



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년12월29일
(11) 등록번호 10-1100441
(24) 등록일자 2011년12월22일

(51) Int. Cl.
H01L 21/26 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2005-0010324
(22) 출원일자 2005년02월04일
심사청구일자 2009년11월10일
(65) 공개번호 10-2006-0041687
(43) 공개일자 2006년05월12일
(30) 우선권주장 JP-P-2004-00325308 2004년11월09일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌 JP2003332257 A
W003089184 A1

(73) 특허권자
히다찌 컴퓨터 기기 가부시끼가이샤
일본 가나가와켄 아시가라카미군 나카이마찌 사카이 781반지
(72) 발명자
데라오 모또야스
일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 1쵸메 6-1 가부시끼가이샤 히타치세이사쿠쇼 지폐끼자이산켄 혼부 내
오기노 요시아끼
일본 가나가와켄 아시가라카미군 나카이마찌 사카이 781반지 히다찌컴퓨터 기기 가부시끼가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
주성민, 성재동, 장수길

전체 청구항 수 : 총 5 항

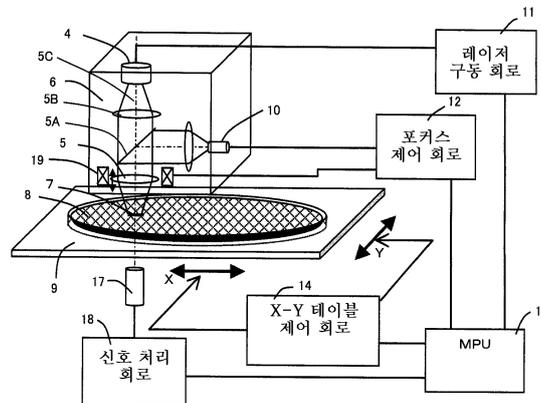
심사관 : 권순근

(54) 레이저 초기 결정화 장치

(57) 요약

대출력 레이저에 의한 가열 결정화를 행한다. 실리콘 웨이퍼의 반송은 일방향의 반송을 기본으로 한다. 그 반송 방향에 수직인 방향으로 레이저 헤드를 왕복 운동시켜 레이저 조사한다. 회전 운동을 가해도 좋다. 웨이퍼 받침 주변부에 웨이퍼를 위치 결정하는 수직 상승 부분이 있고, 그 일부에 횡으로부터 웨이퍼를 들어 올리는 조작부가 들어가는 절결부를 갖는다. 레이저 스폿 면적과 조사 시간을 소정의 범위 내로 한다. 장치의 일부가 진공 제막 장치 중에 있어도 좋다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

호리구찌 야스미

일본 가나가와켄 아시가라까미군 나카이마찌 사까
이 781반지 히다찌컴퓨터 기기 가부시끼가이샤 내

후지요시 고히타로오

일본 가나가와켄 아시가라까미군 나카이마찌 사까
이 781반지 히다찌컴퓨터 기기 가부시끼가이샤 내

특허청구의 범위

청구항 1

레이저 광원과,

실리콘 기판 상에 상 변화막이 설치된 단계의 상 변화 메모리의 프로세스 기판을 보유 지지하는 기판 지지부와,
상기 레이저 광원으로부터 출사한 레이저광을, 상기 기판 지지부에 보유 지지된 실리콘 기판 상의 상 변화막에 수렴하여 조사하는 레이저 헤드를 구비하고,

레이저 조사에 의해 상기 상 변화막을 초기 결정화하는 것을 특징으로 하는 레이저 초기 결정화 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 레이저 헤드로부터 상기 기판 지지부에 보유 지지된 프로세스 기판에 조사되는 레이저광은 스폿 면적이 10^{-6} cm^2 이상 10^{-3} cm^2 이하이고, 프로세스 기판 상의 각 위치에 대한 레이저 조사 시간이 0.1 μs 이상 1 ms 이하가 되도록 상기 기판 지지부와 상기 레이저 헤드를 상대적으로 구동하는 것을 특징으로 하는 레이저 초기 결정화 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 기판 지지부에 보유 지지된 프로세스 기판 상에서 레이저 스폿의 형상이 변화하지 않도록 하는 오토 포커스 기구를 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 초기 결정화 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 기판 지지부는 프로세스 기판을 착탈하는 웨이퍼 조작 기구의 갈고리를 삽입할 수 있는 기판 받침부를 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 초기 결정화 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 투명창을 갖는 진공실을 갖는 성막 장치를 구비하고, 상기 기판 지지부는 상기 진공실 내에 설치되고, 상기 레이저 헤드는 상기 진공실 밖에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 초기 결정화 장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0020] 본 발명은 반도체 제조 장치에 관한 것으로, 특히 상 변화형 불휘발 메모리나 상 변화형 트랜지스터의 초기 결정화를 행하는 결정화 장치에 관한 것이다.
- [0021] 컴퓨터의 연산 소자(MPU)를 둘러싸는 기억 장치(메모리)는, 액세스 스피드를 비롯하여 기억 용량(밀도), 비트 단가, 가환성 등의 특성을 살려, 목적으로 하는 장치가 설계를 기초로 한 시스템이 되도록 계층적으로 배치 구성되어 있다. 개개의 특성으로서, 예를 들어 SRAM이나 DRAM은 고속 동작이 가능해 MPU의 고속 동작을 직접적으로 보조하는 위치에 있지만, 전원 공급을 멈추면 보존 데이터가 지워져 버리는 휘발성이다. 한편, EEPROM은 비교적 고속이며 전원 공급을 멈추어도 보존 데이터가 지워지지 않는 불휘발성이지만, 비트 단가가 매우 높다. 하드디스크나 광디스크는 불휘발성이며 비트 단가가 저렴하지만, 고속 동작을 할 수 없는 등의 각각의 특징이 있다.
- [0022] 각 메모리의 이점을 집약한 차세대 메모리로서 FRAM(Ferroelectric RAM)이나 PCRAM(Phase change RAM), MRAM(Magnetoresistive RAM) 등의 반도체 메모리의 연구 및 개발이 이루어지고 있다. FRAM에 관해서는 이미 제품화되어 있다.
- [0023] PCRAM은, 예를 들어 일본 특허 공보 평11-514150호 공보 및 일본 특허 공보 제2001-502848호 공보에 개시된 상 변화형 불휘발 메모리로, OUM(Ovonic Unified Memory)라고도 불리워지고 있다. PCRAM은 기억 보유 지지부에 상 변화 재료를 이용하여, 결정상과 비결정상의 각 상에서 발생하는 전기 전도도의 차이에 의해 정보를 식별 유지시키는 것이다. 특징으로서, 상 변화 재료를 비교적 미세화해도 기억 지지 성능은 열화되지 않는다. 현격하게 다른 전기 전도도로 할 수도 있어 중간적인 레벨, 즉 다치(multi-level)도 가능하다. 고속 스위칭에 유리한 상 변화 재료의 선정도 할 수 있는 등을 예로 들 수 있고, 불휘발성, 고비트 밀도, 고속 액세스 등의 이상적 메모리로서의 가능성을 충분히 견비하고 있다.
- [0024] 개시되어 있는 기술에 따르면, PCRAM은 미소한 상 변화 재료 셀에 MOS 트랜지스터를 접속한 것을 기본 메모리 셀(1 비트)로 하고 있고, 정보의 기록 및 소거는 상 변화 재료에 펄스 전류를 흐르게 하여 발생하는 줄열에 의한 자기 가열로 행한다. 기록시에는 상 변화 재료가 비교적 저온이며 결정화 속도가 빠른 온도 영역까지 가열하는 펄스 전류(셋트 펄스)를 부여하여 상 변화 재료를 결정화시킨다. 소거시에는 상 변화 재료가 고온 후 급냉이 되는 펄스 전류(리셋 펄스)를 부여하여, 상 변화 재료를 비결정화시킨다. 결정상에서는 전기 전도도가 높고, 비결정상에서는 비교적 전기 전도도가 낮다. 재생시에는 상 변화 재료에 전압을 인가하고, 흐르는 전류를 전압 변환하여 정보를 판독하고 있다.
- [0025] [특허 문헌 1]
- [0026] 일본 특허 공보 평11-514150호 공보
- [0027] [특허 문헌 2]
- [0028] 일본 특허 공보 제2001-502848호 공보

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- [0029] 도8에 PCRAM의 메모리 셀의 기본 구조를 도시한다. PCRAM은 실리콘 기판 상(도시하지 않음)에 MOS 트랜지스터(도시하지 않음), 산화 실리콘 절연층(2), 하부 전극(4), 상 변화 재료(1), 상부 전극(3)을 차례로 적층한 구조로 되어 있다. 제조 과정에 있어서는, 정보 유지부인 상 변화 재료는 가열에 의해 성막 중에 결정화시키거나, 다른 방법으로서 성막 후 전기로에서 가열하여 결정화시키고 있다. 그러나, 전자의 기판 가열 제막(製膜)에서는 표면이 거칠어지지 않아, 제막할 수 있는 기판 온도가 100 ℃ 부근의 좁은 온도 범위에 한정되고, 마진이 매우 좁아 온도 제어가 어렵다. 또한, 후자의 제막 후 전기로 가열에서는 인접하는 적층막과의 접촉성이 저하되어, 박리가 발생되기 쉬운 등의 문제점이 있었다. 또는, 기판 가열 제막과 제막 후 전기로 가열의 양자 모두, 기판(실리콘 웨이퍼) 중심부와 모서리에서는 결정화 상태가 달라 균일성이 결여되어 있었다. 특히 모서리 부분은 결정화 상태가 조악하여 양호한 전기 특성을 얻을 수 없어 사용이 곤란하였다. 기판 가열 제막과 제막 후 전기로 가열에서의 결정화에서는, 결정형이 메모리 재기록시의 결정형과 크게 다르고, 재기록 횟수가 적

은 단계에서는 상 변화막의 비저항이 작아 1회제부터 안정된 기록을 얻을 수 없는 등의 문제점이 있었다.

[0030] 본 발명의 목적은 소자 제작 프로세스 중에 상 변화 재료 근방에 있어서 박리 등의 파괴가 발생되지 않아 초기 결정을 행하고, 재기입의 초기부터 특성을 안정시키는 상 변화형 불휘발 메모리 결정화 장치를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

[0031] 상기 목적을 달성하기 위해, 고출력 레이저로부터 출사한 레이저광을 실리콘 기판 상에 상 변화막이 설치된 단계의 상 변화 메모리의 프로세스 기판에 조사함으로써 상 변화막의 초기 결정화를 행한다. 프로세스 기판에 조사하는 레이저 스폿 면적은 10^{-6} cm^2 이상 10^{-3} cm^2 이하로 하고, 프로세스 기판 상의 각 위치에 대한 레이저 조사 시간이 $0.1 \mu\text{s}$ 이상 1 ms 이하가 되도록 상기 기판 지지부와 상기 레이저 헤드를 상대적으로 구동하는 것이 바람직하다. 본 발명의 레이저 초기 결정화 장치에 따르면, 고밀도이고 또한 적절한 조사 에너지를 상 변화형 메모리의 상 변화 재료 상에 부여할 수 있어, 상 변화형 불휘발 메모리의 상 변화 재료 전체면을 균일하게 결정화시킬 수 있다. 또한, 이 장치에 따르면 상 변화 재료만을 단시간에 가열하여 결정화 온도까지 상승시킬 수 있어, 상 변화 재료 근방의 적층막에 부피 변화에 의한 열적 손상을 부여하는 일 없이, 또한 셋트 상태의 결정 구조에 가깝게 할 수 있어 상술한 목적을 달성할 수 있다.

[0032] 프로세스 기판의 중심으로부터의 거리에 의해 동심원 형상으로 조사 조건을 바꾸도록 하면, 기판의 중심부와 외주부의 근소한 조성 등의 차이에 대응하여 각 반경 위치에 가장 적합한 레이저 에너지 조사가 가능해져, 기판의 중심부와 외주부 등의 위치적인 차이없이 전체면에 양호한 결정화를 얻을 수 있는 동시에 국소적인 박리도 방지할 수 있다.

[0033] 또한, 기판 이면으로부터의 적외광에 의한 결정화의 검출 기구와, 검출 결과를 바탕으로 레이저 출력, 레이저 펄스 주파수, 레이저 펄스 듀티, 기판의 반송 속도 등을 제어하는 수단을 마련해도 좋다. 이 구성에 따르면, 기판 이면에 도달한 온도 상승을 실시간으로 실측하면서 레이저 출력이나 기판의 반송 속도를 피드백 제어할 수 있어, 소정의 결정화 상태가 실리콘 웨이퍼 전체면에 치우침없이 얻을 수 있다. 또한 주위 환경의 미묘한 변화나 다가동(多稼動)에 의한 경시 변화에 대해서도 강하고 안정된 결정화를 얻을 수 있다.

[0034] 또한, 실리콘 웨이퍼면 상에서 레이저 스폿의 형상이 변화하지 않도록 하는 오토 포커스 제어 수단을 구비하면, 실리콘 웨이퍼면 상의 어떤 위치에 있어서도 필요에 따라서 일정한 파워 밀도를 갖는 레이저광을 조사할 수 있어 균일한 결정화 상태를 얻을 수 있다.

[0035] 이하, 본 발명의 실시 형태를 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0036] <제1 실시예>

[0037] 도1은 본 발명에 관한 직선 주사형 레이저 결정화 장치의 일 실시 형태의 개략도이다.

[0038] 레이저 헤드(6)는 레이저 광원인 고출력 반도체 레이저(4)와 콜리메이터 렌즈(5B), PBS(5A), 레이저광을 집광하는 대물 렌즈(5), 대물 렌즈(5)를 광축(5C) 방향으로 구동하는 액츄에이터(19) 및 대물 렌즈(5)에 의해 집광된 포커스점 위치를 검출하는 포커스 검출기(10)에 의해 구성되어 있다. 원반형의 실리콘 웨이퍼(실리콘 기판 상에 상 변화막이 설치된 단계의 상 변화 메모리의 프로세스 기판)(8)를 탑재하는 웨이퍼 트레이(9)는 최하부가 실리콘 웨이퍼(8)의 직경보다 약간 작은 직경으로 잘라내어져 있고, 대물 렌즈(5)를 통과하는 레이저광의 광축(5C)과 직교하도록 배치되어 있다. 웨이퍼 트레이(9)는 상기 직각을 유지하면서 2차원적으로 X축 방향 및 Y축 방향으로 자유롭게 이동시킬 수 있다.

[0039] 웨이퍼 트레이(9)를 중심으로 레이저 헤드(6)와는 반대면측에는 적외광 센서(17)가 부착되어 있고, 집광한 레이저 스폿(7) 주변의 적외광량을 측정할 수 있으므로, 실리콘 웨이퍼 이면의 온도를 실측할 수 있다. 적외선 센서는 1점 측정형이라도 좋지만 레이저 스폿(7)을 포함한 주변 전체를 실측할 수 있는 카메라형이면 더욱 좋다. 또한, 실리콘 웨이퍼(8)의 시간적 온도 변화를 지연없이 검출할 수 있는 타입이 보다 바람직하다. 적외광 센서(17)는 레이저 헤드(6)와 일체로 되어 있고, 실리콘 웨이퍼(8)가 X축 방향이나 Y축 방향으로 이동하였다고 해도 레이저 스폿(7)과의 상대 위치 관계는 변화하지 않게 되어 있어 항상 레이저 스폿(7)을 포함한 주변의 온도를 검출할 수 있다. 프로세스 중의 실리콘 웨이퍼에는, 상 변화막에서 발생한 적외광을 기판 표면까지 투과하기 쉬운 장소를 다수 마련하고 있다. 또한, 레이저 헤드(6) 및 그와 일체가 된 적외광 센서(17)도 이동 가능하고, 레이저 헤드(6)를 구동하여 실리콘 웨이퍼(8) 상에 조사되는 레이저 스폿(7)의 위치를 이동시킬 수도 있게 되어

있다.

- [0040] 레이저 구동 회로(11)는 펄스 발광 가능하고, 주파수가 1 Hz 내지 10 MHz, 펄스폭이 100 ns 내지 1 s 인 레이저 펄스 구동을 할 수 있다. 또한, DC 구동도 가능하다. 또한, 레이저 펄스광(31)의 고풍력(31C)과 저출력(31D)은 임의 설정이 가능하다(도3 참조). 오토 포커스 기구인 포커스 제어 회로(12)는, 포커스 검출기(10)가 검출한 포커스 어긋남 신호를 바탕으로 액츄에이터(19)를 구동시켜 포커스 어긋남을 보정하는 피드백 제어 기능을 구비하고 있다. X-Y 테이블 제어 회로(14)는 웨이퍼 트레이(9)를 X축 방향 및 Y축 방향의 2차원 평면 상에 구동시킬 수 있어, X 및 Y 방향에 대해 임의의 속도, 임의의 위치 결정을 할 수 있도록 되어 있다.
- [0041] 신호 처리 회로(18)는 투과율로부터 결정화 영역이 상 변화막의 막 두께 방향의 거의 전체에 확대되었는지 여부를 계산한다. 적외광 센서(17)가 카메라형인 경우, 검출한 화상 데이터를 처리하는 기능을 갖고 소정의 정보만 데이터화가 가능하게 되어 있다. 마이크로 프로세서(MPU)(13)는 레이저 구동 회로(11), X-Y 테이블 제어 회로(14), 신호 처리 회로(18), 포커스 제어 회로(12)의 각 주요 부위와 접속되어 있고, 미리 프로그래밍된 동작을 하게 되어 있어 각 주요부를 일괄 제어할 수 있다.
- [0042] 본 실시예에서는 포커스 제어를 행하지만, 실리콘 웨이퍼(8)의 어떤 위치에서도 레이저 스폿 형상(7)의 변화가 없거나 또는 레이저 스폿 형상(7)이 변화해도 결정화 상태에 영향을 미치지 않는 것이면, 포커스 제어가 없어도 좋다. 또한 고레이저 파워 밀도가 필요하지 않은 경우에는, 특히 대물 렌즈 등에 의해 집광되는 일 없이 평행 광이라도 좋다. 또한, 광원은 반도체 레이저에 한정되지 않고, YAG 레이저나 CO₂ 레이저 등의 고체 레이저나 가스 레이저라도 좋다.
- [0043] 도2에 의해, 레이저 빔의 웨이퍼 상에서의 주사 방식을 설명한다. 본 도면은 결정화 중의 임의 시간의 것으로, 레이저 스폿(29A)이 Y 방향(29)으로 이동하고 있고, 실리콘 웨이퍼(8)의 좌측 절반 부분은 결정화 완료부(26)이고 우측 절반 부분은 미결정화부(27)이다. 초기시에는, 레이저 스폿(29)은 부호 22의 위치에 있다.
- [0044] 도2의 (a)는 레이저 빔을 스폿(29A)의 길이 방향과 직각 방향, 즉 도1의 전방과 내측 방향으로 연속 왕복 운동시키면서, 웨이퍼 트레이를 X 방향으로 직선 주사하는 주사 방식의 설명도이다. 이 때, 레이저 스폿(29A)의 중점이 그려지는 궤적이 항상 동일한 각도로 교차된다. 레이저 스폿(29A)의 형상은 타원형이다. 레이저 스폿(29A)은 웨이퍼(8) 상의 결정화시켜야 할 영역의 단부까지 도달하면 바로 되접하지만, 광학 헤드 전체를 구동하는 경우에는 관성도 크기 때문에 궤적은 완전하게 직선이 예각으로 꺾이는 형태가 아니며 각은 다소 라운딩을 띤다. 웨이퍼 상의 결정화시키는 영역의 어떤 점에도 적어도 1회는 반드시 빔 스폿(최고 파워의 1/e²까지의 범위)이 통과하도록 속도나 꺾임 위치를 정하고 있다. 웨이퍼 트레이의 이송 속도를 제어하고, 웨이퍼의 중심을 지나는 X 방향의 축을 가로지르는 레이저 스폿(29A)의 중심 간격이 일정해지도록 하여 주사하는 방법도 유효하다.
- [0045] 도2의 (b)는 레이저 헤드(6)와 웨이퍼 트레이(9)를 번갈아 움직여 레이저 스폿(29A)을 웨이퍼 상에서 주사하는 주사 방식에 있어서, 레이저 스폿의 중점이 그리는 궤적을 도시한 도면이다. 결정화 중의 실리콘 웨이퍼(8)를 레이저 헤드(6)측으로부터 본 도면에서 횡방향을 X축, 종방향을 Y축이라 한다. 소정의 펄스 주파수 및 출력으로 레이저광을 발광시키고, 또한 포커스 제어를 행한다. 실리콘 웨이퍼(8)를 Y 방향으로 이동시킴으로써 레이저 스폿을 23 방향으로 실리콘 웨이퍼(8)를 결정화시키면서 주사시킨다. 레이저 스폿이 실리콘 웨이퍼(8)의 모서리에 도달하면 Y 방향의 이동을 멈추고, 레이저 스폿 폭(28)보다 짧은 거리만큼 실리콘 웨이퍼(8)를 X 방향(24)으로 이동시킨다. 그 후, 레이저 스폿을 Y 방향(25)으로 이동시킨다. 상기 동작을 반복하여, 미결정화 간극이 발생되지 않도록 실리콘 웨이퍼의 좌측면으로부터 레이저 스폿을 주사시킴으로써, 실리콘 웨이퍼(8) 전체 면을 결정화시킬 수 있다.
- [0046] 본 실시예에서는, 레이저 스폿 면적이 10⁻⁶ cm² 이상 10⁻³ cm² 이하이고, 또한 펄스 폭(스폿의 최고 파워의 1/e²까지의 범위의 통과 시간)이 100 ns로부터 1 s에 있어서 결정화하는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 조사하는 레이저 스폿의 형상이나 레이저 스폿의 통과 시간을 바꾸어 실험한 바, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 스폿 면적은 2 종류의 광스폿으로 디포커스를 포함하여 실험하였다. 작은 스폿으로서는 출력 2W의 레이저의 100μm × 1 μm에서 10⁻⁶ cm², 큰 스폿으로서는 출력 60W의 레이저의 3.5 mm × 30 μm에서 10⁻³ cm²의 스폿까지 효과를 얻을 수 있었지만, 특히 2 × 10⁻⁶ cm² 이상 10⁻⁴ cm² 이하에서는 출하 전의 에이징 처리의 조건에 상관없이, 최초의 재기록부터 저항치가 안정되었다. 조사 시간[광스폿의 피크 강도의 1/e²까지의 범위가 높은 파워가 나온 상태(펄스 조사인 경우는 펄스가 나온 상태)에서 디스크 상의 1점을 통과하는 시간]이 0.1 μs 이상으로 조사 파워가 적

절하면 효과를 얻을 수 있었지만, 1 s 이상에서는 열에 의한 계면의 부분적 박리를 방지하는 것이 곤란하였다. 1 s 이상 1 ms 이하에서 특히 재현성이 좋은 양호한 특성을 얻을 수 있었다.

[0047] 여기서 설명한 직선 주사형 레이저 결정화 장치는, 웨이퍼에 흠집이 생기는 것을 방지하기 쉬워 조사 효율이 좋다. 레이저 헤드(6) 및 적외광 센서(17)를 Y 방향으로, 웨이퍼 트레이(9)에 탑재한 실리콘 웨이퍼(8)를 X 방향으로 이동시키는 것이었지만, 이에 한정되지 않고 레이저 헤드(9) 및 적외광 센서(17)를 X축 방향과 Y축 방향의 양방향으로 이동시키는 레이저 헤드 X-Y 평면 이동 기구(도시하지 않음)를 구비하여, 도2에서 설명한 레이저 스폿 주사와 마찬가지로 실리콘 웨이퍼(8) 전체면을 결정화시켜도 좋다. 또한, 레이저 헤드(6) 및 적외광 센서(17)를 X축 방향만 가동으로 하고, 실리콘 트레이(9)에 탑재한 실리콘 웨이퍼(8)를 Y축 방향만 가동으로 하여, 도2에서 설명한 레이저 스폿 주사와 마찬가지로 실리콘 웨이퍼 전체면을 결정화시키는 것도 가능하다. 광헤드를 중심으로부터 밖으로, 또는 밖으로부터 중심으로 나선형으로 움직여 광스폿을 나선형으로 이동시킬 수도 있다.

[0048] 도3은 적외광 센서(17)에 의한 레이저 조사 시간 제어의 일예를 설명한 그래프이다. 도3의 (b)는 레이저 출력(P)의 시간적 변화를 나타낸 것이다. 도3의 (a)의 횡축은 결정화 실행 중인 적외광 센서(17)가 조사 레이저에 대해 소정의 타이밍으로 실리콘 웨이퍼의 적외광이 투과하는 영역에서 이면으로부터 검출한 레이저 스폿 바로 아래의 온도(T)를 나타내고, 종축은 결정화 실행 중인 레이저 조사 시간(t)이다. 여기서는, 펄스적으로 출력하는 레이저광(31)의 고출력(31C)과 펄스 주기(31A)는 소정치로 고정되어 있고, 또한 주사 속도도 소정치로 고정되어 있다. 또한, 레이저 조사 시간(τ)이라 함은 펄스 폭(31B)을 말한다. 곡선(30)은 미리 메모리(도시하지 않음)에 설정된 곡선이다. 검출 온도가 소정치를 넘으면 펄스 폭을 좁게 하고, 하회하면 확대한다. 횡축의 실리콘 웨이퍼 온도에 관해서는, 실제로는 결정화가 레이저광 입사측과 반대측 계면에 도달하는 데 대응하는 검출 온도를 구해 두고, 도3의 (a)로부터 레이저 조사 시간을 정한다. 펄스 폭(31B), 즉 레이저 펄스 듀티 대신에 레이저 출력 및 레이저 펄스 주파수를 바꾸어도 좋고, 혹은 웨이퍼 트레이의 이동 속도나 레이저 헤드의 이동 속도를 제어해도 좋다.

[0049] 적외광 센서(17)가 검출한 결정화 실행 중인 레이저 스폿 바로 아래의 실리콘 웨이퍼 이면 온도(T)를 MPU(13)가 인식하여, 메모리로부터 인출한 곡선(30)을 바탕으로 펄스 폭(31B)을 레이저 구동 회로(11)에 지시한다. 그 후, 레이저 구동 회로(11)는 MPU(13)의 지시를 바탕으로, 곡선(30)과 같이 레이저를 구동시킨다. 최종적으로, 곡선(30)의 레이저 발광이 가능해진다. 곡선(30)은 실리콘 웨이퍼(8)의 열적 특성이나 결정화의 용이성 등에 의해 변하는 것으로, 실리콘 웨이퍼(8)의 기초 특성을 취득하여 소정의 결정화 상태를 얻을 수 있도록 정하면 된다.

[0050] 여기서는 제어 대상으로서 레이저 조사 시간(τ)(31B)인 경우를 도시하였지만, 펄스적으로 출력하는 레이저광의 고출력(31C), 또는 펄스 주기(31A), 또는 주사 속도 중 어느 하나를 제어 대상으로 해도 좋고, 복수가 되기는 하지만 펄스적으로 출력하는 레이저광의 레이저 조사 시간(τ)(31B), 또는 고출력(31C), 또는 펄스 주기(31A), 또는 주사 속도의 복수를 제어 대상으로 해도 좋다. 어떤 경우, 어떤 조합에 있어서도, 미리 소정의 결정 상태를 얻을 수 있는 목표 곡선을 취득하여 메모리에 기록해 두면 좋다.

[0051] 또는, 적외광 센서(17)가 검출하는 레이저 스폿 바로 아래의 실리콘 웨이퍼 이면 온도(T)는 1개에 한정되지 않고, 레이저 스폿 바로 아래를 포함하는 레이저 스폿 주사 방향의 전방이나 후방 등의 복수의 온도를 검출하면 더욱 치밀한 제어가 가능해진다. 어쨌든, 실리콘 웨이퍼 이면에 도달한 온도(T)를 실시간으로 실측하면서 레이저 출력이나 실리콘 웨이퍼 반송을 피드백 제어함으로써, 소정의 결정화 상태를 실리콘 웨이퍼 전체면으로 치우침없이 얻을 수 있다. 또한, 주위 환경의 미묘한 변화나 다가동에 의한 경시 변화에 대해서도, 강하고 안정된 결정화를 얻을 수 있다. 실리콘 웨이퍼 이면 온도(T)뿐만 아니라, 실리콘 웨이퍼 상의 레이저 스폿 위치(X-Y 위치) 정보도 가하여 레이저 출력 제어하면 더욱 좋다.

[0052] 다음에, 웨이퍼 트레이에 대해 상세하게 설명한다. 도4는 실리콘 웨이퍼를 지지하는 웨이퍼 트레이의 개략도이다. 도4의 (b)는 실리콘 웨이퍼(8)를 탑재한 웨이퍼 트레이(35)를 레이저 조사측, 즉 레이저 헤드측으로부터 본 도면이고, 도4의 (a)는 그 A-B의 단면도이다.

[0053] 웨이퍼 트레이(35)는 링형으로 되어 있다. 내경부의 레이저 헤드측은 실리콘 웨이퍼(8)보다 약간 큰 직경으로 되어 있고, 레이저 헤드보다 먼 측은 실리콘 웨이퍼(8)보다 약간 작은 직경으로 되어 있어, 전체적으로는 테이퍼 형상으로 되어 있다. 실리콘 웨이퍼(8)를 탑재해도 테이퍼가 달린 내경부의 일부(40)에 의해 지지되어, 바닥면이 있는 경우 바닥면에 접촉하거나 바닥면이 없는 경우 누락되는 일은 없다. 또한, 레이저 헤드라 함은 반대면에, 즉 실리콘 웨이퍼 이면에 적외광 센서를 설치하는 것이 가능해, 실리콘 웨이퍼 이면 온도를 실측할 수 있다. 웨이퍼 트레이(35)의 재질은 테플론제가 바람직하다. 테플론제이면, 기계적 충격 완화나 단열성 및 절

연성이 우수하여 실리콘 웨이퍼(8)에 악영향을 미치게 하지 않는 효과를 얻을 수 있는 동시에, 실리콘 웨이퍼의 모서리(40)에 있어서도 웨이퍼 트레이 접촉에 의한 방열을 피할 수 있어, 실리콘 웨이퍼 중심부와 동등한 결정화 상태를 얻을 수 있다. 웨이퍼 트레이(35)의 재질이 모두 테플론제가 아니라도 좋고, 적어도 실리콘 웨이퍼(8)와 접촉하는 기관 받침부인 부분(40)이 테플론제이면 좋다.

[0054] 웨이퍼 트레이(35)의 레이저 헤드측에는, 120도 간격으로 3개의 절결부(37, 38, 39)가 마련되어 있다. 절결부는 적어도 탑재한 실리콘 웨이퍼(8)가 횡으로부터 확인할 수 있는 깊이로 되어 있다. 3개의 절결부를 마련함으로써, 예를 들어 3개의 갈고리가 달린 실리콘 웨이퍼 조작 기구를 이용하면 실리콘 웨이퍼(8)를 모서리로부터 중심부에 끼워 넣어, 실리콘 웨이퍼(8)를 웨이퍼 트레이(35)로부터 착탈하여 반송하는 것이 가능해진다. 실리콘 웨이퍼의 표면이나 이면에 접촉하는 일 없이, 쉽게 실리콘 웨이퍼(8)의 반입 및 반출을 할 수 있다. 절결부는 3개에 한정되는 일 없이 그 이외라도 좋다. 도5에서는 실리콘 웨이퍼(8)의 외주부의 전체 둘레가 선으로 웨이퍼 트레이(35)와 접촉(40)하지만, 예를 들어 웨이퍼 트레이의 내경부에 120도 간격으로 3개의 돌기를 설치하여, 본 3개의 돌기, 즉 3점에서 실리콘 웨이퍼(8)를 지지하는 것도 가능하다. 또한, 돌기는 3개에 한정되는 일 없이 그 이외라도 좋다. 또한, 본 실시예에서는 원형상 실리콘 웨이퍼를 이용하였지만, 이에 한정되는 일 없이 사각형이나 기타 형상이라도 좋다. 단, 웨이퍼 트레이가 각 형상에 합치한 것이어야 한다. 낙하의 위험성은 증가하지만, 웨이퍼 트레이가 없어 손끝으로 지지하도록 웨이퍼가 3점으로 지지되어 반송되어도 좋다.

[0055] 레이저 스폿의 주사는 직선에 한정되는 일은 없으며, 회전 주사라도 좋다. 이하, 회전 주사에 관하여 상세하게 설명한다. 도5는 회전 주사형 레이저 결정화 장치의 개략도이다. 레이저 헤드(6), 적외광 센서(17), 레이저 구동 회로(11), 포커스 제어 회로(12), 신호 처리 회로(18), MPU(13)는 도1에서 설명한 것과 동등하다.

[0056] 웨이퍼 트레이(46)는 원형으로, 웨이퍼 트레이(46)의 중심을 회전 중심(48C)으로서 회전할 수 있는 구조로 되어 있다. 웨이퍼 트레이(46)의 외주부에는 회전 구동용 모터(51)가 부착되어 있고, 회전부(52)에 의해 웨이퍼 트레이(46)의 외주부(53)를 구동할 수 있어 웨이퍼 트레이(46)를 회전시킬 수 있다. 회전 구동용 모터(51)는 모터 제어 회로(48B)에 의해 임의의 회전수로 회전 가능하다. 또한, 모터 제어 회로(48B)는 MPU(13)와 접속되어 있고 실시간으로 회전 제어가 행해진다. 레이저 헤드(6)는 웨이퍼 트레이(46)의 직경 상을 화살표(50)로 나타낸 바와 같이 이동하는 것이 가능하고, 레이저 스폿(48)은 웨이퍼 트레이(46)의 회전 중심(48C)을 지나는 직선(54) 상을 자유롭게 이동할 수 있다. 적외광 센서(17)는 레이저 헤드(6)의 작용과 연동하여 화살표(49)로 나타낸 바와 같이 이동하여, 항상 레이저 스폿(48)이 형성되는 실리콘 웨이퍼(8)의 이면부를 포착한다. MPU(13)는 헤드 구동 회로(도시하지 않음)를 거쳐서 레이저 스폿(48)을 임의의 속도로 이동시키고, 또한 임의의 위치에 위치 결정할 수 있다. MPU는 각 주요부를 일괄 제어할 수 있다. 웨이퍼 트레이는 중심축(48C)을 지나는 회전축으로부터 3개의 방사형의 아암으로 지지되어 있다. 아암 통과시에 적외광은 일시적으로 차단되지만, 단시간이므로 지장은 없다.

[0057] 도6은 회전 주사의 설명도이다. 여기서, 웨이퍼 트레이(46)의 회전 중심과 원형 실리콘 웨이퍼(8)의 중심(66)이 일치하고 있는 것으로 한다. 실리콘 웨이퍼(8)의 중심(66)을 회전 중심으로 하여 회전시키면서, 레이저광을 소정의 펄스 주파수 및 출력으로 발광시키고, 또한 레이저 스폿(61)의 포커스 제어를 행하고, 실리콘 웨이퍼(8)의 외주부로부터 내주를 향해 화살표로 나타낸 바와 같이 이동시킨다. 레이저 스폿(61)은 나선을 그리면서 실리콘 웨이퍼(8)의 외주부로부터 결정화를 할 수 있다. 이 때, 미결정화 간극이 발생하지 않도록 실리콘 웨이퍼(8)의 회전수와 레이저 스폿(61)의 속도를 연동하여 제어한다. 실리콘 웨이퍼 외주에 결정화부(63)를, 실리콘 웨이퍼 내주에 미결정부(62)를 나타낸다.

[0058] 도7은 실리콘 웨이퍼 회전 중심으로부터의 반경에 의존한 레이저 조사 및 실리콘 웨이퍼 회전수를 나타낸 그래프이다. 실리콘 웨이퍼의 회전수가 일정(CAV)한 경우는, 도7의 (a)에 나타낸 바와 같이 레이저 스폿이 외주에 위치설정되어 있을수록 레이저 출력이 큰 쪽이 바람직하다. 제어 대상은 레이저 펄스 주기(31A)라도 좋고, 레이저 펄스 폭(31B)이라도 좋다. 레이저 출력이 일정한 경우에는, 도7의 (b)에 도시한 바와 같이 레이저 스폿이 외주에 위치설정되어 있을수록 회전수는 낮은 쪽이 좋다.

[0059] 반경에 따른 조사 조건이나 선 속도를 바꿀 필요가 있는 경우에는 회전 주사가 유효하고, 특히 실리콘 웨이퍼의 반경에 의존한 동심원 형상의 불균일이 발생되어 있는 경우에는 각 반경치에 최적의 조건으로 결정화를 행할 수 있어, 결과적으로 실리콘 웨이퍼 전체면을 균일하게 결정화할 수 있다. 단, 이 방법은 수평 1축 방향의 직선적 웨이퍼 이송에 비해, 실리콘 웨이퍼의 이면이나 측면에 흠집이 생길 우려가 있다. 도1에서 설명한 바와 같이, 적외광 센서(17)에 의해 실리콘 웨이퍼 이면에 결정화가 도달되어 있는지 여부를 실시간으로 실측하면서 레이저 출력을 피드백 제어하면, 소정의 결정화 상태가 실리콘 웨이퍼 전체면에 치우침없이 얻을 수 있다. 또한, 주위

환경의 미묘한 변화나 다가동에 의한 경시 변화에 대해서도 강하고 안정된 결정화를 얻을 수 있다. 이 경우, 실리콘 웨이퍼와 상 변화하는 칼코겐화물 재료층과의 사이에 실리콘 기관을 투과하는 적외광을 투과하는 층만을 설치하는 것이 어려운 경우에는, 칼코겐화물층 표면층으로부터의 약간의 반사율의 정밀도가 높은 측정치, 초음파의 반사율, 전기 저항의 측정치로 판정해도 좋다.

[0060] 도1 및 도5에 도시한 실시예에서는, 레이저 헤드(6)는 실리콘 웨이퍼(8)의 상방, 즉 연직 방향을 기준으로 한 경우 실리콘 웨이퍼(8)보다 높은 위치에 배치하였지만, 먼지 낙하 등의 관점으로부터 하면 레이저 헤드(6)는 실리콘 웨이퍼(8)의 하방에 배치한 쪽이 오히려 바람직하다. 또한, 실리콘 웨이퍼(8)와 레이저 헤드(6)의 간극 및 실리콘 웨이퍼(8)와 적외광 센서(17)의 간극을 투명판으로 구획해도 좋다. 또는, 실리콘 웨이퍼와 웨이퍼 트레이, 또는 레이저 헤드와 실리콘 웨이퍼와 웨이퍼 트레이와 적외광 센서의 전체를 진공 제막 장치 내에 설치해도 좋고, 특정한 가스가 봉입되어 있는 용기 내에 설치해도 좋다.

[0061] 상기한 바와 같이 레이저 결정화한 후에, 실리콘 웨이퍼의 상 변화 재료를 투과 전자 현미경으로 관찰한 바, 100 nm의 막 두께보다 폭이 좁고 폭이 약 20 내지 50 nm의 세로 길이의 결정이 관찰되었다. 이 경우, 하부 전극의 최대 폭인 약 80 nm보다 작으므로, 결정과 하부 전극의 상대 위치 관계에 의해 소자 특성이 변동되는 일 없이 양호한 디바이스를 얻을 수 있었다.

[0062] <제2 실시예>

[0063] 장치의 구성은 제1 실시예와 동일하지만, 실리콘 웨이퍼와 반송 기구는 복수의 진공실을 갖는 스퍼터링에 의한 성막 장치의 1실에 수납하였다. 광헤드는 진공실 밖에 있고, 빔 스폿 위치를 바꿀 수 있는 투명창을 통해 레이저 광을 조사하였다. 광헤드를 진공 내에 넣고, 전원 케이블이나 냉각수관을 진공 밖으로부터 접속해도 좋다.

[0064] 도9는 레이저 조사실을 갖는 스퍼터 장치의 개략도이다. 디스크는, 제막시에는 스퍼터실의 중앙에 셋트되어 자전하게 된다. 스퍼터실에 따라 다르지만, 2개 또는 3개의 타겟으로 제막 가능하다. 디스크는 제막이 끝나면 중간에 있는 격벽을 개방하여 차례로 화살표 방향으로 1실씩 이동된다. 스퍼터 장치의 1실은 레이저 조사의 전용실로 되어 있고, 진공 밖으로부터 조사창을 통해 레이저광이 조사된다.

발명의 효과

[0065] 본 발명에 따르면, 실리콘 웨이퍼 전체면에 있어서 상 변화 재료층의 막면에 수직 방향으로 가늘고 긴 결정을 형성할 수 있어 소자 사이의 특성 변동을 방지하고, 1회째부터 안정된 재기록을 행할 수 있다. 또한, 실리콘 웨이퍼의 표면 및 이면에 흠집이 생기는 것을 방지할 수 있다. 또는, 제막 후의 막 특성이나 접착성의 동심원 형상의 변화에 대응하여 조사 조건을 바꾸어, 실리콘 웨이퍼 상의 장소에 따른 소자 특성의 변동이나 주변부의 박리를 방지할 수 있다.

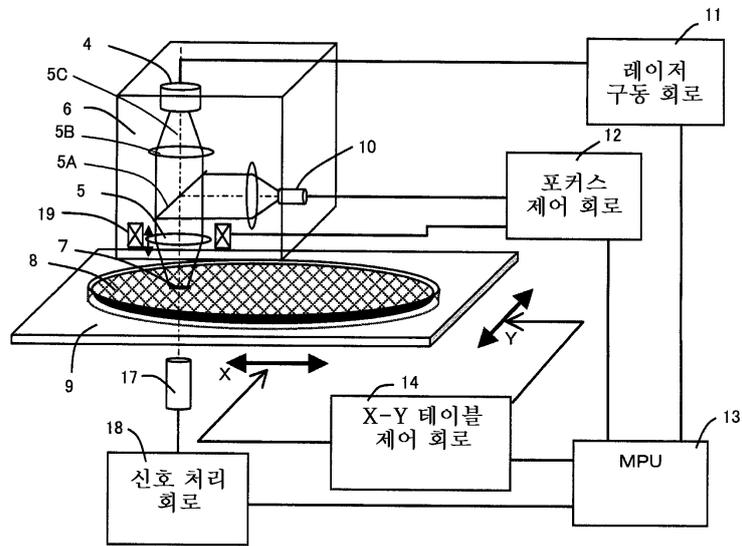
도면의 간단한 설명

- [0001] 도1은 직선 주사형 레이저 결정화 장치의 개략도.
- [0002] 도2는 직선 주사를 설명하는 도면.
- [0003] 도3은 적외광 센서에 의한 레이저 조사 시간 제어를 설명하는 그래프.
- [0004] 도4는 실리콘 웨이퍼를 지지하는 트레이의 개략도.
- [0005] 도5는 회전 주사형 레이저 결정화 장치의 개략도.
- [0006] 도6은 회전 주사의 설명도.
- [0007] 도7은 실리콘 웨이퍼 회전 중심으로부터의 반경에 의존한 레이저 조사 및 실리콘 웨이퍼 회전수를 설명하는 그래프.
- [0008] 도8은 PCRAM의 메모리 셀의 기본 구조도.
- [0009] 도9는 레이저 조사실을 갖는 스퍼터 장치의 개략도.
- [0010] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- [0011] 4 : 반도체 레이저

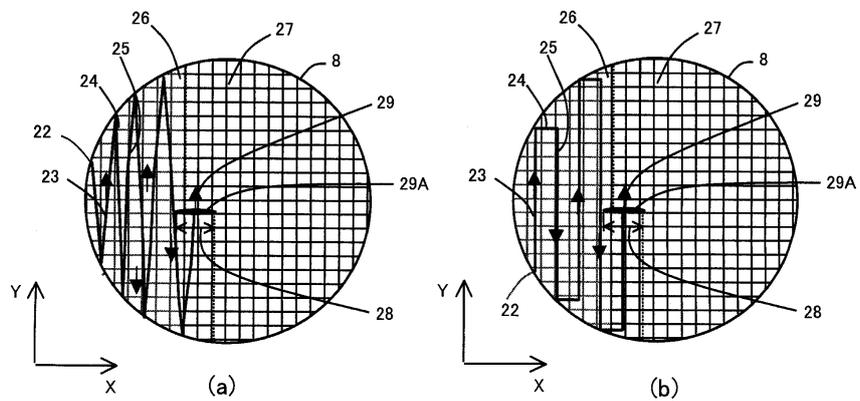
- [0012] 5 : 대물 렌즈
- [0013] 6 : 레이저 헤드
- [0014] 7 : 레이저 스폿
- [0015] 8 : 실리콘 웨이퍼
- [0016] 9 : 웨이퍼 트레이
- [0017] 17 : 적외광 센서
- [0018] 19 : 액츄에이터
- [0019] 51: 회전 구동용 모터

도면

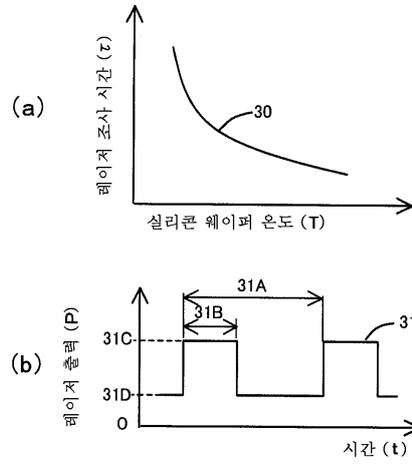
도면1



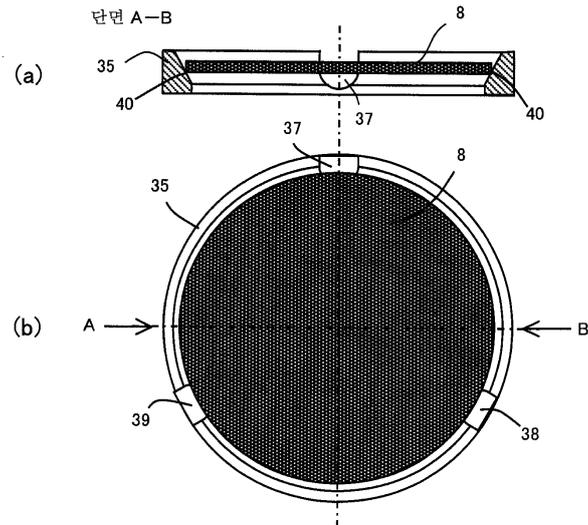
도면2



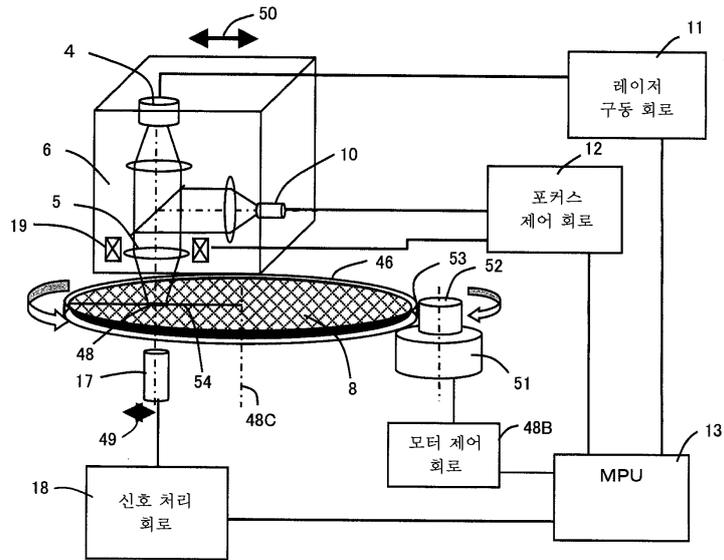
도면3



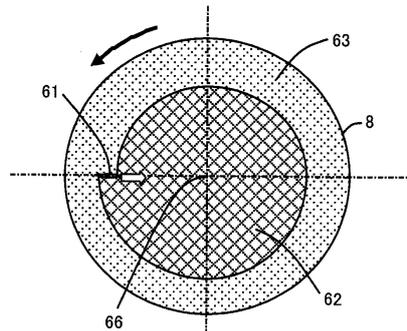
도면4



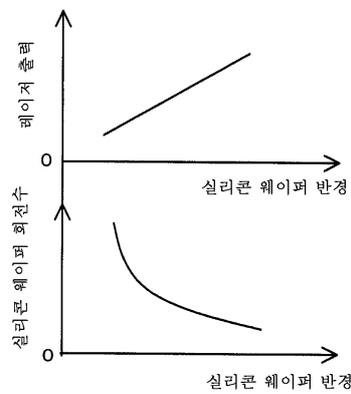
도면5



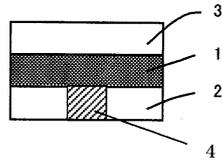
도면6



도면7



도면8



도면9

