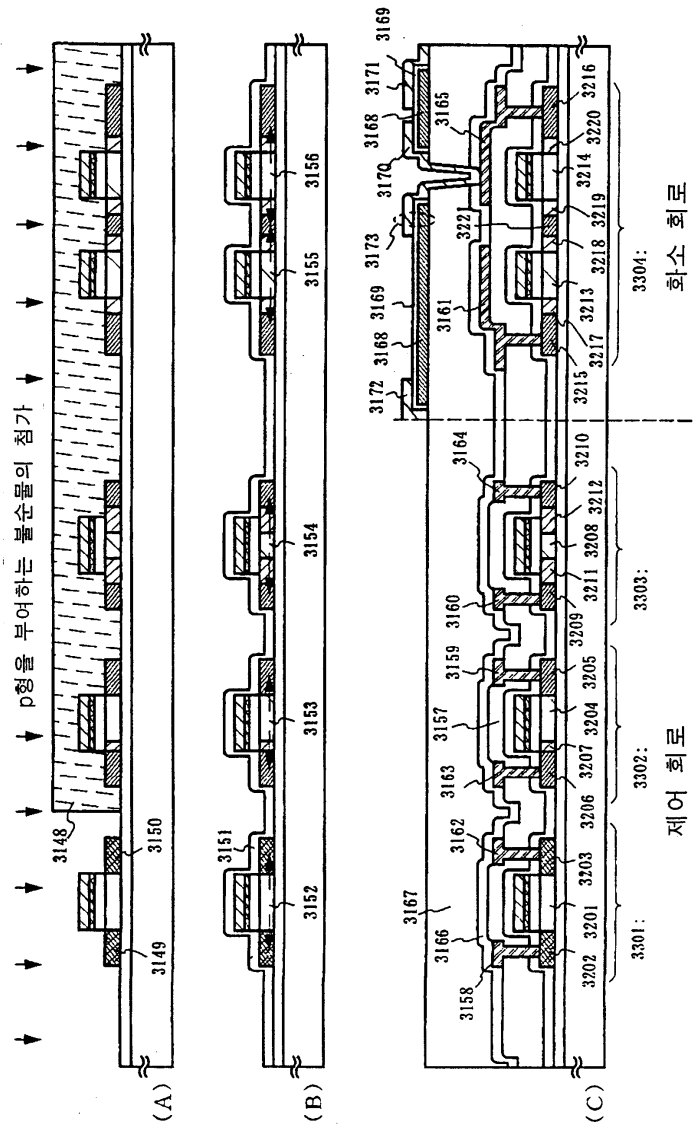
도면15



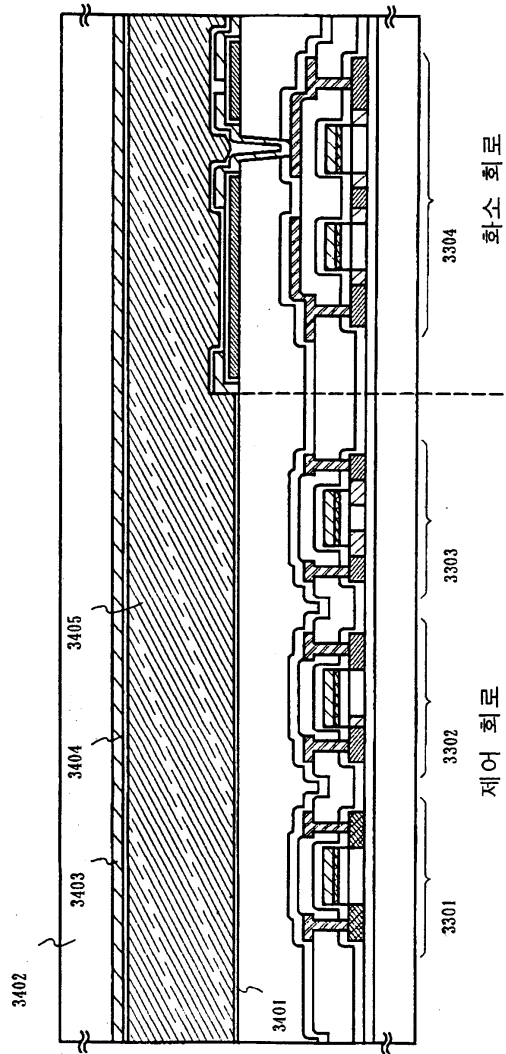
도면16



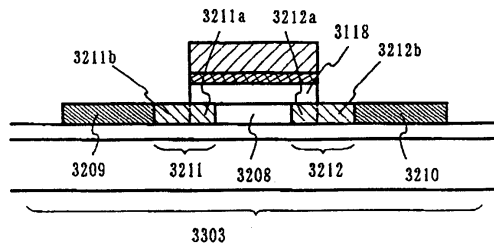
도면17



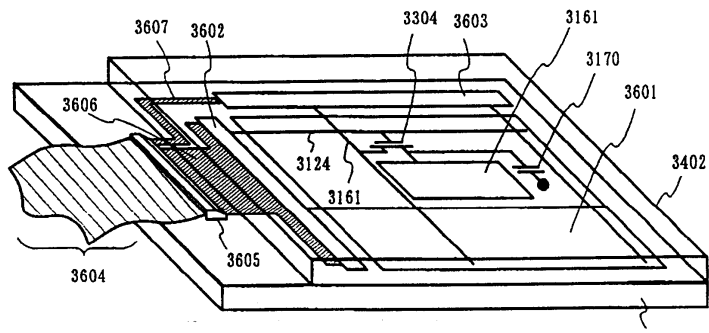
도면18



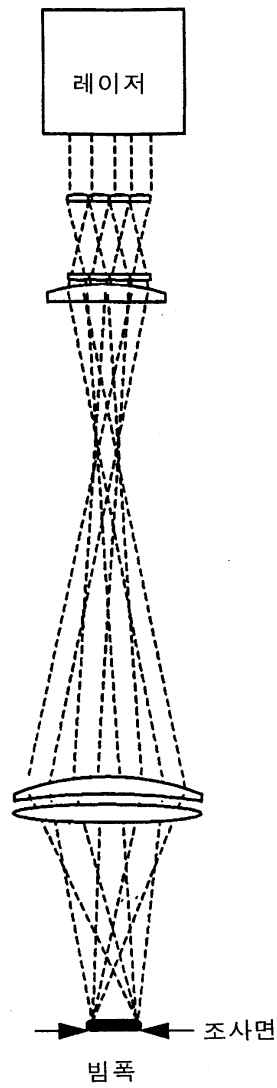
도면19



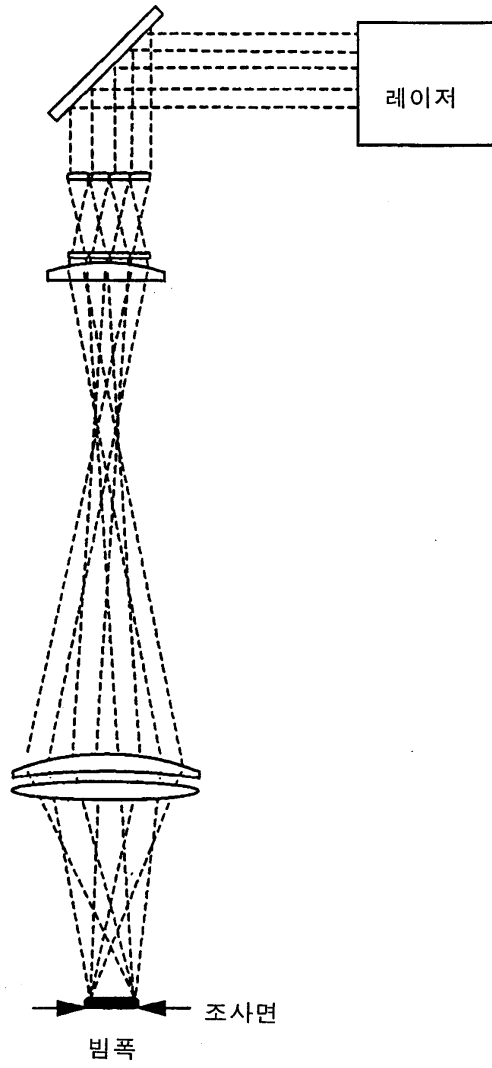
도면20



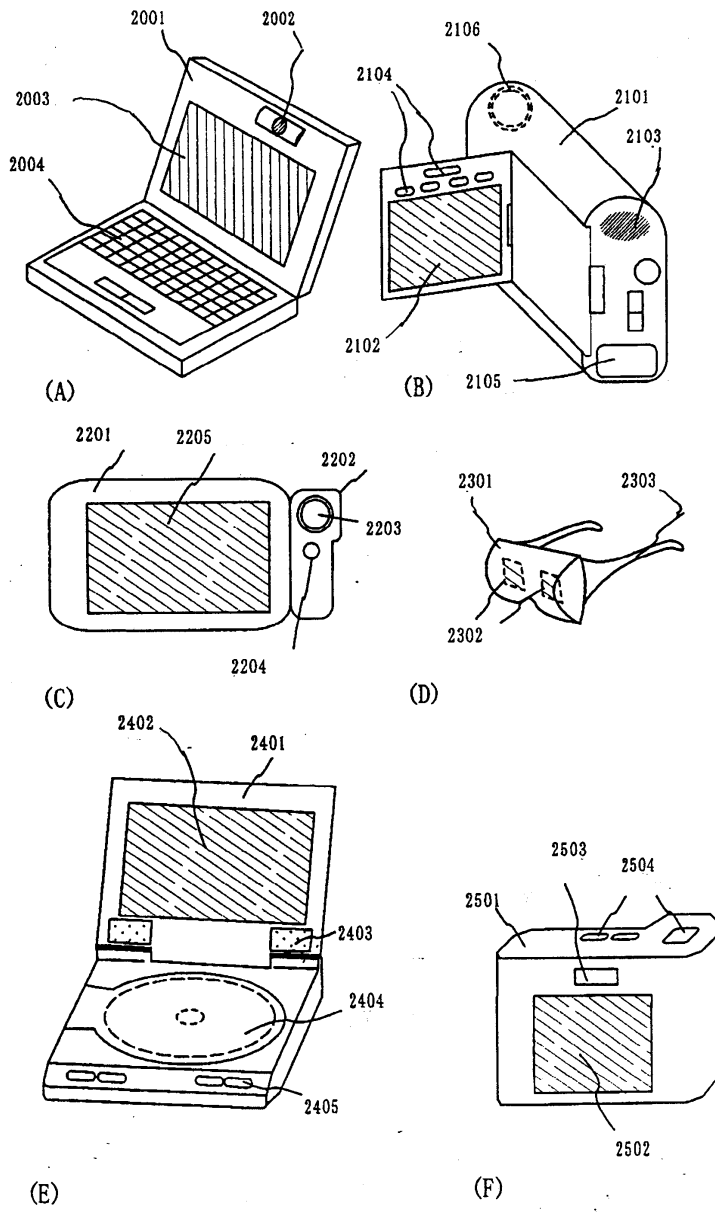
도면21



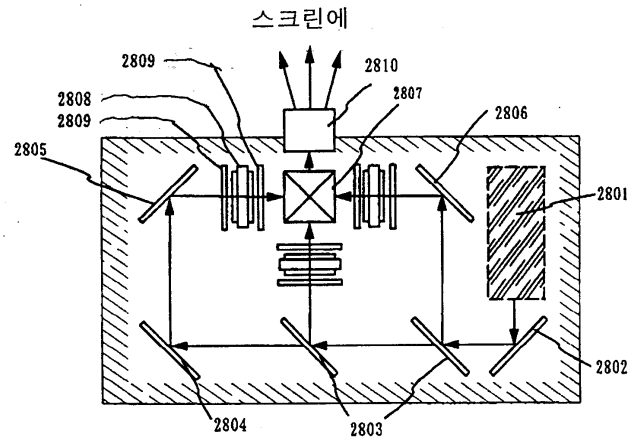
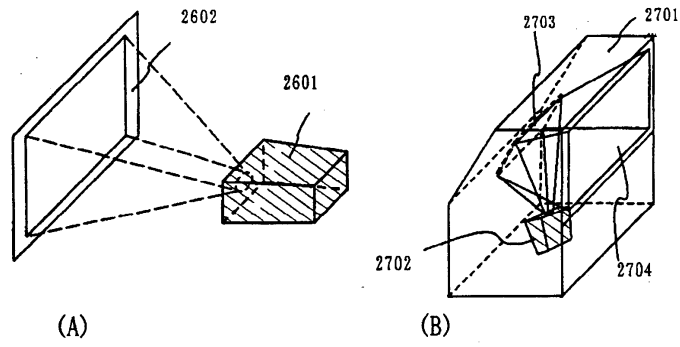
도면22



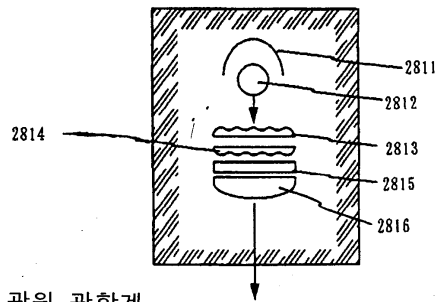
도면23



도면24



(C) 표시장치(3판식)



(D) 광원 광학계