(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
*G02B 26/06* (2006.01)
*G02B 5/08* (2006.01)
*G11B 7/125* (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0038120
(43) 공개일자 2007년04월09일

(21) 출원번호 10-2007-7001878
(22) 출원일자 2007년01월25일
심사청구일자 없음
번역문 제출일자 2007년01월25일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2005/013934
국제출원일자 2005년07월29일
(87) 국제공개번호 WO 2006/011594
국제공개일자 2006년02월02일

(30) 우선권주장 JP-P-2004-00223018 2004년07월30일 일본(JP)
JP-P-2004-00319123 2004년11월02일 일본(JP)
JP-P-2005-00129576 2005년04월27일 일본(JP)

(71) 출원인 소니 가부시끼 가이샤
일본국 도쿄도 미나토쿠 코난 1-7-1

(72) 발명자 아오키 스나오
일본국 도쿄도 시나가와쿠 키타시나가와 6쵸메 7반 35고 소니가부시끼 가이샤내
미우라 다카히로
일본국 도쿄도 시나가와쿠 키타시나가와 6쵸메 7반 35고 소니가부시끼 가이샤내
야마다 마사히로
일본국 도쿄도 시나가와쿠 키타시나가와 6쵸메 7반 35고 소니가부시끼 가이샤내

(74) 대리인 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 25 항

# (54) 변형 가능한 미러 장치 및 변형 가능한 미러판

(57) 요약

본 발명은, 광디스크의 기록층을 덮는 커버층의 두께의 차이에 기인하는 구면수차(球面收差)를 보정하는 변형 가능한 미러(mirror) 장치 및 변형 가능한 미러판에 관한 것이며, 미러면(3)이 형성된 가요성(可撓性) 부재(2)에 동심원형으로 철부(凸部)를 형성하여 강도 분포 패턴(2a)을 형성한다. 상부 전극(8)과 하부 전극(9)은 구동 회로(10)로부터 전압 인가에 따라 정전기력(靜電氣力)에 의한 흡인력이 생기고, 제2 공간(7)이 축소된만큼 제1 공간(5)이 팽창하여 미러면을 철형(凸形)으로 변형시킨다. 이 때, 가요성 부재(2)의 강도 분포 패턴(2a)의 형성 패턴에 따라 미러면의 형상을 구면 수차를 보정할 수 있

는 원하는 형상으로 변형시킨다. 미러면을 변형시키기 위한 구동 액츄에이터(10)는 1개로 할 수 있고, 구성이나 제어가 간단하고 쉽다. 또한, 강도 분포 패턴(2a)의 형성 패턴에 따라서는 미러면의 형상을 단계적으로 소정 형상으로 변형시킬 수 있어, 광디스크 3층 이상의 각 기록층에 대하여 구면 수차 보정을 행할 수 있다.

대표도

도 2

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

표면에 미러(mirror)면이 형성되고, 각각 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 변형 태양(aspect)에 대한 상태가 상이하게 된 부분이 형성된 가요성(可撓性) 부재와,

상기 가요성 부재에 대하여 구동력을 인가하여 상기 미러면의 형상을 변형시키는 구동 수단

을 구비한 변형 가능한 미러 장치.

### 청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 가요성 부재는 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분으로서, 단면 형상이 상이하게 된 부분이 형성된 것에 의해 소정의 강도 분포가 부여되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

### 청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 가요성 부재는 그 단면 형상이 최외주부의 두께가 가장 두껍고, 또한 상기 미러면의 중심으로부터 외주 방향에 걸쳐서는 두께가 계단형으로 얇아지도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

### 청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 가요성 부재는 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분으로서, 단면 형상이 상이하게 된 부분이 형성된 것에 의해 소정의 강도 분포가 부여되어 있고,

상기 구동 수단은 상기 가요성 부재의 상기 미러면과는 반대측의 면에 대하여 필요한 압력을 인가함으로써 상기 미러면을 변형시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

### 청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 가요성 부재는 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분으로서, 단면 형상이 상이하게 된 부분이 형성된 것에 의해 소정의 강도 분포가 부여되어 있고,

상기 구동 수단은 상기 가요성 부재의 상기 미러면과는 반대측의 면에 대하여 기체 또는 액체에 의한 압력을 인가함으로써 상기 미러면을 변형시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 6.

제5항에 있어서,

상기 구동 수단은, 2개의 밀폐된 공간으로서, 상기 가요성 부재의 상기 미러면과는 반대측의 면에 접하도록 하여 형성된 제1 공간과, 상기 제1 공간과 유로(流路)를 통하여 연결된 제2 공간에 대하여, 상기 제2 공간에 설치된 2개의 대향하는 전극 사이에서 발생하는 정전기력(靜電氣力)에 의한 흡인력에 의해 상기 제2 공간을 축소시킴으로써 상기 제1 공간의 압력을 상승시키고, 상기 제1 공간에 주어진 압력을 상기 가요성 부재에 대하여 인가하도록 구성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 7.

제5항에 있어서,

상기 구동 수단은, 2개의 밀폐된 공간으로서, 상기 가요성 부재의 상기 미러면과는 반대측의 면에 접하도록 하여 형성된 제1 공간과, 상기 제1 공간과 유로(流路)를 통하여 연결된 제2 공간에 대하여, 상기 제2 공간에 설치된 압전 소자의 신축력에 의해 상기 제2 공간을 축소/팽창시킴으로써, 상기 제1 공간의 압력을 변화시키고, 상기 제1 공간에 주어진 압력을 상기 가요성 부재에 대하여 인가하도록 구성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 8.

제1항에 있어서,

상기 가요성 부재는 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분으로서, 단면 형상이 상이하게 된 부분이 형성된 것에 의해 소정의 강도 분포가 부여되어 있고,

상기 구동 수단은 상기 가요성 부재에 대하여 전자력에 의한 상기 구동력을 인가하여 상기 미러면을 변형시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 9.

제8항에 있어서,

상기 구동 수단은, 상기 가요성 부재의 상기 미러면과는 반대측의 면에 대하여 고착된 코일 홀더를 가지는 보이스 코일 모터를 구비하고, 상기 보이스 코일 모터를 구동하여 상기 코일 홀더에 의해 상기 가요성 부재에 대하여 직접적으로 가압력/인압력(引壓力)을 인가함으로써, 상기 미러면을 변형시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 10.

제8항에 있어서,

상기 구동 수단은, 외주부에 구동 코일이 권취되는 동시에 중심부가 고정된 상기 가요성 부재에 대하여, 상기 구동 코일에 구동 전류를 흐르게 함으로써 발생하는 전자력에 의해 상기 가요성 부재의 외주부에 대하여 가압력/인압력을 인가함으로써, 상기 미러면을 변형시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 11.

제1항에 있어서,

상기 구동 수단은, 상기 가요성 부재의 상기 미러면과는 반대측의 면에 대하여 형성된 상부 전극과, 상기 상부 전극과는 대향하는 위치에 설치된 하부 전극에 대하여 구동 전압을 인가함으로써, 이들 전극 간에 정전기력에 의한 흡인력을 발생시키고, 상기 흡인력을 상기 가요성 부재에 대하여 인가하도록 하여 상기 미러면을 변형시키도록 구성되고,

상기 가요성 부재는 상기 상부 전극 또는 상기 하부 전극이 각각 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 형성된 것에 의해, 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 12.

제1항에 있어서,

상기 구동 수단은 압전(壓電) 소자로 된 상기 가요성 부재에 대하여 구동 전압을 인가하여 상기 가요성 부재를 신축시킴으로써 상기 미러면을 변형시키도록 구성되고,

압전 소자로서의 상기 가요성 부재는 각각 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 분극 반전((分極反轉)이 행해진 부분이 형성되어, 신축 방향이 상이한 영역이 내재(內在)된 것에 의해, 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 13.

제1항에 있어서,

입사광을 180도 반사하도록 설치되는 것으로 되고, 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분은 각각 동일한 중심을 가지는 동심원형(同心圓形)으로 형성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 14.

제1항에 있어서,

입사광을 90도 반사하도록 설치되는 것으로 되고, 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분은 각각 동일한 중심을 가지는 타원 형상에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 15.

제1항에 있어서,

상기 가요성 부재는, 상기 상태가 상이하게 된 부분이 상기 원의 형상에 의해 형성되는 경우에는 상기 동일한 중심을 가지는 원의 형상에 의해, 또한 상기 상태가 상이하게 된 부분이 상기 타원 형상에 의해 형성되는 경우에는 상기 동일한 중심을 가지는 타원 형상에 의해 소정 위치에 대하여 단면의 두께가 가장 얇아지도록 하여 형성된 얇은 부분이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 16.

제1항에 있어서,

상기 미러면은 상기 가요성 부재의 일부에만 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 17.

제1항에 있어서,

상기 미러면은 상기 가요성 부재의 배면에 대해서도 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러 장치.

## 청구항 18.

각각 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분이 형성된 가요성 부재와,

상기 가요성 부재의 표면에 형성된 미러면

을 구비한 변형 가능한 미러판.

## 청구항 19.

제18항에 있어서,

상기 가요성 부재는 상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분으로서, 단면 형상이 상이하게 된 부분이 형성된 것에 의해 소정의 강도 분포가 부여되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러판.

## 청구항 20.

제18항에 있어서,

상기 가요성 부재는 그 단면 형상이 최외주부의 두께가 가장 두껍고, 또한 상기 미러면의 중심으로부터 외주 방향에 걸쳐서는 두께가 계단형으로 얇아지도록 구성된 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러판.

## 청구항 21.

제18항에 있어서,

상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분은 각각 동일한 중심을 갖는 동심원형으로 형성되는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러판.

## 청구항 22.

제18항에 있어서,

상기 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분은 각각 동일한 중심을 가지는 타원 형상에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러판.

## 청구항 23.

제18항에 있어서,

상기 가요성 부재는, 상기 상태가 상이하게 된 부분이 상기 원의 형상에 의해 형성되는 경우에는 상기 동일한 중심을 가지는 원의 형상에 의해, 상기 상태가 상이하게 된 부분이 상기 타원 형상에 의해 형성되는 경우에는 상기 동일한 중심을 가지는 타원 형상에 의해, 소정 위치에 대하여 단면의 두께가 가장 얇아지도록 하여 형성된 얇은 부분이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러판.

## 청구항 24.

제18항에 있어서,

상기 미러면은 상기 가요성 부재의 일부에만 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러판.

## 청구항 25.

제18항에 있어서,

상기 미러면은 상기 가요성 부재의 배면에 대해서도 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 변형 가능한 미러판.

명세서

### 기술분야

본 발명은, 미러(mirror)면의 변형이 가능한, 변형 가능한 미러 장치 및 변형 가능한 미러판에 관한 것이다.

본 출원은, 일본국에 있어서 2004년 7월 30일자에 출원된 일본국 특허 출원 2004-223018, 2004년 11월 2일자에 출원된 일본국 특허 출원 2004-319123, 및 2005년 4월 27일자에 출원된 일본국 특허 출원 2005-129576를 기초로 하여 우선권을 주장하는 것이며, 이들 출원은 원용에 의해 본 출원에 포함된다.

### 배경기술

정보 기록 매체로서의 광디스크에 대하여 정보 신호의 기록 및 또는 재생을 행하는 광디스크 장치에서는, 광원으로부터 출사된 레이저광을 대물 렌즈에 의해 집광하여 광디스크의 신호 기록층에 조사(照射)함으로써, 정보 신호의 기록 재생을 행하도록 하고 있다. 이와 같이 대물 렌즈를 통하여 레이저광을 조사하는 경우, 광디스크의 기록층을 덮어 형성되는 커버층의 두께, 즉 광디스크에 대하여 레이저광이 입사되는 기록면으로부터 기록층에 이르는 거리에 의해 구면수차(球面收差)가 생기는 것이 알려져 있다. 즉, 대물 렌즈를 포함하는 광디스크 장치의 광학계는, 사용하는 광디스크에 형성되는 커버층의 두께에 따라 구면 수차가 최소로 되도록 설계되어 있으므로, 커버층의 두께가 상정값(想定値)과 다른 경우에는 구면 수차가 생기게 된다.

이로부터, 종래부터 광디스크에 형성되는 커버층의 두께에 불균일이 있는 경우에는, 구면 수차가 생기는 것이 알려져 있다. 또, 최근에는, 광디스크의 고기록 밀도화를 도모하기 위해 기록층을 다층화하고 있는 것이 있다. 이 종류의 광디스크는, 레이저광의 입사면 측으로부터 각 기록층에 이르는 두께가 상이한 것으로 되어, 기준으로 되는 기록층 이외의 기록층의 기록 재생시에는 구면 수차가 생기게 된다. 구면 수차가 생기는 경우, 신호 기록층에 조사된 레이저광의 결상(結像) 성능이 열화되어, 정보 신호의 기록 재생 특성이 열화되어 버린다. 그러므로, 광디스크에 형성되는 커버층의 두께에 기인하는 구면 수차를 보정하는 수단이 필요하다.

종래, 이와 같은 광디스크에 형성되는 커버층의 두께의 차에 기인하여 생기는 구면 수차의 보정을 도모하는 수단으로서, 광학계가 구비하는 미러의 면 형상을 변형시켜 행하도록 한 것이 있다. 예를 들면, 일본국 특개평 5-151591호 공보에 개시된 변형 가능한 미러는, 표면에 미러면을 형성한 변형 플레이트와, 이 변형 플레이트의 배면 측의 수개소를 가압하는 압전(壓電) 액츄에이터를 구비하고, 각 압전 액츄에이터에 인가하는 전압을 변화시킴으로써 미러면을 변형시켜 구면 수차를 보정하도록 하고 있었다.

또, 일본국 특개평 9-152505호 공보에 개시되는 변형 가능한 미러는, 미러면을 표면에 형성한 가요성 부재의 하부에 소정 형상의 참조면을 형성하고, 참조면에 대하여 가요성 부재를 흡착하거나, 또는 그 흡착을 해제하도록 하여, 2개의 원하는 형상을 얻도록 하고 있다. 즉, 참조면의 형상으로서 흡착되었을 때의 미러면의 형상이 구면 수차를 보정할 수 있는 형상으로 되도록 설정해 둠으로써, 구면 수차의 보정을 가능하게 하고 있다.

전술한 변형 가능한 미러 중 압전 액츄에이터를 구비한 예에서는, 미러면을 소정의 형상을 얻는데 있어서, 복수개의 압전 액츄에이터가 필요하고, 구성이 복잡하고, 복수개의 압전 액츄에이터를 구동 제어하기 위한 제어 회로의 규모도 대형화되어 버린다.

예를 들면, 최근의 고기록 밀도화가 도모된 광디스크에 대하여 정보 신호의 기록 재생을 행하는 경우, 이 광디스크의 신호 기록면에 집광되는 레이저광의 빔 직경은 예를 들면, 4mm 정도로 되어 있고, 이 범위 내에서 복수개의 압전 액츄에이터를 구성하는 것은 매우 곤란한 것으로 된다.

또, 전술한 참조면을 설치한 변형 가능한 미러에서는, 미러면을 소정의 형상을 얻기 위해 복수개의 압전 액츄에이터를 사용할 필요가 없기 때문에, 제어 회로의 소형화를 도모할 수 있지만, 미러면의 변형은, 가요성 부재의 흡착 또는 개방의 2가지 형태 밖에 얻을 수 없다. 이와 같은 구성의 변형 가능한 미러를 사용한 광학계에서는, 신호 기록층이 3층 이상 형성된 광디스크에 대하여 유효하게 구면 수차 보정을 행할 수 없게 되어 버린다.

## 발명의 상세한 설명

그래서, 본 발명은, 종래의 기술이 가지는 문제점을 해소할 수 있는 신규한 변형 가능한 미러 장치 및 변형 가능한 미러판을 제공하는 것을 목적으로 하는 것이다.

본 발명이 적용된 변형 가능한 미러 장치는, 표면에 미러면이 형성되는 동시에, 각각 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 변형 태양(aspect)에 대한 상태가 상이하게 된 부분이 형성된 가요성(可撓性) 부재와, 가요성 부재에 대하여 구동력을 인가하여, 미러면의 형상을 변형시키는 구동 수단을 구비한다.

또, 본 발명이 적용된 변형 가능한 미러판은, 각각 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분이 형성된 가요성 부재와, 가요성 부재의 표면에 형성된 미러면을 구비하고 있다.

전술한 바와 같이, 미러면이 형성되는 가요성 부재가, 부분적으로 변형 태양에 대하여 상태가 상이하게 됨으로써, 가요성 부재에 대한 일정한 구동력의 인가에 대하여, 그와 같은 상태가 상이하게 된 부분에 있어서는 다른 부분과는 상이한 변형 태양을 얻을 수 있다. 이로부터, 이와 같은 상태가 상이한 부분을 형성하는 패턴에 의해서는, 가요성 부재에 대한 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라 원하는 변형 형상을 얻을 수 있도록 할 수 있다. 이와 같이 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라, 가요성 부재로서 원하는 변형 형상을 얻을 수 있고, 종래의 변형 가능한 미러와 같이, 복수개의 압전 액츄에이터를 설치하여 부분적으로 상이한 구동력을 인가한다는 복잡한 구성을 사용하지 않고 가요성 부재를 원하는 형상으로 변형시킬 수 있다.

또, 가요성 부재의 원하는 변형 상태가 상이한 부분의 형성 패턴에 의해서는, 인가되는 구동력의 레벨에 따라 단계적으로 원하는 변형 형상을 얻을 수 있도록 하는 것도 가능해진다. 이와 같이, 구동력의 레벨에 따라 가요성 부재로서 단계적으로 원하는 형상을 얻을 수 있고, 예를 들면, 참조면에 흡착시켜 원하는 변형 형상을 얻는 경우와는 달리, 미러면의 변형 형상은 2종 이상을 얻을 수 있다.

본 발명을 채용함으로써, 미러면이 형성된 가요성 부재에 대한 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라 가요성 부재로서 원하는 변형 형상을 얻을 수 있으므로, 종래의 변형 가능한 미러와 같이 복수개의 압전 액츄에이터를 설치하여 부분적으로 상이한 구동력을 인가한다는 복잡한 구성을 사용하지 않고, 가요성 부재를 원하는 형상으로 변형시킬 수 있다. 이에 의하면, 변형 가능한 미러 장치로서 회로 규모의 대형화를 방지할 수 있고, 또 복수개의 압전 액츄에이터가 불필요하게 됨으로써, 복수개의 압전 액츄에이터를 구동 제어하기 위한 제어 회로도 필요하지 않게 할 수 있다.

또, 본 발명에 의하면, 가요성 부재는, 인가되는 구동력의 레벨에 따라 단계적으로 원하는 변형 형상으로 되므로, 미러면의 변형 형상은 2종 이상으로 할 수 있고, 신호 기록층이 3층 이상의 광디스크에 대해서도, 광학계의 설계 기준으로 되는 신호 기록층 이외의 모든 신호 기록층에 대하여 유효하게 구면 수차의 보정을 행할 수 있다.

또한, 본 발명에서는, 가요성 부재에서의 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분을, 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 형성함으로써, 레이저광을 180도 반사하도록 된 경우와 90도 반사하도록 된 경우의 각각의 변화에 대응하여, 구면 수차 보정을 양호하게 행할 수 있는 변형 가능한 미러 장치를 실현할 수 있다. 이와 같이 상태가 상이하게 된 부분을 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 형성함으로써, 구동력이 인가되었을 때 응력이 집중되는 부분이 생기는 것을 방지할 수 있고, 이로써, 변형에 따른 가요성 부재의 분열이나 피로 파괴의 발생을 효과적으로 방지할 수 있다.

본 발명의 또다른 목적, 본 발명에 의해 얻어지는 구체적인 이점은, 이하에 있어서 도면을 참조하여 설명되는 실시예로부터 보다 명백해질 것이다.

## 실시예

이하, 본 발명 실시예를 도면을 참조하여 설명한다.

먼저, 도 1을 참조하여, 본 발명에 관한 변형 가능한 미러 장치용 있을 수 있는 광디스크 장치의 광학계를 설명한다.

본 발명이 적용되는 광디스크 장치는, 도 1에 나타낸 바와 같이, 정보 기록 매체로서 광디스크(80)를 사용한다. 이 광디스크 장치에 사용되는 광디스크(80)는, 정보 신호의 기록 또는 재생에 파장을 405nm로 하는 레이저광을 사용하는 것으로서, 이른바 블루 레이 디스크(Blu-ray Disc) 등의 고기록 밀도의 광디스크이며, 이 광디스크(80)에 레이저광을 집광시키기 위한 대물 렌즈(71)로서 개구율(NA)을 0.85로 하는 것이 사용된다.

여기서 사용되는 광디스크(80)는, 도 1에 나타낸 바와 같이, 예를 들면, 3개의 신호 기록층이 적층되도록 설치되어 있다. 이 광디스크(80)는, 레이저광이 입사되는 입사면 측인 기록면으로부터 가장 가까운 위치에 제1 기록층(81)이 형성되어 있다. 이 경우, 기록면으로부터 제1 기록층(81)까지의 간격은, 예를 들면, 0.075mm로 되어 있다. 즉, 기록면으로부터 제1 기록층(81)에 이르는 커버층의 두께는, 0.075mm로 되어 있다.

그리고, 이 제1 기록층(81)으로부터 소정 간격마다, 제2 기록층(82), 제3 기록층(83)이 형성되어 있다. 이들 제1 기록층(81), 제2 기록층(82), 제3 기록층(83)의 각 기록층의 간격은, 예를 들면 25㎛로 되어 있다. 따라서, 제2 기록층(82)의 커버층의 두께는 0.100mm, 제3 기록층(83)의 커버층의 두께는 0.125mm로 되어 있다.

이와 같은 광디스크(80)로부터 정보 신호를 판독하거나, 또는 정보 신호의 기록을 행하기 위한 광학계는, 예를 들면, 도 1에 나타낸 바와 같이, 대물 렌즈(71), 편광 빔스플리터(72), 1/4 파장판(73), 변형 가능한 미러 장치(1)(20, 30, 40, 45, 50), 반도체 레이저 LD, 그레이팅(74), 빔스플리터 BS, 콜리메이터 렌즈 CL, 멀티 렌즈(76), 디텍터(77), 프론트 모니터(78)를 구비한다.

이 광학계에 있어서, 반도체 레이저 LD로부터 사출된 레이저광은, 그레이팅(74), 콜리메이터 렌즈 CL를 통하여 빔스플리터 BS에 입사한다. 빔스플리터 BS에 입사된 레이저광의 일부는, 레이저 출력을 모니터하기 위해 설치된 프론트 모니터(78)에 입사된다.

또, 빔스플리터 BS에 의해 반사된 레이저광은, 콜리메이터 렌즈 CL를 투과하여 편광 빔스플리터(72)에 입사한다. 편광 빔스플리터(72)는, 레이저광의 S 편광 성분을 반사하고 P 편광 성분을 투과하도록 구성된다. 따라서, S 편광으로서 입사한 레이저광은, 이 편광 빔스플릭터(72)에 의해 반사되어 1/4 파장판(73)에 입사한다. 그리고, 1/4 파장판(73)을 투과함으로써 원편광으로 변환된다. 1/4 파장판(73)에 의해 원편광으로 된 레이저광은, 본 발명에 관한 변형 가능한 미러 장치(1)(20, 30, 40, 45, 50)의 미러면에 의해 반사된다. 이 반사광은, 다시 1/4 파장판(73)을 투과함으로써 P 편광으로 변환되고, 이에 의해 편광 빔스플리터(72)에 있어서는 반사되지 않고, 대물 렌즈(71)에 입사하게 된다.

대물 렌즈(71)는, 2축 액츄에이터(도시하지 않음)에 의해, 적어도 그 광축과 평행한 광디스크(80)에 대하여 접근 및 이간되는 방향으로 변위 가능하게 지지되고, 편광 빔스플리터(72)로부터의 입사광을 제1 기록층(81), 제2 기록층(82), 제3 기록층(83)의 어딘가에 선택적으로 합초(合焦)한다.

한편, 광디스크(80)의 기록층에 의해 반사된 반사광은, 대물 렌즈(71), 편광 빔스플리터(72)를 투과하여 1/4 파장판(73)에 입사된다. 그리고, 1/4 파장반(73)을 투과한 반사광은, 원편광으로 변환되고, 변형 가능한 미러 장치에 의해 반사됨으로써 다시 1/4 파장판(73)에 입사한다. 입사한 원편광으로 밤반사광은, 1/4 파장판(73)을 투과함으로써 S 편광으로 변환되고, 이로써, 편광 빔스플리터(72)에 있어서 반사되어, 콜리메이터 렌즈 CL에 입사된다.

콜리메이터 렌즈 CL를 투과한 광디스크(80)로부터의 반사광의 일부는, 빔스플리터 BS를 투과하고, 멀티 렌즈(76)를 통하여 디텍터(77)에 입사되어 검출된다. 디텍터(77)에 의해 검출된 반사광은, 전기 신호로 변환되고 각종의 정보 얻어진다.

그런데, 전술한 바와 같이 하여 광디스크(80)에 복수개의 기록층이 형성되는 경우, 광디스크 장치의 광학계로서는, 예를 들면, 레이저광이 입사되는 면인 기록면에 가장 가까운 제1 기록층(81)에 입사된 레이저광이 합초할 때 구면 수차량이 최소로 되도록 설계되어 있다. 즉, 전술한 바와 같은 광디스크(80)를 사용하는 경우에는, 제1 기록층(81)을 덮는 커버층의 두께 0.075mm에 대응시켜 구면 수차량이 최소로 되도록 설계된다.

그러나, 전술한 바와 같이, 제2 기록층(82), 제3 기록층(83)으로 됨에 따라 레이저광의 입사면으로부터의 두께는 두꺼워지므로, 이들 제2 기록층(82), 제3 기록층(83)에 레이저광을 합초시켰을 때의 구면 수차량은 증대하는 경향으로 되어 버린다.

그래서, 본 발명에 있어서는, 이하의 각 실시예에 있어서 설명하는 바와 같이, 도 1에 나타낸 바와 같이 배치된 변형 가능한 미러 장치의 미러면을 변형시킴으로써, 레이저광을 조정하여 전술한 바와 같은 제2, 제3 기록층에 레이저광을 합초시켰을 때에 있어서의 구면 수차 보정이 가능하도록 한다.

<제1 실시예>

먼저, 본 발명에 관한 변형 가능한 미러 장치(1)의 제1 실시예를 도 2를 참조하여 설명한다. 이 변형 가능한 미러 장치(1)는, 단면 형상이 상이하게 된 부분이 형성되어 강도 분포 패턴이 주어진 것에 의해, 부분적으로 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 가요성 부재를 사용하여 미러면의 변형을 행하도록 한 것이다.

본 발명에 관한 변형 가능한 미러 장치(1)는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 적어도, 가요성 부재(2)와, 반사막(3)과, 기판(4)과, 상부 전극(8)과, 하부 전극(9)을 구비하고 있다. 이 미러 장치(1)를 구성하는 기판(4)에는, 제1 공간(5)과 제2 공간(7)을 각각 구성하기 위한 원형을 이루는 2개의 홈이 병렬로 형성되어 있다. 이들 홈에 의해 구성되는 제1 공간(5)과 제2 공간(7)은, 유로(流路)(6)에 의해 연결되어 있다.

그리고, 기판(4)에는, 제1 공간(5) 및 제2 공간(7)을 덮도록 하여 가요성 부재(2)가 접합된다. 여기서, 가요성 부재(2)는, 제1 공간(5)과 제2 공간(7)을 밀폐하도록 기판(4)에 접합된다. 이와 같이 밀폐된 제1 공간(5)과 제2 공간(7)에는, 기체 또는 액체가 충전되어 있다.

가요성 부재(2)는, 탄성변형 가능하며, 가요성을 가지는 재료에 의해 형성되어 있다. 이 가요성 부재(2)의 기판(4)과의 접합면과는 반대측의 면에는, 예를 들면, 알루미늄 등에 의한 반사막(3)이 성막되어 있다. 가요성 부재(2)의 한면에 성막된 반사막(3)은, 변형 가능한 미러 장치(1)의 미러면을 구성하고 있다.

그리고, 가요성 부재(2)로의 반사막(3)의 성막은, 예를 들면, 스퍼터링법 등에 의해 행해진다.

이하의 설명에서, 가요성 부재에 적어도 미러면이 형성된 것을, 변형 가능한 미러판이라고 한다.

그리고, 가요성 부재(2)의 제1 공간(5)과 대향하는 부분에는, 일정한 강도 분포가 부여된 강도 분포 패턴(2a)이 형성되어 있다.

여기서, 가요성 부재(2)에 형성된 강도 분포 패턴(2a)을 도 4를 참조하여 설명한다

강도 분포 패턴(2a)은, 가요성 부재(2)의 반사막(3)이 설치되는 면과는 반대측의 면에 형성되어 있다. 이 강도 분포 패턴(2a)은, 원형을 이루는 제1 공간(5)의 중심축 C를 중심으로 하여 복수개의 돌출형부를 동심원형으로 설치함으로써 구성되어 있다. 이와 같은 돌출형부를 형성함으로써, 가요성 부재(2)에는, 도 2에 나타낸 바와 같이 부분적으로 볼록해지는 장소가 형성된다. 가요성 부재(2)는, 이와 같이 볼록해지는 부분이 다른 부분과는 변형 태양을 다르게 하도록 한 강도 분포를 가지게 된다.

가요성 부재(2)는, 부분적으로 볼록해지는 부분이 형성되고, 일정한 강도 분포를 가지는 것에 의해, 후술하는 바와 같이 압력(구동력)이 인가된 경우, 미러면이 부분적으로 곡률을 달리하도록 형성된다. 이 가요성 부재(2)의 제2 공간(7)과 대향하는 면에는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 원형을 이루는 제2 공간(7)과 마찬가지로 원형을 이루는 상부 전극(8)이 설치되어 있다. 이 상부 전극(8)은, 가요성을 가지는 전극 재료에 의해 설치되어 있다. 그리고, 제2 공간(7)의 저면에는, 상부 전극(8)과 대향하도록, 원형의 하부 전극(9)이 설치되어 있다. 이들 상부 전극(8)과 하부 전극(9) 사이에는, 구동 회로(10)가 접속되고, 구동 전압이 인가된다.

전술한 바와 같이 구성된 변형 가능한 미러 장치(1)의 미러면의 변형 동작을 도 3을 참조하여 설명한다.

이 변형 가능한 미러 장치(1)에 설치된 반사막(3)에 의해 구성된 미러면을 변형되는에는, 구동 회로(10)로부터 상부 전극(8)과 하부 전극(9)로 사이에 구동 전압을 인가한다. 이와 같이 구동 전력이 인가되면 상부 전극(8)과 하부 전극(9) 사이에 정전기력에 의한 흡인력이 발생하고, 가요성 부재(2)의 상부 전극(8)이 형성된 부분이 기판(4) 측에 형성된 하부 전극(9) 측으로 흡인되도록 휨 변형된다.

이와 같은 변형에 따라 상부 전극(8)과 하부 전극(9)이 설치된 제2 공간(7)과 다른 쪽의 제1 공간(5) 사이에서는 압력차가 발생한다. 이들 제1 및 제2 공간(5,7)은 유로(6)에 의해 연결되어 있으므로, 제2 공간(7)에 의해 상승한 압력은, 유로(6)를 통하여 제1 공간(5) 내에 작용하고, 제1의 공간(5)을 밀폐하도록 설치된 가요성 부재(2)의 강도 분포 패턴(2a)이 형성된 면에 작용하고, 이 가요성 부재(2)를 반사막(3)이 형성된 면측이 볼록하게 되도록 변형시킨다.

여기서, 가요성 부재(2)에는, 전술한 바와 같이 제2 공간(7) 내의 압력의 변화에 따라 소정의 압력이 일정하게 인가되지만, 가요성 부재(2)에는 강도 분포 패턴(2a)이 형성되어 있으므로, 이 강도 분포 패턴(2a)에 따른 변형 형상이 발생한다. 즉, 가요성 부재(2)는, 일정하게 압력이 인가되면서 강도 분포 패턴(2a)의 형상에 따른 변형 형상을 얻을 수 있다.

그래서, 소정의 일정한 장력의 인가에 의해 변형되는 가요성 부재(2)의 변형 형상을, 강도 분포 패턴(2a)의 형상을 적당히 선택함으로써, 구면 수차를 보정할 수 있는 소정 형상으로 되도록 설정하는 것이 가능해진다. 즉, 미러면의 형상을 구면 수차 보정이 가능한 형상으로 변형시킬 수 있다.

또, 상부 전극(8)과 하부 전극(9) 사이에 생기는 흡인력은, 이들 상부 전극(8)과 하부 전극(9)에 인가하는 전압의 크기를 변화시킴으로써 가능해진다. 즉, 강도 분포 패턴(2a)이 형성된 면에 대하여 인가하는 압력은, 구동 회로(10)로부터 인가되는 구동 전압 레벨을 제어함으로써 단계적으로 변화시킬 수 있다.

그리고, 가요성 부재(2)에 형성되는 강도 분포 패턴(2a)을 적당히 선택함으로써 단계적으로 변화되는 인가 압력에 따라 단계적으로 상이한 소정의 변형 형상을 얻도록 하는 것도 가능해진다. 즉, 이와 같은 가요성 부재(2)의 구성에, 각 전극에 인가하는 구동 전압 레벨, 즉 가요성 부재(2)에 인가되는 압력 레벨에 따라, 적어도 무변형 상태, 제1 변형 상태, 제2 변형 상태의 3가지의 형상을 얻을 수 있다.

이 때, 단계적으로 변화되는 구동 전압 레벨(인가 압력)에 따라, 광디스크(2)의 각 기록층에서 발생하는 구면 수차를 보정하는데 필요한 미러면의 변형 형상을 얻을 수 있도록 강도 분포 패턴(2a)을 설정함으로써, 3층 이상의 기록층에 대하여 각각 유효하게 구면 수차를 보정할 수 있는 변형 가능한 미러 장치(1)를 실현할 수 있다.

전술한 변형 가능한 미러 장치(1)는, 가요성 부재(2)에 대하여 인가되는 소정의 일정한 구동력에 따라, 원하는 변형 형상을 얻을 수 있으므로, 구면 수차 보정이 가능해지는 미러면의 변형 형상을 얻는데 있어서, 예를 들면, 종래와 같이 가요성 부재의 복수개 개소를 복수개의 압전 액츄에이터에 의해 구동시키는 구성을 채용할 필요는 없어진다.

즉, 이 변형 가능한 미러 장치(1)에 있어서는, 미러면을 변형시키기 위해 필요한 구동 액츄에이터는, 상부 전극(8), 하부 전극(9)을 구동시키기 위한 구동 회로(10)의 1개만으로 할 수 있고, 구면 수차의 보정을 행하기 위한 제어는 이 구동 회로(10)의 제어만을 행하면 되고, 간단한 구성으로, 또한 단순한 제어에 의해 구면 수차 보정을 행할 수 있다.

전술한 바와 같이, 상부 전극(8)과 하부 전극(9)에 공급되는 전압 레벨이 단계적으로 변화되도록 구동 회로(10)의 제어를 행함으로써, 미러면의 변형 형상으로서 예를 들면 2종 이상을 얻는 것도 가능해지고, 이로써, 광디스크(80)에 형성된 제1 ~ 제3 기록층(81, 82, 83)과 같이 3층 이상의 기록층이 형성되는 경우에도, 각 층에서의 구면 수차의 보정에 필요한 미러면의 형상을 얻는 것이 가능해진다. 즉, 기록층이 3이상 형성되는 광디스크(2)에 대해서도, 광학계의 설계의 기준으로 된 기록층 이외의 다른 기록층에 있어서 유효하게 구면 수차 보정을 행하는 것이 가능해진다.

그리고, 전술한 바와 같이 미러면의 소정의 변형 형상을 얻기 위한 강도 분포 패턴(2a)은, 제2 공간(7)의 축소에 따라 가요성 부재(2)에 인가되는 압력에 따라 얻어지는 변형 형상을, 예를 들면, FEM(Finite Element Method: 유한 요소법) 시뮬레이션 툴 등을 사용하여 시뮬레이션 한 결과에 따라 설정할 수 있다.

다음에, 전술한 변형 가능한 미러 장치(1)의 제조 방법의 일례를 설명한다.

이 변형 가능한 미러 장치(1)를 제조하는 데는, 먼저, 도 5 (A)에 나타낸 바와 같이, 유리 기판(104a) 상의 소정 위치에 유로(6)로 되는 복수개의 홈을 형성한다. 이 유로(6)는, 유리 기판(104a) 상에 유로 가공용의 마스크 패턴을 형성하고, 그 후 에칭을 행함으로써 형성된다.

이와 같이, 소정 위치에 유로(6)가 형성된 유리 기판(104a)의 전체면에, 예를 들면, 알루미늄 등의 전극 재료를 성막하고, 소정 위치에 마스크 패턴을 형성한 후, 에칭에 의해, 도 5 (A)에 나타낸 바와 같은 하부 전극(9)을 형성한다. 그리고, 전극 재료의 성막은, 예를 들면, 스퍼터링법에 의해 행해진다.

이와 같이 유로(6)와 하부 전극(9)이 형성된 유리 기판(104a)에 대하여, 도 5 (B)에 나타낸 바와 같이 하여, Si 기판(104b)을, 예를 들면, 양극 접합법 등에 의해 접합한다. 이 때, Si 기판(104b)에는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 제1 공간(5), 제2 공간(7)이 형성되도록, 원형의 구멍 부분을 형성하여 둔다.

이들 유리 기판(104a)과 Si 기판(104b)이 결합된 것이, 도 2에 나타낸 기판(4)에 상당한다.

또, 도 5 (C)에 나타낸 바와 같이, 반사막(3)을 구비한 가요성 부재(2)를, Si 기판(104b) 상에 예를 들면, 양극 접합법에 따라 접합한다. 앞의 도 2를 참조하여 설명한 바와 같이, 가요성 부재(2)의 제1 공간(5)에 대향하는 부분에는, 강도 분포 패턴(2a)이 형성된다. 또, 가요성 부재(2)의 제2 공간(7)과 대향하는 부분에는 상부 전극(8)이 형성된다. 도시는 생략하였으나, 도 5 (C)에 나타낸 가요성 부재(2)에는, 미리, Si 기판(104b) 접합되었을 때, 원형의 제1 공간(5)의 중심축과 중심이 일치하도록 강도 분포 패턴(2a)이 형성되고, 마찬가지로 상부 전극(8)도, Si 기판(104b)에 접합되었을 때 제2 공간(7) 내에 위치하도록 형성된다.

그리고, 상부 전극(8)은, 하부 전극(9)과 마찬가지로, 예를 들면, 알루미늄 등의 전극 재료를 스퍼터링법 등에 의해 성막한 후, 에칭이 행해져 형성된다.

또, 반사막(3)은, 가요성 부재(2)에 대하여 알루미늄 등을 스퍼터링법 등에 의해 성막하여 형성된다.

그 후, 이와 같이 유리 기판(104a), Si 기판(104b), 반사막(3)을 구비한 가요성 부재(2)의 결합체를, 도 5 (C) 중 파선으로 나타낸 바와 같이 소정 치수에 의해 잘라냄으로써, 변형 가능한 미러 장치(1)를 얻을 수 있다.

전술한 바와 같이, 변형 가능한 미러 장치(1)는, 성막, 에칭, 접합이라는 반도체의 제조 분야에서 널리 사용되고 있는 제조 프로세스를 이용하여 제조할 수 있으므로, 고정밀도로, 또한 대량생산을 비교적 용이하게 행할 수 있다.

또, 반도체 제조 프로세스가 이용 가능해지므로, 변형 가능한 미러 장치(1)로서도 소형화가 가능해지고, 제조 비용도 비교적 저비용으로 억제할 수 있다.

<제2 실시예>

다음에, 본 발명의 제2 실시예를 도 6을 참조하여 설명한다. 이 제2 실시예에 관한 변형 가능한 미러 장치(20)는, 전술한 제1 실시예에서는 상부 전극(8)과 하부 전극(9) 사이의 흡인력에 의해 미러면을 변형시키기 위한 구동력을 얻도록 하고 있던 것을, 압전 소자(21)의 변형에 의해 이것을 얻도록 한 것이다.

그리고, 도 6에 나타낸 예에 있어서, 도 2에 나타낸 예와 공통 부분에는 공통의 부호를 부여하고, 상세한 설명은 생략한다.

이 변형 가능한 미러 장치(20)에 있어서, 가요성 부재(2)는, 도 6에 나타낸 바와 같이, 제1 공간(5)만을 덮도록 기판(4)과 접합된다. 그리고, 제2 공간(7) 측에는, 이 제2 공간(7)만을 덮도록 하여 탄성 도전판(22)이 기판(4)에 대하여 접합된다. 이 탄성 도전판(22)은, 가요성을 가지는 탄성체로서, 도전성을 가지는 재료를 사용하여 형성된다. 이들 기판(4)과 탄성 도전판(22)은, 제2 공간(7)을 밀폐하도록 접합된다.

여기서, 가요성 부재(2)는, 제1 공간(5)만을 덮도록 기판(4)에 접합했지만, 가요성 부재(2)로서 도전성을 가지는 것을 선정한 경우에는, 도 2에 나타낸 것과 마찬가지로 제1 공간(5)과 제2 공간(7) 양쪽을 덮도록 접합할 수 있다.

그리고, 탄성 도전판(22)의 제2 공간(7)과 대향하는 면과는 반대측의 면, 즉 미러면이 형성되는 면에는 압전 소자(21)가 고착된다. 이 압전 소자(21)는, 원형의 제2 공간(7)과 마찬가지의 원형으로 형성되고, 제2 공간(7)의 바로 위쪽에 위치하도록 고착된다.

그리고, 탄성 도전판(22)과 압전 소자(21)에는, 각각 구동 회로(10)로부터의 배선이 접속되고, 압전 소자(21)에 구동 전압이 인가된다.

이와 같이 구성된 변형 가능한 미러 장치(20)는, 구동 회로(10)로부터 압전 소자(21)에 전압을 인가하고, 압전 소자를 인가되는 전압의 극성에 따라 신축시킴으로써 미러면의 변형을 행한다. 즉, 압전 소자(21)가 신축됨으로써, 이 압전 소자(21)가 고착된 탄성 도전판(22)이 미러면 측으로 볼록해지는 방향, 또는 미러면과는 반대측으로 오목해지는 방향으로 모방하도록 하여 변형시킴으로써 미러면을 변형시킨다.

압전 소자(21)의 동작에 의해 탄성 도전판(22)이 미러면과는 반대측으로 오목해지는 방향으로 변형된 경우에는, 가요성 부재(2)의 강도 분포 패턴(2a)이 형성된 면을 미러면 측으로 밀어올리는 압력이 인가되고, 이로써, 미러면은 철(凸)방향으로 변형된다.

또, 탄성 도전판(22)이 미러면 측으로 볼록해지는 방향으로 변형된 경우에는, 제2 공간(7)은 확대되는 경향으로 되고, 가요성 부재(2)의 강도 분포 패턴(2a)을 형성한 면을 미러면과는 반대측으로 흡인하는 압력이 인가된다. 이 경우에 있어서 미러면은, 오목해지는 방향으로 변형된다.

이와 같이, 압전 소자(21)의 신축력에 따른 압력을 인가하는 구성으로 함으로써 요철(凹凸) 양 방향으로 변형시킬 수 있다. 이와 같이 미러면을 요(凹)방향으로 변형시키는 경우에도, 가요성 부재(2)에 형성되는 강도 분포 패턴(2a)은, 미러면과는 반대측으로 흡인하는 압력의 인가에 따라 소정의 변형 형상을 얻을 수 있도록 그 패턴을 설정함으로써, 구면 수차를 보정할 수 있는 형상으로 변형시킬 수 있다.

또한, 압전 소자(21)에 인가하는 전압 레벨을 변화시킴으로써, 강도 분포 패턴(2a)이 형성된 면에 인가되는 압력을 단계적으로 변화시킬 수 있고, 단계적으로 변화되는 각 압력 레벨에 따라 단계적으로 소정의 변형 형상을 얻을 수 있도록 강도 분포 패턴(2a)을 형성함으로써, 3개 이상의 기록층이 형성된 광디스크의 각 기록층에 대하여 유효하게 구면 수차 보정을 행할 수 있다.

이 변형 가능한 미러 장치(20)도, 도 5에 나타낸 제조 방법과 대략 마찬가지의 공정을 채용할 수 있어, 고정밀도로 대량생산이 가능하고, 또한 장치의 소형화, 저비용화를 도모할 수 있다.

<제3 실시예>

다음에, 본 발명의 제3 실시예를 도 7을 참조하여 설명한다. 이 제3 실시예에 관한 변형 가능한 미러 장치(30)는, 보이스 코일 모터를 사용하여 가요성 부재(2)의 강도 분포 패턴(2a)이 형성된 면을 직접적으로 압인(押引)하여 미러면을 변형시키도록 구성한 것이다.

이 미러 장치(30)는, 도 7에 나타낸 바와 같이, 기판(4)에 대하여 원형을 이루는 1개의 공간(37)만이 형성된다. 원형을 이루는 공간(37)의 중심축 C와, 동심원형으로 형성된 강도 분포 패턴(2a)의 중심이 일치하도록 하여, 가요성 부재(2)가 기판(4)과 접합되어 있다. 그리고, 공간(37) 내에는, 기판(4) 상에 장착된 보이스 코일 모터(31)가 배치되어 있다.

보이스 코일 모터(31)는, 원기둥형의 요크(32)가 그 중심축을 공간(37)의 중심축 C와 일치되어 기판(4) 상에 고정되어 있다. 원기둥형 요크(32)에는 플랜지부가 형성되고, 그 상부에 링형의 마그넷(34)이 장착되어 있다. 또한, 마그넷(34)과 동축에 링형의 요크(33)가 장착되어 있다.

그리고, 강도 분포 패턴(2a)의 중심 부분에 형성되는 철부(凸部)의 선단에는, 이 철부의 중심에 중심을 일치시키도록 하여 코일 홀더(36)가 장착되어 있다. 이 코일 홀더(36)에는, 강도 분포 패턴(2a)의 철부로의 장착 측과는 반대측의 선단부 측의 외주면에는, 구동 코일(35)이 권취된다.

이 구동 코일(35)은, 구동 회로(10)에 접속되고, 이 구동 회로(10)로부터 구동 전류가 공급된다.

그리고, 원기둥형 요크(32), 마그넷(34), 링형 요크(33)는, 구동 코일(35)에 구동 전류가 흐르게 되었을 때 코일 홀더(36)을 공간(37)의 중심축과 평행한 방향으로 이동시키는 구동력을 발생시키는 자로(磁路)가 형성되도록 구성되어 있다.

또, 기판(4)에는 유로(38)가 형성되어 있다. 이 유로(38)는, 기판(4)의 외부에 연통되어, 공간(37)과 외부의 통기구로서 기능한다.

전술한 바와 같이 구성된 변형 가능한 미러 장치(30)는, 구동 회로(10)로부터 구동 코일(35)에 전류를 공통(共通)시킴으로써 미러면의 변형을 행한다. 즉, 코일 홀더(36)에 권취된 구동 코일(35)에 공급되는 전류의 극성에 따라, 공간(37)의 중심축과 평행한 방향으로의 구동력이 발생한다. 이와 같이 코일 홀더(36)의 중심축과 평행한 방향으로의 구동력이 발생하면, 이 코일 홀더(36)가 장착된 가요성 부재(2)는, 강도 분포 패턴(2a)의 중심부가 코일 홀더(36)에 의해 직접 미러면 측으로 가압 또는 미러 측과는 반대측으로 끌여들여지고, 이에 추종하여 미러면이 요형(凹形) 또는 철형(凸形)으로 변형된다.

전술한 바와 같이, 가요성 부재(2)에 대하여, 보이스 코일 모터에 의한 가압력/인압력(引壓力)이 일정하게 인가된다. 이 경우도, 강도 분포 패턴(2a)을 형성한 가요성 부재(2)에 필요한 강도 분포를 부여하고 있으므로, 그 형성 패턴에 따라 일정한 구동력의 인가에 따라 원하는 변형 형상을 얻을 수 있다.

즉, 가요성 부재(2)에 형성되는 강도 분포 패턴(2a)로서 코일 홀더(36)에 의한 가압력/인압력의 인가에 따라 소정의 변형 형상을 얻을 수 있도록 패턴을 설정함으로써, 미러면을 구면 수차를 보정할 수 있는 형상으로 변형시킬 수 있다.

또, 구동 코일(35)에 공급하는 전류의 크기를 변화시킴으로써, 강도 분포 패턴(2a)이 형성된 면에 인가되는 압력을 단계적으로 변화시킬 수 있고, 단계적으로 변화하는 각 구동력 레벨에 따라 단계적으로 소정의 변형 형상을 얻을 수 있도록 강도 분포 패턴(2a)을 형성함으로써, 3개 이상의 기록층을 가지는 광디스크의 각 기록층에 대하여 유효하게 구면 수차 보정을 행할 수 있다.

또, 제3 실시예에서 사용되는 보이스 코일 모터(31)는, 구동 전류의 공급에 따른 코일 홀더(36)의 구동 리스폰스를 비교적 빠른 것으로 할 수 있고, 예를 들면, 수십kHz라는 비교적 고속의 구동이 가능하게 된다. 이에 의하면, 미러면의 변형의 응답성의 고속화가 가능해지고, 예를 들면, 광디스크의 일주 내의 커버층의 두께의 변화에 추종한 구면 수차 보정을 행하는 것이 가능한 변형 가능한 미러 장치를 제공할 수 있다.

예를 들면, 기록 재생용에 파장을 405nm의 광빔을 사용하는 이른바 블루 레이 디스크 등의 고밀도 기록을 가능하게 하는 고밀도 광디스크에서는, 광디스크의 평면 내에서의 커버층의 두께를 구면 수차를 무시할 수 있을 정도로 고정밀도 제조되어 있다. 고밀도 광디스크의 보급에 따라 이른바 조악(粗惡) 디스크라는 저정밀도의 디스크가 유통되도록 되었을 경우에는, 광디스크의 평면과 평행한 방향의 일주 내에서의 구면 수차량을 무시할 수 없을 만큼의 커버층의 두께 불균일이 생기는 것도 고려된다.

이와 같은 광디스크의 출현을 상정하면, 광디스크의 평면과 평행한 방향인 1주(周) 내에서 생기는 구면 수차를 보정하여 기록 재생 특성의 열화를 방지하는 것이 고려되지만, 최근의 고밀도 광디스크에서는, 기록 재생시의 디스크 회전 속도도 고속화되고 있으므로, 미러면의 변형 속도도 비교적 고속의 것으로 할 필요가 있다.

이로부터, 미러면의 변형 속도를 비교적 고속의 것으로 할 수 있는 제3 실시예의 변형 가능한 미러 장치(20)에, 광디스크의 평면과 평행한 방향인 1주 내에서의 커버층의 두께 불균일에 대응한 구면 수차 보정 동작을 유효하게 행하는 것이 가능해진다.

그리고, 광디스크의 평면과 평행한 방향인 1주 내에서의 커버층의 두께 불균일에 대응한 구면 수차 보정 동작을 유효하게 행하는 것이 가능해지면, 조악은 광디스크에 대해서도 기록 재생 특성의 열화를 방지할 수 있다. 이것은, 현상태보다 광디스크의 커버층의 두께 불균일의 허용 범위를 넓게 할 수 있어, 광디스크의 제조 비용의 삭감을 도모하는 것도 가능해진다.

그리고, 광디스크의 평면과 평행한 방향인 1주 내에서의 커버층의 두께의 변화에 대응한 구면 수차 보정이 가능한 변형 가능한 미러 장치(30)는, 전술한 예에 한정되는 것은 아니지만, 보이스 코일 모터(31)를 사용함으로써, 응답성을 빠르게 하기 위한 특별한 구성이나 설계가 불필요해지는 이점이 있다.

또, 전술한 변형 가능한 미러 장치(30)에 있어서, 도 7에 나타낸 유로(38)의 단면적이나 형상을 최적화함으로써, 보다 양호한 덤핑 특성을 얻을 수 있다.

<제4 실시예>

다음에, 본 발명의 제4 실시예를 도 8을 참조하여 설명한다. 이 제4 실시예에 관한 변형 가능한 미러 장치(40)은, 가요성 부재(2)에 단면 형상의 차이에 의한 강도 분포 패턴(2a)은 형성하지 않고, 상부 전극(41)을 부분적으로 배치하여 전극 패턴(41a)을 형성하였다. 그리고, 상부 전극(41)과 하부 전극(42) 사이에 발생하는 정전기력에 의한 흡인력을 이용하여 가요성 부재(2)를 직접적으로 변형시키도록 구성한 것이다.

여기서, 전극 패턴(41a)은, 도 2에 나타낸 강도 분포 패턴(2a)과 마찬가지로, 도 8에 나타낸 바와 같이, 공간(43)의 중심축 C를 중심으로 하여 동심원형으로 복수개의 상부 전극(4)을 가요성 부재(2)의 공간(43)과 대향하는 면에 형성함으로써 구성된다.

그리고, 전극 패턴(41a)을 구성하는 복수개의 상부 전극(41)과 대향하는 기판(4) 상에는, 원형상의 하부 전극(42)이 형성된다.

복수개의 상부 전극(41)의 각각과 하부 전극(42)에는 구동 회로(10)가 접속되어 있다. 이 경우에도 기판(4)에는, 공간(43)과 외부를 연통시키는 통기구로서 기능하는 유로(44)가 형성되어 있다.

이 변형 가능한 미러 장치(40)에 있어서 미러면의 변형을 행하는 데는, 구동 회로(10)로부터 상부 전극(41), 하부 전극(42)의 각각에 전압을 인가함으로써 행해진다. 상부 전극(41)과 하부 전극(42)에 전압이 인가됨으로써, 상부 전극(41)과 하부 전극(42) 사이에 정전기력에 의한 흡인력이 발생한다. 여기서, 복수개의 상부 전극(41)이 동심원형으로 배치되어 전극 패턴(41a)을 형성함으로써, 구동 전압의 인가에 따라 가요성 부재(2)의 상부 전극(41)이 설치된 부분에만, 상하 전극 사이의 흡인력이 작용하게 되어, 상부 전극(41)이 배치된 부분만 변형의 강도가 강해진다. 즉, 가요성 부재(2)는, 상부 전극(41)이 배치된 부분은, 다른 부분과는 변형 태양 상태가 상이하게 되어 있는 것이며, 상하 전극(41, 42) 사이에 전압이 인가된 경우, 미러면의 상부 전극(41)이 배치된 부분이, 다른 부분과는 변형 곡률이 상이하게 된다.

전술한 바와 같이 부분적으로 변형 태양에 대한 상태가 상이한 것에 의해, 가요성 부재(2)에 대하여 상부 전극(41)을 형성하는 패턴, 즉 전극 패턴(41a)의 형상에 따라 상부 전극(41)과 하부 전극(42)에 대하여 인가되는 일정한 구동 전압의 인가에 따라 원하는 변형 형상을 얻을 수 있다.

즉, 전극 패턴(41a)에 따라 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라 구면 수차 보정에 필요한 미러면의 변형 형상을 얻을 수 있고, 이로써, 가요성 부재(2)를 구동시키는 액츄에이터로서는 1개만으로 할 수 있다.

또, 구동 회로(10)에 의해 인가하는 전압 레벨을 변화시킴으로써, 가요성 부재(2)에 대한 흡인력(구동력)은 단계적으로 제어하는 것이 가능하며, 이와 같은 단계적으로 변화되는 구동 레벨에 따라 단계적으로 소정의 변형 형상을 얻을 수 있도록 상기 전극 패턴(41a)을 형성함으로써, 3이상의 기록층을 가지는 광디스크의 각 기록층에 대하여 유효하게 구면 수차 보정을 행할 수 있다.

또, 전극 패턴(42a)은, 도 9에 나타낸 바와 같이, 하부 전극(42) 측에 구성한 것이라도 된다. 즉, 도 9에 나타낸 변형 가능한 미러 장치(45)는, 도 8에 나타낸 변형 가능한 미러 장치(40)의 상부 전극(41)과 하부 전극(42)을 역전(逆轉)시키고, 하부 전극(42) 측에 전극 패턴(42a)을 형성한 것이다.

이 변형 가능한 미러 장치(45)에 있어서도, 상부 전극(41)과 하부 전극(42) 사이에서는, 하부 전극(42)이 배치된 부분에만 흡인력이 발생한다. 즉, 이 가요성 부재(2)는, 하부 전극(42)이 형성된 부분에 있어서, 부분적으로 변형 태양이 상이하게 되어 있는 것이며, 전극 패턴(42a)의 형성 패턴에 따라 가요성 부재(2)를 원하는 변형 형상으로 변화시킬 수 있다.

이와 같이, 하부 전극(42) 측에 전극 패턴(42a)을 구성한 변형 가능한 미러 장치(40)에 있어서도, 상하 전극(41, 42) 사이에 소정의 일정한 구동 전압을 인가함으로써, 전술한 도 8에 나타낸 변형 가능한 미러 장치(40)와 마찬가지의 흡인력의 발생 태양을 얻을 수 있으므로, 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라 원하는 변형 형상을 얻을 수 있다.

그리고, 전술한 변형 가능한 미러 장치(40, 45)에서는, 전극의 패터닝만에 의해 상태가 상이한 부분을 형성하는 예를 나타냈으나, 전술한 바와 같이, 가요성 부재(2)에 강도 분포 패턴(2a)을 형성한 데 더하여, 구동력의 인가 방법에 대하여만, 상부 전극(41)과 하부 전극(42) 사이에 전압을 인가하여 정전기력의 인가를 행하는 구성으로 하는 것도 가능하다.

<제5 실시예>

다음에, 본 발명의 제5 실시예를 도 10을 참조하여 설명한다. 이 제5 실시예에 관한 변형 가능한 미러 장치(50)는, 미러면이 형성되는 가요성 부재로서, 도 2에 나타낸 바와 같은 가요성 부재(2)에 대신하여 압전 소자(52)를 사용하고, 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라 원하는 변형 형상을 얻는데 있어서는, 압전 소자(52)에 분극(分極) 반전(反轉) 패턴(52a)을 형성하도록 한 것이다.

압전 소자(52)는, 원형의 공간(51)이 형성된 기판(4)에, 공간(51)을 덮도록 하여 접합된다. 압전 소자(52)의 기판(4)에 접합되는 측과는 반대측 면에는, 미러면 겸 전극(53)이 형성된다. 이 미러면 겸 전극(53)은, 미러면과 전극을 겸용할 수 있는 예를 들면, 알루미늄 등을 압전 소자(52)에 스퍼터링법 등에 의해 성막함으로써 형성된다.

또, 압전 소자(52)의 공간(51)과 대향하는 면에는, 동일하게 알루미늄 등의 전극 재료를 스퍼터링법 등에 의해 성막하여 하부 전극(54)이 형성되어 있다.

이들 미러면 겸 전극(53)과 하부 전극(54)은, 구동 회로(10)에 접속되고, 이들 전극(53, 54)을 통하여 압전 소자(52)에 구동 전압이 인가된다.

전술한 바와 같이 압전 소자(52)가 형성되는 분극 반전 패턴(52a)은, 도 2를 참조하여 설명한 강도 분포 패턴(2a)과 마찬가지로, 예를 들면, 원형의 공간(51)의 중심축 C를 중심으로 한 동심원형으로 형성된다.

여기서, 압전 소자(52)에 형성되는 분극 반전 패턴(52a)의 형성 프로세스를 도 11을 참조하여 설명한다.

먼저, 도 11 (A)에 나타낸 바와 같이, 압전 소자(52)의 재료로 되는 압전 단결정 재료(161)를 준비한다. 이 압전 단결정 재료(161)로서는, 예를 들면, $LiNbO_3$(니오브산 리튬)나, $LiTaO_3$(탄탈산 리튬) 등을 사용한다.

그리고, 도 11 (A) 중에 나타낸 파선 화살표 Y는 압전 단결정 재료(161)의 자발 분극 방향을 나타내고 있다.

그리고, 도 11 (B)에 나타낸 바와 같이, 압전 단결정 재료(161)에 대하여 전극의 패터닝을 행한다. 즉, 압전 단결정 재료(161)의 한쪽 면의 전체면에 대하여 전극(63)을 형성하고, 다른쪽 면에 있어서는 분극 반전을 행하려는 부분에 대응시켜 전극(62)을 형성한다.

그에 더하여, 도 11 (C)에 나타낸 바와 같이, 전극(62)에 대하여는 플러스 극성, 전극(63)에 대하여는 마이너스 극성의 전압을 인가함으로써, 압전 단결정 재료(161)의 자발 분극 방향과는 역방향으로 되는 전압을 인가한다.

이 분극 반전 처리를 행한 후에, 도 11 (D)에 나타낸 바와 같이, 압전 단결정 재료(161)에 대하여 소정 시간에 걸쳐 열처리를 행한다. 예를 들면, 약 900℃, 10시간의 열처리를 행한다. 이 열처리에 의해, 다음의 도 11 (E)에 나타낸 바와 같이, 분극 반전 처리에 의해 형성된 분극 반전 부분의 일부의 분극 방향이 반전된다. 즉, 이 부분의 분극 방향은 자발 분극 방향으로 되돌려져, 결과적으로 소자의 두께 방향의 약 반 정도가 다른 부분과는 분극 방향이 상이하게 된, 분극 반전 패턴(52a)이 형성된다.

이와 같이 분극 반전 패턴(52a)이 형성된 압전 소자(52)에서는, 부분적으로 분극 방향이 상이하게 되어, 신축 방향이 상이하게 된 부분이 내재(內在)된 것으로 된다. 즉, 부분적으로 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 되어 있다. 또, 미러면에 있어서는, 압전 소자(52)에 구동 전압이 인가된 경우에 부분적으로 변형 곡률이 상이하게 된다.

이와 같은 분극 반전 패턴(52a)에 있어서의, 신축 방향이 상이하게 된 부분의 형성 패턴에 따라 이 경우도 압전 소자(52)에 대하여 인가되는 구동 전압으로서의 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라 원하는 변형 형상을 얻는 것이 가능해진다. 이 경우도, 전술한 바와 같은 분극 반전 패턴(52a)에 의하면, 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라 구면 수차 보정에 필요한 미러면의 변형 형상을 얻을 수 있고, 이로써, 액츄에이터는 1개만으로 할 수 있다.

또, 이 경우도 구동 회로(10)에 의해 인가하는 전압 레벨을 변화시킴으로써, 가요성 부재(2)에 대한 구동력은 단계적으로 제어하는 것이 가능하며, 이와 같은 단계적으로 변화되는 구동력 레벨에 따라 단계적으로 소정의 변형 형상을 얻을 수 있도록 분극 반전 패턴(41a)을 형성함으로써, 3개 이상의 기록층을 가지는 광디스크(2)의 각 기록층에 대하여 유효하게 구면 수차 보정을 행할 수 있다.

그리고, 제4 및 제5 실시예의 변형 가능한 미러 장치(40, 50)에 있어서도, 구면 수차 보정이 가능한 미러면의 변형 형상을 얻는데 있어서의 전극 패턴(41a,42a) 및 분극 반전 패턴(52a)의 설정은 EFM 시뮬레이션 툴을 사용하여 설정하도록 하면 된다.

<제6 실시예>

전술한 제1 ~ 제5 실시예의 변형 가능한 미러 장치는, 도 1에 나타낸 바와 같이, 편광 빔스플리터(72)에 의해 반사된 레이저광이 입사되고, 이 레이저광을 180도 반사하여 광디스크(80)에 대하여 조사하도록 구성되어 있다. 이와 같은 광학계의 구성에서는, 광디스크(80)에 대하여, 레이저광을 직선 편광으로 밖에 조사할 수 있다는 제한이 있다.

여기서, 일반적으로 광학계의 설계에 있어서는, 광디스크(80)마다의 제특성의 불균일이 광학계에 주는 영향을 저감하고자 하는 등의 이유에서, 광디스크(80)에 대하여 레이저광을 원편광(圓偏光)의 상태로 조사하고자 하는 이유가 있다.

또, 이와 동시에, 반도체 레이저 LD로부터 조사되어 디텍터(77)에 의해 검출되기까지의 레이저광의 이용 효율을 고려하면 디텍터(77)에 대하여는 광디스크(80)로부터의 귀환광을 직선 편광에 의해 되돌리려는 이유도 있다.

이를 답습하고, 앞의 도 1에 의해 설명한 광학계에 있어서의 레이저광의 편광에 대하여 재차 고찰해 본다.

도 12 (A),(B)는, 도 1에 나타낸 광학계의 구성에 있어서의, 주로 레이저광의 편광에 대하여 설명하기 위한 도면이다. 그리고, 이 도면에서는, 도 1 중 파선에 의해 둘러싼 부분의 구성은 생략하여 나타내고 있다.

먼저, 도 12 (A)에 나타낸 「왕로(往路)」에 있어서, 도 1에서도 설명한 바와 같이 편광 빔스플리터(72)에는, 레이저광이 S 편광의 상태로 입사되도록 되어 있다. 편광 빔스플리터(72)는, 레이저광을 S 편광으로 반사함으로써, 레이저광은 1/4 파장판(73)을 투과한다. 레이저광은, 1/4 파장판(73)을 투과함으로써 원편광으로 변환되고, 변형 가능한 미러 장치에 의해 180도 반사된다.

반사된 원편광에 의한 레이저광은, 재차 1/4 파장판(73)을 투과함으로써, 이번에는 P 편광으로 변환된다. P 편광으로 변환된 레이저광은, 편광 빔스플리터(72)를 투과함으로써, 대물 렌즈(71)를 통하여 집광되어 광디스크(80)의 필요한 기록층에 합초한다.

또, 도 12 (B)에 나타낸 「복로(復路)」에 있어서, 광디스크(80)에 의해 반사된 P 편광의 귀환광은, 대물 렌즈(71), 편광 빔 스플릭터(72)를 투과하고, 1/4 파장판(73)을 투과함으로써 재차 원편광으로 변환된다. 그리고, 원편광으로 변환된 반사광은, 변형 가능한 미러 장치에 의해 180도 반사되어 재차 1/4 파장판(73)을 투과함으로써, 최후에는 S 편광으로 변환된다. 편광 빔스플리터(72)에서는, S 편광을 반사하므로, 반사광은 도 1에 나타낸 콜리메이터 렌즈 CL에 입사되고, 빔스플리터 BS를 투과하여 디텍터(77)에 안내되게 된다.

따라서, 도 12에 나타낸 예에서는, 디텍터(77)에 대하여는, 광디스크(80)로부터 반사된 귀환광을 S 편광에 되돌릴 수가 있다. 단, 광디스크(80)에 대하여는, 원편광이 아니고, 직선 편광의 P 편광 성분을 조사해야만 한다.

여기서, 광디스크(80)에 대하여 레이저광을 원편광에 의해 조사하는 것으로 한 경우에는, 도 13에 나타낸 바와 같이, 도 1에 나타낸 광학계의 구성에 대하여 1/4 파장판(73)을 또 1개 추가하는 것이 고려된다.

이 구성에, 이 도 13 (A)에 나타낸 「왕로」에서는, 도 12 (A)에서는 P 편광인 채 광디스크(80)에 조사되는 것이, 새롭게 추가된 1/4 파장판(73)에 의해 원편광으로 변환할 수 있고, 이로써, 광디스크(80)에 대하여는 레이저광을 원편광에 의해 조사할 수 있다.

이 경우, 도 13 (B)에 나타낸 「복로」에서는, 광디스크(80)로부터의 원편광에 의한 귀환광은, 추가된 1/4 파장판(73)에 의해 S 편광으로 변환되어 버린다. 즉, 이 S 편광에 의한 귀환광은 편광 빔스플리터(72)를 반사하여 광로(光路) 밖으로 안내되어 버려, 귀환광의 검출을 행할 수 없게 되어 버린다.

이와 같이, 변형 가능한 미러 장치에 의해 레이저광을 180도 반사시키도록 된 도 1의 광학계의 구성에 있어서는, 광의 이용 효율을 고려하여 디텍터(77)에 대하여 귀환광을 직선 편광에 의해 되돌리려고 하면, 광디스크(80)에는 원편광이 아니고 직선 편광으로 레이저광을 조사하지 않으면 안되고, 역으로 광디스크(80)에 원편광으로 조사시키려고 하면, 그 귀환광을 디텍터(77)에 정확하게 되돌릴 수 없게 되어 버린다.

즉, 결과적으로 도 1에 나타낸 광학계의 구성에 따라서는, 레이저광을 정확하게 디텍터(77)에 안내하기 위하여, 광디스크(80)에 대하여는 직선 편광(P 편광)에 의해 조사하고, 디텍터(77)에 대해서도 직선 편광(S 편광)에 의해 되돌리지 않으면 않되는 것으로 되어 있다.

광의 이용 효율은, 광디스크의 향후의 새로운 고기록 밀도화를 예상하면, 보다 높게 되는 쪽이 바람직하다고 할 수 있다. 따라서, 광디스크(80)로부터의 귀환광은, 전술한 바와 같이 직선 편광에 의해 되돌릴 수 있는 것이 향후의 고기록 밀도화에 따라보다 유리하다고 할 수 있다.

또, 이와 동시에, 광디스크(80)마다의 제특성의 불균일이 광학계에 주는 영향도 가능한 한 제거할 수 있는 것이 바람직하다. 따라서, 광디스크(80)에 대하여는 레이저광을 원편광에 의해 조사할 수 있는 것이 보다 바람직한 것으로 된다.

그래서, 이와 같은 광디스크(80)에 대한 조사광과 디텍터(77)로의 귀환광과의 조건을 만족시키는 광학계의 구성으로서는, 도 14에 나타낸 바와 같은 구성을 채용할 수 있다.

그리고, 이 도 14에 있어서, 도 1에 나타낸 부분 공통의 부분에는, 동일한 부호를 부여하여 상세한 설명은 생략한다.

먼저, 도 14에 나타낸 광학계에 있어서, 반도체 레이저 LD로부터 출사된 레이저광은 그레이팅(74), 콜리메이터 렌즈 CL1를 투과하여 편광 빔스플리터(75)에 입사한다. 편광 빔스플리터(75)에 입사한 레이저광의 일부는 반사되어, 프론트 모니터(78)에 입사한다.

그리고, 편광 빔스플리터(75)를 투과한 레이저광은, 도 14에 나타낸 바와 같이 반사면이 45도로 경사 설정된 이른바 기립 미러(45도 미러)로서의 변형 가능한 미러 장치(60, 70)에 입사한다. 이 기립 미러에 의해, 레이저광은 90도 반사되고, 1/4 파장판(73)과 대물 렌즈(71)를 통하여 광디스크(80)에 조사된다.

이 도 14에 나타낸 구성에 있어서는, 앞의 도 1에 나타낸 구성에서는 필요했던, 변형 가능한 미러 장치에 대하여 레이저광을 인도하기 위한 편광 빔스플리터(72)가 생략된 것으로 된다.

이와 같은 광학계의 구성에 의하면, 반도체 레이저 LD로부터 출사된 레이저광은, 직선 편광(P편광)에 의해 45도 미러에 의해 반사되어 1/4 파장판(73)에 입사된다.

그리고, 1/4 파장판(73)을 투과한 직선 편광 상태의 레이저광은 원편광으로 변환되고, 대물 렌즈(71)를 투과하여 광디스크(80)에 조사된다.

또한, 광디스크(80)에 의해 반사된 반사광은, 대물 렌즈(71)를 투과하여 재차 1/4 파장판(73)을 투과함으로써, 원편광으로부터 직선 편광(S 편광)으로 변환되고, 45도 미러에 의해 반사되어 편광 빔스플릭터(75)에 안내된다. 편광 빔스플리터(75)에서는 이 귀환광이 반사되어 디텍터(77) 방향으로 안내된다.

이같이 하여, 도 14에 나타낸 광학계에 의하면, 광디스크(80)에 대하여는 레이저광을 원편광에 의해 조사하는 동시에, 광디스크(80)로부터의 귀환광에 대하여는 디텍터(77)에 대하여 직선 편광에 의해 안내할 수 있다.

단, 이 도 14에 나타낸 바와 같은 광학계의 구성에 있어서, 45도 미러로서 구비된 변형 가능한 미러 장치에서는, 미러면에 있어서의 레이저광의 조사면(반사면)의 형상은, 도 15에 나타낸 바와 같은 타원 형상으로 된다. 즉, 도 14 중 Z축 방향으로부터 반사면을 본 경우에, 도 14 중 Y축 방향과 이것과 직교하는 방향을 X축 방향이라고 하면, 도 15 중 X축 방향과 Y축 방향의 직경의 비율이 대략 X:Y= 1:2로 되는 타원 형상으로 되는 것이다.

여기서, 앞의 도 1의 구성에 의한 광학계에 있어서는, 미러면에 대한 레이저광의 입사각은 90도로 되므로, 반사면의 형상은 당연한 것으로서 원형으로 된다. 그리고, 이에 대응시켜 지금까지의 실시예에서는, 상태가 상이하게 된 부분의 형성 패턴을 동심원형으로 하고 있었던 것이다.

이에 대하여, 도 14에 나타낸 광학계의 구성에 있어서는, 변형 가능한 미러 장치에서의 레이저광의 반사면의 형상은 상기와 같이 타원 형상으로 되므로, 지금까지의 실시예와 같이 원형의 패턴으로 한채로는, 구면 수차 보정을 양호하게 행할 수 없게 되어 버린다.

그래서, 본 발명에 있어서의 제6 실시예에서는, 변형 가능한 미러 장치를 이와 같은 기립 미러로서 사용하는 것을 상정하여, 상태가 상이하게 된 부분의 패턴을, 각각 동일한 중심을 가지는 타원 형상에 의해 형성하는 것으로 하고 있다.

도 16, 도 17을 참조하여, 제6 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치(60)에 대하여 구체적으로 설명한다.

그리고, 이들 도면에 있어서, 도 16은 변형 가능한 미러 장치(60)의 구성을 단면도에 의해 나타내고 있다. 또, 도 17 (A), (B)는, 변형 가능한 미러 장치(60)에 구비된 가요성 부재(2)의 구조에 대하여, 도 17 (A)에서는 앞의 도 14에 나타낸 Z축 방향에서 본 경우의 구조를 나타내고, 도 17 (B)에서는 단면 구조를 나타내고 있다.

먼저, 이 제6 실시예의 변형 가능한 미러 장치(60)에 구비된 가요성 부재(2)로서도, 도 17에 나타낸 바와 같이, 미러면으로 되어야할 면에 대하여 반사막(3)이 스퍼터법 등에 의해 성막되어 있다.

이 경우의 가요성 부재(2)로서는, 상기 미러면의 배면 측으로 되는 면에 있어서, 동일한 중심 C를 가지는 복수개의 타원부(2A, 2B, 2C, 2D)가 형성되어 있다. 이들 복수개의 타원부(2A)~(2D)는, 중심 C를 포함하도록 된 타원부(2A)가 가장 Z축 방향으로의 두께가 있고, 이어서, 외주측에 형성되는 타원부(2B), 또한 외주 측으로 되는 타원부(2C), 또한 외주측의 타원부(2D)로 됨에 따라 Z축 방향으로의 두께가 얇아지도록 되어 있다. 즉, 도 17 (B)에도 나타낸 바와 같이, 가요성 부재(2)의 단면 형상은, 중심 C로부터 외주 방향에 걸쳐 계단형으로 그 두께가 얇게 되도록 한 형상으로 되어 있다.

그리고, 타원부(2D)가 형성되는 영역으로부터 외주로 되는 영역에는, 가요성 부재(2)에 대한 Z축 방향으로의 구동력이 인가된 경우에도 변형되지 않도록 충분한 강도를 확보하기 위한, 리브형의 프레임(2E)이 형성된다.

또한, 이 프레임(2E)의 외주측에 대하여, 앞의 제3 실시예에서 이용되고 있던 것과 동일한 구동 코일(35)이 권취되어 있다.

여기서, 타원부(2A)~타원부(2D)까지의 범위는, 변형 미러로서 변형되는 범위로 된다. 즉, 제6 실시예에서는, 각각 두께가 상이하게 된 타원부(2A)~타원부(2D)의 형성 패턴에 따라 Z축 방향으로의 구동력이 인가되었을 때 미러면으로서 원하는 변형 형상을 얻을 수 있도록 되어 있다. 따라서, 이 가요성 부재(2)에서는, 이들 타원부(2A)~타원부(2D)가 도시한 바와 같이 강도 분포 패턴(2a)을 형성하고 있게 된다.

이들 변형 가능한 타원부(2A)~타원부(2D)까지의 영역의 외주부에는, 전술한 바와 같이 하여 구동력의 인가에 대해서도 변형되지 않는 충분한 강도를 가지도록 된 프레임(2E)이 형성되어 있다. 즉, 이 프레임(2E)의 가요성 부재(2)에 있어서의 외주 부분이, 이와 같이 구동력의 인가에 대해서도 변형되지 않고 강도가 유지됨으로써, 그만큼, 타원부(2A)~타원부(2D)까지의 가변부의 변형 형상으로서는, 보다 이상적인 변형 형상에 용이하게 맞출 수 있다. 즉, 가요성 부재(2)의 외주부가 변형되어 버리는 경우와 비교하면, 보다 고정밀도로 미러면의 변형 형상을 이상적인 형상에 근접시킬 수 있다.

또한, 제6 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치(60)는, 이 도 17에 나타낸 반사막(3)이 성막된 가요성 부재(2)가, 도 16에 나타낸 구조로 되는 베이스(61)에 대하여 결합되어 있다.

이 베이스(61)는, 최외주 부분에 도시한 외주벽(61a)과, 그 내주측에 내주벽(61b), 또한 내주측의 중심 C 포함하는 영역에 중앙 철부(凸部)(61c)가 형성되어 있다. 중앙 철부(61c)에는, 중심 C를 포함하는 그 중심부에, 가요성 부재(2)의 중앙에 형성된 타원부(2A)를 끼워맞추어지기 위한 철부가 형성되어 있다. 이 철부에 타원부(2A)가 끼워맞추어져 장착됨으로써, 가요성 부재(2)는 베이스(61)에 의해 지지된다.

또, 외주벽(61a)에 있어서의 내주측 부분에는, 링형에 의한 마그넷(34)이 고착되어 있다. 그리고, 이 외주벽(61a)의 내주측에 고착된 마그넷(34)과 내주벽(61b) 사이에는, 중앙 철부(61c)의 요부에 가요성 부재(2)가 결합되었을 때, 가요성 부재(2)의 구동 코일(35)이 권취된 프레임(2E)가 사이에 있게 된다.

이 때, 베이스(61)는 고투자율재에 의해 형성됨으로써, 이 베이스(61)와 마그넷(34)에 의한 자기(磁氣) 회로가 형성되게 된다.

이와 같은 구성을 구비한 변형 가능한 미러 장치(60)에 있어서는, 구동 코일(35)에 구동 회로(10)로부터의 구동 전류가 공급된다. 이와 같이 구동 코일(35)에 구동 전류가 공급됨으로써, 구동 코일(35)이 권취되는 프레임(2E)에는, 구동 코일(35)에 공급되는 전류의 극성에 따른 Z축 방향으로의 구동력이 발생한다. 즉, 가요성 부재(2)에 대하여는, 그 외주부로 되는 프레임(2E)에 있어서 일정한 구동력이 인가된다.

이와 같이, 프레임(2E)에 Z축 방향으로의 구동력이 발생함으로써, 가요성 부재(2)는, 베이스(61)에 지지된 중앙부를 정상점에 미러면 측으로 볼록하고, 또는 미러면과는 반대측으로 오목해지도록 변형된다.

이 때, 가요성 부재(2)에는, 상기한 타원부(2A)~(2D)로서의 강도 분포 패턴(2a)이 형성되어 있다. 즉, 그 형성 패턴에 따라 가요성 부재(2)에 인가되는 일정한 구동력에 따라 원하는 변형 형상을 얻을 수 있다.

또, 구동 코일(35)에 공급하는 구동 전류의 크기를 변화시킴으로써, 가요성 부재(2)에 인가되는 압력을 단계적으로 변화시킬 수 있고, 이와 같은 단계적으로 변화되는 각 구동력 레벨에 따라 단계적으로 소정의 변형 형상을 얻을 수 있도록 강도 분포 패턴(2a)을 형성함으로써, 3개 이상의 기록층을 가지는 광디스크의 각 기록층에 대하여 유효하게 구면 수차 보정을 행할 수 있다.

또, 이 제6 실시예로서도, 보이스 코일 모터의 원리를 이용하여 가요성 부재(2)에 구동력이 인가되므로, 앞의 제3 실시예와 마찬가지로 미러면의 변형의 응답성의 고속화에 유리해지고, 예를 들면, 광디스크(80)의 평면과 평행한 방향의 일주 내의 커버층의 두께의 변화에 추종하여 구면 수차 보정을 행하는 경우에 유리하게 된다.

이에 더하여, 이 경우에는 강도 분포 패턴(2a)을, 각각 동일한 중심 C를 가지는 타원 형상에 의해 형성하고 있으므로, 45도 미러의 레이저광의 조사면의 형상에 따른 적정한 구면 수차 보정을 행하는 것이 가능해진다. 즉, 45도 미러로서 구면 수차 보정을 행할 수 있는 변형 가능한 미러 장치가 실현할 수 있는 것이다.

이와 같이 45도 미러로서 구면 수차 보정을 행할 수 있는 변형 가능한 미러 장치ㄹ를 실현할 수 있으므로, 앞의 도 14에 나타낸 광학계의 구성이 실현 가능하게 되어, 광디스크(80)에 대하여는 레이저광을 원편광에 의해 조사하고, 디텍터(77)에 대하여는 직선 편광에 의한 귀환광을 얻는 것이 가능해진다. 즉, 이로써, 광디스크(80)의 불균일의 영향이 광학계에 주는 영향을 저감하고, 또한 레이저광의 광 이용 효율의 향상을 도모할 수 있다.

그리고, 이것에 따르면, 변형 가능한 미러 장치를 사용하여 구면 수차 보정을 행하는 광학계의 구성으로서, 향후의 광디스크(80)의 고기록 밀도화에 대하여 보다 유리한 구성을 실현할 수 있다.

또, 도 14에 나타낸 광학계의 구성이 실현 가능해지면, 도 1에 나타낸 광학계의 구성으로 하는 경우에는 2개 필요했던 빔 스플리터의 하나를 생략할 수 있고, 그만큼 광학계의 소형화나 제조 비용의 삭감을 도모할 수 있다.

여기서, 참고로 도 18에, 이와 같이 45도 미러로서 사용하는 것을 상정한 경우의 변형 가능한 미러 장치(60)에 있어서, 광디스크(80)에 있어서의 각 기록층(81)~(83)에서의 구면 수차 보정에 있어서 필요한 변형 형상의 일례를 나타낸다.

도 18에서는, 미러면의 중심(중심 C)으로부터의 각각 X축 방향, Y축 방향의 거리와 그에 따른 Z축 방향으로의 변형량의 수치에 따라, 구면 수차 보정을 위해 필요한 미러면의 변형 형상을 나타내고 있다.

그리고, 도 18에 나타낸 수치로서는, 각 기록층(81)~(83)의 커버층의 두께가, 제1 기록층(81)을 0.075mm(75㎛), 제2 기록층(82)를 0.100mm(100㎛), 제3 기록층(83)을 0.125mm(125㎛)으로 한 경우에 대응하는 것이다.

또한, 도 18에 나타낸 수치, 변형 가능한 미러 장치(60)에 구비되는 도 14에 나타낸 광학계가, 제2 기록층(82)의 합초 시에 구면 수차 보정이 불필요해지도록(구면 수차가 최소로 되도록) 설계되어 있는 경우에 대응한다.

먼저, 도 18에 있어서, 흰원/네모는 커버층의 두께를 75㎛(제1 기록층(81))일 때의, 사선이 그어진 원/네모는 100㎛(제2 기록층(82))일 때의, 흑색의 원/네모는 125㎛일 때(제3 기록층(83))의 변형 형상에 대응한 수치를 각각 나타내고 있다. 그리고, 각각에 있어서, 또한 네모는 X축 방향의, 원은 Y축 방향의 변형 형상에 따른 수치를 나타내고 있다.

이 도 18로부터 알 수 있는 바와 같이, 이 경우의 미러면은, 제2 기록층(82)에 있어서 변형량이 제로로 되도록 되어 있다. 즉, 전술한 바와 같이 이 경우의 광학계에서는, 제2 기록층(82)의 합초 시에 구면 수차 보정이 불필요해지도록 설계되어 있다.

그리고, 실제로 보정을 행하도록 되는 제1 기록층(81)과 제3 기록층(83)은, 중심 C로부터의 같은 거리 상에서, 대체로 X축 방향과 Y축 방향이 X:Y = 2:1의 변형량으로 되도록 되어 있다.

이들 제1 기록층(81), 제3 기록층(83)에 의해 양호한 구면 수차 보정을 행하는 데 있어서는, 가요성 부재(2)에 대한 소정의 구동력의 인가에 따라 도 18에 나타낸 바와 동일한 중심 C로부터의 각 위치에서의 변형량을 얻을 수 있도록, FEM 시뮬레이션 툴을 사용하여 타원부(2A)~(2D)의 형성 패턴, 예를 들면, 각각의 Z축 방향으로의 두께나 중심 C로부터의 거리 등을 결정하는 것으로 하면 된다.

이 경우의 광학계로서는, 광디스크(80)에 형성되는 3개의 기록층 중 중간의 제2 기록층(82)에 맞추어 구면 수차 보정이 불필요해지도록 설계하는 것으로 하고 있지만, 이에 의하면, 제1 기록층(81), 제3 기록층(83)에 있어서의 구면 수차 보정량으로서는, 모두 1층분의 보정량으로 할 수 있고, 따라서, 미러면의 변형량은 최소로 할 수 있다. 예를 들면, 제1 기록층(81), 또는 제3 기록층(83)에 맞추어 구면 수차 보정이 불필요해지도록 설계한 경우, 미러면의 변형량은 최대로 2층분으로 되고, 그만큼 가요성 부재(2)로서도 보다 강도가 강한 부재를 사용하는 등의 비용상승이 요구된다. 이것에 대하여, 중간의 제2 기록층(82)에 맞춘 설계로 하면 이것을 억제할 수 있는 것이다.

그리고, 기록층이 4층 이상 형성된 광디스크에 대해서도, 마찬가지로 중간에 위치하도록 된 기록층에 맞춘 설계로 함으로써, 미러면의 변형량을 감소시키는 것이 가능하다.

<제7 실시예>

다음에, 본 발명의 제7 실시예를 도 19를 참조하여 설명한다.

그리고, 도 19에 있어서 도 16 및 도 17와 공통 부분에는 공통의 부호를 부여하여 상세한 설명은 생략한다.

제7 실시예에 있어서, 도 14에 나타낸 45도 미러를 사용하여 구면 수차의 보정을 행하기 위하여, 가요성 부재(2)로서 전술한 도 16에 나타낸 변형 가능한 미러 장치(60)에 사용되는 타원부(2A)~(2D), 및 프레임(2E)을 사용한다.

그리고, 도 16에 나타낸 변형 가능한 미러 장치(60)에서는, 프레임(2E)을 구성하는 가요성 부재(2)의 외주부에 구동력을 인가하도록 하고 있던 것을, 이 변형 가능한 미러 장치(70)에서는 가요성 부재(2)를 구성하는 타원부(2A)의 중심부에 대하여 일정한 구동력을 인가하도록 구성한 것이다.

가요성 부재(2)의 중앙부에 형성된 타원부(2A)에는, 도 7에 나타낸 제3 실시예의 변형 가능한 미러 장치(30)의 경우와 마찬가지의 코일 홀더(36)가 장착되어 있다. 이 코일 홀더(36)의 외주부에는 구동 코일(35)이 권취되어 있다.

그리고, 프레임(2E)을 통하여 가요성 부재(2)를 지지하도록 한 베이스(65)가 설치되어 있다. 이 베이스(65)의 내부에는, 외주벽(66a)과 중앙 철부(66b)가 형성되고, 도 19에 나타낸 바와 같이, 단면 형상을 대략 E자형으로 하는 요크(66)가 고정되어 있다.

요크(66)의 외주벽(66a)의 내주측에는, 링형의 마그넷(34)이 장착되고, 외주벽(66a)과 중앙 철부(66b) 사이에 자속(磁束)이 공급되도록 되어 있다. 요크(66)는, 가요성 부재(2)의 프레임(2E)이 베이스(65)에 고정되었을 때, 중앙 철부(66b)의 중심 이 미러면의 중심 C의 축 상에서 일치하도록, 베이스(65)의 형상에 따라 위치 결정된다. 이 때, 베이스(65)와 가요성 부재(2) 측이 고정된 상태에서는, 중앙 철부(66b)와 코일 홀더(36) 사이에 소정의 간격이 유지되고, 코일 홀더(36)의 구동 코일(35)이 권취된 외주 부분이 외주벽(66a)에 고정된 마그넷(34)과 중앙 철부(66b) 사이에 있도록 되어 있다.

이와 같이 구성된 변형 가능한 미러 장치(70)도, 구동 코일(35)에 구동 회로(10)로부터 구동 전류가 공급됨으로써, Z축 방향으로의 구동력이 발생한다.

본 예의 변형 가능한 미러 장치(70)는, 가요성 부재(2)에 설치된 프레임(2E)에 대신하여, 중앙부의 타원부(2A)의 부분에 구동력이 인가되는 이외는, 앞의 제6 실시예의 경우와 마찬가지의 동작을 얻을 수 있게 된다.

또, 가요성 부재(2)에 형성되는 강도 분포 패턴(2a)로서 타원 형상에 의한 패턴이 형성되어 있으므로, 45도 미러로서 구비하는 경우에 양호하게 구면 수차 보정을 행하는 것이 가능해진다. 또한, 미러면에 있어서의 가변부로서의 타원부(2A)~타원부(2D)의 외주부에 프레임(2E)가 형성되어 있는 것에 의해, 제6 실시예의 경우와 마찬가지로 미러면의 변형 형상을 보다 고정밀도로 원하는 변형 형상과 일치시키는 것이 가능하게 된다.

그리고, 강도 분포 패턴(2a)의 형성 패턴으로서는, 소정의 구동력의 인가에 따라 도 18에 나타낸 광디스크의 각 기록층에 따른 보정량에 대응한 변형 형상을 얻을 수 있도록 FEM 시뮬레이션 툴을 사용하여 시뮬레이션 한 결과에 따라 설정된다.

여기서, 제7 실시예의 변형 가능한 미러 장치(70)에 대하여, 광디스크의 각 기록층마다에서의 변형 형상에 대하여 실험을 행한 결과를, 도 20에 나타낸다.

그리고, 도 20에서는, 커버층의 두께를 75㎛로 했을 때의 구면 수차 보정량에 따른 변형 형상에 대한 결과만을 나타내고, 도 20 중 네모는 X축 방향의, 또 원은 Y 축방향에서의 각각 중심 C로부터의 거리에 따른 Z축 방향의 변형량을 나타내고 있다.

또, 각각의 ×표는 커버층의 두께를 75㎛로 했을 때 있어서의, 도 18에 나타낸 것과 마찬가지의 X축 방향, Y축 방향에서의 변형 형상에 대한 이상값(理想値)을 나타내고 있다.

도 20에 나타낸 결과로부터, X축 방향, Y축 방향에 모두, 대부분의 위치에서 이상값에 의한 변형 형상과 대략 일치한 것을 알 수 있다. 그리고, 이상값과의 오차가 생기고 있는 부분이라도, 그 오차는 최대라도 0.2㎛ 이내에 들어가 있다.

이 경우, 미러면의 변형 형상은 매우 높은 정밀도로 이상(理想) 형상과 일치한 것이며, 이와 같은 결과로부터, 변형 가능한 미러 장치(70)에 의하면 구면 수차 보정을 양호하게 행하는 것이 가능한 것이 이해된다.

그리고, 여기서는 제7 실시예의 경우의 실험 결과만을 나타내고 있지만, 제6 실시예의 경우로서도 이 도면에 나타낸 결과와 대략 동등한 결과를 얻을 수 있다.

그런데, 지금까지 설명한 제6 실시예와 제7 실시예에 대하여, 가요성 부재(2)에 있어서의 프레임(2E)(외주부)를 구동하도록 된 제6 실시예에서는, 중앙부가 베이스(61)에 고정되므로, 구동력 인가에 따라 미러 중심 위치의 Z축 방향으로의 변위를 대략 제로로 할 수 있다. 이로써, 반사되는 레이저광의 광축 어긋남이 생기게 하지 않도록 할 수 있다.

이것에 대하여, 가요성 부재(2)에 있어서의 타원부(2A)(중앙부)를 구동하는 제7 실시예에서는, 프레임(2E)와 베이스(65)가 고착되므로, 가요성 부재(2)와 베이스(65)의 고착 면적이 넓어져 보다 높은 강성을 얻는 것이 가능해지기 때문에, 그만큼 가요성 부재(2)의 고유 진동수를 높게 설정할 수 있는 메리트가 있다. 즉, 이에 따르면, 예를 들면, 디스크 주회(周回) 내에서의 구면 수차 보정을 행하는 경우에 따라 유리하다고 할 수 있는 것이다.

이들 제6 및 제7 실시예와 같이, 강도 분포 패턴(2a)을 동일한 중심을 가지는 타원 형상으로 한 경우에도, 가요성 부재(2)의 제조는 성막이나 에칭 등의 반도체의 제조 프로세스를 이용할 수 있으므로, 고정밀도로, 또한 대량생산이 비교적 용이해 진다. 이와 같이 반도체 제조 프로세스가 이용 가능해지므로, 변형 가능한 미러 장치로서도 소형화가 가능해지고, 제조 비용로서도 비교적 낮은 비용으로 억제할 수 있다.

그리고, 제6 및 제7 실시예에서는, 앞의 제3 실시예의 경우와 마찬가지로 전자 액추에이터에 의해 가요성 부재(2)에 구동력을 인가하는 구성을 예시했지만, 타원 형상에 의한 강도 분포 패턴(2a)을 형성한 가요성 부재(2)에 대하여, 제1 또는 제2 실시예와 마찬가지의 구조에 의해 구동력을 인가하는 구성으로 해도, 45도 미러로서 구면 수차 보정을 행할 수 있는 변형 가능한 미러 장치를 실현할 수 있다.

또, 강도 분포 패턴(2a)을 형성하는 이외에도, 앞의 제4 실시예에서 사용한 가요성 부재(2)에 설치되고 전극 패턴(2a)으로서 상부 전극(41) 또는 하부 전극(42)을, 각각 동일한 중심을 가지는 타원 형상에 의해 배치함으로써도, 45도 미러로서 구면 수차 보정을 행할 수 있는 변형 가능한 미러 장치를 실현할 수 있다.

이 경우, 가요성 부재(2)에 마찬가지로 타원부에 의한 강도 분포 패턴(2a)을 형성한 후에, 구동력의 인가에 대해서만 상부 전극(41)과 하부 전극(42) 사이의 정전기력을 이용하는 패턴도 가능하다.

또한, 미러면이 형성되는 가요성 부재로서 압전 소자를 사용하는 경우로서도, 제5 실시예에 있어서의 분극 반전 패턴(52)을, 마찬가지로 각각 동일한 중심을 가지는 타원 형상에 의해 배치함으로써, 45도 미러로서 구면 수차 보정을 행할 수 있는 변형 가능한 미러 장치를 실현할 수 있다.

또, 제6 및 제7 실시예에 있어서, 강도 분포 패턴(2a)으로서의 타원부의 수, 즉 가요성 부재(2)의 Z축 방향의 두께에 대한 단수(段數)는, 타원부 A~D까지의 4개로 하였으나, 그 수에 대하여 특히 한정하는 것은 아니다.

또한, 제6 및 제7 실시예에 있어서는, 앞의 도 17 (A)에도 나타낸 바와 같이 각 타원부의 형상이 X축 방향, Y축 방향에 모두 축대칭으로 되는 형상으로 하였으나, 이하의 사정을 고려하여, X축 방향에 대하여는 축대칭은 되지 않는 형상을 채용해도 된다.

도 21은, 변형 가능한 미러 장치(60) 및 (70)에 대한, 미러면에 대한 레이저광의 입사광과 반사광의 관계를 예시적으로 나타낸 도면이다.

먼저, 도 21 중 2개의 파선 M6, 파선 M7은, 각각 제6 실시예의 경우의 무변형시의 미러면(3)의 상태와, 제7 실시예의 경우에서의 무변형시의 미러면(3)의 상태를 나타내고 있다. 즉, 파선 M6은, 가요성 부재(2)에 있어서의 중앙부를 지지하도록 된 구성에서의 무변형시의 미러면(3)의 상태를 나타내고, 파선 M7은, 가요성 부재(2)의 프레임(2E)(외주부)을 지지하도록 된 구성에서의 무변형시의 미러면(3)의 상태를 나타내고 있다.

이들 제6 실시예, 제7 실시예의 경우의 무변형시의 미러면(3)의 상태로부터, Z축 방향으로의 구동력을 받았을 때의 미러면(3)의 형상을, 도면 중의 굵은 선에 의한 실선으로 나타내고 있다. 즉, 제6 실시예에 있어서의 파선 M6의 상태로부터는, 레이저광의 반사면 측으로 볼록해지는 변형 형상으로 되고, 제7 실시예의 파선(7)으로부터는 오목해지는 변형 형상을 얻을 수 있는 것이 나타나 있다.

먼저, 파선 M6의 무변형시의 미러면(3)의 상태에서는, 레이저 광선의 중심과 양단의 조사 위치는, 각각 도면 중의 P6a와 P6b, P6c에 의해 나타낸 것으로 되어 있다. 즉, 양단의 조사 위치 P6b, P6c는, 각각 중심의 조사 위치 P6a로부터 등거리로 되어 있고, 90도의 반사각을 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 그리고, 파선 M7의 무변형시에도 마찬가지로, 레이저 광선의 양단의 조사 위치 P7b, P7c는, 각각 중심의 조사 위치 P7a로부터 등거리로 되어 있어 90도의 반사각을 얻을 수 있다.

따라서, 어느 경우도, 미러면(3)의 무변형시에 있어서는 레이저광의 양단의 반사각은 동등하며 레이저광에 축 어긋남이 생기지 않는 것을 알 수 있다.

그러나, 이들 파선 M6, M7의 무변형시로부터, 미러면(3)이 변형되었을 경우에는, 도 21에도 나타낸 바와 같이 양단의 조사 위치는 중심의 조사 위치로부터 균등하게는 되지 않고, 레이저광의 반사각에도 어긋남이 생기게 된다.

그리고, 도 21에서는, 설명을 위해 미러면(3)을 극단으로 변형시켜 도시하고 있으므로, 이 어긋남은 매우 큰 것으로 되어 있지만, 실제로 수차 보정에 필요한 변형량으로서는 미소한 것이므로, 이에 따른 어긋남은 무시할 수 있는 정도로 작다.

단, 이것을 보정하여 광축의 어긋남을 가능한 한 보정하려 한 경우에는, 도 21에 나타낸 미러면(3)의 변형시의 단면 형상으로서 중심 C를 경계로 상하 비대칭으로, 말하자면 스푼형으로 미러면(3)을 변형시키면, 반사각의 어긋남을 양호하게 보정하는 것이 가능해 진다. 이 때, 스푼형의 변형 형상을 얻는데 있어서는, 예를 들면, 도 22에 나타낸 바와 같이, 가요성 부재(2)에 형성하는 강도 분포 패턴(2a)로서 X축에 대하여 완전하게 축대칭으로 되는 타원은 아니고 비대칭으로 되는 형상에 의한 패턴을 형성하면 된다.

이와 같이, 제6 및 제7 실시예의 45도 미러로서의 변형 가능한 미러 장치에 있어서, 미러면(3)의 변형시의 레이저광의 광축 어긋남을 정밀도 양호하게 보정하려 한 경우에는, 강도 분포 패턴(2a)을 완전한 타원으로는 하지 않아도 되는 것이다.

그리고, 본 발명에 있어서 말하는 「타원」이란, 이와 같이 타원의 짧은 축(X축)을 경계로 비대칭으로 되는 형상도 포함하는 것이다.

여기서, 지금까지의 실시예에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 있어서는, 표면에 미러면이 형성된 가요성 부재에 대하여, 각각 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분을 형성함으로써, 필요한 일정한 구동력의 인가에 따라 미러면으로서 구면 수차 보정에 필요한 원하는 변형 형상을 얻도록 되어 있는 것이다.

이와 같은 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분을 「동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상」에 의해 형성함으로써, 지금까지의 설명으로부터 명백한 바와 같이, 레이저광을 180도 반사하는 경우와 90도 반사하는 경우의 각각의 변화에 대응하여, 구면 수차 보정을 양호하게 행할 수 있는 변형 가능한 미러 장치를 실현할 수 있는 것이다.

또, 본 발명과 같이, 상태가 상이한 부분을 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 형성하는 것에 의해서는, 응력이 일부에 집중되어 버리는 것을 방지할 수 있으므로, 가요성 부재의 분열이나 피로 파괴를 효과적으로 방지할 수 있다.

여기서, 미러면의 변형을 위해 어떤 구동력이 인가되는 경우, 가요성 부재에서는 내부 응력이 발생한다. 그리고, 이 때, 만일 가요성 부재에 있어서 응력이 일점에 집중되도록 한 부분이 있으면, 실시예와 같이 가요성 부재가 등질(等質) 등방성(等方性)인 재질에 의해 구성되는 경우, 이 부분은 급격하게 치수가 변화하는 개소로 된다.

예를 들면, 상태가 상이하게 된 부분의 패턴이 동심(同心)이 아닌, 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원이 아닌 경우, 각 패턴은 특정한 방향으로 간격이 좁아지거나 넓어지거나 하게 된다. 이 간격이 좁아진 부분이, 다른 부분에 비해 응력이 집중되기 쉬운 부분으로 되고, 따라서, 일정한 구동력의 인가에 대하여 급격하게 치수가 변화하는 부분으로 된다.

이와 같이 응력이 집중되는 부분이 있으면, 이 부분에 있어서 가요성 부재의 허용 응력을 초과할 가능성이 높아지고, 이에 따라서, 균열이 발생할 가능성이 높아진다. 또, 가요성 부재의 변형이 반복 행해지므로, 이 부분에서의 피로 파괴를 초래할 우려도 있다.

이것에 대하여 본 발명에서는, 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 패턴이 형성되므로, 각 패턴의 간격은 균등하며, 상기와 같이 응력이 일부에 집중되도록 한 부분이 생기지 않도록 할 수 있으므로, 상기한 분열이나 피로 파괴의 효과적인 방지를 도모할 수 있다.

<제8 실시예>

이어서, 본 발명의 제8 실시예에 대하여 설명한다.

제8 실시예는, 가요성 부재의 소정 위치에 단면의 두께가 가장 얇게 되도록 한 얇은 부분을 설치하도록 한 것이다.

그리고, 여기서는, 앞의 제6 및 제7 실시예에서 사용되고 있던 가요성 부재(2)를 예로 제8 실시예의 구성을 설명한다. 또, 제8 실시예에서는, 다른 실시예의 변형 미러 장치와 가요성 부재의 구성이 상이할 뿐이므로, 공통되는 부분에는 공통의 부호를 부여하고, 상세한 설명은 생략한다.

도 23은, 제6 실시예에서 사용한 가요성 부재(2)에 대하여 제8 실시예를 적용한 경우의 가요성 부재(2)의 구성을 나타낸 도면이며, 도 23 (A)는 그 평면도이며, 도 23 (B)는 단면도를 나타내고 있다.

또, 도 24는, 제7 실시예의 가요성 부재(2)에 대하여 제8 실시예를 적용한 경우의 가요성 부재(2)의 구성을 나타낸 도면으로서, 마찬가지로 도 24 (A)는 그 평면도이며, 도 24 (B)는 단면도를 나타내고 있다.

이들 도 24 (A), 도 24 (B)에 나타낸 바와 같이, 가요성 부재(2)로서는, 단면의 두께가 가장 두껍게 되어 강도가 확보된 최외주부의 프레임(2E)과, 미러면 중심 C 측과의 경계 부분에 대하여, 중심 C를 중심으로 한 타원 형상에 의해 단면 두께가 가장 얇아지도록 된 얇은 부분(2G)이 형성되는 것이다.

이 경우, 얇은 부분(2G)의 두께는, 예를 들면, 타원부(2D)의 두께의 반정도로 되는 0.015mm 정도로 설정하고 있다.

또, 얇은 부분(2G)는 전체 둘레에 걸쳐 그 폭이 균일해지도록 형성되고, 이 경우에는 0.2mm 정도로 설정하고 있다.

전술한 바와 같이 하여, 단면의 두께가 가장 두껍게 되어 강도가 확보된 최외주부의 프레임(2E)과, 미러면 중심 C 측과의 경계 부분에 대하여, 가장 단면 두께가 얇아지도록 된 얇은 부분(2G)이 형성됨으로써, 이 얇은 부분(2G)은, 구동력의 인가에 대하여 다른 부분보다 변형되기 쉬운 부분으로 된다.

이로써, 구동력이 인가된 경우에는, 이 얇은 부분(2G)에 의해 큰 변형 곡률을 얻을 수 있고, 이에 의해 타원부(2D)의 면적을 작게 설정해도, 미러면의 변형 형상을 원하는 변형 형상과 일치시킬 수 있다.

이 경우, 얇은 부분(2G)의 폭을 전체 둘레에 걸쳐 균일하게 설정하는 것으로 하고 있지만, 이에 의해 얇은 부분(2G)에 있어서의 구동력의 전달을 균일하게 할 수 있고, 이 점에서 보다 용이하게 미러면의 변형 형상을 원하는 변형 형상과 일치시킬 수 있다.

도 25는, 도 23 및 도 24에 나타낸 구성에 의한 가요성 부재(2)의 변형 형상을 시뮬레이션에 의해 구한 결과를 나타내고 있다.

그리고, 도 25에서는, 도 23 및 도 24에 나타낸 얇은 부분(2G)을 형성한 경우의 가요성 부재(2)에 대한 결과와, 제6 및 제7 실시예에서 설명한의 얇은 부분(2G)이 없는 경우의 가요성 부재(2)에 대한 결과를 대비하여 나타내고 있다. 도면 중 흑삼각이, 도 23 및 도 24에 나타낸 가요성 부재(2)에 대한 결과를 나타내고, 검은 원이 제6 및 제7 실시예에서 설명한 대로의 가요성 부재(2)에 대한 결과를 나타내고 있다.

도 25는 설명의 편의상, 가요성 부재(2)의 변형 형상을, 타원의 짧은 축 방향에서의 미러면 중심C로부터의 거리와 Z축 방향으로의 변위량과의 관계에 의해 나타내고 있다.

또, 도 25에 나타낸 결과를 얻는데 있어서, 도 23 및 도 24에 나타낸 가요성 부재(2)에서는, 타원부(2A)~(2D)의 크기를 1/3 정도로까지 축소했다.

여기서, 먼저 전제로 하여, 이 경우의 미러면에 형성되는 레이저 스폿으로서는, 타원의 짧은 축 방향(X축 방향)에서는 중심C로부터 대략 2mm 정도의 범위로 된다. 이 경우, 미러면에 있어서의 구면 수차 보정에 필요한 변형 범위(유효 변형 범위)는, 타원의 짧은 축 상에 있어서는 중심 C로부터 대략 2mm 정도의 범위로 된다.

이를 답습하여, 도면 중 검은 원에 의해 나타낸 제6 및 제7 실시예에 있어서의 얇은 부분(2G)이 없는 경우의 가요성 부재(2)에서는, 중심 C로부터 7mm 정도의 부분으로부터 완만하게 변형시켜 감으로써, 중심 C로부터 2mm 정도의 변형 유효 범위에 의해, 구면 수차 보정에 필요한 변형 형상을 얻도록 되어 있는 것을 알 수 있다. 즉 환언하면, 얇은 부분(2G)이 없는 것으로 된 경우, 유효 변형 범위로서 원하는 변형 형상을 얻는데 있어서 7mm 정도의 변형 범위를 필요로 하고 있던 것이다.

이에 대하여, 흑삼각에 의해 나타낸 얇은 부분(2G)이 있는 본 실시예의 경우에는, 중심 C로부터의 거리가 2.4mm 정도의 변형 범위에 의해, 유효 변형 범위에 의해 얇은 부분(2G)이 없는 경우와 마찬가지의 변형 형상을 얻을 수 있는 것을 알 수 있다.

이 실험 결과로부터, 얇은 부분(2G)을 형성한 경우에는, 유효 변형 범위에 의해 원하는 변형 형상을 얻는데 있어서 필요한 변형 범위를, 얇은 부분(2G)이 없는 것으로 한 경우와의 비교로, 반경으로 하여 약 1/3 정도로 축소할 수 있다.

이같이 하여 유효 변형 범위에 의해 원하는 변형 형상을 얻는데 있어서, 필요한 가요성 부재(2)의 변형 범위를 축소할 수 있으므로, 가요성 부재(2)는 보다 소형으로 할 수 있다. 그리고, 이와 같이 가요성 부재(2)를 보다 소형으로 할 수 있으므로, 변형 가능한 미러 장치로서도 소형화가 도모된다.

이 도 25에 나타낸 비교를 참조하여 이해할 수 있는 바와 같이, 얇은 부분(2G)을 형성한 경우, 가요성 부재(2)의 Z축 방향으로의 변위량으로서도 제6 및 제7 실시예의 경우의 1/3 정도로 축소되어 있는 것으로 된다. 이와 같이 Z축 방향으로의 변위량이 축소화됨으로써, 예를 들면, 제7 실시예의 구동 방법에 의해 가요성 부재(2)가 외주부 고정되며 중심부가 구동되는 구성으로 된 경우(도 24의 가요성 부재(2))에, 레이저광의 광축 중심 어긋남을 유효하게 축소화할 수 있다는 이점도 있다.

그리고, 전술한 예에서는 제6 및 제7 실시예로서의, 최외주부가 가장 단면이 두껍고, 중심 C로부터 외주에 있어서는 계단형으로 단면 두께가 얇아지도록 형성된 가요성 부재(2)에 얇은 부분(2G)을 형성하는 것으로 하였다.

이와 동일한 중심 C로부터 외주에 있어서는 계단형으로 두께가 얇아지도록 된 구성에 의하면, 경계 부분은, 스스로 단면 두께가 가장 얇아지는 부분으로 된다. 환언하면, 제6 및 제7 실시예의 구성 그 자체에 따라서도, 최외주부와 중심 C측과의 경계 부분에서 변형되기 쉬운 부분을 얻을 수 있게 된다.

제8 실시예는, 이와 같이 중심 C로부터 외주에 있어서는 계단형으로 두께가 얇아지도록 된 구성에 대하여는, 상기 경계 부분의 두께를 보다 얇게 형성한 것에 의해, 최외주부의 강도와 이 경계 부분에서의 강도의 차이를 크게 할 수 있고, 이로써, 이 경계 부분을 보다 변형되기 쉬운 부분으로 할 수 있는 것을 설명한 것이다. 그리고, 결과로서, 일정한 구동력의 인가에 대한 변형 강도를, 보다 강하게 할 수 있다.

여기서, 제8 실시예에서는, 앞의 제1~ 제5 실시예의 구동 방법이 사용되는 경우에도 바람직하게 적용할 수 있다.

제1 ~ 제5 실시예에서 설명한 가요성 부재(압전 소자(52)도 포함함)로서는, 앞의 제6 및 제7 실시예의 경우와는 상이하고, 가요성 부재의 최외주부는 단면 두께가 가장 두꺼워지는 구성으로는 되어 있지 않다. 단, 특히 제2 ~ 제5 실시예의 가요성 부재는, 그 최외주부에 있어서 변형 가능한 미러 장치의 본체 측(기판(4) 측)과 접속되는 것으로 되어 있고, 이 경우도 그 최외주부는 필요한 강도가 유지되도록 되어 있다. 즉, 제2 ~ 제5 실시예에 있어서의 가요성 부재의 최외주부는, 두께가 가장 두껍게 되어 있는 제6 및 제7 실시예의 경우와 마찬가지의 최외주부인 것으로 간주할 수 있다.

이로부터, 이들 제2 ~ 제5 실시예의 가요성 부재에 대해서도, 마찬가지로 최외주부와의 경계 부분에 얇은 부분(2G)이 형성됨으로써, 제6 및 제7 실시예에 적용한 경우와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

단, 이들 어느 경우도, 엄밀하게 말하면, 최외주부와 중심 C측과의 경계 부분은 가요성 부재에 있어서 단면의 두께가 가장 얇은 부분으로 되어 있다. 따라서, 예를 들면, 이 경계 부분이 다른 부분보다 단면의 두께가 두껍게 된 경우와 비교하면, 이 경계 부분에 의해 변형 곡률을 강하게 하는 효과는 원래 가지는 것이라 할 수 있다.

그러나, 이 최외주부와의 경계 부분의 두께를 보다 얇게 하여 감으로써, 경계 부분을 보다 변형되기 쉬운 부분으로 할 수 있고, 결과로서 일정한 구동력의 인가에 대한 변형 강도를 보다 강하게 할 수 있다.

그런데, 제1 실시예의 경우, 가요성 부재(2)는, 제1 공간(5) 측과 제2 공간(7) 측을 넘도록 하여 일체적으로 형성된 것으로 되어 있으므로, 다른 실시예의 가요성 부재(2)와는 상이한 것으로 되어 있다.

이 경우의 가요성 부재(2)는, 제1 공간(5)을 형성하는 기판(4)의 내주벽과 접속되어, 그 부분에서 필요한 강도가 확보되어 있다. 즉, 이 부분이, 다른 실시예의 가요성 부재(2)에서 말하는 곳의 최외주부에 상당한다.

따라서, 제1 실시예의 경우에는, 이 제1 공간(5)을 형성하는 내주벽과 접속되는 부분과, 미러면의 중심 C측과의 경계 부분에 대하여, 얇은 부분(2G)이 형성됨으로써, 다른 실시예에 얇은 부분(2G)을 형성한 경우와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

그리고, 제8 실시예에서는, 강도 분포 패턴(2a)이 타원 형상에 의해 형성되는 경우를 예시했으므로, 이에 따라 얇은 부분(2G)은 타원 형상에 의해 형성하는 예로 하였으나, 원형으로 되는 경우에는, 이에 따라서, 얇은 부분(2G)도 원형에 의해 형성한다. 이와 같이 강도 분포 패턴(2a)의 형상과 얇은 부분(2G)의 형상을 정렬함으로써, 미러면의 변형 형상을 원하는 변형 형상과 일치시키는 것을 보다 용이하게 할 수 있고, 또한 이 경우도 얇은 부분(2G)이 형성된 것에 의해, 유효 변형 범위에 의해 구면 수차 보정을 위한 원하는 변형 형상을 얻는데 있어서 필요한 가요성 부재의 변형 범위를 축소화할 수 있다.

전술한 바와 같이, 제8 실시예에서는, 제2 ~ 제5 실시예 및 제6 ~ 제7 실시예와 같이, 가요성 부재(2)가 그 최외주부에 있어서 필요한 강도가 확보되어 있는 경우에는, 그 최외주부와 미러면 중심 C측과의 경계 부분에 있어서 얇은 부분(2G)이 형성됨으로써, 이 얇은 부분(2G)을 보다 변형되기 쉬운 부분으로 할 수 있고, 결과로서 유효 변형 범위의 형상을 원하는 변형 형상으로 하는데 있어서 필요한 점인 가요성 부재의 변형 범위를 작게 할 수 있다.

또, 제1 실시예와 같이 가요성 부재(2)가 제1 공간(5)과 제2 공간(7)을 덮는데 충분한 크기로 일체로 형성되고, 제1 공간(5)을 형성하는 기판(4)의 내주벽과 접속되는 부분에서 필요한 강도가 확보되어 있는 경우에는, 이 내주벽과 접속되는 부분과 미러면 중심 C 측과의 경계 부분에서 얇은 부분(2G)이 형성됨으로써, 보다 변형되기 쉬운 부분을 얻을 수 있고, 이로써, 유효 변형 범위의 형상을 원하는 변형 형상으로 하는데 있어서 필요한 가요성 부재의 변형 범위를 작게 할 수 있다. 이 때 얇은 부분(2G)은, 가요성 부재(2)의 강도 분포 패턴(2a)이 동심원형으로 형성되는 경우에는, 중심 C를 중심으로 한 원형에 의해 형성함으로써, 미러면의 변형 형상을 원하는 변형 형상과 용이하게 일치시킬 수 있다. 또, 타원형으로 형성되는 경우에는, 중심 C를 중심으로 한 타원 형상에 의해 형성됨으로써, 미러면의 변형 형상을 원하는 변형 형상과 용이하게 일치시킬 수 있다.

이상의 설명으로부터 제8 실시예에서는, 가요성 부재(2)의 강도 분포 패턴(2a)이 동심(同心) 원형으로 형성되는 경우에는 중심 C를 중심으로 한 원형에 의해, 또 타원형으로 형성되는 경우에는 중심 C를 중심으로 한 타원 형상에 의해 그 소정 위치에 대하여 단면 두께가 가장 얇은 부분이 형성됨으로써, 가요성 부재(2)에 있어서 보다 변형되기 쉬운 부분을 얻을 수 있고, 이로써, 유효 변형 범위에 의해 구면 수차 보정을 위한 원하는 변형 형상을 얻는데 있어서 필요한 가요성 부재의 변형 범위를 축소화할 수 있다

여기서, 제8 실시예의 다른 예를 도 26, 도 27에 나타낸다.

도 26은, 얇은 부분(2G)으로서 역으로 반사막(3)(미러면) 측에 홈을 형성한 것에 의해 가장 단면의 두께가 얇아지는 부분을 형성하도록 한 것이다.

도 27은, 미러면 측과 그 반대측(배면)과의 양 사이드로부터 홈을 형성하여 단면의 두께가 가장 얇아지는 얇은 부분(2G)을 형성한 것이다.

이들 예와 같이, 얇은 부분(2G)은, 단면의 두께가 가장 얇아지도록 형성되는 것이면 되고, 그 형성의 방법에 대하여 특히 한정은 되지 않는다.

<제9 실시예>

이어서, 본 발명의 제9 실시예에 대하여 설명한다.

제9 실시예는, 지금까지의 실시예에 있어서 가요성 부재(2)의 전체면에 걸쳐서 형성되어 있던 반사막(3)을, 그 일부에만 형성하도록 한 것이다.

도 28은, 제6 실시예에 있어서 사용한 가요성 부재(2)를 사용한 예를 나타내고, 도 29는, 제7 실시예에 있어서 사용한 가요성 부재(2)를 사용한 예를 나타낸다.

그리고, 도 28, 도 29에서는 가요성 부재(2)를 표면 측으로부터 본 경우의 평면도를 나타내고 있다

이들 도 28, 도 29로부터 명백한 바와 같이, 제9 실시예에서는, 가요성 부재(2)의 일부만에 대하여 반사막(3)을 형성하는 것이다. 이 경우, 반사막(3)은, 레이저광이 조사되는 부분에 대응한 부분에만 형성하는 것으로 하고 있다.

예를 들면, 레이저광의 빔스폿 직경 3mm 이면, 제6 및 제7 실시예와 같이 45도로 경사져 사용되는 변형 가능한 미러 장치로 된 경우, 레이저광의 조사 부분의 형상・치수는 Ø4.2426×3mm 정도의 타원 형상으로 된다. 따라서, 반사막(3)은, 미러면 중심 C로부터 상기 4.2426×3mm 정도의 타원 형상에 의해 형성되어 있으면, 미러면으로서 기능할 수 있을 것으로 생각된다.

단, 실제로는, 시프트분이나 경시 변화에 따른 광학계의 특성 변화에 따라 레이저 스폿의 위치는 미소하게 변화되는 것이 예상된다. 그래서, 제9 실시예에서는, 이들 오차를 고려한 마진을 확보하기 위하여, 반사막(3)으로서는 미러면의 중심 C를 중심으로 하여 예를 들면, Ø6.1×4.3mm 정도의 범위로 형성하는 것으로 하고 있다. 즉, 이 유효부 이외의 부분은 실질적으로 레이저광을 반사하는 미러면으로서 사용되지 않는 영역으로 되므로, 필요한 부분에만 반사막(3)을 형성하려는 것이다. 그리고, 여기서는 상기와 같이 레이저광이 조사되는 것으로서 상정되는 부분을 유효부라고 한다.

여기서, 실시예에서 예시하고 있는 것과 같은 탄성을 가지는 가요성 부재에 대하여, 그 표면(외면)에 반사막(3)으로서의 금속막을 성막한 경우, 성막시의 조건에 따라는, 가요성 부재의 평면성이 악화되는 경우가 있다. 결국은, 반사막(3)의 성막에 따른 내부 응력을 밸런스시키기 위해 가요성 부재 측으로 휘어진 상태가 생기므로, 반사막 성막 후의 평면성이 악화되어 버릴 것이다.

이같이 하여, 초기 상태(무변형시)에서의 가요성 부재(2)의 평면성이 확보되지 않으면, 시뮬레이션 대로 이상적인 변형 형상과 일치시키는 것이 곤란해져 버린다.

그래서, 도 28 및 도 29에 나타낸 바와 같이 하여, 가요성 부재(2)에 대한 반사막(3)의 성막 범위를 축소하면, 가요성 부재(2)에 있어서 휘어진 상태가 생기는 부분을 적게 할 수 있고, 이로써, 반사막(3) 성막 후의(무변형시의) 가요성 부재(2)의 평면도를 유효하게 향상시킬 수 있다.

도 30 (A), 도 30 (B)는, 이와 같은 제9 실시예로서의 변형 가능한 미러판(가요성 부재(210) + 반사막(3))의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

그리고, 이 도면에서는 도 29에 나타낸 바와 같은 제7 실시예의 경우에서의 가요성 부재(2)의 구성이 채용되는 경우의 제조 방법을 예로 들고 있다.

먼저, 도 30 (A)에서는, 가요성 부재(2)의 표면에 대하여, 전체면에 걸쳐서 반사막(3)을 성막한다. 이 경우, 가요성 부재(2)의 재질로서는 합성 석영이 선정되고, 그 단면 두께 t = 0.2mm, X축 방향의 길이x×Y축 방향에서의 길이 y= 14mm×200mm로 된다. 또 반사막(3)은 알루미늄막이다.

그리고, 도시는 생략하고 있지만 가요성 부재(2)의 배면에 대하여는, 드라이 에칭 가공에 의해 강도 분포 패턴(2a)이 형성되어 있다.

이와 같이 반사막(3)이 전체면에 성막된 가요성 부재(2)에 대하여, 전술한 레이저광이 조사되는 부분으로서 상정되는 유효부에 레지스트를 행한다. 그에 더하여, 박리액에 의해 상기 유효부 이외의 불요 부분의 반사막(3)을 박리한다.

이로써, 도 30 (B)에 나타낸 바와 같이, 중앙의 유효부에만 반사막(3)이 성막된 변형 가능한 미러판이 제조된다.

도 31은, 도 30 (A)에 나타낸 전체면에 반사막(3)이 성막된 상태에서의 가요성 부재(2)(변형 가능한 미러판)의 평면도에 대하여 측정한 결과를 나타내고 있다. 또, 도 32는, 도 30 (B)에 나타낸 일부(유효부)에만 반사막(3)이 형성된 경우의 가요성 부재(2)(변형 가능한 미러판)의 평면도 측정 결과를 나타내고 있다.

이들 도면에 있어서는, 가요성 부재(2)의 평면도에 대한 측정 결과를 3D 데이터에 의해 나타내고 있다. 또, 이들 도면에서는 이상적인 평면에 대한 가요성 부재(2)의 Z축 방향으로의 변위량(고도)을 등고선에 의해 나타내고, 도면 중 번호의 값이 작을 수록 고도가 낮은 것을 나타내고 있다.

이들 도면을 비교하여 명백한 바와 같이, 도 32에 나타낸 일부에만 반사막(3)을 형성한 경우의 쪽이, 도 31에 나타낸 전체면에 걸쳐 반사막(3)이 형성된 경우보다, 평면도가 2배 가깝게 향상되는 것으로 되어 있다.

즉, 이로써, 지금까지의 제1 ~ 제8 실시예와 같이 가요성 부재(2)의 표면의 전체면에 걸쳐서 반사막(3)을 형성하는 경우보다, 제9 실시예와 같이 일부에만 반사막(3)을 형성한 쪽이, 가요성 부재(2)(변형 가능한 미러판)의 평면도를 향상시킬 수 있는 것을 알 수 있다.

이같이 하여 평면도의 향상이 도모됨으로써, 보다 용이하게 이상적인 변형 형상과 일치시킬 수 있다.

또, 평면도가 향상되면, 가요성 부재(2)의 별개 부품으로의 고정 방법이 용이해져, 장착 공정수나 조정 공정수의 저감을 도모할 수 있고, 제조 비용의 저감도 도모된다. 또한, 양호한 평면도를 얻을 수 있으므로 변형 가능한 미러판, 변형 가능한 미러 장치로서 품질의 안정화를 도모할 수 있다.

그리고, 도 31 및 도 32에서는, 도 29에 나타낸 가요성 부재(2)의 구성으로 되는 경우에 있어서, 반사막(3)을 전체면에 형성한 경우와 유효부에만 형성한 경우에 대한 평면도 측정 결과를 나타냈으나, 도 28에 나타낸 가요성 부재(2)의 구성으로 되는 경우에도 마찬가지로 평면도가 2배 정도 향상되는 결과를 얻을 수 있다.

그리고, 여기서는 제6 및 제7 실시예에 따른 것으로서 미러면에 얻어지는 빔스폿의 형상이 타원 형상으로 되는 경우를 예로 하였으나, 빔 스폿이 원형상으로 되는 경우로서도, 마찬가지로 미러면에서 얻어지는 빔 스폿의 면적과, 이것에 마진을 고려한 면적에 의한 유효부에만 반사막(3)이 성막되는 등, 일부에만 반사막(3)이 형성됨으로써, 전체면에 걸쳐서 반사막(3)이 형성되는 경우와 비교하면 가요성 부재(2)의 휘어진 상태가 저감되어, 평면도를 향상시킬 수 있다.

또, 이와 같은 제9 실시예는, 앞의 제8 실시예와 같이 얇은 부분(2G)이 형성되는 경우에도 바람직하게 적용할 수 있다.

도 33은, 제9 실시예의 변형예에 대하여 나타내고 있다.

이 변형예는, 가요성 부재(2)의 배면에도 반사막(3)을 성막하도록 한 것이다. 이와 같이 배면에 대해서도 반사막(3)을 성막하여, 반사막(3)・가요성 부재(2)・반사막(3)의 샌드위치 구조로 함으로써, 반사막(3)의 성막에 따라 가요성 부재(2)에 생기는 내부 응력을 균형잡고, 이로써, 가요성 부재(2)의 휘어진 상태를 컨트롤하려고 하는 것이다.

단, 이 도면에 나타낸 바와 같이 가요성 부재(2)에 대하여 단면 형상이 상이한 강도 분포 패턴(2a)이 부여되어 있는 경우에는, 표면 및 배면에 의해 동질・같은 두께의 반사막(3)을 형성한 것으로는 내부 응력을 균형잡을 수 없다. 그래서, 이 경우에는, 강도 분포 패턴(2a)의 단면 두께에 따라 배면의 반사막(3)의 두께를 조정하거나, 또는 강도 분포 패턴(2a)의 단면 두께마다 상이한 재질의 반사막(3)을 형성함으로써, 반사막(3)의 성막에 의해 가요성 부재(2)에 생기는 내부 응력을 균형잡을 수 있도록 되면 된다.

또는, 앞의 제5 실시예와 같이 압전 소자(52)를 사용하는 경우에는, 단면 형상이 상이하게 된 부분이 형성되지 않기 때문에, 이 경우에는 표면 및 배면에 의해 동질・같은 두께의 반사막(미러면 겸 전극(53))을 형성함으로써 내부 응력을 균형잡을 수 있어 압전 소자(52)의 평면도를 향상시킬 수 있다.

또, 제4 실시예의 경우(도 8 참조)는, 가요성 부재(2)의 경면에 설치된 전극 패턴(41a)에 의해 상태가 상이하게 된 부분을 형성하게 되어 있으므로, 여기에 알루미늄에 의한 반사막(3)을 성막하는 것은 원하는 변형 형상을 얻을 수 없게 되는 것을 의미한다. 따라서, 이 경우에는 앞의 도 28 및 도 29에 나타낸 바와 같이 표면의 일부에만 반사막(3)을 형성하여 평면도를 향상시키면 된다. 그리고, 제4 실시예의 변형예(도 9 참조)에서는, 상부 전극(41)을 가요성 부재(2)의 배면의 전체면에 걸쳐 형성할 수 있으므로, 이 경우에는 상부 전극(41)으로서 반사막(3)과 동질・같은 두께의 금속막을 형성함으로써 가요성 부재(2)의 평면도를 향상시킬 수 있다.

그리고, 이 도 33에서는, 가요성 부재(2)의 표면의 전체면에 걸쳐서 반사막(3)이 형성되었던 것에 대응시켜, 배면의 전체면에 걸쳐서 반사막(3)을 형성하는 경우를 예시했지만, 이에 대신하여 표면의 일부에만 반사막(3)을 형성하고, 배면에 대해서도 표면에 있어서 반사막(3)이 형성된 부분과 일치하는 부분에만 반사막(3)을 형성하도록 구성할 수도 있다. 이와 같은 구성으로 한 경우에도, 마찬가지로 가요성 부재(2)의 반사막(3)의 성막 후의 평면도를 향상시킬 수 있다.

그리고, 본 발명은 지금까지 설명한 각 실시예에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 각 실시예의 변형 가능한 미러 장치로서는, 블루 레이 디스크와 같은 고기록 밀도 디스크에 대응하는 광디스크 장치에 적용되는 경우를 예로 들었지만, 다른 광디스크로서, 복수개의 기록층이 형성된 광디스크에 대응하는 광디스크 장치이면 바람직하게 적용할 수 있다.

또, 단일의 기록층만이라도, 1주 내의 커버 두께의 변화에 추종한 구면 수차 보정을 행하는 광디스크 장치이면 바람직하게 적용할 수 있다.

또, 실시예에 있어서는, 강도 분포 패턴(2a), 전극 패턴(41a, 42a), 분극 반전 패턴(52a)은, 모두 동심원형으로 형성하는 것으로 하였으나, 구면 수차 보정에 필요한 변형 형상을 얻을 수 있는 것이면, 다른 패턴을 형성하는 것으로 해도 된다.

단, 이 경우에도, 일정한 구동력의 인가에 따라 원하는 변형 형상을 얻을 수 있도록 되어 있을 필요는 있다.

또, 각 실시예에 있어서, 상태가 상이하게 된 패턴은 원 또는 타원의 전체 둘레에 걸쳐 형성하는 경우를 예시했지만, 그 일부를 노치하는 등, 실제의 설계에 있어서는 반드시 각 패턴이 원 또는 타원의 전체 둘레에 걸쳐 형성되지 않아도 된다.

또, 제1, 제2, 제3, 제6, 제7 실시예에 있어서 가요성 부재(2)에 대하여 형성하는 강도 분포 패턴(2a)에 대하여, 제1, 제2, 제3 실시예와 같이 강도 분포 패턴(2a)으로서 동심원형의 패턴을 형성하는 경우에도, 제6, 제7 실시예와 같은 계단형으로 두께를 변화시킨 패턴을 형성할 수 있다.

역으로, 제6, 제7 실시예에 있어서의 동일한 중심을 가지는 타원 형상에 의한 강도 분포 패턴(2a)으로서도, 제1, 제2, 제3 실시예의 경우와 같이 계단형으로 하지 않는 패턴에 따라 형성할 수 있다.

또, 각 실시예에 있어서, 가요성 부재(2)에 대하여 형성하는 강도 분포 패턴(2a)으로서는, 예시한 것 같은 철부(凸部)를 형성하는 이외에도, 예를 들면, 가요성 부재(2)의 소정 위치에 재질이 상이한 부분을 혼재시키도록 함으로써도 형성할 수 있다.

단, 그 경우에는, 예를 들면, 상이한 재질이 소정의 위치에 소정의 비율로 포함되도록 가요성 부재(2)를 형성할 필요가 있고, 제조 공정이 복잡해져, 제조 비용이 증대할 가능성이 있다.

이것에 대하여 철부를 형성하는 실시예의 방법에 의하면, 가요성 부재(2)는 동일 재질로 할 수 있고, 강도 분포 패턴(2a)으로서는 에칭에 의해 형성하는 것이 가능해지므로, 그만큼 저비용으로 실현할 수 있는 메리트가 있다.

## 산업상 이용 가능성

전술한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 미러면이 형성된 가요성 부재에 대한 소정의 일정한 구동력의 인가에 따라 가요성 부재로서 원하는 변형 형상을 얻을 수 있으므로, 종래의 변형 가능한 미러와 같이 복수개의 압전 액츄에이터를 설치하여 부분적으로 상이한 구동력을 인가한다는 복잡한 구성을 사용하지 않고, 가요성 부재를 원하는 형상으로 변형시킬 수 있다. 이에 의하면, 변형 가능한 미러 장치로서 회로 규모의 대형화를 방지할 수 있고, 또 복수개의 압전 액츄에이터가 불필요하게 됨으로써, 복수개의 압전 액츄에이터를 구동 제어하기 위한 제어 회로도 필요하지 않게 할 수 있다.

또, 본 발명에 의하면, 가요성 부재는, 인가되는 구동력의 레벨에 따라 단계적으로 원하는 변형 형상으로 되므로, 미러면의 변형 형상은 2종 이상으로 할 수 있고, 신호 기록층이 3층 이상의 광디스크에 대해서도, 광학계의 설계 기준으로 되는 신호 기록층 이외의 모든 신호 기록층에 대하여 유효하게 구면 수차의 보정을 행할 수 있다.

또한, 본 발명에서는, 가요성 부재에서의 변형 태양에 대한 상태가 상이하게 된 부분을, 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 형성함으로써, 레이저광을 180도 반사하도록 된 경우와 90도 반사하도록 된 경우의 각각의 변화에 대응하

여, 구면 수차 보정을 양호하게 행할 수 있는 변형 가능한 미러 장치를 실현할 수 있다. 이와 같이 상태가 상이하게 된 부분을 동일한 중심을 가지는 원 또는 타원 형상에 의해 형성함으로써, 구동력이 인가되었을 때 응력이 집중되는 부분이 생기는 것을 방지할 수 있고, 이로써, 변형에 따른 가요성 부재의 분열이나 피로 파괴의 발생을 효과적으로 방지할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1 ~ 제5 실시예에 변형 가능한 미러 장치가 사용되는 광디스크 장치의 광학계를 나타낸 측면도이다.

도 2는 본 발명의 제1 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치를 나타낸 단면도이다.

도 3은 본 발명의 제1 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치에 있어서, 미러면이 변형된 상태를 나타낸 단면도이다.

도 4는 본 발명의 제1 실시예의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 가요성 부재를 나타낸 사시도이다.

도 5 (A) ~ (C)는 제1 실시예의 변형 가능한 미러 장치의 제조 방법의 일례를 설명하는 사시도이다.

도 6은 본 발명의 제2 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치를 나타낸 단면도이다.

도 7은 본 발명의 제3 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치를 나타낸 단면도이다.

도 8은 본 발명의 제4 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치를 나타낸 단면도이다.

도 9는 본 발명의 제4 실시예의 변형 가능한 미러 장치의 다른 예를 나타낸 단면도이다.

도 10은, 본 발명의 제5 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치를 나타낸 단면도이다.

도 11 (A) ~ (E)는 분극 반전 패턴의 형성 프로세스의 일례를 나타낸 단면도이다.

도 12 (A), (B)는, 도 1에 나타낸 광학계에 있어서의 주로 레이저광의 편광에 대하여 설명하기 위한 측면도이다.

도 13 (A), (B)는, 도 1에 나타낸 광학계에 1/4 파장판을 더 추가한 경우의 레이저광의 편광에 대하여 설명하기 위한 측면도이다.

도 14는 본 발명의 제6 및 제7 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치가 구비된 광학계를 나타낸 측면도이다.

도 15는 본 발명의 제6 및 제7 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치에서의 레이저광의 반사면(조사면)의 형상을 나타낸 평면도이다.

도 16은 본 발명의 제6 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치를 나타낸 단면도이다.

도 17 (A), (B)는 본 발명의 제6 및 제7 실시예의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 가요성 부재를 나타낸 단면도이다.

도 18은 본 발명의 제6 및 제7 실시예의 변형 가능한 미러 장치의 미러면의 변형 형상의 이상값의 일례에 대하여 나타낸 도면이다.

도 19는 본 발명의 제7 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치를 나타낸 단면도이다.

도 20은 본 발명의 제7 실시예의 변형 가능한 미러 장치에 의해 얻어지는 미러면의 변형 형상과 이상값을 대비해 나타낸 도면이다.

도 21은 본 발명의 제6 및 제7 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치의 미러면에 대한 레이저광의 입사광과 반사광의 관계를 예시적으로 나타낸 도면이다.

도 22는 가요성 부재에 형성하는 강도 분포 패턴의 일례를 나타낸 도면이다.

도 23 (A)는 본 발명의 제8 실시예를 제6 실시예에 적용한 경우의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 가요성 부재를 나타낸 평면도며, 도 23 (B)는 그 단면도이다.

도 24 (A)는 본 발명의 제8 실시예를 제7 실시예에 적용한 경우의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 가요성 부재를 나타낸 평면도이며, 도 24 (B)는 그 단면도이다.

도 25는 본 발명의 제8 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 가요성 부재의 변형 형상을 시뮬레이션에 의해 구한 결과를 나타낸 도면이다.

도 26은 본 발명의 제8 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 가요성 부재의 다른 예를 나타낸 단면도이다.

도 27은 본 발명의 제8 실시예로서의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 가요성 부재의 또다른 예를 나타낸 단면도이다.

도 28은 본 발명의 제9 실시예를 제6 실시예에 적용한 경우의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 변형 가능한 미러판을 나타낸 평면도이다.

도 29는 본 발명 실시예를 제7 실시예에 적용한 경우의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 변형 가능한 미러판을 나타낸 평면도이다.

도 30 (A), (B)는 본 발명의 제9 실시예의 변형 가능한 미러 장치에 구비된 변형 가능한 미러판의 제조 공정을 나타낸 평면도이다.

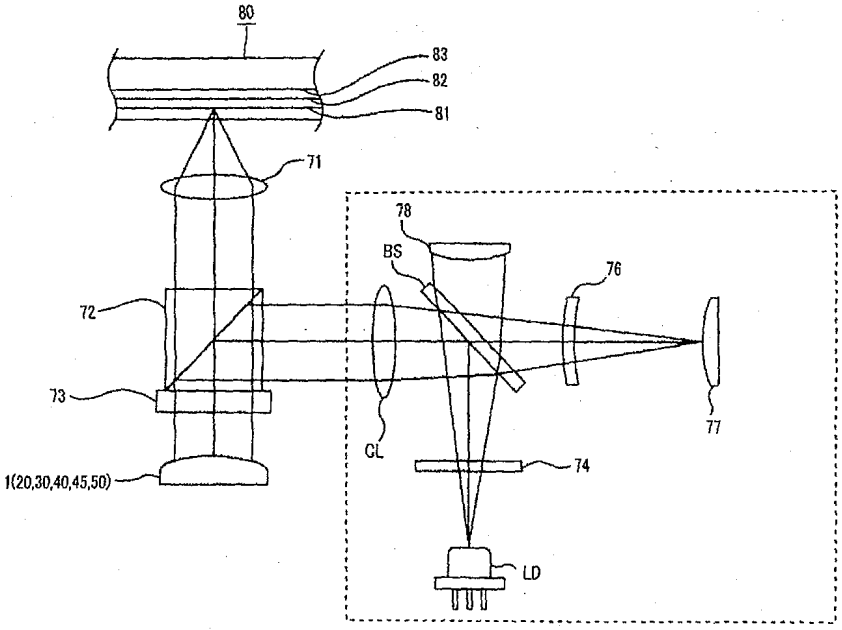
도 31은 가요성 부재의 표면의 전체면에 걸쳐서 반사막을 형성한 경우의 평면도 측정 결과를 나타낸 도면이다.

도 32는 가요성 부재의 표면의 일부에만 반사막을 형성한 경우의 평면도 측정 결과를 나타낸 도면이다.

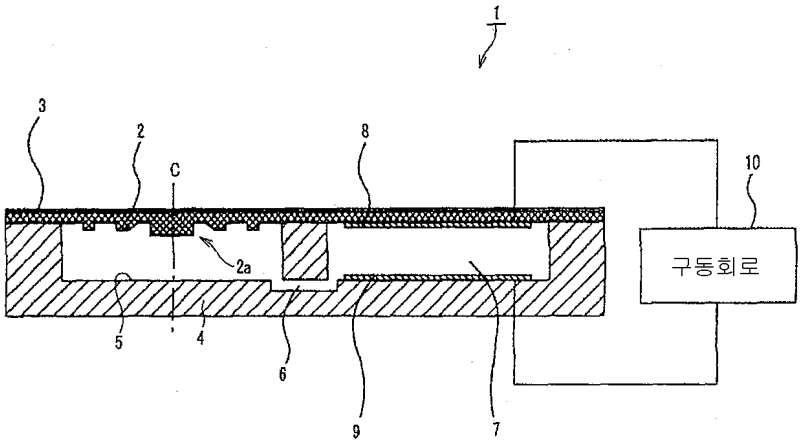
도 33은 본 발명의 제9 실시예의 다른 예를 나타낸 단면도이다.

도면

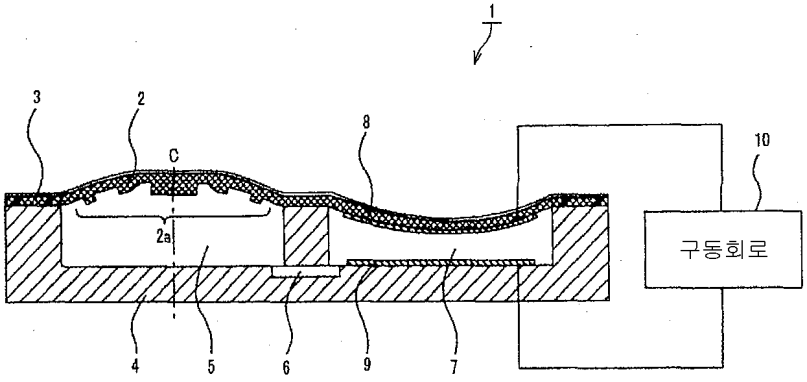
도면1


80
83
82
81
71
78
BS
76
72
73
77
CL
74
1(20,30,40,45,50)
LD

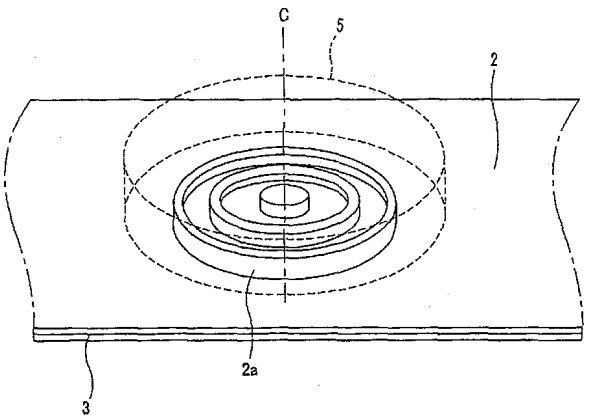
도면2


1
3
2
C
8
10
2a
구동회로
5
4
6
9
7

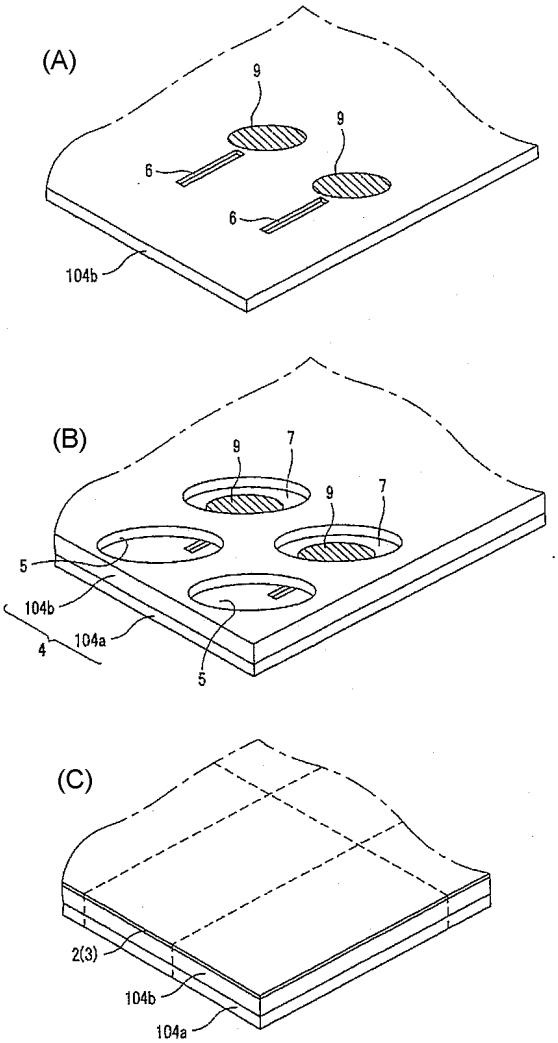
도면3


1
3
2
C
8
10
2a
구동회로
4
5
6
9
7

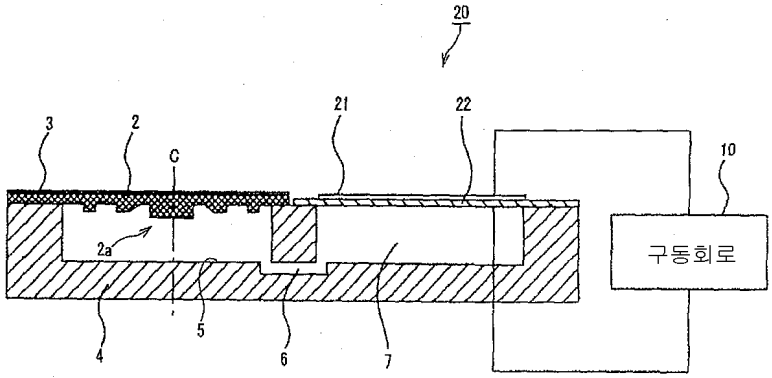
도면4



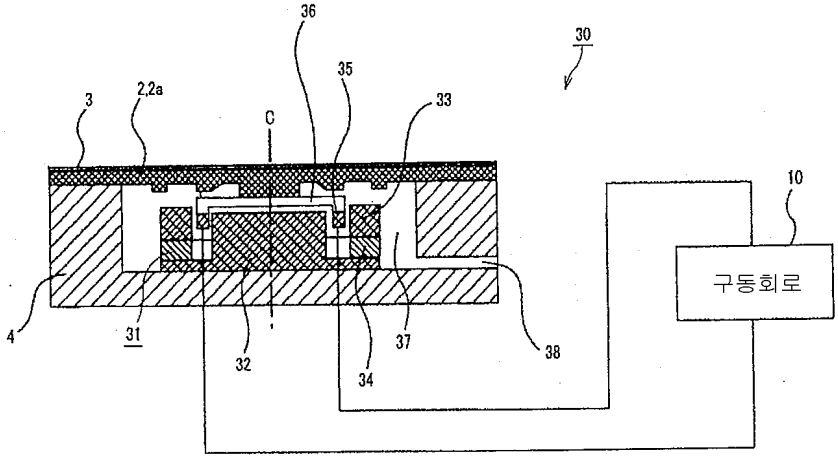

도면5



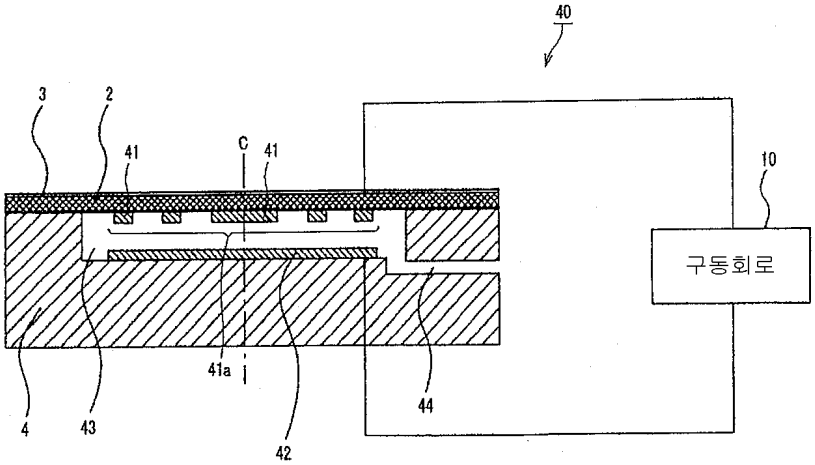
도면6


20
3
2
C
21
22
10
2a
구동회로
4
5
6
7

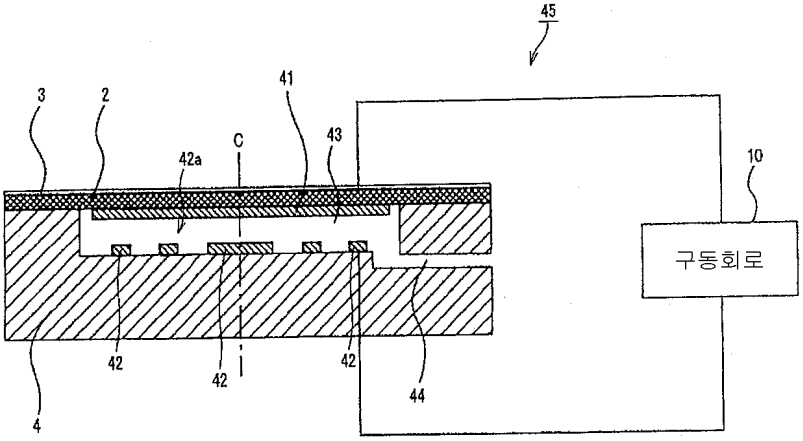
도면7


36
30
35
3
2,2a
C
33
10
구동회로
4
31
32
34
37
38

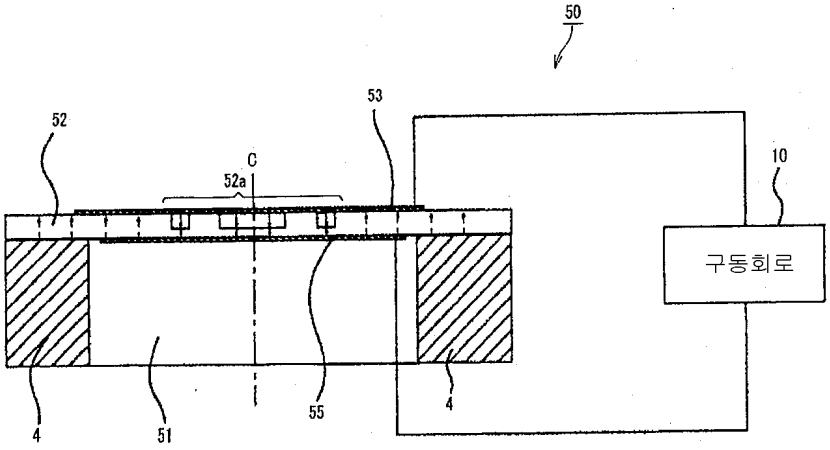
도면8


40
3
2
41
C
41
10
구동회로
41a
4
43
42
44

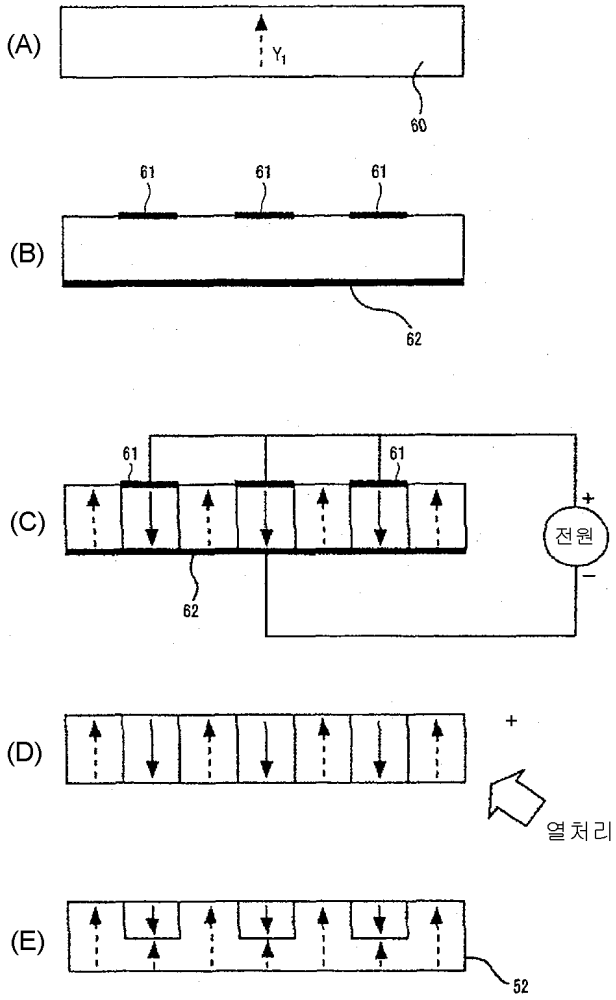
도면9



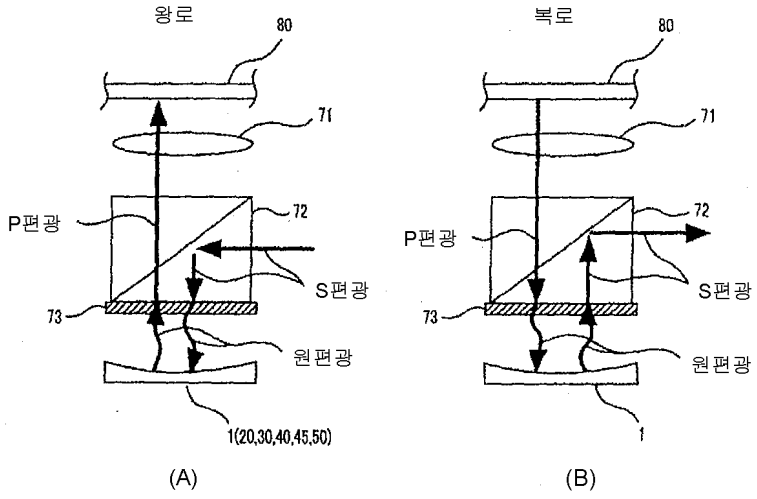

도면10



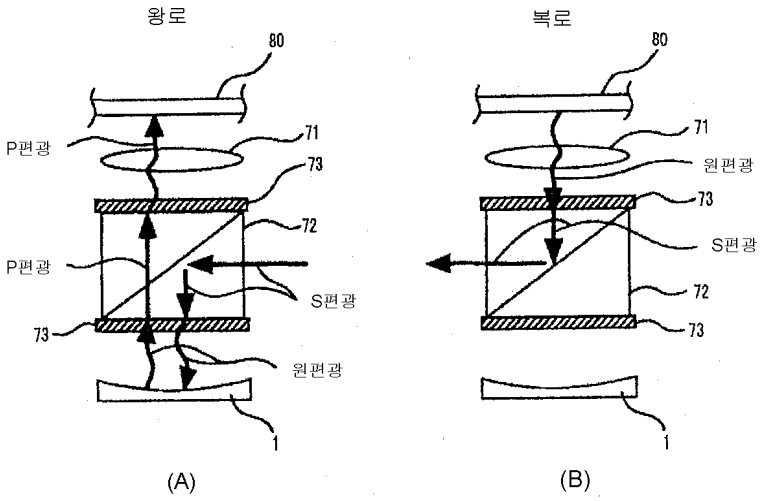
도면11


(A)
$Y_1$
60
61
61
61
(B)
62
61
61
(C)
62
+
전원
−
(D)
+
열처리
(E)
52

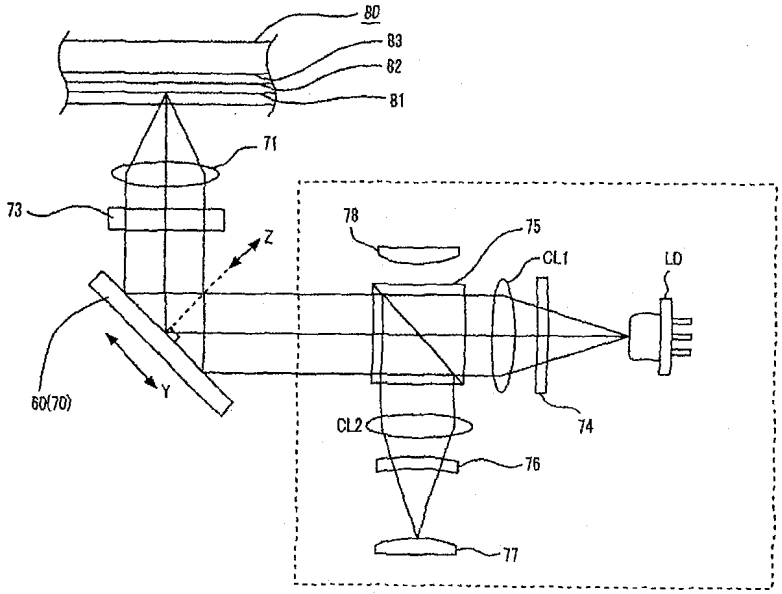
도면12


왕로
80
71
P편광
72
S편광
73
원편광
1(20,30,40,45,50)
(A)
복로
80
71
P편광
72
S편광
73
원편광
1
(B)

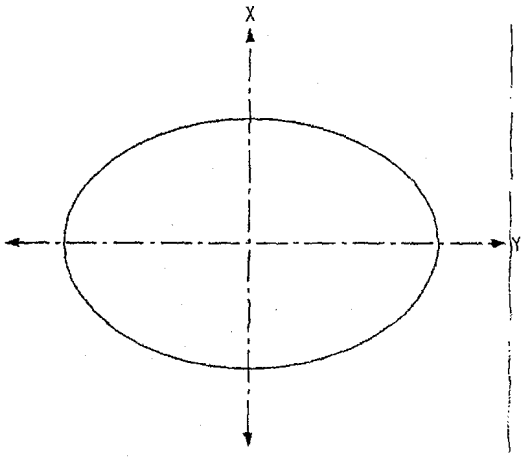
도면13


왕로
복로
80
71
73
72
P편광
S편광
원편광
1
(A)
(B)

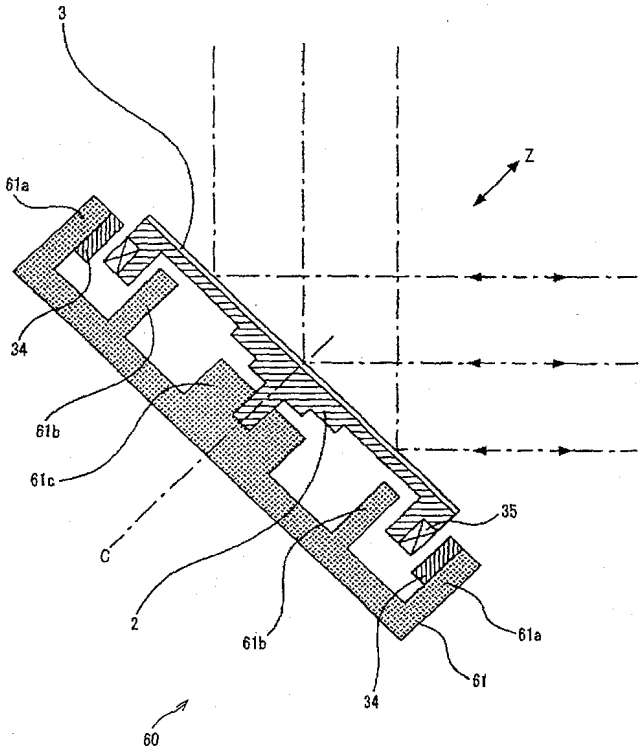
도면14


80
83
82
81
71
73
Z
Y
60(70)
78
75
CL1
LD
74
CL2
76
77

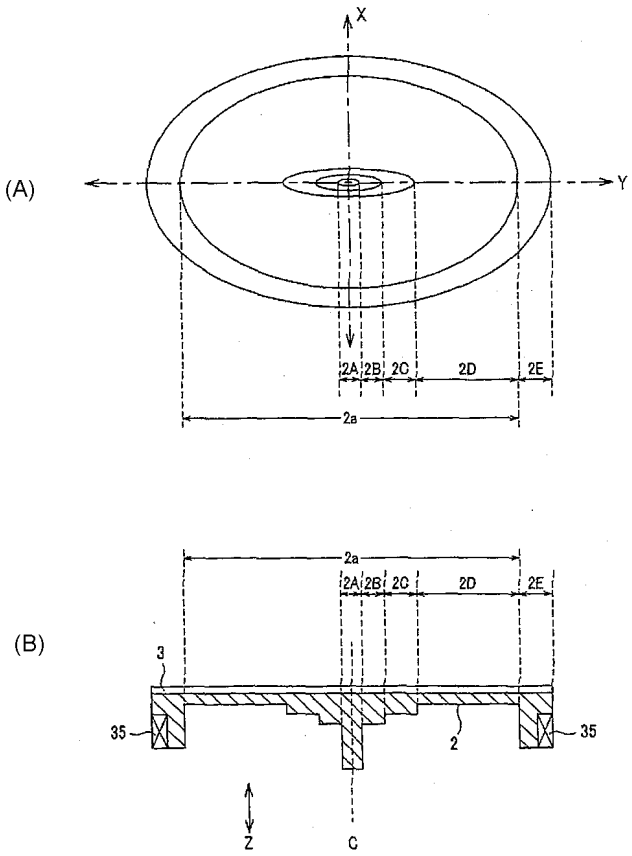
도면15



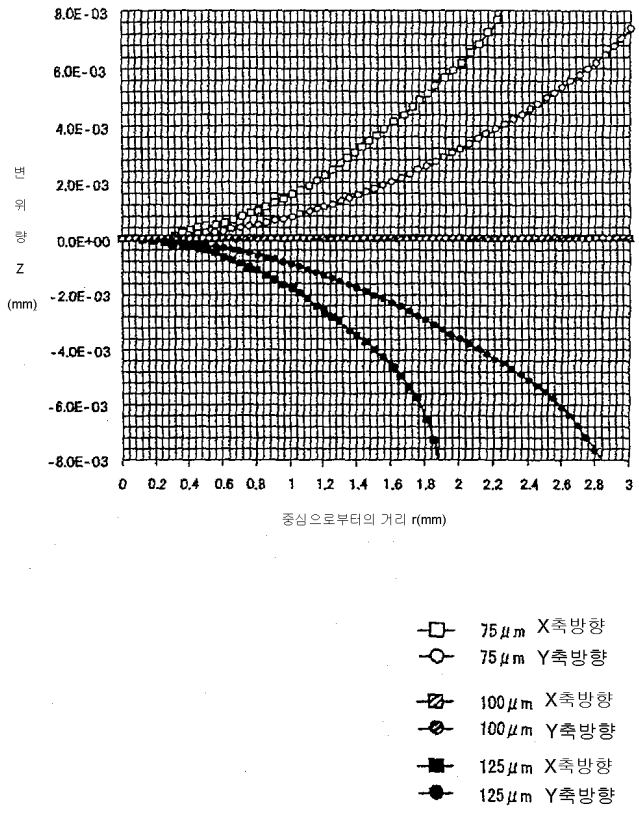

도면16



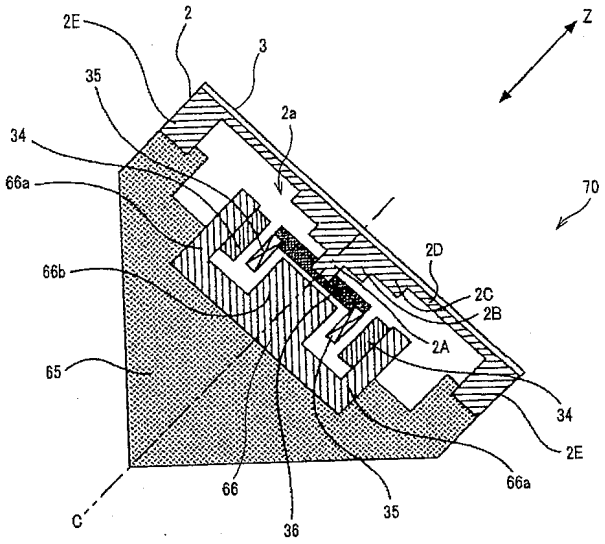
도면17


(A)
X
Y
2A
2B
2C
2D
2E
2a
(B)
2a
2A
2B
2C
2D
2E
3
35
35
2
Z
C

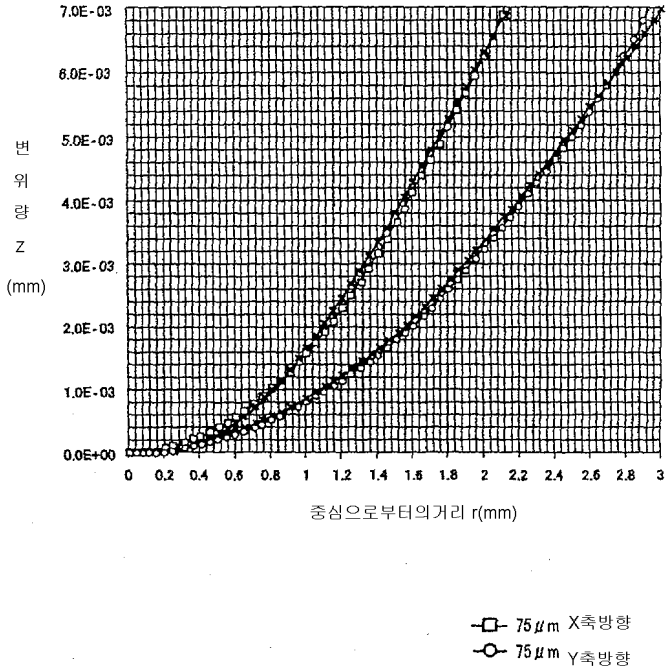
도면18


8.0E-03
6.0E-03
4.0E-03
2.0E-03
0.0E+00
-2.0E-03
-4.0E-03
-6.0E-03
-8.0E-03
편위량 Z (mm)
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2 2.2 2.4 2.6 2.8 3
중심으로부터의 거리 r(mm)
75μm X축방향
75μm Y축방향
100μm X축방향
100μm Y축방향
125μm X축방향
125μm Y축방향

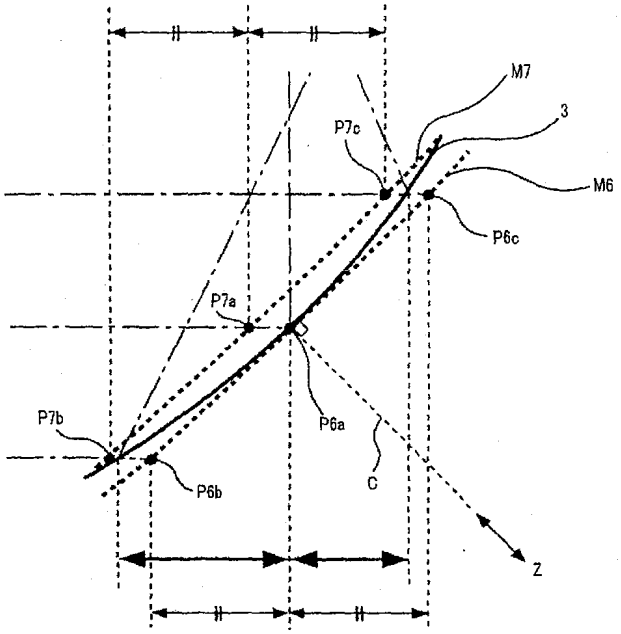
도면19


2E
2
3
35
34
66a
66b
65
2a
Z
70
2D
2C
2B
2A
34
2E
66a
35
36
66
C

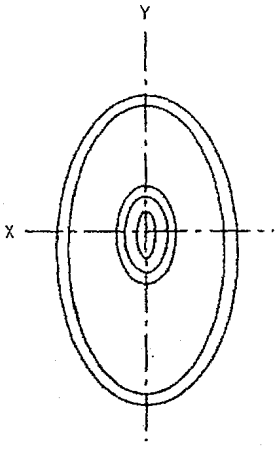
도면20


7.0E-03
6.0E-03
5.0E-03
4.0E-03
3.0E-03
2.0E-03
1.0E-03
0.0E+00
변위량 Z (mm)
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2 2.2 2.4 2.6 2.8 3
중심으로부터의거리 r(mm)
75㎛ X축방향
75㎛ Y축방향

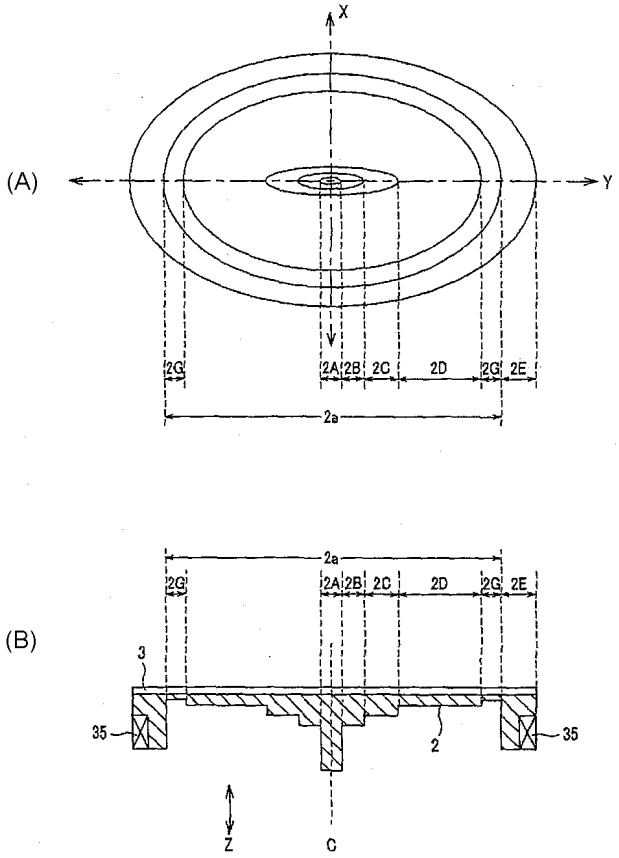
도면21



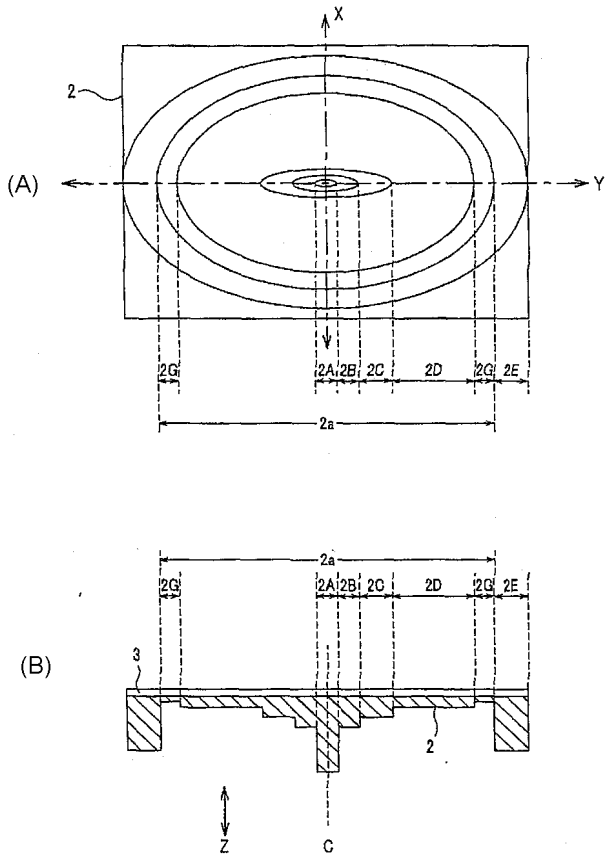

도면22



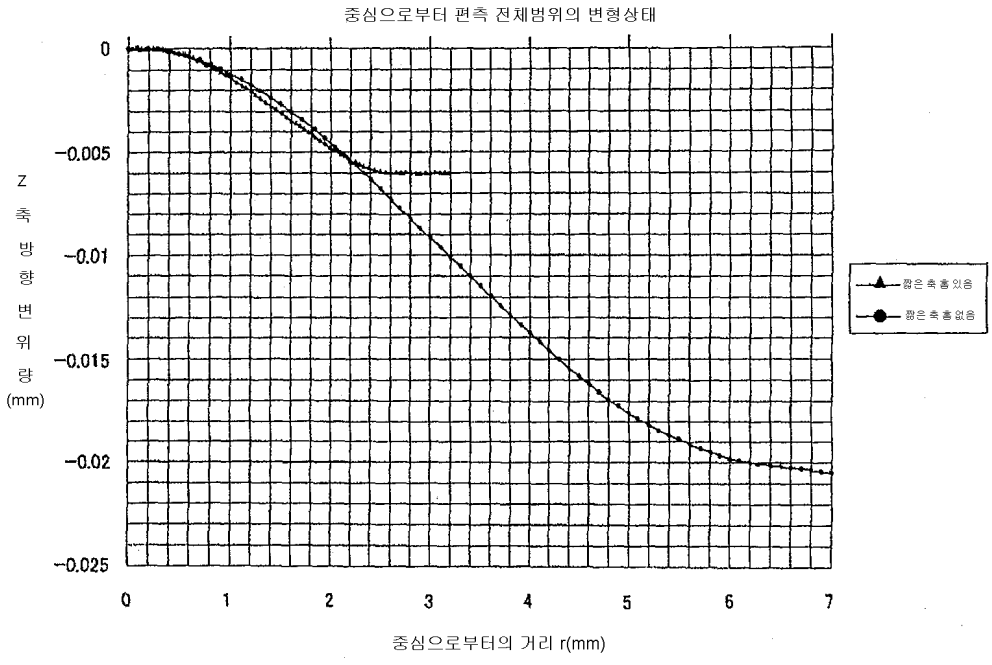
도면23



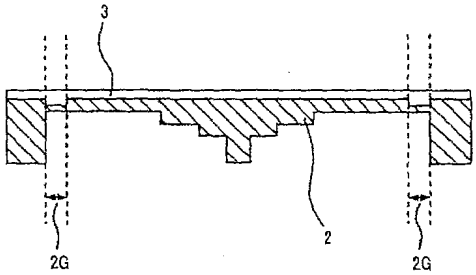
도면24


X
Y
(A)
2
2G
2A
2B
2C
2D
2G
2E
2a
(B)
3
Z
C

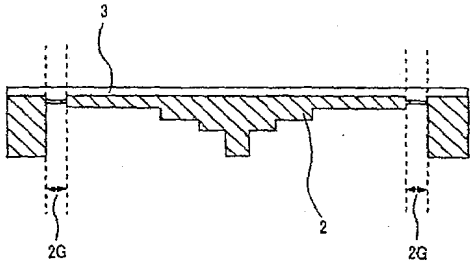
도면25


중심으로부터 편측 전체범위의 변형상태
Z 축 방 향 변 위 량 (mm)
0
-0.005
-0.01
-0.015
-0.02
-0.025
0
1
2
3
4
5
6
7
중심으로부터의 거리 r(mm)
광은축홀있음
광은축홀없음

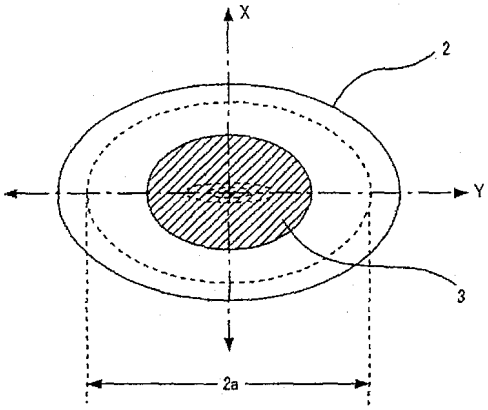
도면26



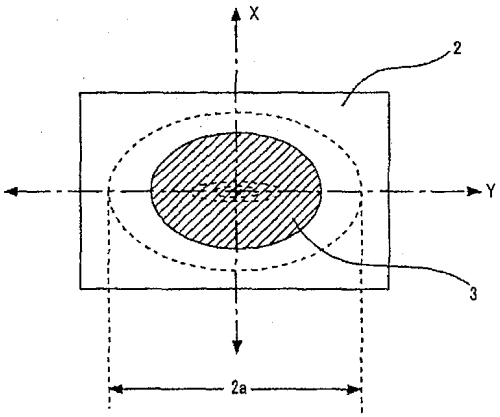

도면27



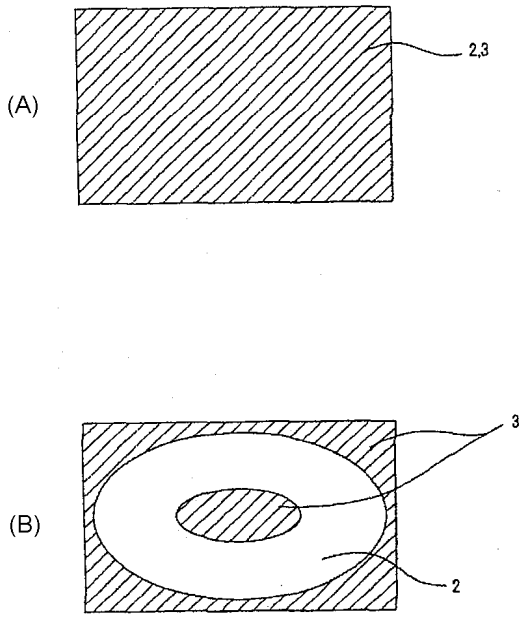

도면28



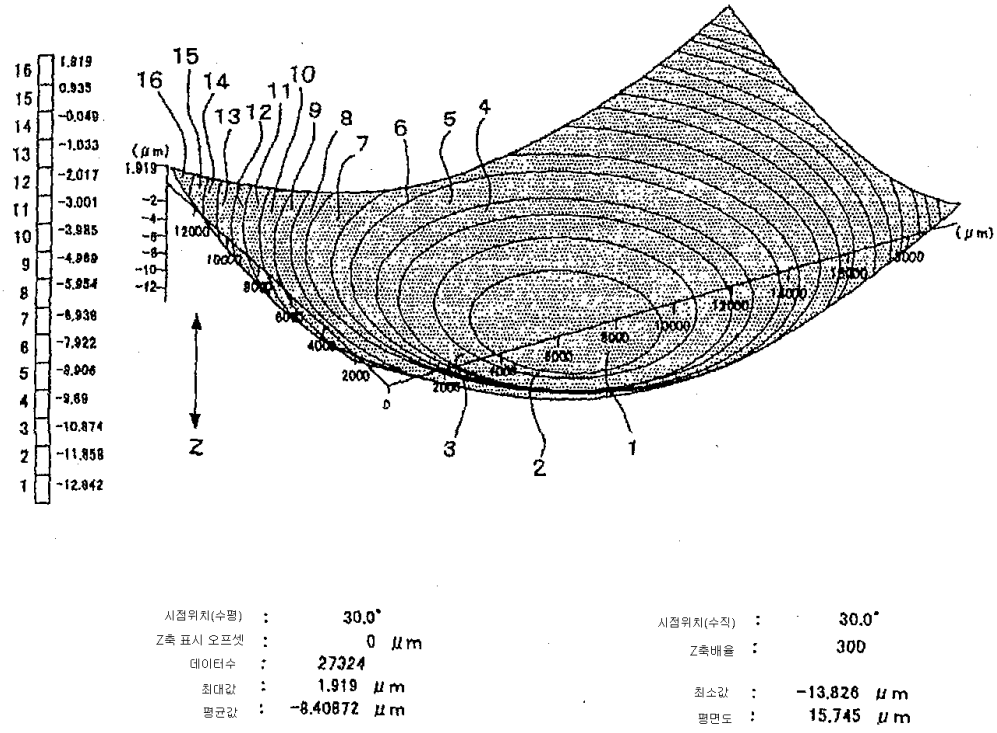

도면29



도면30



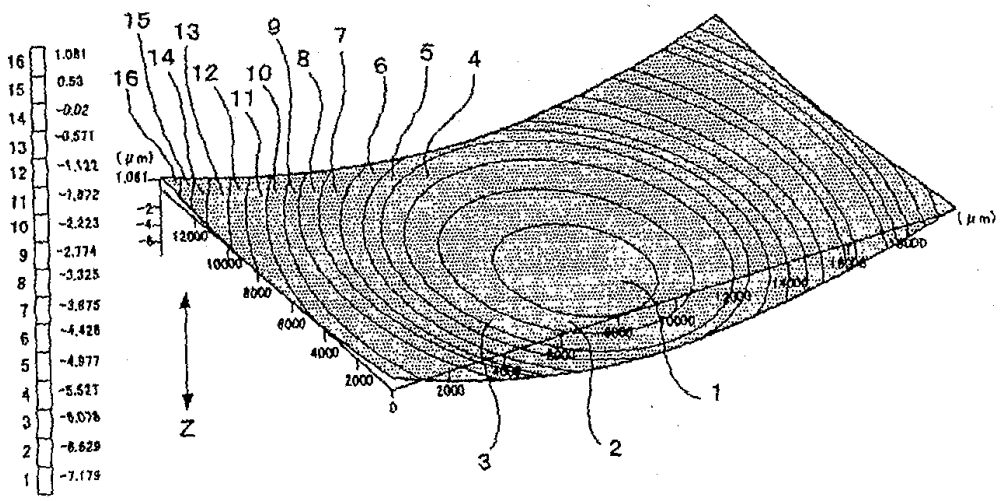

도면31




| | | |
|---|---|---|
| 시점위치(수평) | : | 30.0° |
| Z축 표시 오프셋 | : | 0 μm |
| 데이터수 | : | 27324 |
| 최대값 | : | 1.919 μm |
| 평균값 | : | -8.40872 μm |

| | | |
|---|---|---|
| 시점위치(수직) | : | 30.0° |
| Z축배율 | : | 300 |
| 최소값 | : | -13.826 μm |
| 평면도 | : | 15.745 μm |

도면32




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 시점위치(수평) | : | 30.0° | 시점위치(수직) | : | 30.0° |
| Z축 표시 오프셋 | : | 0 μm | Z축배율 | : | 300 |
| 데이터수 | : | 27324 | | | |
| 최대값 | : | 1.081 μm | 최소값 | : | -7.73 μm |
| 평균값 | : | -4.56851 μm | 평면도 | : | 8.811 μm |

도면33

