(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [6]
G02B 27/00

(45) 공고일자 2001년09월06일
(11) 등록번호 10-0300683
(24) 등록일자 2001년06월19일

(21) 출원번호 10-1998-0052911
(22) 출원일자 1998년12월03일

(65) 공개번호 특1999-0062780
(43) 공개일자 1999년07월26일

(30) 우선권주장 08/984,751 1997년12월04일 미국(US)

(73) 특허권자
티알더블류 인코포레이티드
윌리엄 이. 갈라스
미국, 캘리포니아 90278, 레돈도 비취, 엘/3006 원 스페이스파크

(72) 발명자
델롱 래이몬드 케이.
미국, 캘리포니아 90274, 팔로스 베르데스 에스테이츠, 첼시아 로드2309
훗친 리차드 에이.
미국, 캘리포니아 91302, 칼라바사스, 쿰버랜드 래인 25436

(74) 대리인
문경진
조현석

심사관 : 김형철

(54) 하트만-타입의광학파면센서

요약

빔(14)의 횡단면부를 가로질러 2차원으로 위상 기울기(phase tilt)를 측정하기 위한 광학 파면 센서(optical wavefront sensor)는 단일의 작은 렌즈 배열(26)과 단일의 카메라 센서 배열(28)만을 사용한다. 직사각형의 작은 렌즈 배열(26)은, 각각의 작은 렌즈 하위 구경(subaperture)이 제 1축 및 제 2축 상에 인접한 관심점(points of interest)의 사이(40)에 집중되도록, 빔의 횡단면부에 다수의 관심점(22')을 한정하는 축의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트에 대해 45。 각도로 배향된다. 상기 관심점(22')은 적응성 광학 시스템 내에 액츄에이터(22)의 위치에 상응하는 위치이다. 카메라 센서 배열(28)은 단위 면적당 존재하는 하위 구경 보다 단위 면적당 존재하는 더 많은 셀을 구비한다. 선택되는 셀만이 제 1직교축과 제 2직교축 상에 인접한 관심점(22') 사이에 선의 대략 중간점에서 측정을 하도록 활성화될 수 있다. 따라서, 센서 배열(28)은 두 개 방향에서 측정을 하는데 사용되는 셀들 사이에 간섭 없이 및 다수의 작은 렌즈 배열 또는 센서 배열에 대한 필요성 없이 직교 방향의 둘다에서 측정에 영향을 주는데 충분한 활성 셀을 구비한다.

대표도
도 8

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 기술의 적응성 광학 시스템을 도시하는 블록도.

도 2는 작은 렌즈 배열과 카메라 센서 배열을 포함하는 상기 도 1의 파면 센서 배열을 도시하는 부분 다이아그램.

도 3은 종래 기술의 파면 센서에서 작은 렌즈 배열에 대한 카메라 센서 배열의 위치 관계를 도시하는 다이아그램.

도 4 및 도 5는 종래 기술의 또 다른 파면 센서에서 제각각의 작은 렌즈 배열에 대한 두 개의 카메라 센서 배열의 위치 관계를 도시하는 다이아그램.

도 6은 변형 가능한 미러 액츄에이터에 대한 상기 도 3의 작은 렌즈 배열의 위치 관계를 도시하는 다이아그램.

도 7a와 도 7b는, 상기 도 6과 유사하지만, 변형 가능한 미러 액츄에이터에 대해 제각기 상기 도 4 및 도 5의 작은 렌즈 배열에 대한 위치 관계를 도시하는 다이아그램.

도 8은, 본 발명에 따라 도시되는 다이아그램으로서, 변형 가능한 미러 액츄에이터에 대한 작은 렌즈 배열의 위치와 각도 관계를 도시하는 다이아그램.

도 9는, 본 발명의 하나의 실시예에 따라서, 변형 가능한 미러 액츄에이터의 위치와 작은 렌즈 배열의 하위 구경에 관련하여 카메라 센서 배열에서 활성 픽셀의 선택을 도시하는 다이아그램.

도 10은, 상기 도 9와 유사하지만, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 카메라 센서 배열에서 활성 픽셀의 선택을 도시하는 다이아그램.

< 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 >

10: 변형 가능한 미러12: 파면 센서 배열

14: 빔16: 빔 스플리터

18: 적응성 광학 제어기20: 선

22: 액츄에이터26: 작은 렌즈 배열

28: 카메라 센서 배열28a,28b,28c,28d: 셀

30: 중앙선32e,32f: 셀

34g,34h: 셀30x: 제 1의 작은 렌즈 중심선 위치

30y: 제 2의 작은 렌즈 중심선 위치

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 일반적으로 적응성 광학 시스템(adaptive optics systems)에 관한 것으로, 더 상세하게는, 평면 배열 상에서 2차원으로 광학 빔의 상대적인 위상 기울기(phase tilt)를 측정하기 위한 기술에 관한 것이다. 적응성 광학 시스템은 광학 빔의 수차(aberrations)를 보상하기 위해 변형 가능한 미러(deformable mirror)와 같은 조정 가능한 광학 소자를 사용한다. 예를 들면, 수차는 대기를 통한 빔의 전파에 의해 발생될 수 있다. 전형적인 적응성 광학 시스템에서, 수차 빔(aberrated beam)은 각각 이동 가능한 미러 요소와 결합되는 별도의 액츄에이터를 사용하여, 위치 조정 가능한 많은 작은 요소들을 구비하는 변형 가능한 미러로부터 반사된다. 상기 반사된 빔의 일부는 반사된 빔의 파면 왜곡(wavefront distortion)에 대한 표시량을 제공하는 센서 배열 상에 충돌하도록 분열되며 유도된다. 그 다음에, 파면 왜곡량은 미러 요소를 적합하게 이동시킴으로서 연속적인 정정을 제공하도록 변형 가능한 미러로 피드백된다.

파면 센서 배열의 주 구성 요소는 작은 렌즈(lenslet) 배열로서 언급되는 소형 렌즈 배열, 및 센서 요소의 배열을 갖는 카메라이다. 상기 구성은 샤크-하트만(Shack-Hartmann) 파면 센서로서 언급된다. 작은 렌즈 배열은, 빔의 경로에 배치될 때, 하위 구경 부분(subapertured portions)으로서 언급되는 다수의 빔 요소 부분을 생성한다. 작은 렌즈 배열에서 각각의 작은 렌즈는 전체 빔에서 하나의 하위 구경을 처리한다. 작은 렌즈 배열은, 전체 배열이 정사각형이 될 수 없을 지라도, 전형적으로, 평방 격자 상에 위치되는 각각의 작은 렌즈를 구비하며, 일반적으로, 원형 빔의 윤곽에 근접되게 형성되는 다각형 형상이다. 카메라 센서 요소는, 일반적으로 정사각형 또는 직사각형이며, 또한 일반적으로 작은 렌즈 격자 패턴과 평행하도록 각이 지게 배열되는 정사각형 또는 직사각형 격자 패턴으로 배열된다.

종래 기술에는 샤크-하트만 센서에 대한 두 가지 구성이 있다. 하나의 구성에 있어서는, 각각의 하위 구경 또는 작은 렌즈는 네 개의 인접한 미러 액츄에이터의 위치에 대해 동등한 간격으로 중앙에 위치한다. 더욱이, 작은 렌즈는 쿼드-셀(quad-cell)로서 언급되는 네 개의 카메라 센서 요소들로 구성된 그룹에 대해 중앙에 위치한다. 일방향 위상 기울기의 측정은 쿼드-셀내의 각각의 두 쌍의 셀로부터 발생하는 신호 출력들 간에 차이로부터 유도된다. 예를 들면, 만일 쿼드-셀내의 셀과 그의 출력 신호가 A,B,C, 및 D 라벨로 붙여지고, 여기서 셀(A,B)이 X-축 방향으로 배열되며, 셀(A,C)이 Y-축 방향으로 배열된다면, X-축 기울기는 〔(A+C)-(B+D)〕/〔A+B+C+D〕로부터 결정된다. 마찬가지로, Y-축 기울기는 (A+B)-(C+D)〕/〔A+B+C+D〕로부터 결정된다.

상기 접근법의 주 결점은, 공통 X-축 상에 두 개의 인접한 액츄에이터 사이의 국부 X-축 기울기를 측정하고, 공통 Y-축 상에 두 개의 인접한 액츄에이터 사이의 Y-축 기울기를 측정하는 것이 바람직할 것이라는 것이다. 또 다른 종래 기술의 구성은 상기 단점을 회피하지만, 불행하게도, 다른 어려움을 초래한다. 상기 다른 구성에서, 두 개의 작은 렌즈 배열과 두 개의 탐지기 배열이 필요한데, 하나는 X-축 기울기를 측정하는 것이며, 다른 하나는 Y-축 기울기를 측정하는 것이다. 상기 X-축 기울기를 측정하기 위한 작은 렌즈 배열은 각각의 하위 구경 또는 작은 렌즈가 공통 X-축 상에 두 개의 인접한 액츄에이터에 상응하는 그리드 또는 격자(grid) 위치들 사이의 중간쯤에 위치되도록 놓여진다. 마찬가지로, 또 다른 작은 렌즈 배열은 각각의 하위 구경 또는 작은 렌즈가 공통 Y-축 상에 두 개의 인접한 액츄에이터에 상응하는 그리드 위치들 사이의 중간쯤에 위치되도록 놓여진다. X-축 기울기 측정을 위해, 한 카메라 센서 배열은 바이-셀(bi-cell), 즉 공통 X-축의 인접한 액츄에이터들 사이에 위치되는 두 개의 인접한 센서 셀을 제공한다. 그러므로, 작은 렌즈로부터 빛은 바이-셀 내에 두 개의 셀들 사이의 경계부위에서 수직으로 위치되며, X-축 방향의 임의의 기울기는 바이-셀 내에 두 개의 셀로부터의 출력 신호의 차이로부터 결정된다. 마찬가지로, Y-축 기울기 측정에 대해, 별도의 카메라 센서 배열이 공통 Y-축의 인접한 액츄에이터에 상응하는 두 개의 그리드 위치들 사이에 하나의 바이-셀을 제공한다. 따라서, Y-축 기울기는 바이-셀내의 두 개의 셀로부터 발생하는 출력 신호간의 차이로부터 얻어진다. 상기 구성에 의해 유발된 어려움은 두 개의 작은 렌즈 배열과 두 개의 카메라가 요구된다는 것이다. 두 개의 작은 렌즈 배열은 분석되어지는 단일 빔내에 위치된다면 물리적으로 서로에 대해 반드시 간섭을 일으킬 것이다. 두 개의 작은 렌즈 배열 및 카메라에 의한 분석을 위해 두 개의 별도의 빔을 제공하기 위해 빔 스플리터(splitters)의 사용은 정렬이라는 면에서 또 다른 복잡성을 유발한다.

이상적으로, 필요로 하는 것은 X-축에 인접한 액츄에이터와 Y-축에 인접한 액츄에이터의 사이에 위치되지만, 종래 기술의 또 다른 구성에 의해 제기되는 물리적 간섭 또는 정렬의 어려움이 없는, 센서 요소들에 의해 위상 기울기를 측정하기 위한 기술에 관한 것이다. 본 발명은 상기 요구를 수행한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은, 하나의 작은 렌즈 배열과 하나의 카메라 센서 배열만을 사용하여, 광학 빔의 횡단면부에 대해 2차원으로 국부 위상 기울기를 측정하는데 사용하기 위한 파면 센서에 관한 것이다. 상기 측정은 광학 장치 액츄에이터의 위치에 상응하는 관심점에서 교차하는 그리드 선의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트에 대해 이루어진다. 간단히, 일반적인 용어로, 본 발명의 파면 센서는 하나의 작은 렌즈 배열과 하나의 카메라 센서 배열을 포함한다, 작은 렌즈 배열은, 그리드 선의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트에 대해 소정의 각도로 배향되는, 직사각형 그리드의 교차점 상에 위치되는 광학 축을 갖는 다수의 작은 렌즈를 구비하며, 거기서 상기 작은 렌즈는 작은 렌즈 광학 축이 상기 그리드 선들의 교차점에 인접한 관심점들 사이에 그리드 선의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트 상에 위치되도록 하는 방식으로 일정한 간격으로 유지된다. 카메라 센서 배열은 그리드 선의 제 1직교 세트 및 제 2직교 세트와 평행하게 배향되는 행과 열에 배치되며 작은 렌즈를 통해 지나는 빛을 수용하기 위해 작은 렌즈 배열에 인접하게 위치되는 다수의 센서 셀을 구비한다. 작은 렌즈 광학 축의 위치와 근접하게 상응하는 센서 배열의 선택된 셀만이 그리드 선의 직교 세트의 방향에서 위상 기울기의 측정을 하도록 활성화되며, 하나의 작은 렌즈 배열과 하나의 카메라 센서 배열만이 직교 방향의 둘다에서 기울기 측정을 하도록 요구된다.

더 상세하게는, 본 발명의 하나의 실시예에서, 카메라 센서 배열은 네 개의 인접한 관심점에 의해 한정되는 정사각형 면적의 대략 1/4인 각각의 바이-셀의 직사각형 배열이다. 상기 센서 배열의 각각의 열과 행에서 교호되는 바이-셀만이 활성화되며; 각각의 활성 바이-셀은 선의 방향에 대해 기울기를 측정하도록 두 개의 인접한 관심점들 사이에 선의 중간쯤에 위치된다. 상기 설명된 실시예에서, 각각의 바이-셀 픽셀(pixel)은 대략 정사각형이다.

본 발명의 다른 실시예에서, 카메라 센서 배열은 직사각형의 셀 배열이며, 상기 직사각형의 셀 배열의 각각은 네 개의 인접한 관심점에 의해 한정되는 정사각형 면적의 대략 1/9이다. 상기 실시예에서, 센서 배열의 각각의 열과 행에서 선택된 인접한 쌍의 셀만이 그리드 선의 직교 세트를 따라서 일정한 간격을 유지하는 활성 바이-셀을 형성하도록 활성화된다. 9셀 마다의 4개만이 활성화되며, 각각의 활성 바이-셀은 선의 방향에 대해 기울기를 측정하기 위해 두 개의 인접한 관심점 사이에 선의 대략 중간쯤에 위치된다. 상기 기술된 실시예에서, 각각의 셀은 대략 정사각형이다.

본 발명의 개시된 실시예의 둘다에서, 작은 렌즈 배열을 한정하는 직사각형 배열은 카메라 센서 배열과 그리드 선의 제 1직교 세트 및 제 2직교 세트에 대해 대략 45° 로 배향되었다.

본 발명은 광학 장치 액츄에이터의 위치에 상응하는 관심점에서 교차하는 그리드 선의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트를 따라서 광학빔 횡단면부에 걸쳐서 2차원으로 국부 위상 기울기를 측정하기 위한 방법으로서 또한 한정될 수 있다. 상기 방법은, 직사각형 그리드 상에 형성되는 다수의 작은 렌즈를 구비하는 작은 렌즈 배열을 통해 빔을 통과시키는 단계와; 그리드 선의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트에 대해 소정의 각도로 작은 렌즈의 직사각형 그리드가 위치되도록 작은 렌즈 배열을 배향시키는 단계와; 각각의 작은 렌즈가 두 개의 인접한 관심점들 사이 선의 중간에 가까이 중심을 가지는 하위 구경을 갖도록 작은 렌즈 배열을 위치시키는 단계와; 빛을 수용하도록 작은 렌즈 배열에 인접한 단일 카메라 센서 배열을 위치시키는 단계로서, 상기 센서 배열은 단위 면적당 작은 렌즈의 개수 이상으로 단위 면적당 더 큰 개수의 다수의 센서 셀을 구비하는, 상기 단일 카메라 센서 배열을 위치시키는 단계와; 직교하는 그리드 선의 제 1세트 및 제 2세트와 일치하도록 센서 배열을 배향시키는 단계와; 상기 센서 배열에서 선택된 셀을 활성화시키는 단계로서, 상기 선택된 셀은 작은 렌즈 배열의 각각의 하위 구경 중심부에 걸쳐서 대략 위치되는 바이-셀인, 상기 선택된 셀을 활성화시키는 단계와; 인접한 관심점의 각각의 쌍에 대해 바이-셀 측정을 얻는 단계로서, 상기 바이-셀 측정은 인접한 관심점들 사이의 방향에 위상 기울기를 표시하는, 상기 바이-셀 측정을 얻는 단계를, 포함한다.

더 상세하게는, 카메라 센서 배열이 직사각형의 바이-셀 배열이며, 상기 각각의 직사각형의 바이-셀 배열은 네 개의 인접한 관심점에 의해 한정되는 정사각형 면적의 대략 1/4이다. 활성화시키는 단계는 센서 배열의 각각의 열과 행에서 교호되는 바이-셀만을 활성화시키는 단계를 포함하며, 각각의 활성 바이-셀은 선 방향에 대해 기울기를 측정하도록 두 개의 인접한 관심점들 사이에 선의 중간쯤에 위치된다.

상기 방법의 다른 실시예로, 카메라 센서 배열은 직사각형의 셀 배열이며, 상기 각각의 직사각형의 셀 배열은 네 개의 인접한 관심점에 의해 한정되는 정사각형 면적의 대략 1/9이며, 상기 활성화시키는 단계는 그리드 선의 직교 세트를 따라서 일정한 간격을 유지하는 활성 바이-셀을 형성하도록 센서 배열의 각각의 열과 행에서 선택된 인접한 쌍의 셀만을 활성화시키는 단계를 포함한다. 9셀 마다의 네 개만이 활성화되며, 각각의 활성 바이-셀은 선의 방향에 대해 기울기를 측정하도록 두 개의 인접한 관심점들 사이에 선의 중간쯤에 위치된다.

상기 방법의 개시된 실시예의 둘다에서, 작은 렌즈 배열을 배향시키는 단계는 그리드 선의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트에 대해 대략 45° 각도로 작은 렌즈 배열을 배향시키는 단계를 포함한다.

본 발명은 적응성 광학 시스템에 사용을 위해 파면 센서의 분야에서 상당한 진보를 나타낸다는 것이 앞서의 요약으로부터 인식될 것이다. 특히, 본 발명은, 빔의 횡단면부에 걸쳐서 위상 기울기의 2차원 측정을 제공하지만, 단일의 작은 렌즈 배열과 단일의 카메라 센서 배열만을 사용한다. 본 발명의 다른 양상과 이점은 도면과 관련되어 취해진 다음의 더 자세한 설명으로부터 자명해지게 될 것이다.

발명의 구성 및 작용

설명의 목적으로 도면에 도시된 것처럼, 본 발명은, 대기를 통과하는 전파에 의해서와 같이, 파면 왜곡의 영향을 받기 쉬운 광선 빔에서 요소적인 위상 기울기를 측정하기 위한 기술에 관한 것이다. 적응성 광학 시스템은, 변형 가능한 미러와 같은, 조정 가능한 광학 요소에 의해 파면 왜곡에 대해 보상하기 위해 사용된다. 전형적으로, 변형 가능한 미러는, 전기 신호에 의해 움직이는 피스톤과 같은, 많은 액츄에이터 요소에 의해 미러의 비-반사(non-reflective) 측부로부터 변형되는 연속적이지만 유연한 반사면을 갖는다. 도 1에 도시된 것처럼, 적응성 광학 시스템은 참조 번호 10으로 표시되는 상기 일반적인 타입의 변형 가능한 미러와 파면 센서 배열(12)을 포함할 수 있다. 상기 변형 가능한 미러(10) 상에 입사되는 광선 빔(14)은 두 개의 출력빔(14a,14b)을 제공하는 빔 스플리터(16) 내로 반사된다. 상기 빔(14a)은 빔에 의해 수반되는 정보를 이용하는 장치(미도시됨)로 향해져 있다. 예를 들면, 만일 적응성 광학 시스템이 천체 망원경의 일부라면, 상기 빔(14a)은 망원경(미도시됨)의 일반적인 구성 요소 내로 향해질 것이다. 도 다른 출력빔(14b)은 파면 센서 배열(12) 상에 부딪친다. 상기 배열(12)로부터 발생하는 출력 신호는 변형 가능한 미러(10) 내의 개개의 액츄에이터(22)를 제어하도록 선(20)들 상에 제어 신호를 발생시키는 적응성 광학 제어기(18)에서 처리된다. 제어기(18)는 제로에 가깝게 파면 왜곡을 감소시키는 상기 방식으로 미러(10)를 변형시킨다.

도 2에 도시된 것처럼, 파면 센서 배열(12)의 주 구성 요소는 작은 렌즈 배열(26)과 카메라 센서 배열(28)이며, 상기의 일부만이 도면에 도시된다. 작은 렌즈 배열(26)은 직사각형 그리드 패턴 상에 위치되는 작은 렌즈로서 언급되는 다수의 소형 렌즈를 포함한다. 도 2에서, 상기 작은 렌즈의 하나는 중앙선(30) 상에 자신의 축을 가지면서 위치된다.

도 3은, 셀(28a,28b,28c, 및 28d)들로 이루어진 쿼드-셀을 포함하는, 카메라 센서 배열(28)의 일부를 도시하는 평면도이다. 하나의 종래 기술의 구성에서, 작은 렌즈 배열(26)은, 작은 렌즈의 각각의 중앙선이 도면에 표시된 쿼드-셀의 중심부를 통해 지나도록, 카메라 센서 배열(28)에 대해 위치된다. 더욱이, 쿼드-셀(28a-28d)의 사이즈는 네 개의 코너가 네 개의 인접한 미러 액츄에이터(22)의 위치에 상응하도록 하는 것이다. 상기 위치는 도면에서 참조 번호 22'으로 참조된다. 쿼드-셀(28a-28d) 보다 위에 위치되는 특정의 작은 렌즈를 통해 지나는 빛이 쿼드-셀의 중심부에 정확

히 놓여질 때, 네 개의 셀(28a-28d)의 각각은 동일한 전기 출력 신호를 발생시킨다. 각각의 작은 렌즈의 구경은 설명의 목적으로, 빔의 하위 구경으로서 언급되며, 각각의 하위 구경은 정사각형 면적, 즉 이 경우에는 도 3의 쿼드-셀(28a-28d)의 면적에 상응하는 면적을 포함하는 것으로 생각한다. 하위 구경의 중심부는 중심선(30)이다.

작은 렌즈로부터의 빛이 쿼드-셀(28a-28d)의 정확한 중앙부에 놓여지지 않는다면, X-축 방향과 Y-축 방향의 빔의 "기울기" 정도는 쿼드-셀의 네 개 요소(28a-28d)로부터 발생하는 출력 신호로부터 결정될 수 있다. 상기 쿼드-셀의 중심부(30)로부터 방산되는 화살표는 X-축과 Y-축 기울기의 방향을 표시한다. 더 상세하게는, 만일 쿼드-셀(28a-28d)로부터 발생되는 출력 신호가 제각기 A,B,C, 및 D 라면, 상기 Y-축 기울기는 다음의 수학식에 비례한다.

수학식 1

$$\frac{(A+B)-(C+D)}{(A+B+C+D)}$$

마찬가지로, X-축 기울기는 다음의 수학식에 비례한다.

수학식 2

$$\frac{(A+C)-(B+D)}{(A+B+C+D)}$$

상기 수학식을 이용하여, 적응성 광학 시스템의 제어기(18)는 각각의 방향에서 상기 기울기를 제거하도록 액츄에이터(22)에 적합한 조정을 가할 수 있다. 상기 구성이 갖는 상당한 어려움은 기울기 측정이 각각의 쿼드-셀의 중심부에서 이루어지는 것이지만 상기 측정은 액츄에이터가 배치되는 쿼드-셀의 코너부 위치에 가해지는 정정으로 번역되어야 한다는 점에 있다. 분명하게, 쿼드-셀의 상응하는 코너부(22')측 액츄에이터(22)중의 어느 하나의 운동은 쿼드-셀의 중심부에서 측정된 X-축과 Y-축 방향의 둘다에서 기울기 변화를 초래한다. 그에 따라서 이상적으로는, 기울기 측정이 동일한 X-축 또는 Y-축 선에 두 개의 인접한 액츄에이터 위치들 사이에서 이루어지는 구성을 사용하는 것이 바람직할 것이다.

도 4 및 도 5에 기술된 구성은 기울기 측정의 두 개 세트를 이루도록 두 개의 별도의 작은 렌즈 배열과 두 개의 상응하는 카메라 센서 배열을 제공함으로서 위에서 토의된 구성의 결점을 회피한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 30x에 중심선을 갖는 제 1작은 렌즈 배열은 제 1카메라 센서 배열(32)의 일부분이 되는 바이-셀(32e-32f)의 중심부 위로 위치하는 명목상의 하위 구경을 갖고 위치된다. 바이-셀(32e-32f)은, 또한 도 4에 도시된 바와 같이, 두 개의 인접한 액츄에이터 위치(22')를 연결하는 수평(X-축)선에 대해 그 중앙에 위치된다. 만일 셀(32e,32f)에 의해 발생되는 전기 출력 신호가 제각기 E와 F이라면, 상기 하위 구경 빔의 X-축 기울기는 다음의 수학식에 비례한다.

수학식 3

$$\frac{E-F}{E+F}$$

도 5에 도시된 바와 같이, 제 2작은 렌즈 배열은 Y-축 선 상에 두 개의 인접한 액츄에이터 위치(22')들 사이의 중간쯤에 위치되는 30y에 중심부를 갖는다. 제 2카메라 센서 배열은 하위 구경 빔의 Y-축 기울기를 측정하기 위해 중심선(30y)에 걸쳐 또한 위치되는 바이-셀(34g-34h)을 구비한다. 만일 바이-셀(34g-34h) 출력 신호가 제각기 G와 H라면, Y-축 기울기는 다음의 수학식에 비례한다.

수학식 4

$$\frac{G-H}{G+H}$$

불행하게도, 상기 구성에서 두 개의 렌즈 배열은 만일 동일한 빔내에 위치된다면 물리적으로 간섭하게 될 것이며, 그래서 통상의 접근법은 추가적인 빔 스플리터(미도시됨)를 사용하는 것과 분리된 빔으로 X-축과 Y-축 기울기 측정을 수행하는 것이다. 상기는 성능에 대해 거의 불가피하게 역효과를 끼치는 정렬(alignment)의 어려움을 제기한다. 게다가, 제 2작은 렌즈 배열과 제 2카메라 센서 배열의 사용은 장치의 전체 비용을 증가시킨다.

도 6, 도 7a 및 도 7b는, 종래 기술의 두 개 구성에 대해, 액츄에이터 위치(22')와 작은 렌즈 배열의 중심선 위치 사이에 위치 관계를 기술한다. 제 1구성에 대해, 도 6에 도시된 바와 같이, 각각의 작은 렌즈 중심선(30)은 네 개의 인접한 액츄에이터 위치(22')로부터 등간격으로 위치된다. 마찬가지로, 종래 기술의 제 2구성에 대해, 도 7a 및 도 7b에 도시된 바와 같이, 제 1의 작은 렌즈 중심선 위치(30x)는 동일한 수평(X-축)선 상에 인접한 액츄에이터 위치(22') 사이의 중간쯤에 각각 위치되며, 제 2의 작은 렌즈 중심선 위치(30y)는 동일한 수직(Y-축)선 상에 인접한 액츄에이터 위치들 사이에 위치된다. 종래 기술의 구성에서는, 작은 렌즈 배열 내의 작은 렌즈는 카메라 센서 배열이 배치되는 그리드 패턴 및 액츄에이터 위치(22')가 배치되는 그리드 패턴과 동일한 각도로 배향된 직사각형 또는 정사각형 그리드 패턴 상에 모두 배치되는 것이 도 6, 도 7a 및 도 7b로부터 또한 자명해질 것이다.

본 발명에 따라서, 작은 렌즈 중심선(40)을 갖는 작은 렌즈 배열은, 도 8에 도시된 것처럼, 액츄에이터 위치(22')가 배치되는 그리드 패턴에 대해 45° 로 배향된 그리드 패턴을 가지고 위치되며, 단일 카메라 센서 배열(42)은, 도 9에 도시된 것처럼, 제각기 X-축과 Y-축의 인접한 액츄에이터 위치(22') 사이의 중간쯤에 위치되는 선택된 X 바이-셀(42a-42b)과 선택된 Y 바이-셀(42c-42d)을 구비한다. 도 8에서, 작은 점들로 칠해진 정사각형 영역(50)은 네 개의 인접한 관심점(22')들에 의해 한정되는 기준 정사각형이다. 도 9에서, 작은 점들로 칠해진 정사각형 영역(50')은 상기 기준 정사각형(50)과 동일한 크기이며, 각 바이 셀(42a-42b) 및 바이셀(42c-42d)는 기준 정사각형 크기의 4분의 1이라는 점이 쉽게 관찰될 것이다. 카메라 센서 배열(42)의 바이-셀이 도 4 및 도 5의 구성에 사용되는 것들 보다 적어도 1 차원에서 2라는 인자에 의해 더 작아지기 때문에, X-축과 Y-축 둘 다의 기울기 측정은 요구되는 바이-셀 두 개 세트들 사이의 물리적 간섭 없이 이루어질 수 있다. 도 9의 구성에서, 바이-셀 배열(42)의 전체수의 절반만이 활성화된다. X-축과 Y-축 기울기 측정은 활성 셀로부터 발생하는 출력 신호로부터 유도된다. 특히, X-축 기울기는 바이-셀(42a-42b)로부터 유도되는 출력(A-B)에 비례하며, Y-축 기울기는 바이-셀(42c-42d)로부터 유도되는 출력차(C-D)에 비례한다.

도 10의 구성에서, 참조 번호 44로 언급되는 카메라 센서 배열은 훨씬 더 작은 바이-셀을 갖는다. 도 10에서 바이-셀 내에 두 개의 셀(44a,44b 또는 44c,44d)의 각각은 액츄에이터 위치(22') 사이 간격의 1/3을 측정한다. 도 10에서 작은 점들로 칠해진 정사각형 영역(50")이 바이-셀(44a-44b) 및 바이-셀(44c-44d)를 포함하도록 도시되어 있으며, 이는 기준 정사각형(50)(도 8) 및 정사각형(50')(도 9)과 동일한 면적을 갖는다. 도 10의 구성에서 기준 정사각형(50")이 9개의 셀들을 가지며, 단지 4개의 셀들(42a, 44b, 44c 및 44d)만이 활성화된다는 점이 쉽게 관찰될 것이다.

발명의 효과

따라서, 본 발명은 도 4 및 도 5의 종래 기술 구성에 대한 이점을 제공하며, 거기서, 각각의 축에서 기울기 측정은 상기 축의 인접한 액츄에이터 위치 사이의 중간쯤에서 이루어지지만, 단일의 작은 렌즈 배열과 단일의 카메라 센서 배열만이 필요하다. 그러므로, 본 발명은 적응성 광학 시스템에 사용을 위한 파면 센서의 분야에 상당한 진보를 나타낸다는 것이 인식될 것이다. 본 발명이 설명의 목적으로 상세히 기술되었다고 할 지라도, 다양한 변경은 본 발명의 사상과 범위로부터 이탈함이 없이 이루어질 수 있다는 것이 또한 인식될 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구항에 의해서만 제한되어

져야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

광학 장치 액츄에이터의 위치에 상응하는 관심점(points of interest)에서 교차하는 그리드(grid) 선의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트를 따라서 광학빔 횡단면부에 걸쳐서 2차원으로 국부 위상 기울기(local phase tilt)를 측정하는데 사용을 위한 파면 센서(wavefront sensor)에 있어서,

그리드 선의 상기 제 1직교 세트와 상기 제 2직교 세트에 대해 소정의 각도로 배향되는 직사각형 그리드의 교차점 상에 위치되는 광학 축을 갖는 다수의 작은 렌즈를 구비하는 작은 렌즈 배열로서, 상기 작은 렌즈는 상기 작은 렌즈 광학 축이 상기 선들의 상기 교차점에 인접한 관심점들 사이에 그리드 선의 상기 제 1직교 세트와 상기 제 2직교 세트 상에 위치되도록 하는 방식으로 일정한 간격으로 유지되는, 상기 작은 렌즈 배열과, 그리고

그리드 선의 상기 제 1직교 세트와 상기 제 2직교 세트에 평행하게 배향되는 행과 열로 배치되며 상기 작은 렌즈 배열을 통해 지나는 빛을 수용하도록 상기 작은 렌즈 배열에 인접하게 위치되는, 다수의 센서 셀을 구비하는 카메라 센서 배열로서, 상기 작은 렌즈 광학 축의 위치에 대략 상응하는 상기 센서 배열의 선택된 셀들만이 그리드 선의 상기 직교 세트의 방향에서 위상 기울기를 측정하도록 활성화되는, 상기 카메라 센서 배열을, 포함하되,

그에 따라서, 하나의 작은 렌즈 배열과 하나의 카메라 센서 배열만이 직교 방향의 둘다에서 기울기 측정을 제공하도록 요구되는 것을 특징으로 하는 파면 센서.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 카메라 센서 배열은 직사각형의 바이-셀(bi-cells) 배열이며, 상기 배열의 바이-셀 각각은 네 개의 인접한 관심점에 의해서 한정되는 정사각형 면적의 대략 1/4이며,

상기 센서 배열의 각각의 열과 행에서 교호되는 바이-셀들만이 활성화되며,

각각의 활성 바이-셀은 두 개의 인접한 관심점 사이 선의 중앙에 위치되어 상기 선의 방향에 대해 기울기를 측정하는 것을 특징으로 하는 파면 센서.

청구항 3.

제 2항에 있어서, 각각의 바이-셀 픽셀(pixel)은 대략 정사각형인 것을 특징으로 하는 파면 센서.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 카메라 센서 배열은 직사각형의 셀 배열이며, 상기 배열의 셀 각각은 네 개의 인접한 관심점에 의해 한정되는 정사각형 면적의 대략 1/9이며,

그리드 선의 상기 직교 세트를 따라서 일정한 간격으로 유지되는 활성 바이-셀을 형성하도록 상기 센서 배열의 각각의 열과 행에서 선택된 인접한 쌍의 셀들만이 활성화되며,

9셀 마다의 네 개 만이 활성화되며, 그리고

각각의 활성 바이-셀은 두 개의 인접한 관심점 사이 선의 중앙에 위치되어 상기 선의 방향에 대해 기울기를 측정하는 것을 특징으로 하는 파면 센서.

청구항 5.

제 4항에 있어서, 각각의 셀은 대략 정사각형인 것을 특징으로 하는 파면 센서.

청구항 6.

제 1항에 있어서, 상기 작은 렌즈 배열을 한정하는 상기 직사각형 배열은 그리드 선의 상기 제 1직교 세트와 상기 제 2직교 세트에 대해 대략 45° 로 배향되는 것을 특징으로 하는 파면 센서.

청구항 7.

광학 장치 액츄에이터의 위치에 상응하는 관심점에서 교차하는 그리드 선의 제 1직교 세트와 제 2직교 세트를 따라서 광학 빔 횡단면부에 걸쳐서 2차원으로 국부 위상 기울기를 측정하는 방법에 있어서,

직사각형 그리드 상에 형성되는 다수의 작은 렌즈를 구비하는 작은 렌즈 배열을 통해 빔을 통과시키는 단계와,

그리드 선의 상기 제 1직교 세트와 상기 제 2직교 세트에 대해 소정의 각도로 작은 렌즈의 직사각형 그리드가 위치되도록 상기 작은 렌즈 배열을 배향시키는 단계와,

각각의 작은 렌즈가 두 개의 인접한 관심점의 사이 선의 중간 가까이 중심을 가지는 하위 구경(subaperture)을 갖도록 상기 작은 렌즈 배열을 위치시키는 단계와,

빛을 수용하도록 상기 작은 렌즈 배열에 인접하게 단일의 카메라 센서 배열을 위치시키는 단계로서, 상기 센서 배열은 단위 면적당 작은 렌즈의 개수 보다 단위 면적당 더 큰 개수의 다수의 센서를 구비하는, 상기 작은 렌즈 배열에 인접하게 단일의 카메라 센서 배열을 위치시키는 단계와,

그리드 선의 상기 제 1직교세트와 상기 제 2직교세트에 일치하도록 상기 센서 배열을 배향시키는 단계와,

상기 센서 배열에서 선택된 셀을 활성화시키는 단계로서, 상기 선택된 셀은 상기 작은 렌즈 배열의 각각의 하위 구경 중심부에 걸쳐서 대략 위치되는 바이-셀인, 상기 선택된 셀을 활성화시키는 단계와, 그리고

각각의 한 쌍의 인접한 관심점에 대해 바이-셀 측정을 얻는 단계로서, 상기 바이-셀 측정은 상기 인접하는 관심점 사이의 방향에서 위상 기울기를 표시하는, 상기 바이-셀 측정을 얻는 단계를, 포함하는 것을 특징으로 하는 2차원으로 국부 위상 기울기를 측정하기 위한 방법.

청구항 8.

제 7항에 있어서, 상기 카메라 센서 배열은 직사각형의 바이-셀 배열이며, 상기 배열의 바이-셀 각각은 네 개의 인접한 관심점에 의해 한정되는 정사각형 면적의 대략 1/4이며,

상기 활성화 단계는 상기 센서 배열의 각각의 열과 행에서 교호되는 바이-셀만이 활성화되는 단계를 포함하며, 그리고

각각의 활성 바이-셀은 두 개의 인접한 관심점 사이 선의 중앙에 위치되어 상기 선의 방향에 대해 기울기를 측정하는 것을 특징으로 하는 2차원으로 국부 위상 기울기를 측정하기 위한 방법.

청구항 9.

제 7항에 있어서, 상기 카메라 센서 배열은 직사각형의 셀 배열이며, 상기 배열의 셀 각각은 네 개의 인접한 관심점에 의해 한정되는 정사각형 면적의 대략 1/9이며,

상기 활성화시키는 단계는 상기 그리드 선의 직교 세트를 따라서 일정한 간격으로 유지되는 활성 바이-셀을 형성하도록 상기 센서 배열의 각각의 열과 행에서 선택된 인접한 쌍의 셀들만을 활성화시키는 단계를 포함하며,

9셀 마다의 네 개 만이 활성화되며, 그리고

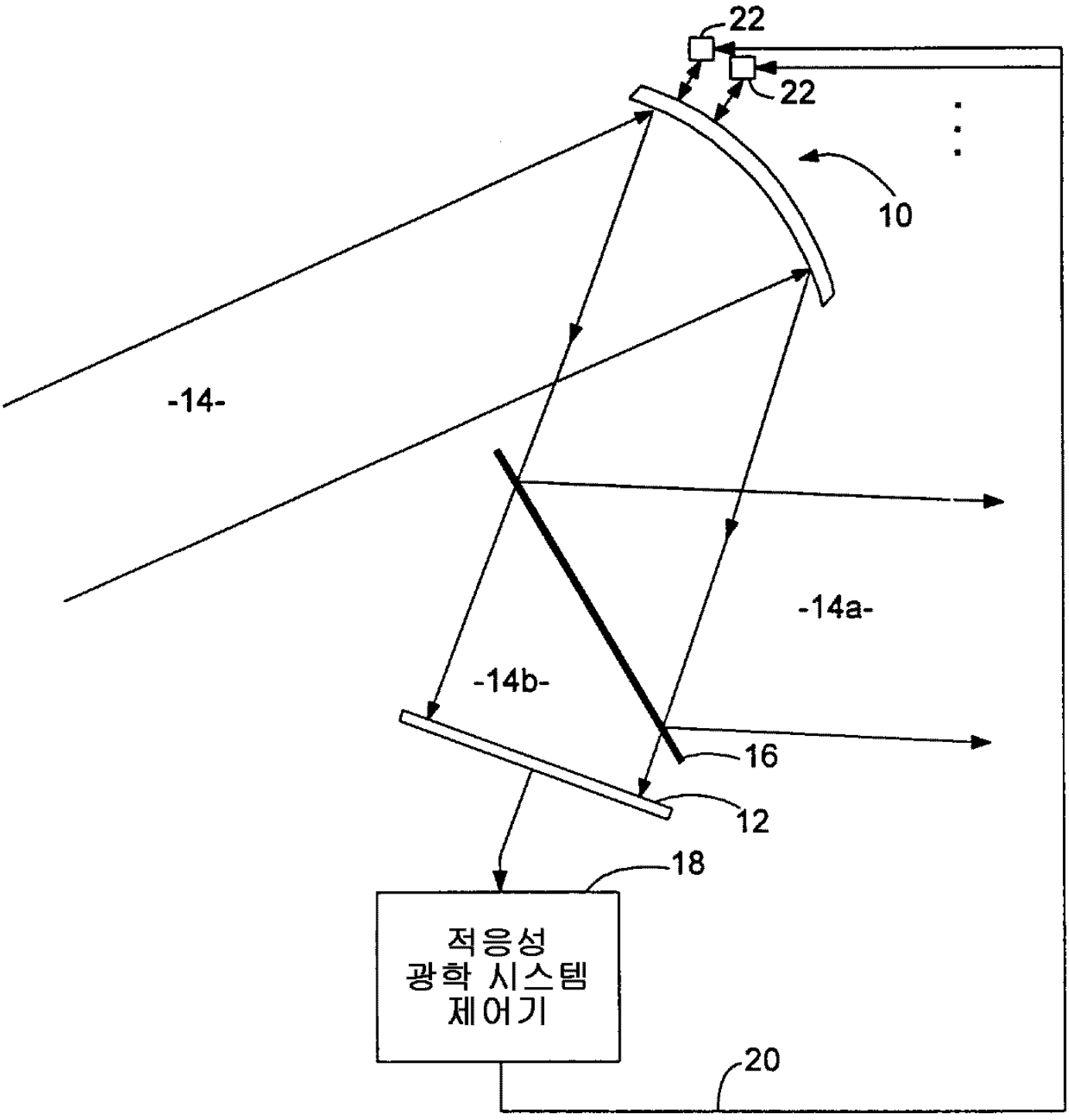
각각의 활성 바이-셀은 두 개의 인접한 관심점 사이 선의 중앙에 위치되어 상기 선의 방향에 대해 기울기를 측정하는 것을 특징으로 하는 2차원으로 국부 위상 기울기를 측정하기 위한 방법.

청구항 10.

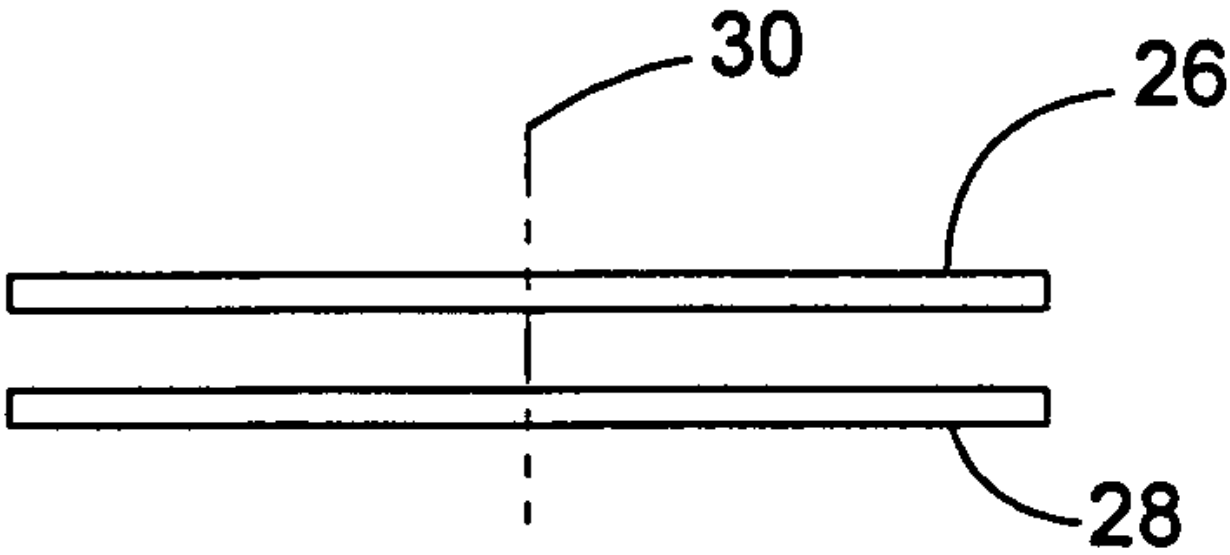
제 7항에 있어서, 상기 작은 렌즈 배열을 배향시키는 단계는 그리드 선의 상기 제 1직교 세트와 상기 제 2직교 세트에 대해 대략 45° 각도로 상기 작은 렌즈 배열을 배향시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 2차원으로 국부 위상 기울기를 측정하기 위한 방법.

도면

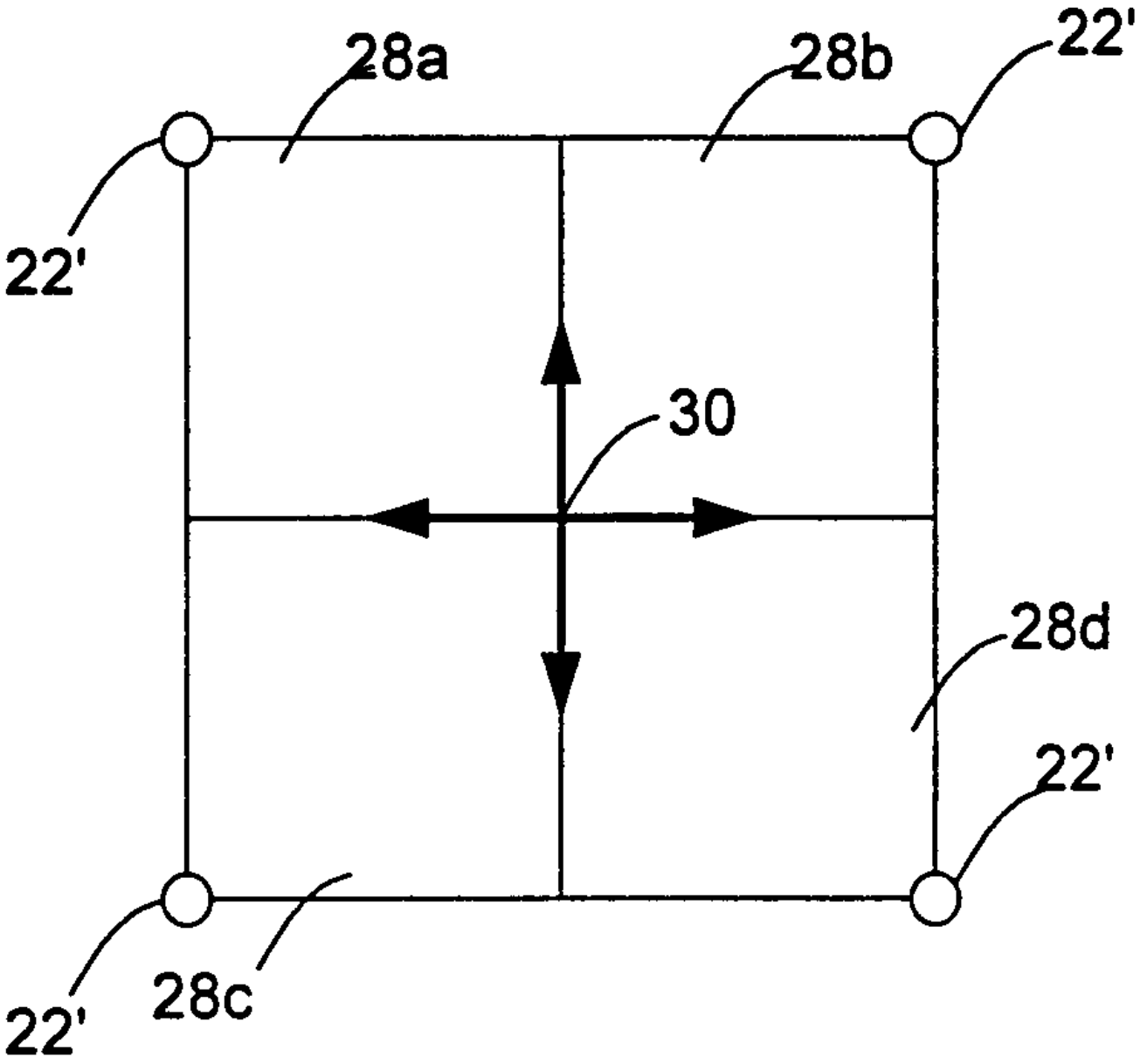
도면 1



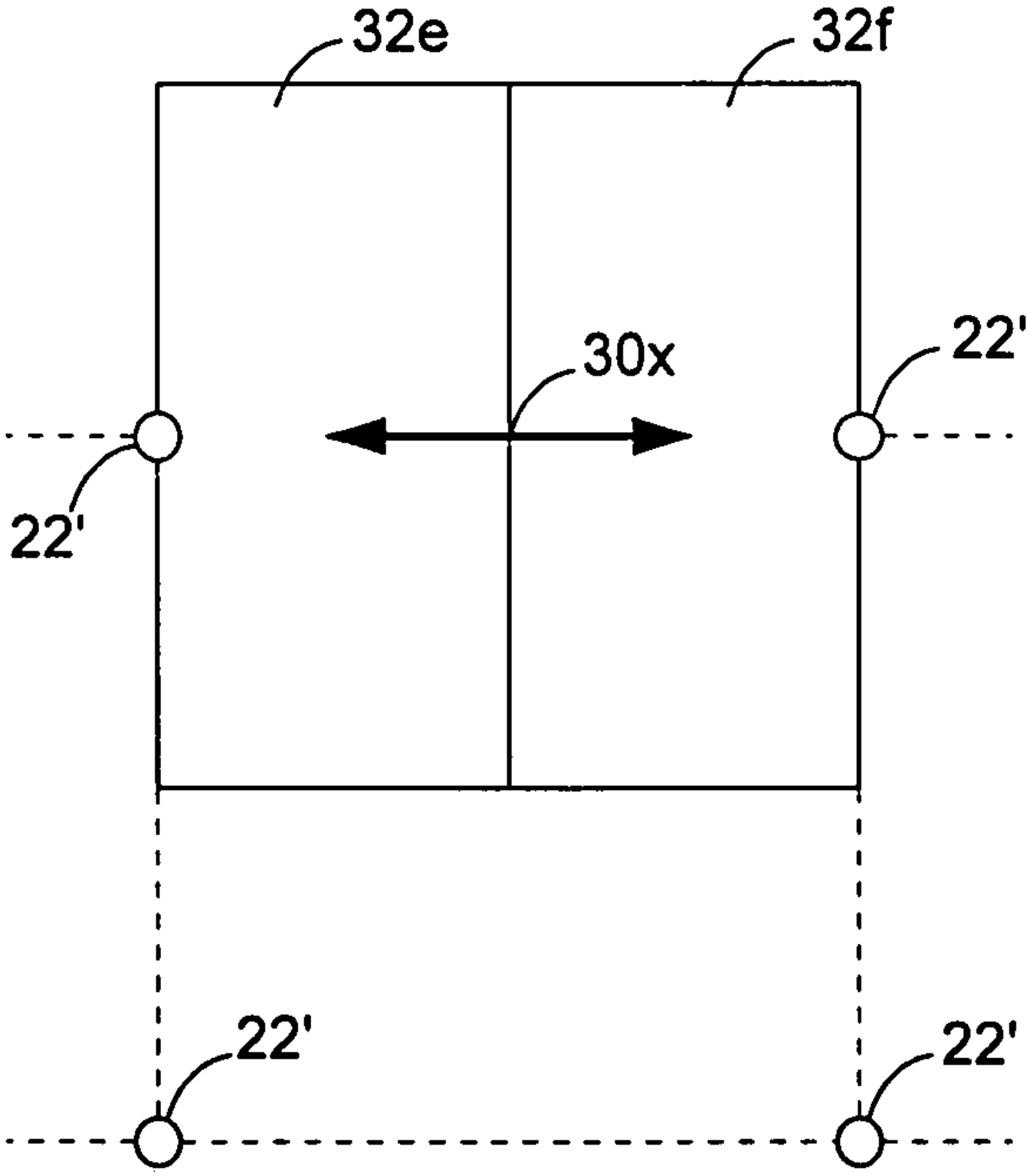
도면 2



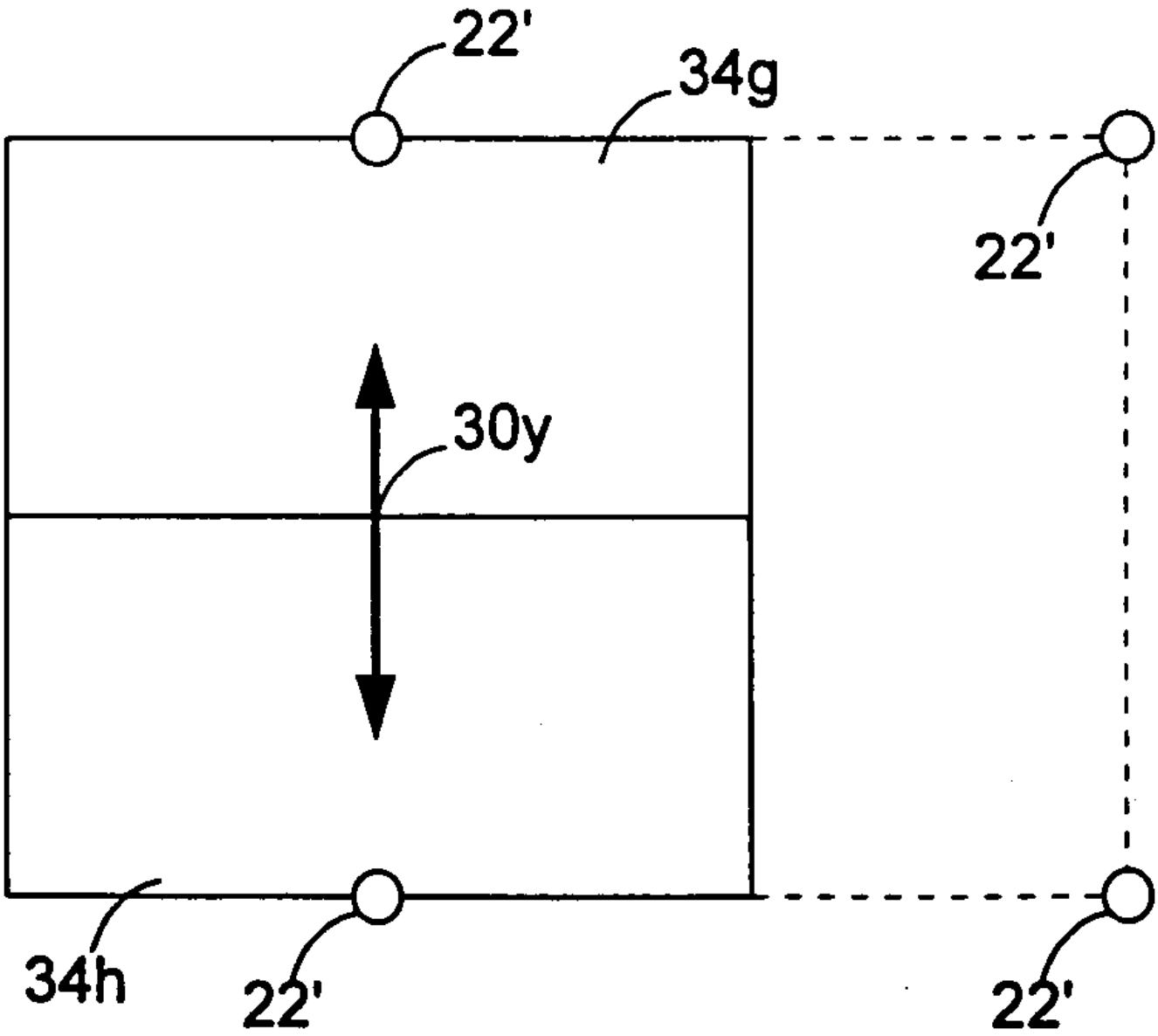
도면 3



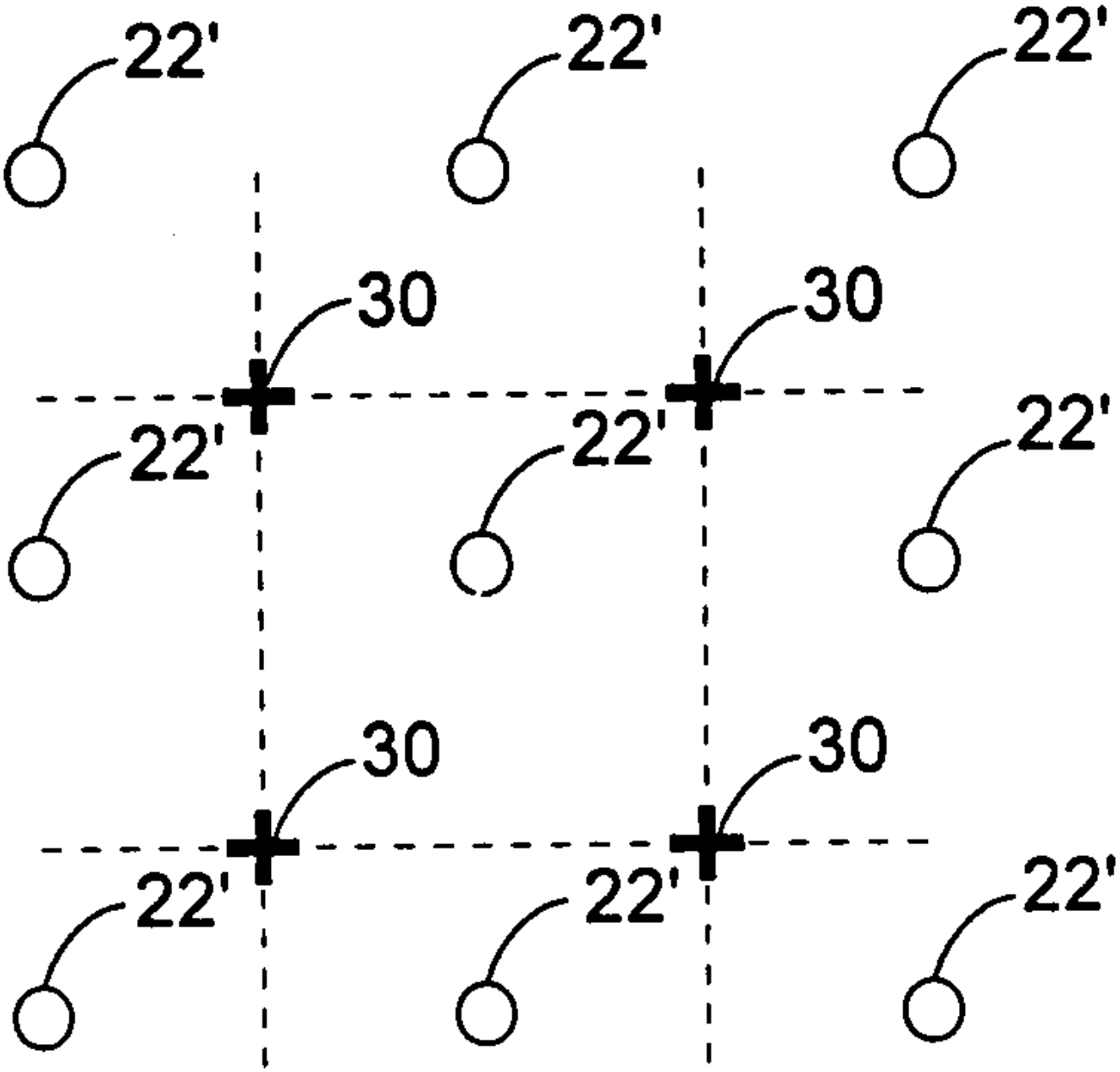
도면 4



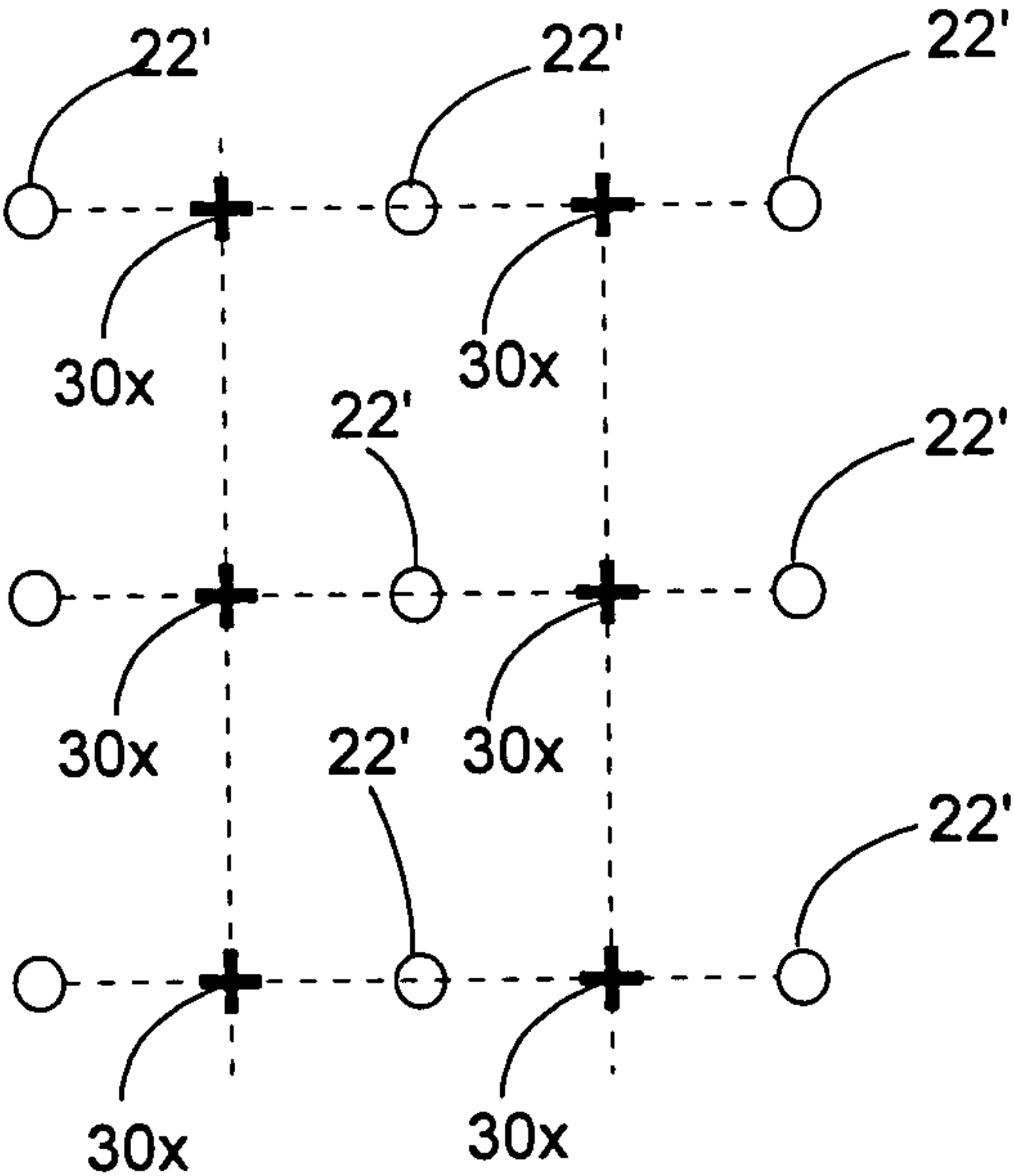
도면 5



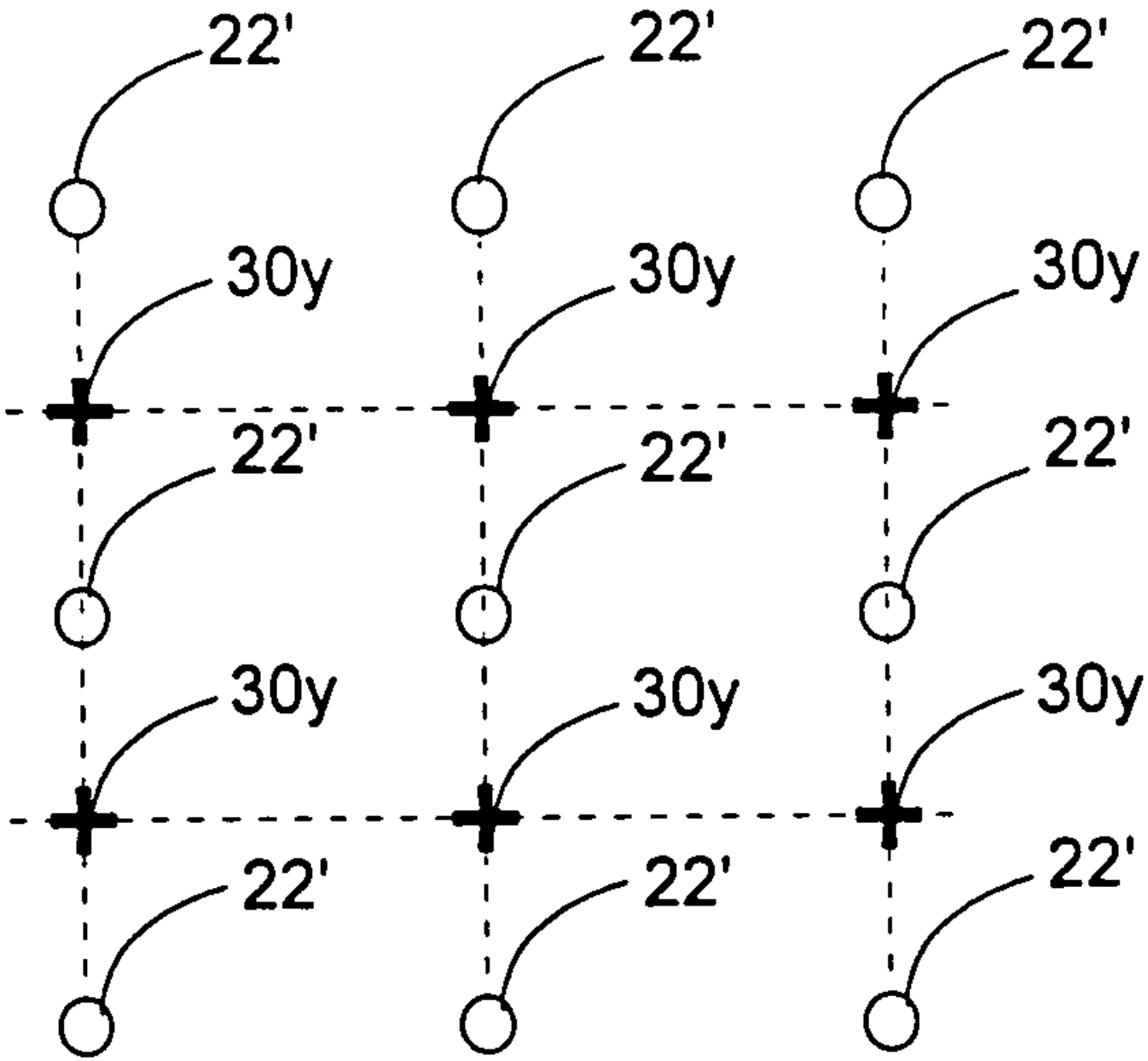
도면 6



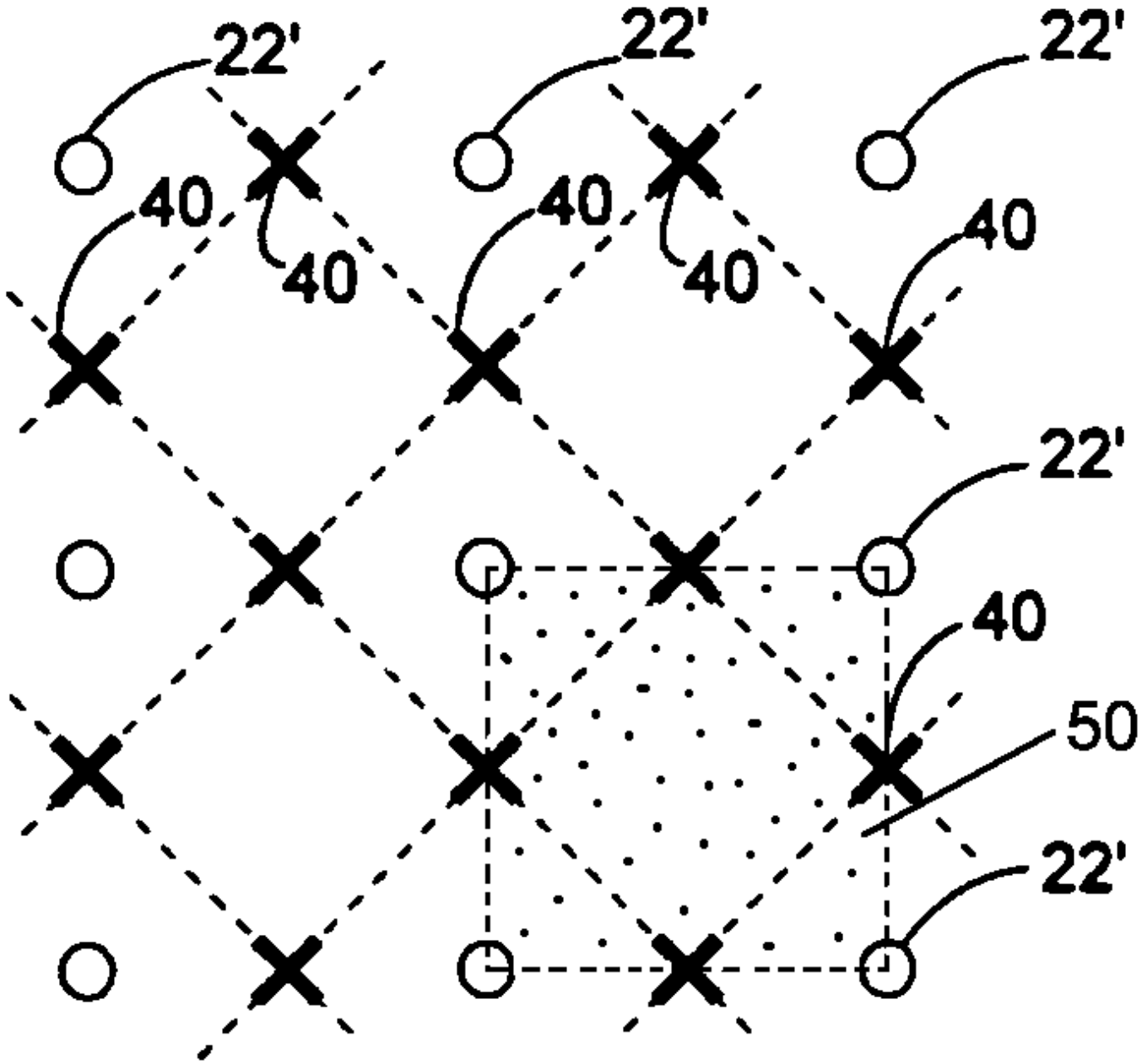
도면 7a



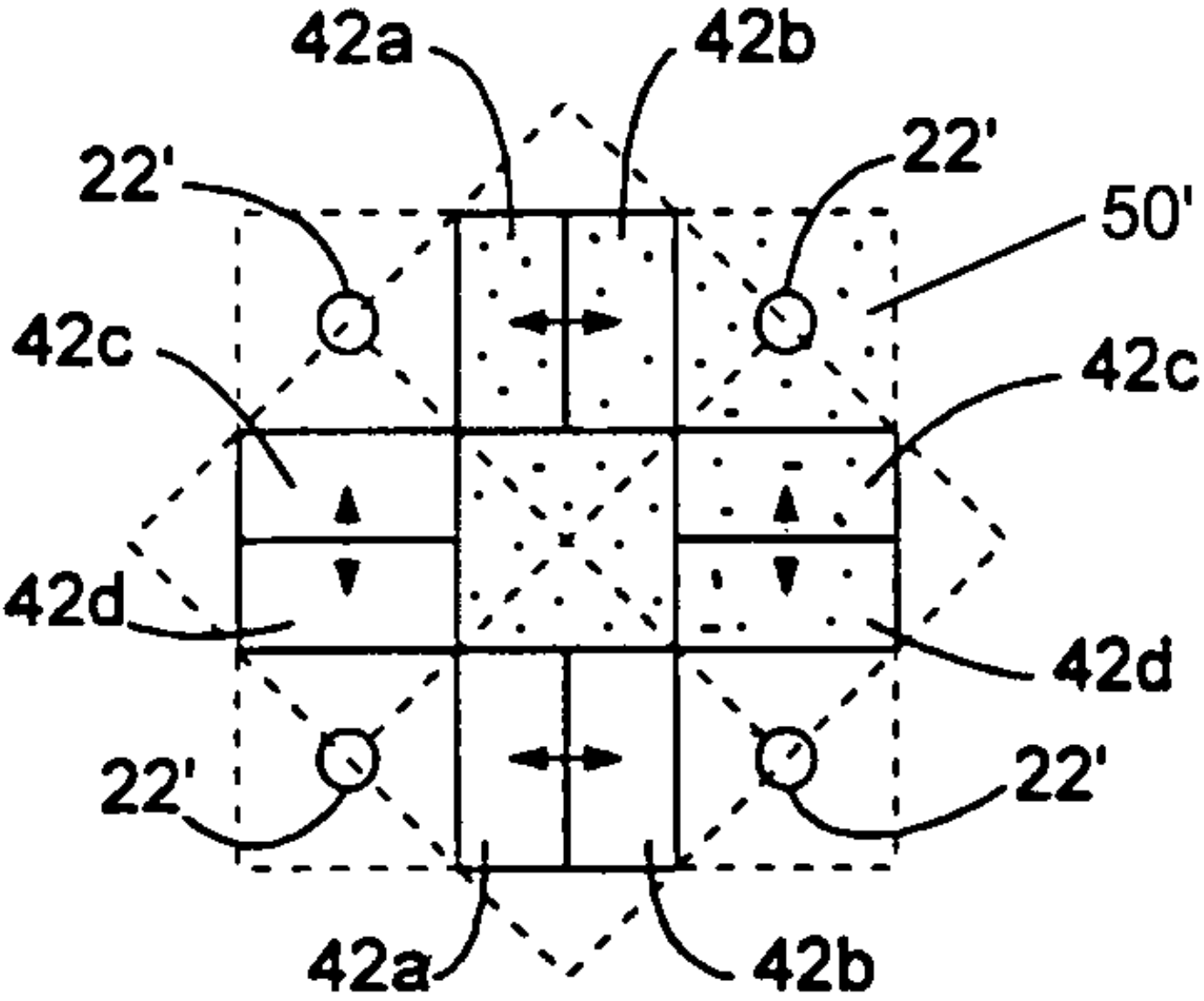
도면 7b



도면 8



도면 9



도면 10

