



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월13일

(11) 등록번호 10-1482059

(24) 등록일자 2015년01월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01S 5/068 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7002737

(22) 출원일자(국제) 2006년07월03일

심사청구일자 2011년06월30일

(85) 번역문제출일자 2008년02월01일

(65) 공개번호 10-2008-0031363

(43) 공개일자 2008년04월08일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2006/313627

(87) 국제공개번호 WO 2007/004726

국제공개일자 2007년01월11일

(30) 우선권주장

JP-P-2005-00193561 2005년07월01일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP11070699 A\*

JP2004310081 A\*

Sung-Chan Cho et al., COIN/ACOFT 2003, July 2003, pages 532-534.

JP평성06347672 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

가부시키가이샤 아도테크 엔지니어링

일본국 도쿄도 미나토구 토라노몬 3초메 5-1

(72) 발명자

데라무라 유이치

일본 카나가와Ken 아시가라카미군 카이세이마치 우시지마 577후지필름 가부시키가이샤 나이

(74) 대리인

하영옥

전체 청구항 수 : 총 11 항

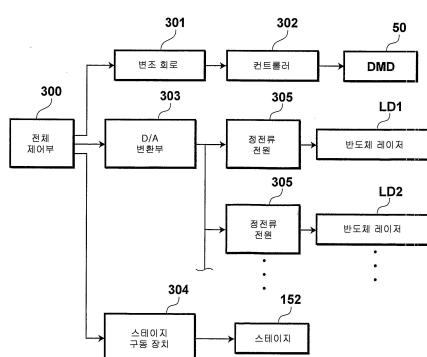
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 반도체 레이저의 구동 방법 및 장치, 그리고 반도체 레이저구동 전류 패턴의 도출 방법 및 장치

### (57) 요 약

긴 스타트업 시간 없이 고출력 레이저 빔이 안정적으로 얻어지도록 반도체 레이저를 구동한다. 소정 전류원을 이용한 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의해 반도체 레이저를 구동하는 방법은 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의해 목표 광출력과 거의 동일한 광출력을 얻을 수 있는 반도체 레이저의 구동 전류값을 구동 개시로부터의 경과 시간에 따라 규정된 패턴을 작성하는 스텝; 및 구동 개시로부터의 소정 기간동안 반도체 레이저의 구동 전류를 패턴에 따라 단계적으로 변화시키는 스텝을 포함한다. 복수의 반도체 레이저를 구동시키기 위해 단일 패턴이 공통으로 사용된다.

**대 표 도** - 도15



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

복수의 반도체 레이저를 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어하는 반도체 레이저의 구동 방법에 있어서, 상기 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의한 목표 광출력을 얻을 수 있는 복수의 반도체 레이저 중 하나의 구동 전류값을 구동 개시로부터의 경과 시간에 따라 규정한 패턴을 작성하는 스텝, 및 반도체 레이저를 구동 개시시키고 나서 소정 기간 동안 상기 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 단계적으로 변화시키는 스텝을 포함하고, 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저를 구동시키기 위해 공통으로 사용하고, 상기 복수의 반도체 레이저의 각각으로부터 출사된 레이저빔이 합파될 경우에, 상기 반도체 레이저의 구동 전류는 복수의 반도체 레이저 사이에서 시간적 지연을 두고 구동 개시로부터 소정 기간동안 상기 패턴에 따라서 단계적으로 변화되는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저의 구동 방법.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 패턴은 일정 전류값에 대한 구동 전류값의 비로 규정되는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저의 구동 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

복수의 반도체 레이저와, 상기 복수의 반도체 레이저로부터 각각 출사된 레이저빔이 합력되어서 이 레이저빔을 합파하는 멀티플렉싱 광 파이버를 가진 장치에 있어서의 복수의 반도체 레이저를 구동하는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저의 구동 방법.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 구동되는 반도체 레이저는 GaN계 반도체 레이저인 것을 특징으로 하는 반도체 레이저의 구동 방법.

### 청구항 7

복수의 반도체 레이저를 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의해 구동하는 반도체 레이저의 구동 장치에 있어서,

상기 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의한 목표 광출력을 얻을 수 있는 복수의 반도체 레이저 중 하나의 구동 전류값을 구동 개시로부터의 경과 시간에 따라 규정한 패턴을 기억하는 기억 수단과,

반도체 레이저를 구동 개시시키고 나서 소정 기간 동안 상기 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 단계적으로 변화시키고, 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통으로 사용하는 전류 제어 수단을 구비하고,

상기 복수의 반도체 레이저의 각각으로부터 출사된 레이저빔이 합파될 경우, 상기 전류 제어 수단은 상기 복수의 반도체 레이저 사이에서 시간적 지연을 두고 상기 복수의 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 변화시키는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저의 구동 장치.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제 7 항에 있어서,

상기 기억 수단이 기억하고 있는 패턴은 일정 전류값에 대한 반도체 레이저의 구동 전류값의 비로 규정되는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저의 구동 장치.

**청구항 11**

제 7 항에 있어서,

복수의 반도체 레이저와, 상기 복수의 반도체 레이저로부터 각각 출사된 레이저빔이 입력되어서 이 레이저빔을 합파하는 멀티플렉싱 광 파이버를 가진 장치에 있어서의 복수의 반도체 레이저를 구동하는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저의 구동 장치.

**청구항 12**

제 7 항에 있어서,

상기 구동되는 반도체 레이저는 GaN계 반도체 레이저인 것을 특징으로 하는 반도체 레이저의 구동 장치.

**청구항 13**

제 1 항, 제 4 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 기재된 반도체 레이저의 구동 방법에 이용되는 반도체 레이저 구동 패턴을 도출하는 방법으로서,

구동 대상인 복수의 반도체 레이저를 소정 전류를 공급하여 동시에 구동하고,

구동시, 상기 복수의 반도체 레이저로부터 발생된 광의 적어도 일부를 광검출기에 의해 검출하고,

상기 광검출기의 출력이 일정하게 되도록, 각 반도체 레이저에 공급되는 상기 소정 전류를 동시에 증감시키고,

이 소정 전류를 검출하여 그 증감의 패턴을 상기 패턴으로서 지정하는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저 구동 패턴의 도출 방법.

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

제 7 항, 제 10 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 기재된 반도체 레이저의 구동 장치에 사용되는 반도체 레이저 구동 패턴을 도출하는 장치로서,

구동 대상인 복수의 반도체 레이저를 소정 전류를 공급하여 동시에 구동하는 정전류 회로와,

구동시, 상기 복수의 반도체 레이저로부터 발생된 광의 적어도 일부를 검출하는 광검출기와,

상기 광검출기의 출력이 일정하게 되도록, 각 반도체 레이저에 공급되는 상기 소정 전류를 동시에 증감시키는 수단과,

이 소정 전류를 검출하여 그 증감의 패턴을 상기 패턴으로서 지정하는 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 반도체 레이저 구동 패턴의 도출 장치.

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

변조된 광에 의해 감광 재료를 노광하는 노광 장치로서,  
 하나 이상의 반도체 레이저,  
 상기 복수의 반도체 레이저에 의해 발생된 광을 변조하는 하나 이상의 광 변조 소자, 및  
 제 7 항, 제 10 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 기재된 반도체 레이저를 구동하는 장치를 포함하는 것을 특  
 징으로 하는 노광 장치.

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

**청구항 21**

삭제

**명세서****기술 분야**

[0001] 본 발명은 반도체 레이저의 구동 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은 반도체 레이저의 구동 방법에 있어서 사용되는 구동 전류 패턴을 제작하는 방법에 관한 것이다.

[0003] 또한, 본 발명은 반도체 레이저로부터 발생되어 공간 광 변조 소자에 의해 변조되는 광에 의해 감광 재료를 노광시키는 노광 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0004] 종래, 반도체 레이저가 많은 분야에 있어서 실제 사용되고 있다. 일본 특허 공개 2005-055881호 공보에는 반도체 레이저로부터 발생된 광을 공간 광 변조 소자에 의해 변조하고, 이 변조된 광에 의해 감광 재료를 노광시키는 레이저 노광 장치가 개시되어 있다.

[0005] 또한, 예를 들면, 일본 특허 공개 2004-096062호 공보에 개시된 바와 같이, 400nm 근방의 파장을 가진 레이저빔을 발생하는 GaN계 반도체 레이저가 공지되어 있다. 상기 일본 특허 공개 2005-055881호 공보에는 이 종류의 반도체 레이저를 노광 광원으로서 이용하는 것이 기재되어 있다.

[0006] 상기한 바와 같은 노광 장치에 이용되는 등의 반도체 레이저의 용도에 있어서는 반도체 레이저를 그 광출력이 일정하게 되도록 구동하는 것이 바람직하다. 이러한 방식으로 반도체 레이저를 구동하는 방법으로서는 예를 들면, 일본 특허 공개 평8-274395호 공보에 개시된 바와 같은 ACC(Automatic current control) 구동 방법과 APC(Automatic power control) 구동 방법이 일반적으로 알려져 있다.

**발명의 상세한 설명**

[0007] 통상, 반도체 레이저는 자기 발열 등에 의해 구동 전류-광출력 특성이 변동된다. 따라서, 구동 전류를 일정하게 제어하는 ACC 구동 방법에서는 광출력이 레이저 접등후에 변동하는 결점을 갖는 것으로 확인된다. 이러한 경향은 특히 고출력 반도체 레이저에 있어서 현저히 나타난다. 또한, 복수의 반도체 레이저를 탑재한 레이저 장치라도 마찬가지로 이러한 경향이 현저히 나타난다. 또한, GaN계 파랑 보라색 반도체 레이저에서는 적색계 레이저보

다도 발광 효율이 낮고, 발열량이 크기 때문에 이러한 경향이 보다 현저히 나타난다.

[0008] 이러한 사정을 감안하여 안정된 광출력을 얻기 위해서 일반적으로는 APC 구동 방법이 널리 사용되고 있다. 이것은 반도체 레이저빔의 일부를 모니터용 광검출기에 입사시키고, 반도체 레이저의 광출력에 비례해서 발생하는 모니터 전류가 일정하게 되도록 피드백 루프를 생성하여 반도체 레이저의 구동 전류를 제어하는 방식이다.

[0009] 그러나 이 APC 구동 방법에는 출력 광의 일부를 피드백 루프로의 입력으로서 사용하기 때문에 본래의 용도로 사용할 수 있는 광량이 줄어든다는 결점이 있다. 또한, 광량 피드백 루프 회로를 제조하는데 추가적 비용이 필요하게 된다.

[0010] 한편, 상기한 바와 같은 레이저 노광 장치에 있어서는 반도체 레이저의 광출력이 노광 처리의 택트 타임(takt time)을 결정하는 요인으로 된다. 따라서, 고출력의 레이저빔을 저가격으로 안정적으로 얻는 것이 기대되고 있다. 그러나, 안정된 광출력을 얻기 위해서 ACC 구동 방법을 채용했을 경우는 점등하고나서 반도체의 온도가 안정화될 때까지 시간이 걸리므로 그동안 대기하는 것으로 인해 제조 시간의 손실이 발생하여 장치에서의 택트 타임이 증가한다. 이것은 노광 처리의 생산성 저하로 연결된다.

[0011] 상기 대기 상태에 의한 시간 손실을 없애기 위해서 반도체 레이저를 상시 계속해서 점등하는 것이 고려된다. 그러나, 레이저의 수명은 점등 시간에 의해 정해진다. 따라서, 노광하지 않고 있을 때의 점등 시간만큼 반도체 레이저의 유효 수명이 떨어진다. 예를 들면, 레이저 점등 시간에 대한 노광 묘화 시간 비율이 약 50%인 경우, 반도체 레이저의 수명은 약 절반으로 감소한다.

[0012] 본 발명은 상기 사정을 감안하여 이루어진 것이다. 간편함과 아울러 저가격으로 또한 긴 스타트업 타임을 필요로 하지 않고, 고출력의 레이저빔을 안정적으로 얻을 수 있는 반도체 레이저의 구동 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 상기한 바와 같은 반도체 레이저의 구동 방법 및 장치에 있어서 채용되는 구동 전류의 패턴을 도출하는 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명은 반도체 레이저로부터 발생되어 공간 광 변조 소자에 의해 변조된 광에 의해 감광 재료를 노광시키는 노광 장치의 택트 타임을 단축하는 것을 목적으로 한다.

[0015] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은,

[0016] 하나 이상의 반도체 레이저를 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어하는 반도체 레이저의 구동 방법에 있어서:

[0017] 상기 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의한 목표 광출력과 거의 같은 광출력을 얻을 수 있는 반도체 레이저의 구동 전류값을 구동 개시로부터의 경과 시간에 따라 규정한 패턴을 작성하는 스텝; 및

[0018] 반도체 레이저를 구동 개시시키고나서 소정 기간동안 상기 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 단계적으로 변화시키는 스텝을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법에 있어서는 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저를 구동시키기 위해 공통으로 사용하는 것이 바람직하다.

[0020] 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통으로 사용하는 경우에 상기 패턴은 반도체 레이저의 구동 전류값의 소정 전류값에 대한 비로 규정되는 것이 바람직하다.

[0021] 상기한 바와 같이, 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통으로 사용하는 경우에 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 변화시키는 스텝을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통의 타이밍에 행하는 것이 바람직하다.

[0022] 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통으로 사용하고, 복수의 반도체 레이저 각각으로부터 출사된 레이저빔이 합파(合波)될 경우에는 상기 복수의 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 변화시키는 스텝을 복수의 반도체 레이저 사이에서 시간적 지연을 두고 행하는 것이 바람직하다.

[0023] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 공통의 방열체상에 고정된 복수의 반도체 레이저를 구동하는 것이 바람직하다.

[0024] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 복수의 반도체 레이저와, 상기 복수의 반도체 레이저로부터 각각 출사된 레이저빔이 입력되어서 이 레이저빔을 합파하는 멀티플렉싱 광 파이버를 가진 장치에 있어서의 복수의

반도체 레이저를 구동하는 경우에 적용되는 것이 바람직하다.

[0025] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 GaN계 반도체 레이저를 구동하는 경우에 적용되는 것이 바람직하다.

[0026] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 장치는,

[0027] 하나 이상의 반도체 레이저를 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의해 구동하는 반도체 레이저의 구동 장치에 있어서,

[0028] 상기 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의한 목표 광출력과 거의 같은 광출력을 얻을 수 있는 반도체 레이저의 구동 전류값을 구동 개시로부터의 경과 시간에 따라 규정한 패턴을 기억하는 기억 수단과,

[0029] 반도체 레이저를 구동 개시시키고나서 소정 기간동안 상기 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 단계적으로 변화시키는 전류 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

[0030] 상기 전류 제어 수단은 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저를 구동하기 위해 공통으로 사용하도록 구성되어 있는 것이 바람직하다.

[0031] 전류 제어 수단이 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통으로 사용하도록 구성되어 있는 경우, 상기 기억 수단이 기억하고 있는 패턴은 반도체 레이저의 구동 전류값의 소정 전류값에 대한 비로 규정되는 것이 바람직하다.

[0032] 전류 제어 수단이 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통으로 사용하도록 구성되어 있는 경우, 상기 전류 제어 수단은 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 변화시키는 스텝을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통의 타이밍에 행하는 것이 바람직하다.

[0033] 전류 제어 수단이 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통으로 사용하고, 복수의 반도체 레이저의 각각으로부터 출사된 레이저빔이 합파되는 구성인 경우, 상기 전류 제어 수단은 상기 복수의 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 변화시키는 스텝을 복수의 반도체 레이저 사이에서 시간적 지연을 두고 행하는 것이 바람직하다.

[0034] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 장치는 공통의 방열체상에 고정된 복수의 반도체 레이저를 구동하는 경우에 적용되는 것이 바람직하다.

[0035] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 장치는 복수의 반도체 레이저와, 상기 복수의 반도체 레이저로부터 각각 출사된 레이저빔이 입력되어서 이 레이저빔을 합파하는 멀티플렉싱 광 파이버를 가진 장치에 있어서의 복수의 반도체 레이저를 구동하는 경우에 적용되는 것이 바람직하다.

[0036] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 장치는 GaN계 반도체 레이저를 구동하는 경우에 적용되는 것이 바람직하다.

[0037] 본 발명에 의한 반도체 레이저 구동 전류 패턴의 도출 방법은,

[0038] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법에 사용되는 반도체 레이저의 구동 패턴을 도출하는 방법이며,

[0039] 구동될 반도체 레이저에 소정 전류를 공급하는 스텝;

[0040] 상기 반도체 레이저로부터 발생된 광의 적어도 일부를 광검출기에 의해 검출하는 스텝;

[0041] 상기 광검출기의 출력이 일정하게 되도록 상기 전류를 증감시키는 스텝;

[0042] 상기 전류를 검출하는 스텝; 및

[0043] 전류 증감의 패턴을 하나 이상의 반도체 레이저를 구동하는 패턴으로서 지정하는 스텝을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0044] 본 발명에 의한 반도체 레이저 구동 패턴의 도출 방법에 있어서,

[0045] 구동될 복수의 반도체 레이저에 소정 전류를 공급해서 동시에 구동하고,

[0046] 상기 복수의 반도체 레이저로부터 발생된 광의 적어도 일부를 광검출기에 의해 검출하고,

[0047] 상기 광검출기의 출력이 일정해지도록 상기 소정 전류를 동시에 증감시키는 것이 바람직하다.

- [0048] 본 발명에 의한 반도체 레이저 구동 패턴의 도출 장치는,
- [0049] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 장치에 사용되는 반도체 레이저 구동 패턴을 도출하는 장치이며,
- [0050] 구동될 하나 이상의 반도체 레이저에 소정 전류를 공급하는 정전류 회로와,
- [0051] 상기 반도체 레이저로부터 발생된 광의 적어도 일부를 검출하는 광검출기와,
- [0052] 상기 광검출기의 출력이 일정하게 되도록 전류를 증감시키는 수단과,
- [0053] 상기 전류를 검출하고, 전류 증감의 패턴을 하나 이상의 반도체 레이저를 구동하는 패턴으로서 지정하는 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0054] 본 발명에 의한 반도체 레이저 구동 패턴의 도출 장치에 있어서,
- [0055] 상기 정전류 회로는 동시에 구동될 복수의 반도체 레이저에 소정 전류를 공급하고,
- [0056] 상기 광검출기는 상기 복수의 반도체 레이저로부터 발생된 광의 적어도 일부를 검출하고,
- [0057] 상기 소정 전류를 증감시키는 수단은 상기 광검출기의 출력이 일정해지도록 상기 소정 전류를 동시에 증감시키는 것이 바람직하다.
- [0058] 본 발명에 의한 노광 장치는 변조된 광에 의해 감광 재료를 노광하는 노광 장치로서,
- [0059] 하나 이상의 반도체 레이저;
- [0060] 상기 하나 이상의 반도체 레이저에 의해 발생된 광을 변조하는 하나 이상의 공간 광 변조 소자; 및
- [0061] 본 발명에 의한 반도체 레이저를 구동하는 장치를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0062] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 자동 전류 제어 또는 자동 출력 제어에 의해 목표 광출력과 거의 같은 광출력을 얻을 수 있는 반도체 레이저의 구동 전류값을 구동 개시로부터의 경과 시간에 따라 규정한 패턴을 작성하는 스텝; 및 구동 개시시키고나서 소정 기간동안 이 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 단계적으로 변화시키는 스텝을 포함한다. 따라서, 광출력은 예를 들면, 도 18에 도시된 바와 같이, 단계적으로 변화된다. 도 17에 도시된 바와 같은 종래 기술의 광출력과 비교하면 보다 짧은 시간내에서 일정한 목표 광출력에 근접하게 되고, 또한, 광출력의 변동폭( $\Delta P_2$ )도, 종래 기술의 변동폭( $\Delta P_1$ )보다 작아진다.
- [0063] 이에 따라, 긴 스타트업 타임을 필요로 하지 않고 고출력의 레이저빔을 안정적으로 얻는 것이 가능하게 된다. 또한, 이러한 방식으로 반도체 레이저를 구동하기 위한 구성은 반도체 레이저 장치에 통상적으로 설치된 정전류 전원에 약간의 변경을 더하는 것만으로 완성될 수 있다. 따라서, 간편함과 아울러 저가격으로 상기 방법을 구현하는 구성을 형성할 수 있다.
- [0064] 또한, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법을 적용한 후, 반도체 레이저가 정상 상태에서 구동하는 기간은 ACC 구동 방법과 APC 구동 방법 모두 채용 가능하다. ACC 구동 방법을 채용하면, 이것을 위한 전류 제어 회로를 본 발명에 의한 방법에 있어서 구동 전류를 단계적으로 변화시키기 위해서 사용하는 것도 가능하기 때문에 구동 회로의 구성이 간소화된다. 또한, ACC 구동 방법을 채용할 경우는 광출력을 모니터링하기 위해 사용될 레이저빔을 분기할 필요가 없다. 따라서, 레이저빔의 사용 효율이 증가한다. 또한, 광출력을 모니터링하기 위한 광검출기 및 피드백 루프 회로가 불필요해서 반도체 레이저에 설치되는 장치의 가격이 저감될 것이다.
- [0065] 반도체 레이저의 구동 전류를 단계적으로 변화시키는 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저를 구동하기 위해 공통으로 사용할 수 있다. 이 경우, 상기 패턴을 기억시키기 위해 작은 용량의 기억 수단이 사용될 수 있다.
- [0066] 상기 패턴은 구동 전류값의 수정 전류값에 대한 비로 규정될 수 있다. 이 경우, 복수의 반도체 레이저의 구동 전류-광출력 특성이 상이해도 상기 패턴을 복수의 반도체 레이저에 공통으로 사용하여 광출력을 안정화시킬 수 있다. 이에 대하여, 이 구동 전류값에 따라 패턴이 규정되면 복수의 반도체 레이저의 구동 전류-광출력 특성이 상이한 경우에 패턴을 각 반도체 레이저마다 규정할 필요가 있다. 이에 따라, 다수의 패턴을 기억시키기 위해 대용량 기억 수단이 필요하다. 또한, 다수의 패턴을 사용하는 경우, 패턴을 처리하는데 많은 시간이 필요하게 되고, 처리 장치의 구성이 복잡하게 될 것이다.
- [0067] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법에 있어서, 복수의 반도체 레이저에 대하여 반도체 레이저의 구동 전류를 패턴에 따라 변화시키는 스텝을 공통의 타이밍에 행할 수 있다. 이 경우, 하나의 전류 제어 수단이 필요하게 되고, 처리 장치의 구성이 복잡하게 될 것이다.

고, 구동 장치를 저가격으로 제조할 수 있다.

[0068] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법에 있어서, 단일 패턴을 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통으로 사용하고, 복수의 반도체 레이저의 각각으로부터 출사된 레이저빔이 합파될 경우, 반도체 레이저의 구동 전류를 상기 패턴에 따라서 변화시키는 스텝을 복수의 반도체 레이저 사이에서 시간적 지연을 두고 행하도록 한다. 이 경우, 합파전의 각 반도체 레이저에 존재하는 약간의 광출력 변동이 상쇄되어서 합파된 레이저빔의 광출력 변화가 부드럽게 될 수 있다.

[0069] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법이 공통의 방열체상에 고정된 복수의 반도체 레이저를 구동하는 경우에 적용될 수 있다. 이 경우, 상기 방법은 광출력을 안정화시키는데 있어서 특히 효과적이다. 즉, 상기한 바와 같은 구성에 있어서, 복수의 반도체 레이저의 각각이 발생시키는 열의 상호 작용에 의해 각 반도체 레이저의 특성이 변화될 수 있다. 이러한 경우에도 복수의 반도체 레이저에 대하여 공통의 단일 패턴을 사용하면 상기 열의 상호 작용에 기인하는 광출력 변화도 보상 가능하게 된다.

[0070] 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법이 복수의 반도체 레이저와, 이들로부터 복수의 반도체 레이저 각각에 의해 출사된 레이저빔이 입력되어서 이 레이저빔을 합파하는 멀티플렉싱 광 파이버를 가진 장치에 있어서의 복수의 반도체 레이저를 구동하는데 적용될 수 있다. 이 경우, 광출력을 안정화시키는데 있어서 특히 효과적이다.

[0071] 즉, 상기 구성에 있어서는 복수의 반도체 레이저를 구동 개시했을 때의 구동 전류-광출력 특성의 변화뿐만 아니라, 이것들이 발생시키는 열 때문에 합파 레이저빔의 출력이 변동된다. 생성된 열로 인하여 장치의 구성 부재가 열팽창이 상기 변동을 야기한다. 열 팽창이 광 파이버의 조심 상태(coaxial state)로부터 레이저빔과 광 파이버를 해제시킴으로써 레이저빔의 광 파이버에 대한 입력 효율이 변화된다. 또한, 구동 개시되고나서 정상 상태가 될 때까지의 기간에 레이저빔의 빔 프로파일이 변화되는 경우가 있다. 이에 따라 이 레이저빔의 광 파이버에 대한 입력 효율이 변화될 수 있다.

[0072] 그러나, 광 파이버로부터 출사된 레이저빔을 검출해서 반도체 레이저의 구동 패턴을 작성하면, 상기 입력 효율의 변화 특성이 반영된 패턴을 얻을 수 있다. 따라서, 입력 효율의 변화에 기인하는 광출력 변화도 보상 가능하게 된다.

[0073] 또한, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 구동될 반도체 레이저가 GaN계 반도체 레이저인 경우는 광출력을 안정화시키는데 있어서 특히 효과적이다. GaN계 반도체 레이저는 GaAs계 반도체 레이저 등의 다른 타입의 반도체 레이저에 비해 발열량이 크다. 따라서, 구동 개시하고나서 정상 상태가 될 때까지 사이의 구동 전류-광출력 특성이 현저히 변화된다. 그러나, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법을 적용함으로써 GaN계 반도체 레이저의 구동 전류-광출력 특성의 변화를 보상하고, 이에 따라, 광출력을 안정화시킬 수 있다.

[0074] 또한, GaN계 반도체 레이저는 상온 부근에서는 온도 변화에 대하여 발진 역치 전류만이 변화되는 특성을 갖고 있다. 즉, 상온 부근에서는 온도 변화에 대하여 슬로프 효율은 크게 변화되지 않는 특성을 갖고 있다. 따라서, 이러한 GaN계 반도체 레이저를 구동 대상으로 삼을 경우는 어떤 전류 영역에서 결정된 상기 파라미터를 거의 전 출력 영역에서 사용 가능하게 된다. 즉, 출력을 변경해도 파라미터를 변경할 필요가 없다.

[0075] 한편, 본 발명의 반도체 레이저의 구동 장치는 이상 설명한 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법을 실시 할 수 있다.

[0076] 본 발명의 반도체 레이저 구동 전류 패턴의 도출 방법에 의하면, 본 발명의 반도체 레이저의 구동 방법에 사용하는 구동 전류 패턴을 양호한 효율로 얻을 수 있다.

[0077] 이상 상세히 설명한 바와 같이, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 긴 스타트업 타임을 필요로 하지 않고, 고출력의 레이저빔을 간단히 그리고 저가격으로 얻을 수 있다. 따라서, 이 방법을 실시하는 구동 장치를 채용한 본 발명의 노광 장치는 레이저빔의 출력이 안정화될 때까지의 대기 시간을 짧게 해서 화상 노광의 택트 타임을 단축시킬 수 있다. 따라서, 노광 장치의 노광 광원인 반도체 레이저의 교환 빈도도 낮아지므로 노광 장치의 런닝 코스트(running cost)를 저감하는 효과를 얻을 수 있다.

### 실시예

[0106] 이하, 도면을 참조해서 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명한다. 우선, 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 화상 노광 장치에 대해서 설명한다.

[0107] **[화상 노광 장치의 구성]**

[0108] 이 화상 노광 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 시트상의 감광 재료(150)를 표면에 흡착해서 유지하는 평판상의 이동 스테이지(152)를 구비하고 있다. 설치대(156)는 4개의 다리부(154)에 의해 지지되어 있다. 설치대(156)의 상면에는 스테이지 이동 방향을 따라 연장된 2개의 가이드(158)가 설치되어 있다. 스테이지(152)는 그 길이 방향이 스테이지 이동 방향을 향하도록 배치됨과 아울러 가이드(158)에 의해 왕복 이동 가능하게 지지되어 있다. 또한, 이 화상 노광 장치에는 부주사 수단으로서의 스테이지(152)를 가이드(158)를 따라 구동하는 스테이지 구동 장치(304)(도 15 참조)가 설치되어 있다.

[0109] 설치대의 중앙부에는 스테이지(152)의 이동 경로를 교차하도록 C자형 게이트(160)가 설치되어 있다. C자형 게이트(160)의 단부의 각각은 설치대(156)의 양측면에 고정되어 있다. 이 게이트(160)를 사이에 두고 일방측에는 스캐너(162)가 설치되어 있고, 타방측에는 감광 재료(150)의 선단 및 후단을 검지하는 복수(예를 들면, 2개)의 센서(164)가 설치되어 있다. 스캐너(162) 및 센서(164)는 게이트(160)에 각각 부착되고, 스테이지(152) 이동 경로의 상방에 고정 배치되어 있다. 또한, 스캐너(162) 및 센서(164)는 이들의 동작을 제어하는 컨트롤러(도시되지 않음)에 접속되어 있다.

[0110] 스캐너(162)는 도 2 및 도 3(B)에 도시된 바와 같이,  $m$ 행 $n$ 열(예를 들면, 3행 5열)의 거의 매트릭스 형상으로 배열된 복수(예를 들면, 14개)의 노광 헤드(166)를 구비하고 있다. 이 예에서는 감광 재료(150)의 폭과의 관계로부터 3행째에는 4개의 노광 헤드(166)를 배치하고 있다. 또한,  $m$ 행째의  $n$ 열째에 배열된 각각의 노광 헤드를 나타낼 경우는 노광 헤드( $166_{mn}$ )으로 표기한다.

[0111] 노광 헤드(166)에 의해 노광된 노광 에어리어(168)는 부주사 방향을 짧은변으로 하는 직사각형이다. 따라서, 스테이지(152)의 이동에 따라 감광 재료(150)에는 각 노광 헤드(166)에 의한 스트립 형상의 노광 완료 영역(170)이 형성된다. 또한,  $m$ 행째의  $n$ 열째에 배열된 노광 헤드에 의해 노광된 각각의 노광 에어리어를 나타낼 경우는 노광 에어리어( $168_{mn}$ )으로 표기한다.

[0112] 도 3(B)에 도시된 바와 같이, 노광 헤드(166)의 각 열은 소정 간격(노광 에어리어의 긴변의 자연수배, 즉 다른 열의 2배)으로 어긋나게 배치되어 있다. 이에 따라, 도 3(A)에 도시된 바와 같이, 스트립 형상의 노광 완료 영역(170)이 부주사 방향과 직교하는 방향으로 간극을 갖지 않게 된다. 따라서, 첫째행의 노광 에어리어( $168_{11}$ )와 노광 에어리어( $168_{12}$ ) 사이의 노광할 수 없는 부분은 2행째의 노광 에어리어( $168_{21}$ )와 3행째의 노광 에어리어( $168_{31}$ )에 의해 노광될 수 있다.

[0113] 노광 헤드( $166_{11}$ ~ $166_{mn}$ )의 각각은 입사된 광빔을 화상 데이터의 각 화소에 따라 변조하는 미국 Texas Instruments사의 DMD(Digital Micro mirror Device)(50)를 구비하고 있다. 이 DMD(50)는 데이터 처리부와 미러 구동 제어부를 구비한 후술할 컨트롤러(302)(도 15 참조)에 접속되어 있다.

[0114] 이 컨트롤러(302)의 데이터 처리부에서는 입력된 화상 데이터에 의거하여 각 노광 헤드(166)마다 DMD(50)의 제어해야 할 영역내의 각 마이크로 미러를 구동 제어하는 제어 신호를 생성한다. 또한, "제어해야 할 영역"에 대해서는 후술한다. 미러 구동 제어부에서는 데이터 처리부에서 생성한 제어 신호에 의거하여 각 노광 헤드(166)마다 DMD(50)에 있어서의 각 마이크로 미러의 반사면의 각도를 제어한다. 반사면 각도의 제어에 대해서는 후술한다.

[0115] DMD(50)의 광압사측에는 파이버 어레이 광원(66), 렌즈계(67), 및 미러(69)가 이 순서대로 배치되어 있다. 파이버 어레이 광원(66)은 광 출사 단부(발광점)가 노광 에어리어(168)의 길이 방향에 대응하는 방향으로 배열된 복수의 광학 파이버로 구성된 레이저 출사부를 포함한다. 렌즈계(67)는 파이버 어레이 광원(66)으로부터 출사된 레이저빔을 보정하여 DMD상에 집광한다. 미러(69)는 렌즈계(67)를 투과한 레이저빔을 DMD(50)를 향해서 반사한다. 렌즈계(67)는 도 4에 개략적으로 도시되어 있다.

[0116] 상기 렌즈계(67)는, 도 5에 상세히 도시된 바와 같이, 파이버 어레이 광원(66)으로부터 출사된 조명광으로서의 레이저빔(B)을 집광하는 집광 렌즈(71), 이 집광 렌즈(71)를 통과한 광의 광로에 삽입된 로드 형상 흡티컬 인테그레이터[이하, "로드 인테그레이터(72)"라 함](72), 및 로드 인테그레이터(72)로부터 하류에, 즉 미러(69)측을 향하여 배치된 결상 렌즈(74)로 구성되어 있다. 집광 렌즈(71), 로드 인테그레이터(72) 및 결상 렌즈(74)는 파이버 어레이 광원(66)으로부터 출사된 레이저빔을 평행광에 균일화된 빔 단면내 강도가 균일화된 광빔으로서

DMD(50)에 입사시킨다. 이 로드 인테그레이터(72)의 형상이나 작용에 대해서는 상세히 후술한다.

[0117] 상기 렌즈계(67)를 통해 출사된 레이저빔(B)은 미러(69)에 의해 반사되고, TIR(전반사) 프리즘(70)을 통해 DMD(50)에 조사된다. 또한, 도 4에서는 이 TIR 프리즘(70)이 생략되어 있다.

[0118] 또한, DMD(50)의 광반사측에는 DMD(50)에 의해 반사된 레이저빔(B)을 감광 재료(150)상에 결상하는 결상 광학계(51)가 배치되어 있다. 이 결상 광학계(51)는, 도 4에서는 개략적으로 도시되어 있지만, 도 5에 상세히 도시된 바와 같이, 렌즈계(52, 54)로 이루어지는 제 1 결상 광학계와, 렌즈계(57, 58)로 이루어지는 제 2 결상 광학계와, 마이크로 렌즈 어레이(55)와, 어퍼쳐 어레이(59)로 구성되어 있다. 마이크로 렌즈 어레이(55)와 어퍼쳐 어레이(59)는 제 1 결상 광학계와 제 2 결상 광학계 사이에 삽입되어 있다.

[0119] DMD(50)는 SRAM셀(memory cell)(60)상에 각각 화소를 구성하는 다수(예를 들면, 1024개×768개)의 마이크로 미러(62)가 격자상으로 배열되어 이루어지는 미러 디바이스이다. 각 화소에 있어서, 최상부에는 지주로 지지된 마이크로 미러(62)가 설치되어 있고, 마이크로 미러(62)의 표면에는 알루미늄 등의 반사율이 높은 재료가 증착되어 있다. 또한, 마이크로 미러(62)의 반사율은 90% 이상이며, 그 배열 피치는 종방향, 횡방향 모두 일례로서  $13.7\mu\text{m}$ 이다. 또한, 마이크로 미러(62)의 바로 아래에는 헌지 및 요크를 포함하는 지주를 통해 통상의 반도체 메모리의 제조 라인에서 제조되는 실리콘-게이트의 CMOS의 SRAM셀(60)이 배치되어 있다 DMD(50)는 모놀리틱(monolithic) 구조로 되어 있다.

[0120] DMD(50)의 SRAM셀(60)에 디지털 신호가 기록되면, 지주로 지지된 마이크로 미러(62)가 대각선을 회전 중심으로 해서 DMD(50)가 배치된 기판측에 대하여  $\pm \alpha^\circ$  (예를 들면,  $\pm 12^\circ$ )의 범위에서 기울어진다. 도 7(A)는 마이크로 미러(62)가 온 상태에서  $+\alpha^\circ$ 로 기울어진 상태를 나타내고, 도 7(B)는 마이크로 미러(62)가 오프 상태에서  $-\alpha^\circ$ 로 기울어진 상태를 나타낸다. 따라서, 화상 신호에 따라 DMD(50)의 각 화소에 대응하는 마이크로 미러(62)의 경사를, 도 6에 도시된 바와 같이, 제어 함으로써 DMD(50)에 입사한 레이저 광빔은 각각의 마이크로 미러(62)의 경사 방향으로 반사된다.

[0121] 또한, 도 6에는 DMD(50)의 일부를 확대하고, 마이크로 미러(62)가  $+\alpha^\circ$  및  $-\alpha^\circ$ 로 기울어지게 제어되어 있는 상태의 일례를 나타낸다. 각각의 마이크로 미러(62)의 온/오프 동작은 DMD(50)에 접속된 상기 컨트롤러(302)에 의해 행해진다. 또한, 오프 상태의 마이크로 미러(62)에 의해 반사된 레이저빔(B)이 진행하는 방향에는 광흡수체 (도시되지 않음)가 배치되어 있다.

[0122] 또한, DMD(50)는 그 짧은변이 부주사 방향과 소정 각도( $\theta$ )(예를 들면,  $0.1^\circ \sim 5^\circ$ )를 이루도록 약간 기울여서 배치하는 것이 바람직하다. 도 8(A)는 DMD(50)를 기울이지 않은 경우의 각 마이크로 미러에 의한 반사광상(노광빔)(53)의 주사 궤적을 나타내고, 도 8(B)는 DMD(50)를 기울인 경우의 노광빔(53)의 주사 궤적을 나타내고 있다.

[0123] DMD(50)에는 길이 방향에 마이크로 미러가 다수개(예를 들면, 1024개) 배열된 마이크로 미러열이 측방향으로 다수조(예를 들면, 756조) 배열되어 있다. 도 8(B)에 도시된 바와 같이, DMD(50)를 기울임으로써 노광빔(53)의 주사 궤적(주사선)의 피치( $P_2$ )가 DMD(50)를 기울이지 않은 경우의 주사선의 피치( $P_1$ )보다 좁다. 따라서, 해상도를 대폭 향상시킬 수 있다. 한편, DMD(50)의 경사각은 미소하므로 DMD(50)를 기울인 경우의 주사폭( $W_2$ )과, DMD(50)를 기울이지 않은 경우의 주사폭( $W_1$ )은 거의 동일하다.

[0124] 또한, 다른 마이크로 미러열에 의해 같은 주사선이 반복적으로 노광(다중노광)되게 된다. 이러한 방식으로 다중 노광함으로써 열라인먼트 마크에 대한 노광 위치의 미소량을 컨트롤할 수 있고, 고정밀의 노광을 실현할 수 있다. 또한, 주주사 방향으로 배열된 복수의 노광 헤드 사이의 이음매를 미소량의 노광 위치 제어에 의해 단차 없이 연결시킬 수 있다.

[0125] 또한, DMD(50)를 기울이는 대신 각 마이크로 미러열을 부주사 방향과 직교하는 방향으로 소정 간격 어긋나게 지그재그 형상으로 배치해도 마찬가지 효과를 얻을 수 있다.

[0126] 파이버 어레이 광원(66)은, 도 9(A)에 도시된 바와 같이, 복수(예를 들면, 14개)의 레이저 모듈(64)을 구비하고 있다. 각 레이저 모듈(64)에는 멀티모드 광 파이버(30)의 일단이 결합되어 있다. 각 멀티모드 광 파이버(30)의 타단에는 코어 직경이 멀티모드 광 파이버(30)와 동일하고, 또한 클래드 직경이 멀티모드 광 파이버(30)보다 작은 광 파이버(31)가 결합되어 있다. 도 9(B)에 상세히 도시된 바와 같이, 멀티모드 광 파이버(31)의 반대측 단부에 결합된 광 파이버(30)의 단부는 부주사 방향과 직교하는 주주사 방향을 따라 7개 배열되도록 광 파이버(31)가 배열되어 있다. 7개의 광 파이버(31)가 2열로 배열되어서 레이저 출사부(68)가 구성된다.

- [0127] 광 파이버(31)의 단부로 구성되는 레이저 출사부(68)는, 도 9(B)에 도시된 바와 같이, 표면이 평탄한 2매의 지지판(65)에 삽입 고정되어 있다. 또한, 광 파이버(31)의 출사 단면에는 유리 등의 투명한 보호판이 배치되는 것이 바람직하다. 광 파이버(31)의 출사 단면은 광밀도가 높기 때문에 먼지가 잘 모여서 열화되기 쉽다. 그러나, 상기한 바와 같은 보호판을 배치함으로써 단면에 진애가 부착되는 것을 방지하고, 또한, 열화를 늦출 수 있다.
- [0128] 본 예에서는, 도 10에 도시된 바와 같이, 클래드 직경이 큰 멀티모드 광 파이버(30)의 광 출사 단부에 길이 1~30cm 정도의 클래드 직경이 작은 광 파이버(31)가 동일 축적으로 결합되어 있다. 이들 광 파이버(30, 31)는 각각의 코어축이 일치하는 상태에서 광 파이버(31)의 입사 단면을 멀티모드 광 파이버(30)의 출사 단면에 용착(融着)함으로써 결합되어 있다. 상기한 바와 같이, 광 파이버(31)의 코어(31a) 직경은 멀티모드 광 파이버(30)의 코어(30a) 직경과 동일한 크기이다.
- [0129] 멀티모드 광 파이버(30) 및 광 파이버(31)로서는 스텝 인덱스형(step index type) 광 파이버, 그레이디드 인덱스형(graded index type) 광 파이버, 또는 복합형 광 파이버 모두 적용 가능하다. 예를 들면, Mitsubishi Wire Industries KK의 스텝 인덱스형 광 파이버를 사용할 수 있다. 본 예에 있어서, 멀티모드 광 파이버(30) 및 광 파이버(31)는 스텝 인덱스형 광 파이버이다. 멀티모드 광 파이버(30)는 클래드 직경=125 $\mu$ m, 코어 직경=50 $\mu$ m, NA=0.2이다. 광 파이버(31)는 클래드 직경=60 $\mu$ m, 코어 직경=50 $\mu$ m, NA=0.2이다. 멀티모드 광 파이버(30)의 입사 단면 코팅의 투과율=99.5% 이상이다.
- [0130] 광 파이버(31)의 클래드 직경은 60 $\mu$ m로 한정되지 않는다. 종래의 파이버 광원에 사용되고 있는 많은 광 파이버의 클래드 직경은 125 $\mu$ m이다. 그러나, 클래드 직경이 작을수록 초점 심도가 보다 깊어진다. 따라서, 멀티모드 광 파이버의 클래드총은 80 $\mu$ m 이하가 바람직하고, 60 $\mu$ m 이하가 보다 바람직하다. 한편, 싱글모드 광 파이버의 경우, 코어 직경은 적어도 3~4 $\mu$ m일 필요가 있다. 따라서, 광 파이버(31)의 클래드 직경은 10 $\mu$ m 이상이 바람직하다. 광 파이버(30)의 코어 직경과 광 파이버(31)의 코어 직경을 일치시키는 것이 결합 효율의 관점에서 바람직하다.
- [0131] 클래드 직경이 서로 다른 2개의 광 파이버(30, 31)를 용착[소위 이경용착(cross diameter fusion)]해서 이용할 필요는 없다. 대안으로서, 클래드 직경이 일정한 광 파이버[예를 들면, 도 9(A)의 예에서의 광 파이버(30)]을 복수개 그대로 번들 형상으로 묶어서 파이버 어레이 광원을 구성해도 좋다.
- [0132] 각 레이저 모듈(64)은 도 11에 도시된 합파 레이저 광원(파이버 광원)에 의해 구성되어 있다. 이 합파 레이저 광원은 히트 블록(10)과, 히트 블록(10)상에 배열 고정된 복수(예를 들면, 7개)의 GaN계 반도체 레이저 칩(LD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, 및 LD7)과, GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 각각에 대응해서 설치된 콜리메이팅 렌즈(11, 12, 13, 14, 15, 16 및 17)와, 하나의 집광 렌즈(20)와, 하나의 멀티모드 광 파이버(30)로 구성되어 있다. GaN계 반도체 레이저 칩은 트랜스버스 멀티모드 레이저 칩(transverse multimode laser chip) 또는 싱글모드 레이저 칩이 될 수 있다. 또한, 반도체 레이저의 개수는 7개로 한정되는 것이 아니고, 그 밖의 개수가 이용되어도 좋다. 또한, 콜리메이팅 렌즈(11~17) 대신 콜리메이팅 렌즈(11~17)가 일체화된 콜리메이팅 렌즈 어레이를 이용할 수도 있다.
- [0133] GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)는 발진 파장이 전부 공통(예를 들면, 405nm 부근)이며, 최대 출력도 전부 공통(예를 들면, 멀티모드 레이저에서는 100mW, 싱글모드 레이저에서는 50mW 정도)이다. 또한, GaN계 반도체는 350nm~450nm의 파장 범위에 있어서 상기 405nm 이외의 파장을 가질 수 있다.
- [0134] 상기 합파 레이저 광원은, 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이, 다른 광학요소와 함께 상방이 개구된 박스 형상의 패키지(40)내에 수납되어 있다. 패키지(40)는 그 개구를 폐쇄하도록 형성된 패키지 리드(package lid)(41)를 구비하고 있고, 탈기 처리후에 밀봉 가스를 도입하고, 패키지(40)의 개구를 패키지 리드(41)로 폐쇄함으로써 형성된 폐공간(밀봉 공간)내에 상기 합파 레이저 광원이 밀봉된다.
- [0135] 패키지(40)의 저면에는 베이스판(42)이 고정되어 있다. 이 베이스판(42)의 표면에는 상기 히트 블록(10)과, 집광 렌즈(20)를 유지하는 집광 렌즈 홀더(45)와, 멀티모드 광 파이버(30)의 광 입사 단부를 유지하는 파이버 홀더(46)가 부착되어 있다. 멀티모드 광 파이버(30)의 광 출사 단부는 패키지(40)의 벽면에 형성된 개구로부터 패키지 밖으로 인출되어 있다.
- [0136] 또한, 히트 블록(10)의 측면에는 콜리메이팅 렌즈 홀더(44)가 부착되어 있고, 거기에 콜리메이팅 렌즈(11~17)가 유지되어 있다. 패키지(40)의 횡벽면에는 개구가 형성되고, 이 개구를 통해서 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 구동 전류를 공급하는 배선(47)이 패키지(40) 밖으로 인출되어 있다.

- [0137] 도 13에 있어서는 도면의 변잡화를 피하기 위해서 복수의 GaN계 반도체 레이저 중 GaN계 반도체 레이저(LD7)에만 번호를 붙이고, 복수의 콜리메이팅 렌즈 홀더 중 콜리메이팅 렌즈 홀더(17)에만 번호를 붙인다.
- [0138] 도 14는 상기 콜리메이팅 렌즈(11~17)의 설치 부분의 정면 형상을 나타낸다. 콜리메이팅 렌즈(11~17)의 각각은 비구면을 구비한 원형 렌즈의 광축을 포함하는 영역을 평행한 평면으로 가늘고 길게 커팅한 형상으로 형성되어 있다. 이 가늘고 긴 형상의 콜리메이팅 렌즈는 예를 들면, 수지 또는 광학 유리를 몰딩함으로써 형성할 수 있다. 콜리메이팅 렌즈(11~17)는 길이 방향이 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7) 발광점의 배열 방향(도 14의 좌우 방향)과 직교하도록 상기 발광점의 배열 방향으로 밀접 배치되어 있다.
- [0139] 한편, GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)는 발광폭이  $2\mu\text{m}$ 인 활성층을 구비한다. 활성층과 평행한 방향, 활성층과 직각인 방향의 넓은 각이 각각 예를 들면,  $10^\circ$ ,  $30^\circ$ 의 상태에서 각각 레이저빔(B1~B7)이 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)로부터 출사된다. GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)는 활성층과 평행한 방향으로 발광점이 일렬로 배열되도록 설치되어 있다.
- [0140] 따라서, 각 발광점으로부터 발광된 레이저빔(B1~B7)은, 상기한 바와 같이, 가늘고 긴 형상의 각 콜리메이팅 렌즈(11~17)에 대하여, 넓은 각도가 큰 방향이 길이 방향과 일치하고, 넓은 각도가 작은 방향이 폭방향과 일치하는 상태에서 입사하게 된다. 즉, 각 콜리메이팅 렌즈(11~17)의 폭이  $1.1\text{mm}$ , 길이가  $4.6\text{mm}$ 이다. 레이저빔(B1~B7)의 수평 방향, 수직 방향의 빔 직경은 각각  $0.9\text{mm}$ ,  $2.6\text{mm}$ 이다. 또한, 콜리메이팅 렌즈(11~17)의 각각은 초점 거리( $f_1$ )= $3\text{mm}$ , 조리개값(NA)=0.6, 배치 피치= $1.25\text{mm}$ 이다.
- [0141] 집광 렌즈(20)는 비구면을 구비한 원형 렌즈의 광축을 포함하는 영역을 평행한 평면으로 가늘고 길게 커팅하여 얻어진다. 콜리메이팅 렌즈(11~17)의 배열 방향, 즉 수평 방향으로 길게 그것과 직각인 방향으로 짧은 형상으로 형성되어 있다. 이 집광 렌즈(20)는 초점 거리( $f_2$ )= $23\text{mm}$ , 조리개값(NA)=0.2이다. 이 집광 렌즈(20)도, 예를 들면, 수지 또는 광학 유리를 몰딩함으로써 형성된다.
- [0142] 도 5에 도시된 마이크로 렌즈 어레이(55)는 DMD(50)의 각 화소에 대응하는 다수의 마이크로 렌즈(55a)가 2차원상으로 배열되어 이루어지는 것이다. 본 예에서는, 후술하는 바와 같이, DMD(50)의  $1024 \times 768$ 열의 마이크로 미러 중  $1024 \times 256$ 열만이 구동된다. 따라서, 이에 대응하여 마이크로 렌즈(55a)는  $1024 \times 256$ 열 배치되어 있다. 또한, 마이크로 렌즈(55a)의 배치 피치는 종방향, 횡방향 모두  $41\mu\text{m}$ 이다. 이 마이크로 렌즈(55a)는 일례로서 초점 거리가  $0.19\text{mm}$ , NA(조리개값)가 0.11인 광학 유리(BK7)로 형성되어 있다.
- [0143] 또한, 상기 어퍼쳐 어레이(59)는 마이크로 렌즈 어레이(55)의 각 마이크로 렌즈(55a)에 대응하는 다수의 어퍼쳐(59a)가 형성되어 이루어진 것이다. 본 실시형태에 있어서, 어퍼쳐(59a)의 직경은  $10\mu\text{m}$ 이다.
- [0144] 제 1 결상 광학계는 DMD(50)에 의한 상을 3배로 확대해서 마이크로 렌즈 어레이(55)상에 결상한다. 제 2 결상 광학계는 마이크로 렌즈 어레이(55)를 거친 상을 1.6배로 확대해서 감광 재료(150)상에 결상한다. 따라서, 전체에서는 DMD(50)에 의한 상이 4.8배로 확대되어 감광 재료(150)상에 투영되게 된다.
- [0145] 또한, 본 예에서는 제 2 결상 광학계와 감광 재료(150)의 사이에 프리즘 페어(prism pair)(73)가 설치된다. 이 프리즘 페어(73)를 도 5 중에서 상하 방향으로 이동시킴으로써 감광 재료(150)상에 있어서의 상의 초점이 조정된다. 또한, 동도 중에 있어서 감광 재료(150)는 화살표 F 방향으로 이송되어 부주사가 수행된다.
- [0146] 이어서, 도 15를 참조하여 본 예의 화상 노광 장치에 있어서의 전기적인 구성에 대해서 설명한다. 도 15에 도시된 바와 같이, 전체 제어부(300)에는 변조 회로(301)가 접속되고, 이 변조 회로(301)에는 DMD(50)를 제어하는 컨트롤러(302)가 접속되어 있다. 또한, 전체 제어부(300)에는 D/A 변환부(303)를 통해 레이저 모듈(64)의 각 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 구동하는 7개의 정전류 전원(305)이 접속되어 있다. 또한, 이 전체 제어부(300)에는 상기 스테이지(152)를 구동하는 스테이지 구동 장치(304)가 접속되어 있다.
- [0147] **[화상 노광 장치의 동작]**
- [0148] 이어서, 상기 화상 노광 장치의 동작에 대해서 설명한다. 레이저빔(B1~B7)은 파이버 어레이 광원(66)의 합파 레이저 광원을 구성하는 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)(도 11 참조)의 각각에 의해 발산광 상태에서 출사된다. 레이저빔(B1~B7)은 대응하는 콜리메이팅 렌즈(11~17) 중 대응하는 콜리메이팅 렌즈에 의해 평행광화된다. 평행광화된 레이저빔(B1~B7)은 집광 렌즈(20)에 의해 집광되고, 멀티모드 광 파이버(30)의 코어(30a)의 입사 단면상에서 결속된다.
- [0149] 본 예에서는 콜리메이팅 렌즈(11~17) 및 집광 렌즈(20)에 의해 집광 광학계가 구성되고, 이 집광 광학계와 멀

티모드 광 파이버(30)에 의해 합파 광학계가 구성되어 있다. 즉, 집광 렌즈(20)에 의해 집광된 레이저빔(B1~B7)이 이 멀티모드 광 파이버(30)의 코어(30a)에 입사해서 하나의 레이저빔(B)으로 합파되고, 멀티모드 광 파이버(30)의 광 출사 단부에 결합된 광 파이버(31)로부터 출사된다.

[0150] 각 레이저 모듈에 있어서, 레이저빔(B1~B7)의 멀티모드 광 파이버(30)에 대한 결합 효율이 0.9이다. GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 각 출력이 50mW인 경우에는 어레이상으로 배열된 광 파이버(31)의 각각에 대해서 출력 315mW( $50\text{mW} \times 0.9 \times 7$ )의 합파 레이저빔(B)을 얻을 수 있다. 따라서, 14개의 멀티모드 광 파이버(31) 전체에서는 4.4W( $0.315\text{W} \times 14$ )의 출력을 갖는 레이저빔(B)을 얻을 수 있다.

[0151] 화상 노광시에는 변조 회로(301)로부터 노광 패턴에 대응하는 화상 데이터가 DMD(50)의 컨트롤러(302)에 입력된다. 화상 데이터는 컨트롤러(302)의 프레임 메모리에 임시로 기억된다. 이 화상 데이터는 화상을 구성하는 각 화소의 농도를 바이너리 데이터(기록될 도트/기록되지 않을 도트)로 나타낸 데이터이다.

[0152] 감광 재료(150)를 표면에 흡착한 스테이지(152)는 도 15에 도시된 스테이지 구동 장치(304)에 의해 가이드(158)를 따라 게이트(160)의 상류측으로부터 하류측으로 이동된다. 스테이지(152)가 게이트(160) 아래를 통과할 때에 게이트(160)에 부착된 센서(164)에 의해 감광 재료(150)의 선단이 검출되면 프레임 메모리에 기억된 센서(164)에 의해 감광 재료의 선단 애지가 검출된다. 이어서, 프레임 메모리에 기억된 화상 데이터가 한번에 복수 라인씩 순차적으로 판독된다. 판독된 화상 데이터에 의거하여 각 노광 헤드(166)마다 신호 처리부에 의해 제어 신호가 생성된다. 그리고, 미러 구동 제어부에 의해 생성된 제어 신호에 의거하여 각 노광 헤드(166)마다 DMD(50)의 마이크로 미러의 각각이 온/오프 제어된다. 본 예의 경우, 1화소에 대응하는 각 마이크로 미러의 사이즈는  $14\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}$ 이다.

[0153] 파이버 어레이 광원(66)으로부터 DMD(50)에 레이저빔(B)이 조사되면, 마이크로 미러에 의해 온 상태시에 반사된 레이저빔은 렌즈계(54, 58)에 의해 감광 재료(150)상에 결상된다. 이러한 방식으로 파이버 어레이 광원(66)으로부터 출사된 레이저빔이 화소마다 온/오프되어서 감광 재료(150)가 DMD(50)의 화소수와 거의 동수의 화소 단위 [노광 에어리어(168)]로 노광된다. 감광 재료(150)가 스테이지(152)와 함께 일정 속도로 이동된다. 스캐너(162)에 의해 스테이지 이동 방향과 반대 방향으로의 부주사가 수행되고, 각 노광 헤드(166)에 의해 감광 재료(150)상에 스트립 형상의 노광 완료 영역(170)이 형성된다.

[0154] 본 예에서는, 도 16(A) 및 도 16(B)에 개략적으로 도시된 바와 같이, DMD(50)에는 주주사 방향으로 마이크로 미러가 1024개 배열된 마이크로 미러열이 부주사 방향으로 768조 배열되어 있다. 그러나, 컨트롤러(302)에 의해 일부의 마이크로 미러열(예를 들면,  $1024 \times 256$ 열의 마이크로 미러)만이 구동된다.

[0155] 이 경우, 도 16(A)에 도시된 바와 같이, DMD(50)의 중앙부에 배치된 마이크로 미러열을 사용해도 좋다. 대안으로서, 도 16(B)에 도시된 바와 같이, DMD(50)의 단부에 배치된 마이크로 미러열을 사용해도 좋다. 또한, 일부의 마이크로 미러에 결함이 발생했을 경우는 마이크로 미러열을 적당히 변경해서 사용해도 좋다.

[0156] DMD(50)의 데이터 처리 속도에는 한계가 있고, 사용하는 화소수에 비례해서 1라인당의 변조 속도가 결정된다. 따라서, 일부의 마이크로 미러열만을 사용함으로써 변조 속도가 빨라진다. 한편, 연속적으로 노광 헤드를 노광 면에 대하여 상대 이동시키는 노광 방식의 경우에는 부주사 방향의 화소를 전부 사용할 필요는 없다.

[0157] 스캐너(162)에 의한 감광 재료(150)의 부주사가 종료되고, 센서(164)에서 감광 재료(150)의 후단이 검출되면, 스테이지(152)는 스테이지 구동 장치(304)에 의해 가이드(158)를 따라 게이트(160)의 최상류측에 있는 원점으로 복귀된다. 이어서, 스테이지(152)는 게이트(160)의 상류측으로부터 하류측으로 일정 속도로 다시 이동된다.

#### [화상 노광 장치의 광학 시스템에 대한 상세한 설명]

[0158] 이어서, 도 5에 도시된 파이버 어레이(66), 집광 렌즈(71), 로드 인테그레이터(72), 결상 렌즈(74), 미러(69) 및 TIR 프리즘(70)으로 구성되어서 DMD(50)에 레이저빔(B)을 조사하는 조명 광학계에 대해서 설명한다. 로드 인테그레이터(72)는 예를 들면, 사각 기둥 형상으로 형성된 투광성 로드이다. 로드 인테그레이터(72)의 내부를 레이저빔(B)이 전반사하면서 진행하는 동안에 이 레이저빔(B)의 빔 단면내 강도 분포가 균일화된다. 또한, 로드 인테그레이터(72)의 입사 단면 및 출사 단면에는 반사 방지막이 코팅되어 투과율이 증가한다. 이러한 방식으로 레이저빔(B)의 빔 단면내 강도 분포를 균일화함으로써 조명광의 강도에 있어서의 불균일을 제거하고, 감광 재료(150)상에 고정밀 화상을 노광할 수 있게 된다.

[0160] 이어서, 도 15를 참조하여 레이저 모듈(64)을 구성하는 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)(도 11 참조)의 구동 방법에 대해서 자세하게 설명한다. 동도에 도시된 전체 제어부(300)는 예를 들면, PC(페스널 컴퓨터) 등으로 구성

된다. 여기에 포함되는 예를 들면, ROM(판독 전용 메모리) 등의 기억 수단에 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 구동 전류값을 구동 개시로부터의 경과 시간에 따라서 변화시키는 패턴을 기억시킨다. 상기 패턴은 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 구동 개시로부터의 경과 시간에 대응하는 복수의 파라미터로서 기억된다. 이 파라미터는 아래 표 1에 도시된 바와 같이, 일례로서 구동 개시로부터의 경과 시간(T)마다의 전류비( $I_{rate}$ )이다.

[표 1]

[0162]

T(초)	$I_{rate}$
0.0	0.994
0.9	0.995
1.4	0.996
2.4	0.997
4.6	0.998
8.0	0.999
14.0	1

[0163] 여기서, 반도체를 종래의 ACC 구동 방법에 의해 구동하면, 일반적으로 그 광출력은 경과 시간(T)에 따라 도 17에 도시된 바와 같이 변화된다. 일반적으로는 목표 광출력이 얻어지는 정상 상태에 들어가기 전에, 구동 개시로부터 약 20초 걸여되어서 광출력이 점차적으로 저하한다. 이것은 반도체 레이저의 온도 상승에 의해 그 발광 효율이 저하하기 때문이다. 도 17 및 도 18의 그래프에 있어서는 종축의 광출력을 반도체 레이저가 정상 상태에서 구동될 때의 값을 1로 했을 때의 상대값으로 나타낸다.

[0164] GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 구동할 때, 전체 제어부(300)는 상기 ROM 등의 기억 수단으로부터 경과 시간(T) 및 전류비( $I_{rate}$ )를 판독한다. 이어서, 전체 제어부(300)는 구동 개시로부터의 경과 시간(T)에 따라 이에 대응된 전류비( $I_{rate}$ )를 나타내는 디지털 데이터를 D/A 변환부(303)로 출력한다. 즉, 표 1로 예를 들어서 설명하면, T=0.0초부터 0.9초 미만까지의 기간은  $I_{rate}=0.994$ 를, T=0.9초부터 1.4초 미만까지의 기간은  $I_{rate}=0.995$ 를 나타내는 디지털 데이터를 D/A 변환부(303)에 입력시킨다.

[0165] D/A 변환부(303)는 입력된 전류비( $I_{rate}$ )를 나타내는 디지털 데이터를 아날로그 값으로 변환한다. 변환된 아날로그 값은 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 구동하는 각 정전류 전원(305)으로 동시에 출력된다. 7개의 정전류 전원(305)은 기본적으로, 각 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)로부터 목표 광출력을 얻는 일정 전류( $I_{con}$ )를 공급하도록 구성되어 있다. 일정 전류( $I_{con}$ )는 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7) 중에서 동일하거나 상이할 수 있다. 그러나, 상기 전류비( $I_{rate}$ )를 나타내는 아날로그 값이 정전류 전원(305)에 입력되면, 정전류 전원(305)은  $I_{con}$ 에 전류비( $I_{rate}$ )를 곱한 값의 전류를 공급한다. 또한, 표 1의 예에서는 T=14.0초 이후의 전류비( $I_{rate}$ )=1이다. 따라서, T=14.0초 이후는 계속 일정 전류( $I_{con}$ )가 각 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 공급되게 된다.

[0166] 이에 따라, 도 18에 도시된 바와 같이, 광출력이 단계적으로 변화된다. 도 17에 도시된 종래 기술의 광출력과 비교하면, 짧은 시간내에 일정한 목표 광출력에 근접하게 되고, 광출력의 변동폭( $\Delta P_2$ )도, 종래 기술의 변동폭( $\Delta P_1$ )보다 작아진다. 이에 따라, 긴 스타트업 타임을 필요로 하지 않고 고출력의 레이저빔(B1~B7)[즉, 합파 레이저빔(B)]을 안정적으로 얻는 것이 가능하게 된다. 또한, 이러한 방식으로 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 구동하기 위한 구성은 전체 제어부(300)의 구성을 약간 변경하는 것만으로 완성될 수 있다. 따라서, 노광 장치는 간편함과 아울러 저가격으로 상기 방법을 구현하게 된다.

[0167] 또한, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법을 적용한 후, 반도체 레이저(LD1~LD7)가 정상 상태에서 구동되는 기간에 ACC 구동 방법 또는 APC 구동 방법을 사용할 수 있다. 그러나, 본 실시형태와 같이, GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 전구동 기간을 통해서 정전류 전원(305)에 의한 구동을 이용하면, 구동 장치의 구성이 간소화될 수 있다. 또한, 사용될 레이저빔(B)을 광출력을 모니터링하기 위해 일부 분기할 필요가 없다. 따라서, 레이저빔(B)의 이용 효율이 증가된다. 또한, 모니터링을 위해 광검출기 및 피드백 루프 회로를 사용할 필요가 없어서 노광 장치의 가격이 저감될 것이다.

[0168] 본 실시형태에서는 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 구동 전류를 단계적으로 변화시키는 단일 패턴, 즉 단일 파라미터 세트를 7개의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 공통으로 사용한다. 따라서, 패턴을 기록하는데 저용량의 기억 수단이 사용될 수 있다.

[0169] 광출력을 더 정밀하게 안정시키고자 할 경우, GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 점등 직후로부터 소등 직전까지 소정 시간 간격, 예를 들면, 0.1초 간격으로 파라미터를 설정할 수 있다.

[0170] 본 실시형태에서 파라미터는 전류비( $I_{rate}$ )이다. 따라서, 구동 전류-광출력 특성이 서로 상이해도 복수의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 대하여 파라미터를 공통으로 사용하여 안정적인 출력을 얻을 수 있다. 이에 대하여, 구동 전류를 파라미터로서 사용하면 구동 전류-광출력 특성이 상이한 경우, 각 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)마다 패턴을 규정할 필요가 있다. 이것은 다수의 파라미터를 기록하기 위해 대용량의 기억 수단이 필요하게 된다. 또한, 다수의 파라미터를 사용하는 경우, 패턴을 처리하기 위해서 긴 시간을 필요로 하고, 처리 장치의 구성도 복잡하게 된다.

[0171] 본 실시형태에서는 복수의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 대하여 구동 전류를 단계적으로 변화시키는 처리를 공통의 타이밍에 행하도록 하고 있다. 따라서, 전류 제어 수단으로서 오직 하나의 전체 제어부(300) 및 D/A 변환부(303)(도 15 참조)가 필요하고, 따라서 구동 장치를 저가격으로 제조할 수 있다.

[0172] 본 실시형태에서는 단일 파라미터 세트에 의해 7개의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)가 공통으로 구동된다. 대안으로서, 7개의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7) 중 4개를 단일 파라미터 세트에 따라 구동하고, 나머지 3개를 다른 파라미터 세트에 따라 구동할 수 있다. 이 경우에도 복수의 반도체 레이저를 단일 파라미터 세트에 의해 구동하면 동일한 효과가 얻어진다.

[0173] 본 실시형태에서는 14개의 레이저 모듈(64)을 이용한다. 따라서 각 모듈(64)의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 상이한 파라미터 세트에 의해 구동하면 14개의 파라미터 세트 모두가 필요하게 된다. 대안으로서, 14개의 모듈 중 일부를 단일 공통 파라미터 세트에 의해 구동할 수 있다. 이 경우, 필요한 파라미터 세트의 수는 14개보다 적어질 수 있다.

[0174] 본 실시형태에 있어서, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 GaN계 반도체 레이저((LD1~LD7)와, 복수의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7) 각각으로부터 출사된 레이저빔(B1~B7)이 입력되어 합파되는 광 파이버(30)를 포함하는 노광 장치의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 구동하는데 적용된다. 따라서, 광출력을 안정화시키는데 있어서 특히 효과적이다.

[0175] 즉, 상기 구성에 있어서, GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 구동 개시했을 때의 이들 구동 전류-광출력 특성의 변화뿐만 아니라, 이로 인해 발생된 열 때문에 합파 레이저빔(B)의 출력이 변동하는 경우가 있다. 발생된 열로 인해 모듈(64)의 구성 부재가 팽창함에 따라 상기 변동이 발생된다. 열팽창은 레이저빔(B1~B7)과 광 파이버(30)를 조심 상태로부터 해제시킴으로써 레이저빔(B1~B7)의 광 파이버(30)에 대한 결합 효율이 변화된다. 또한, 구동 개시로부터 정상 상태까지의 기간에 레이저빔(B1~B7)의 빔 프로파일이 변화되는 경우가 있다. 레이저빔(B1~B7)의 광 파이버(30)에 대한 입력 효율이 변화될 수도 있다. 예컨대, 도 11~도 13에 도시된 구성에 있어서, 합파 레이저빔(B)의 출력에 있어서의 변동이  $\pm 0.5\%$  이하로 안정화될 때까지 레이저의 구동 개시로부터 거의 8초의 시간을 필요로 하게 된다.

[0176] 그러나, 광 파이버(30)로부터 출사된 레이저빔(B)을 검출해서 상기 파라미터를 작성하면 상기 입력 효율의 변화 특성도 반영된 파라미터를 얻을 수 있다. 따라서, 입력 효율의 변화에 기인하는 레이저빔(B)의 광출력 변화도 보상 가능하게 된다.

[0177] 본 실시형태에 있어서, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 공통의 방열체인 단일 히트 블록(10)에 고정된 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 구동하는데 적용된다. 이 점에 의거해서도, 상기 방법은 광출력을 안정 시키는데 특히 효과적이다. 즉, 이러한 구성에 있어서, 발생된 열의 상호 작용에 의해 각 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 특성이 변화될 수 있다. 이 경우에도 합파 레이저빔(B)을 검출함으로써 상기 파라미터를 작성하면 열의 상호 작용을 반영한 파라미터를 얻을 수 있다. 따라서, GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 열의 상호 작용에 기인하는 레이저빔(B)의 광출력 변화도 보상 가능하게 된다.

[0178] 상기 효과는 도 11~도 13에 도시된 바와 같은 레이저 모듈에 있어서 얻어지는 것으로 한정되지 않는다. 반도체 레이저 칩이 캔 타입(Can type)의 패키지에 수용되어서 이루어지는 복수의 반도체 레이저(500)를, 도 21에 도시된 바와 같이, 공통의 방열체(501)에 고정하는 구조에 있어서도 동일한 효과를 얻을 수 있다. 본 구조에 있어서, 각 반도체 레이저(500)에 의해 출사된 레이저빔은 광 파이버(502)에 의해 사용되는 위치까지 도달하게 된다.

[0179] 공통의 방열체인 히트 블록(10)이나 방열체(501)를 통해 복수의 반도체 레이저를 온도 조절할 경우 및 온도 조절을 행하지 않을 경우에도 상기 효과는 얻어질 수 있다.

[0180] 본 실시형태에 있어서, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 복수의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 구동하는데 적용된다. 따라서, 상기 방법은 반도체 레이저의 광출력을 안정화시키는데 특히 효과적이다. GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)는 GaAs계 반도체 레이저 등의 다른 타입의 반도체 레이저에 비해 발열량이 더 크다. 따라서, 구동 개시하고나서 정상 상태가 될 때까지 사이의 구동 전류-광출력 특성이 현저히 변화된다. 그러나, 본 발명의 반도체 레이저의 구동 방법을 적용함으로써 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 구동 전류-광출력 특성의 변화를 보상하여 레이저빔(B1~B7)의 광출력을 안정화시킬 수 있다.

[0181] 또한, GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)는 상온 부근에서 온도 변화에 대하여 발진 역치 전류만이 변화되는 특성을 갖고 있다. 즉, 상온 부근에서 온도 변화에 대하여 슬로프 효율은 크게 변화되지 않는 특성을 갖고 있다. 따라서, 어떤 전류 영역에서 결정된 상기 파라미터를 거의 전출력 영역에서 사용 가능하게 된다. 즉, 출력을 변경 해도 파라미터를 변경할 필요가 없다. 이 점은 특히 GaN계 반도체 레이저에 대해서만 뿐만 아니라 발진 역치 전류의 온도 특성 계수( $T_0$ )에 대하여 슬로프 효율의 온도 특성 계수( $T_1$ )가 작은 다른 반도체 레이저의 경우에도 일 반적이다.

[0182] 상기 계수( $T_0$ )는 반도체 레이저의 IL 과형(구동 전류-광출력 특성)에 있어서의 발진 역치 전류( $I_{th}$ )의 온도 특성을 나타내는 계수이다. 계수( $T_1$ )는 반도체 레이저의 슬로프 효율( $\eta_d$ )의 온도 특성을 나타내는 계수이다. IL 과형이 어떤 온도( $T_a$ )에서 발진 역치 전류( $I_{tha}$ ) 및 슬로프 효율( $\eta_{da}$ )을 갖고, 어떤 온도( $T_b$ )에서는 발진 역치 전류( $I_{thb}$ ), 슬로프 효율( $\eta_{db}$ )을 가지면  $T_0$  및  $T_1$ 은 각각 이하의 식으로 정의될 수 있다.

$$T_0 = \frac{T_a - T_b}{In(I\eta_{tha} / I\eta_{thb})}$$

$$T_1 = \frac{T_a - T_b}{In(I\eta_{da} / I\eta_{db})}$$

[0183]

[0184] 이어서, 상기 파라미터 즉, 경과 시간( $T$ )마다의 전류비( $I_{rate}$ )를 도출하는 방법에 대해서 설명한다. 도 19는 이

파라미터를 도출하는 장치의 개략 구성을 나타낸다. 도 19에 도시된 바와 같이, 이 장치는 7개의 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 공통으로 구동하는 정전류 전원(400)과, GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)로부터 각각 출사되어 광 파이버(30)와 합파되어 얻어지는 레이저빔(B)의 광출력을 검출하는 광검출기(401)와, 이 광검출기(401)의 출력 신호(S10)를 수신하는 비교부(402)와, 이 비교부(402)에 광출력 설정 신호(S11)를 입력시키는 입력부(403)와, 비교부(402)의 출력 신호(S12)를 수신하는 가산부(404)와, 정전류 전원(400)이 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 공급하는 전류값을 모니터링하는 전류 모니터링부(405)와, 이 전류 모니터링부(405)의 출력 신호(S14)를 수신하는 출력부(406)로 구성되어 있다. 상기 입력부(403) 및 출력부(406)는 PC(파스널 컴퓨터) 등으로 구성될 수 있다. 광검출기(401)는 열에 의한 특성 변화를 나타내지 않도록 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)가 발생시키는 열의 영향을 받지 않는 위치에 설치된다.

[0185] 이하, 이 장치에 의한 파라미터의 도출 방법에 대해서 설명한다. 이 방법은 상기 노광 장치의 노광 조작에 앞서 실행된다. 우선, 정전류 전원(400)은 병렬로 공급되는 소정 전류에 의해 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)를 모두 구동한다. 이때, 상기 소정 전류는 가산부(404)가 출력하는 구동 전류 설정 신호(S13)의 초기값에 의해 지정된다. 이 전류는 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 의한 화상 노광시에 요구되는 정상 광출력을 얻을 수 있는 값으로 한다.

[0186] 이러한 방식으로 구동된 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)로부터 레이저빔(B1~B7)이 출사된다. 레이저빔(B1~B7)은 상기 멀티모드 광 파이버(30)에 의해 합파된다. 합파된 레이저빔(B)을 일부 분기하고 그 광출력이 광검출기(401)에 의해 검출된다. 이 검출된 광출력을 나타내는 신호(S10)가 비교부(402)에 입력된다. 이때, 비교부(402)에는 입력부(403)가 출력하는 광출력 설정 신호(S11)가 입력된다. 이 광출력 설정 신호(S11)는 화상 노광시에 요구되는 합파 레이저빔(B)의 광출력을 나타내는 것이다.

[0187] 비교부(402)는 식  $S12=S11-S10$ 에 의해 얻어진 차분 신호(S12)를 출력한다. 이 차분 신호(S12)는 가산부(404)에 입력된다. 가산부(404)는 이 차분 신호(S12)가 입력되면 정전류 전원(400)이 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 공급하는 전류값을 지정하는 구동 전류 설정 신호(S13)에 이 차분 신호(S12)를 가산한다. 이 가산 처리가 소정 주기로 연속해서 수행됨으로써 정전류 전원(400)이 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)에 공급하는 전류는  $S11=S10$ 이 되는 값으로, 즉 합파 레이저빔(B)의 광출력이 입력부(403)에 의한 설정 광출력과 거의 동일하게 되는 값으로 연속해서 변경된다.

[0188] 이러한 방식으로 변화되는 정전류 전원(400)에 의한 공급 전류는 전류 모니터링부(405)에 의해 모니터링된다. 이 공급 전류값을 나타내는 신호(S14)가 출력부(406)에 입력된다. 이 공급 전류의 변화는 합파 레이저빔(B)의 광출력을 입력부(403)에 의한 설정 광출력과 동일하게 제어했을 때의 변화이다. 따라서, 화상 노광시에 이 공급 전류의 변화 패턴과 유사한 방식으로 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)의 구동 전류를 변화시키면 합파 레이저빔(B)의 광출력은 입력부(403)에 의한 설정 광출력값이 되거나 이에 근접한 값으로 수렴된다. 따라서, 출력부(406)는 이 신호(S14)가 나타내는 공급 전류의 변화 패턴에 의거하여 표 1에 도시된 바와 같은 파라미터, 즉 경과 시간(T)마다의 전류비( $I_{rate}$ )를 작성한다.

[0189] 도 20은 신호(S14)를 이용해서 이루어진 파라미터 작성 처리의 일례를 나타내는 플로우차트이다. 이하, 이 처리에 대해서 도 20을 참조하여 자세하게 설명한다. 우선 스텝(450)에서 처리가 개시된다. 이어서, 스텝(451)에 있어서, 샘플링 순번(i)에 있어서의 점등후 시간(구동 개시후의 경과 시간)( $T_{on}[i]$ ), 샘플링 순번(i)에 있어서의 전류 제어율(구동 전류의 변화율이며, 노광시의 상기 전류비에 대응함)( $I_{rate}[i]$ ), 및 기록 전류 제어율( $I_{rate\_a}$ )을 설정한다. 이때, 파라미터의 증가를 결정하는 전류율 단위( $I_{rate\_min}$ )를 초기값( $I_{rate\_min0}$ )으로 설정하고, 이어서 초기 전류율 단위( $I_{rate\_min0}=0.001$ )로 설정하고, 샘플링 순번[i=0(zero)]으로 설정한다.

[0190] 이어서, 스텝(453)에 있어서, 샘플링 순번(0)에 있어서의 점등후 시간( $T_{on}[0]=0$ 초, 및 그 시간에 대응하는 기록 전류 제어율( $I_{rate\_a}=전류 제어율(I_{rate}[0])$ )으로 하는 파라미터 데이터 세트가 출력(기록)된다.

[0191] 이어서, 스텝(454)에 있어서 샘플링 순번(i)이 1만큼 증가한다. 이어서, 스텝(456)에 있어서, 전류 제어율( $I_{rate}[i]$ )이, 기록 전류 제어율( $I_{rate\_a}$ )로부터 전류율 단위( $I_{rate\_min}$ )[이 스텝에서는 전류율 단위가 초기 전류율 단위( $I_{rate\_min0}$ )이며, 그 값은 0.001]를 상회하여 증대하고 있는지의 여부가 판별된다. 이러한 경우에, 이어서, 스텝(457)에 있어서, 점등후 시간( $T_{on}[i]$ )에 있어서의 전류 제어율( $I_{rate}[i]$ )이 파라미터 데이터 세트로서 출력되어 기억 수단에 임시로 기억된다. 스텝(456)에 있어서, 전류 제어율( $I_{rate}[i]$ )의 증가분이 상기 전류율 단위

( $I_{rate\_min}$ ) 이하로 판별되었을 경우는 스텝(454)에 있어서 샘플링 순번(i)가 "1"만큼 증가하여 다시 스텝(456)에 서의 판별 처리가 이루어진다.

[0192] 스텝(457)에 있어서, 전류 제어율( $I_{rate}[i]$ )이 파라미터 작성용 데이터로서 출력되면, 이어서, 스텝(458)에 있어서 기록 전류 제어율( $I_{rate\_a}$ )=전류 제어율( $I_{rate}[i]$ )로 설정된다. 이어서, 스텝(459)에 있어서, 테이터[신호(S14)]의 입력이 완료되었는지의 여부가 판별된다. 이 신호(S14)는 예를 들면, 각 GaN계 반도체 레이저(LD1~LD7)가 정상 상태로 점등할 때까지, 또는 그후 약간 짧은 소정 시간동안 출력부(406)에 입력시키도록 전류 모니터링부(405)로부터의 출력이 제어된다. 스텝(454)~스텝(459)의 처리는 스텝(459)에 있어서 신호(S14)의 입력이 완료되었다고 판별될 때까지 반복된다.

[0193] 스텝(459)에 있어서 신호(S14)의 입력이 종료되었다고 판별되면, 이어서, 스텝(460)으로 처리가 진행된다. 스텝(460)에 있어서, 출력되어 상기 기억 수단에 기억된 파라미터 데이터 세트의 점수가 지정수 이하인지의 여부가 판별된다. 이러한 경우, 기억된 파라미터 데이터 세트, 즉 복수의 점등후 시간( $T_{on}$ )마다의 전류 제어율( $I_{rate}$ )이 ROM 등의 출력용 기억 수단에 기억된다.

[0194] 출력되어 기억 수단에 기억된 파라미터 데이터 세트의 점수가 지정수를 상회하고 있다고 판별되면 스텝(461)으로 처리가 진행된다. 스텝(461)에 있어서, 전류율 단위( $I_{rate\_min}$ )를  $I_{rate\_min0}=0.001$ 만큼 증대시키는 처리가 이루어지고, 처리는 스텝(452)으로 되돌아간다. 이러한 방식으로 처리가 수행됨으로써 전류율 단위( $I_{rate\_min}$ )가 지나치게 작아지는 것, 즉 파라미터의 증가가 지나치게 작아지는 것을 방지하여 파라미터수가 불필요하게 많아지는 것을 회피하게 된다.

[0195] 일반적으로는, 상기 파라미터가 많을수록 광출력 안정화의 효과는 높아진다. 그러나, 파라미터의 수가가 지나치게 많으면, 이것을 기억하기 위해서 대용량의 메모리가 필요하게 되고, 시스템이 복잡해진다. 또한, 다수의 파라미터를 처리하기 위해서 긴 시간이 필요하게 된다.

[0196] 상기 파라미터는 이상 설명한 방법 이외의 방법에 의해 작성하는 것도 가능하다. 이하, 파라미터를 작성하는 다른 방법의 일례를 설명한다. 이 경우, 복수의 반도체 레이저는 정격 출력으로 발광하게 되는 정격 전류값으로 구동된다. 이때의 전출력을 광검출기로 모니터링한다. 구동 개시로부터의 경과 시간이 모니터링되고, 이 시간에 있어서의 광출력 변화가 모니터링되어 기록된다. 이어서, 측정된 광출력 변화와 모니터링된 반도체 레이저의 평균 구동 전류-광출력 과정, 및 열적 영향의 보정 계수에 의거하여 일정 출력을 얻기 위한 구동 전류의 최적 비율이 산출된다. 이후, 구동 개시로부터의 경과 시간에 대한 산출된 비율이 파라미터로서 지정된다.

[0197] 상기 실시형태에 있어서, 복수의 반도체 레이저의 각각으로부터 출사된 레이저빔이 합파될 경우에는 반도체 레이저의 구동 전류를 변화시키는 스텝을 시간적 지연을 두고 행하는 것이 바람직하다. 이 경우, 합파되기 전의 반도체 레이저 각각에 있어서의 적은 광출력 변동이 상쇄되어서 합파 레이저빔의 광출력 변화가 부드러워질 수 있다. 즉, 상기 지연이 없을 때의 합파 레이저빔의 광출력이 도 22에 예시하는 바와 같을 경우, 지연을 둠으로써 합파 레이저빔의 광출력은, 도 23에 도시된 바와 같이, 부드러운 모양이 될 수 있다.

[0198] 상기 실시형태는 복수의 반도체 레이저를 구동하는 경우에 대한 것이다. 대안으로서, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 단일 반도체 레이저를 구동하는 경우에도 적용 가능하다. 또한, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법은 광 파이버에 의한 합파를 행하지 않고 복수의 반도체 레이저가 구동되는 경우에 적용될 수 있다.

[0199] 또한, 본 발명에 의한 반도체 레이저의 구동 방법을 실시할 때에 반도체 레이저 소등시의 구동 전류는 0mA가 아닌 발진 역치 전류보다 조금 낮은 전류가 될 수 있다. 예를 들면, 발진 역치 전류가 35mA인 반도체 레이저에는 30mA 정도의 전류가 소등시에 공급될 수 있다. 이에 따라, 반도체 레이저의 소등시와 점등시의 온도 차이를 감소시키고, ACC 구동 방법이 실행되는 경우의 출력 변동을 작게 할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0078] 도 1은 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 화상 노광 장치의 외관을 나타내는 사시도이다.

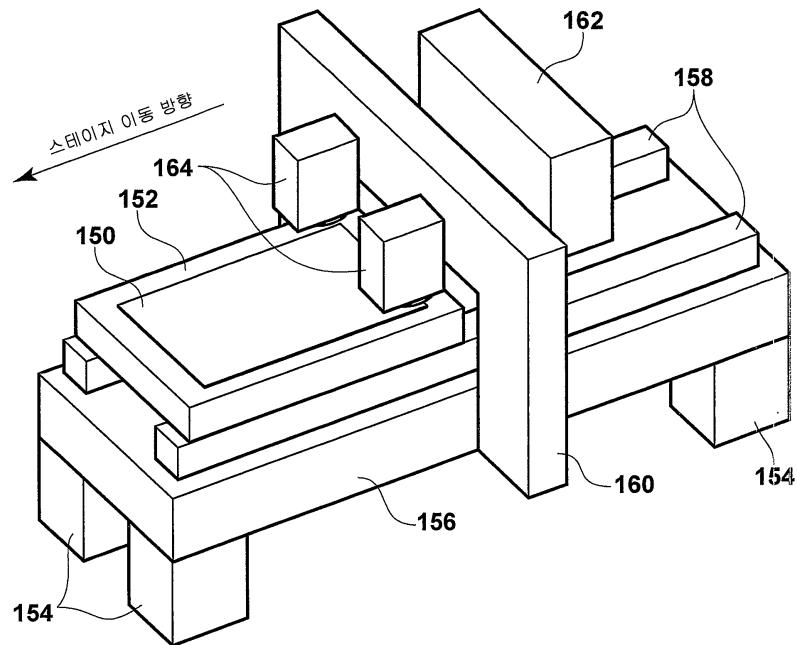
[0079] 도 2는 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 화상 노광 장치의 스캐너의 구성을 나타내는 사시도이다.

[0080] 도 3(A)는 감광 재료에 형성되는 노광 완료 영역을 나타내는 평면도이다.

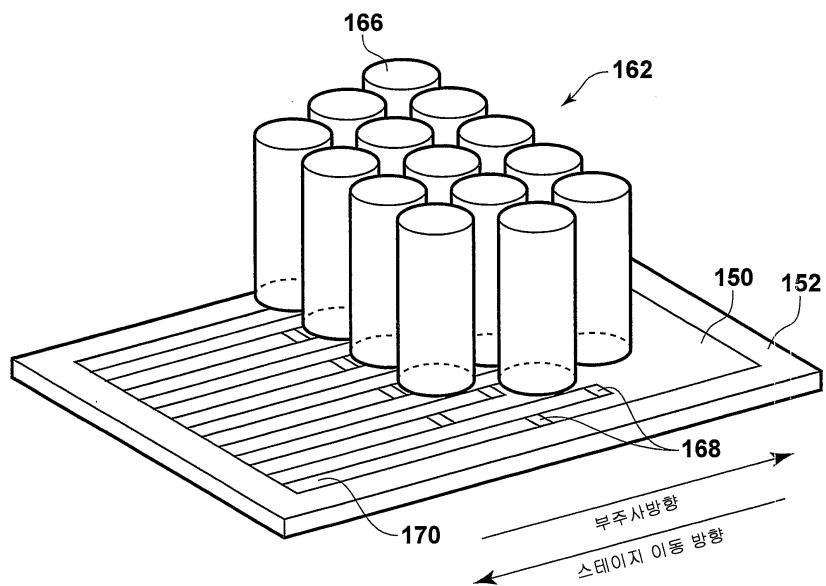
- [0081] 도 3(B)는 각 노광 헤드에 의해 노광된 노광 에어리어의 배열을 나타내는 도면이다.
- [0082] 도 4는 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 화상 노광 장치의 노광 헤드의 개략 구성을 나타내는 사시도이다.
- [0083] 도 5는 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 화상 노광 장치의 노광 헤드의 단면도이다.
- [0084] 도 6은 디지털 마이크로 미러 디바이스(DMD)의 구성을 나타내는 부분 확대 도이다.
- [0085] 도 7(A)는 DMD의 동작을 설명하기 위한 설명도이다.
- [0086] 도 7(B)는 DMD의 동작을 설명하기 위한 설명도이다.
- [0087] 도 8(A)는 DMD를 기울여서 배치하지 않는 경우에 노광빔의 주사 궤적을 나타내는 평면도이다.
- [0088] 도 8(B)는 DMD를 기울여서 배치하는 경우에 노광빔의 주사 궤적을 나타내는 평면도이다.
- [0089] 도 9(A)는 파이버 어레이 광원의 구성을 나타내는 사시도이다.
- [0090] 도 9(B)는 파이버 어레이 광원의 레이저 출사부에 있어서의 발광점의 배열을 나타내는 정면도이다.
- [0091] 도 10은 멀티모드 광 파이버의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0092] 도 11은 합파 레이저 광원의 구성을 나타내는 평면도이다.
- [0093] 도 12는 레이저 모듈의 구성을 나타내는 평면도이다.
- [0094] 도 13은 도 12에 도시된 레이저 모듈의 측면도이다.
- [0095] 도 14는 도 12에 도시된 레이저 모듈의 부분 정면도이다.
- [0096] 도 15는 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 화상 노광 장치의 전기적 구성을 나타내는 블록도이다.
- [0097] 도 16(A)는 DMD의 사용 영역의 예를 나타내는 도면이다.
- [0098] 도 16(B)는 DMD의 사용 영역의 예를 나타내는 도면이다.
- [0099] 도 17은 종래 방법으로 구동된 반도체 레이저의 광출력 변화 특성을 나타내는 그래프이다.
- [0100] 도 18은 본 발명의 방법으로 구동된 반도체 레이저의 광출력 변화 특성을 나타내는 그래프이다.
- [0101] 도 19는 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 반도체 레이저 구동 전류 패턴의 도출 장치의 개략 구성을 나타내는 블록도이다.
- [0102] 도 20은 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 반도체 레이저 구동 전류 패턴의 도출 장치에 의해 수행되는 처리를 나타내는 플로우차트이다.
- [0103] 도 21은 본 발명의 구동 방법이 적용된 레이저 장치의 다른 예를 나타내는 사시도이다.
- [0104] 도 22는 본 발명의 방법으로 구동된 반도체 레이저의 광출력 변화 특성의 일례를 나타내는 그래프이다.
- [0105] 도 23은 본 발명의 방법으로 구동된 반도체 레이저의 광출력 변화 특성의 다른 예를 나타내는 그래프이다.

도면

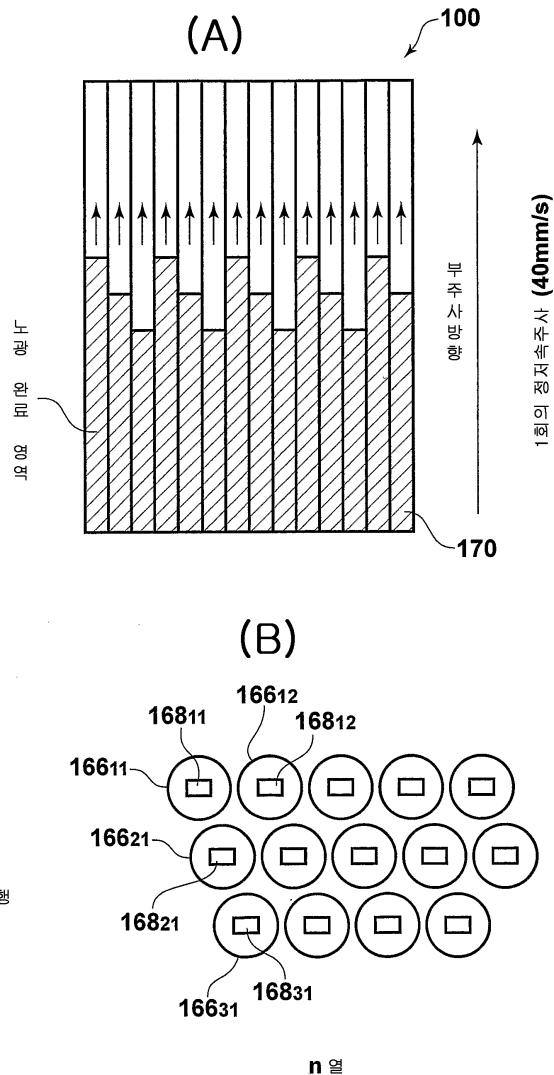
도면1



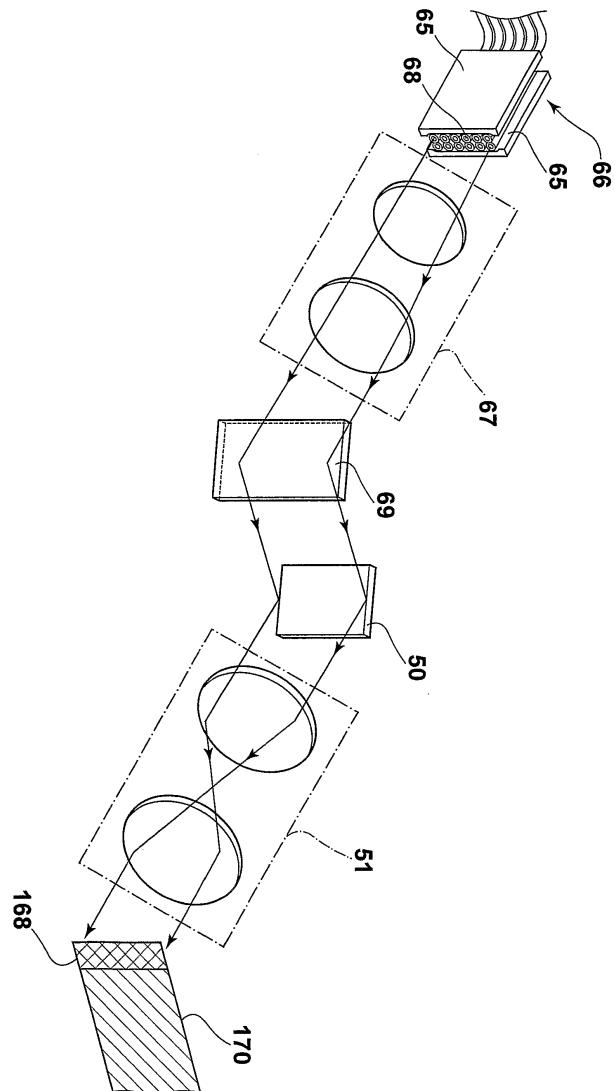
도면2



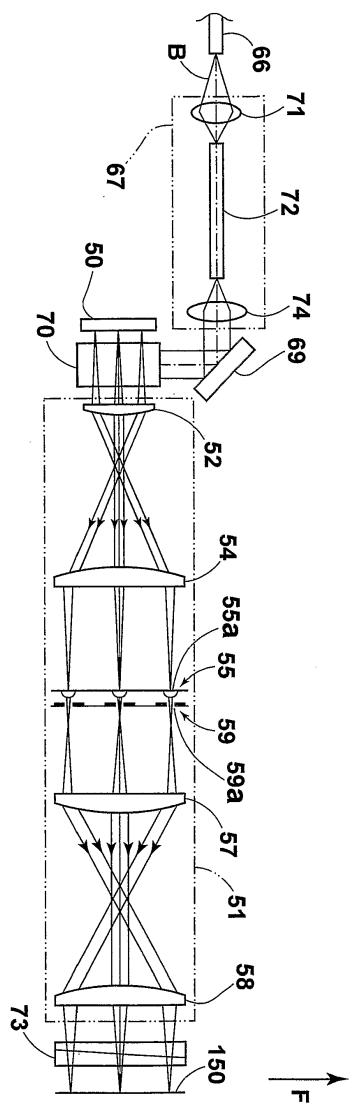
도면3



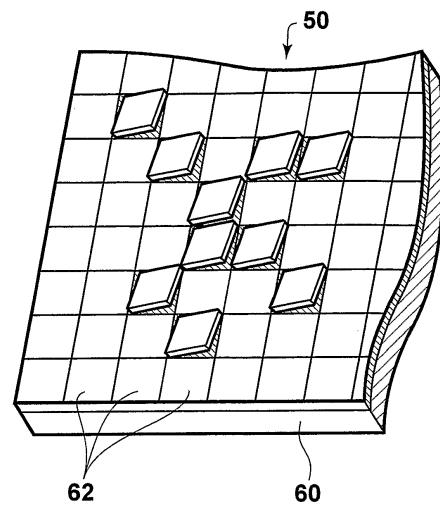
도면4



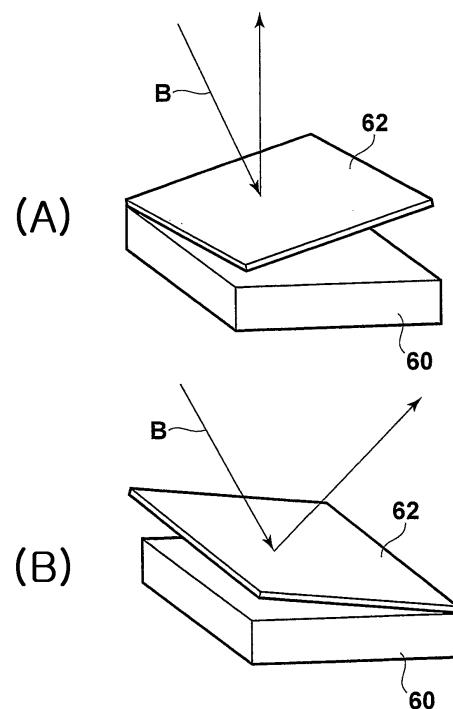
도면5



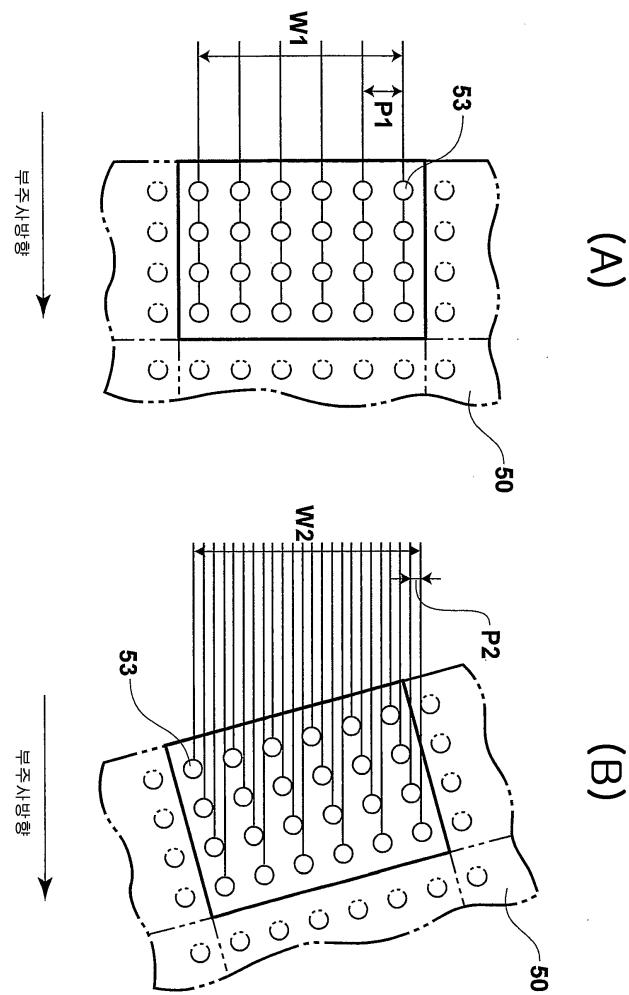
도면6



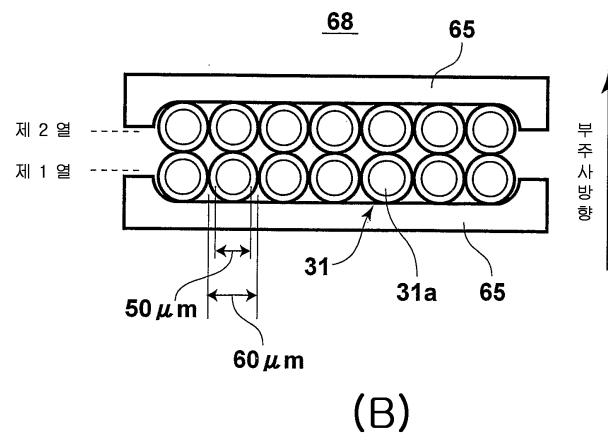
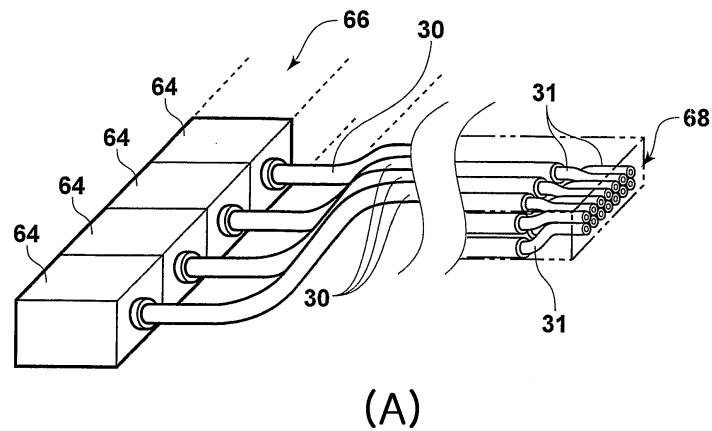
도면7



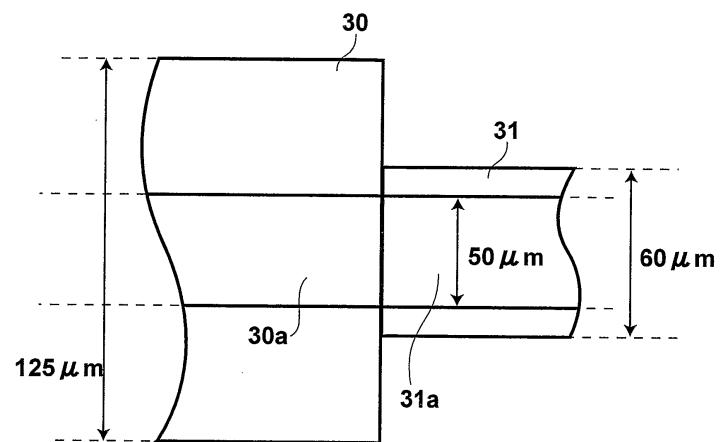
도면8



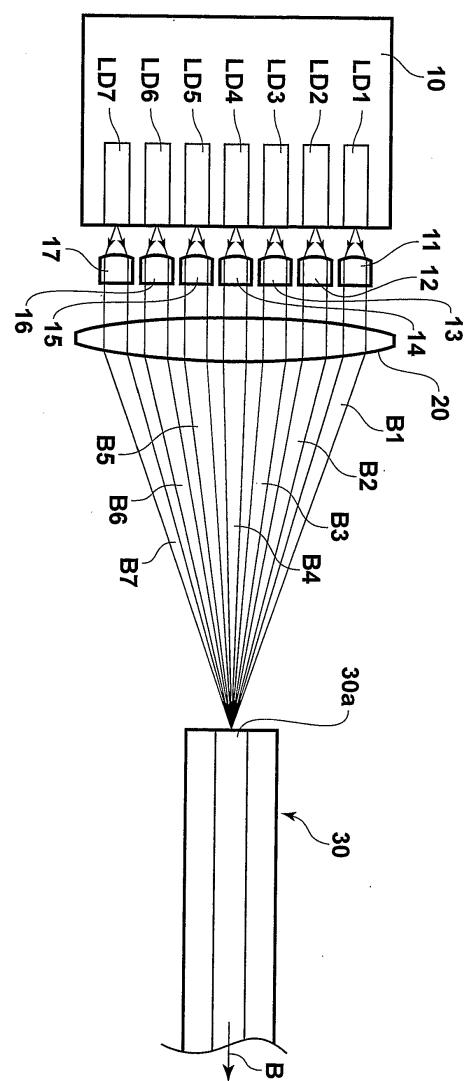
도면9



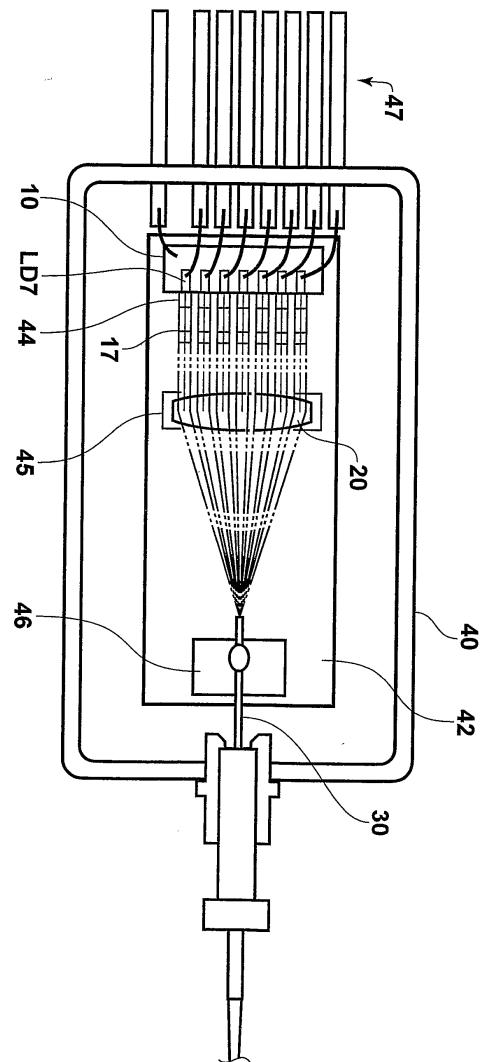
도면10



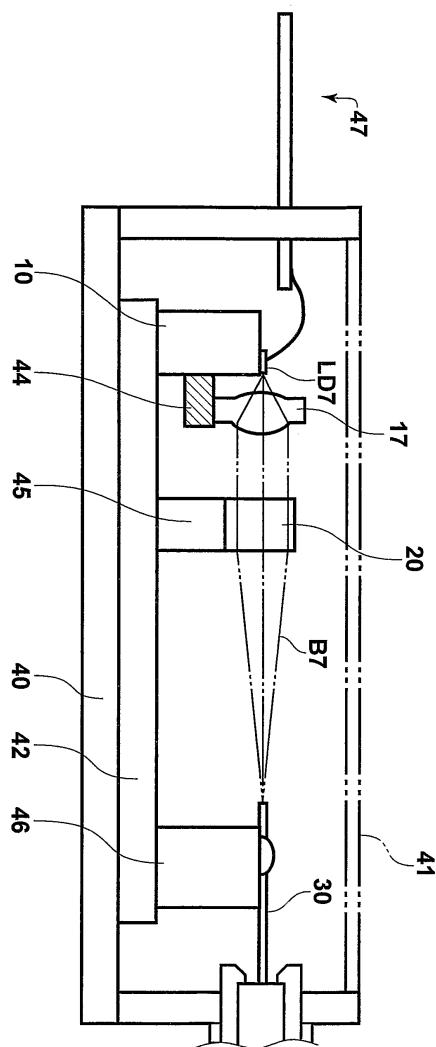
도면11



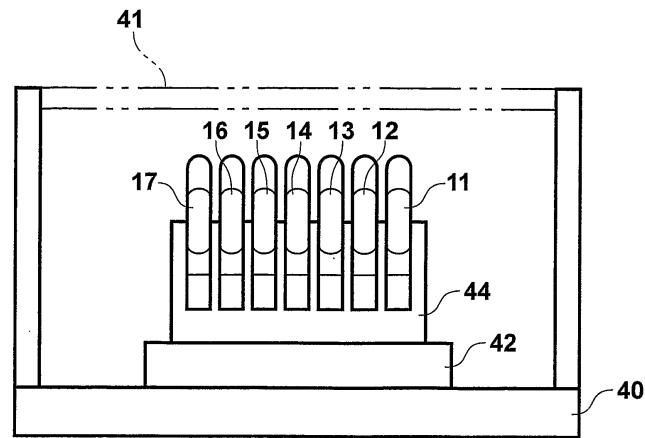
도면12



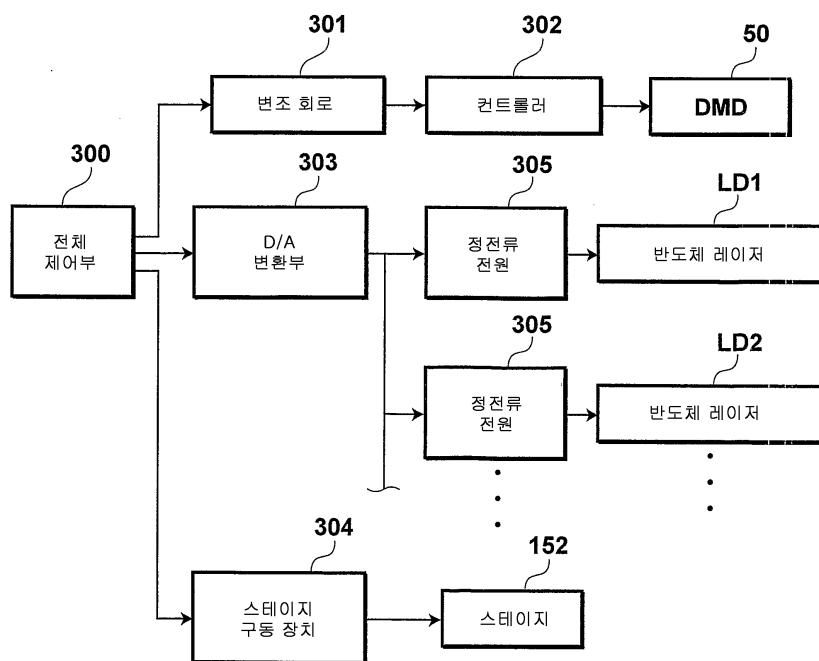
도면13



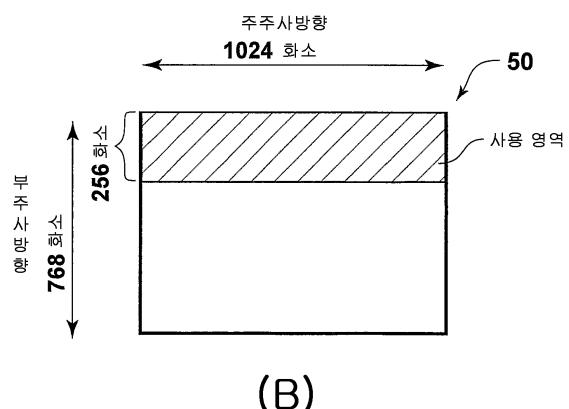
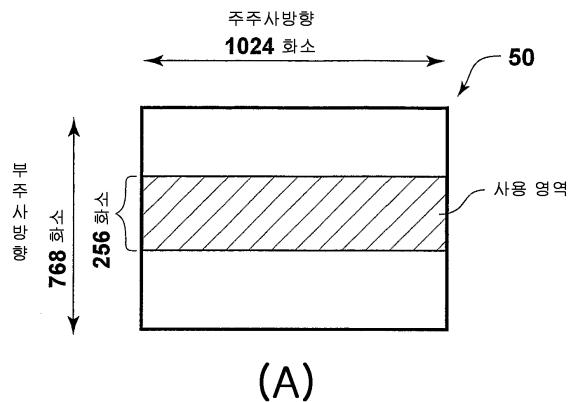
도면14



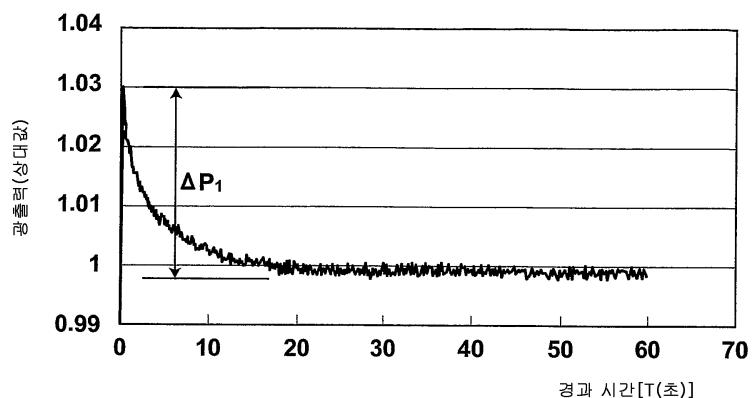
도면15



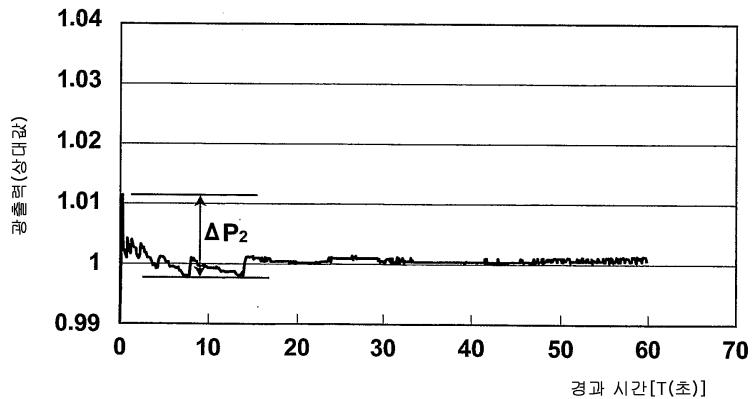
도면16



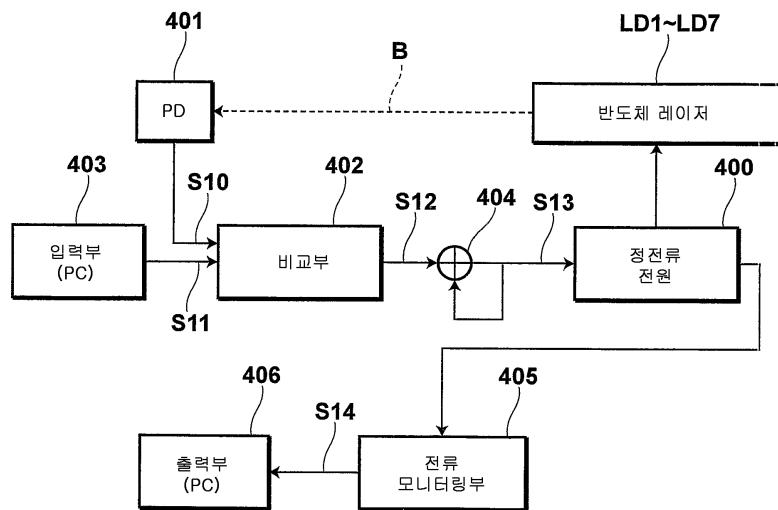
도면17



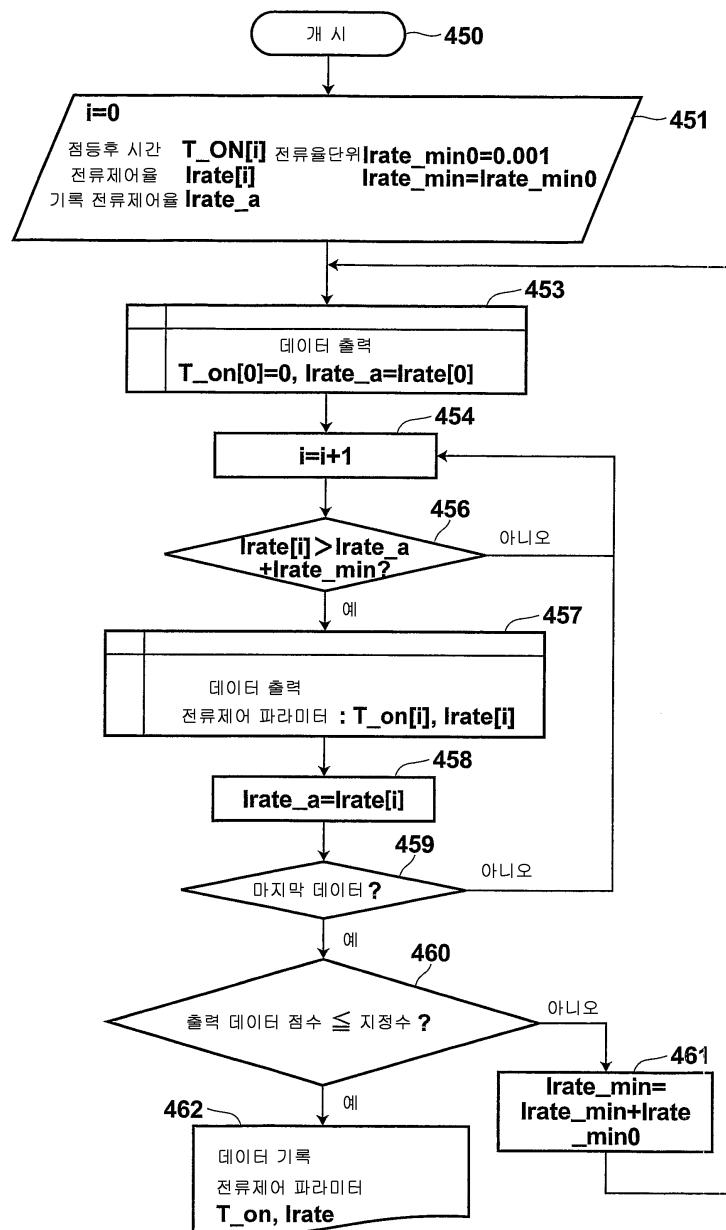
도면18



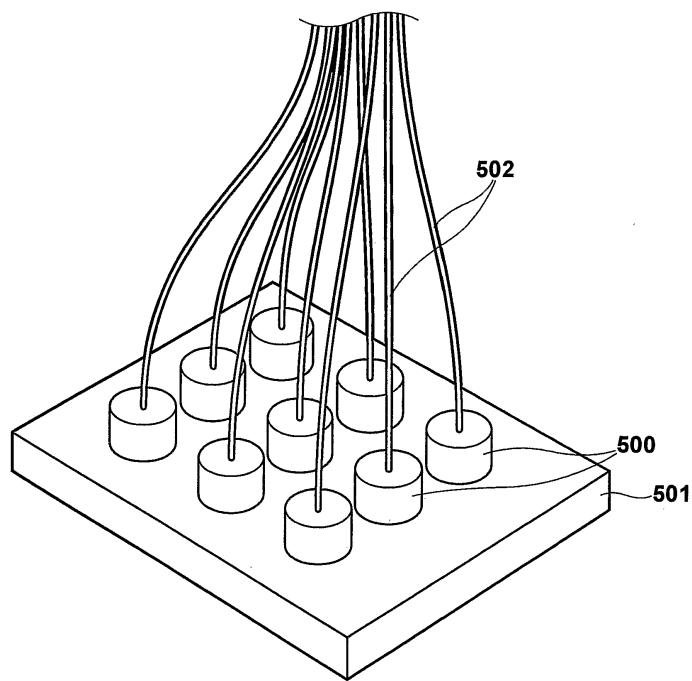
도면19



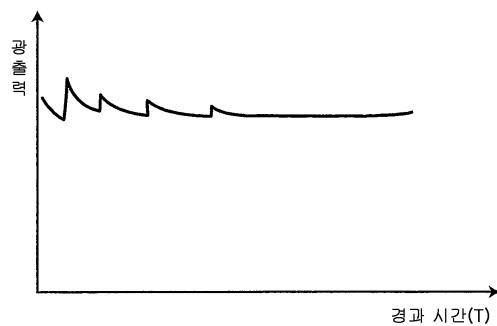
## 도면20



도면21



도면22



도면23

