

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. (11) 공개번호 10-2006-0080578
A61B 3/10 (2006.01) (43) 공개일자 2006년07월10일

(21) 출원번호	10-2006-7001479	(87) 국제공개번호	WO 2005/015495
(22) 출원일자	2006년01월23일	국제공개일자	2005년02월17일
번역문 제출일자	2006년01월23일		
(86) 국제출원번호	PCT/EP2004/008205		
국제출원일자	2004년07월22일		

(30) 우선권주장	103 33 813.6	2003년07월24일	독일(DE)
(71) 출원인	테크노비전 게엠베하 게젤샤프트 뢰어 디 엔트빅클롱 메디치니셔 테히놀로지엔 독일 85622 펠트키르헨 한스-리들-슈트라세 7 보오슈 앤드 롬 인코포레이티드 미합중국 뉴욕주 로체스터 원 보오슈 앤드 롬 플레이스		
(72) 발명자	폴란트 한스-요하힘 독일 82515 볼프라츠하우젠 하이글슈트라세 62 유세피 게르하르트 독일 84028 란트슈트 라이하르트슈트라세 1 프란츠게 슈테판 독일 82110 게르메링 아우구스부르거슈트라세 41		
(74) 대리인	주성민 안국찬		

심사청구 : 없음

(54) 온라인 파면 측정 및 디스플레이

요약

고속 알고리즘은 온라인 수차 측정기로서 언급된, 파면 센트로이드 화상의 실질적으로 동시 취득, 분석 및 디스플레이를 허용하도록 제공된다. 일 방법 실시예는 선택된 시간 간격, 예를 들면 20초에 대해 평균 또는 가장 빈번히 발생하는 파면 수차를 결정하는 것을 포함한다. 온라인 동공 직경 측정은 동공 사이즈를 변화시키는 기능으로서의 파면 수차의 분석을 허용한다. 파면 측정 장치는 수차 측정기를 온라인으로 지지하는 것을 개시하고 있다.

대표도

도 1

색인어

수차 측정기, 파면 수차, 온라인, 센트로이드, 동공, 알고리즘

명세서

기술분야

본 발명의 실시예들은 일반적으로 화상 처리 분야에 관한 것으로, 특히 "온라인(online)" 수차 측정기(aberrometry)로서 본 명세서에 언급된, 눈의 수차 정보의 동시 측정, 분석 및 디스플레이를 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

화상 처리의 연구에 의해 취급되지 않은 기술은 거의 없다. 대부분의 분야에서 앞선 개발은 통상 카메라 화상을 신속하고 정확하게 검출하기 위한 능력이 점차 중요하게 되는 자동 조작을 처리하게 한다. 화상 내의 구조의 검출에 관한 보다 넓은 용도들이 하기되는 기술들에 의해 발견될지라도, 본 발명의 실시예에 의해 목표된 일 영역은 사람의 눈의 파면 수차 측정이다.

굴절 수술을 통한 시력 교정 또는 눈 내에 또는 그 위에 렌즈의 사용에 관련된 안과학 분야는, 상대적으로 최신의 수차 측정기의 개발을 경험하고 있다. 이들 장치들은 당업자들이 시각 특색을 조사하고, 단지 시력에 제한되지 않는 것을 식별하도록 한다. 파면 센서를 포함하는 수차 측정기는 교정 시에 이론적 한계 내의 시력을 제공할 수 있을 뿐 아니라, 관찰 장비를 갖춘 상태에서 더 나은 시각, 아마도 맞춤 시각을 제공할 수 있는 시각 결합에 대한 정보를 제공할 수 있다.

가장 통상적이고 개선된 눈의 파면 검출의 일 유형은 하르트만-샤크 원리(Hartmann-Shack principle)를 따른다. 하르트만-스넵 파면 센서는 통상 CCD 검출기/카메라 상으로 눈을 빠져나가는, 왜곡된 파면의 다양한 부분들의 상을 만드는 마이크로 렌즈 어레이를 포함한다. 마이크로 렌즈 어레이에 의해 생성된 화상은 수차되지 않은 파면(unaberrated wavefront)으로부터 광 도트 화상의 기준 위치로부터 약간 변위된 광의 소형 도트 어레이를 포함한다. 수차된 도트 변위는 눈의 동공을 빠져나가는 파면의 국부적인 경사에 관련된다. 제르니케 다항식 (또는 다른 수리적인 공식)은 이들 변위들로부터 유도될 수 있고, 그런 다음 눈의 수차의 모든 본질적인 것들을 특징짓는데 사용된다. 정확한 파면 연산을 하는 능력은 파면 화상 내의 각 도트의 중심 위치의 진정한 결정에 크게 의존된다. 파면 분석 공정의 이런 양태는 센트로이드 검출로 알려져 있다.

하르트만-샤크 파면 센서 및 예를 들면 체르닝(Tscherning) 등의 다른 공지된 유형들은 통상 센트로이드의 단일 화상 또는 기껏해야 짧은 시간 간격에 대해 매우 작은 수의 화상을 측정한다. 그러나, 눈은 빠르게 파면 변화가 변동하는 동적 시스템이다. 센트로이드 검출을 위해 필요한 시간은 초당 몇 개의 화상보다는 큰 반복 속도를 갖는 주요 컬프릿 힌더링(primary culprit hindering) 실시간 측정을 갖는다. WASCA로서 파면 업계에 공지된 시스템은 파면의 30초 기록에 대해 약 7Hz의 반복 속도를 설명한다. 그러나, 파면 화상은 첫째로 기록되고, 저장되며, 그 후 평가되어야 한다. 단일 파면 화상은 약 400kb의 컴퓨터 메모리를 필요로 한다. 또한, 수차 측정 (예를 들면, 구, 원통/축 및 더 높은 등급의 수차)은 온라인으로 즉, 파면 측정 및 연산과 실질적으로 동시에 디스플레이될 수 없다. 실질적으로 동시에 동공 화상과 센트로이드 화상을 취득하고 저장하는 것은 불가능할 뿐 아니라, 파면의 변화에 눈 움직임의 영향을 평가하는 것도 사실상 불가능하다. 이는 본 발명의 실시예에 의해 나타낸 눈의 파면 측정의 분야에서 예시적인 발전 이슈의 대표적인 몇몇을 설명한다.

도면의 간단한 설명

도1은 본 발명의 일 실시예의 고속 센트로이드 검출 알고리즘의 개략 흐름도이다.

도2는 본 발명의 일 실시예와 관련된 하르트만-샤크 파면 (센트로이드) 화상의 재생된 사진이다.

도3은 본 발명의 일 실시예와 관련된 파면 (센트로이드) 화상의 대표도이다.

도4는 본 발명의 일 실시예에 따라서 분류하는 알고리즘의 개략 흐름도이다.

도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 알고리즘 공정을 나타내는 파면 (센트로이드) 화상의 다른 대표도이다.

도6은 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 알고리즘 공정을 나타내는 개략도이다.

도7은 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 알고리즘 공정을 나타내는 개략도이다.

도8은 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 알고리즘 공정을 나타내는 하르트만-샵 파면 (센트로이드) 화상의 일부를 재생한 사진이다.

도9는 본 발명의 다른 실시예에 관한 개략 흐름도이다.

도10은 본 발명의 다른 실시예의 장치의 블록도이다.

실시예

본 발명의 일 실시예는 CCD 화상의 명암 구조의 검출을 위해 제공하는 알고리즘에 관한 것이다. 화상은 단지 조명 목적인, 파면 이미지에서의 센트로이드 또는 콘택트 렌즈 표면 상의 식별 마킹을 포함한다. 도3은 시뮬레이트 된 하르트만-샵 파면 화상에서의 블랙 스팟(black spot)으로서의 센트로이드 화상(32)의 일 어레이를 도시한다.

이 실시예의 특징은, CCD 화상에서의 센트로이드(32) 등의 구조의 위치는 예를 들면, {800MHz 펜티엄® (인텔) 프로세서 또는 등가를 이용해서} 디스플레이된 파면 화상 정보는 대략 13ms 또는 그 미만으로, 그리고 연산된 제르니케 계수는 대략 5ms로 위치시키고 분류시킬 수 있다는 것이다. 1.6GHz 프로세서는 대략 50Hz까지의 비율의 증가에 의해 대략 1/2로 총 시간을 줄일 것이다. 따라서, 알고리즘은 대략 25Hz까지의 비율로 실질적으로 동시에 파면 정보의 검출, 측정 및 디스플레이에 관한 파면 정보의 "온라인(online)" 분석으로, 본 상세한 설명 전체에 대해 언급되는 것으로 기술된다.

아래에 자세히 기술될 실시예는 하르트만-샵 파면 측정 및 분석의 관점에서 설명될 것이지만, 다른 파면 방법론, 예를 들면 체르닝 원리에 기초한 방법 및 당업계에 공지된 다른 방법으로 보다 광범위하게 적용 가능하다. 그러나, 상기한 바와 같이, 본 실시예는 CCD 유형 화상에서의 구조를 분석하기 위한 화상 처리에 일반적으로 적용 가능하다.

본 실시예에 따른 파면 화상에서의 센트로이드 검출 방법은 도1의 개략 흐름도에 개시된다. 설명된 실시예에서, 일련의 복수의 화상은 필요에 따라 25Hz의 비율로 취득되고, 분석되며, 디스플레이되지만, 단순화를 위해 하기되는 알고리즘 단계는 단일 파면 화상에 적용되고 소정 순서의 모든 파면 화상에 대해 반복된다는 것은 이해될 것이다.

도1의 단계 102에서, 도2에서의 화상(22)에 의해 예시적으로 나타난 바와 같은 $X \times Y$ 픽셀 크기 파면 화상이 취득된다. 광 스팟 화상은 도시된 바와 같이 가변 픽셀 신호 강도에 의해 표현된다. CCD 카메라에서 얻어진 화상은 보통 모든 픽셀이 이런 픽셀에서 수집된 전하량에 비례하는 숫자로 할당되는 픽셀 어레이로 이루어진다. 이 숫자는 픽셀의 신호로서 언급된다. 다음의 예시적인 설명에서, 어두운 화상에서의 밝은 지점의 정규 스캐어 그리드가 상세히 설명될 것이다.

i) 화상 압축

단계 102에서 화상을 취득한 후에, 화상은 단계 104에서 사이즈 $X \times Y$ 에서 $X/n \times Y/m$ 픽셀로 압축된다. 이는 예를 들면, 화상의 상부 좌측 코너에서 시작하고 화상을 거쳐 스캐닝하는 원 화상에서의 $n \times m$ 픽셀 스캐어의 모든 픽셀에 대한 신호를 평균함으로써 행해질 수 있다. 압축된 화상의 상부 좌측 코너에서의 신호는 그 후, 제1 스캐어의 평균으로 설정되고, 다음 픽셀의 신호는 다음(제2) 스캐어의 평균 등으로 설정되고, 최종으로 사진 $X/n \times Y/m$ 픽셀 사이즈로 된다. n 및 m 은 또한 정수값인 X/n 및 Y/m 을 갖는 정수여야 한다. 예시적인 실시예에서, $n=m=8$ 이다.

ii) 배경 공제(Background Subtraction)

단계 106에서, 압축된 화상은 그 후 스캐어 구역 또는 (상기한 (i)에서의 픽셀 스캐어와 혼동되지 않도록) 타일로 분할된다. 예시적인 실시예에서, 하나의 타일은 64×64 픽셀의 스캐어이지만, 다른 사이즈도 사용할 수 있다. 통상적으로, 하나의 타일은 3 내지 5의 센트로이드를 포함할 수 있다. 평균 신호는 모든 타일에 대해 다시 연산된다. 타일의 평균값은 그 후 선형적으로 외삽되어, 화상에서의 임의의 위치에 대해 배경값을 산출한다. 이 배경은 그 후 센트로이드 외측의 낮은 신호를 산출하는 화상으로부터 공제된다. 예시적인 실시예에서, 2인 신호 대 노이즈 비는 배경 공제에 의해 신호 대 노이즈 비가 10으로 향상된다.

iii) 개략적인 구조 검출

단계 108에서, 근접 또는 개략적인 구조 지점 (센트로이드)가 인식된다. 첫째로, 최대는 압축된 화상에서의 가장 높은 신호로서 정의된다. 최대는 화상을 거쳐 스캐닝함에 의해 결정되고, 모든 픽셀의 X 위치, Y 위치 및 신호값은 표에 기록되지만, 이 지점의 신호값이 최대값의 임의의 백분율 즉, 30%보다 크기만 하면, 다른 값들은 사용자에게 의해 선택될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 이는 약 400 엔트리의 표(표I)을 산출한다. 상기 표는 도시된 바와 같이 하강 신호에 의해 분류된다. 임의의 빠른 분류 경로의 다양성은 이를 성취하기 위해 이용 가능하다.

표 I

신호	X 위치	Y 위치
223	86	55
154	85	75
135	87	95
133	115	56
110	118	74
108	114	93
.	.	.
.	.	.
.	.	.

제1 엔트리(가장 높은 신호값)는 제1 개략적인 구조 지점으로 정의된다. 그런 다음, 임의의 미리 설정된 조건을 따르는 표의 모든 엔트리들은 개략적인 구조 지점으로 정의된다. 예시적인 실시예에서, 미리 설정된 조건은 특별한 엔트리의 위치가 미리 설정된 거리보다 모든 미리 알려진 개략적인 구조 지점으로부터 더 이격되어 있다는 것이다. 예시적인 실시예에서, 거리는 17 픽셀이다. 이런 제1 반복 후에, 개략적인 구조 지점의 표는 검출될 모든 지점의 대략 95%를 포함하는 것으로 생성된다.

iv) 구조 검출의 정제

구조의 모든 지점이 알려지는 신용 레벨을 높이기 위해, 단계 108은 블록 110에 도시된 바와 같이, 제1 반복에서의 최소의 임의의 백분율로 새로운 최소를 설정하도록 반복될 수 있다. 제2 반복으로 제1 반복에서 신호가 너무 약해 검색되지 않은 지점을 검색한다. 제1 반복에서 알려진 개략적인 구조 지점은 그것들이 다시 발견되지 않도록 고려된다. (즉, 그것들이 검출된 지점으로부터 미리 설정된 거리보다 멀리 이격된 조건을 따르지 않는다.)

v) 최종 구조 검출

단계 112에서, 최종 센트로이드 위치가 결정된다. 화상이 단계 104에서 보다 일찍 압축되기 때문에, 화상에 원래 포함되는 많은 정보는 무시된다. 이 정보는 이제 보다 정확한 센트로이드 위치를 결정하는데 사용될 수 있다. 원래의 비압축된 화상을 이용해서, 예를 들면 15 x 15 픽셀의 스쿼어가 모든 대략 지점(rough point) 주위에 생성된다. 일반적으로, 각 스쿼어는 단지 하나의 센트로이드를 각 스쿼어가 포함하는 것을 보장하도록 최소 거리의 2x보다 작고, 자체의 센트로이드보다 크다. 예시적인 실시예에서, 이 값은 5 픽셀과 30 픽셀 사이이다. 그런 다음, 스쿼어 내측의 신호 분포에 대한 신호 매스의 중심은 센트로이드의 실질적으로 정확한 위치를 발생시키도록 결정된다.

본 실시예의 일 태양에서, 단계 112는 더욱 정확한 결과를 결정하기 위해, 예를 들면 1, 2, 3...n을 반복할 수 있다. 전 단계에서 매스의 연산된 중심은 연속적으로 이용된다. 각 구조 지점은 또한, 픽셀 주위의 스쿼어가 단계 112에서 사용자 설정 거리에 의해 기꺼이 변환되면, 매스의 중심을 어떻게 변화하는지에 따라 품질 인자를 할당할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 이 거리는 5 픽셀이다. 위치가 최소로 변화되는 지점들은 가장 높은 품질 인자를 할당한다. 이런 방식으로, 낮은 품질 인자를 할당하는 가짜 지점 또는 노이즈는 아마도 잘못된 구조 지점을 표현하는 것으로 생략될 수 있다.

하트만-삭 파면 검출에 관한 예시적인 실시예에서, 마이크로 렌즈 어레이의 대응 화상 형성 렌즈와 센트로이드를 상호 관련시키는 것이 가능하다는 것은 바람직하다. 따라서, 도4에 나타난 바와 같은 실시예의 태양(200)은, 정규 스쿼어 그리드 패턴으로 그것들을 할당하도록 검출된 센트로이드를 분류하는 공정에 관한 것이다. 상기 알고리즘이 링 상의 지점 또는 임의의 지점의 직선 등의 다른 구조 또는 구성에 쉽게 적용 가능하다는 것은, 당업계의 숙련자라면 이해될 것이다.

단계 202에서, 바람직한 구성의 분류가 선택된다. 예시적인 실시예에서, 구성은 마이크로 렌즈 어레이의 기하학적 구조에 근거한 스캐어 그리드이다. 앞에서 알려진 모든 센트로이드 지점 i 에 대해, 직선 공식은 단계 204에 도시된 바와 같이, 센트로이드 지점 i 를 포함하고 1(45도)의 경사를 갖도록 연산된다. 화상의 상부 좌측 코너 또는 하부 우측 코너의 시작 위치에 대해, 0.1 내지 0.9 사이의 경사값이 사용될 수 있다. 유사하게, 시작 위치가 화상의 상부 우측 코너 또는 하부 좌측 코너인 경우, -0.1 내지 -0.9의 경사값이 선택될 수 있다. 단계 206에서, 선(514)과 설명하는 실시예에서 화상(510)의 상부 좌측 코너(506) 사이의 거리(502, n_1)는 도5에 도시된 바와 같이 연산된다. 모든 센트로이드 i 는 그 후 가장 작은 n_1 값을 갖는 센트로이드로 시작하는 단계 208에서 n_1 로 분류된다. 단계 210에서, 가장 작은 n_1 값을 갖는 센트로이드는 열 1로 할당되고, 열 1의 최종 센트로이드로서 메모리에 저장된다. 본 실시예의 일 태양에서, 존재하는 열의 최종 센트로이드는 단계 210 동안 메모리에 저장된다. 단계 212에서, 구역(610)은 예시적인 실시예에서, 렌즈 어레이의 파라미터에 의해 제어되고 변경될 수 있는 치수들 및 도6에 도시된 바와 같이, 다음 센트로이드에 대해 조사 영역(610)을 나타내는 선택된 그리드 구성을 검출하기에 적합한 형상을 갖는, 주어진 열의 최종 센트로이드(605)의 우측 영역을 포함하는 것으로 정의된다. 다른 그리드 구성을 검출하기에 적합한 임의의 형상이 대안적으로 가능하다. 렌즈 어레이 파라미터의 예는 도7에 도시된 바와 같이, 최대 각(702), 최소 거리(704), 최대 거리 1(706) 및 최대 거리 2(708)를 포함한다. 그런 다음, 단계 214에서, 다음의 높은 n_1 값이 선택되고, 센트로이드는 모든 존재하는 열에 대해 센트로이드가 정의된 구역에 있는지가 점검된다. 만약 그렇다면, 그 후 단계 216에서 그 센트로이드는 그 열의 최종 센트로이드로서 할당된다. 만약 그렇지 않다면, 그 후 그 센트로이드는 새로운 열의 최종 센트로이드로 할당된다. 단계 214 내지 단계 216은 이제 모든 센트로이드에 대해 반복된다. 이런 방식으로, 열들은 좌측에서 우측으로 적층되기 시작한다. 단계 220에서, 각 열에 대한 평균 y 위치가 연산되고, 열들은 그 평균 y 위치에 따라 분류된다. 이 단계는 열 1로서의 상부 열, 열 2로서의 다음 열 등의 마킹을 용이하게 한다. 행을 분류하기 위한 단계를 기술하기 전에, 도8에 도시된 바와 같이, 선(802, 804)를 따라 놓인 희미하게 보이는 지점들에 의해 도시된 것과 같은, 즉, 열의 중간에서의 일부 센트로이드(812, 814)가 센트로이드 지점의 나쁜 품질로 인해 검출되지 않고, 좌우로 센트로이드가 다른 열로 할당되는 상태가 발생할 수 있음을 지적하는 것은 유익하다. 이 경우에, 선택적 단계 222는 이 열들을 합치는 것을 포함한다. 이는 다음의 부 단계에 의해 성취된다. 단계 214로부터 각 열에 대한 평균 평균 y 위치로부터, 공제 $y_{열1} - y_{열2}$ (열 1과 열 2 사이의 거리를 산출함), $y_{열2} - y_{열3}$ (열 2와 열 3 사이의 거리를 산출함) 등과, 획득된 거리의 평균값을 취함에 의해 열 사이의 평균 거리를 계산한다. 예시적인 실시예에서, 열 j 와 열 k 를 합침에 대한 기준은, 만약 $y_j - y_k < f \cdot a$ 와 ($P_{k,최초} > P_{j,최종}$ 또는 $P_{k,최종} < P_{j,최초}$)라면이다. 여기서, f 는 사용자에게 의해 설정되는, 약 0.1 내지 0.7 사이의 범위에 있는 가변 파라미터이다. 예시적인 실시예에서, 0.3 내지 0.5 사이의 값들이 사용된다. a 는 열들 사이의 평균 거리이다(상기 참조). $P_{k,최초}$ 는 k 열의 최종 (최좌측) 센트로이드의 x 값이다. $P_{k,최종}$ 는 k 열의 최종 (최우측) 센트로이드의 x 값이다. 바꾸어 말하면, 열들이 통상보다 y 위치에 더 근접하고, 중첩되지 않는, 즉 열 j 가 열 k 의 완전히 좌측 또는 완전히 그 우측에 있다면, 열들은 합쳐진다.

행을 분류하기 위한 공정은, 단계 208로부터 거리 값에 의해 분류된 센트로이드의 리스트가 다시 사용되는 단계 224에서 시작한다. 가장 작은 n_1 를 갖는 센트로이드는 행 1로 할당되고, 행 1의 최종 센트로이드로서 메모리에 저장된다. 예시적인 태양에서, 존재하는 행의 최종 센트로이드는 단계 224 동안 메모리에 항상 저장된다. 단계 226에서, 구역은 예시적인 실시예에서, 상기한 바와 같이 동일한 렌즈 어레이의 파라미터에 의해 제어되고 변경되는 치수 및 형상을 갖는, 주어진 행의 최종 센트로이드 아래의 영역을 포함하는 것으로 정의된다. 이는 도6의 도면에서 90도만큼 아래로 경사시킴에 의해 설명된다. 단계 228에서, 다음의 보다 높은 n_1 값이 선택되고, 그 센트로이드가 모든 존재하는 행에 대해 센트로이드가 정의된 구역에 있을지가 점검된다. 만약 그렇다면, 그 후 단계 230에서, 그 센트로이드는 그 행의 최종 센트로이드로서 할당된다. 만약 그렇지 않다면, 그 후 그 센트로이드는 새로운 행의 최종 센트로이드에 할당된다. 단계 228 내지 단계 230은 이제 모든 센트로이드에 대해 반복된다. 이런 방식으로, 행은 상부에서 하부까지 적층을 시작한다. 단계 234에서, 각 행에 대한 평균 x 위치가 연산되고, 상기 행들은 그 평균 x 위치에 따라 분류된다. 이 단계는 행 1로서의 최좌측 행, 행 2로서의 다음 행 등의 마킹을 용이하게 한다.

도8을 참조하여 상기한 바와 같이, 행 중간의 일부 센트로이드가 센트로이드 지점의 나쁜 품질로 인해 검출되지 않고, 따라서 상하 센트로이드가 다른 행에 할당되는 상태가 발생할 수 있다. 이런 경우, 선택적 단계 236은 이들 행을 합치는 것을 포함한다. 이는 다음의 부 단계에 의해 성취된다. 단계 228로부터 각 행에 대한 평균 평균 x 위치로부터, 공제 $x_{행1} - x_{행2}$ (행 1과 행 2 사이의 거리를 산출함), $x_{행2} - x_{행3}$ (행 2와 행 3 사이의 거리를 산출함) 등과, 획득된 거리의 평균값을 취함에 의해 행 사이의 평균 거리를 계산한다. 예시적인 실시예에서, 행 j 와 행 k 를 합침에 대한 기준은, 만약 $x_j - x_k < f \cdot a$ 와 ($P_{k,최초} > P_{j,최종}$ 또는 $P_{k,최종} < P_{j,최초}$)라면이다. 여기서, f 는 사용자에게 의해 설정되는, 약 0.1 내지 0.7 사이의 범위에 이르는 가변 파라미터이다. 예시적인 실시예에서, 0.3 내지 0.5 사이의 값이 사용되고 a 는 행 사이의 평균 거리이다. $P_{k,최초}$ 는 k 행의

첫번째 (최상측) 센트로이드의 y 값이고, $P_{k, \text{최종}}$ 는 k 행의 최종 (최하측) 센트로이드의 y 값이다. 바꾸어 말하면, 행들이 통상보다 x 위치에 더 근접하고, 중첩되지 않는, 즉 행 j 가 행 k 의 완전히 상측 또는 완전히 그 하측에 있다면, 행들은 합쳐진다.

분류된 센트로이드 위치로부터, 제르니케 연산은 파면 수차를 결정하도록 이루어질 수 있다. 도시된 실시예에 따르면, 800MHz 펜티엄 프로세서를 이용해서 단일 화상을 취득하고 파면 수차 정보를 디스플레이하기 위한 공정은, 아래에 그 대응 처리 시간으로 리스트화 된다.

센트로이드의 발견 및 분류: ~ 5ms

제르니케 연산 수행: ~ 5ms

화상 형성 작동: ~ 8ms

화상 디스플레이: ~ 8ms

동공 좌표 위치 (선택적): ~ 6-8ms

콘택트 렌즈 위치 (선택적): ~ 5ms

본 실시예의 예시적인 태양에서, 제르니케 연산 공정은 2차항 및 고차항에 대해서, 측정 사이클 시에 2배 수행된다. 화상 당 총시간은 대략 40ms이거나 2Hz의 반복 속도로 약간 적다. 반대로, (온라인에 대비되는) 종래의 실시간 파면 분석은 일련의 화상을 저장하고, 파면 정보에 대한 화상을 연속적으로 분석하는 것으로 이루어진다. 이런 기술들은 컴퓨터 저장 요구에 의해 제한된다. 예를 들면, 30초 동안 25Hz로 두 개의 화상을 저장하는 것은 대략 400MB/측정을 요구한다. 한편, 도시된 실시예에 따르면, 화상의 저장은 그 화상에 포함된 정보가 센트로이드 및 동공 위치를 검출함에 의해 이미 인출되었기 때문에 필요하지 않다. 단지 동공 및 센트로이드 위치 데이터를 저장하는 것은, 500 화상을 산출하기 위해 25Hz로 20초 측정 동안 단지 약 700kb의 메모리의 데이터 저장 요구를 필요로 한다.

본 발명의 또 다른 실시예는 상기한 알고리즘을 수행하기 위한 실행 기구를 그 위에 저장한 장치 판독 매체에 관한 것이다. 적절한 매질이 공지되어 있고, 제안 없이 CD, DVD, 디스켓, 하드 드라이브, 캐리어 웨이브 및 다른 것들을 포함한다.

본 발명의 또 다른 실시예는 파면 분석 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 도9의 블록도에 개시되어 있다. 상기 방법은 단계 902에서, 화상 각각이 눈의 파면 측정 정보의 표시인 변위된 센트로이드를 포함하는 곳에서 눈의 동공을 빠져나오는 복수의 광 파면 화상을 취득하고, 단계 904에서, 선택된 수차 등급에 대해 파면 측정 정보를 온라인으로 연산하고 디스플레이하는 것을 포함한다. 상기에서 그리고 상세한 설명 전체에 사용된 바와 같이, 용어 "온라인(online)"은 파면 측정 정보의 실질적으로 동시 측정, 분석 및 디스플레이를 언급한다. 전술한 실시예에서 서술된 예시적인 고속 알고리즘은 온라인 공정을 용이하게 하기 위한 단지 하나의 방법이다. 당업계의 숙련자라면 온라인 기술을 또한 용이하게 할, 다른 알고리즘이 개발되거나 또는 현재 이용 가능함을 이해할 것이다.

본 실시예의 일 태양에서, 화상은 10Hz와 동등하거나 또는 그보다 큰 비율로 취득된다. 예시적인 태양에서, 화상은 25Hz의 비율로 획득되지만, 컴퓨터 프로세서 속도는 화상 취득 비율에서의 제한 인자이다. 다른 태양에서, 적어도 50의 연속 화상이 취득된다. 또 다른 태양에서, 선택된 수차 등급에 대한 파면 측정 정보의 온라인 연산 및 디스플레이의 단계 906은 선택된 동공 직경에 대해 수행된다. 즉, 동공 직경값이 측정 전에 선택되지 않으면, 2차 등급 수차가 동공 직경과 독립적이기 때문에 디스플레이는 2차 등급 수차(구 또는 구형의 등가물 및 원통/축)에 제한될 것이다. 그러나, 누군가 결과적인 파면 정보가 실질적으로 일정한 동공 직경 또는 동공 직경의 제어된 변화에 대해 해석되는 것을 보장하는 것을 원할 수 있다. 한편, 온라인으로 디스플레이될 주어진 직경에 대해 임의의 제르니케 등급(예를 들면, 코마, 구형 수차, 고차)을 허용하도록, 동공 직경값은 측정 전에 선택될 수 있다. 동공 직경의 예시적인 범위는 약 2mm 내지 10mm 사이이다.

일 예시적인 실시예에서, 25Hz의 반복 속도로, 500의 화상이 20초 시간 간격에 대해 획득될 수 있고, 따라서 500의 측정이 이루어질 수 있다. 첫번째 125의 화상은 동공 직경, $D < D_{\min}$ 에 대해, 다음 250의 화상은 $D_{\min} \leq D \leq D_{\max}$ 에 대해, 나머지 125의 화상은 $D_{\max} < D$ 에 대해 획득될 수 있다. 250의 화상 세트를 사용해서, Z_{2xx} 를 거쳐 Z_{10xx} 에 대한 제르니케 진폭은 단계 908에 개시되어 있는 바와 같이 연산될 수 있다. 필요하다면 단계 910에서, 선택된 제르니케 등급의 평균값은 온라인으로 연산되고 디스플레이될 수 있다. 평균값이 연산되면, 단계 912에서, 공지된 통계학적 기술이 평균 파면 측정에

대한 오차 대역을 제공하는 표준편차를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 본 실시예의 태양에서, 깜빡임 주기(blinking period)는 이례적인 파면 정보 및 폐기된 이들 깜빡임 주기 동안의 정보를 포함하게 결정될 수 있다. 유사하게, 콘택트 렌즈 위치가 측정되면, 예를 들어 렌즈 안착이 짧은 시간에 발생할 경우, 깜빡임 주기 동안 측정을 생략하는 것이 유리하다. 동공 직경에 근거한 특별한 수차 등급에 대해 가장 빈번히 발생하는 파면 진폭의 값을 아는 것은, 의사가 환자에 대한 최적 시력을 초래하도록 치료 또는 시력 교정을 처방하도록 할 것이다.

본 실시예에 따른 관련 태양에서, 단계 914에서, 파면 화상에 대응하는 일련의 동공 화상은 또한 획득될 수 있다. 이들 화상은 파면에서의 변화에 눈 움직임의 영향이 평가될 수 있도록 동시에 저장될 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예는 도10의 블록도에 의해 예시된 파면 측정 장치(1000)에 관한 것이다. 상기 장치는 눈(1020)의 망막 상으로 광의 작은 스폿을 전달하는 조명 부품(1010)과, 눈의 동공을 나오고 망막으로부터 산개된 조명 광의 센트로이드 화상을 형성하는 화상 형성 부품(1030)과, 센트로이드 화상을 취득하도록 구성된 검출기(1040)와, 파면 측정 정보를 결정하기 위해 센트로이드 변위 연산을 실행하는 검출기와 협력 작동하는 프로세서(1050)와, 선택된 파면 측정 정보를 디스플레이하는 프로세서에 작동식으로 연결된 디스플레이 부품(1060)과, 선택된 파면 측정 정보의 온라인 연산 및 디스플레이를 지시하기 위한 수단(1070)을 포함한다. 선택적 동공 카메라(1080) 및 동공 측정기(1090, pupilometer)가 부품들(1015)이 빔 스플리터 또는 그 광학적 등가물인 것으로 또한 도시된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

파면 분석 방법이며,

- a) 눈의 동공을 빠져나오는 복수의 광 파면 화상을 취득하는 단계와,
 - b) 선택된 수차 등급에 대한 파면 측정 정보를 온라인으로 연산하고 디스플레이하는 단계를 포함하고,
- 상기 화상 각각은 눈의 파면 측정 정보의 표시인 변위된 센트로이드를 포함하는 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 10hz와 동일하거나 그보다 큰 비율로 화상을 취득하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서, 적어도 50의 연속 화상을 취득하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 4.

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 선택된 수차 등급 파면 측정 정보에 대한 평균값 및 대응 표준편차를 결정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 5.

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 단계 (b)는 선택된 동공 직경에 대해 수행되는 방법.

청구항 6.

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 선택된 동공 직경에 대한 파면 측정 정보에 대한 평균값을 디스플레이하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 7.

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 파면 측정 정보는 명백한 굴절값인 방법.

청구항 8.

제7항에 있어서, 상기 명백한 굴절값을 온라인으로 디스플레이하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 9.

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 파면 측정 정보는 2차 내지 10차 제르니케 수차 등급 중 하나 또는 그 광학적 등가에 대응하도록 선택된 방법.

청구항 10.

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 각 파면 화상에 대한 눈의 대응 동공 화상을 취득하는 단계와,

각 동공 화상의 동공의 위치 데이터, 사이즈 데이터, 형상 데이터 및 기하학적 특징 데이터 중 적어도 하나를 결정하는 단계와,

상기 동공 화상 및 대응 동공 화상 데이터 중 적어도 하나를 온라인으로 디스플레이하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 11.

제10항에 있어서, 2차 내지 10차 제르니케 수차 등급 또는 그 광학적 등가를 포함하는 군으로부터 선택된, 선택된 파면 수차를 온라인으로 디스플레이하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 12.

제10항 또는 제11항에 있어서, 동공 화상을 저장하고, 동시에 파면 화상을 일시적으로 대응시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 13.

제5항에 있어서, 상기 선택된 동공 직경은 약 2mm 내지 10mm 사이의 범위인 방법.

청구항 14.

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 제15항 내지 제35항 중 어느 한 항의 알고리즘을 이용하여 파면 측정 정보를 연산하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 15.

화상에서의 센트로이드 검출을 위한 알고리즘이며,

a) 가변 픽셀 신호 강도에 의해 표현된 $X \times Y$ 사이즈 화상을 취득하는 단계와,

b) $X \times Y$ 사이즈 화상을 $X/n \times Y/m$ 사이즈 화상으로 압축하는 단계와,

여기서, n, m 은 임의의 정수와 동일하고, $X/n, Y/m$ 은 정수값임,

c) 상기 압축된 화상에서 임의의 위치에 대한 배경 강도를 결정하고, 상기 압축된 화상으로부터 이 배경을 공제하는 단계와,

d) 상기 배경-공제 압축된 화상에서의 대략 위치 결정된 복수의 센트로이드를 검출하는 단계와,

e) 소정 복수의 센트로이드의 대략적인 위치가 검출될 때까지 단계 (d)를 반복하는 단계와,

f) 소정 복수의 센트로이드의 대략 위치를 $X \times Y$ 사이즈 화상에서의 보다 정확한 위치로 변환하는 단계를 포함하고,

화상 내의 각 센트로이드 위치는 동일한 알고리즘.

청구항 16.

제15항에 있어서, g) 보다 정확한 위치의 소정 레벨이 결정될 때까지 단계 (f)를 반복하는 단계를 포함하는 알고리즘.

청구항 17.

제16항에 있어서, 품질 인자를 단계 (g)의 각 반복 시에 각 센트로이드에 대한 위치 변화의 크기에 대해 센트로이드 각각으로 할당하는 단계를 더 포함하는 알고리즘.

청구항 18.

제15항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 소정 구성에 따라 단계 (f)로부터 결정된 센트로이드를 분류하는 단계를 포함하는 알고리즘.

청구항 19.

제18항에 있어서, 상기 구성은 기하학적 그리드인 알고리즘.

청구항 20.

제19항에 있어서, 직사각형 그리드를 포함하는 알고리즘.

청구항 21.

제18항에 있어서, 상기 구성은 링인 알고리즘.

청구항 22.

제18항에 있어서, 상기 구성은 직선인 알고리즘.

청구항 23.

제18항에 있어서, 각각의 결정된 센트로이드를 각각의 센트로이드 화상 형성 요소와 관련시키는 단계를 포함하는 알고리즘.

청구항 24.

제15항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서, $X \times Y$ 사이즈 화상을 $X/n \times Y/m$ 사이즈 화상으로 압축하는 단계는,

- a) 원 화상의 제1 소정 구역에서 시작하고 상기 화상을 통해 스캐닝하는 $n \times m$ 스쿼어 내의 각 픽셀에 대한 신호를 평균하고, 압축된 화상의 대응 제1 소정 구역에서의 신호 레벨을 상기 제1 소정 구역의 평균값으로 설정하는 단계와,
- b) $X/n \times Y/m$ 화상 사이즈가 획득될 때까지 제2 및 후속하는 소정 구역에 대해 단계 (a)를 반복하는 단계를 포함하는 알고리즘.

청구항 25.

제24항에 있어서, $n=m=8$ 인 알고리즘.

청구항 26.

제24항 또는 제25항에 있어서, 상기 제1 소정 구역은 화상의 상부 좌측 코너인 알고리즘.

청구항 27.

제15항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서, 단계 (c)는

복수의 센트로이드를 포함하는 복수의 화상 세그먼트 각각으로 압축된 화상을 분할하는 단계와,

각 화상 세그먼트에 대해 평균 신호값을 결정하는 단계와,

각 화상 세그먼트에 대한 평균값을 외삽하여 배경 강도 레벨을 결정하는 단계를 포함하는 알고리즘.

청구항 28.

제27항에 있어서, 상기 화상 세그먼트는 스쿼어인 알고리즘.

청구항 29.

제27항에 있어서, 각 화상 세그먼트는 대략 3 내지 5의 센트로이드를 포함하는 알고리즘.

청구항 30.

제15항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서, 단계 (d)는

- a) 화상에서의 최대 신호값을 결정하는 단계와,
- b) 소정의 최대 백분율로 임계값을 설정하는 단계와,
- c) X 위치, Y 위치, 및 상기 임계값보다 큰 신호 강도를 갖는 각 픽셀의 신호 강도를 결정하는 단계와,
- d) 단계 (c)로부터 신호 강도의 하강 등급으로 상기 값을 분류하는 단계와,
- e) 대략 위치 결정된 제1 센트로이드로서 가장 높은 신호 강도를 할당하는 단계와,
- f) 미리 설정된 조건을 준수하는 대략 위치 결정된 센트로이드로서 모든 분류된 값들을 정의하기 위해 미리 설정된 조건을 선택하는 단계를 포함하는 알고리즘.

청구항 31.

제30항에 있어서, 상기 미리 설정된 조건은, 후속하는 대략 위치 결정된 센트로이드 각각의 위치가 모든 미리 결정된 대략 위치 결정된 센트로이드로부터 미리 설정된 거리보다 이격된 거리인 알고리즘.

청구항 32.

제30항 또는 제31항에 있어서, 새로운 임계값을 분류된 신호 강도의 최대값의 소정 백분율로 설정하는 단계 및 단계 (c) 내지 단계 (f)를 반복하는 단계를 더 포함하고,

미리 인식된 대략 위치 결정된 센트로이드는 다시 인식되지 않는 알고리즘.

청구항 33.

제15항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 단계 (f)는

- 원 화상에서의 소정 복수의 센트로이드의 모든 근사적인 위치 근방의 경계 구조를 정의하는 단계와,
- 경계의 신호 분포 내측에 대한 신호 매스의 중심을 결정하는 단계를 포함하는 알고리즘.

청구항 34.

제20항에 있어서, a) 센트로이드 지점 i 를 포함하고 약 <-0.1 또는 >0.1 의 값 사이의 경사를 갖는, 분류된 센트로이드 i 각각에 대한 직선 공식을 연산하는 단계와,

- b) 화상에서의 기준 위치와 선 사이의 거리 n_i 를 연산하는 단계와,

- c) 가장 작은 n_1 값으로 시작하는 n_i 에 의해 모든 센트로이드 i_n 을 분류하는 단계와,
- d) 가장 작은 n_1 를 갖는 센트로이드를 제1 열로 할당하고, 제1 열에 최종 센트로이드로서 이 센트로이드를 저장하는 단계와,
- e) 선택된 그리드 구조의 검출에 적합한 형상 및 화상 형성 구성 요소 파라미터에 의해 가변적으로 제어 가능한 치수들을 갖는 주어진 열의 최종 센트로이드의 우측으로의 영역으로서 구역을 정의하는 단계와,
- f) 다음의 n_1 값을 획득하고, 모든 존재 열에 대해 센트로이드가 상기 구역 내에 있는지를 결정하는 단계와,
- g) 상기 구역 내에 센트로이드가 있는 경우, 주어진 열에서 최종 센트로이드로서 상기 센트로이드를 할당하고, 또한 상기 구역 외측에 센트로이드가 있는 경우, 새로운 열에서 최종 센트로이드로서 상기 센트로이드를 할당하는 단계와,
- h) 모든 센트로이드들에 대해 단계 (f) 내지 단계 (g)를 반복하는 단계와,
- i) 각 열에 대해 평균 y 위치를 연산하고, 평균 y 위치에 따라 상기 열들을 분류하여 상부 열, 열 1, 다음 열, 열 2 및 열 n 등을 인식하는 단계와,
- j) 가장 작은 n_1 를 갖는 센트로이드를 제1 행으로 할당하고, 상기 제1 행에서 최종 센트로이드로서 상기 센트로이드를 저장하는 단계와,
- k) 선택된 그리드 구조의 검출에 적합한 형상 및 화상 형성 구성 요소 파라미터에 의해 가변적으로 제어 가능한 치수들을 갖는 주어진 행의 최종 센트로이드 아래 영역으로서 구역을 정의하는 단계와,
- l) 다음 n_1 값을 획득하고, 모든 존재 행에 대해 상기 센트로이드가 구역 내에 있는지를 결정하는 단계와,
- m) 상기 구역 내에 센트로이드가 있는 경우, 주어진 행에서 최종 센트로이드로서 상기 센트로이드를 할당하고, 또한 상기 구역 외측에 센트로이드가 있는 경우, 새로운 행에서 최종 센트로이드로서 상기 센트로이드를 할당하는 단계와,
- n) 모든 센트로이드에 대해 단계 (l) 내지 단계 (m)을 반복하는 단계와,
- o) 각 행에 대해 평균 x 위치를 연산하고, 평균 x 위치에 따라 상기 행들을 분류하여 제1 행, 행 1, 다음 행, 행 2 및 행 n 등을 인식하는 단계를 포함하는 알고리즘.

청구항 35.

제34항에 있어서, 상기 기준 위치는 화상의 상부 좌측 코너인 알고리즘.

청구항 36.

제15항의 알고리즘의 형태로 실행 가능한 지시가 저장되어 있는 장치 판독 매체.

청구항 37.

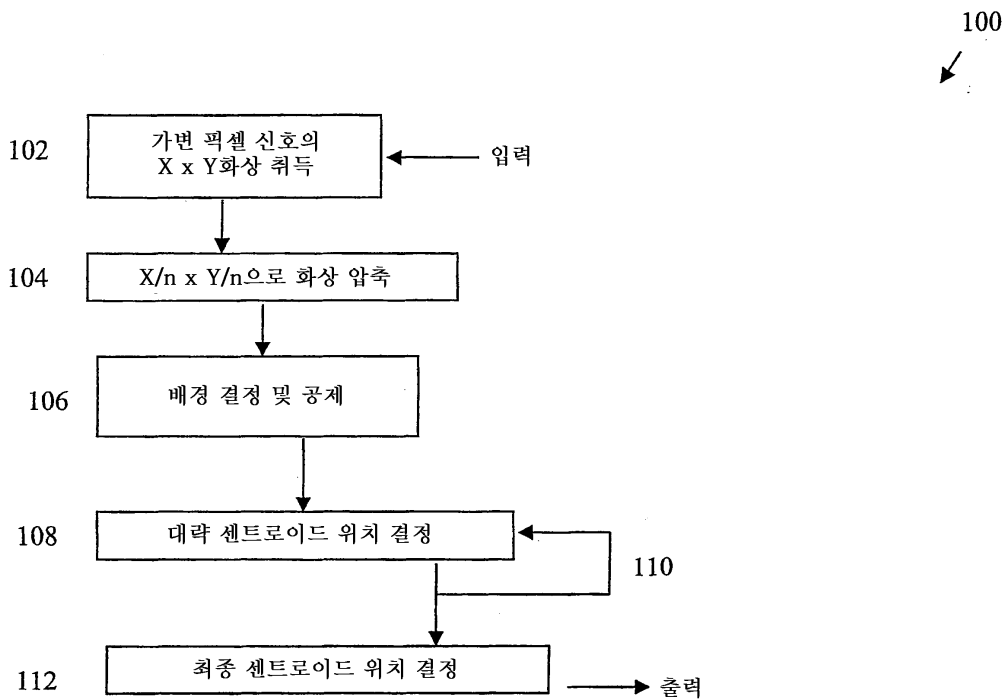
파면 측정 장치이며,

광의 작은 스폿을 망막 상으로 전달하도록 구성된 조명 부품과,

눈의 동공을 나오고 망막으로부터 산개된 조명 광의 센트로이드 화상을 형성할 수 있는 화상 형성 부품과,
 상기 센트로이드 화상을 취득하도록 구성된 검출기와,
 화면 측정 정보를 결정하기 위해 센트로이드 변위 연산을 실행할 수 있는 검출기와 작동식으로 연결된 프로세서와,
 선택된 화면 측정 정보를 디스플레이할 수 있는 프로세서와 작동식으로 연결된 디스플레이 부품과,
 선택된 화면 측정 정보를 온라인으로 연산하고 디스플레이하도록 지시하기 위한 수단을 포함하는 장치.

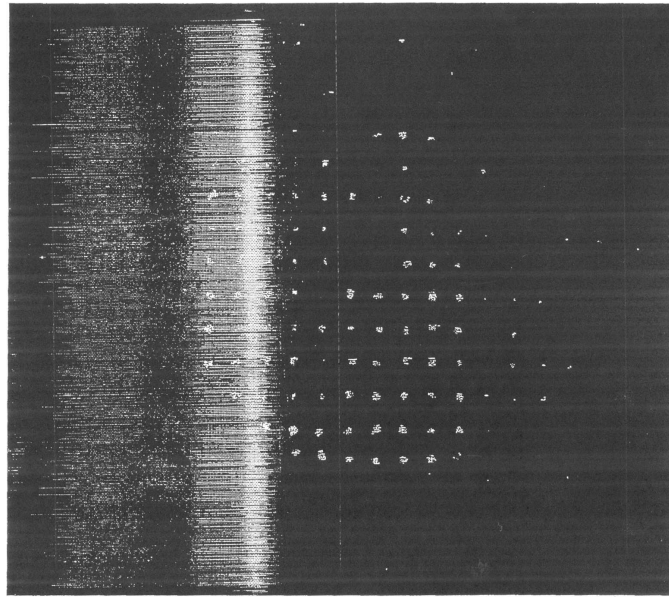
도면

도면1



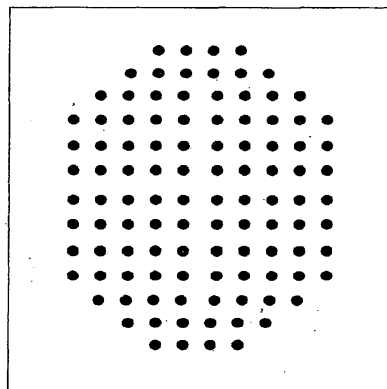
도면2

22

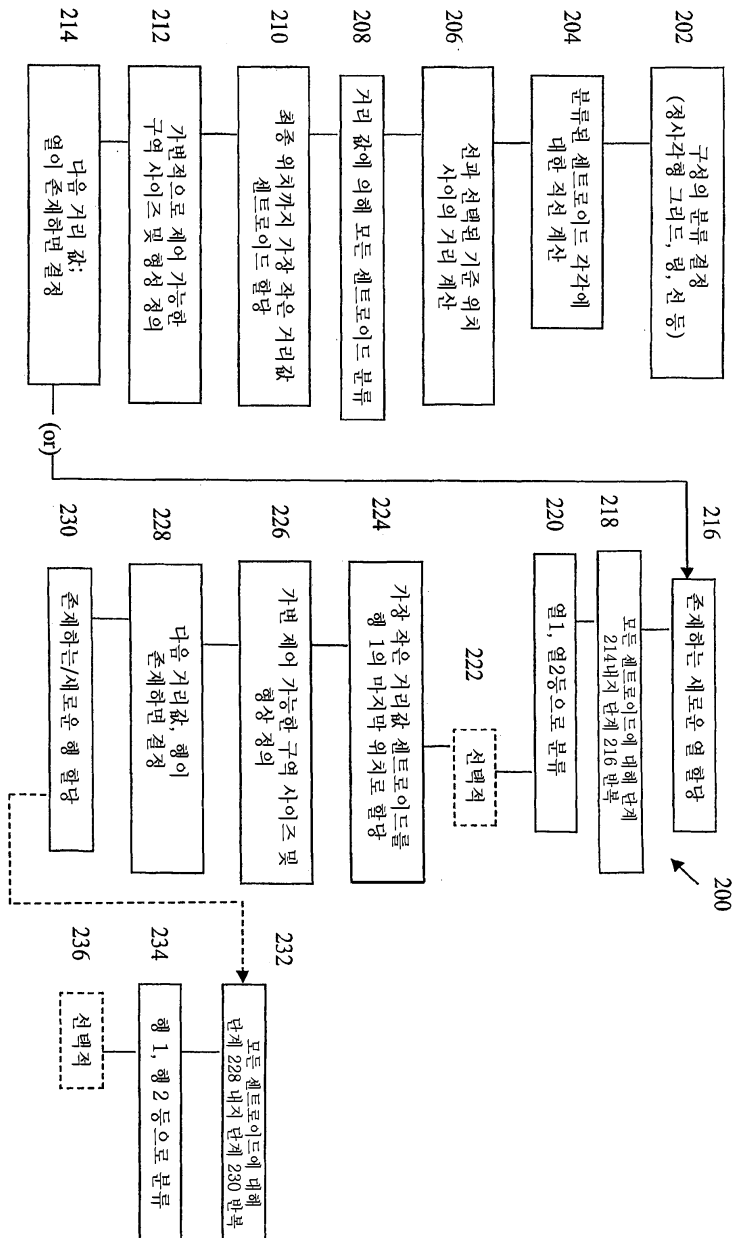


도면3

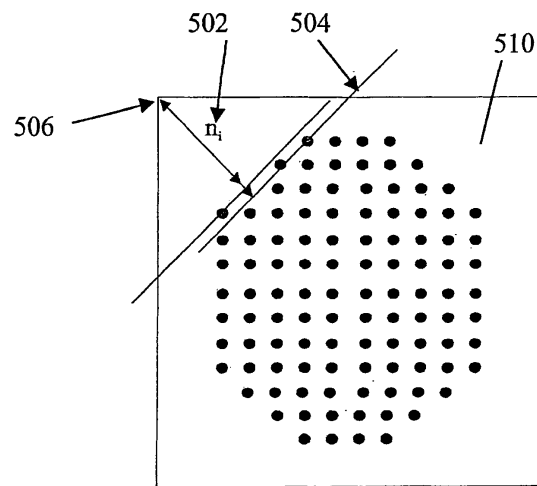
32



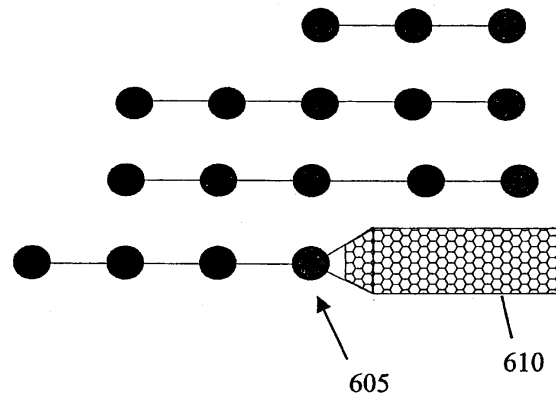
도면4



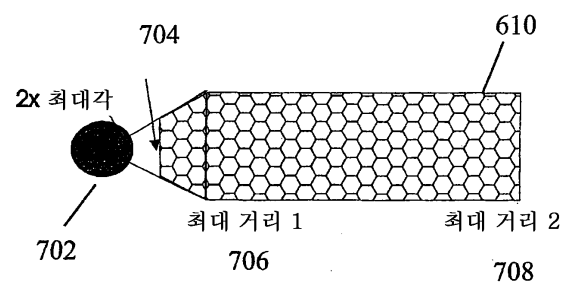
도면5



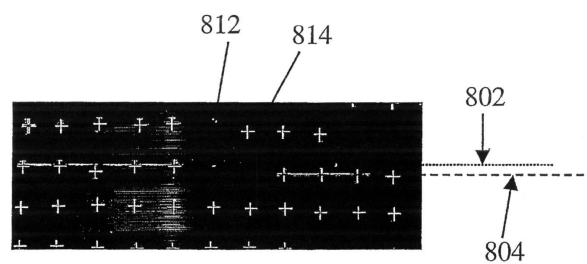
도면6



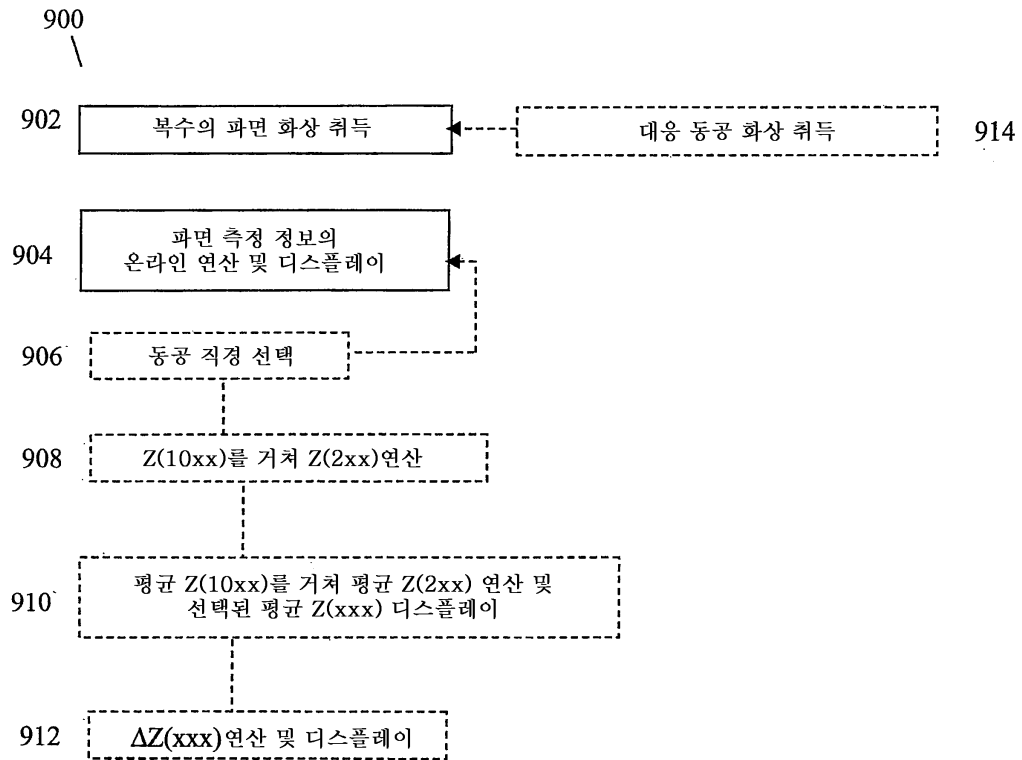
도면7



도면8



도면9



도면10

