



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년10월08일
 (11) 등록번호 10-1188356
 (24) 등록일자 2012년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 3/10 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2004-0096142
 (22) 출원일자 2004년11월23일
 심사청구일자 2009년08월27일
 (65) 공개번호 10-2005-0053315
 (43) 공개일자 2005년06월08일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2003-00403155 2003년12월02일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 US06618423 B1
 US05911718 A1
 US6483858 B1
 JP11298072 A

(73) 특허권자
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼
 일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
 (72) 발명자
타나카코이치로
 일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시키가
 이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이
야마모토요시아키
 일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시키가
 이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이
 (74) 대리인
이화익, 김홍두

전체 청구항 수 : 총 28 항

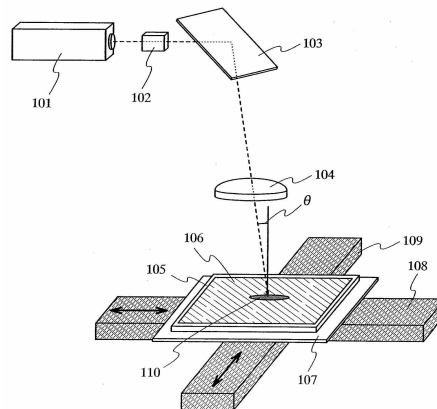
심사관 : 남정길

(54) 발명의 명칭 레이저 조사장치, 레이저 조사방법 및 반도체장치의제조방법

(57) 요약

본 발명의 목적은, 연속발진(CW)의 레이저와 비교해서 빔 스폿을 확대하고, 유리 기판에 주는 열적인 손상을 억제하고, 게다가 주사방향으로 결정을 연속적으로 성장시켜, 주사방향을 따라서 길게 연장된 단결정으로 이루어진 결정립의 집합을 형성할 수 있는 레이저 조사장치를 제공하는데 있다. 본 발명의 레이저 조사장치는, 펄스형 레이저 발진기와, 펄스형 레이저 발진기로부터 펄스 발진된 레이저광의 파장을 변환하는 비선형 광학소자와, 파장이 변환된 레이저광을 반도체막에 집광하기 위한 광학계를 구비하고, 펄스형 레이저 발진기는, 10MHz ~ 100GHz 범위의 반복 주파수를 갖는다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

펄스발진 레이저 발진기와,
 상기 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 비선형 광학소자와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 집광시키기 위한 광학계와,
 상기 레이저광을 피처리물에 조사하기 위한 스테이지를 구비하고,
 상기 펄스발진 레이저 발진기는 10MHz이상의 펄스 반복 주파수를 갖고,
 상기 스테이지의 주사속도는 수십 내지 수천 mm/s의 범위인 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 2

펄스발진 레이저 발진기와,
 상기 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 비선형 광학소자와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 집광시키기 위한 광학계와,
 상기 레이저광을 피처리물에 조사하기 위한 스테이지를 구비하고,
 상기 펄스발진 레이저 발진기는 10MHz 내지 100GHz의 펄스 반복 주파수를 갖고,
 상기 스테이지의 주사속도는 수십 내지 수천 mm/s의 범위인 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 3

펄스발진 레이저 발진기와,
 상기 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 비선형 광학소자와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 집광시키기 위한 광학계를 구비하고,
 상기 펄스발진 레이저 발진기는 10MHz이상의 펄스 반복 주파수를 갖고,
 상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 4

펄스발진 레이저 발진기와,
 상기 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 비선형 광학소자와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 집광시키기 위한 광학계를 구비하고,
 상기 펄스발진 레이저 발진기는 10MHz~100GHz의 펄스 반복 주파수를 갖고,
 상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 5

펄스발진 레이저 발진기와,
 상기 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 비선형 광학소자와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 집광시키기 위한 광학계를 구비하고,
 상기 펄스발진 레이저 발진기는 10MHz~100GHz의 펄스 반복 주파수를 갖고,
 진공중의 광속을 c , 상기 피처리물이 형성된 기판의 굴절률을 n , 상기 기판 두께를 d , 상기 레이저광의 펄스폭을 t 라고 하면, $ct < 2nd$ 의 식을 만족시키는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 6

펄스발진 레이저 발진기와,
 상기 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 비선형 광학소자와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 집광시키기 위한 광학계를 구비하고,
 상기 펄스발진 레이저 발진기는 10MHz ~ 100GHz의 펄스 반복 주파수를 갖고,
 진공중의 광속을 c , 상기 피처리물이 형성된 기판의 굴절률을 n , 상기 기판 두께를 d , 상기 레이저광의 펄스폭을 t 라고 하면, $ct < 4nd$ 의 식을 만족시키는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 7

제 3 항에 있어서,
 상기 파장이 변환된 레이저광은 제 2 고조파를 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 8

펄스 반복 주파수가 10MHz이상인 펄스발진의 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,
 상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 9

펄스 반복 주파수가 10MHz ~ 100GHz인 펄스발진의 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,
 상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 10

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,
 펄스 반복 주파수는 10MHz이상이고,
 상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 11

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,
 펄스 반복 주파수는 10MHz ~ 100GHz이고,
 상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 12

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와,
 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,
 펄스 반복 주파수는 10MHz ~ 100GHz이고,
 진공중의 광속을 c , 상기 피처리물이 형성된 기판의 굴절률을 n , 상기 기판 두께를 d , 상기 레이저광의 펄스폭을 t 라고 하면, $ct < 2nd$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 13

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와,

상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

펄스 반복 주파수는 10MHz ~ 100GHz이고,

진공중의 광속을 c , 상기 피처리물이 형성된 기관의 굴절률을 n , 상기 기관 두께를 d , 상기 레이저광의 펄스폭을 t 라고 하면, $ct < 4nd$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 14

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와,

상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

펄스 반복 주파수는 10MHz ~ 100GHz이고,

상기 피처리물의 영역에, 입사되는 레이저광과, 상기 피처리물이 형성된 기관의 이면에서 반사한 레이저광을, 상기 레이저광의 펄스폭의 10% 이하에 해당하는 시간 동안 동시에 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 파장이 변환된 레이저광은 제 2 고조파를 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 16

펄스 반복 주파수가 10MHz 이상인 펄스발진의 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 17

펄스 반복 주파수가 10MHz ~ 100GHz인 펄스발진의 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 18

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와,

상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

펄스 반복 주파수는 10MHz 이상이고,

상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 19

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와,

상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

펄스 반복 주파수는 10MHz ~ 100GHz이고,

상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 20

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와,

상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

펄스 반복 주파수는 10MHz ~ 100GHz이고,

진공중의 광속을 c , 상기 피처리물이 형성된 기판의 굴절률을 n , 상기 기판 두께를 d , 상기 레이저광의 펄스폭을 t 라고 하면, $ct < 2nd$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 21

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와, 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

펄스 반복 주파수는 10MHz ~ 100GHz이고,

진공중의 광속을 c , 상기 피처리물이 형성된 기판의 굴절률을 n , 상기 기판 두께를 d , 상기 레이저광의 펄스폭을 t 라고 하면, $ct < 4nd$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 22

비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 출사된 레이저광의 파장을 변환하는 단계와, 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 단계를 포함하고,

상기 펄스발진 레이저 발진기는 10MHz ~ 100GHz의 펄스 반복 주파수를 갖고,

상기 피처리물의 영역에, 입사되는 레이저광과, 상기 피처리물이 형성된 기판의 이면에서 반사한 레이저광을, 상기 레이저광의 펄스폭의 10% 이하에 해당하는 시간 동안 동시에 조사하는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 23

제 18 항에 있어서,

상기 파장이 변환된 레이저광은 제 2 고조파를 갖는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 24

제 4 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 파장이 변환된 레이저광은 제 2 고조파를 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

제 11 항, 제 12 항, 제 13 항, 제 14 항, 제 19 항, 제 20 항, 제 21 항, 또는 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 파장이 변환된 레이저광은 제 2 고조파를 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 조사방법.

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

제 5 항, 제 6 항, 제 7 항, 제 12 항, 제 13 항, 제 14 항, 제 20 항, 제 21 항, 또는 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 피처리물은 반도체막으로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

제 3 항, 제 4 항, 제 5 항, 제 6 항, 제 8 항, 제 9 항, 제 10 항, 제 11 항, 제 12 항, 제 13 항, 제 14 항, 제 16 항, 제 17 항, 제 18 항, 제 19 항, 제 20 항, 제 21 항, 또는 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 레이저광을 피처리물에 조사하기 위한 스테이지를 더 구비하고,

상기 스테이지의 주사속도는 수십 ~ 수천 mm/s인 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 54

제 3 항, 제 4 항, 제 5 항, 제 6 항, 제 8 항, 제 9 항, 제 10 항, 제 11 항, 제 12 항, 제 13 항, 제 14 항, 제 16 항, 제 17 항, 제 18 항, 제 19 항, 제 20 항, 제 21 항, 또는 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 레이저광을 피처리물에 조사하기 위한 스테이지를 더 구비하고,

상기 스테이지의 주사속도는 100 ~ 2000 mm/s인 것을 특징으로 하는 레이저 조사장치.

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

삭제

청구항 81

삭제

청구항 82

삭제

청구항 83

삭제

청구항 84

삭제

청구항 85

삭제

청구항 86

삭제

청구항 87

삭제

청구항 88

삭제

청구항 89

삭제

청구항 90

삭제

청구항 91

삭제

청구항 92

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0015] 본 발명은 반도체막의 결정화에 사용된 레이저 조사장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 그 레이저 조사장치를 사용한 레이저 조사방법 및 반도체장치의 제조방법에 관한 것이다.
- [0016] 다결정 반도체막을 사용한 박막트랜지스터(이후, 이러한 박막트랜지스터를 다결정 TFT라 함)은, 비정질 반도체막을 사용하여 형성된 TFT와 비교하여 이동도가 2자리수 이상 높으므로, 반도체 표시장치의 화소부와 그 주변의 구동회로를 동일 기판 위에 일체로 형성할 수 있다고 하는 이점을 가지고 있다. 다결정 반도체막은, 레이저 어닐링법을 사용함으로써 저렴한 유리 기판 위에 형성할 수 있다.
- [0017] 레이저는 그 발진 방법에 따라 펄스 발진과 연속발진(CW: continuous wave)의 2종류로 대별된다. 엑시머 레이저로 대표되는 펄스 발진의 레이저는, CW 레이저와 비교하여, 단위시간당 출력전력이 3~6자리수 정도 높다. 따라서, 빔 스폿(피처리물의 표면에 있어서 실제로 레이저광이 조사되는 조사 영역)을 수 cm 모서리의 직사각형이나, 길이 100mm이상의 선형이 되도록 광학계로 성형하고, 반도체막에의 레이저 조사를 효율적으로 행한다. 즉, 펄스발진 레이저는, 처리율을 높일 수 있는 이점이 있다. 이 때문에, 반도체막의 결정화에는, 펄스발진의 레이저를 사용하는 것이 주류가 되고 있다.
- [0018] 이때, 여기서의 선형이란, 엄밀한 의미에서 선을 뜻하고 있는 것이 아니고, 종횡비가 큰 직사각형(또는 긴 타원형)을 의미한다. 예를 들면, 종횡비가 2이상(바람직하게는 10~10000)의 것을 선형이라고 부르지만, 선형이 직사각형에 포함된다.
- [0019] 이와 같이 펄스발진의 레이저광을 이용하여 결정화된 반도체막은, 그 위치와 크기가 랜덤한 복수의 결정립의 집합으로 형성되어 있다. 결정립내와 비교하여, 결정립의 계면(결정립계)은 비정질구조나 결정 결함 등에 기인하는 재결합중심이나 포획중심이 무수하게 존재하고 있다. 이 포획중심에 캐리어가 트랩되면, 결정립계의 포텐셜이 상승하고, 캐리어에 대하여 장벽이 되기 때문에, 캐리어의 수송 특성이 저하한다고 하는 문제가 있다.
- [0020] 상기 문제 때문에, CW 레이저를 사용한 반도체막의 결정화에 관한 기술이, 최근 주목받고 있다. CW 레이저의 경우, 종래의 펄스 발진의 레이저와는 달리, 일방향으로 주사시키면서 반도체막에 레이저광을 조사하고, 결정을 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장시켜, 해당 주사 방향을 따라서 길게 연장된 단결정으로 이루어진 결정립의 집합을 형성할 수 있다. 상기 기술을 사용함으로써 적어도 TFT의 채널 방향에 교차하는 결정립계가 거의 존재하지 않는, 반도체막을 형성할 수 있다고 생각된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- [0021] 그러나, 반도체막의 결정화는, 반도체막에 대한 레이저광의 흡수계수가 클수록, 보다 효율적으로 행할 수 있다. 반도체장치에 보통 사용되는 수십~수백 nm두께의 실리콘막을 YAG레이저나 YVO₄레이저로 결정화시킬 경우, 기본파보다도 파장이 짧은 제 2 고조파쪽이, 흡수계수는 훨씬 높기 때문에, 보통, 고조파를 결정화공정에 적용하고, 기본파를 사용하는 경우는 거의 없다. 기본파로부터 고조파에의 변환은, 비선형 광학소자를 사용함으로써 행할 수 있다.
- [0022] 그러나, CW 레이저의 경우, 연속적으로 비선형 광학소자에 부하를 주기 때문에, 비선형 광학소자의 레

이저광에 대한 내성이, 펄스 발진의 레이저와 비교해서 현저하게 낮다고 하는 문제가 있다. 또한 CW 레이저는 단위시간당 펄스발진 레이저에 비교하여 보다 낮은 출력전력을 가지므로, 시간에 대한 광자의 밀도도 낮고, 따라서 비선형 광학소자에서의 고조파에의 변환 효율이 낮다. 구체적으로는, 입사광의 모드 특성이나 시간특성에도 따르지만, 펄스발진의 레이저의 변환 효율이 10~30%정도인 것에 대해, CW 레이저의 변환 효율은 0.2~0.3% 정도이다.

[0023] 따라서, CW 레이저의 고조파가 단위시간당 펄스발진의 레이저의 전력보다 낮기 때문에, CW 레이저의 빔 스폿을 확대하여서 처리율을 증가시키는 것은 어렵다. 예를 들면, CW의 YAG레이저는, 기본파를 10kW 출력할 수 있는 것에 대해, 제 2 고조파의 출력은 10W정도밖에 얻을 수 없다. 이 경우, 반도체막의 결정화에 필요한 에너지밀도를 얻기 위해서는 빔 스폿의 면적을 10^{-3} mm^2 정도로 작게 해야 한다. 이와 같이 CW 레이저는, 펄스발진의 엑시머레이저와 비교해서 처리율이 뒤떨어지고 있어, 이것이 생산성을 떨어뜨린다.

[0024] 이때, 주사 방향에 대하여 수직방향으로의 빔 스폿의 양단에는, 빔 스폿의 중심과 비교하여 결정립이 현저하게 작고, 결정성이 떨어져 있는 영역이 형성된다. 이 결정성이 떨어져 있는 영역에 반도체소자를 형성해도 높은 특성은 기대할 수 없다. 그리고, 이 미결정립이 형성된 영역을 작게 하는데는, 광학계의 조정으로는 감소될 수 있다. 따라서, 반도체소자의 레이아웃상의 제약을 완화하려면, 주사 방향에 대하여 수직방향에서의 빔 스폿의 폭을 크게 하는 것이 중요하다. 그러나, CW 레이저의 경우, 전술한 이유에 따라 빔 스폿의 면적을 넓히는 것이 어렵고, 따라서 CW 레이저의 빔 스폿의 폭도 펄스 발진의 레이저와 비교해서 작아져 버린다. 따라서, 상기 반도체소자의 레이아웃이 제한된다.

[0025] 또한, CW 레이저를 이용하여 열역학적으로 비평형상태를 형성하는 것은 가능하지만, 펄스발진의 레이저에서는 수 MW이상의 침투출력을 얻을 수 있는데 대해, CW 레이저에서는 수 kW정도로 출력되는 에너지가 낮다. 그 때문에, 비평형상태이더라도, 펄스 발진의 레이저보다도 CW 레이저쪽이, 반도체막을 레이저 어닐링할 때에 유리 기판에 주는 열적인 손상이 커서, 바람직하지 못하다. 유리 기판에 주는 열적인 손상이 현저하면, 그에 따라서 유리 기판은 쉬링크(shrink)가 발생한다.

[0026] 본 발명의 목적은, 전술한 문제를 감안하여, CW 레이저 조사장치와 비교해서 빔 스폿을 보다 크게 할 수 있고, 유리 기판에 주는 열적인 손상을 억제할 수 있고, 게다가 주사 방향을 향해서 결정을 연속적으로 성장시켜, 해당 주사 방향을 따라서 길게 연장된 단결정으로 이루어진 결정립의 집합을 형성할 수 있는 레이저 조사장치를 제공하는데 있다. 또한, 본 발명의 목적은, 비선형 광학소자가 열화하는 것을 억제할 수 있고, 보다 높은 전력의 레이저광을 얻을 수 있는 레이저 조사장치를 제공하는데 있다. 더욱이, 본 발명의 목적은, 해당 레이저 조사장치를 사용한 레이저 조사방법 및 반도체장치의 제조방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

[0027] 본 발명자들은, 펄스 발진의 레이저이더라도, 반도체막이 레이저광에 의해 용융하고 나서 고화할때 까지, 다음 펄스의 레이저광을 조사할 수 있도록 한 펄스 반복 주파수로 레이저광을 발진시킴으로써 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장한 결정립을 얻을 수 있는 것이라고 생각했다. 즉, 펄스 주기가, 반도체막이 용융하고 나서 완전하게 고화할때까지의 시간보다도 짧아지도록, 펄스 반복 주파수의 하한을 정한다.

[0028] 본 발명에서, 펄스발진의 레이저는, 그 반복 주파수를 10MHz이상으로 하고 보통 사용되고 있는 수 십 Hz ~ 수 백 Hz의 주파수대보다도 현저하게 높은 주파수대를 사용한다. 펄스 발진 레이저광을 반도체막에 조사한 후 반도체막이 완전하게 고화할때까지의 시간은 수 십 nsec ~ 수 백 nsec로 한다. 그 펄스발진 레이저광이 상기 10MHz 이상의 반복 주파수를 사용하면, 반도체막이 레이저광에 의해 용융하고 나서 고화할때까지, 펄스 발진의 레이저광을 조사할 수 있다. 따라서, 종래의 펄스 발진의 레이저를 사용하는 경우와 달리, 반도체막중에 있어서 고체상태와 액체상태간의 계면을 연속적으로 이동시킬 수 있으므로, 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장한 결정립을 갖는 반도체막이 형성된다. 구체적으로는, 함유된 결정립의 주사 방향에서의 폭이 10~30 μm , 주사 방향에 대하여 수직인 방향에서의 폭이 1~5 μm 정도의 결정립의 집합을 형성할 수 있다. 해당 주사 방향을 따라서 길게 연장된 단결정의 결정립을 형성함으로써 적어도 TFT의 채널 방향에는 결정립계의 거의 존재하지 않는 반도체막의 형성이 가능해 진다.

[0029] 또한, 종래의 펄스발진의 레이저를 이용하여 결정화를 행했을 경우, 결정 입계에 있어서, 산소, 질소 또는 탄소 등의 불순물이 분리하는 경향이 있다. 특히 레이저광을 사용한 결정화와 촉매금속을 사용한 결정화를

조합한 경우에는, 게터링되지 않은 촉매금속은 편석하여도 된다. 그러나, 본 발명에서는, 고체 상태와 액체상태 간의 계면을 연속적으로 이동시킬 수 있으므로, 대역용융법과 같이, 포지티브 편석계수를 갖는 불순물의 편석을 막고, 반도체막의 순화나 용질농도의 동일화를 행할 수 있다. 따라서, 반도체소자의 특성을 높이고, 해당 반도체막을 사용한 특성의 변동을 억제할 수 있다.

[0030] 또한, CW 레이저의 경우, 반도체막의 임의의 1점에 레이저광이 조사되는 시간은, 10 μ sec의 오더이다. 본 발명에서는, 10MHz를 넘는 높은 발진 주파수에서 레이저광을 발진시키므로 펄스폭이 1ns이하로 되어 있고, 1점에 레이저광이 조사되는 시간을 10⁴배로 할 수 있고, 게다가 CW 레이저와 비교하여 첨두출력을 비약적으로 높일 수 있다. 이 때문에, 본 발명에서는, 기판 위에 형성된 반도체막의 결정화시에, 기판에 주어지는 열량을 CW 레이저보다도 대폭 억제할 수 있고, 따라서 기판의 쉬링크나, 반도체막과, 다른 막과의 사이에서 발생하는 불순물의 확산을 막을 수 있고, 그것에 의해 반도체소자의 특성을 높이고, 수율을 높이는 것이 가능하게 된다.

[0031] 또한, 본 발명과 같이, 종래와 비교하여 현저하게 높은 발진 주파수를 사용할 경우, 필연적으로 펄스폭도 그 발진 주파수에 맞춰서 피코초의 오더까지 짧아져, 그것에 의해서 레이저광을 기판에 대하여 수직의 방향으로부터 조사해도, 기판의 이면에서의 광 반사에 의해 생기는 간섭을 억제할 수 있다고 하는, 부차적인 효과도 얻을 수 있다. 간섭을 억제할 수 있는 것은, 1mm정도의 유리 기판을 왕복해서 반도체막에 되돌아온 빛과, 새롭게 반도체막에 입사하는 빛이 혼재하고 있는 시간이, 피코초의 오더의 펄스폭으로 현저하게 짧게 할 수 있기 때문이다. 통상으로 사용된 펄스발진의 레이저에서는, 펄스폭이 10nsec ~ 수 100nsec이며, 이 기간에 광이 진행되는 거리는 3m ~ 100m정도이다. 한편, 본 발명의 펄스발진 레이저의 펄스폭은 피코초의 오더이다. 예를 들면, 펄스폭 10ps의 기간에 광 진행 거리는 3mm정도이며, 종래의 펄스 발진의 레이저와 비교해서 그 거리가 현저하게 짧다. 따라서, 1mm정도의 유리 기판을 왕복해서 반도체막에 되돌아온 빛과, 새롭게 반도체막에 입사하는 빛이 혼재하고 있는 시간이 짧아, 간섭을 억제하기 쉽다. 따라서, 간섭의 영향을 고려해서 레이저광을 반도체막에 대하여 비스듬히 조사할 필요가 없어지고, 레이저광을 기판에 대하여 수직의 방향으로부터 조사할 수 있다. 따라서 광학설계가 용이해져, 얻어지는 빔 스폿의 에너지 분포를 보다 균일하게 할 수 있다. 또한 레이저광을 비스듬히 조사할 경우, 피처리물의 주사 방향에 의해 레이저광의 조사 조건이 변화되기 때문에, 균일한 레이저 어닐링을 행하는 것이 어렵다. 이 경우, 균일한 레이저 어닐링을 행하기 위해서는, 일방향의 주사만으로 레이저 어닐링을 행할 필요가 있고, 처리율을 희생하지 않을 수 없다. 그러나, 본 발명에서는, 수직으로 레이저광을 조사할 수 있으므로, 주사 방향에 의해 레이저광의 조사 조건이 변화되는 일이 없다. 따라서 피처리물을 왕복시키도록 주사해도 레이저 어닐링의 균일성이 손상되지 않고, 처리율을 높일 수 있다.

[0032] 이때, 레이저광이 전혀 간섭을 일으키지 않도록 하기 위해서는, 진공중의 광속을 c, 기판의 굴절률을 n, 기판 두께를 d라고 하면, 레이저광의 펄스폭 t는 이하에 나타낸 식(1)을 만족시키면 된다.

[0033]
$$ct < 2nd \quad (1)$$

[0034] 예를 들면, 기판에 두께 0.7mm, 굴절률 1.5의 유리 기판을 사용하고, 진공중의 광속을 300,000km/s라고 하면, 레이저광이 전혀 간섭을 일으키지 않도록 하기 위해서는, 펄스폭 t는 7ps 미만이어도 된다.

[0035] 또한, 다결정 반도체막을 레이저 어닐링법으로 형성할 경우, 레이저광의 전력이 크게 변동하면, 결정화가 균일하게 행하여지지 않는다. 이러한 경우에, 해당 다결정 반도체막을 활성층으로서 사용하여 TFT를 제조할 때, 이들 TFT간에 예를 들면 온 전류 또는 이동도 등의 특성이 변화한다. 이때, 간섭을 일으키지 않고 있는 상태에서, 레이저광은 ±1%로 시간적으로 변동하므로, 반도체 표시장치의 화소부에 사용하고 있는 TFT를 형성할 때에, 해당 전력의 변동이 ±1%보다도 작아질 정도로 간섭을 억제함으로써 간섭에 기인하는 휘도의 농담이 화소부에서 시인되어 버리는 것을 막을 수 있다고 생각된다.

[0036] 한편, 유리 기판 위에 형성된 비정질 반도체막에 제 2 고조파의 레이저광을 조사할 경우, 해당 레이저광은, 해당 비정질 반도체막의 표면에 있어서 약 반정도가 반사되고, 나머지 약 반정도가 비정질 반도체막내에 진입한다고 생각된다. 반도체 표시장치가 갖는 TFT의 활성층에 사용할 수 있는 반도체막은, 그 막두께가 대략 수 십 nm정도이므로, 비정질 반도체막의 흡수계수를 고려하면, 비정질 반도체막내에 진입한 레이저광 중, 또한 약 반정도가 비정질 반도체막에 흡수되고, 나머지의 반 정도가 유리 기판에 진입한다고 생각된다. 그리고, 유리 기판에 진입한 빛은, 그 이면에서 약 4% 반사해 다시 비정질 반도체막내에 진입한다. 따라서, 레이저 발진기로부터 비정질 반도체막에 입사하는 빛에 대하여, 유리 기판의 이면에서 반사함으로써 비정질 반도체막에 입사하는 빛의 비율은 약 2%이고, 이 2개의 레이저광이 간섭을 일으키면 전력이 ±2%로 변동한다.

[0037] 따라서, 해당 전력의 공간적인 변동이 ±1%보다도 작아질 정도로 간섭을 억제하기 위해서는, 광이 간섭

하는 시간을 펄스폭 t 의 절반보다 짧게 하면 좋다. 더욱 바람직하게는, 해당 2개의 레이저광이 비정질 반도체막의 임의의 1점에 동시에 조사되는 시간이, 펄스폭의 10% 이하에 해당하는 것이 좋다. 레이저광을 펄스폭 t 의 절반보다 짧게 할 경우, 식(1)로부터, 레이저광의 펄스폭 t 는 이하의 식(2)을 만족시키면 되는 것을 알 수 있다.

[0038]
$$ct < 4nd \quad (2)$$

[0039] 구체적으로, 본 발명의 레이저 조사장치는, 펄스발진 레이저 발진기와, 상기 레이저 발진기로부터 펄스발진된 레이저광의 파장을 변환하는 비선형 광학소자와, 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 집광하기 위한 광학계를 갖고, 상기 펄스 발진 레이저 발진기의 펄스 주파수는 10MHz이상이다. 상기 구성을 갖는 레이저 조사장치는, CW 레이저를 사용할 경우와 비교해서 비선형 광학소자의 열화를 억제할 수 있고, 파장이 변환된 레이저광의 전력을 높이고, 피처리물 위에 형성된 빔 스폿을 확대할 수 있다. 또한, 본 발명의 레이저 조사장치를 사용하여 반도체막에 레이저광을 조사하는 경우, 본 발명은 종래의 펄스발진의 레이저에 의해 얻어질 수 없는, 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장한 결정립을 갖는 반도체막을 제공할 수 있다.

[0040] 또한, 본 발명의 레이저 조사방법은, 비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 펄스발진된 레이저광의 파장을 변환하는 공정과, 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 공정을 포함하고, 상기 펄스발진 레이저 발진기의 펄스 주파수는 10MHz이상이다. 상기 구성을 갖는 레이저 조사방법은, CW 레이저를 사용하는 경우와 비교해서 비선형 광학소자의 열화를 억제할 수 있고, 또한 침투출력이 높아지므로 시간에 대한 광자의 밀도가 높아지고, 비선형 광학소자의 고조파에의 변환 효율을 높일 수 있다. 따라서, 파장이 변환된 레이저광의 전력을 높이고, 피처리물 위에 형성된 빔 스폿을 확대할 수 있고, 따라서 처리율을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 레이저 조사방법을 사용하여 반도체막에 레이저광을 조사하는 경우, 본 발명은 종래의 펄스발진의 레이저에 의해 얻어질 수 없는, 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장한 결정립을 갖는 반도체막을 제공할 수 있다.

[0041] 또한, 본 발명의 반도체장치의 제조방법은, 비선형 광학소자를 이용하여, 펄스발진 레이저 발진기로부터 펄스 발진된 레이저광의 파장을 변환하는 공정과, 상기 파장이 변환된 레이저광을 피처리물에 조사하는 공정을 포함하고, 상기 펄스발진 레이저 발진기의 반복 주파수는 10MHz이상이다. 상기 구성을 갖는 반도체장치의 제조방법은, CW 레이저를 사용하는 경우와 비교해서 비선형 광학소자의 열화를 억제할 수 있고, 또한 침투출력이 높아지므로 시간에 대한 광자의 밀도가 높아지고, 비선형 광학소자에서의 고조파에의 변환 효율을 높일 수 있다. 따라서, 파장이 변환된 레이저광의 전력을 높이고, 피처리물 위에 형성된 빔 스폿을 확대할 수 있다. 그 때문에, 처리율을 향상시켜, 반도체소자의 레이아웃상의 제약을 완화할 수 있다. 또한, 본 발명의 반도체장치의 제조방법을 사용하여 반도체소자를 제조하는 경우, 본 발명은 종래의 펄스발진의 레이저에 의해 얻어질 수 없는, 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장한 결정립을 갖는 반도체막을 구비한 반도체 소자를 얻을 수 있어, 반도체소자의 특성을 향상시킬 수 있다.

[0042] 빔 스폿을 선형으로 성형하는 경우, 선형 빔 스폿의 장축의 방향으로 양단에 형성된 결정성이 열화된 영역의, 전 빔 스폿에 차지하는 면적의 비율을, 보다 줄일 수 있다. 그러나, 본 발명에 있어서 빔 스폿의 형상은 선형으로 한정되지 않고, 직사각형이나 정사각형이어도 피조사체에 대하여 충분한 어닐링을 행할 수 있는 것이면 된다.

[0043] 본 발명에서 사용할 수 있는 것은, 주파수 10MHz이상에서 펄스 발진시킬 수 있는 레이저이다. 상기 10MHz이상의 주파수에서 발진이 가능하면, Ar 레이저, Kr 레이저, 엑시머레이저, CO₂레이저, YAG레이저, Y₂O₃레이저, YVO₄레이저, YLF레이저, YAIO₃레이저, GdVO₄레이저, 세라믹 레이저, 유리레이저, 루비 레이저, 알렉산드라이트 레이저, Ti:사파이어 레이저, 구리증기 레이저 또는 금증기 레이저를 사용할 수 있다.

[0044] 또한, 레이저에 의한 반도체막의 결정화공정에 있어서, 빔 스폿을 일방향으로 긴 타원형 또는 직사각형으로 가공하고, 해당 빔 스폿의 단축방향으로 주사시켜서 반도체막을 결정화시키면 처리율을 높일 수 있다. 레이저광의 형상이 타원형으로 되는 것은, 원래의 레이저광의 형상이 원형 혹은 그것에 가까운 형상이기 때문이다. 레이저광의 원래의 형상이 직사각형이면, 그것을 원통 렌즈 등으로 일방향으로 확대함으로써 또한 장축이 더욱 길어지도록 가공하고나서, 사용해도 된다. 또한 복수의 레이저광을 각각 일방향으로 긴 타원형 또는 직사각형으로 가공하고, 그것들을 연결시켜서 일방향으로 더욱 긴 빔을 만들어, 처리율을 보다 높이도록 하여도 된다.

[0045] 이때, 본 발명의 반도체장치의 제조방법은, 집적회로와 반도체 표시장치의 제조방법에 사용할 수 있다. 반도체 표시장치는, 예를 들면 액정표시장치, 유기발광소자로 대표되는 발광소자를 각 화소에 구비한 발광장치,

DMD(Digital Micromirror Device), PDP(Plasma Display Panel), FED(Field Emission Display)등을 들 수 있다.

[0046] 본 발명에서는, CW 레이저와 비교해서 빔 스폿을 현저하게 확대할 수 있다. 따라서, 빔 스폿의 결정성이 떨어지는 영역이 차지하는 비율을 감소할 수 있어, 처리율도 높일 수 있다. 또한 CW 레이저와 비교해서 유리 기관에 주는 열적인 손상을 억제할 수 있다. 또한, 본 발명에서는, CW 레이저보다도 비선형 광학소자의 내성을 높일 수 있으므로, 비선형 광학소자의 메인テナンス를 용이하게 할 수 있다. 특히, 고체레이저를 사용하는 경우, 본 발명은 메인テナンス 프리(maintenance free)의 상태를 오래 유지할 수 있는 고체레이저의 이점을 살릴 수 있다. 게다가, 본 발명에서는, 종래의 펄스 발진의 레이저와 달리, 주사 방향을 향해서 결정을 연속적으로 성장시켜, 해당 주사 방향을 따라서 길게 연장된 단결정으로 이루어진 결정립의 집합을 형성할 수 있다.

[0047] [실시형태]

[0048] 이 실시형태는 도 1을 참조하여 본 발명의 레이저 조사장치의 구성을 설명한다.

[0049] 도면부호 101은 펄스 발진의 레이저 발진기로, 본 실시예에서는, 1.8W의 YVO₄레이저를 사용한다. 또한, 도면부호 102는 비선형 광학소자에 해당한다. 레이저 발진기(101)는 안정형 공진기라고 해서 TEM₀₀모드의 공간적 프로파일을 갖는 것이 바람직하다. TEM₀₀ 모드의 경우, 레이저광은 가우스형 강도분포를 갖고, 집광성이 뛰어나기 때문에, 빔 스폿의 가공이 용이해진다. 레이저 발진기(101)로부터 발진된 레이저광은, 비선형 광학소자(102)에 의해 제 2 고조파(파장 532nm)로 변환된다. 특히, 고조파는 제 2 고조파에 한정할 필요는 없지만, 에너지 효율에 있어서, 제 2 고조파쪽이, 보다 고차인 고조파와 비교해서 뛰어나다. 발진 주파수는 80MHz, 펄스폭은 12피코초정도로 한다. 본 실시예에서는, 출력이 1.8W정도의 고체레이저를 사용하지만, 출력이 300W에 달하는 대형 레이저를 이용하여도 된다. 또한, 레이저 스크라이브 등에 사용할 수 있는 80MHz의 제 3 고조파의 레이저를 이용하여도 된다.

[0050] 본 발명에 있어서 발진 주파수는 80MHz에 한정되지 않고, 10MHz이상이어도 된다. 또한 본 발명에서는, 집광성이 저해되지 않을 정도로, 파면이 동일하고, 게다가 진원도가 높은 레이저광을 얻을 수 있도록, 펄스발진의 주파수의 상한을 100GHz이하로 하여도 된다.

[0051] 또한 본 발명의 레이저 조사장치는, 비선형 광학소자(102)를 레이저 발진기(101)가 갖는 공진기내에 설치하여도 되고, 기본파의 레이저 발진기 외에 별도의 비선형 광학소자를 구비한 공진기를 설치하고 있어도 된다. 전자는 장치가 소형으로 되고, 공진기 길이의 정밀제어가 불필요해진다는 이점을 갖고, 후자는 기본파와 고조파의 상호작용을 무시할 수 있다고 하는 이점을 갖는다.

[0052] 비선형 광학소자(102)에는, 비선형 광학상수가 비교적 큰 KTP(KTiOPO₄), BBO(β -BaB₂O₄), LBO(LiB₃O₅), CLBO(CsLiB₆O₁₀), GdYCOB(YCa₄O(BO₃)₃), KDP(KD₂PO₄), KB5, LiNbO₃, Ba₂NaNb₅O₁₅ 등의 결정을 사용할 수 있고, 특히 LBO나 BBO, KDP, KTP, KB5, CLBO 등을 사용함으로써 기본파로부터 고조파로의 변환 효율을 높일 수 있다.

[0053] 레이저광은 보통 수평방향으로 출사되므로, 레이저 발진기(101)로부터 발진된 레이저광은, 반사 미러(103)에 의해 수직방향으로부터의 각도(입사각)가 θ 로 되도록, 그 진행 방향이 변환된다. 본 실시예에서는, $\theta = 18^\circ$ 로 한다. 진행 방향이 변화된 레이저광은, 렌즈(104)에 의해 그 빔 스폿의 형상이 변환되어, 스테이지(107) 위에 적재된 피처리물에 조사된다. 도 1에서는, 기관(105) 위에 형성된 반도체막(106)이 피처리물에 해당한다. 또한, 도 1에서는, 반사 미러(103)와 렌즈(104)가 레이저광을 반도체막(106)에 집광시키는 광학계에 해당한다.

[0054] 도 1에서는, 렌즈(104)로서 평 볼록 구면 렌즈를 사용한 예를 나타내고 있다. 평 볼록 구면 렌즈는 초점거리 20mm이다. 그리고 그 곡면의 중앙에 레이저광이 입사하도록, 평면이 기관(105)과 평행하게 되도록 배치되어 있다. 이때 평 볼록 구면 렌즈의 평면부분과 반도체막(106)과의 거리는 20mm로 한다. 이에 따라 반도체막(106)에, 10 μ m x 100 μ m 정도의 사이즈를 갖는 빔 스폿(110)이 형성된다. 빔 스폿(110)을 길게 연장하는 것은, 렌즈(104)의 비점수차의 영향 때문이다.

[0055] 도 1과 같이, 피처리물로서 반도체막 106이 형성된 기관(105)을 사용하는 경우에, 반도체막(106)이 비정질 반도체일 때, 반도체막(106)의 레이저광에 대한 내성을 향상시키기 위해서, 레이저광의 조사 전에 열 어닐링을 해당 반도체막(106)에 대하여 행하는 것이 바람직하다. 구체적으로, 열 어닐링은, 예를 들면 질소분위기하

에 두고서 500℃, 1시간정도로 행하면 된다. 열 어닐링 대신에, 촉매금속을 추가한 반도체막의 열 어닐링은 그 반도체막을 결정화하도록 수행되어도 된다. 최적의 레이저광의 조사조건은 거의 같다.

[0056] 또한, 스테이지(107)는, X축 방향으로 주사를 행하기 위한 로봇(X축용 일축 로봇)(108)과 Y축 방향으로 주사를 행하기 위한 로봇(Y축용 일축 로봇)(109)에 의하여, 기관(105)에 평행한 면내에서 XY방향으로 이동이 가능하다.

[0057] 그리고, Y축용 일축 로봇(109)을 이용하여 빔 스폿(110)의 단축방향으로, 스테이지(107)를 주사한다. 이때 스테이지(107)의 주사 속도는, 수십 mm/s ~ 수천mm/s(더욱 바람직하게는, 100 내지 2000m/s)정도가 적당하고, 본 실시예에서는 400mm/s로 한다. 이 스테이지(107)의 주사에 의해, 빔 스폿(110)을 반도체막(106)의 표면에 대하여 이동시킨다. 따라서, 빔 스폿(110)으로 조사된 반도체막에서의 영역이 용융되고, 그 고체상태 및 액체상태간의 계면이 주사 방향을 향해서 연속적으로 이동하고, 해당 주사 방향으로 결정성장한, 폭 70 μ m의 영역에, 폭 수 μ m, 길이 10~30 μ m 정도의 단결정의 결정립이 전면에 깔린 상태가 형성된다.

[0058] 다음에, 도 2는, 반도체막(106) 상의 빔 스폿(110)의 주사 경로를 나타낸다. 피처리물에 해당하는 반도체막(106) 전체면에 레이저광을 조사할 경우, Y축용 일축 로봇(109)을 이용하여 일방향에의 빔 스폿(110)을 주사한 후, X축용 일축 로봇(108)을 이용하여, Y축용 일축 로봇(109)에 의한 주사 방향과 직각인 방향으로, 빔 스폿(110)을 슬라이드 시킨다.

[0059] 예를 들면, Y축용 일축 로봇(109)에 의해 빔 스폿(110)을 일방향으로 주사한다. 도 2에서, 해당 주사 경로를 참조번호 A1으로 나타낸다. 다음에, X축용 일축 로봇(108)을 이용하여, 주사 경로를 A1에 대하여 수직 방향으로 빔 스폿(110)을 슬라이드 시킨다. 해당 슬라이드에 의한 주사 경로를 B1으로 나타낸다. 다음에, 주사 경로 A1과는 반대 방향을 향하고, Y축용 일축 로봇(109)에 의해 빔 스폿(110)을 일방향으로 주사한다. 해당 주사 경로를 A2로 나타낸다. 다음에, X축용 일축 로봇(108)을 이용하여, 주사 경로를 A2에 대하여 수직 방향으로 빔 스폿(110)을 슬라이드시킨다. 해당 슬라이드에 의한 주사 경로를 B2로 나타낸다. 이와 같이, Y축용 일축 로봇(109)에 의한 주사와 X축용 일축 로봇(108)에 의한 주사를 순차적으로 반복함으로써, 반도체막(106) 전체면에 레이저광을 조사할 수 있다.

[0060] 레이저광이 조사되어, 주사 방향을 향해서 성장한 결정립이 형성된 영역은, 결정성이 매우 우수하다. 그 때문에, 해당 영역을 TFT의 채널 형성 영역에 사용함으로써 매우 높은 이동도와 온 전류를 기대할 수 있다. 그러나, 반도체막 중, 그러한 높은 결정성을 필요로 하지 않는 부분이 존재할 경우, 해당 부분에는 레이저광을 조사하지 않도록 해도 된다. 혹은, 보다 높은 주사속도에서, 예를 들면 높은 결정성을 얻을 수 없는 조건에서 레이저광의 조사를 행하도록 해도 된다.

[0061] 이때, 레이저광의 주사는, 피처리물인 기관을 고정해서 레이저광의 조사 위치를 이동시키는 조사계 이동방법, 도 1 및 도 2와 같이 레이저광의 조사 위치를 고정해서 기관을 이동시키는 피처리물 이동방법, 또는 상기 2개의 방법을 조합한 방법을 사용할 수 있다. 어느 쪽의 경우에서도, 각 빔 스폿의 반도체막에 대한 상대적인 이동 방향을 제어하는 것이 필요하다.

[0062] 도 3은, 레이저광 조사 후의 반도체막의 광학현미경에 의한 배율 500배의 확대 사진을 나타낸다. 이때, 도 3에서는, 두께 0.7mm의 유리 기관의 한 면에, 두께 200nm의 산화실리콘을 형성하고, 그 위에 반도체막으로서 두께 66nm의 비정질실리콘(a-Si)막을 플라즈마 CVD법으로 형성한 후, 반도체막의 레이저에 대한 내성을 높이기 위해서, 질소분위기하에 두어 500℃에서, 1시간의 열 어닐링을 행했다. 그리고, 도 1에 나타난 레이저 조사장치를 사용하여, 1.8W의 YVO₄레이저의 제 2 고조파(532nm), TEM₀₀모드, 발진 주파수 80MHz, 펄스폭 12ps, 주사 속도 400mm/s, 10 μ m x 100 μ m 정도의 사이즈를 갖는 빔 스폿으로, 레이저광을 조사하여 결정화를 행했다.

[0063] 본 발명의 레이저 조사방법을 사용함으로써, 도 3에 나타난 바와 같이, A-A'로 나타낸 폭 70 μ m의 영역에, 해당 주사 방향으로 결정성장 밀, 폭 수 μ m, 길이 10~30 μ m 정도의 단결정의 결정립이 전면에 깔린 상태가 형성된다.

[0064] 비교를 하기 위해서, 18W의 YVO₄레이저의 제 2 고조파(532nm), TEM₀₀모드, 발진 주파수 100kHz, 펄스폭 40ns, 주사 속도 200mm/s, 7 μ m x 6mm 정도의 사이즈를 갖는 빔 스폿으로, 레이저광을 조사하여 결정화를 행했다. 이 경우, 펄스형 레이저광으로 형성된 결정립과, 그 다음의 펄스형 레이저광으로 형성되는 결정립과는, 결정 레벨에서는 연관되지 않고, 도 3의 A-A'로 나타낸 영역에 형성된 결정은 얻을 수 없었다.

- [0065] [실시예 1]
- [0066] 본 실시예에서는, 본 발명의 레이저 조사장치가 갖는 광학계에 대해서, 도 4a 및 도 4b를 참조하여 설명한다.
- [0067] 도 4a에 나타난 광학계는, 2개의 원통렌즈(701, 702)를 갖는다. 그리고, 화살표의 방향으로부터 입사한 레이저광은, 2개의 원통렌즈(701, 702)에 의해 그 빔 스폿의 형상이 성형되어, 피처리물(703)에 조사된다. 이때, 피처리물(703)에 보다 가까운 원통렌즈 702는, 원통 렌즈 701과 비교하여, 그 초점거리가 짧다.
- [0068] 또한 본 발명에서는, 펄스폭이 10ps정도인 레이저를 사용할 경우, 간섭의 영향을 고려하지 않고 광학계를 배치할 수 있다. 즉, 레이저광을 피처리물(703)에 대하여 수직하게 입사하여도 된다.
- [0069] 도 4b는 빔 스폿을 4개 합성해서 1개의 빔 스폿으로 할 경우의 광학계를 보이고 있다. 도 4b에 나타난 광학계는, 6개의 원통 렌즈(717~722)를 가지고 있다. 화살표의 방향으로부터 입사한 4개의 레이저광은, 4개의 원통 렌즈(719~722) 각각 에 입사한다. 그리고 원통 렌즈(719, 721)에서 성형된 2개의 레이저광은, 원통 렌즈 (717)에서 다시 그 빔 스폿의 형상이 성형되어서 피처리물(723)에 조사된다. 한편, 원통 렌즈 720, 722에서 성형된 2개의 레이저광은, 원통 렌즈 718에서 다시 그 빔 스폿의 형상이 성형되어서 피처리물(723)에 조사된다.
- [0070] 피처리물(723)에서의 각 레이저광의 빔 스폿은, 서로 일부 겹치게 합성되어서 1개의 빔 스폿을 형성하고 있다.
- [0071] 각 렌즈의 초점거리 및 입사각은 설계자가 적절하게 설정하는 것이 가능하지만, 피처리물(723)에 가장 가까운 원통 렌즈 717, 718의 초점거리는, 원통 렌즈 719~722의 초점거리보다도 짧게 한다. 예를 들면, 피처리물(723)에 가장 가까운 원통 렌즈 717, 718의 초점거리를 20mm로 하고 원통 렌즈 719~722의 초점거리를 150mm로 한다. 그리고 원통 렌즈 717, 718로부터 피처리물(723)로의 레이저광의 입사각은, 본 실시예에서는 25°로 하고 원통 렌즈 719~722로부터 원통 렌즈 717, 718에의 레이저광의 입사각을 10°로 하도록 각 렌즈를 설치한다.
- [0072] 도 4b에서는, 4개의 빔 스폿을 합성하는 예에 대해서 나타내고 있고, 이 경우 4개의 레이저 발진기에 각각 대응하는 원통 렌즈 4개와, 해당 4개의 원통 렌즈에 대응하는 2개의 원통 렌즈를 갖는다. 합성하는 빔 스폿의 수는 이것에 한정되지 않고, 합성하는 빔 스폿의 수는 2이상 8이하이어도 된다. $n(n=2, 4, 6, 8)$ 의 빔 스폿을 합성할 경우, n 의 레이저 발진기에 각각 대응하는 n 의 원통 렌즈와, 해당 n 의 원통 렌즈에 대응하는 $n/2$ 의 원통 렌즈를 갖는다. $n(n=3, 5, 7)$ 의 빔 스폿을 합성할 경우, n 의 레이저 발진기에 각각 대응하는 n 의 원통 렌즈와, 해당 n 의 원통 렌즈에 대응하는 $(n+1)/2$ 의 원통 렌즈를 갖는다.
- [0073] 그리고, 빔 스폿을 5개 이상 포갠 때, 광학계를 배치하는 장소 및 간섭 등을 고려하면, 5개째 이후의 레이저광은 기관의 반대측으로부터 조사하는 것이 바람직하고, 기관은 투과성을 갖는 것이 필요하다.
- [0074] 이때, 본 발명의 레이저 조사장치에서의 광학계는, 본 실시예에서 나타난 구성으로 한정되지 않는다.
- [0075] [실시예 2]
- [0076] 다음에, 도 5a 내지 도 5c를 참조하여, 본 발명의 레이저 조사방법 및 반도체장치의 제조방법에 관하여 설명한다.
- [0077] 우선, 도 5a에 나타난 바와 같이, 기관(500) 위에 하지막(501)을 형성한다. 기관(500)에는, 예를 들면 바륨보로실리케이트 유리나, 알루미늄오 보로실리케이트 유리 등의 유리 기관, 석영기관, 스테인레스 기관 등을 사용할 수 있다. 또한 PET, PES, PEN으로 대표되는 플라스틱이나, 아크릴 등의 가요성을 갖는 합성수지로 이루어진 기관은, 일반적으로 상기 기관과 비교해서 내열온도가 낮은 경향에 있지만, 제조 공정에서의 처리 온도에 견딜 수 있는 것이라면 사용하는 것이 가능하다.
- [0078] 하지막(501)은 기관(500) 중에 함유되는 Na 등의 알칼리 금속이나 알칼리토류금속이, 반도체막중에 확산하고, 반도체소자의 특성에 악영향을 미치게 하는 것을 막기 위해서 설치한다. 따라서, 알칼리 금속이나 알칼리토류금속의 반도체막에의 확산을 억제할 수 있는 산화실리콘이나 질화실리콘, 질화산화실리콘 등의 절연막을 이용하여 형성한다. 본 실시예에서는, 플라즈마 CVD법을 이용하여 질화산화실리콘막을 10nm~400nm(바람직하게는, 50nm~300nm)의 막두께로 되도록 형성한다.

- [0079] 이때, 하지막(501)은 단일 절연막으로 이루어지거나 복수의 절연막을 적층하여 이루어져도 된다. 또한, 유리 기판, 스테인레스 기판 또는 플라스틱 기판과 같이, 알칼리 금속이나 알칼리토류금속이 다소라도 함유되어 있는 기판을 사용할 경우, 불순물의 확산을 막는다는 관점으로부터 하지막을 설치하는 것은 유효하지만, 석영기판 등의 불순물이 거의 확산되지 않는 기판을 사용하는 경우, 그 하지막은 반드시 설치할 필요는 없다.
- [0080] 다음에, 하지막(501) 위에 반도체막(502)을 형성한다. 이 반도체막(502)의 막두께는 25nm~100nm(바람직하게는, 30nm~60nm)로 한다. 또 반도체막(502)은, 비정질반도체이어도 되고, 다결정반도체이어도 된다. 이때, 반도체는 실리콘뿐만 아니라 실리콘 게르마늄도 사용할 수 있다. 실리콘 게르마늄을 사용할 경우, 게르마늄의 농도는 0.01atomic%~4.5atomic%정도인 것이 바람직하다.
- [0081] 다음에, 도 5b에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 레이저 조사장치를 이용하여 반도체막(502)에 레이저광을 조사하여 결정화를 행한다.
- [0082] 본 실시예에서의 레이저 조사는, 전력 2W, TEM₀₀의 발진 모드, 제 2 고조파 532nm(제 2 고조파), 발진 주파수 80MHz, 펄스폭 12ps의 YVO₄레이저를 사용하여 행해진다. 이때, 레이저광을 광학계에 의해 가공함으로써 반도체막(502)의 표면에 형성되는 빔 스폿(510)은, 단축 10 μ m, 장축 100 μ m의 직사각형으로 한다. 이때, 레이저 조사 조건은, 본 실시예에서 나타낸 것에 한정되지 않는다.
- [0083] 그리고, 반도체막(502)의 표면에서, 빔 스폿(510)을 도 5b에 나타낸 가운데가 흰 화살표의 방향을 향해서 주사한다. 발진 주파수를 80MHz로 함으로써, 고체상태 및 액체상태간의 계면을 가운데가 흰 화살표의 방향을 향해서 연속적으로 이동시킬 수 있으므로, 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장한 결정립이 형성된다. 해당 주사 방향을 따라서 길게 연장된 단결정립을 형성함으로써 적어도 TFT의 채널 방향에는 결정립계의 거의 존재하지 않는 반도체막의 형성이 가능해진다.
- [0084] 전술한 반도체막(502)에의 레이저광의 조사에 의해, 결정성이 보다 향상된 반도체막(503)이 형성된다.
- [0085] 다음에, 도 5c에 나타낸 것처럼, 반도체막 503을 패터닝함으로써 섬 형상의 반도체막 507~509가 형성되고, 해당 섬 형상의 반도체막 507~509을 이용하여 TFT로 대표되는 각 종의 반도체소자가 형성된다.
- [0086] 예를 들면 TFT를 제조할 경우, 다음에 섬 형상의 반도체막(507~509)을 덮도록 게이트 절연막(미도시됨)을 형성한다. 게이트 절연막에는, 예를 들면, 산화실리콘, 질화실리콘 또는 질화산화실리콘 등을 사용할 수 있다. 이때, 막형성 방법은, 플라즈마 CVD법, 스퍼터링법 등을 사용할 수 있다.
- [0087] 다음에, 게이트 절연막 위에 도전막을 형성해 패터닝함으로써 게이트 전극을 형성한다. 그리고, 게이트 전극이나, 혹은 레지스트를 막형성해 패터닝한 것을 마스크로서 사용하여, 섬 형상의 반도체막(507~509)에 n형 또는 p형의 도전성을 부여하는 불순물을 첨가하고, 소스영역, 드레인영역, LDD영역 등을 형성한다.
- [0088] 상기 일련의 공정에 의해 TFT를 형성할 수 있다. 이때, 본 발명의 반도체장치의 제조방법은, 섬 형상의 반도체막의 형성 이후의, 전술한 TFT의 제조공정에 한정되지 않는다. 본 발명의 레이저 조사방법을 이용하여 결정화된 반도체막을 TFT의 활성층으로서 사용함으로써 반도체 소자들간의 이동도, 임계값 및 온 전류의 격차를 억제할 수 있다.
- [0089] 또한, 레이저 결정화공정 전에, 촉매원소를 사용한 결정화공정을 행해도 된다. 촉매원소로서는, 니켈(Ni)을 사용하고 있지만, 그 이외에도, 게르마늄(Ge), 철(Fe), 팔라듐(Pd), 주석(Sn), 납(Pb), 코발트(Co), 백금(Pt), 동(Cu), 금(Au)이라고 하는 원소를 사용할 수 있다. 촉매원소를 사용한 결정화공정 후에, 레이저 결정화를 행하면, 촉매원소에 의한 결정화시에 형성된 결정이, 기판에 의해 가까운 측에서 레이저광의 조사에 의해 용융되지 않고 잔존하고, 해당 결정을 결정핵으로 하여서 결정화가 진행된다. 따라서, 레이저광의 조사에 의한 결정화는 기판측으로부터 반도체막의 표면을 향해서 균일하게 진행되기 쉽고, 레이저광에 의한 결정화공정의 경우와만 비교하여, 보다 반도체막의 결정성을 향상시킬 수 있고, 레이저광에 의한 결정화 후의 반도체막 표면의 거칠기를 억제할 수 있다. 따라서, 후에 형성되는 반도체소자, 대표적으로는 TFT의 특성의 격차를 보다 억제할 수 있어, 오프 전류를 억제할 수 있다.
- [0090] 이때, 촉매원소를 첨가한 후 가열처리를 행해서 결정화를 촉진하고 나서, 레이저광의 조사에 의해 결정성을 보다 높여도 되고, 가열처리공정을 생략해도 된다. 구체적으로는, 촉매원소를 첨가하고 나서 가열처리 대신에 레이저광을 조사하고, 결정성을 높이도록 하여도 된다.
- [0091] 이때, 본 실시예에서는, 반도체막의 결정화에 본 발명의 레이저 조사방법을 사용한 예를 나타내었지만,

반도체막에 도핑한 불순물원소의 활성화를 행하는데도 사용하여도 된다.

[0092] [실시예 3]

[0093] 본 실시예에서는 실시예 2와는 달리, 본 발명의 레이저 조사장치에 의한 결정화방법에, 촉매원소에 의한 결정화방법을 조합한 예에 관하여 설명한다.

[0094] 우선, 반도체막(502)을 형성하는 공정까지, 실시예 2의 도 5a를 참조해서 행한다. 다음에, 도 6a에 나타낸 바와 같이, 반도체막(502)의 표면에, 중량환산으로 1~100ppm의 Ni를 함유한 아세트산 니켈염 용액을 스핀 코팅법으로 도포한다. 이때, 촉매의 첨가는 상기 방법에 한정되지 않고, 스퍼터링법, 증착법, 플라즈마처리 등을 이용하여 첨가해도 된다. 그리고, 500~650℃에서 4~24시간, 예를 들면, 570℃, 14시간의 가열처리를 행한다. 이 가열처리에 의해, 아세트산 니켈염 용액이 도포된 표면으로부터, 기판(500)을 향해서 증방향으로 결정화가 촉진된 반도체막(520)이 형성된다(도 6a).

[0095] 가열처리에는, 예를 들면 램프의 조사를 열원으로 한 RTA(Rapid Thermal Anneal), 또는 가열된 기체를 사용하는 RTA(가스 RTA)로 설정 가열온도 740℃, 180초의 RTA를 행한다. 설정 가열온도는, 파일로 메타로 측정하는 기판의 온도로, 그 온도를 열처리시의 설정 온도로 하고 있다. 다른 방법으로서, 퍼니스 어닐링로를 이용하여 550℃에서 4시간의 열처리가 있고, 이것을 이용하여도 된다. 결정화온도의 저온화 및 시간단축화는 촉매 작용이 있는 금속원소의 작용에 의한 것이다.

[0096] 이때, 본 실시예에서는 촉매원소로서 니켈(Ni)을 사용하고 있지만, 그 이외에도, 게르마늄(Ge), 철(Fe), 팔라듐(Pd), 주석(Sn), 납(Pb), 코발트(Co), 백금(Pt), 동(Cu), 또는 금(Au)이라고 하는 원소를 이용하여도 된다.

[0097] 다음에, 도 6b에 나타낸 바와 같이 반도체막(520)을 본 발명의 레이저 조사장치를 이용하여 결정화한다. 본 실시예에서는 레이저광으로서, 발진 주파수 80MHz, 펄스폭 12ps정도의, 펄스 발진의 YVO₄레이저의 제 2 고조파를 사용한다. 이때, 레이저광을 광학계에 의해 가공함으로써 반도체막(520)의 표면에 형성되는 빔 스폿(527)은, 단축 10μm, 장축 100μm의 직사각형으로 한다. 그러나, 레이저 조사 조건은, 본 실시예에서 나타낸 것에 한정되지 않는다.

[0098] 그리고, 반도체막(520)의 표면에서, 빔 스폿(527)을 도 6b에 나타낸 가운데가 흰 화살표의 방향을 향해서 주사한다. 발진 주파수를 80MHz로 함으로써, 고체상태 및 액체상태간의 계면을 가운데가 흰 화살표의 방향을 향해서 연속적으로 이동시킬 수 있으므로, 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장한 결정립이 형성된다. 해당 주사 방향을 따라서 길게 연장된 단결정립을 형성함으로써 적어도 TFT의 채널 방향에는 결정립계의 거의 존재하지 않는 반도체막의 형성이 가능해진다.

[0099] 전술한 반도체막 520에의 레이저광 조사에 의해, 결정성이 보다 향상된 반도체막 521이 형성된다. 이때, 촉매원소를 이용하여 결정화된 반도체막(521)내에는, 촉매원소(여기에서는 Ni)가 대략 1×10^{19} atoms/cm³ 정도의 농도로 포함되어 있다고 생각된다. 다음에, 반도체막(521)내에 존재하는 촉매원소를 게터링한다.

[0100] 우선, 도 6c에 나타낸 것처럼, 반도체막(521)의 표면에 산화막(522)을 형성한다. 1nm~10nm정도의 막두께를 갖는 산화막(522)을 형성함으로써, 나중의 식각 공정에서 반도체막(521)의 표면이 식각에 의해 거칠어지는 것을 막을 수 있다. 산화막(522)은 공지의 방법을 이용하여 형성할 수 있다. 예를 들면 황산, 염산, 질산 등과 과산화수소물을 혼합시킨 수용액이나, 오존수로, 반도체막(521)의 표면을 산화하여 형성해도 되고, 산소를 포함하는 분위기중에서의 플라즈마처리나, 가열처리, 자외선조사 등에 의해 형성해도 된다. 이때, 산화막을 별도로, 플라즈마 CVD법이나 스퍼터링법, 증착법 등으로 형성해도 된다.

[0101] 다음에, 산화막(522) 위에, 희가스 원소를 1×10^{20} atoms/cm³ 이상의 농도로 함유하는 게터링용 반도체막(523)을, 스퍼터링법을 이용하여 25~250nm의 두께로 형성한다. 게터링용 반도체막(523)은, 반도체막(521)에 대한 식각의 선택비를 크게 하기 때문에, 반도체막(521)보다도 막의 밀도가 낮은 쪽이 보다 바람직하다. 희가스 원소로서는, 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar), 크립톤(Kr), 크세논(Xe)으로부터 선택된 일종 또는 복수종을 사용한다.

[0102] 다음에, 퍼니스 어닐링법이나 RTA법에 따른 가열처리에 의해 게터링을 행한다. 퍼니스 어닐링법을 이용하는 경우에는, 질소분위기중에서 450~600℃에서 0.5~12시간의 가열처리를 행한다. 또한, RTA법을 사용할 경

우에는, 가열용 램프 광원을 1~60초, 바람직하게는 30~60초 점등시켜, 그것을 1~10회, 바람직하게는 2~6회 반복한다. 램프 광원의 발광 강도는 임의의 것으로 하지만, 반도체막이 순간적으로는 600~1000℃, 바람직하게는 700~750℃정도까지 가열되도록 한다.

[0103] 가열처리에 의해, 반도체막 521 내의 촉매원소가, 확산에 의해 화살표로 나타낸 것처럼 게터링용 반도체막 523으로 이동하여, 게터링된다.

[0104] 다음에, 게터링용 반도체막(523)을 선택적으로 식각해서 제거한다. 식각은, ClF_3 에 의한 플라즈마를 사용하지 않는 건식식각, 또는 히드라진이나, 테트라에틸암모늄 수산화물($(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$)를 함유하는 수용액 등 알칼리 용액에 의한 습식식각으로 행할 수 있다. 이때, 산화막(522)에 의해 반도체막(521)이 식각되는 것을 막을 수 있다.

[0105] 다음에, 산화막(522)을 불산에 의해 제거한 후, 반도체막 521을 패터닝하고, 섬 형상의 반도체막 524~526을 형성한다(도 6d). 그 섬 형상의 반도체막(524~526)을 이용하여 TFT로 대표되는 각 종의 반도체소자를 형성할 수 있다. 이때, 본 발명에 있어서 게터링방법은, 본 실시예에 나타낸 방법에 한정되지 않는다. 그 밖의 방법을 이용하여 반도체막중의 촉매원소를 감소하여도 된다.

[0106] 본 실시예에서, 레이저 조사는, 반도체막의 상부를 용해시키지만 반도체막의 하부를 용해시키지 않는다. 따라서, 그 반도체막의 하부에 용해되지 않고 남은 결정은 결정핵이 되고, 그 반도체막의 하부로부터 상부를 향하여 균일하게 결정화가 촉진된다. 또한, 그 결정방위를 정렬하기 쉽기 때문에, 실시예 2의 경우와 비교해서 반도체막 표면의 거칠기를 억제할 수 있다. 또한, 후에 형성되는 반도체소자, 대표적으로는 TFT의 특성의 격차를 보다 억제할 수 있다.

[0107] 이때, 본 실시예에서는, 촉매원소를 첨가한 후 가열처리를 행하여 결정화를 촉진한 후, 레이저광의 조사에 의해 결정성을 보다 높은 구성에 관하여 설명했다. 그러나, 본 발명은 이것에 한정되지 않고, 가열처리의 공정을 생략해도 된다. 구체적으로는, 촉매원소를 첨가하고나서 가열처리 대신에 레이저광을 조사하여, 결정성을 높이도록 해도 된다.

[0108] [실시예 4]

[0109] 본 실시예에서는, 본 발명의 레이저 조사장치에 의한 결정화방법에 촉매원소에 의한 결정화방법을 조합한 실시예 3과는 다른 예에 관하여 설명한다.

[0110] 우선, 반도체막(502)을 형성하는 공정까지, 실시예 2의 도 5a를 참조해서 행한다. 다음에, 반도체막(502) 위에 개구부를 갖는 마스크(540)를 형성한다. 그리고, 반도체막(502)의 표면에 중량환산으로 1~100ppm의 Ni를 함유하는 아세트산 니켈염 용액을 스핀코트법으로 도포한다. 이때 촉매원소의 첨가는 상기 방법에 한정되지 않고, 스퍼터링법, 증착법, 플라즈마처리 등을 이용하여 첨가해도 된다. 도포된 아세트산 니켈염 용액은, 마스크(540)의 개구부를 통해 반도체막(502)과 접촉한다(도 7a).

[0111] 다음에, 500~650℃에서 4~24시간, 예를 들면 570℃, 14시간의 가열처리를 행한다. 이 가열처리에 의해, 아세트산 니켈염 용액이 도포된 표면으로부터, 실선의 화살표로 도시한 바와 같이 결정화가 촉진된 반도체막(530)이 형성된다(도 7a). 가열처리의 방법은 이것에 한정되지 않고, 실시예 3에 나타낸 그 밖의 방법으로 행해도 된다. 이때, 촉매원소는 실시예 3에 열거한 것을 사용할 수 있다.

[0112] 다음에, 마스크(540)를 제거한 후, 도 7b에 나타낸 바와 같이 반도체막(530)을 본 발명의 레이저 조사장치를 이용하여 결정화한다. 본 실시예에서는, 전력 2W, 532nm(제 2 고조파), 발진 주파수 80MHz, 펄스폭 12ps의 YVO₄레이저를 사용한다. 이때, 광학계에 의해 레이저광을 성형하여 상기 반도체막(530) 상에 형성된 빔 스폿(538)은, 단축 10 μm , 장축 100 μm 의 직사각형 형상을 갖는다. 그러나, 레이저 조사의 조건은, 본 실시예에 나타낸 것에 한정되지 않는다.

[0113] 그리고, 반도체막(530)의 표면에서, 빔 스폿(538)을 도 7b에 나타낸 가운데가 흰 화살표의 방향을 향해서 주사한다. 발진 주파수를 80MHz로 함으로써, 고체상태 및 액체상태간의 계면을 가운데가 흰 화살표의 방향을 향해서 연속적으로 이동시킬 수 있으므로, 주사 방향을 향해서 연속적으로 성장한 결정립이 형성된다. 해당 주사 방향을 따라서 길게 연장된 단결정립을 형성함으로써 적어도 TFT의 채널 방향에는 결정립계의 거의 존재하지 않는 반도체막의 형성이 가능해진다.

- [0114] 진술한 반도체막 530에의 레이저광 조사에 의해, 결정성이 보다 향상된 반도체막 531이 형성된다.
- [0115] 촉매원소를 이용하여 결정화된 반도체막(531)내에는, 촉매원소(여기에서는 Ni)가 대략 1×10^{19} atoms/cm³ 정도의 농도로 포함되어 있다고 생각된다. 다음에, 반도체막(531)내에 존재하는 촉매원소를 게터링한다.
- [0116] 우선, 도 7c에 나타낸 바와 같이 반도체막(531)을 덮도록, 마스크용 산화실리콘막(532)을 150nm의 두께로 형성하고, 패터닝에 의해 개구부를 설치하고, 반도체막(531)의 일부를 노출시킨다. 그리고, 반도체막(531)의 그 노출된 부분에 인을 첨가하여, 반도체막(531)에 인이 첨가된 영역(533)을 설치한다. 이 상태에서, 질소분위기중에서 550~800℃, 5~24시간, 예를 들면 600℃, 12시간의 열처리를 행하면, 반도체막(531)에 인이 첨가된 영역(533)이 게터링 사이트로서 작용하여, 반도체막(531)에 잔존하고 있던 촉매원소가, 인이 첨가된 게터링 영역(533)으로 이동한다.
- [0117] 그리고, 인이 첨가된 영역(533)을 식각으로 제거함으로써, 반도체막(531)의 나머지 영역에서, 촉매원소의 농도를 1×10^{17} atoms/cm³ 이하까지 줄일 수 있다. 다음에, 마스크용 산화실리콘막(532)을 제거한 후, 반도체막(531)을 패터닝하고, 섬 형상의 반도체막(534~536)을 형성한다(도 7d). 해당 섬 형상의 반도체막(534~536)을 사용해서 TFT로 대표되는 각종 반도체소자를 형성할 수 있다. 이때, 본 발명에서, 게터링방법은, 본 실시예에 나타낸 방법으로 한정되지 않는다. 그 밖의 방법을 이용하여 반도체막중의 촉매원소를 감소하여도 된다.
- [0118] 본 실시예에서, 레이저 조사는, 반도체막의 상부를 용해시키지만 반도체막의 하부를 용해시키지 않는다. 따라서, 그 반도체막의 하부에 용해되지 않고 남은 결정은 결정핵이 되고, 그 반도체막의 하부로부터 상부를 향하여 균일하게 결정화가 촉진된다. 또한, 그 결정방위를 정렬하기 쉽기 때문에, 실시예 2의 경우와 비교해서 반도체막 표면의 거칠기를 억제할 수 있다. 또한, 후에 형성되는 반도체소자, 대표적으로는 TFT의 특성의 격차를 보다 억제할 수 있다.
- [0119] 이때, 본 실시예에서는, 촉매원소를 첨가한 후 가열처리를 행하여 결정화를 촉진한 후, 레이저광의 조사에 의해 결정성을 보다 높은 구성에 관하여 설명했다. 그러나, 본 발명은 이것에 한정되지 않고, 가열처리의 공정을 생략해도 된다. 구체적으로는, 촉매원소를 첨가하고 나서 가열처리 대신에 레이저광을 조사하여, 결정성을 높이도록 해도 된다.
- [0120] [실시예 5]
- [0121] 도 8을 참조하여, 본 발명의 레이저 조사장치를 이용하여 형성된 반도체 표시장치의 하나인 발광장치의 화소의 구성에 관하여 설명한다.
- [0122] 도 8에서, 기판(6000)에, 하지막(6001)이 형성되어 있고, 해당 하지막(6001) 위에 트랜지스터(6002)가 형성되어 있다. 트랜지스터(6002)는, 섬 형상의 반도체막(6003)과, 게이트 전극(6005)과, 섬 형상의 반도체막(6003)과 게이트 전극(6005)의 사이에 삽입된 게이트 절연막(6004)을 갖는다.
- [0123] 섬 형상의 반도체막(6003)은, 본 발명의 레이저 조사장치를 사용하여 결정화된 다결정 반도체막이 사용되고 있다. 이때, 섬 형상의 반도체막은 실리콘뿐만 아니라 실리콘 게르마늄을 사용하도록 하여도 된다. 실리콘 게르마늄을 사용할 경우, 게르마늄의 농도는 0.01~4.5atomic%정도인 것이 바람직하다. 또 질화탄소가 첨가된 실리콘을 사용하여도 된다.
- [0124] 또한 게이트 절연막(6004)은, 산화실리콘, 질화실리콘 또는 산화질화실리콘을 사용할 수 있다. 또한, 그것들을 적층한 막, 예를 들면 SiO₂ 위에 SiN을 적층한 막을, 게이트 절연막으로서 사용해도 된다. 이때, 게이트 전극(6005)으로서, Ta, W, Ti, Mo, Al, Cu로부터 선택된 원소, 또는 상기 원소를 주성분으로 하는 합금재료 혹은 화합물재료로 형성한다. 또한, 게이트 전극(6005)으로서, 인 등의 불순물원소를 도핑한 다결정 실리콘막으로 대표되는 반도체막을 사용하여도 된다. 또한, 게이트전극(6005)으로서, 단층의 도전막이 아니라, 복수의 층으로 이루어진 도전막을 적층한 것이어도 된다.
- [0125] 또한, 트랜지스터(6002)는, 제 1 층간절연막(6006)으로 덮여져 있고, 제 1 층간절연막(6006) 위에는 제 2 층간절연막(6007)과, 제 3 층간절연막(6008)이 적층되어 있다. 제 1 층간절연막(6006)은, 플라즈마 CVD법 또는 스퍼터링법을 사용하고, 산화실리콘, 질화실리콘 또는 산화질화실리콘막을 단층으로 또는 적층해서 사용할 수 있다.

- [0126] 또한, 제 2 층간절연막(6007)은, 유기수지막, 무기절연막, 실록산계로부터 선택된 재료로 이루어진 Si-O 결합과 Si-CH_x 결합방법을 포함하는 절연막 등을 사용할 수 있다. 본 실시예에서는 비감광성 아크릴을 사용한다. 제 3 층간절연막(6008)은, 수분이나 산소 등의 발광소자의 열화를 촉진시키는 원인이 되는 물질을, 다른 절연막과 비교해서 투과시키기 어려운 막을 사용한다. 대표적으로는, DLC막, 질화탄소막, RF스퍼터링법으로 형성된 질화실리콘막 등을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0127] 또한, 도 8에서, 도면부호 6010은 제 1 전극, 6011은 전계발광층, 6012는 제 2 전극이고, 제 1 전극(6010)과, 전계발광층(6011)과, 제 2 전극(6012)이 겹쳐 있는 부분이 발광소자(6013)에 해당한다. 트랜지스터들(6002) 중의 하나는, 발광소자(6013)에 공급하는 전류를 제어하는 구동용 트랜지스터이고, 발광소자(6013)와 직접적으로, 또는 다른 회로소자를 거쳐서 직렬로 접속되어 있다. 전계발광층(6011)은, 발광층 단독 또는 발광층을 포함하는 복수의 층이 적층된 구성을 가지고 있다.
- [0128] 제 1 전극(6010)은 제 3 층간절연막(6008) 위에 형성되어 있다. 또 제 3 층간절연막(6008) 위에는 격벽으로서 사용하는 유기수지막(6014)이 형성되어 있다. 이때, 본 실시예에서는 격벽으로서 유기수지막을 사용하였지만, 무기절연막, 실록산계로부터 선택된 재료로 이루어진 Si-O 결합과 Si-CH_x 결합방법을 포함하는 절연막 등을 격벽으로서 사용할 수 있다. 유기수지막(6014)은 개구부(6015)를 가지고 있고, 이 개구부에는 제 1 전극(6010)과, 전계발광층(6011)과, 제 2 전극(6012)이 중첩되어 발광소자(6013)가 형성되어 있다.
- [0129] 그리고, 유기수지막(6014) 및 제 2 전극(6012) 위에, 보호막(6016)이 막형성되어 있다. 보호막(6016)은 제 3 층간절연막(6008)과 마찬가지로, 수분이나 산소 등의 발광소자의 열화를 촉진시키는 원인이 되는 물질을, 다른 절연막과 비교해서 투과시키기 어려운 막, 예를 들면 DLC막, 질화탄소막, RF스퍼터링법으로 형성된 질화실리콘막 등을 사용한다.
- [0130] 또한, 유기수지막(6014)의 개구부(6015)에서의 단부는, 유기수지막(6014) 위에 일부 겹쳐서 형성되어 있는 전계발광층(6011)에, 해당 단부에서 구멍이 뚫리지 않도록, 둥그스름해지게 하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 개구부에서의 유기수지막의 단면이 그려진 곡선의 곡률반경이, 0.2~2 μ m 정도인 것이 바람직하다. 상기 구성에 의해, 후에 형성되는 전계발광층이나 제 2 전극의 커버리지를 양호하게 할 수 있다. 제 1 전극(6010)과 제 2 전극(6012)이 전계발광층(6011)에 형성된 구멍에서 쇼트하는 것을 막을 수 있다. 또 전계발광층(6011)의 응력을 완화시키는 경우, 발광영역이 감소하는 쉬팅크라고 불리는 불량을 줄일 수 있고, 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0131] 또한, 도 8에서는, 유기수지막(6014)으로서, 포지티브형 감광성 아크릴수지를 사용한 예를 나타내고 있다. 감광성 유기수지에는, 빛, 전자, 이온 등의 에너지가 노광된 부분이 제거되는 포지티브형과, 노광된 부분이 남는 네가티브형이 있다. 본 발명에서는 네가티브형 유기수지막을 이용하여도 된다. 또한, 감광성 폴리이미드를 이용하여 유기수지막(6014)을 형성해도 된다. 네가티브형 아크릴을 이용하여 유기수지막(6014)을 형성한 경우, 개구부(6015)에서의 단부가, S자 모양의 단면형상이 된다. 이때, 개구부의 상단부 및 하단부에서의 곡률반경은, 0.2~2 μ m로 하는 것이 바람직하다.
- [0132] 이때, 제 1 전극(6010)과 제 2 전극(6012)은, 어느 한쪽이 양극, 다른쪽이 음극에 해당한다.
- [0133] 양극에는, 산화인듐주석(ITO), 산화아연(ZnO), 산화인듐아연(IZO), 갈륨을 첨가한 산화아연(GZO) 등 그 밖의 투광성 산화물 도전재료를 사용하는 것이 가능하다. ITO 및 산화실리콘을 함유한 산화인듐주석(이하, ITSO라고 한다)이나, 산화실리콘을 함유한 산화인듐에, 2~20%의 산화아연(ZnO)을 더 혼합한 것을 이용하여도 된다. 또한, 양극으로서 상기 투광성 산화물 도전재료 외에, 예를 들면 TiN, ZrN, Ti, W, Ni, Pt, Cr, Ag, Al 등의 1개 또는 복수로 이루어진 단층막 외에, 질화티타늄과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과의 적층, 질화티타늄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과 질화티타늄막과의 3층 구조 등을 사용할 수 있다. 그러나, 투광성 산화물 도전재료 이외의 재료로 양극측으로부터 빛을 추출하는 경우, 빛이 투과하는 정도의 막두께(바람직하게는, 5nm~30nm 정도)로 형성한다.
- [0134] 음극은, 일함수가 작은 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 및 이것들의 혼합물등을 사용할 수 있다. 구체적으로는, Li나 Cs 등의 알칼리 금속 및 Ca, Sr 또는 Mg 등의 알칼리토류금속, Mg:Ag, Al:Li 또는 Mg:In 등의 이것들을 함유한 합금, 및 CaF₂ 또는 CaN 등의 이것들의 화합물, 또는 Yb이나 Er 등의 희토류금속을 사용할 수 있다. 또한, 전계발광층(6011)에 전자주입층을 설치하는 경우, Al 등의 다른 도전층을 사용하는 것도 가능하다. 또한, 음극측으로부터 빛을 추출하는 경우에는, 산화인듐주석(ITO), 산화아연(ZnO), 산화인듐아연(IZO), 갈륨을 첨가한 산화아연(GZO) 등 그 밖의 투광성 산화물 도전재료를 사용하는 것이 가능하다. ITO 및 산화실리콘을 함유

한 산화인듐주석(이하, ITSO라고 한다)이나, 산화실리콘을 함유한 산화인듐에, 2~20%의 산화아연(ZnO)을 더 혼합한 것을 이용하여도 된다. 투광성 산화물 도전재료를 사용하는 경우, 후에 형성되는 전계발광층(235)에 전자주입층을 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 투광성 산화물 도전재료를 사용하지 않더라도, 음극을 빛이 투과하는 정도의 막두께(바람직하게는, 5nm~30nm정도)로 형성함으로써 음극측으로부터 빛을 추출할 수 있다. 이 경우, 해당 음극의 위에 또는 아래에 접하도록 투광성 산화물 도전재료를 이용하여 투광성을 갖는 도전층을 형성하고, 음극의 시트 저항을 억제하도록 하여도 된다.

[0135] 이때, 도 8에서는, 발광소자로부터 발생하는 빛이 기관(6000)측에 조사되는 구성을 보이고 있지만, 빛이 기관과는 반대측을 향하는 구조의 발광소자로 하여도 된다.

[0136] 도 8에 도시된 발광소자를 얻은 후, 더욱 외기에 노출되지 않도록 기밀성이 높고, 탈가스가 적은 보호 필름(라미네이트 필름, 자외선 경화 수지 필름 등)이나 투광성 커버부재로 패키징하는 것이 바람직하다. 그 때, 커버부재의 내부를 불활성분위기로 하거나, 내부에 흡습성재료(예를 들면, 산화바륨)를 배치하거나 하면 발광소자의 신뢰성이 향상한다.

[0137] 이때, 본 실시예에서는 반도체 표시장치의 일례로서 발광장치를 예로 들었지만, 본 발명의 제조방법을 이용하여 형성되는 반도체 표시장치는 이것에 한정되지 않는다.

발명의 효과

[0138] 본 발명에서는, CW 레이저와 비교해서 빔 스폿을 현저하게 확대할 수 있다. 따라서, 빔 스폿의 결정성이 떨어지는 영역이 차지하는 비율을 감소할 수 있어, 처리율도 높일 수 있다. 또한 CW 레이저와 비교해서 유리 기관에 주는 열적인 손상을 억제할 수 있다. 또한, 본 발명에서는, CW 레이저보다도 비선형 광학소자의 내성을 높일 수 있으므로, 비선형 광학소자의 메인テナンス를 용이하게 할 수 있다. 특히, 고체레이저를 사용하는 경우, 본 발명은 메인テナンス 프리의 상태를 오래 유지할 수 있는 고체레이저의 이점을 살릴 수 있다. 게다가, 본 발명에서는, 종래의 펄스 발진의 레이저와 달리, 주사 방향을 향해서 결정을 연속적으로 성장시켜, 해당 주사 방향을 따라서 길게 연장된 단결정으로 이루어진 결정립의 집합을 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0001] 도 1은 본 발명의 레이저 조사장치의 도면,
- [0002] 도 2는 빔 스폿(110)의 반도체막(106) 표면에서의 주사 경로를 도시한 도면,
- [0003] 도 3은 레이저광 조사 후에 반도체막의 광학현미경에 의한 확대 사진,
- [0004] 도 4는 본 발명의 레이저 조사장치가 갖는 광학계의 일례를 도시한 도면,
- [0005] 도 5는 본 발명의 레이저 조사방법 및 반도체장치의 제조방법을 도시한 도면,
- [0006] 도 6은 본 발명의 레이저 조사방법 및 반도체장치의 제조방법을 도시한 도면,
- [0007] 도 7은 본 발명의 레이저 조사방법 및 반도체장치의 제조방법을 도시한 도면,
- [0008] 도 8은 본 발명의 레이저 조사장치를 이용하여 형성된 반도체 표시장치의 하나로, 발광장치의 화소 구성을 도시한 도면.

[0009] *도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명*

[0010] 101 : 레이저 발진기 102 : 비선형 광학소자

[0011] 103 : 반사 미러 104 : 렌즈

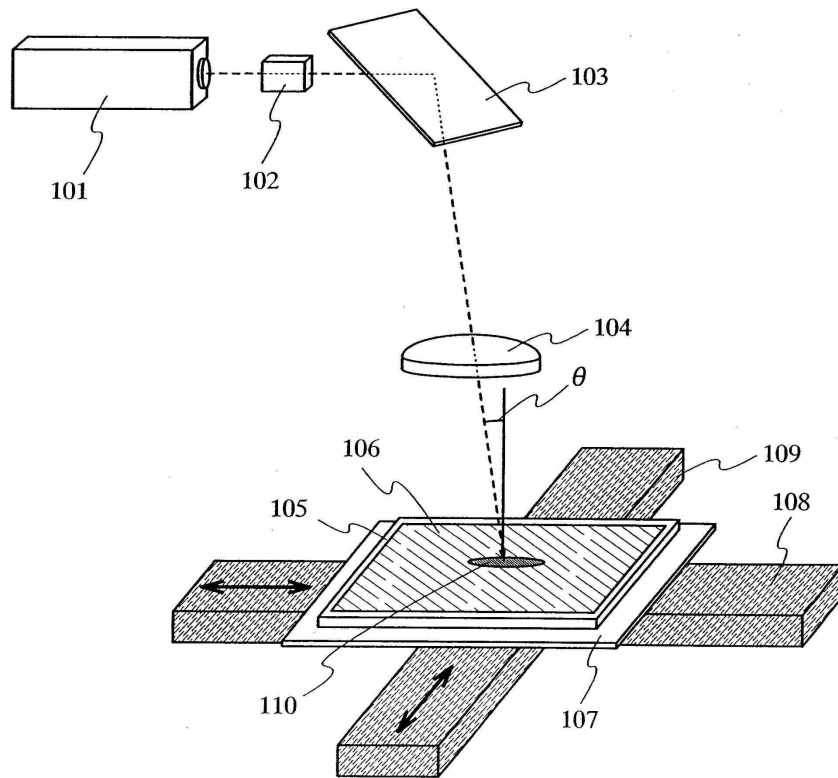
[0012] 105 : 기관 106 : 반도체막

[0013] 107 : 스테이지 108,109 : 일축 로봇

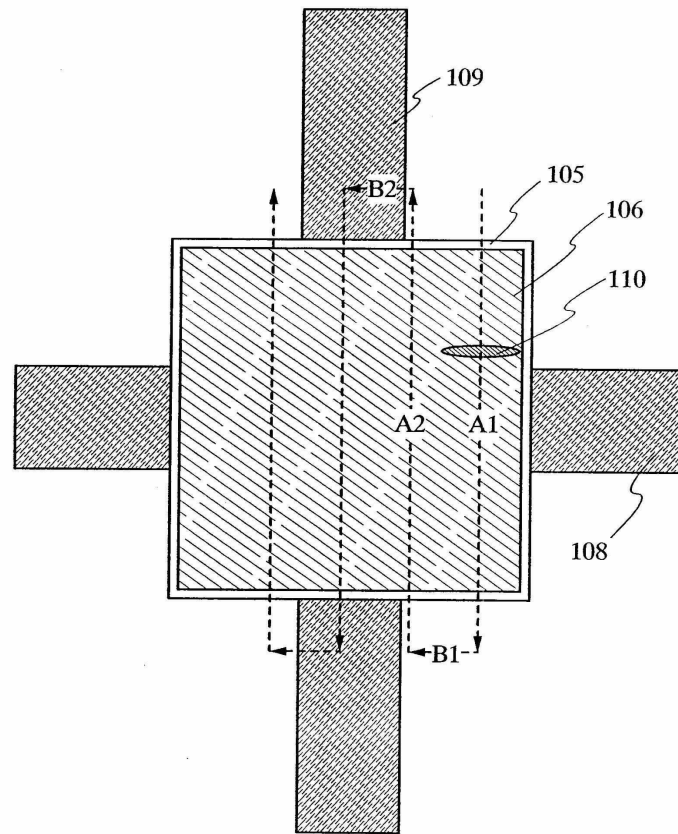
[0014] 110 : 빔 스폿

도면

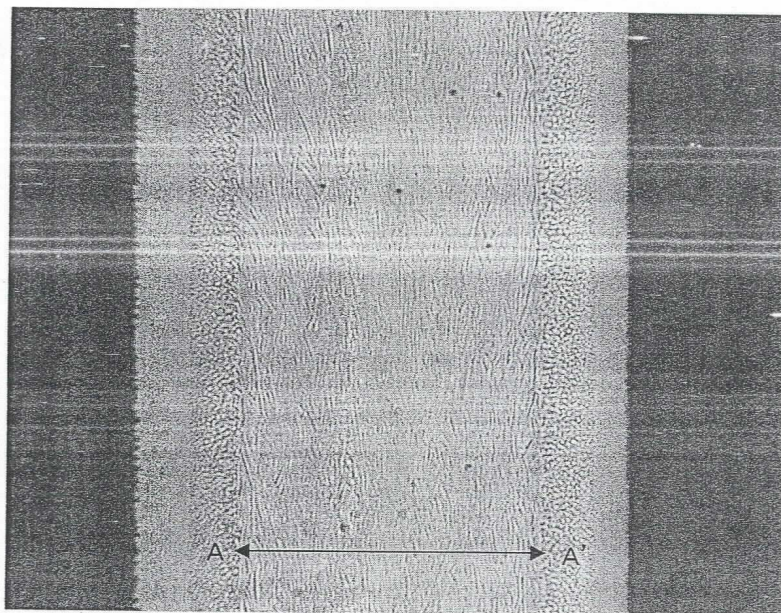
도면1



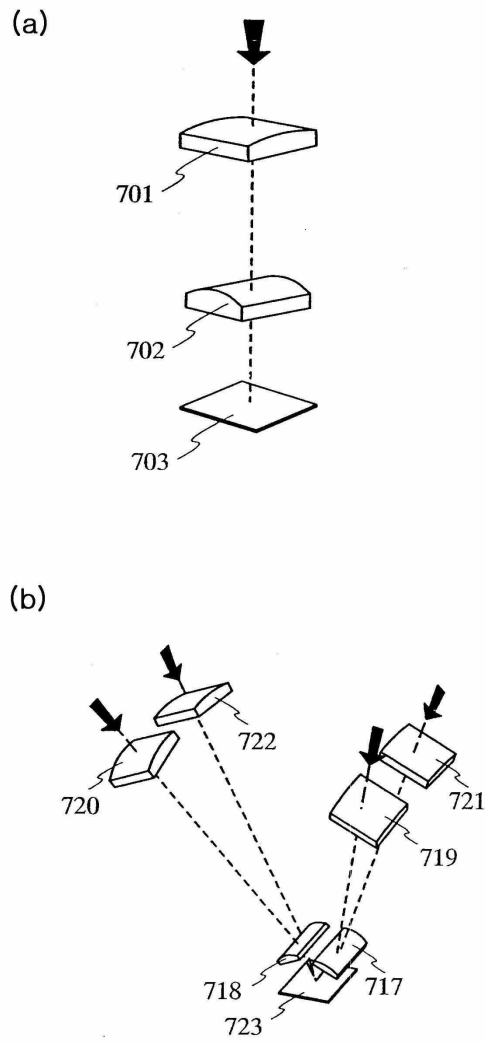
도면2



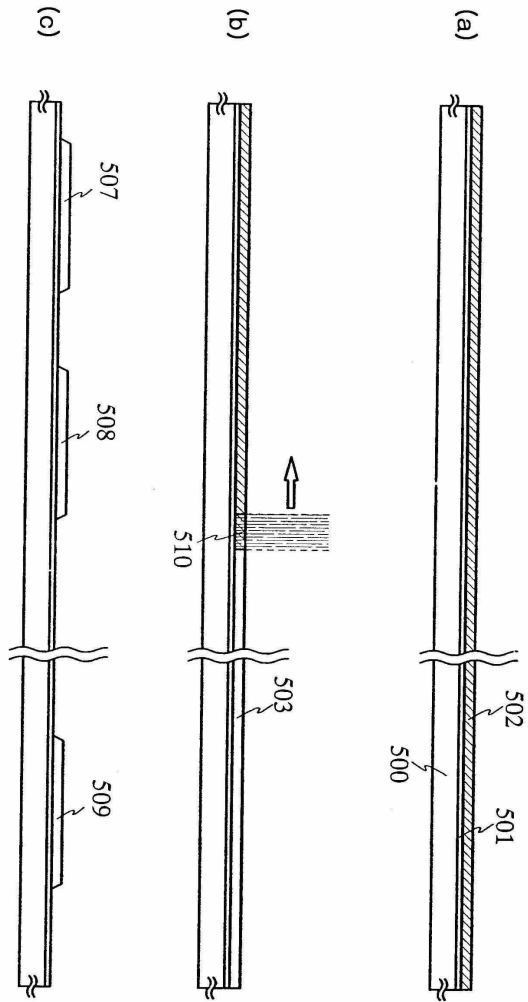
도면3



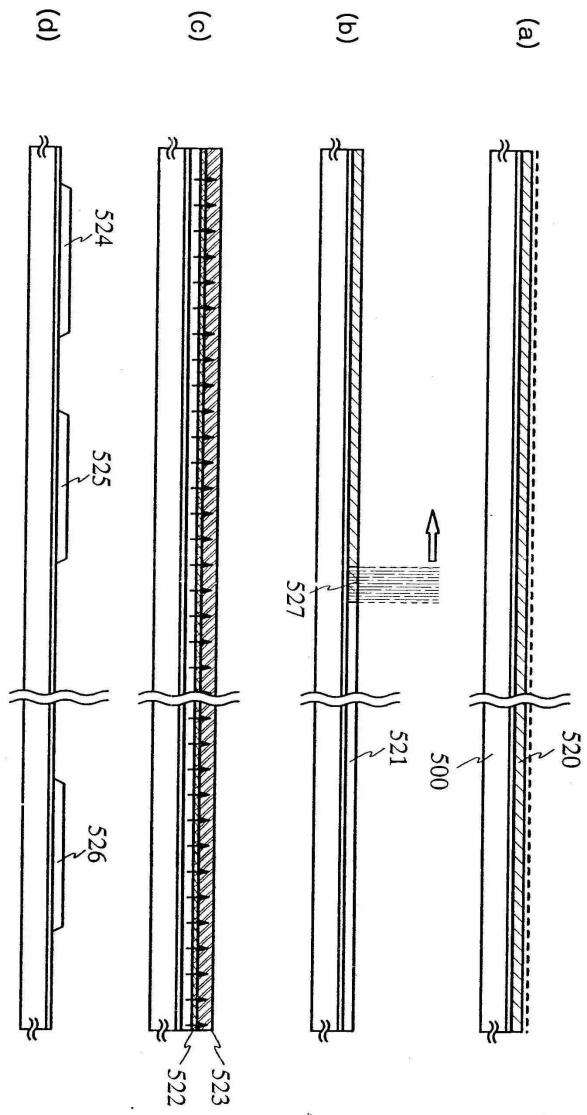
도면4



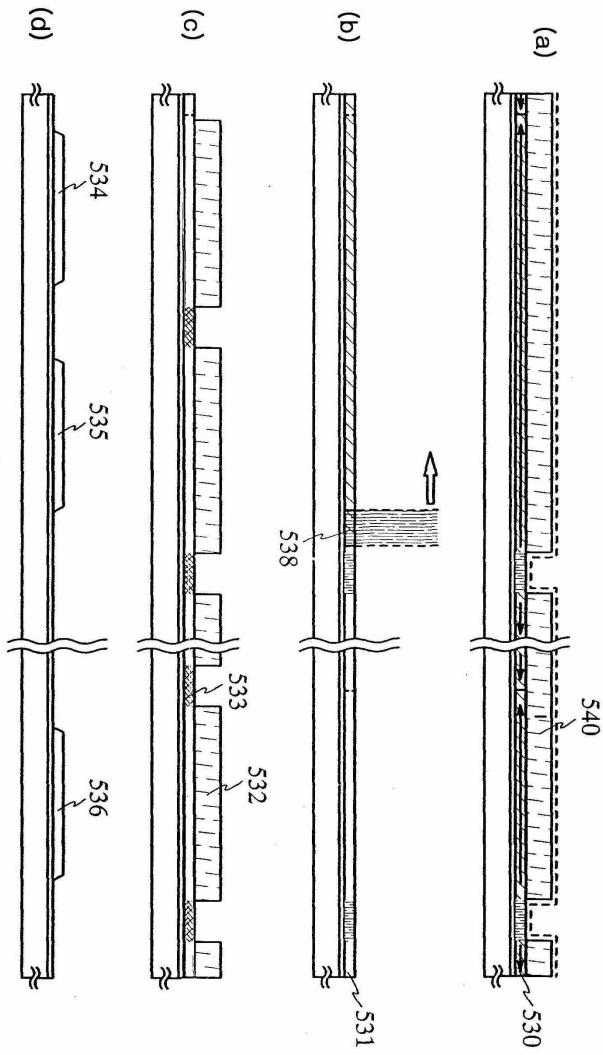
도면5



도면6



도면7



도면8

