



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2020-0028406  
(43) 공개일자 2020년03월16일

- |   |  |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>G01B 11/25 (2006.01) HO4N 5/235 (2006.01)<br/>HO4N 5/243 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>G01B 11/25 (2013.01)<br/>HO4N 5/2351 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2020-7003010</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2018년05월18일<br/>심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2020년01월31일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/DE2018/200050</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2019/007468<br/>국제공개일자 2019년01월10일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>10 2017 211 377.4 2017년07월04일 독일(DE)</p> | <p>(71) 출원인<br/>마이크로-엡실론 메세테크니크 게엠베하 엔체오.<br/>카게<br/>독일 94496 오르텐버그, 코에니그바허 스트라세 15</p> <p>(72) 발명자<br/>로퍼러, 하네스<br/>독일 94496 오르텐버그, 스테인키르첸 12비<br/>키킵게레더, 레이너<br/>독일 94496 오르텐버그, 세일러스트라세 22<br/>(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>윤앤리특허법인(유한)</p> |
|---|--|

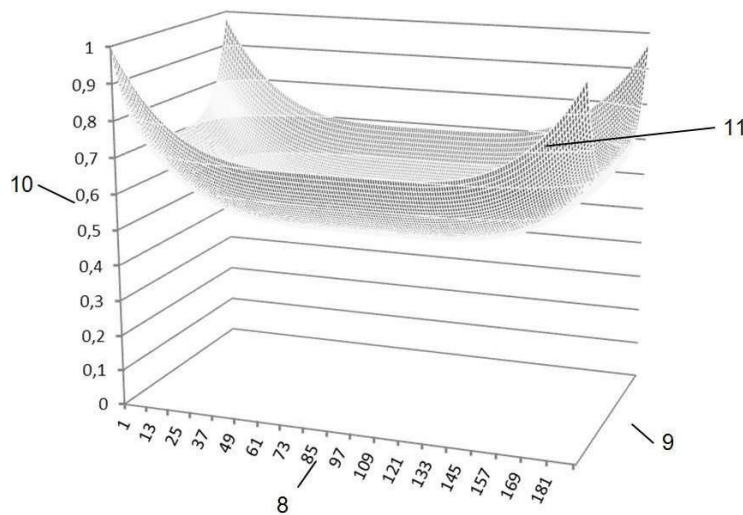
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **측정 물체의 표면을 광학적으로 측정하는 방법 및 장치**

**(57) 요약**

본 발명은 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법에 관한 것이다. 이미지 패턴은 이미지 생성 장치(1)를 이용하여 표시되고, 이미지 패턴은 캡처 장치(3)를 이용하여 측정 물체(2)에서의 반사, 산란, 회절, 또는 전송에 의해 획득된다. 본 발명은, 보정 함수가, 캡처 장치(3)에 의해 획득된 영향을 받은 이미지 패턴이 시간적으로 및/또는 공간적으로 적어도 실질적으로 일정한 및/또는 균일한 및/또는 선형적인 휘도를 가지도록, 이미지 생성 장치(1) 및 이에 의해 표시된 이미지 패턴을 조정하는 데에 이용되는 것을 특징으로 한다. 본 발명은 추가적으로 본 방법을 수행하는 장치에 관한 것이다.

**대표도**



(52) CPC특허분류

*H04N 5/243* (2013.01)

(72) 발명자

**레이트버거, 요세프**

독일 94269 린흐나흐, 클레싱어 스트라세 1

**헤세, 라이너**

독일 94496 오르텐버그, 비취엠.-요세프-키르슈너  
-에스티알. 16

**바그너, 로버트**

독일 50122 플레젠 -, 누르 푸르 콘탁트테타일스

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법에 있어서,

이미지 패턴은 이미지 생성 장치(1)를 이용하여 표시되고, 생성된 상기 이미지 패턴은 상기 측정 물체에 투사되며, 반사, 산란, 회절 및/또는 전송을 통하여 상기 측정 물체에 의해 영향을 받은 상기 이미지 패턴은 캡처 장치(3)를 이용하여 기록되고,

보정 함수에 의해, 상기 이미지 생성 장치(1) 및 이에 의해 표시된 상기 이미지 패턴은, 상기 캡처 장치(3)에 의해 기록된 상기 영향을 받은 상기 이미지 패턴이 적어도 본질적으로 일정한 및/또는 균일한 및/또는 선형적인 휘도를 시간적으로 및/또는 위치적으로 나타내도록, 조정되는

것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 보정 함수에 의해, 상기 이미지 생성 장치(1)의 감마 보정은 상기 캡처 장치(3)의 감마 보정으로 조정되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 이미지 생성 장치(1)의, 예를 들어 디자인과 관련된, 불균일한 휘도 분포는 상기 보정 함수에 의해 보정되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 보정 함수에 의해, 상기 이미지 생성 장치(1)에 의해 표시되는 상기 이미지 패턴의 측부 시선들(7)에 의해 야기되는 불균일이 보정되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 보정 함수에 의해, 일련의 연속적으로 표시되는 복수의 이미지 패턴들의 회색 색조 분포 및/또는 색상 분포는, 상기 표시되는 이미지 패턴들의 각각이 동일한 전체 휘도를 적어도 본질적으로 가지도록, 조정되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

#### 청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 보정 함수에 의해, 상기 표시되는 상기 이미지 패턴의 기하학적 배열은 상기 이미지 생성 장치(1)에 대하여 조정되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

#### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 룩업 테이블(lookup table)이 보정 함수로서 사용되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

#### 청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 임의의 수학 함수가 보정 함수로서 사용되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 선형 함수가 상기 보정 함수를 통해 중첩되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학

적으로 측정하는 방법.

**청구항 10**

제6항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 보정 함수는 1개 또는 2개의 축들에 대하여 공간적으로 작용하는 것 및/또는 상기 보정 함수는 시간적으로 변화하는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

**청구항 11**

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이미지 생성 장치(1)에는 프로젝터 및/또는 모니터 및/또는 스크린이 제공되는 것, 및/또는 상기 캡처 장치(3)에는 카메라가 제공되는 것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법.

**청구항 12**

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 따른 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법을 실시하는 장치에 있어서,

이미지 패턴을 표시하는 이미지 생성 장치(1), 및 상기 측정 물체(2)로부터 반사, 산란, 회절 및/또는 전송에 의해 영향을 받은 상기 이미지 패턴을 기록하는 캡처 장치(3)를 포함하고,

상기 이미지 생성 장치(1)에는, 상기 캡처 장치(3)에 의해 기록된 영향을 받은 상기 이미지 패턴이 적어도 본질적으로 일정한 및/또는 균일한 및/또는 선형적인 휘도를 시간적으로 및/또는 위치적으로 나타내도록, 표시된 상기 이미지 패턴을 보정 함수를 통하여 조정하는 보정 유닛(4)이 제공되는

것을 특징으로 하는 측정 물체(2)의 표면을 광학적으로 측정하는 방법을 실시하는 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 이미지 생성 장치가 측정 물체에 투사되는 이미지 패턴을 표시하는 데에 사용되고, 반사, 산란, 회절 및/또는 전송을 통하여 측정 물체에 의해 영향을 받은 이미지 패턴이 캡처 장치(capturing device)에 의해 기록되는, 측정 물체의 표면을 광학적으로 측정하는 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한, 반사, 산란 또는 전송을 통하여 측정 물체에 의해 영향을 받은 이미지 패턴을 기록하는 캡처 장치뿐만 아니라 이미지 패턴을 표시하는 이미지 생성 장치를 포함하는, 본 발명에 따른 방법을 실시하는 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 광학적 표면 측정을 수행하기 위해, 이미지 처리 방법들이 종종 이용되고 이에 대응하는 장치들이 이용되는데, 이미지 패턴은 표면에 의해 영향을 받고 영향을 받은 이미지 패턴은 카메라에 의해 기록된다. 이미지 패턴은, 예를 들어, 조명되는 스크린, 프로젝터(projector) 또는 디스플레이 모니터를 통하여 각각 생성되거나 표시되고, 이미지 패턴은 조사(inspection)되는 표면에 투사된다. 이미지 패턴은 조사되는 표면에서 반사, 산란, 회절 또는 전송에 의해 영향을 받고, 영향을 받은 이미지 패턴은 카메라를 이용하여 기록된다. 기록된 영향을 받은 이미지 패턴들은 그 다음에 컴퓨터를 이용하여 처리되고, 측정 결과들은 이로부터 계산된다. 표면의 특성들에 관한 판단들은 공지된 패턴 특성들 및 측정 물체의 표면에 의해 변화되거나 영향을 받은 이미지 패턴으로부터 얻어질 수 있다. 종종, 조사되는 표면 특성들은 모양, 기하학적 구조, 장애들(faults), 결함들(defects) 또는 텍스처(texture) 등이다.

[0003] 표면 조사를 위한 공지된 측정 방법들은, 예를 들어, 모아레법(moire method), 스트립 투사(strip projection) 또는 디플렉토메트리(deflectometry)이다. 종종, 패턴을 표시하기 위해, 상업적 프로젝터들(LCD 프로젝터) 또는 컴퓨터 또는 TV 스크린들이 사용된다. 이들은 주로 소비자 부문 및 사람 눈을 통한 보기를 위해 디자인된다. 눈은 모니터의 많은 물체 오차들을 보상하고, 이는 보정 이미지 표현을 생성한다. 반면에, 카메라들은, 예를 들어 모니터의 물체 오차들도 결과 이미지들 내에 포함되도록, 회색 색조들(gray tones) 또는 색상들(colors)을 얻는다.

[0004] 계측적 이미지 처리(metrological image processing)에 관한 하나의 기본적인 문제점은 이미지들의 휘도의 위치

적인 변화뿐만 아니라 이미지들의 휘도의 시간적인 변화를 통하여 일어난다. 이미지 처리의 다운스트림 알고리즘(downstream algorithms)에서, 이는 측정 결과들을 변조하는 가공물들(artefacts)로 이어질 수 있다. 또한, 이는 측정들을 사용불가능하게 할 수 있는 이미지들 또는 이미지 부분들의 노출 과다 또는 노출 부족으로 이어질 수 있다.

[0005] 휘도의 편차들은 서로 다른 원인들을 가질 수 있다. 문제점들 중 하나는 프로젝터들 및 모니터들이 사람 눈을 위하여 디자인되지만 카메라를 위하여 디자인되지 않는다는 점이다. 사람 눈은 약 0.3 내지 0.5의 감마(gamma)를 가지는 반면에, 모니터의 감마는 각각 약 2.2(윈도우즈; Windows) 및 1.8(맥; Mac)이다. 이미지 처리를 위한 카메라들은 선형 감마 보정, 즉, '감마 = 1'을 통상적으로 가진다. 이는 결과 이미지들의 휘도 값들이 비선형적으로 되게 하여, 이들이 정확한 계측에 대하여 사용될 수 없게 한다.

[0006] 휘도 편차들에 대한 추가적인 이유는, 휘도가 사용되는 백라이트(에지(edge) LED, 풀(full) LED, 에지 냉음극 등)에 의존함으로써 인한, 모니터의 불균일한 표면 휘도이다. 이는 종종 모니터가 스크린의 가장자리보다 스크린의 중심에서 더 밝아지게 하고, 카메라의 시선이 모니터에 부딪치는 곳에 따라 이미지 내의 휘도 편차들을 일으킨다.

[0007] 추가적인 문제점은 모니터들의 방사 특성이 사람에 의해 정면에서 보여지도록 주로 디자인된다는 사실에 있다. 그러나, 표면 조사를 수행할 때, 모니터는 조사되는 표면을 통하여 간접적으로만 보여지기 때문에(예를 들어, 반사면에서의 디플렉토메트리의 경우, '입사각 = 반사각'이 적용됨), 측부로부터 보는 것이 종종 필요하다. 이는 시야각에 따라 휘도 편차들을 일으킨다.

[0008] 표면 조사에서의 추가적인 단점들은, 예를 들어, 변화하는 디자인(예를 들어, 변화하는 회색 코드들)을 가진 흑백 패턴들, 또는 변화하는 위상들 또는 진폭들을 가진 회색 색조 패턴들과 같은 변화가능 이미지 패턴들이 사용되는 경우, 발생한다. 이는, 하나의 이미지 패턴으로부터 다음 이미지 패턴으로 변화할 때, 전체 휘도(표면 휘도)의 변화를 일으키고, 따라서 카메라에 의해 기록되는 휘도의 변화도 일으킨다. 이 경우, 카메라는 과변조되지 않도록 조정되어야 한다. 추가적인 단점은 변화하는 이미지 패턴들로 인하여 이미지 내의 휘도가 변화한다는 점이고, 이는 이미지 처리에서의 가공물들("태양의 위치")로 이어질 수 있다.

**발명의 내용**

[0009] 이에 따라, 본 발명의 목적은, 정밀한 표면 측정이 간단한 방식으로 가능하도록 처음으로 기술된 유형의 방법 및 장치를 디자인하고 개발하는 것이다.

[0010] 상술한 목적은, 본 발명에 따른 청구항 1의 특징을 통하여 충족된다. 본 방법은, 보정 함수에 의해, 이미지 생성 장치 및 이에 의해 표시된 이미지 패턴은, 캡처 장치에 의해 기록된 영향을 받은 이미지 패턴이 본질적으로 일정한 및/또는 균일한 및/또는 선형적인 휘도를 시간적으로 및/또는 위치적으로 나타내도록, 조정된다.

[0011] 본 발명에 따르면, 본 발명의 목적은, 이미지 생성 장치에 의해 각각 생성되거나 표시된 이미지 패턴의 시간적인 및/또는 위치적인 휘도가 구체적인 목표로 정해진다는 점에서, 충족될 수 있다. 구체적으로, 보정 함수는 이미지 생성 장치에 의해 표시되거나 보여지는 이미지 패턴을 조정하는 데에 이용된다. 이는 이후의 이미지 처리 단계에서 가공물들을 방지하거나 적어도 감소시키는 것을 가능하게 한다.

[0012] 여기서, 용어 "표시된 이미지 패턴"은, 이미지 생성 장치에 의해 표시되며, 조사되는 표면에 투사되는 이미지 패턴으로 이해된다는 사실에 주의해야 한다. "영향을 받은 이미지 패턴(influenced image pattern)"은 반사, 산란, 회절 또는 전송을 통하여 측정 물체에 의해 변화되거나 영향을 받은 이미지 패턴이다.

[0013] 보정 함수에 의해, 이미지 생성 장치의 감마 보정 또는 감마는 캡처 장치의 감마 보정 또는 감마로 유리한 방식으로 조정된다. 이러한 경우, 이미지 생성 장치들은 캡처 장치에 부적합한 사전 설정을 종종 가짐이 인식되었다. 예를 들어, 휘도는, 사람 눈에 대하여 어둠으로부터 밝음을 향하여 거의 선형적으로 증가하도록, 출하 시에 조정된다. 소위 감마 보정을 통하여, 사람 눈의 (0.3 내지 0.5 범위의) 감마는 더 높은 감마 값을 설정함으로써 이미지 생성 장치에서 과잉 보상되고, 이는 선형적인 휘도의 인상을 생성한다. 그럼에도 불구하고, 예를 들어, 카메라들과 같은 캡처 장치들은, 캡처 장치에 의해 기록되는 이미지 패턴들이 비선형적인 휘도 진행을 가지도록, 이미지 처리에 대하여 근사적으로 선형적인 반응 작용(감마 = 1)을 이미 가진다. 회색 색조들에 기초한 계산 시, 이는, 예를 들어, 비선형적인 진행을 고려하지 않고 평균화할 때와 같은 잘못된 결과로 이어진다. 이미지 생성 장치의 감마 보정 또는 감마를 캡처 장치의 감마 보정 또는 감마로 조정함으로써, 회색 색조들의 올바른 진행이 달성된다.

- [0014] 보정 함수에 의해, 이미지 생성 장치의 불균일한 휘도 분포는 특히 유리한 방식으로 보정될 수 있다. 이미지 생성 장치들은, 특정 모니터들에서, 서로 다른 유형의 배경 조명: 전면 LED 패널, 또는 냉음극 에미터 또는 LED들 또는 에지들(에지 LED)을 사용한다. 광은 광-전도 플라스틱 패널들을 이용하여 모니터 영역에 걸쳐 가능한 한 균일하게 분포된다. 그러나, 분포는 이상적이지 않기 때문에, 더 높은 휘도를 가진 영역 및 더 낮은 휘도를 가진 영역이 있다. 상술한 휘도의 차이들은 측정될 수 있고, 보정 함수는 이로부터 결정될 수 있다.
- [0015] 추가적인 유리한 실시형태에 따르면, 보정 함수에 의해, 측부 시선들(lateral lines of sight)에 의해 야기되는 이미지 패턴의 불균일을 보정하는 것이 가능하다. 이미지 생성 장치들은, 특정 모니터들에서, 전방으로부터 중앙으로 보여지도록 통상적으로 디자인된다. 따라서, 휘도 분포는 전방을 향한 방사에 대응된다. 계층적 응용에서, 이러한 기준은, 이미지 생성 장치, 측정 물체 및 캡처 장치 간의 3차원 묘사로부터 발생하는 3각 배열로 인하여 측부 시선들이 또한 가능하기 때문에, 종종 충족되지 않는다. 따라서, 캡처 장치에 의해 얻어지는 휘도 인상은 보는 방향에 또한 의존한다. 이미지 생성 장치, 측정 물체 및 이미지 캡처 장치의 배열이 알려진 경우, 휘도는 기하학적 배열에 대하여(가능하다면 변화하는 기하학적 배열에 대하여도) 보정 함수를 이용하여 조정될 수 있다.
- [0016] 또한, 보정 함수에 의해, 일련의 연속적으로 표시되는 이미지 패턴들의 회색 색조 분포 및/또는 색상 분포는, 이미지 패턴들의 각각이 동일한 전체 휘도를 적어도 본질적으로 가지도록, 조정되는 것도 가능하다. 다시 말해서, 보정 함수는 이미지 내용에 따라 개별 이미지들의 휘도를 보정할 수 있다. 광 이미지들(이들은 예를 들어 많은 흑백들을 가진 회색 코드와 같은 패턴 내에 많은 백색 함량을 가진 이미지들, 또는 이미지 내에서 다양한 개수의 최대 치들 및 최소 치들을 가진 사인 패턴들(sine patterns)임)의 경우, 회색 색조들은 연속적인 이미지들이 동일한 전체 휘도를 가지도록 보정될 수 있다.
- [0017] 추가적인 유리한 실시형태에 따르면, 보정 함수는 이미지 생성 장치에 대하여 이미지 패턴의 기하학적 배열을 조정하는 데에 이용될 수 있다. 예를 들어, 변화하는 사인과 모양 이미지 패턴들에 대하여 전체 휘도가 적어도 거의 동일해지도록, 모니터의 폭에 대한 사인과 모양 이미지 패턴의 폭을 조정하는 것이 가능하다.
- [0018] 보정 함수는 반드시 수학 함수이어야 할 필요가 없다는 사실에 주의한다. 예를 들어, 룩업 테이블(LookUp Table; LUT)은 보정 함수로서 이용될 수 있다. 이러한 테이블을 이용하여, 입력 값들은, 보정된 출력 값들이 입력에 따라 생성되도록, 출력 값들에 매핑(mapping)된다. 또한, 보정 함수는 이미지 생성 장치의 물리적 특성들에 의존할 수 있다. 예를 들어, 모니터의 내부 감마는 펌웨어(firmware) 내의 룩업 테이블에 의해 통상적으로 실현될 수 있다. 펌웨어는, 휘도의 원하는 인상을 달성하기 위해 신호가 룩업 테이블로부터의 값들을 이용하여 컴퓨터로 계산되도록, 모니터의 회색 값들을 묘사한다. 보정 함수는, 예를 들어, 모니터 펌웨어 내의 보정된 룩업 테이블로서 실시될 수 있고, 이에 따라 선형 회색 색조 진행이 달성된다.
- [0019] 선택적으로 또는 추가적으로, 보정 함수는 이미지 생성 장치의 (디자인 관련) 휘도 분포에 의존할 수 있다. 따라서, 이미지 생성 장치의 중앙 휘도는, 예를 들어, 보정 다항식 또는 n차 다항식과 같은 위치-의존 보정 함수를 통하여 감소될 수 있다. 따라서, 이러한 경우 보정 함수는 수학 함수이다. 이미지 생성 장치에 의해 표시되는 이미지들은, 이미지 패턴 디스플레이가, 예를 들어, 모니터와 같은 이미지 생성 장치의 표면에 걸쳐 균일한 분포를 가지도록, 가장자리를 따라 밝고 중앙에서 어두울 수 있다.
- [0020] 다시 말해서, 보정 함수는, 필요하다면 중첩된 선형 함수를 이용하여, 입력 값들에 따라 조정된 출력 값들을 제공하는 어느 - 임의의 - 수학 함수일 수 있다. 수학 함수는 공간적으로 및/또는 시간적으로 변화가능한 함수일 수 있다. 공간 함수를 이용하여, 예를 들어, 1개 또는 2개의 방향들, 즉, 1차원 또는 (평평한) 2차원에 있어서 이미지 생성 장치에 표시된 이미지 내의 휘도 편차들을 변화시키는 것이 가능하다. 시간적으로 변화하는 함수를 이용하여, 연속적인 이미지들에서의 휘도의 변화가 조정될 수 있다. 유리한 실시형태에 따르면, 보정 함수는 1개 또는 2개의 축들에서 공간적으로 작용하고 및/또는 시간적으로 변화할 수 있다.
- [0021] 특히 유리한 방식에서, 이미지 생성 장치는 이미지 패턴을 묘사하기 위한 프로젝터, 모니터 또는 스크린을 포함하고, 및/또는 캡처 장치에는 영향을 받은 이미지 패턴을 기록하기 위한 카메라가 제공된다.
- [0022] 또한, 논의된 목적은 청구항 12의 특징들에 의해 충족된다. 이에 따라, 청구항 1 내지 청구항 11 중 어느 한 항에 따른 방법을 실시하는 장치는, 이미지 패턴을 표시하는 이미지 생성 장치, 및 반사, 산란, 회절 및/또는 전송을 통하여 측정 물체에 의해 영향을 받은 이미지 패턴을 기록하는 캡처 장치를 포함하고, 이미지 생성 장치에는, 캡처 장치에 의해 기록된 영향을 받은 이미지 패턴이 적어도 본질적으로 일정한 및/또는 균일한 및/또는 선형적인 휘도를 시간적으로 및/또는 위치적으로 나타내도록, 묘사되는 이미지 패턴을 보정 함수를 통하여 조정하

는 보정 유닛(correcting unit)이 제공되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명에 따른 방법에 관한 상술한 특징들은 장치와 관련된 형태를 또한 가질 수 있다는 사실에 주의한다. 이러한 특징들과 장치 청구항에 관한 특징들의 조합은 가능할 뿐만 아니라 본 개시의 유리하면서 분명한 일부분이다.

**도면의 간단한 설명**

[0024] 이제, 유리한 방식으로 본 발명의 개시를 실시하고 더 전개하기 위한 다른 가능성들이 있다. 도면 부호는, 한편으로는, 청구항 1을 따르는 청구항들에 대하여 기재되어 있고, 다른 한편으로는, 도면을 통한 본 발명의 바람직한 예시적 실시형태들에 관한 이하의 설명에 대하여 기재되어 있다. 도면을 통한 본 발명의 바람직한 예시적 실시형태들의 설명과 함께, 본 개시의 일반적으로 바람직한 실시형태들 및 추가적인 전개들이 기술된다.

- 도 1은 본 발명에 따른 방법을 실시하는 본 발명에 따른 장치의 예시적 실시형태의 개략도이고;
- 도 2는 측정 물체에 투사된 이미지 패턴의 기록을 도시하며;
- 도 3은 도 2의 기록으로부터 계산된 곡률도(curvature diagram)이고;
- 도 4는 이미지 생성 장치로서 기능하는 모니터의 휘도 분포를 도시하며;
- 도 5는 도 4에 따른 휘도 분포에 대한 보정 함수를 도시하고;
- 도 6은 이미지 생성 장치로서 기능하는 모니터의 표면에 걸쳐 연장되는 사인과 모양 이미지 패턴을 도시하며;
- 도 7은 도 5에 따른 보정 함수에 의해 변환된 도 6의 사인과 모양 이미지 패턴을 도시하고;
- 도 8은 본 발명에 따른 방법에 의해 최적화된 곡률도이며;
- 도 9는 이미지 생성 장치로서 기능하는 모니터의 폭에 걸친 사인과 모양 강도 분포를 도시하고;
- 도 10은 이미지 생성 장치로서 기능하는 모니터의 폭에 걸친 비조정 강도 분포(non-adapted intensity distribution)를 도시하며;
- 도 11은 측정 물체의 표면으로부터의 반사 후, 이미지 생성 장치로서 기능하는, 모니터의 폭에 조정되지 않은 4개의 사인과 모양 강도 분포들을 도시하고;
- 도 12는, 일 예로서, 변조 다이어그램에서 도 11로부터 발생된 강도를 도시하며;
- 도 13은, 일 예로서, 진폭 다이어그램에서 도 12로부터 발생된 강도를 도시하고;
- 도 14는 선택된 적합한 보정 함수를 이용한 상업적으로 이용가능한 모니터의 감마이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0025] 도 1은 본 발명에 따른 방법을 실시하는 본 발명에 따른 장치의 예시적 디자인의 개략도이다. 본 장치는 예를 들어 모니터와 같은 이미지 생성 장치(1)를 포함한다. 이미지 생성 장치(1)는 측정 물체(2)에 투사되는 이미지 패턴을 묘사한다. 측정 물체(2)는, 예를 들어, 광학적으로 측정되는 표면을 가진 페인팅(painting)된 자동차일 수 있다. 본 장치는 캡처 장치(3), 구체적으로 카메라를 더 포함하고, 캡처 장치(3)의 시선(7)이 도 1에 도시되어 있다. 캡처 장치(3)는 반사, 산란, 회절 및/또는 전송을 통하여 측정 물체(2)에 의해 영향을 받은 이미지 패턴을 기록한다. 측정 물체에 투사되는 이미지 패턴을 최적화하기 위해, 이미지 생성 장치(1)는 보정 유닛(4)을 포함한다.

[0026] 예를 들어, 위상-이동 디플렉토메트리와 같은 광학 표면 측정은, 예를 들어, 조사되는 측정 물체(2)의 표면에 반사되는 사인과 모양 스트립들(sinusoidal strips)을 이용하여, 예를 들어, 모니터와 같은 이미지 생성 장치(1)에 표시된 이미지 패턴들의 기록을 필요로 한다. 캡처 장치(3)로서 기능하는 카메라의 각각의 픽셀에 대하여, 묘사되는 사인 패턴의 진폭 및 위상 위치는 기록된 영향을 받은 이미지 패턴들로부터 계산된다. 기록된 이미지 패턴들 내의 사인과의 진폭이 더욱 두드러질 수록, 계산 결과들이 더욱 안정된다; 약하게 나타나는 신호는 증가된 측정 노이즈로 이어진다.

[0027] 본질적으로, 기록 파라미터들(예를 들어, 노출 시간)을 변화시킴으로써 약하게 나타나는 신호를 최적화하는 것이 가능하다. 그러나, 기록 파라미터들은 카메라(3)의 동작 범위가 초과되지 않도록 선택되어야 한다. 카메라

(3)는 0 내지 255의 범위에서 회색 색조들을 통상적으로 제공한다. 255의 값은 측정되는 표면 내에서 초과되지 않아야 한다. 이러한 과포화는 사인파의 캡핑(capping)으로 이어질 것이고, 이에 따라 사인파의 위상 위치는 더 이상 분명하게 결정되지 않을 것이다.

- [0028] 이상적으로, 기록된 사인 패턴은 0 내지 255의 전 범위를 포함한다. 실제로, 이는 다음과 같은 이유들로 인하여 가능하지 않다:
- [0029] - 측정 물체(2)의 조사되는 표면에 의존하는 약간의 확산되는 반사 때문에, 묘사되는 사인 패턴이 오로지 직접적으로 반사되지 않는다. 오히려, 결과는 모니터(1)의 휘도의 방사량의 2차원 평균화로 이루어지는 더 낮은 회색 값이다.
- [0030] - 가동 중에, 기록된 영향을 받은 이미지 패턴들에서의 산란이 고려되어야 한다. 따라서, 장치를 설치할 때, 위 방향으로 대응하는 비어 있는 갭(free gap)을 항상 남겨두는 보호가 취해져야 한다.
- [0031] - 설치 노력을 최소화하기 위해, 동일한 파라미터들을 이용하여 측정 물체(2)로서의 자동차의 전체 범위에 대하여 필요한 측정 위치들을 기록하는 것이 필요하다. 개별 위치들에서의 변화하는 자동차 기하학적 구조는 기록되는 이미지 패턴들의 강도에 또한 영향을 주고, 이에 따라 고려되어야 한다.
- [0032] 도 2는 그립 오목부(grip recess)의 영역에서 자동차의 페인팅된 도어(door)의 부분의 예를 이용하여 영향을 받은 이미지 패턴으로서 스트립 패턴(strip pattern)의 반사의 기록을 도시한다. 기록 파라미터들은 이러한 예에서 올바르게 설정된다. 그림에도 불구하고, 기록된 이미지 패턴의 개별 영역들에서의 사인 패턴 내의 명암비(contrast)의 차이들이 명확하게 보여진다. 제1 영역(5)은 다음과 같은 특성들을 가진 기록된 이미지 패턴의 가장 밝은 영역을 보여준다:
- [0033] - 기록된 이미지 패턴의 포화가 없다, 즉, 모든 회색 색조들 < 200, 즉, 255의 상한을 향하여 충분한 갭(gap)이 있다.
- [0034] - 가장 어두운 픽셀들은 근사적으로 130의 회색 색조를 가진다, 즉, 사인은 70의 회색 색조 진폭으로 묘사된다. 이는 충분하다.
- [0035] 반면에, 제2 영역(6)에서, 사인 스트립들은 더 이상 충분한 명암비를 나타내지 않는다. 이는 계산된 곡률도에서 노이즈로 이어진다. 도 3은 도 2의 마킹된 제2 영역(6)을 가진 도 2의 도어 부분에 대한 곡률도를 도시한다. 여기서, 휘도는 나머지 영역과 비교하여 상당히 저하된다.
- [0036] 이러한 휘도 저하의 이유가 되는 측정 물체(2)의 표면은 그 자체가 배제될 수 있다. 이는 균일하게 페인팅되고 모든 곳에서 동일하게 반사한다. 더 정확히 말하면, 다음의 요인들이 주로 고려된다:
- [0037] · 이미지 생성 장치(1)로서 사용되는 모니터의 불균일한 휘도 분포: 통상적으로 사용되는 모니터들(1)은 가장자리에서 중앙과 비교하여 20 내지 50 %의 휘도 저하를 가진다.
- [0038] · 모니터(1)의 휘도 방사의 각도-의존성: 캡처 장치(3)로서 작용하는 카메라(3)의 시선(7)이 모니터(1)에 부딪치는 각도가 더 작을 수록, 카메라(3)에 의해 기록되는 강도가 작아질 수 있다.
- [0039] 도 2 및 3에 도시된 마킹(marking)된 영역들(5, 6)을 서로 비교하면, 2개의 현상의 조합은 관찰되는 휘도의 저하로 이어진다:
- [0040] 영역 1:
- [0041] · 카메라(3)는 가장 높은 강도의 반사 광에 대하여 모니터(1)의 중앙 영역의 반사를 바라본다.
- [0042] · 카메라(3)의 시선(7)은 모니터(1)에 상대적으로 수직으로 부딪친다.
- [0043] 영역 2:
- [0044] · 카메라(3)는, 대응하여 강도가 감소된, 모니터(1)의 코너들 중 하나의 반사를 바라본다.
- [0045] · 카메라(3)의 시선(7)은 상대적으로 작은 각도로 모니터에 부딪친다.
- [0046] 본 발명에 따른 방법 및 본 발명에 따른 장치를 통하여, 기록 상황은, 기록된 영향을 받은 이미지 패턴이 균일한 휘도 분포를 나타내도록, 최적화된다.
- [0047] 해결 수단의 기본적인 아이디어는 상술한 효과가 최소화될 정도로 모니터(1)에 표시되는 사인 패턴을 변조하는

것이다. 도 2의 이미지를 기록하기 위해, 모니터(1)의 모든 픽셀들에 대한 사인 패턴들은 0부터 255까지의 최대 이용가능 진폭의 회색 색조들을 이용하여 보여진다. 그러나, 이미 언급한 바와 같이, 기록은 130 내지 200의 회색 색조들만을 포함한다. 이는 서로 다른 요인들 중 표면의 확산된 반사에 의해 또한 야기되고, 이는 0에 가깝거나 0과 동일한 회색 색조를 가진 완벽한 흑색이 없는 이유이다. 따라서, 본 발명에 따르면, 기록을 향상시키기 위해, 사인 값들은 모니터(1)의 변화하는 국부 휘도 스팟(local brightness spots)을 균일화하도록 보정 값이 곱해진다:

- [0048] - 모니터(1)의 코너들은:
- [0049] - 가장 어둡고,
- [0050] - 0 내지 255의 전 범위, 즉, 인자 1이 사용되어야 한다.
- [0051] - 모니터(1)의 중앙은:
- [0052] - 가장 밝고(예를 들어, 코너들보다 100% 더 밝고),
- [0053] - 인자 0.5가 사인 값들에 곱해지며,
- [0054] - 0 내지 127의 범위가 사용된다.
- [0055] 모니터의 중앙의 휘도를 낮춤으로써, 노출 시간은 과포화의 위험 없이 증가될 수 있고, 이는 모니터의 코너들에서의 기록되는 명암비를 증가시킨다.
- [0056] 모니터(1)에 표시된 백색 이미지들의 기록으로 시작하도록, 휘도 분포의 모양이 결정된다. 도 4는 모니터(1)에서의 위치에 대한 모니터(1)의 회색 색조들을 도시한다. 폭 8에 1900 픽셀들 및 높이 9에 1080 픽셀들을 가진 모니터(1)가 도시된다. 도 4의 z 축(10)은 110 내지 230의 범위로 미리 설정된 회색 색조들(11)을 나타낸다. 모니터(1)는 중앙에서 가장 밝은 반면에, 휘도가 코너들을 향하여 급격히 저하된다.
- [0057] 이로부터, 2차원 보정 다항식은 필요한 인자가 각각의 픽셀에 대하여 계산될 수 있는 보정 함수로서 얻어질 수 있다. 보정 영역의 수학적식은 사용되는 각각의 모니터 유형에 의존한다. 2개의 방향들에서 두드러지는 대칭성을 가진 4차까지의 다항식들은 실제 응용에서 유리한 것으로 증명되었다.
- [0058] 도 5는 보정 함수, 즉, 모니터의 휘도 표현이 보정되는 x 및 y 방향에서의 보정 값들을 도시한다. 이 때문에, 모니터(1)에 보여지는 이미지 패턴의 회색 색조들은 곱셈이 행해진다. 이상적인 사인파는 통상적으로 묘사된다.
- [0059] 도 6은 모니터(1)의 높이에 걸쳐 연장되는 사인파 모양 스트립들(12; x 방향에서 사인 패턴, y 방향에서 일정한 휘도)을 도시한다. 보정 후 결과는, 도 7에 도시된 바와 같이, 변조된 회색 색조들을 가진 모니터(1)의 표면에 걸쳐 조정된 사인파(13)이다. 중앙에서의 최대 휘도는 코너들과 비교하여 감소된다. 결과는 모니터(1)의 표면에 걸친 이미지 패턴의 균일한 휘도 분포이다.
- [0060] 보정 다항식을 결정하는 상술한 방법을 통하여, 모니터(1)의 불균일한 휘도 분포만이 우선 균일해진다. 모니터(1)의 각도-의존 휘도 반사에 의해 야기되는 추가적인 효과는 휘도 분포의 과잉 보상을 통하여 감소될 수 있고, 즉, 인자들을 결정하는 대신에 코너들과 동일한 휘도를 가지는 중앙이 묘사되도록, 코너들이 중앙보다 의도적으로 더 밝게 나타날 수 있다. 이는, 코너들에서의 휘도 감소가 약 25%뿐인, 더욱 최근의 디자인의 모니터들(1)에서 특히 실현가능하다.
- [0061] 모니터(1)의 휘도 분포를 과잉 보정함으로써, 모니터의 코너들에서의 신호는 모니터의 중앙에서의 과포화의 위험 없이 향상될 수 있다. 분석된 예에서, 노출 시간을 더 증가시키는 것도 가능할 것이다.
- [0062] 향상은, 도 8에 도시된 바와 같이, 중요 영역들에서 상당히 감소된 노이즈 수준으로 분명해진다. 이는 제2 영역(6)에서 측정 값들의 균일한, 노이즈가 없거나 완전한 분포를 야기한다.
- [0063] 전체적으로 유사한 방식으로, 시야각-의존 휘도 분포를 보상하는 것이 가능할 것이다. 이를 위하여, 카메라(3)가 측정 물체(2)의 반사면을 관측하는 방위각(azimuth angle) 및 북각(polar angle)을 보정 함수로서 이용할 것이다. 이에 필요한 사인, 코사인( 또는 탄젠트)의 삼각 함수들 대신에, 모니터(1)의 폭 또는 높이 각각에만 의존하는 선형 함수가 1차 근사치에 관한 보정 함수로서 이용될 수 있다. 예를 들어 특정 테이블을 이용하는 것과 같은 추가적인 보정 함수들이 동일한 방식으로 가능하다.
- [0064] 본 발명에 따른 방법의 예시적 실시형태를 구성하는 위상 측정 디플렉토메트리의 수학 기본 원칙이 이하에서 기

술된다.

[0065] **위상-이동 디플렉토메트리의 확장 평가**

[0066] 사인 스트립들이 샘플링되는 등거리 노드들의 수  $k$  ( $k > 2$ )에 독립적으로, 각각의 픽셀  $(x, y)$ 에 대하여, 3개의 독립된 정보가 평가된다(수학식들을 보라). 이를 위하여, 예를 들어, 스트립들의 각각이 등거리 위상 길이  $\psi_k$  (위상 이동  $90^\circ$ )를 가지는 4개의 이미지들( $I_k$ , 여기서  $k = 1..4$ )이 기록된다. 다음의 이미지들은 이러한 이미지들 ( $I_k(x, y)$ )로부터 계산될 수 있다:

[0067] **위상 이미지:**

**수학식 1**

[0068] 
$$\varphi(x, y) = \text{atan2}[-(I_2 - I_4), (I_1 - I_3)]$$

[0069] 점마다 얻어진 위상 이미지는 결과적으로 물체의 경사에 관한 정보가 된다. 소위 '경사 이미지'는, 예를 들어, 오목부들, 볼록부들 및 페인트 흐름들과 같은 복수의 표면 결함들을 평가하는 데에 적합하다. 미분을 통하여, '경사 이미지'는, 분명한 가장자리들을 가진 특히 작은 크기의 기하학적 결함들이 명확하게 보여질 수 있는 '곡률도'로 변화된다. 이에 대한 예들은 공동들, 스팟(spot)들, 새긴 자국들, 스크래치들(scratches)이다.

[0070] **회색 색조 이미지들:**

**수학식 2**

[0071] 
$$I_0(x, y) = 1/4 (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$$

[0072] 제2 정보 채널, 회색 색조 이미지는 위상-이동 베이스 이미지들(phase-shifted base images)로부터 합성을 통하여 노이즈가 특히 낮다.

[0073] **변조 이미지 또는 명암비 이미지** ( $m$ , 회색 색조 이미지에 대한 정규화된 진폭):

**수학식 3**

[0074] 
$$m(x, y) = \frac{a(x, y)}{2I_0(x, y)} = \frac{\sqrt{(I_1 - I_3)^2 + (I_2 - I_4)^2}}{1/2 (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)}$$

[0075] 수학식 3에서, 다음의 수학식 4는 진폭이다.

**수학식 4**

[0076] 
$$a(x, y) = \sqrt{(I_1 - I_3)^2 + (I_2 - I_4)^2}$$

[0077] 제3 정보 채널, 변조 이미지는 사인파가 특정 점에서 얼마나 강하게 존재하는지를 묘사하고, 표면의 국부적인 광택 수준을 표현한다. 이러한 표현은, 예를 들어, 먼지, 스크래치들 및 코팅 결함들과 같은 무광 영역들이 생길 때, 무광 영역들에 관한 중요 정보를 제공한다.

[0078] 도 9는 1000 픽셀들을 가진 모니터(1)의 폭에 걸친 사인파 모양 강도 분포를 도시한다. 이러한 경우, 모니터 폭

은 사인 진행의 정수 배이고, 이는 모니터(1)의 전체 폭에 걸친 휘도(도 9에서 +/- 1로 정규화됨)의 평균 값이 정확히 0이 되게 한다.

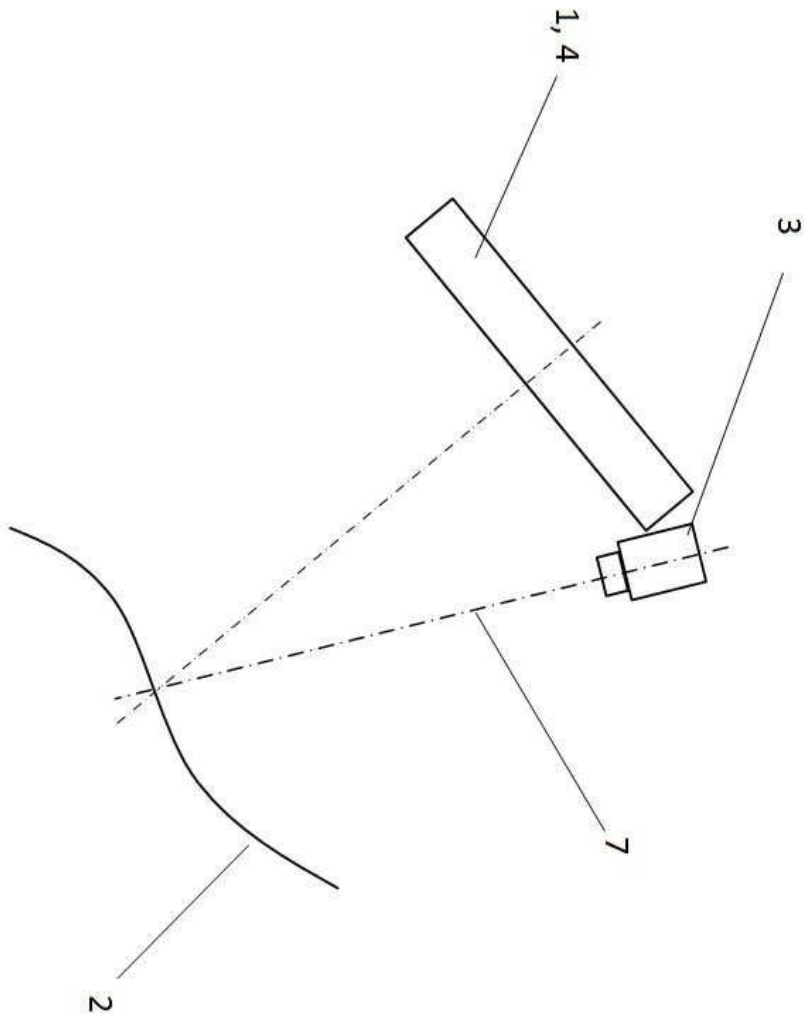
- [0079] 도 10은 모니터(1)의 폭에 걸친 비조정 사인과 모양 강도 분포를 도시한다. 이러한 경우, 모니터 폭은 사인 진행의 정수 배가 아니고, 이는 모니터(1)의 전체 폭에 걸친 휘도의 평균 값이 0과 달라지도록 한다.
- [0080] 휘도의 평균 값은, 특히, 부분적으로 반사되고 확산 산란되는 물체 표면에 대한 각각의 이미지 기록들에서 변화하는 베이스 휘도의 발생에 기여한다. 광의 반사 부분(본질적으로 본래의 사인 패턴)은 확산 산란 부분(본질적으로 표시된 패턴의 평균 휘도)을 통하여 부가적으로 중첩된다.
- [0081] 도 11은 측정 물체(2)의 표면으로부터의 반사 후, 모니터의 폭에 조정되지 않은 4개의 사인과 모양 강도 분포들(즉, 본질적으로 카메라(3)에 의해 기록된 이미지)을 도시한다. 사인과 모양 강도 분포 위상들의 각각은, 위상 측정 디플렉토메트리를 이용할 때의 경우, 90° 씩 오프셋(offset)되어 있다. 위상 이동 원리로 인하여, 개별 기록들은 사인 진행의 서로 다른 부분들을 이제 묘사한다. 도 10에 도시된 효과는, 처음에, 모니터의 폭에 걸친 개별 사인 패턴들의 변화하는 평균 휘도 표시들로 이어진다. 따라서, 반사의 확산 부분과의 중첩은 각각의 이미지 패턴에 대한 평균 휘도 오프셋으로 이어진다. 이는, 각각, 결과 변조 이미지(수학식 3) 또는 진폭 이미지(수학식 4)에서의 휘도 변조를 야기한다. 조정된 사인 표현을 이용하면, 변조 이미지 또는 진폭 이미지는, 각각, 일정한 휘도를 보여줄 것이다. 수학식 3 및 4는 각각 4개의 이미지들  $I_1$  내지  $I_4$ 의 강도들을 포함한다. 각각 90° 씩 위상 이동하고 폭에 조정된 4개의 사인파들의 추가는 모니터(1)의 (폭에 걸친) 일정한 값을 일으킬 것이다. 이는 도 12 및 13에서 점선에 의해 묘사된다. 그러나, 조정 누락은 사인과 모양 베이스 변조(변조 이미지에 대하여 도 12, 진폭 이미지에 대하여 도 13)를 야기하고, 이는 측정되는 표면의 확산 산란 부분과 함께 사인 패턴들의 적합하지 않은 선택에 의해 야기되고, 얻어진 측정 데이터의 잘못된 해석으로 이어진다.
- [0082] 사인 표현이 모니터의 폭에 조정되는 보정 함수를 통하여, 이러한 의도치 않은 효과가 방지될 수 있다. 상술한 설명은 모니터(1)의 높이에 동일하게 적용된다.
- [0083] 도 14는 상업적으로 이용가능한 감마를 도시한다(실선). 모니터(1)의 휘도 표시에 대하여 적합하게 선택된 보정 함수(긴 점선)를 이용하여, 결과 이미지에 대한 선형 휘도 인상(짧은 점선)을 조정하는 것이 가능하다.
- [0084] 본 발명에 따른 방법 및 본 발명에 따른 장치의 추가적인 유리한 실시형태들의 설명의 반복을 피하기 위해, 청구범위뿐만 아니라 발명의 설명의 일반적인 부분을 참조한다.
- [0085] 마지막으로, 본 발명에 따른 방법 및 본 발명에 따른 장치의 상술한 예시적 실시형태들은 청구된 개시의 설명으로서만 기능하고, 상술한 개시는 예시적 실시형태들로 제한되지 않는다는 사실을 분명하게 언급한다.

**부호의 설명**

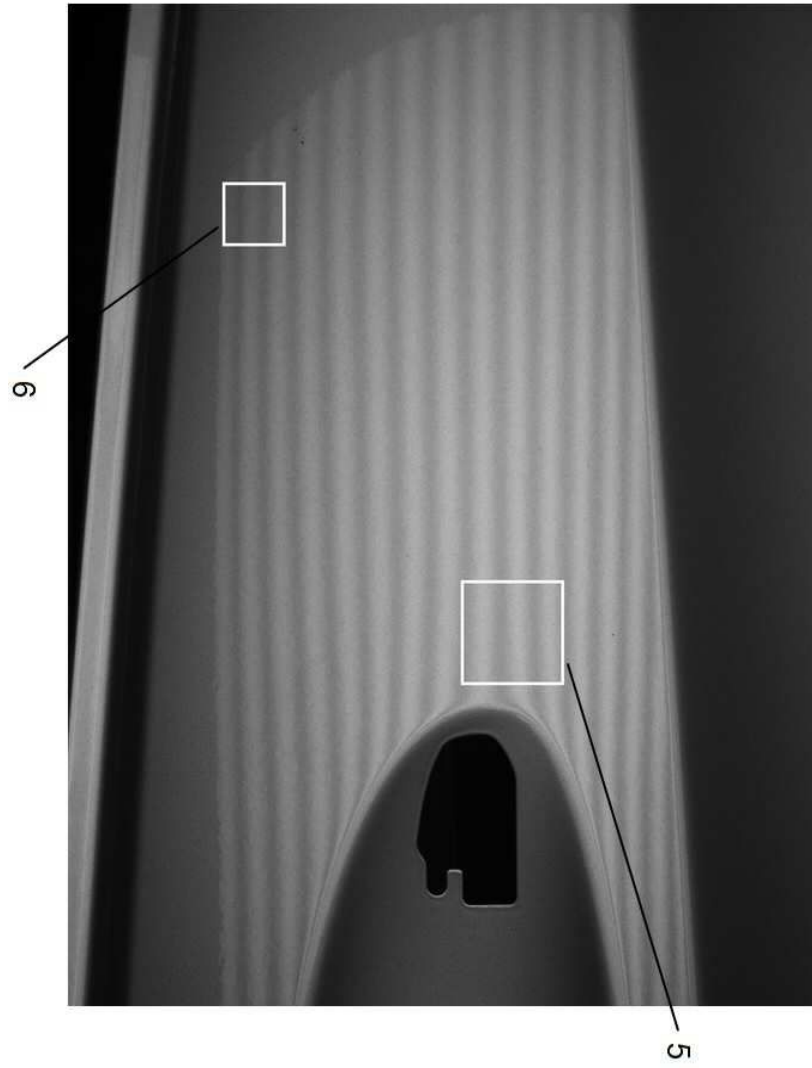
- [0086] 1: 이미지 생성 장치
- 2: 측정 물체
- 3: 캡처 장치
- 4: 보정 유닛
- 5: 제1 영역
- 6: 제2 영역
- 7: 시선
- 8: 폭
- 9: 높이
- 10: z 축
- 11: 회색 색조들
- 12: 스트립들
- 13: 조정된 사인파

도면

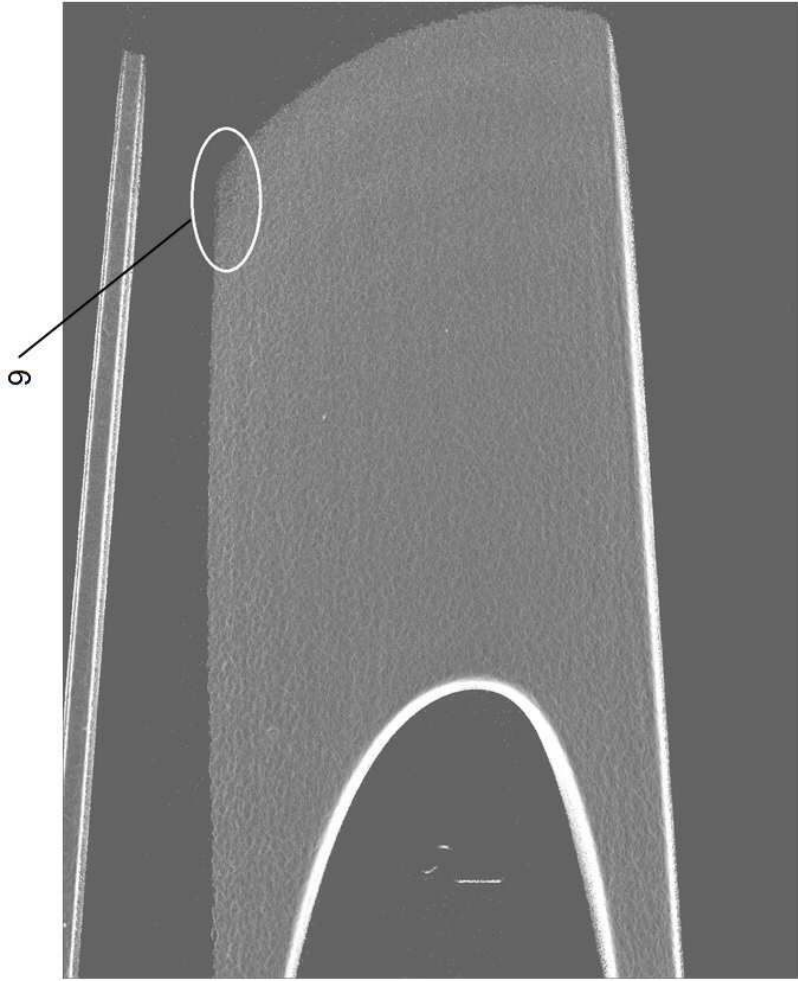
도면1



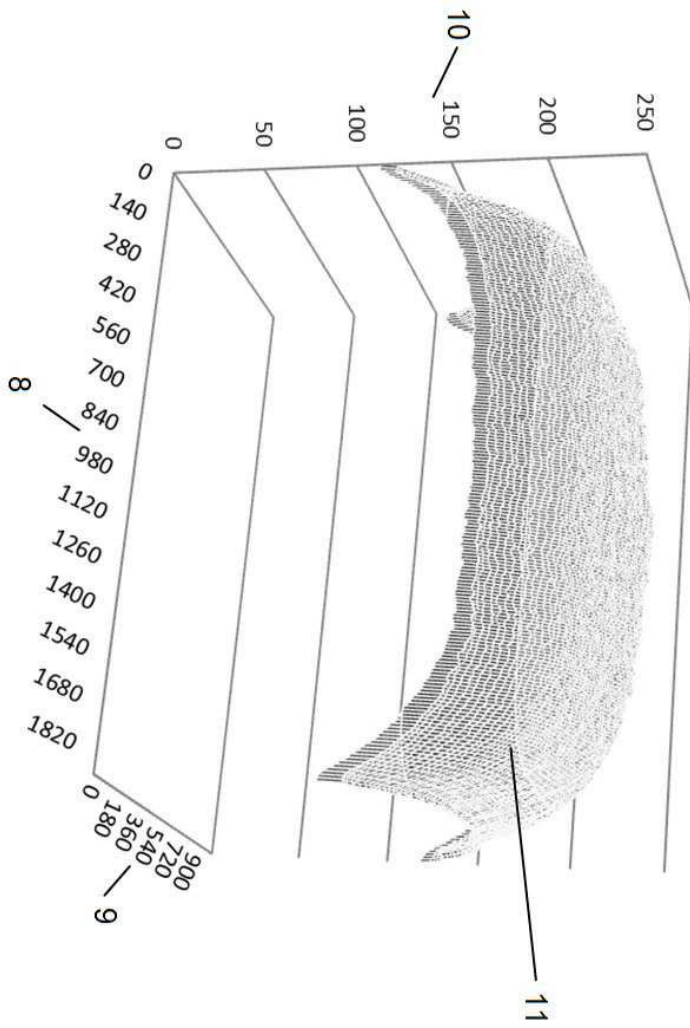
도면2



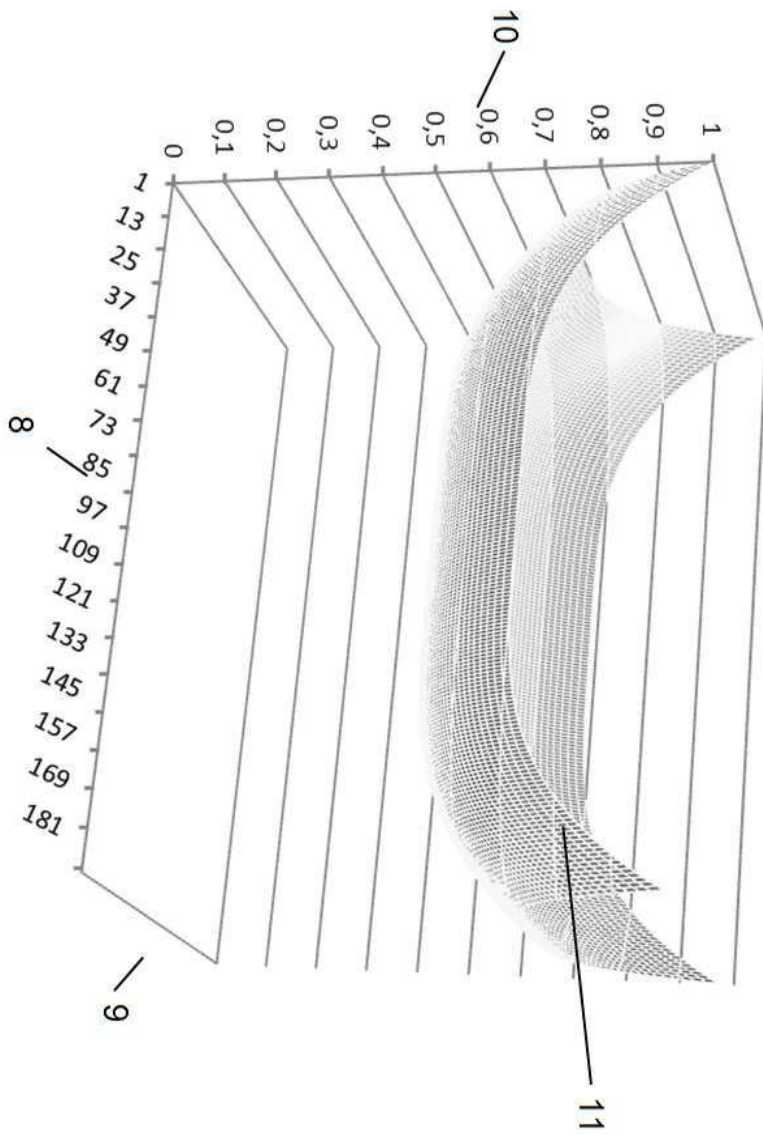
도면3



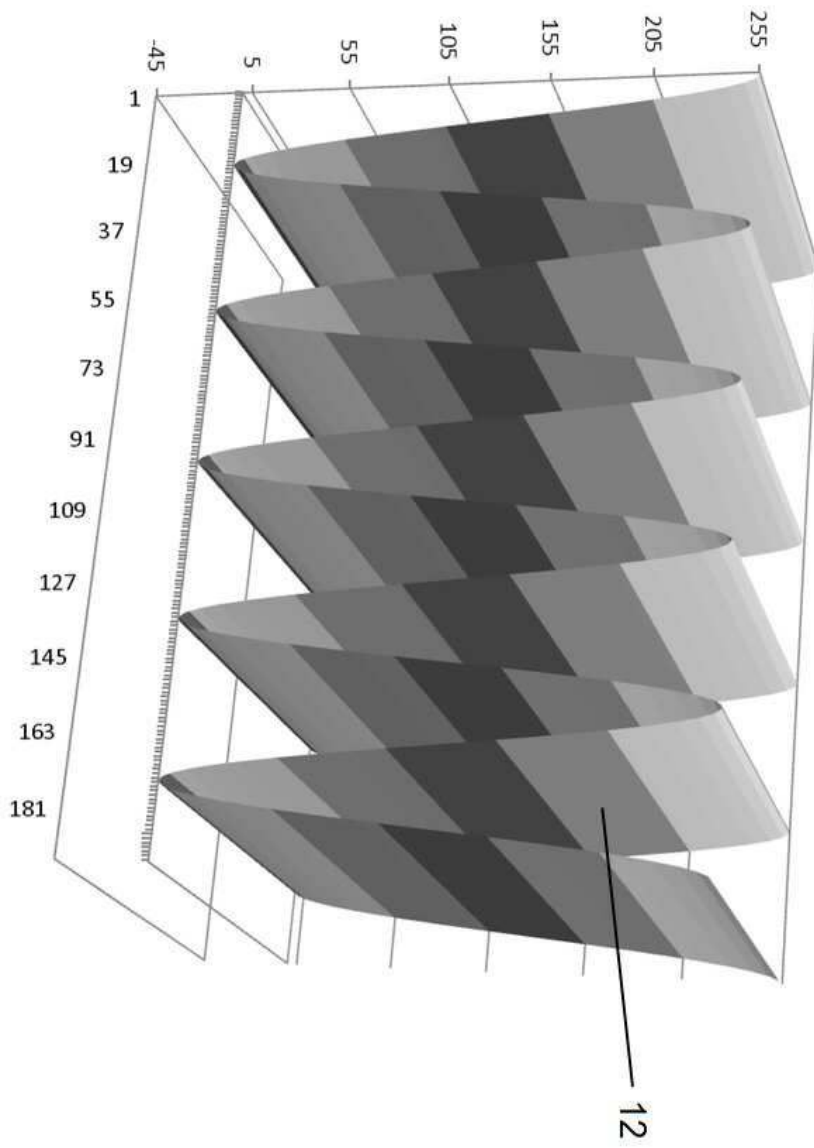
도면4



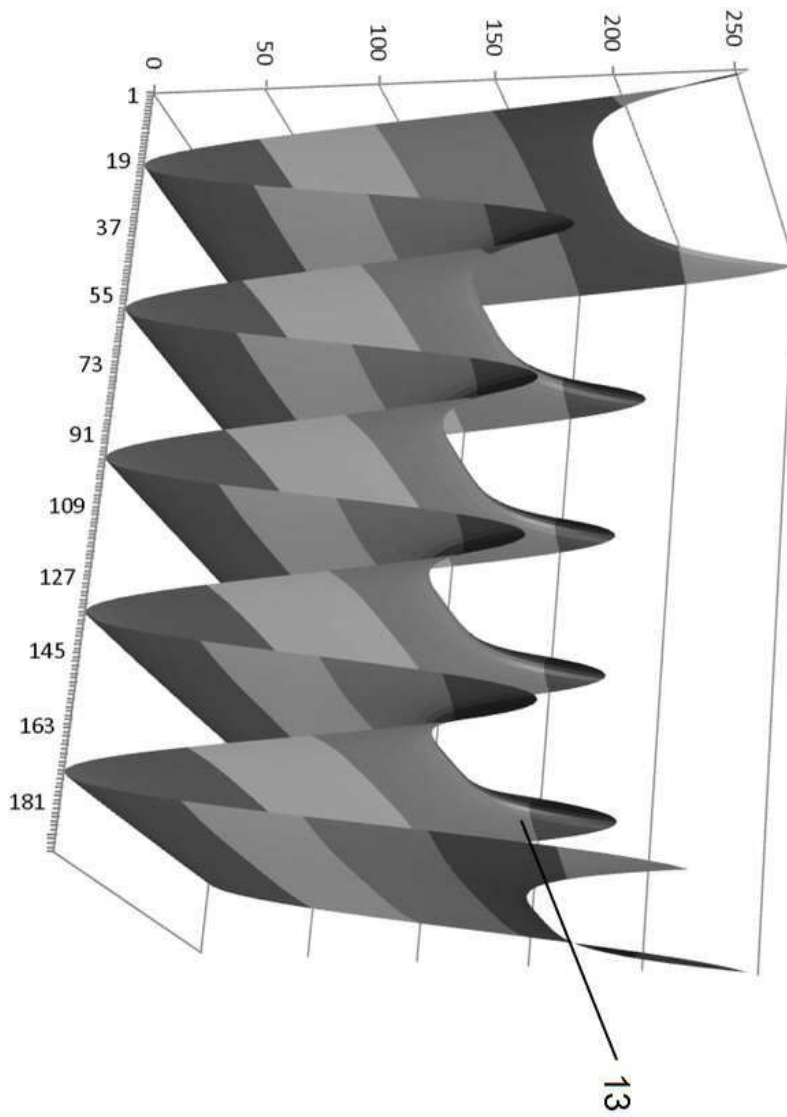
도면5



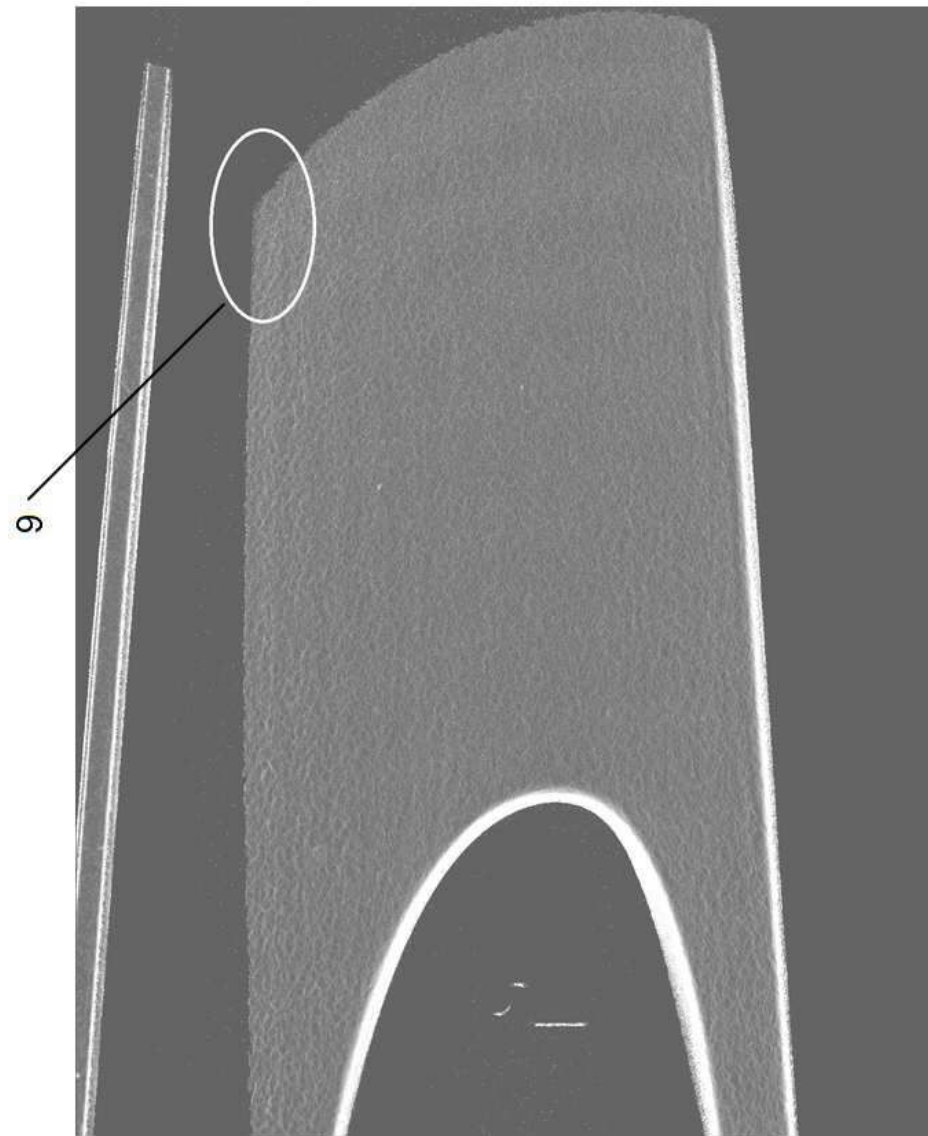
도면6



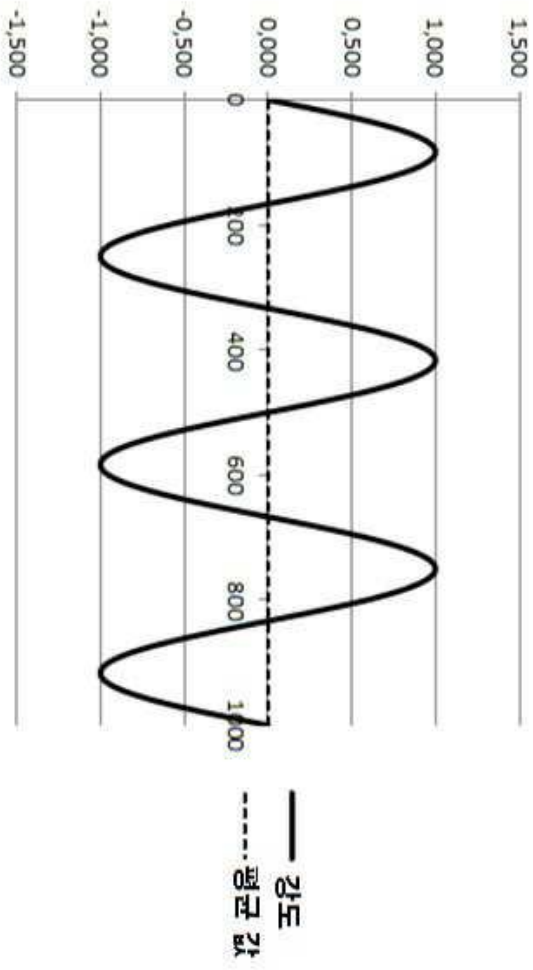
도면7



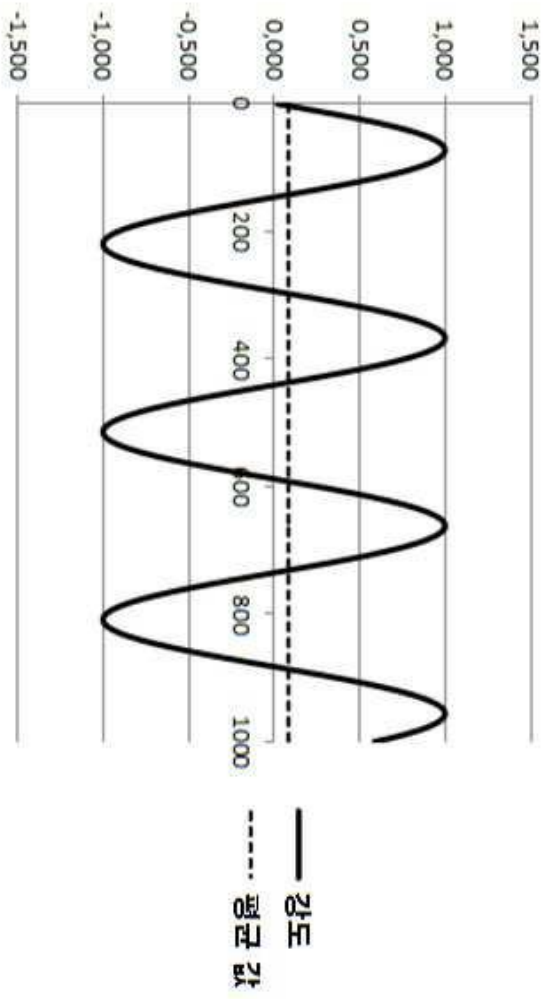
도면8



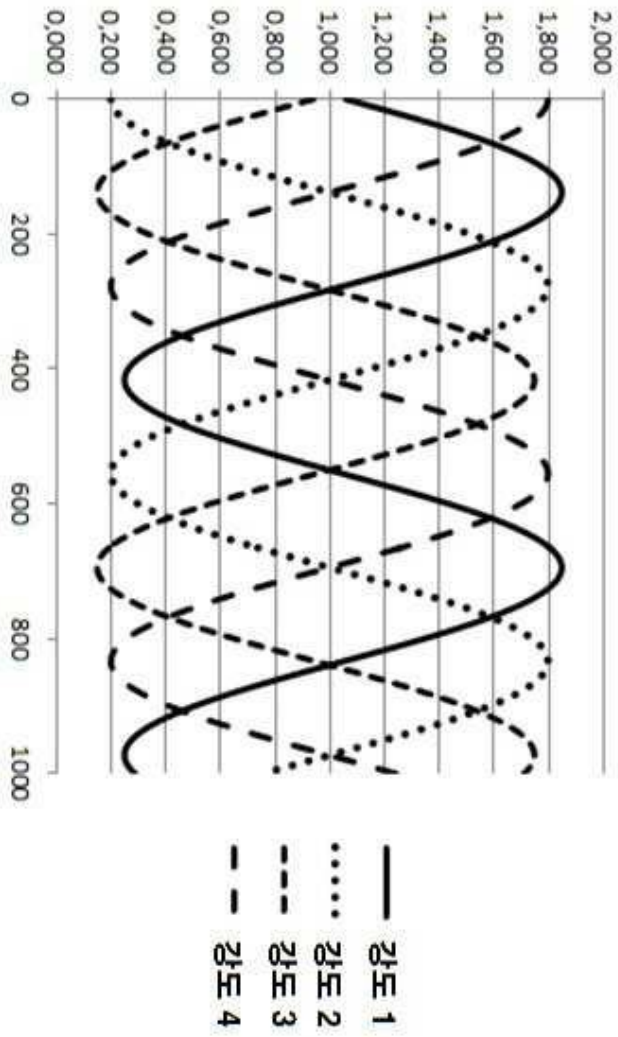
도면9



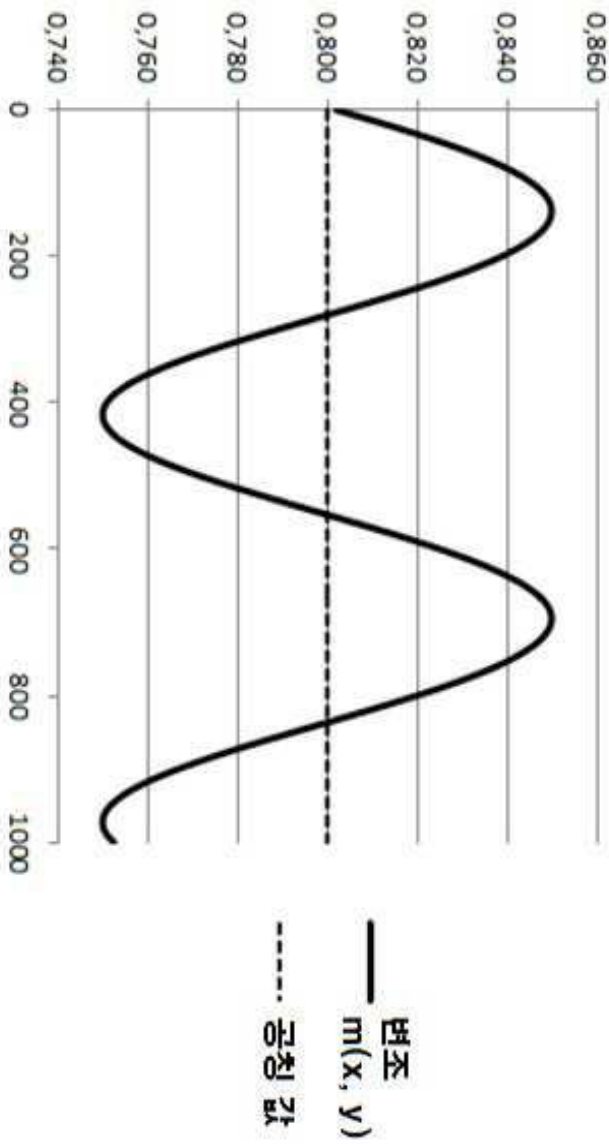
도면10



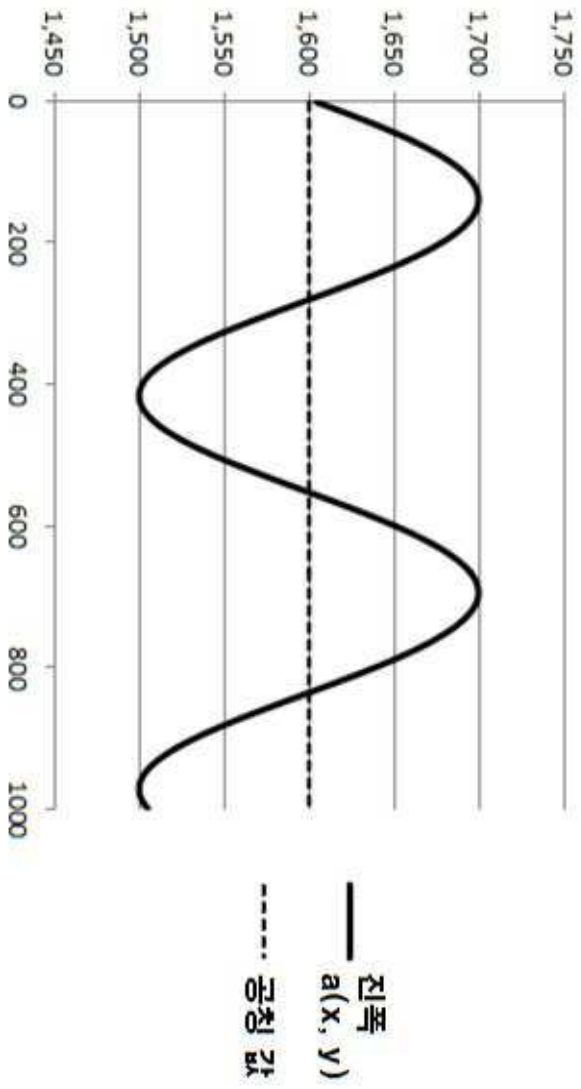
도면11



도면12



도면13



도면14

