(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년03월11일
(11) 등록번호 10-0888080
(24) 등록일자 2009년03월03일

(51) Int. Cl.
G02B 26/08 (2006.01) *H01L 21/77* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0037474
(22) 출원일자 2008년04월22일
심사청구일자 2008년04월22일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020040020305 A*
KR1020070118882 A
KR1020050016540 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교내
(72) 발명자
박일흥
경기 성남시 분당구 수내동 양지마을금호3단지아파트 306-1604
박재형
서울 관악구 봉천동 해태보라매주상타운 1607
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태동

전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 이상웅

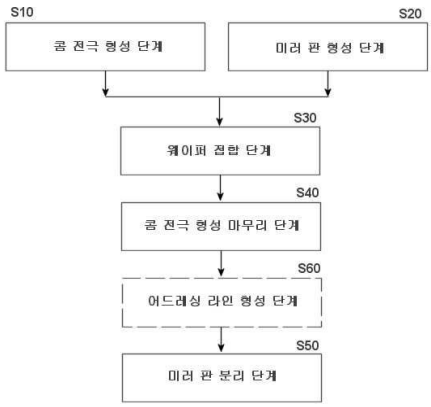
(54) 마이크로미러 어레이 제작 방법

(57) 요 약

본 발명은 마이크로미러 어레이 제작 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 미러 판(mirror plate), 상기 미러 판을 정전력(electrostatic force)으로 구동하는 구동부를 포함하는 마이크로미러 어레이를 제작하는 방법으로서, (1) 제1 웨이퍼에 상기 구동부를 위한 콤 전극을 형성하는 콤 전극 형성 단계; (2) 제2 웨이퍼에 상기 미러 판을 형성하는 미러 판 형성 단계; (3) 상기 제1 웨이퍼와 상기 제2 웨이퍼를 접합하는 웨이퍼 접합 단계; (4) 상기 웨이퍼 접합 단계에 의해 상기 제1 웨이퍼와 상기 제2 웨이퍼가 접합된 상태로, 상기 제1 웨이퍼의 하부로부터 식각하여 콤 전극의 형성을 마무리하는 콤 전극 형성 마무리 단계; 및 (5) 상기 제2 웨이퍼에 형성된 상기 미러 판을 미러별로 분리하는 미러 판 분리 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이 제작 방법에 따르면, 구동부를 형성하는 도중에 별개의 웨이퍼에서 형성된 미러 판을 웨이퍼 접합에 의해 구동부와 접합한 후, 구동부와 미러 판이 접합된 상태로 구동부의 형성을 마무리함으로써, 구동부가 미러 판 하부에 위치하면서 동시에 미러 판에 어떠한 결점도 발생하지 않도록 하여, 그 결과 제작된 마이크로미러 어레이가 큰 채움 인자를 갖도록 할 수 있다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

김민수

서울 강남구 압구정동 한양아파트 26동 701호

전진아

서울 송파구 잠실6동 장미아파트 25동 1006호

서정은

서울 서대문구 대현동 럭키아파트 106동 601호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	R16
부처명	과학기술부
연구사업명	창의적 연구진흥 지원연구
연구과제명	MEMS 기반 차세대 우주망원경 개발을 통한 극한에너지 우주현상 연구
주관기관	MEMS 우주망원경 연구단
연구기간	2006년 04월 01일 ~ 2015년 02월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

미러 판(mirror plate), 상기 미러 판을 정전력(electrostatic force)으로 구동하는 구동부를 포함하는 마이크로미러 어레이를 제작하는 방법으로서,

(1) 제1 웨이퍼에 상기 구동부를 위한 콤 전극을 형성하는 콤 전극 형성 단계;

(2) 제2 웨이퍼에 상기 미러 판을 형성하는 미러 판 형성 단계;

(3) 상기 제1 웨이퍼와 상기 제2 웨이퍼를 접합하는 웨이퍼 접합 단계;

(4) 상기 웨이퍼 접합 단계에 의해 상기 제1 웨이퍼와 상기 제2 웨이퍼가 접합된 상태로, 상기 제1 웨이퍼의 하부로부터 식각하여 콤 전극의 형성을 마무리하는 콤 전극 형성 마무리 단계; 및

(5) 상기 제2 웨이퍼에 형성된 상기 미러 판을 미러별로 분리하는 미러 판 분리 단계

를 포함하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 콤 전극 형성 단계에서, 다단계 식각 단차를 이용하여 상부 콤 전극, 회전 스프링, 하부 콤 전극을 형성하는 것을 특징으로 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 미러 판 형성 단계는, 상기 미러 판에 미러 지지 기둥 형상을 패터닝 하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 웨이퍼 접합 단계에서의 웨이퍼 접합 방법으로, 퓨전 본딩(fusion bonding), 유테틱 본딩(eutectic bonding), 어드히전 본딩(adhesion bonding) 중 하나의 방법이 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 콤 전극 형성 마무리 단계와 상기 미러 판 분리 단계 사이에 어드레싱 라인 형성 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 어드레싱 라인 형성 단계는,

a. 제3 웨이퍼에 마이크로미러 어레이의 각 미러를 구동하기 위한 어드레싱 라인을 형성하는 어드레싱 라인 형성 단계; 및

b. 상기 제3 웨이퍼를 상기 제1 웨이퍼의 완성된 구동부 하부에 접합하는 제3 웨이퍼 접합 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제3 웨이퍼로서 유리 기판이 사용될 수 있으며, 상기 유리 기판을 식각하여 그 내부에 배선을 형성하는 것을 특징으로 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 미러 판 분리 단계는, 상기 미러 판을 원하는 두께로 얇게 가공한 후, 미러별로 분리하는 것을 특징으로 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 미러 판 분리 단계는, 상기 미러 판 표면에 알루미늄을 마스크로 패터닝 한 후, 실리콘 식각으로 미러 판을 미러별로 분리하도록 구성될 수 있는 것을 특징으로 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 마이크로미러 어레이 제작 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 구동부를 형성하는 도중에 별개의 웨이퍼에서 형성된 미러 판을 웨이퍼 접합에 의해 구동부와 접합한 후, 구동부와 미러 판이 접합된 상태로 구동부의 형성을 마무리함으로써, 구동부가 미러 판 하부에 위치하면서 동시에 미러 판에 어떠한 결점도 발생하지 않도록 하여, 그 결과 제작된 마이크로미러 어레이가 큰 채움 인자를 갖도록 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> NxN개의 마이크로미러가 요구되는 광 스위치나 다픽셀 디스플레이소자, 망원경과 같은 새로운 분야의 광학계에서는 단일 미러가 아닌 미러 어레이가 필요하다. 어레이를 필요로 하는 마이크로미러 소자의 경우 미러 판과 미러 판을 회전시키는 구동부(actuator)의 면적에 따라 채움 인자(fill-factor)가 결정된다. 즉, 미러 판의 면적 대비 구동부가 차지하는 면적을 줄여야지만 전체 소자의 채움 인자를 증가시킬 수 있다. 종래의 디스플레이용 마이크로미러 어레이의 경우 디지털 방식의 구동을 하는 미러로서 1축 방향의 미러 회전을 이용하였다. 도 1은 1축 방향 디지털 방식으로 구동하는 마이크로미러 어레이 소자의 예를 나타내는 도면으로서, 각각 TI(Texas Instrument) 사와 NASA GSFC에서 개발된 소자를 나타내는 도면이다. 도 1에서 확인할 수 있는 바와 같이, 마이크로미러의 미러 판 하부에 구동부가 숨겨지거나 미러 판 자체가 구동 전극의 역할을 함으로써 채움 인자를 개선하였음을 확인할 수 있다. 그러나 도 1에 도시된 것과 같은 미러의 제작 공정은 표면 미세 가공 공정(surface micromachining)으로 이루어지게 되고, 따라서 미러 판의 재질을 쌓아올리고 에칭(etching)하는 과정에서 미러 판과 구동부의 접합 및 지지부 형성을 위해 미러 판 가운데 부분에 구멍이 생기는 것을 피할 수 없다. 이는 채움 인자를 떨어뜨림과 동시에 광학계의 성능을 저하시키는 요인이 된다.

<3> 한편, 종래의 2축 구동 마이크로미러는 레이저 스캐너나 디스플레이 소자용 목적으로 단일 미러로서 구현되는 경우가 대부분이었다. 단일 미러의 경우 입사광이 반사되는 미러 판 주변에 미러를 구동하는 구동부의 설계가 자유롭다. 즉, 하나의 미러 판만을 필요로 하기 때문에 미러를 구동하는 구동부 면적이나 전체 채움 인자는 크게 중요하지 않다. 도 2는 Lucent 사에서 개발한 2축 마이크로미러의 예를 나타내는 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 미러 판이 구동부와 같은 층에 형성되며 따라서 구동부가 미러 판 바깥쪽으로 노출되어 있다. 이와 같은 구조로는 채움 인자가 큰 마이크로미러 어레이를 제작할 수 없으며, 구동부의 면적을 줄인다고 하더라도 채움 인자의 획기적인 개선은 어렵다고 할 수 있다.

<4> NxN개의 마이크로미러가 요구되는 광 스위치나 광시야각 위치 추적 망원경과 같은 새로운 분야의 광학계에서 임의의 방향으로 회전할 수 있는 마이크로미러의 필요성이 대두되고 있으며, 이외에도 다양한 광학 응용 분야에서 임의의 각으로 회전할 수 있는 고속 마이크로미러의 응용 가능성은 갈수록 커지고 있다. 따라서 마이크로미러 어레이의 제작에 있어서 구동부를 미러 판 아래에 위치시킴과 동시에 미러 판이 구동부에 부착될 때 생기는 형상(흠, 결점)을 없앰으로써 전체 채움 인자를 개선하는 것이 필요하다. 특히 2축 마이크로미러 어레이의 경우

기존의 기술을 이용할 때 큰 채움 인자를 갖는 어레이의 제작이 용이하지 않으므로, 큰 채움 인자를 갖는 마이크로미러 어레이를 제작할 수 있는 새로운 마이크로미러 제작 방법에 대한 필요성이 대두되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<5> 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 구동부를 형성하는 도중에 별개의 웨이퍼에서 형성된 미러 판을 웨이퍼 접합에 의해 구동부와 접합한 후, 구동부와 미러 판이 접합된 상태로 구동부의 형성을 마무리함으로써, 구동부가 미러 판 하부에 위치하면서 동시에 미러 판에 어떠한 결점도 발생하지 않도록 하여, 그 결과 제작된 마이크로미러 어레이가 큰 채움 인자를 갖도록 하는 마이크로미러 어레이 제작 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

<6> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 마이크로미러 어레이를 제작하는 방법은,

<7> 미러 판(mirror plate), 상기 미러 판을 정전력(electrostatic force)으로 구동하는 구동부를 포함하는 마이크로미러 어레이를 제작하는 방법으로서,

<8> (1) 제1 웨이퍼에 상기 구동부를 위한 콤 전극을 형성하는 콤 전극 형성 단계;

<9> (2) 제2 웨이퍼에 상기 미러 판을 형성하는 미러 판 형성 단계;

<10> (3) 상기 제1 웨이퍼와 상기 제2 웨이퍼를 접합하는 웨이퍼 접합 단계;

<11> (4) 상기 웨이퍼 접합 단계에 의해 상기 제1 웨이퍼와 상기 제2 웨이퍼가 접합된 상태로, 상기 제1 웨이퍼의 하부로부터 식각하여 콤 전극의 형성을 마무리하는 콤 전극 형성 마무리 단계; 및

<12> (5) 상기 제2 웨이퍼에 형성된 상기 미러 판을 미러별로 분리하는 미러 판 분리 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

<13> 바람직하게는, 상기 콤 전극 형성 단계에서, 다단계 식각 단차를 이용하여 상부 콤 전극, 회전 스프링, 하부 콤 전극을 형성한다.

<14> 바람직하게는, 상기 미러 판 형성 단계는, 상기 미러 판에 미러 지지 기둥 형상을 패터닝 하는 단계를 더 포함할 수 있다.

<15> 바람직하게는, 상기 웨이퍼 접합 단계에서의 웨이퍼 접합 방법으로, 퓨전 본딩(fusion bonding), 유테틱 본딩(eutectic bonding), 어드히전 본딩(adhesion bonding) 중 하나의 방법이 사용될 수 있다.

<16> 바람직하게는, 상기 콤 전극 형성 마무리 단계와 상기 미러 판 분리 단계 사이에 어드레싱 라인 형성 단계를 더 포함할 수 있다.

<17> 더욱 바람직하게는, 상기 어드레싱 라인 형성 단계는,

<18> a. 제3 웨이퍼에 마이크로미러 어레이의 각 미러를 구동하기 위한 어드레싱 라인을 형성하는 어드레싱 라인 형성 단계; 및

<19> b. 상기 제3 웨이퍼를 상기 제1 웨이퍼의 완성된 구동부 하부에 접합하는 제3 웨이퍼 접합 단계를 포함할 수 있다.

<20> 더더욱 바람직하게는, 상기 제3 웨이퍼로서 유리 기판이 사용될 수 있으며, 상기 유리 기판을 식각하여 그 내부에 배선을 형성한다.

<21> 더더욱 바람직하게는, 상기 미러 판 분리 단계는, 상기 미러 판을 원하는 두께로 얇게 가공한 후, 미러별로 분리한다.

<22> 바람직하게는, 상기 미러 판 분리 단계는, 상기 미러 판 표면에 알루미늄을 마스크로 패터닝 한 후, 실리콘 식각으로 미러 판을 미러별로 분리하도록 구성될 수 있다.

효 과

<23> 본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이 제작 방법에 따르면, 구동부를 형성하는 도중에 별개의 웨이퍼에서 형성된 미러 판을 웨이퍼 접합에 의해 구동부와 접합한 후, 구동부와 미러 판이 접합된 상태로 구동부의 형성을 마무리함으로써, 구동부가 미러 판 하부에 위치하면서 동시에 미러 판에 어떠한 결점도 발생하지 않도록 하여, 그 결과 제작된 마이크로미러 어레이가 큰 채움 인자를 갖도록 할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<24> 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명에 따른 실시예에 대하여 상세하게 설명하기로 한다.

<25> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로미러 어레이 제작 방법의 구성을 나타내는 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로미러 어레이 제작 방법은, 콤 전극 형성 단계(S10), 미러 판 형성 단계(S20), 웨이퍼 접합 단계(S30), 콤 전극 형성 마무리 단계(S40), 및 미러 판 분리 단계(S50)를 포함한다. 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로미러 어레이 제작 방법은, 콤 전극 형성 마무리 단계(S40)와 미러 판 분리 단계(S50) 사이에 어드레싱 라인 형성 단계(S60)를 더 포함할 수 있다.

<26> 콤 전극 형성 단계(S10)는, 제1 웨이퍼에 구동부를 위한 콤 전극을 형성하는 역할을 한다. 콤 전극 형성 단계(S10)에서는, 다단계 식각 단차를 이용하여 상부 콤 전극, 회전 스프링, 하부 콤 전극을 형성한다.

<27> 미러 판 형성 단계(S20)는, 제2 웨이퍼에 미러 판을 형성하는 역할을 한다. 미러 판 형성 단계(S20)는, 미러 판에 미러 지지 기둥 형상을 패터닝 하는 단계를 더 포함할 수 있다. 미러 지지 기둥은 미러 판 및 구동부와 연결되며, 미러 판을 지지하는 역할을 한다. 콤 전극 형성 단계(S10)와 미러 판 형성 단계(S20)는 서로 다른 웨이퍼에서 수행되기 때문에 그 순서가 제한이 없다. 즉, 콤 전극 형성 단계(S10) 이후 미러 판 형성 단계(S20)가 수행될 수 있으며, 반대로 미러 판 형성 단계(S20) 이후 콤 전극 형성 단계(S10)가 수행될 수 있다.

<28> 웨이퍼 접합 단계(S30)는, 콤 전극 형성 단계(S10)에서 콤 전극이 형성된 제1 웨이퍼와, 미러 판 형성 단계(S20)에서 미러 판이 형성된 제2 웨이퍼를 접합하는 역할을 한다. 웨이퍼 접합 단계(S30)에서의 웨이퍼 접합 방법으로는, 퓨전 본딩(fusion bonding), 유테틱 본딩(eutectic bonding), 어드히전 본딩(adhesion bonding) 중 하나의 방법이 사용될 수 있다.

<29> 콤 전극 형성 마무리 단계(S40)는, 웨이퍼 접합 단계(S30)에 의해 제1 웨이퍼와 제2 웨이퍼가 접합된 상태로, 제1 웨이퍼의 하부로부터 식각하여 콤 전극의 형성을 마무리하는 역할을 한다.

<30> 미러 판 분리 단계(S50)는, 제2 웨이퍼에 형성된 미러 판을 미러별로 분리하는 역할을 한다. 미러 판 분리 단계(S50)는, 미러 판 표면에 알루미늄을 마스크로 패터닝 한 후, 실리콘 식각으로 미러 판을 미러별로 분리하도록 구성될 수 있다.

<31> 콤 전극 형성 마무리 단계(S40)와 미러 판 분리 단계(S50) 사이에는, 어드레싱 라인 형성 단계(S60)가 더 포함될 수 있다. 어드레싱 라인 형성 단계(S60)는, 제3 웨이퍼에 마이크로미러 어레이의 각 미러를 구동하기 위한 어드레싱 라인을 형성하는 어드레싱 라인 형성 단계; 및 제3 웨이퍼를 제1 웨이퍼의 완성된 구동부 하부에 접합하는 제3 웨이퍼 접합 단계를 포함할 수 있다. 이때, 제3 웨이퍼로서 유리 기판이 사용될 수 있으며, 유리 기판을 식각하여 그 내부에 배선을 형성할 수 있다. 이는 어드레싱 라인이 원하지 않는 실리콘 전극과 전기적으로 연결되는 것을 피하기 위함이다. 어드레싱 라인 형성 단계(S60)가 포함되는 경우, 미러 판 분리 단계(S50)는, 미러 판을 원하는 두께로 얇게 가공한 후, 미러별로 분리할 수도 있다. 이때, 미러 판을 원하는 두께로 얇게 가공하는 공정으로서는, 화학-기계적 연마(Chemical-Mechanical Polishing; CMP) 공정 등이 이용될 수 있다. 하부에 어드레싱 라인이 형성된 제3 웨이퍼가 접합되어 있으면, 이 상태에서 미러 판을 원하는 두께로 얇게 갈아내더라도 전체 웨이퍼를 핸들링 하는데 문제가 없게 된다. 만약 어드레싱 라인이 형성된 제3 웨이퍼가 없으면 구동부의 두께가 핸들링하기에는 얇기 때문에 미러 판을 원하는 두께만큼 얇게 갈아내기 어렵게 된다. 즉, 본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이 제작 방법에 따르면, 미러 판에 흠이 없으면서도 궁극적으로는 얇은 미러 판을 가지고 2축 구동이 가능한 마이크로미러 어레이를 만들 수 있게 된다.

<32> 이하에서 본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이 제작 방법에 대하여 좀 더 구체적으로 살펴보기로 한다.

<33> 본 발명의 일 실시예에 따른 2축 구동 마이크로미러 어레이의 구동은 콤 타입(comb type) 전극을 이용한 정전력 구동 방식을 채택한다. 콤 타입의 구동기는 기계적으로 움직이는 구동부(rotor)와 정지해 있는 고정부(stator) 사이의 정전 용량을 최대한 크게 하기 위해 사용된다. 구동부의 말단은 머리 빗 모양으로 생겼으며 역시 비슷

한 모양의 고정부와 일정한 간극을 두고 깍지를 낀(interdigitated)형태를 취하는데 그 형상이 빗 모양과 유사하다 하여 콤 타입이라고 한다. 본 발명에서 제안하고 있는 제작 방법에 따른 마이크로미러는, 두 축을 중심으로 미러가 회전함으로써 입력되는 광신호의 방향을 제어한다. 따라서 설계된 본 미러에 도입된 콤 타입 구동기의 구동부와 고정부는 도 4와 같이 수직으로 배치된다. 이를 수직 방향 콤 구동기라 한다. 구동부와 고정부는 스프링으로 연결되어 있다. 전압을 인가하면 정전 용량이 변화하고, 변화량에 비례하여 스프링을 중심으로 구동부가 회전하는 토크(torque)가 발생한다. 하지만 스프링에서 원래의 모양으로 복원되려는 기계적인 토크가 역으로 발생하므로 이 둘이 평형을 이루는 평형점이 존재하게 된다. 즉, 특정 각도만큼 기울어진 상태를 유지한다. 도 5는 본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이 제작 방법에 의해 제작된 마이크로미러의 전체적인 모양을 간략하게 나타내는 도면이다. 미러의 두 축을 중심으로 수직 콤 구동기에 짐벌 구조(gimbal structure)가 도입되었다. 짐벌을 기준으로 내부의 구동부는 x축 구동을 하게 되고, 짐벌 구조 자체가 y축 구동을 하게 됨으로써, 2축 구동이 가능하다. 특히, 이론적으로는 한 축의 구동 전압이 다른 축의 구동에 거의 영향을 주지 않기 때문에 축간 간섭을 최소화할 수 있는 것이 본 구조의 장점이다. 미러가 네 방향으로 기울어져야 하므로 네 군데의 전극이 전기적으로 격리(isolation)되어 있다. 마이크로미러가 어레이의 형태를 취할 때 높은 채움 인자(fill-factor)를 만족시키려면 개별 미러들이 좁은 공간에 집적되어야 한다. 따라서 칩 외부의 전압원과 어레이 내부의 미러 전극 간의 연결이 용이하도록 추가적인 기판을 제작하고 이를 구동부가 집적되어 있는 기판과 접합하는 공정으로 제작된다.

<34> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 콤 구동 마이크로미러 어레이의 제작 공정을 나타내는 도면이다. 제작 과정은 크게, 구동기의 상하부 콤 전극 형성 공정, 미러 판 제작 공정, 및 미러 판과 구동부와의 접합 공정, 콤 전극 형성 마무리 공정, 유리 기판에 어드레싱 라인 형성 및 양극 접합 공정, 개별 미러의 분리 공정으로 나누어질 수 있다.

<35> 도 6a 내지 6d는 구동부의 상하부 콤 형성 공정을 나타낸다. 구동부와 고정부는 전기적으로 격리되어야 하므로 SOI(Silicon On Insulator) 웨이퍼를 사용하여 구동기를 제작한다. 먼저, 수직 방향으로 배치되어 있는 콤 구동부의 모양을 형성한다. 다음으로, 스프링의 두께를 얇게 만들어 구동 각도를 향상시키기 위하여 세 단계로 실리콘 이방 식각(silicon anisotropic etch)을 한다. 이 공정에서 세 층의 마스크를 형성하고 3단계의 식각 단차를 만들게 된다. SOI 웨이퍼의 BOX(Buried OXide) 층 위쪽의 두꺼운 부분의 실리콘 두께는 상부 콤의 두께를 결정하게 되고, 두 번째 단차는 회전축이 되는 회전 스프링 부분의 적절한 두께를 만들기 위해 조절된다. 그리고 가장 깊이 식각되어 BOX 층으로부터 바닥면까지 생기는 단차는 하부 콤 전극을 형성하게 된다. 이 과정에서 하부 콤 전극 위쪽의 실리콘 부분은 제거된다.

<36> 도 6e는 미러 판 제작 및 구동부와의 접합 공정을 나타낸다. 콤 전극이 형성된 것과 다른 별개의 기판에 미러 지지 기둥 형상을 패터닝 한 미러 판을 실리콘 웨이퍼로 제작한 후, 이를 콤 전극이 형성된 웨이퍼와 접합한다. 이때 실리콘과 실리콘이 접합함으로 퓨전 본딩(fusion bonding) 방법을 사용한다. 그러나 경우에 따라서는, 금속이나 폴리머 층을 쌓아서 이를 매개로 하여 접합할 수도 있다. 즉, 퓨전본딩 뿐만 아니라 유테틱 본딩(eutectic bonding) 및 어드히전 본딩(adhesion bonding) 등의 방법을 사용하여 미러 판과 구동부를 접합하는 것이 가능하다. 이와 같이, 구동부를 형성하는 도중에 별개의 웨이퍼에서 형성된 미러 판을 웨이퍼 접합에 의해 구동부와 접합한 후, 구동부와 미러 판이 접합된 상태로 구동부의 형성을 마무리하는 것은, 마이크로미러 어레이의 채움 인자를 개선하는 효과가 있다. 미러 판을 접합한 후에는 화학-기계적 연마(CMP) 공정으로 하부 콤 전극 부분의 두께에 맞게 SOI 기판 후면을 가공한다.

<37> 도 6f 및 6g는 하부 콤 형성 마무리 공정을 나타낸다. 후면의 하부 콤 전극을 상부 콤의 다단계 식각 과정(도 6a 내지 도 6d)과 유사한 방식으로 제작한다. 즉, 다층의 식각 마스크를 이용하여 여러 단계의 단차를 갖도록 하부 면을 식각함으로써 하부 콤 전극의 최종 형성 및 하부 스프링 두께의 조절이 이루어진다. 이때, 설계된 구동 각도로 미러가 회전할 수 있도록 구동부 아래에 공간도 형성된다.

<38> 도 6h는 어드레싱 라인 형성 및 양극 접합 공정을 나타낸다. 유리 기판에 Cr/Ni 어드레싱 라인을 형성하여 구동기와 웨이퍼 단위 양극 접합을 한다. 이때, 각 전선은 원하지 않는 실리콘 전극과의 전기적인 연결을 피하기 위해 유리 기판을 식각하여 그 내부에 배선한다.

<39> 도 6i는 개별 미러의 분리 공정을 나타낸다. 구동기 위에 접합된 미러 판을 CMP 공정을 통하여 원하는 두께로 얇게 가공한다. 미러 판 표면의 반사도를 높이기 위하여 알루미늄을 증착하고 패터닝한 후, 실리콘 식각으로 미러를 개별적으로 분리해줌으로써 제작이 완료된다.

<40> 본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이의 제작 방법의 가장 큰 특징은 도 6에서와 같이 상부 콤 전극

의 형성 공정과 하부 콤 전극의 마무리 공정 사이에 다른 기판에서 제작된 미러 판을 접합하는 공정을 넣음으로써 미러 판이 구동부의 형성과 동시에 이루어진다는 것이다. 즉, 미러 판의 접합 공정 후에 하부 콤 전극 형성의 마무리 및 어드레싱 라인 접합이 이루어지게 되고 마지막으로 미러 판을 분리하는 식각 공정을 수행함으로써 개별 미러가 분리되어 최종 미러 구조가 만들어지게 된다. 따라서 최종적으로는 구동부가 미러 판 아래에 위치하는 것이 가능하게 되고 또한 미러 판과 구동부의 접합부에 어떠한 흠도 생기지 않아 깨끗한 미러 반사면을 얻을 수 있게 된다. 이와 같은 공정은 웨이퍼 단위 공정으로 이루어지게 됨으로써 대량 생산에서도 유리한 점이 있다. 즉, 제작된 구동부 위에 미러 판을 접합하는 것이 아니라 구동부가 모두 형성되기 전에 미러 판 접합 공정이 들어감으로써 최종적인 미러의 제작까지 안정적인 공정이 가능해진다. 기존에 제안된 마이크로미러 제작 방법 중에 제작된 구동부 위에 하나하나 분리된 미러 판을 개별적으로 붙이는 방식이 있다. 이와 같은 공정 방식을 이용하면 수많은 어레이를 제작 시 개별적으로 모든 마이크로미러를 수동으로 접합시켜야 하며 움직일 수 있는 미세한 구동부 위에 추가로 공정을 하는 것이기 때문에 공정 안정성 및 수율을 보장할 수 없다. 따라서 대량 생산에도 적합하지 않게 된다.

<41> 위에서 설명한 제작 방법에 따라서, 실제 2축 구동 마이크로미러 어레이를 제작하였다. 도 7은 본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이 제작 방법에 따라 제작된 마이크로미러 어레이의 전자현미경 사진을 나타내는 도면이다. 도 7에서 확인할 수 있는 바와 같이, 미러를 구동하는 구동부가 미러 판 아래쪽에 위치함을 확인할 수 있고, 동시에 미러 판의 가운데 부분에 어떠한 흠도 생기지 않았음을 확인할 수 있다. 도 7c로부터 미러 판에 형성된 지지 기둥이 구동부에 잘 붙어서 지지하고 있음을 확인할 수 있으며, 상하부 콤 전극 구조도 잘 형성이 되어 있음을 확인할 수 있다. 도 7d는 완성된 마이크로미러의 후면을 찍은 것으로, 실리콘 전극과 미러를 제어하기 위한 어드레싱 라인이 연결되어 있음을 확인할 수 있다. 도 7에서 확인할 수 있듯이, 본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이 제작 방법을 이용함으로써, 채움 인자가 큰 2축 방향으로 독립적으로 구동이 가능한 마이크로미러 어레이를 구현할 수 있었다.

<42> 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<43> 도 1은 1축 방향 디지털 방식으로 구동하는 마이크로미러 어레이 소자의 예를 나타내는 도면으로서, 각각 TI(Texas Instrument) 사와 NASA GSFC에서 개발된 소자를 나타내는 도면.

<44> 도 2는 Lucent 사에서 개발한 2축 마이크로미러의 예를 나타내는 도면.

<45> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로미러 어레이 제작 방법의 구성을 나타내는 도면.

<46> 도 4는 콤 전극 수직 구동기를 모식적으로 나타내는 도면.

<47> 도 5는 본 발명에서 제안하고 있는 마이크로미러 어레이 제작 방법에 의해 제작된 마이크로미러의 전체적인 모양을 간략하게 나타내는 도면

<48> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 콤 구동 마이크로미러 어레이의 제작 공정을 나타내는 도면.

<49> <도면 중 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<50> S10: 콤 전극 형성 단계

<51> S20: 미러 판 형성 단계

<52> S30: 웨이퍼 접합 단계

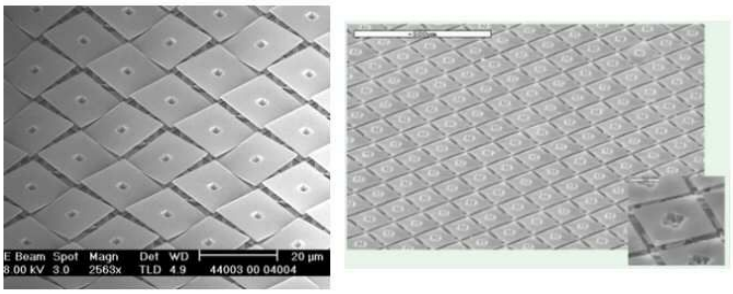
<53> S40: 콤 전극 형성 마무리 단계

<54> S50: 미러 판 분리 단계

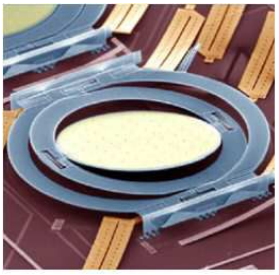
<55> S60: 어드레싱 라인 형성 단계

도면

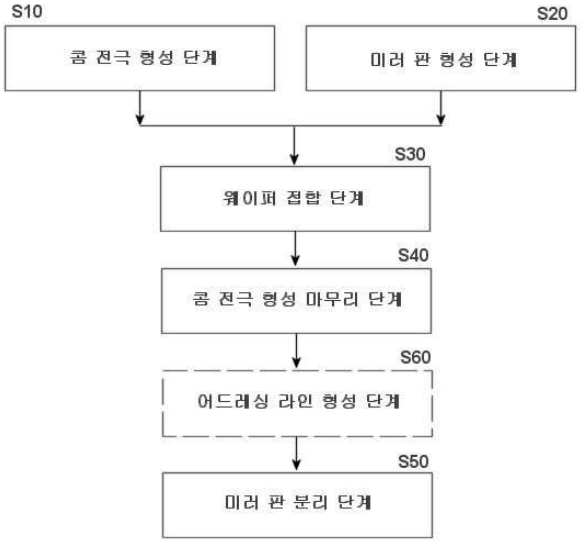
도면1



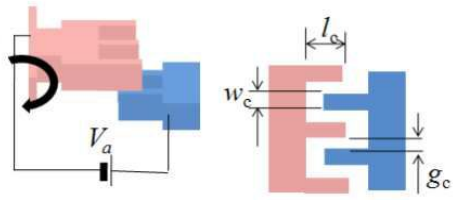
도면2



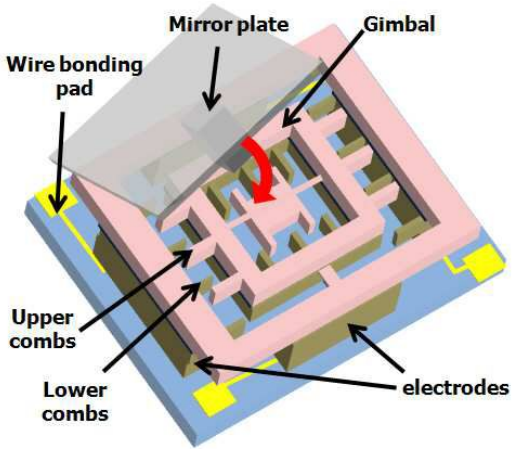
도면3



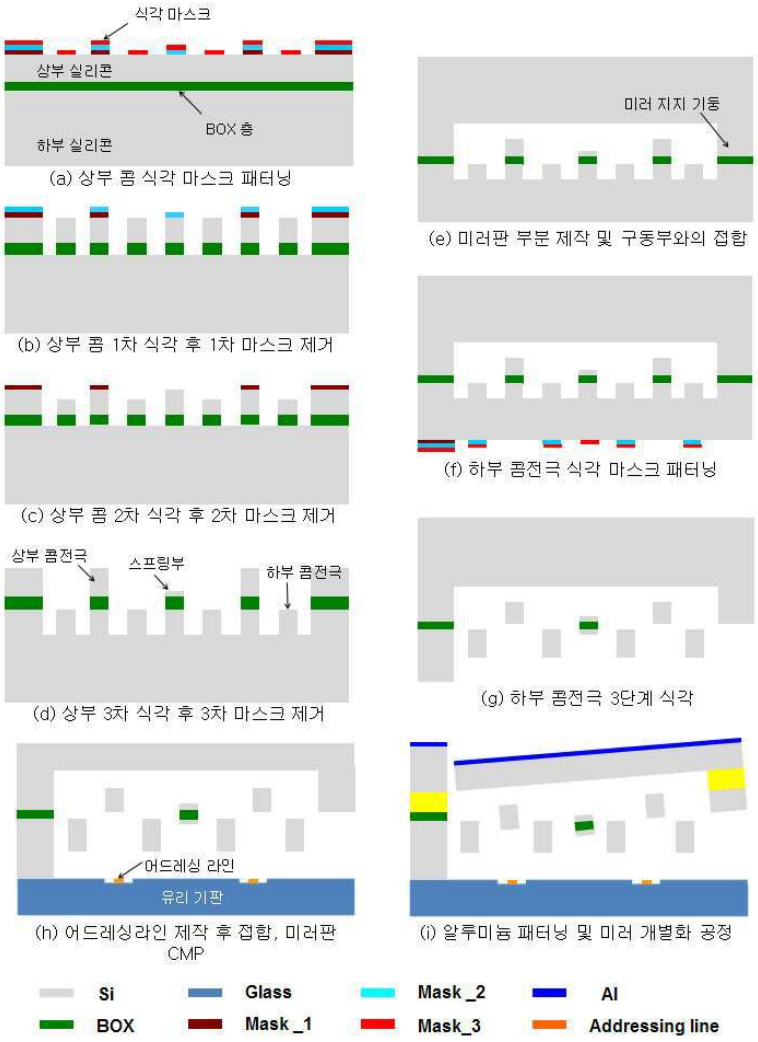
도면4


l_o
w_c
V_a
g_c

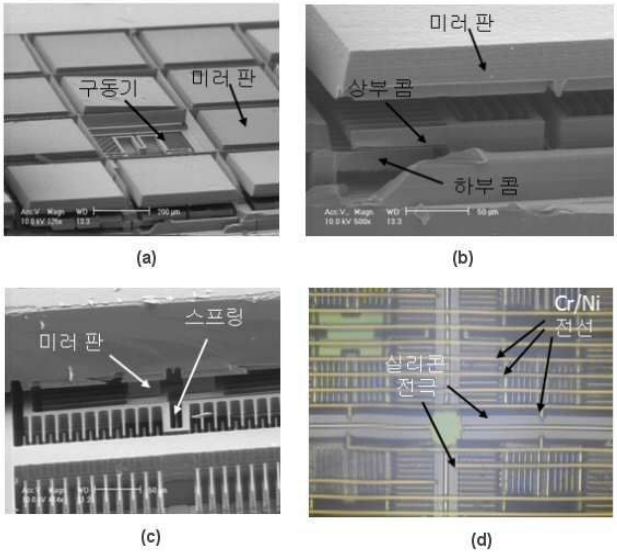
도면5


Mirror plate
Gimbal
Wire bonding pad
Upper combs
Lower combs
electrodes

도면6


식각 마스크
상부 실리콘
BOX 층
하부 실리콘
(a) 상부 콤 식각 마스크 패터닝
(b) 상부 콤 1차 식각 후 1차 마스크 제거
(c) 상부 콤 2차 식각 후 2차 마스크 제거
상부 콤전극
스프링부
하부 콤전극
(d) 상부 3차 식각 후 3차 마스크 제거
어드레싱 라인
유리 기판
(h) 어드레싱라인 제작 후 접합, 미러판 CMP
미러 지지 기둥
(e) 미러판 부분 제작 및 구동부와의 접합
(f) 하부 콤전극 식각 마스크 패터닝
(g) 하부 콤전극 3단계 식각
(i) 알루미늄 패터닝 및 미러 개별화 공정
Si
BOX
Glass
Mask _1
Mask _2
Mask _3
Al
Addressing line

도면7


구동기
미러 판
(a)
미러 판
상부 콤
하부 콤
(b)
미러 판
스프링
(c)
Cr/Ni
전선
실리콘
전극
(d)