



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월31일
(11) 등록번호 10-2233662
(24) 등록일자 2021년03월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 9/00 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01) *H01L 21/67* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 9/7088 (2013.01)
G03F 7/70775 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0109965
- (22) 출원일자 2017년08월30일
심사청구일자 2019년02월28일
- (65) 공개번호 10-2018-0025266
- (43) 공개일자 2018년03월08일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-170066 2016년08월31일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

비특허문헌

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 19 항

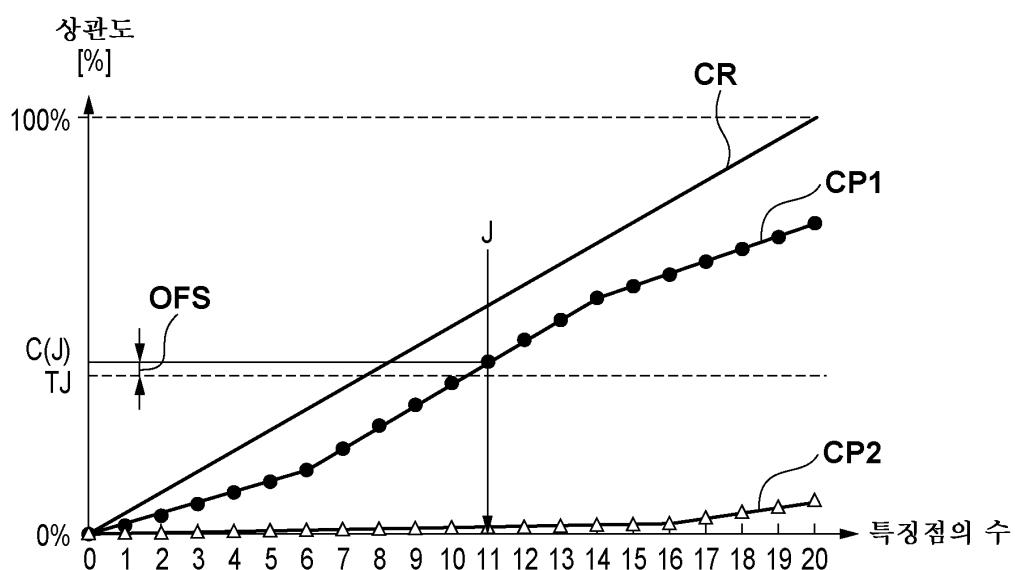
심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 위치 검출 방법, 위치 검출 장치, 리소그래피 장치 및 물품 제조 방법

(57) 요약

방법은 제1 내지 제N 특징점을 갖는 템플릿을 사용하여 화상 중의 대상물의 위치를 검출한다. 이 방법은 화상에 대한 템플릿의 각각의 상대 위치에 대해서, 제1 내지 제n($n \leq N$)의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로서 설정하여 처리를 반복함으로써 템플릿과 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 취득하는 공정을 포함한다. 주목 특징점이 제J의 특징점인 경우, 제1 내지 제J의 특징점의 처리에 기초해서 취득되는 상기 상관성을 나타내는 중간적인 지표가 중단 조건을 충족하는 지가 판정되고, 중간적인 지표가 상기 중단 조건을 충족시키는 경우에 제(J+1) 및 후속의 특징점의 처리가 중단된다.

대표도 - 도3b



(52) CPC특허분류

H01L 21/0274 (2013.01)

H01L 21/67259 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2015060421 A*

US20080193029 A1*

US20040058540 A1

JP04098377 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터에 의해, 제1 내지 제N의 특징점을 갖는 템플릿을 사용한 템플릿 매칭에 의해, 화상 중 대상물의 위치를 검출하는 위치 검출 방법이며 - N은 3 이상의 자연수임 -,

상기 화상에 대한 상기 템플릿의 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서, 제1 내지 제n의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로서 설정하여 처리를 반복함으로써 상기 템플릿과 상기 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 취득하는 단계를 포함하되 - n은 N 이하임 -,

상기 지표를 취득하기 위해서 상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 행해지는 처리 동안, 상기 주목 특징점이 제J의 특징점인지 여부를 결정하는 단계 - J는 2 이상이고 N 미만인 자연수임 -;

상기 주목 특징점이 제J의 특징점으로 결정되는 경우에, 제1 내지 제J의 특징점의 처리에 기초해서 상기 상관성을 나타내는 중간적인 지표가 취득된 후, 상기 중간적인 지표가 중단 조건을 충족하는지 여부를 판정하는 단계; 및

상기 중간적인 지표가 상기 중단 조건을 충족하는 경우에, 남아있는 제(J+1) 내지 제N의 특징점의 처리를 중단하는 단계를 더 포함하는 위치 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 취득하는 단계에서, 제1 내지 제(J-1)의 특징점에 대해서는 상기 중간적인 지표가 취득되지 않는, 위치 검출 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서 상기 지표를 취득하는 단계는, 제1 내지 제J의 특징점에 대해서 상기 상관성을 나타내는 지표값을 취득하는 단계와, 상기 지표값에 기초하여 상기 중간적인 지표를 취득하는 단계를 포함하는, 위치 검출 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서 상기 지표를 취득하는 단계는,

상기 제1 내지 제J의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 설정하고, 주목 특징점에서의 상기 템플릿의 값($T(n)$)을 변수로 사용하는 함수의 값을 적산하는 단계와,

상기 적산에 의해 얻어진 값을 변수로 사용하는 함수의 값에 기초하여 상기 중간적인 지표를 취득하는 단계를 포함하는, 위치 검출 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서 상기 지표를 취득하는 단계는,

상기 제1 내지 제J의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 설정하고, 주목 특징점에서의 상기 템플릿의 값($T(n)$)과 상기 주목 특징점에 대응하는 상기 화상에서의 화소의 값을 변수로 사용하는 함수의 값을 적산하는 단계와,

상기 적산에 의해 얻어진 값을 변수로 사용하는 함수의 값에 기초하여 상기 중간적인 지표를 취득하는 단계를 포함하는, 위치 검출 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서 상기 지표를 취득하는 단계는,

상기 제1 내지 제J의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 설정하고, 주목 특징점에서의 상기 템플릿의 값($T(n)$)을 변수로 사용하는 제1 함수의 값에 대해서 제1 적산을 행하는 단계와,

상기 제1 내지 제J의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 설정하고, 주목 특징점에 대응하는 상기 화상의 화소의 값을 변수로 사용하는 제2 함수의 값에 대해서 제2 적산을 행하는 단계,

상기 제1 적산에 의해 취득된 값과 상기 제2 적산에 의해 취득된 값에 기초하여 상기 중간적인 지표를 취득하는 단계를 포함하는, 위치 검출 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 컴퓨터에 의해 상기 화상 중 대상물의 위치를 검출하는 것의 처리의 실행을 시작하기 전에, 상기 제J의 특징점이 결정되는, 위치 검출 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제J의 특징점을 결정하는 단계는, 테스트 화상에 대한 상기 템플릿의 상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서, 상기 제1 내지 제n의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 설정하여 처리를 반복함으로써 - n은 N이하임 -, 상기 템플릿과 상기 테스트 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 상기 제1 내지 제n의 특징점 각각에 대해서 취득하는 단계, 및 상기 템플릿과 상기 테스트 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 상기 제1 내지 제n의 특징점 각각에 대해서 취득하는 단계, 및 상기 템플릿과 상기 테스트 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 상기 제1 내지 제n의 특징점 각각에 대해서 취득하는 단계를 포함하는, 위치 검출 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 중단 조건을 결정하는 단계를 더 포함하는, 위치 검출 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 중단 조건을 결정하는 단계는, 테스트 화상에 대한 상기 템플릿의 상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서, 상기 제1 내지 제n의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 설정하여 처리를 반복함으로써, 상기 템플릿과 상기 테스트 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 상기 제1 내지 제n의 특징점 각각에 대해서 취득하는 단계, 및 상기 템플릿과 상기 테스트 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 상기 제1 내지 제n의 특징점 각각에 대해서 취득하는 단계, 및 상기 템플릿과 상기 테스트 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 상기 제1 내지 제n의 특징점 각각에 대해서 취득하는 단계를 포함하는, 위치 검출 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제1 내지 제N의 특징점을 재배열함으로써 상기 제1 내지 제N의 특징점을 재정의하는 단계를 더 포함하는, 위치 검출 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서 상기 지표를 취득하는 단계에서, 제1 내지 제JN2의 특징점의

처리에 기초해서 취득되는 중간적인 지표가 제2 중단 조건을 충족시키는 경우 - JN2는 J보다 큰 자연수임 -, 제(JN2+1) 내지 제N의 특징점 및 후속의 특징점에 대한 처리가 중단되는, 위치 검출 방법.

청구항 13

컴퓨터가 제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 기재된 위치 검출 방법을 실행하게 하는, 컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 프로그램.

청구항 14

제1 내지 제N의 특징점을 갖는 템플릿을 사용한 템플릿 매칭에 의해, 화상 중 대상물의 위치를 검출하는 위치 검출 장치이며 - N은 3 이상의 자연수임 -,

상기 화상에 대한 상기 템플릿의 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 대해서, 제1 내지 제n의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 설정하여 처리를 반복함으로써 상기 템플릿과 상기 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 취득하도록 구성된 프로세서를 포함하되 - n은 N 이하임 -,

상기 프로세서는,

상기 지표를 취득하기 위해서 상기 복수의 상대 위치의 각 상대 위치에 행해지는 처리 동안, 상기 주목 특징점이 제J의 특징점인지 여부를 결정하고 - J는 2 이상이고 N 미만인 자연수임 -;

상기 주목 특징점이 제J의 특징점으로 결정되는 경우에, 제1 내지 제J의 특징점의 처리에 기초해서 상기 상관성을 나타내는 중간적인 지표가 취득된 후, 상기 중간적인 지표가 중단 조건을 충족하는지 여부를 판정하고,

상기 중간적인 지표가 상기 중단 조건을 충족하는 경우에, 남아있는 제(J+1) 내지 제N의 특징점의 처리를 중단하도록 더 구성되는, 위치 검출 장치.

청구항 15

기판 상에 패턴을 형성하는 리소그래피 장치이며,

상기 기판 상의 마크를 활상하도록 구성된 활상부와,

상기 기판을 위치 결정하도록 구성된 위치 결정 기구와,

상기 활상부에 의해 얻어진 화상에 기초하여 상기 위치 결정 기구를 제어하도록 구성된 제어기를 구비하고,

상기 제어기는 제14항에 기재된 위치 검출 장치를 포함하고 상기 활상부에 의해 얻어진 화상 중의 마크의 위치를 검출하도록 구성되는, 리소그래피 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 위치 검출 장치는, 상기 기판의 속성에 기초하여, 상기 제J의 특징점 및 상기 중단 조건 중 하나 이상을 결정하는, 리소그래피 장치.

청구항 17

제15항 또는 제16항에 있어서,

상기 위치 검출 장치는, 특정 기판에 대한 화상에 기초하여, 상기 제J의 특징점 및 상기 중단 조건 중 하나 이상을 결정하는, 리소그래피 장치.

청구항 18

물품 제조 방법이며,

제15항에 기재된 리소그래피 장치를 사용해서 기판 상에 패턴을 형성하는 단계와,

상기 형성하는 단계에서 상기 패턴이 형성된 상기 기판을 가공하는 단계를 포함하고,

가공된 상기 기판으로부터 물품이 얻어지는, 물품 제조 방법.

청구항 19

제14항에 있어서,

상기 화상 중 대상물의 위치를 검출하는 것의 처리의 실행을 시작하기 전에, 상기 제J의 특징점이 결정되는, 위치 검출 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 위치 검출 방법, 위치 검출 장치, 리소그래피 장치 및 물품 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

최근, 반도체 디바이스 등의 물품의 미세화 및 집적화의 정도가 증가함에 따라, 노광 장치 및 임프린트 장치 등의 리소그래피 장치의 얼라인먼트 정밀도의 향상에 대한 요구가 더욱 엄격해지고 있다. 리소그래피 장치는, 반송 기구에 의해 리소그래피 장치에 반송되는 기판의 위치를 검출하기 위해서, 기판에 형성되어 있는 검출 대상물(마크)의 위치를 검출할 수 있다. 이러한 검출 대상물의 위치 검출에는, 템플릿 매칭이라고 불리는 방법이 사용될 수 있다. 템플릿 매칭은, 검출 대상물을 포함하는 화상과 템플릿과의 상대 위치를 변경하면서 복수의 상대 위치 각각에서 화상과 템플릿 사이의 상관성을 나타내는 지표를 계산하고, 상관성이 가장 높은 상대 위치에 기초하여 검출 대상물의 위치를 검출하는 방법이다. 이 명세서에서는, 상관성이 높은 것은, 화상 중의 검출 대상물과 템플릿이 고정밀도로 일치하고 있는 것을 의미한다.

[0003]

상관성을 나타내는 지표의 예는, 템플릿과 화상 사이의 차의 제곱합을 구하는 SSD(Sum of Squared Difference) 및 그 차의 절대값 합을 구하는 SAD(Sum of Absolute Difference)가 있다. 상관성을 나타내는 지표로서는 정규화 상관(후술함)도 있다. 상관성을 나타내는 지표를 계산하기 위해서는 장시간을 필요로하기 때문에, 계산 속도를 증가시키기 위해서 다양한 방법이 제안되고 있다. 예를 들어, SSD 또는 SAD를 고속화하기 위해서, SSDA(Sequential Similarity Detection Algorithm)이라고 불리는 방법이 사용된다(D.I. Barnea, 및 H.F. Silverman, "A class of algorithms for fast digital image registration", IEEE Trans. On Computers, IEEE, 1972년 2월, Vol. C-21, No. 2, pp. 179-186). SSDA에서는, 주어진 상대 위치에서의 상이도의 계산 도중에서 누적값이 임계치를 초과한 경우에, 이 후의 특징점에서의 누적이 중단된다. 상이도는, 그 값이 작을수록 상관성이 높은 것을 의미한다. 일본 특허 공개 공보 제4-098377호는 SSDA를 사용한 방법을 기재하고 있다. 일본 특허 공개 공보 제4-098377호에 기재된 방법에서는, 계산 도중의 누적값이, 탐색 화상 내의 이미 계산된 누적값을 초과하면, 이 계산을 중단하고, 처리를 다음 위치에서의 처리로 이행한다. 이에 의해, 어떠한 불필요한 계산도 행할 필요가 없고, 계산 시간을 대폭으로 단축하여 템플릿 매칭 속도를 고속화할 수 있다.

[0004]

불행하게도, 이 종래의 방법은, 각 특징점마다 계산을 중단할지 여부를 판단하기 위해서 장시간이 필요하다는 문제가 있다. 특히, 상관성을 정규화 상관에 의해 평가할 경우에는, SSD 및 SAD의 것에 비하여 상관도를 구하기 위한 계산량이 많기 때문에, 판단에 의해 장시간을 요한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005]

본 발명은 대상물의 위치를 검출하는 시간의 점에서 유리한 기술을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006]

본 발명의 일 양태는 컴퓨터에 의해, 제1 내지 제N(N은 3 이상의 자연수)의 특징점을 갖는 템플릿을 사용한 템플릿 매칭에 의해, 화상 중 대상물의 위치를 검출하는 위치 검출 방법을 제공하며, 이 방법은 상기 화상에 대한 템플릿의 복수의 상대 위치 각각에 대해서, 제1 내지 제n($n \leq N$)의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로서 설정하여 처리를 반복함으로써 템플릿과 화상과의 상관성을 나타내는 지표를 취득하는 단계를 갖고, 복수의 상대 위치 각각에 대한 상기 취득하는 단계에서는, 주목 특징점이 제J(J 는 2 이상이고 N 미만인 자연수)의 특징점인 경우, 제1 내지 제J의 특징점의 처리에 기초해서 취득되는 상관성을 나타내는 중간적인 지표가 중단 조건을 충족하는지 여부가 판정되고, 중간적인 지표가 중단 조건을 충족시키는 경우에 제(J+1) 및 후속의 특징점의 처리가 중단

된다.

[0007] 본 발명의 추가의 특징은 첨부된 도면을 참고한 예시적인 실시예에 대한 이하의 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 일 실시형태의 위치 검출 장치의 구성을 도시하는 도면이다.

도 2a는 본 발명의 실시형태에 따른 템플릿을 도시하는 예시도이다.

도 2b는 본 발명의 실시형태에 따른 마크 화상을 포함하는 화상을 예시하는 예시도이다.

도 3a는 상관도를 설명하기 위한 도면이다.

도 3b는 화상과 템플릿 사이의 상관도의 분포와 천이를 도시하는 예시도이다.

도 4a는 화상의 예시도이다.

도 4b는 검출 대상물의 중앙 영역에서의 상관도의 천이를 예시하는 예시도이다.

도 4c는 검출 대상물의 주변 영역에서의 상관도의 천이를 도시하는 예시도이다.

도 5는 2개의 특징점에서의 상관도의 빈도를 도시하는 예시도이다.

도 6a는 판정 특징점을 최적화하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 6b는 판정 특징점을 최적화하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 7은 상관도의 천이를 도시하는 예시도이다.

도 8은 본 발명의 실시형태의 위치 검출 장치에 의해 실행되는 대상물의 위치를 검출하는 수순을 도시하는 예시도이다.

도 9a는 본 발명의 실시형태의 위치 검출 장치에 의해 실행되는 대상물의 위치를 검출하는 수순 변형예를 도시하는 예시도이다.

도 9b는 본 발명의 실시형태의 위치 검출 장치에 의해 실행되는 대상물의 위치를 검출하는 수순의 변형예를 도시하는 예시도이다.

도 10은 위치 검출 장치가 내장된 리소그래피 장치로서의 노광 장치를 도시하는 예시도이다.

도 11은 기판의 마크의 위치를 검출할 때의 노광 장치의 동작을 도시하는 예시도이다.

도 12는 노광 장치에 의해 실행되는 노광 작업의 처리를 도시하는 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 첨부 도면을 참조하면서 본 발명을 그 예시적인 실시형태를 통해서 설명한다.

[0010] 도 1은 본 발명의 실시형태의 위치 검출 장치(10)의 구성을 나타낸다. 도 1에 도시된 위치 검출 장치(10)는, 예를 들어 컴퓨터(11)에 위치 검출 프로그램(15)을 설치함으로써 형성될 수 있다. 위치 검출 장치(10)는, 예를 들어 FPGA(Field Programmable Gate Array) 같은 PLD(Programmable Logic Device) 또는 ASIC (Application Specific Integrated Circuit)에 의해 형성될 수도 있다.

[0011] 도 1에 도시된 예에서는, 위치 검출 장치(10)를 형성하는 컴퓨터(11)는, 템플릿(TP)과, CPU(혹은 프로세서)(12)와, 메모리(13)를 포함할 수 있다. 템플릿(TP)은, 불휘발성 메모리 등에 저장됨으로써 컴퓨터(11)에 설치될 수 있다. 템플릿(TP)은 프로그램 가능하다. 템플릿(TP)은 메모리(13)에 저장해도 된다. 메모리(13)는, 위치 검출 프로그램(15)을 저장하고 있다. 위치 검출 프로그램(15)은, 위치 검출 프로그램(15)을 저장한 메모리 매체(30)로부터, 메모리 리더(도시하지 않음) 또는 통신 회선(도시하지 않음)을 개재하여 컴퓨터(11)에 제공되며 거기에 설치될 수 있다. CPU(12)는, 메모리(13)에 저장된 위치 검출 프로그램(15)에 기초하여 동작하고, 컴퓨터(11)를 위치 검출 장치로서 동작시키거나, 혹은 CPU(12)를 위치 검출부로서 동작시킨다.

[0012] 위치 검출 장치(10)는, 화상 공급 장치(20)로부터 제공되는 화상 중 검출 대상물의 위치를, 템플릿(TP)을 사용한 템플릿 매칭에 의해 검출한다. 검출 대상물은 예를 들어 마크 화상일 수 있다. 화상 공급 장치(20)는 예를 들어 활상부(예를 들어, 카메라)일 수 있다. 이 활상부는, 기판에 형성된 마크(일라인먼트 마크)의 화상을 활

상하는 열라인먼트 스크립트의 일부를 형성할 수 있다.

[0013] 도 2a는 템플릿(TP)의 예를 도시하고 있다. 템플릿(TP)은, 검출 대상물(예를 들어, 마크 화상)(MA)에 대응하는 비교 화상(MAT)의 특징을 나타내는 복수의 특징점(TP1 내지 TP20)을 포함할 수 있다. 복수의 특징점(TP1 내지 TP20)의 각각은, 템플릿(TP)에서의 좌표(위치)와, 당해 좌표에서의 값에 의해 형성될 수 있다. 도 2a에 도시된 예에서는, 비교 화상(MAT)의 애지부에 특징점(TP1 내지 TP20)이 배치된다.

[0014] 도 2b는, 검출 대상물(예를 들어, 마크 화상)(MA)을 포함하는 화상(IM)의 탐색 범위(AR)의 예를 도시한다. 화상(IM)은, 화상 공급기(20)로부터 공급될 수 있다. 화상(IM)은 복수의 화소로 형성될 수 있으며, 화상에서의 위치는 화소의 좌표(위치)로 표현될 수 있다. 위치 검출 장치(10)는, 탐색 범위(AR) 내에서의 대상물(MA)의 위치를 검출하기 위해서, 탐색 범위(AR)에 대하여 템플릿(TP)을 주사하면서, 탐색 범위(AR)에서의 각 위치에서, 화상(IM)과 템플릿(TP)과의 상관성을 계산하게 구성될 수 있다. 환연하면, 위치 검출 장치(10)는, 상대 위치를 변경하면서, 탐색 범위(AR)에 대한 템플릿의 복수의 상대 위치의 각각에 대해서, 화상(IM)과 템플릿(TP)과의 상관성을 계산하게 구성될 수 있다. 그리고, 위치 검출 장치(10)는, 복수의 상대 위치 가운데 화상(IM)과 템플릿(TP)과의 상관성이 가장 높은 상대 위치에 기초하여 대상물(MA)의 위치를 검출하도록 구성될 수 있다. 여기서, 상대 위치는, 예를 들어 화상(IM)의 중심 위치와 템플릿(TP)의 중심 위치 사이의 상대 위치일 수 있다.

[0015] 이하에서는, 일례로서, 화상(IM)과 템플릿(TP)과의 상관성을 나타내는 지표를 정규화 상관에 의해 계산하는 방법을 설명한다. 하지만, SSD 또는 SAD 등의 기타의 방법에 따라서 지표를 계산해도 된다. 정규화 상관은, SSD나 SAD보다도 계산량이 많지만, 상기 방법은 비교적 밝기의 변동에 대하여 강하기 때문에 안정적으로 대상물을 검출할 수 있다. 정규화 상관을 따른 상관성을 나타내는 지표는 상관도(C)로서 정의될 수 있다. 상관도(C)가 클수록, 상관도가 높다. 즉, 화상(IM)에서의 대상물(MA)과 템플릿(TP)이, 보다 높은 정밀도로 일치하고 있는 것을 의미한다. 여기서, 화상(IM)의 위치(x, y)에서의 상관도(C)는, 화상(IM)의 위치(x, y)에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도이다. 위치 검출 장치(10)는, 화상(IM)에서의 위치(x, y)에서의 상관도(C)를 식(1)을 따라서 계산하게 구성될 수 있다. 또한, 화상(IM)에서의 위치(x, y)는 템플릿(TP)과 화상(IM) 사이의 상대 위치를 나타내는 것으로 이해할 수 있다.

$$C = \frac{\sum_{n=1}^N (I(n) \cdot T(n))}{\sqrt{\sum_{n=1}^N I(n)^2} \cdot \sqrt{\sum_{n=1}^N T(n)^2}} \times 100[\%] \quad (1)$$

[0016] 여기서, N은 특징점의 개수, T(n)은 템플릿(TP)에서의 제n의 특징점(TPn)의 값, I(n)은 화상(IM)에서의 T(n)에 대응하는 화소의 값이다. 템플릿(TP)에서의 제n의 특징점의 위치를 (x_{tn}, y_{tn})로 하면, I(n)=I(x+x_{tn}, y+y_{tn})이다. 위치 검출 장치(10)는, 복수의 상대 위치(x, y) 중 화상(IM)과 템플릿(TP)과의 상관성이 가장 높은 상대 위치(x, y)=(X, Y)를 대상물(MA)의 위치(x, y)=(X, Y)로서 결정하도록 구성될 수 있다.

[0018] 위치 검출 장치(10)를 구성하는 컴퓨터(11)의 CPU(프로세서)(12)는 화상(IM)에 대한 템플릿(TP)의 상대 위치를 변경하면서 복수의 상대 위치 각각에 대해서, 제1 내지 제N의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 사용하여 처리를 반복한다. 이에 의해, CPU(12)는, 복수의 상대 위치 각각에 대해서, 템플릿(TP)과 화상(IM)과의 상관성을 나타내는 지표로서의 상관도(C)를 얻는다. 이 동작은, 화상(IM)에서의 복수의 위치(x, y)의 각각에 대해서, 템플릿 TP와 화상(IM)과의 상관도(상관성)을 구하는 것과 동가이다.

[0019] CPU(12)에서의 복수의 상대 위치 각각에 대한 처리에서, 주목 특징점이 제J(J는 2 이상 또한 N 미만의 자연수)의 특징점일 경우에, CPU(12)는 제1 내지 제J의 특징점의 처리에 기초해서 얻어지는 중간적인 지표가 중단 조건을 충족할지를 판정한다. 그리고, CPU(12)는, 중간적인 지표가 중단 조건을 충족시키는 경우에, 제(J+1) 및 후속의 특징점에 관한 처리를 중단한다. 제J의 특징점은, 중단을 행할지를 판정하는 특징점이다. 그래서, 이하에서는, 제J의 특징점을 판정 특징점(J)라고도 말한다. 판정 특징점(J)은, 화상(IM) 중의 검출 대상물(MA)의 위치를 검출하는 검출 처리의 실행 전에 미리 결정 혹은 설정될 수 있다. 또한, 중단 조건도, 화상(IM) 중의 검출 대상물(MA)의 위치를 검출하는 검출 처리의 실행 전에 미리 결정될 수 있다.

[0020] 즉, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는, 판정 특징점 및/또는 중단 조건을 결정하는 결정 유닛을 포함할 수 있다. 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)에 의해 실행되는 위치 결정 방법은, 판정 특징점 및/또는 중단 조건을 결정하는 결정 공정을 포함할 수 있다. 이하, 판정 특징점 및/또는 중단 조건의 결정 설정에 대해서, 제1 내지

제3의 예를 들어서 설명한다.

[0021] [제1 예]

도 3a 및 3b를 참조하면서 판정 특징점 및/또는 중단 조건을 결정하는 제1 예를 설명한다. 탐색 범위(AR)내의 각 위치(화상(IM)과 템플릿(TP)과의 상대 위치)에서의 상관도(C)는, 도 3a에 예시된 바와 같이 구해질 수 있다. 이 예에서는, 대상물(마크 화상)(MA)의 중심 위치(P1)(즉, $(x, y) = (0, 0)$)에서의 상관도(C)는 80%이다. 또한, 대상물(마크 화상)(MA)의 외측이 있는 주변 위치(P2)에서의 상관도(C)는 15%이다. 이와 같이, 대상물(MA)의 위치와 템플릿(TP)의 위치가 일치하는 대상물(MA)의 중심 및 그 근방의 위치에서는, 상관도(C)(상관성)가 높아진다. 한편, 대상물(MA)의 외측의 주변 위치 및 대상물(MA)이 존재하지 않는 위치에서는, 상관도(C)(상관성)가 낮아진다.

도 3b에는, 대상물(MA)의 중심 위치(P1)에서의 제1 내지 제20의 특징점 각각에서의 상관도(C)의 천이 CP1과 대상물(MA)의 외측의 주변 위치(P2)에서의 제1 내지 제20의 특징점 각각의 상관도(C)의 천이 CP2가 플롯팅되어 있다. 제j 특징점(Tj)에서의 상관도(C(j))는 식 (2)에 의해 주어진다. j가 취득되는 범위는 $1 \leq j \leq N$ 이다. 더 정확하게는, 제j의 특징점(Tj)에서의 상관도(C(j))는 제1 특징점으로부터 제j의 특징점까지에 대해서, 템플릿(TP)과 화상(IM)(대상물 MA)과의 상관성을 평가한 결과를 나타내는 지표이다.

$$C(j) = \frac{\sum_{n=1}^j (I(n) \cdot T(n))}{\sqrt{\sum_{n=1}^j I(n)^2} \cdot \sqrt{\sum_{n=1}^j T(n)^2}} \times \frac{j}{N} \times 100[\%] \quad (2)$$

[0024] [0025] 화상(IM)에서의 대상물(MA)의 위치와 템플릿(TP)의 위치가 완전히 일치하고 있을 경우 이상적인 상관도(C)의 천이는 CR이다. 이상적인 상관도(C)의 천이 CR의 기울기는 $1/N$ 이며, 실제의 상관도(C)(j)의 기울기는, CR의 기울기를 초과하지 않는다. 대상물(마크 화상)(MA)에서의 외측 프레임 부분에서의 콘트라스트가 낮기 때문에, 도 3b에 도시된 바와 같이, 천이 CP1은 템플릿(TP)의 특징점(TP1 내지 TP6, TP14 내지 TP20)에서의 상관도의 증가량이 낮다는 것을 보여준다. 한편, 대상물(마크 화상)(MA)에서의 중심 부근의 십자부는, 특징점(TP7 내지 TP13)에 잘 일치하여, 상관도의 증가량은 이상적인 기울기와 유사하게 크다. 한편, 천이 CP2는, 화상(IM)과 템플릿(TP)의 각 특징점 사이의 일치도가 낮기 때문에, 상관도는 평준한 상태라는 것을 보여준다. 그러나, 천이 CP2에서, TP18 내지 TP20이 대상물(MA)에서의 외측 프레임 부분과 일치하기 위해서, 조금이지만 상관도가 증가하고 있다.

[0026] 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는, 테스트 화상과 템플릿(TP) 사이의 상대 위치를 변경하면서 복수의 상대 위치의 각각에 대해서 식 (2)를 따라서 상관도를 계산함으로써 도 3b에 예시되는 것 같은 천이 CP1을 얻을 수 있다. 또한, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는 테스트 화상을 사용해서 얻어진 천이 CP1에 기초하여 판정 특징점(J)을 결정할 수 있다. 테스트 화상은, 예를 들어 복수가 기판으로 이루어지는 로트를 처리할 때에 로트의 제1 기판 상의 마크의 위치를 검출하기 위해서 제1 기판 상의 마크를 활상함으로써 얻어지는 화상일 수 있다.

[0027] 여기서, 중단 조건으로서의 상관도 임계치(TJ)를 미리 결정해 둘 경우를 설명한다. 이 경우에서, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는, 대상물(MA)의 중심 위치에서의 상관도가 상관도 임계치(TJ)를 초과하고, 또한, 대상물(MA)의 외측의 주변 위치에서의 상관도가 TJ를 하회하고 있는 특징점을 판정 특징점(J)으로서 결정한다. 예를 들어, 도 3b에서, 대상물(MA)의 중심 위치에서의 상관도의 천이 CP1에서의 각 특징점에서의 상관도는, 특징점의 수가 11점 이상의 곳에서 상관도 임계치(TJ)를 초과하고 있다. 대상물(MA)의 외측의 주변 위치에서의 상관도의 천이 CP2의 특징점의 수가 11인 경우, 상관도는 TJ를 하회하고 있다. 따라서, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는, 특징점의 수가 11인 특징점, 즉 제11의 특징점을 판정 특징점(J)이라는 것을 결정할 수 있다. 상관도 임계치(TJ)는, 전술한 바와 같이 미리 결정해 둘 수 있다.

[0028] 대안적으로, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는, 미리 결정해 둔 판정 특징점(J)과 대상물(MA)의 중심 위치(P1)에서의 상관도의 천이 CP1에 기초하여 상관도 임계치(TJ)를 결정할 수도 있다. 예를 들어, 상관도의 천이 CP1에서의 판정 특징점(J)에서의 상관도(C(j))로부터 임의의 오프셋(OFS)을 차감한 값을 상관도 임계치(TJ)로 결정할 수 있다. 여기서 결정된 판정 특징점(J) 및 상관도 임계치(TJ)는 화상(IM)을 대상으로 해서 대상물(MA)의 위치를 검출할 때에 사용된다.

[0029] [제2 예]

도 4a 내지 도 4c 및 도 5를 참조하면서 판정 특징점 및/또는 중단 조건의 결정에 관한 제2 예를 설명한다. 본 예에서, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)의 화소수가 M이고, 중앙 영역(MR)과 상이한 영역(주변 영역)의 화소수가 L이다. 또한, 도 4b에 예시되는 바와 같이, 중앙 영역(MR)을 구성하는 M개의 화소 위치(M개의 상대 위치)에서 상관도의 천이(CP1, CP2, ..., CPM)가 얻어진다. 마찬가지로, 도 4c에 예시되는 바와 같이, 중앙 영역(MR)과 상이한 영역을 구성하는 L개의 화소 위치(L개의 상대 위치)에서의 상관도의 천이(CP'1, CP'2, ..., CP'L)가 얻어진다. 대상물(MA)의 중심의 화소 위치에서의 상관도의 천이는 CP1이다.

[0031] 이어서, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는, 특징점 J1 및 J2 각각에서의 CP1 내지 CPM과 CP'1 내지 CP'L의 상관도의 빈도를 구한다. 예를 들어, 도 5의 a는 특징점 J1에서의 CP1 내지 CPM의 상관도의 빈도를 도시하고, 도 5의 b는 특징점 J1에서의 CP'1 내지 CP'L의 상관도의 빈도를 도시한다. 또한, 도 5의 c는 특징점 J2에서의 CP1 내지 CPM의 상관도의 빈도를 도시하고, 도 5의 d는 특징점 J2에서의 CP'1 내지 CP'L의 상관도의 빈도를 도시한다.

[0032] 판정 특징점과 해당 판정 특징점에서의 상관도 임계치를 결정하기 위한 제1 방법의 예는 개별 특징점에서의 상관도 빈도 분포가 충분히 이격되고 있는지에 기초한 결정 방법이다. 구체적으로는, 각각의 빈도의 무게 중심을 구한다. 특징점 J1에서 구한 CP1 내지 CPM의 상관도 빈도의 무게 중심은 G1이 되고, 특징점 J1에서 구한 CP'1 내지 CP'L의 상관도 빈도의 무게 중심은 G2가 된다. 또한, 특징점 J2로 구한 CP1 내지 CPM의 상관도의 빈도의 무게 중심은 G3이 되고, 특징점 J2로 구한 CP'1 내지 CP'L의 상관도의 빈도의 무게 중심은 G4가 된다.

[0033] 특징점 J1에서는, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도와 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도와의 사이에 큰 차가 없다. 따라서, 무게 중심 G1과 무게 중심 G2와의 차(GJ1)는 작다. 한편, 특징점 J2에서는, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도와, 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도와의 사이에 큰 차가 있다. 따라서, 무게 중심 G3과 무게 중심 G4의 차(GJ2)가 크다. 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는 무게 중심의 차를 임계치(TGJ1)와 비교하여 무게 중심의 차가 임계치(TGJ1)보다도 큰 특징점(J2)을 판정 특징점으로서 결정할 수 있다. 또한, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는 결정한 판정 특징점(J2)에서의 CP1의 상관도로부터 임의의 오프셋을 차감한 값을 상관도 임계치(TJ)로서 결정할 수 있다. 이 방법은 대상물(MA)의 중앙 영역과 중앙 영역과는 다른 영역의 복수의 화소에 대해서 구한 상관도 빈도를 비교함으로써, 이상치가 있어도 안정적으로 판정 특징점을 결정할 수 있다.

[0034] 이어서, 판정 특징점과 해당 판정 특징점에서의 상관도 임계치를 결정하기 위한 제2 방법을 설명한다. 제2 방법에서는, 대상물(MA)의 중앙 영역의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도와, 중앙 영역과 상이한 영역에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도의 분포가 충분히 이격되는지를 판정한다.

[0035] 도 5의 c에 예시되는 바와 같이, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)의 중심의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때, 특징점 J2에서의 상관도는 PK이다. 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)의 중심의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도 PK와, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도(G4)의 빈도 무게 중심(G4)의 차는 GJ3이다. 차(GJ3)가 임계치(TGJ2)를 초과하면, 특징점 J2를 판정 특징점으로서 결정한다. 상관도 임계치(TJ)는 전술한 바와 마찬가지의 방법에서 구할 수 있다. 제2 방법은, 제1 방법보다도 고속으로 판정 특징점 및 상관도 임계치를 결정할 수 있다.

[0036] 판정 특징점과 해당 판정 특징점에서의 상관도 임계치를 결정하기 위한 제3 방법을 후술한다. 제3 방법은 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)의 중심의 화소에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도와, 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 화소에 대해서 얻어지는 가장 높은 상관도를 비교한다. 특징점 J2에서 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 화소에 대해서 얻어지는 가장 높은 상관도는 PK'이다. 상관도 PK와 상관도 PK'와의 차(GJ4)가 임계치(TGJ3)를 초과하면, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는 특징점을 판정 특징점(J2)으로서 결정한다. 상관도 임계치(TJ)는 전술한 바와 마찬가지의 방법에서 구할 수 있다. 제3 방법은 제1 방법 및 제2 방법보다도 고속으로 결정을 수행할 수 있다.

[0037] [제3 예]

[0038] 이제, 도 6a 및 6b를 참조하면서 판정 특징점 및/또는 중단 조건의 결정에 관한 제3 예를 설명한다. 제3 예에서, 템플릿(TP)의 복수의 특징점을 재배열하는 것에 의해, 복수의 특징점의 순서를 재정의한다. 확인하면, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는, 제1 내지 제N의 특징점을 재배열하는 것에 의해 제1 내지 제N의 특징점을 재

정의하는 재정의 유닛을 포함할 수 있다. 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)에 의해 실행되는 위치 결정 방법은, 제1 내지 제N의 특징점을 재배열하는 것에 의해 제1 내지 제N의 특징점을 재정의하는 재정의 공정을 포함할 수 있다.

[0039] 도 6a 및 6b에 예시되는 바와 같이, 대상물(MA)의 중심의 화소(PA)에 템플릿(TP)의 중심을 일치시켰을 때의 상관도의 천이가 CPA이다. 판정 특징점에서의 상관도 임계치를 TJ로 하면, 상관도의 천이(CPA)와 상관도 임계치(TJ)의 관계로부터 판정 특징점은 J가 된다. 상관도의 천이(CPA)가 특징점의 수=7 내지 14일 때 템플릿(TP)과 대상물(MA)과의 일치도가 높다는 특징을 가지므로, 상관도의 증가량이 크다. 그래서, 제1 내지 제N의 특징점을 재배열하는 것에 의해 최적화된 상관도의 천이(CPA')가 형성된다. 더 구체적으로, 상관도의 천이(CPA')는, 도 1의 템플릿(TP)의 특징점을 TP7, TP8..., TP14, TP1, TP2..., TP6, TP15, TP16..., TP20의 순서로 계산했을 때 얻어진 그래프이다. 상관도의 천이(CPA')와 상관도 임계치(TJ)의 관계로부터 판정 특징점을 J'로 결정할 수 있다. 이는 상관도 계산의 보다 빠른 단계에서 계산을 중단할 것인지 여부의 판정을 가능하게 한다. 이 방법은, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 화소에서의 상관도의 천이를 고려해서 최적화를 수행함으로써 더 최적인 판정점을 결정할 수 있다.

[0040] 예를 들어, 도 6a 및 6b에 예시되는 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 화소(PB)에서의 상관도 천이(CPB)에 대하여, 특징점의 수=17 내지 20의 계산에서 상관도가 비교적 증가하고 있다. 복수의 특징점을 재배열할 때, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)(중심 위치)에서의 상관도 천이가 크고, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)과 상이한 영역에서의 상관도 천이가 작은 특징점이 앞에 배치되는 것이 바람직하다. 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)에서의 상관도 천이와 외측의 영역에서의 상관도 천이와의 차가 커진다. 따라서, 판정을 조기에 실시할 수 있다.

[0041] 이하, 도 2a, 도 2b, 도 7 및 도 8을 참조하면서 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)에 의해 실행될 수 있는 대상물의 위치 검출 수순의 예를 설명한다. 이하의 수순은, 상기의 제1 내지 제3 예로 대표되는 방법에 의해 판정 특징점 및 중단 조건이 미리 결정되어 설정된 상태에서 실행된다.

[0042] 공정 S101에서, CPU(12)는, 화상(IM)의 탐색 범위(AR)내의 탐색 개시 화소를 p0로 설정한다. 이어서, CPU(12)는, 식 (1)의 분모의 일부인, 템플릿(TP)의 개별 특징점에서의 템플릿의 합 제곱 합을 계산한다. 제곱 합의 계산은, 제1 특징점으로부터 제J의 특징점(판정 특징점)까지의 T(n)의 제곱 합인 SUM_{T^2J} 의 계산과, 제1 내지 제N의 특징점에 관한 T(n)의 제곱 합인 SUM_{T^2N} 의 계산을 포함한다. 이들의 제곱 합은, 고정값이기 때문에 미리 계산해 둘 수 있다. SUM_{T^2N} 및 SUM_{T^2J} 의 계산은, 식 (3)을 따라서 이루어진다.

$$SUM_{T^2J} = \sum_{n=0}^J T(n)^2$$

$$SUM_{T^2N} = \sum_{n=0}^N T(n)^2 \quad (3)$$

[0043] 그후, 공정 S103에서, CPU(12)는, 상관도 계산 대상으로서의 화소(p)에 대해서, 상관도(C(J))의 계산을 시작하기 전에, 변수 n, 합의 합 SUM_{IT} , 제곱 합 SUM_{I^2} 를 0으로 초기화한다. 변수 n은, 현재 계산되는 특징점인 주목 특징점을 식별하는 번호를 나타낸다. 합의 합 SUM_{IT} 는, 화상(IM)의 탐색 범위(AR)내의 화소(특징점 TPn에 대응하는 화소)의 합 I(n)과, 특징점 TPn에서의 템플릿(TP)의 합 T(n)의 합의 합이다. 제곱 합 SUM_{I^2} 는 I(n)의 제곱의 합의 합이다.

[0045] 공정 S104 내지 S106에서, CPU(12)는 제1 내지 제J(J는 2 이상이고 N 미만인 자연수)의 특징점을 순차적으로 주목 특징점으로 하면서 상관도(C(J))를 계산하기 위한 함수 값을 계산한다. 환언하면, 공정 S104 내지 S106에서, CPU(12)는 주목 특징점을 나타내는 변수 n이 J에 도달할 때까지, 상관도 (C(J))를 계산하기 위한 함수 값을 계산한다. 해당 함수의 값을, 특징점에 관해서 템플릿(TP)과 화상(IM)과의 상관성을 나타내는 지표값이라는 것을 이해할 수 있다.

[0046] 구체적으로는, 공정 S104에서는, CPU(12)는, I(n)과 T(n)과의 곱을 구하는 제1함수의 값을 계산하고, 그 적을 SUM_{IT} 에 가산한다. 이 동작은, 제1함수의 값을 적산하는 제1 적산(제1함수의 값을 합을 계산하는 제1 적산)에

상당한다. 또한, 공정 S104에서, CPU(12)는 $I(n)$ 의 제곱을 구하는 제2 함수의 값을 계산하고, 그 적을 SUM_I^2 에 가산한다. 이 동작은, 제2함수의 값을 적산하는 제2 적산(제2함수의 값 합을 계산하는 제2 적산)에 상당한다. 공정 S105에서, CPU(12)는 변수 n의 값이 J인지를 결정한다. 변수 n의 값이 J가 아니면(n이 J보다 작은 경우), CPU(12)는 공정 S106에서 변수 n의 현재 값에 1을 가산하고 공정 S104로 복귀한다. 변수 n의 값이 J일 경우(주목 특징점이 제J의 특징점(즉, 판정 특징점(J)) 일 경우), CPU(12)는 공정 S107로 진행한다.

[0047] 공정 S107에서, CPU(12)는 판정 특징점(J)에서의 상관도($C(J)$)를 식 (2)를 사용해서 계산한다(S107). 공정 S104 내지 S106에서의 계산의 반복에 의해 얻어진 SUM_IT , SUM_I^2 (상관성을 나타내는 지표값)에 기초하여, CPU(12)는 제J의 특징점에서의 중간적인 지표인 $C(J)$ 를 식 (4)를 따라서 계산한다. 여기서, 식 (4)는 식 (2)와 등가이다. $C(J)$ 은 판정 특징점(J)에서 얻어지는 상관도이다. 환언하면, $C(J)$ 는, 제1 특징점으로부터 제J의 특징점(판정 특징점)까지의 계산에 기초해서 얻어지는 중간적인 지표이다.

$$C(j) = \frac{SUM_IT}{\sqrt{SUM_I^2 \times SUM_T^2 J}} \times \frac{j}{N} \times 100[\%] \quad (4)$$

[0048] [0049] 공정 S108에서, CPU(12)는, $C(J)$ 가 중단 조건을 만족하는지의 여부, 보다 구체적으로는, $C(J)$ 가 상관도 임계치(TJ)를 하회하고 있는지를 판단한다. 이 예에서는, $C(J)$ 가 상관도 임계치(TJ)를 하회하는 경우 $C(J)$ 가 중단 조건을 충족한다. $C(J)$ 가 중단 조건을 충족시키는 경우, CPU(12)는, 제($J+1$) 및 후속의 특징점에 관한 계산을 중단하고, 공정 S114로 진행한다.

[0050] 한편, $C(J)$ 가 중단 조건을 만족하지 않는 경우는, CPU(12)는 공정 S109로 진행한다. 그리고, CPU(12)는, 공정 S109 내지 S113에서, 제1 특징점으로부터 제N(N은 3 이상의 자연수)의 특징점까지의 계산에 기초하여 템플릿(TP)과 화상(IM)과의 상관성을 나타내는 지표인 상관도($C(N)$)를 계산한다.

[0051] 구체적으로는, 공정 S109 내지 S112에서, CPU(12)는 제($J+1$) 내지 제N의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 하면서 상관도($C(J)$)를 계산하기 위한 함수 값을 계산한다. 환언하면, 공정 S109 내지 S112에서, CPU(12)는 주목 특징점을 나타내는 변수 n이 N에 도달할 때까지, 상관도($C(N)$)를 계산하기 위한 함수 값을 계산한다. 더 구체적으로, 변수 n의 값은 공정 S109에서 $J + 1$ 로 설정된다. 계속해서, 공정 S110에서, CPU(12)는, $I(n)$ 과 $T(n)$ 과의 곱을 구하는 제1함수의 값을 계산하고, 그 적을 SUM_IT 에 가산한다. 이 동작은, 제1함수의 값을 적산하는 제1 적산(제1함수의 값 합을 계산하는 제1 적산)에 상당한다. 또한, 공정 S110에서는, CPU(12)는, $I(n)$ 의 제곱을 구하는 제2함수의 값을 계산하고, 그 적을 SUM_I^2 에 가산한다. 이 동작은, 제2함수의 값을 적산하는 제2 적산(제2함수의 값 합을 계산하는 제2 적산)에 상당한다. 공정 S111에서, CPU(12)는 변수 n의 값이 N인지를 결정한다. 변수 n의 값이 N이 아니면(n이 N보다 작은 경우), CPU(12)는 공정 S112에서 변수 n의 현재 값에 1을 가산하고 공정 S110으로 복귀한다. 변수 n의 값이 N일 경우(주목 특징점이 최종 특징점일 경우), CPU(12)는 공정 S113로 진행한다. 공정 S113에서, CPU(12)는 공정 S104 내지 S106 및 공정 S110 내지 S112의 반복에 의해 얻어진 SUM_IT , SUM_I^2 에 기초하여, 제N의 특징점에서의 지표인 $C(N)$ 을 식 (5)에 따라서 계산한다. 식 (5)는, 식 (1)과 등가이다.

$$C = \frac{SUM_IT}{\sqrt{SUM_I^2 \times SUM_T^2 J}} \times 100[\%] \quad (5)$$

[0052] 여기서, 공정 S104 내지 S106 및 공정 S110 내지 S112의 반복은, 제1 내지 제n의 특징점을 순서대로 주목 특징점으로 하면서 계산을 반복함으로써 템플릿(TP)과 화상(IM)과의 상관성을 나타내는 지표로서 상관도(C)를 얻는 계산 공정이다.

[0053] [0054] 공정 S114에서, CPU(12)는 탐색 범위(AR)내의 모든 화소(p)에 대해서 상기의 처리(공정 S103 내지 S108 또는 공정 S103 내지 S113)을 실행 했는지의 여부를 판정한다. CPU(12)는, 탐색 범위(AR)내의 모든 화소(p) 가운데 미처리의 화소(p)가 존재하는 경우에는, 공정 S115에서 처리 대상의 화소를 미처리의 화소(p) 중 하나로 변경해 공정 S103으로 복귀된다. 한편, 탐색 범위(AR)내의 모든 화소(p)에 대해서 상기의 처리를 실행한 경우는, CPU(12)는 공정 S116으로 진행하고, 상관도(C)가 가장 높은 화소(p)를 결정하고, 그 화소(p)의 위치(x, y)= ($X,$

Y)를 대상물(MA)의 위치(x, y)= (X, Y)로서 결정한다.

[0055] 이하, 도 9a 및 9b를 참조하면서 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)에 의해 실행될 수 있는 대상물의 위치 검출의 수순 변형예를 설명한다. 도 9a 및 9b에 예시되는 바와 같이, 대상물(MA)의 중앙 영역(MR)에서의 중심의 화소(PA)에서의 상관도 천이를 CPA, 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 화소(PB)에서의 상관도 천이를 CPB로 하고, 중앙 영역(MR)과 상이한 영역의 다른 화소(PC)에서의 상관도 천이를 CPC로 한다. 상관도 천이 CPC는 템플릿(TP)의 특징점(TP1 내지 TP8)과 잘 일치하고 있기 때문에 상관도의 증가량이 크지만, 그 이 후에는 일치하지 않기 때문에 상관도의 증가량이 작다. 이러한 상관도 천이는, 템플릿(TP)의 일부의 특징점이 마크나 기타의 패턴과 중첩하는 경우에 때때로 발생한다. 제1 판정 특징점을 JN1, 제1 판정 특징점(JN1)에서의 상관도 임계치를 TJN1으로 설정하면, 상관도 천이 CPC의 제1 판정 특징점(JN1)에서의 상관도는 상관도 임계치(TJN1)을 초과하고, 그래서, 화소(PC)에서의 상관도 계산을 중단할 수 없다. 한편, 제2 판정 특징점을 JN2, 제2 판정 특징점(JN2)에서의 상관도 임계치를 TJN2로 설정하면, 상관도 천이 CPC의 제2 판정 특징점(JN2)에서의 상관도는 상관도 임계치(TJN2)를 하회하고, 그래서, 화소(PC)에서의 상관도 계산을 중단할 수 있다. 이 경우, 화소(PB)에서의 상관도 계산을 중단하는 타이밍이 지연되고, 화소(PB)에서의 상관도 계산에 걸리는 시간이 길어진다. 그래서, 위치 검출 장치(10) 혹은 CPU(12)는, 복수의 판정 특징점의 각각에서 이 후의 계산을 중단할지 여부를 판정하도록 구성될 수 있다. 본 예에서, 제1 판정 특징점(JN1)과 제2 판정 특징점(JN2)을 설정하고, 각 판정 특징점에서 이 후의 계산을 중단할지 여부의 판정을 행한다. 복수의 판정 특징점을 설치함으로써, 화소(PB)와 같은 조기에 중단가능한 화소에서의 상관도 계산 시간을 증가 시키지 않고, 화소(PC)와 같은 최종적으로는 대상물(MA)의 중심 위치의 화소보다도 상관도가 낮아지는 것 같은 화소에서의 상관도 계산을 중단하는 것이 가능해진다. 판정 특징점의 개수를 증가시키는 것으로, 보다 많은 화소에서 상관도 계산을 중단하는 것을 기대할 수 있다. 단, 판정 특징점의 개수를 증가시키면 판정을 위한 시간이 길어지고, 그래서, 템플릿 매칭의 시간이 가장 단축할 수 있는 개수의 판정 특징점을 설정하는 것이 바람직하다.

[0056] 전술한 바와 같이, 전술한 실시예는, 보다 단시간에 대상물의 위치를 검출하기에 유리한 기술을 제공한다.

[0057] 이하, 도 10을 참조하면서 위치 검출 장치(10)를 리소그래피 장치로서의 노광 장치(100)에 적용한 예를 설명한다. 그러나, 위치 검출 장치(10)는, 임프린트 장치나 하전 입자 묘화 장치 등의 다른 리소그래피 장치에도 적용 가능하다.

[0058] 노광 장치(100)는, 원판(R)과 기판(W)을 정렬한 후에, 조명계(IL)로 원판(R)에 노광광을 조사하고, 원판(R)의 패턴을 투영 광학계(PO)를 개재해서 기판(W)에 전사하는 장치이다. 기판은 X 및 Y 방향으로 이동 가능한 X-Y 스테이지(위치 결정 기구)에 탑재된 쇠(CH)에 의해 유지된다. 기판(W) 상에는, 기판(W)의 정렬을 행하기 위해서 마크(MA')가 형성된다. 장치는 마크(MA')를 활상하기 위한 얼라인먼트 스코프(SC)를 포함한다. 얼라인먼트 스코프(SC)는, 전술한 화상 공급 장치(20)에 상당한다. 광원(LI)으로부터 나온 광은, ND 필터(ND)에 의해 광량이 조정된다. 이 광은 파이버나 전용 광학계에 의해 하프 미러(M)에 유도되어, 예를 들어 투영 광학계(PO) 등을 개재하여 마크(MA')를 조명한다. 광원(LI) 및 ND 필터(ND)의 제어는, 광량 조정부(LP)에 의해 행하여진다. 마크(MA')로부터의 반사광은, 하프 미러(M)를 통과하고, 얼라인먼트 스코프(SC)의 카메라(CAM)의 포토센서(S)에 입사하고, 그에 의해 마크(MA')의상을 형성한다. 마크(MA')의상은 포토 센서(이미지 센서)(S)에 의해 활성되어, 센서 제어기(AMP)에 의해 A/D 변환된다. 이에 의해, 검출 대상물(MA)로서의 마크 화상을 포함하는 화상이 카메라 CAM(얼라인먼트 스코프 SC)로부터 얼라인먼트 계측 장치 AC에 출력된다.

[0059] 호스트 제어기(HP)는 포토센서(S)에 의한 이미지 감지를 위한 축적 시간을 제어한다. 얼라인먼트 계측 장치(AC)내의 얼라인먼트 프로세서(AP)는 호스트 제어기(HP)로부터의 명령에 따라서 센서 제어기(AMP)를 제어함으로써 축적 시간을 제어한다. 포토 센서(S)에 의한 활상의 타이밍은 스테이지 제어기(STC)내의 스테이지 프로세서(SP)로부터 호스트 제어기(HP)를 개재해서 얼라인먼트 프로세서(AP)에 제공되는 타이밍 신호에 기초하여 얼라인먼트 프로세서(AP)에 의해 제어된다. 스테이지 프로세서(SP)는 모터(MOT)에 의해 X-Y 스테이지(STG)를 구동하고, X-Y 스테이지(STG)의 위치를 간접계(PM)에 의해 계측한다.

[0060] 얼라인먼트 계측 장치(AC)는 카메라(CAM)(얼라인먼트 스코프(SC))로부터 출력된 화상을 메모리(MEM)에 저장한다. 얼라인먼트 프로세서(AP)에는 상기의 위치 검출 장치(10)가 내장되고 있어서, 검출 대상물(MA)로서의 마크 화상을 포함하는 화상을 처리함으로써, 대상물(MA)로서의 마크 화상의 위치를 검출하고, 검출 결과를 호스트 제어기(HP)에 공급한다. 얼라인먼트 프로세서(AP)에 내장된 위치 검출 장치는 기판의 속성에 기초하여, 제J의 특징점 및 중단 조건 가운데 적어도 한쪽을 결정하도록 구성될 수 있다. 위치 검출 장치는 특정한 기판에 관한 화상에 기초하여, 제J의 특징점 및 상기 중단 조건 가운데 적어도 한쪽을 결정하도록 구성될 수 있다.

- [0061] 호스트 제어기(HP)는, 마크 화상의 위치에 기초하여 스테이지 제어기(STC)를 개재해서 X-Y 스테이지(STG)의 위치를 제어한다. 판정 특징점 및/또는 중단 조건은 프로세스마다 또는 로트마다 결정될 수 있다. 이것은, 기판(W)에 형성된 마크(MA') 및/또는 그 베이스가 프로세스마다 또는 로트마다 변할 수 있기 때문이다.
- [0062] 본 예에서, 호스트 제어기(HP), 스테이지 제어기(STC) 및 얼라인먼트 계측 장치(AC)는, 카메라(CAM)를 포함하는 얼라인먼트 스코프(SC)에 의해 얻어진 화상에 기초하여 X-Y 스테이지(STG)(위치 결정 기구)를 제어하는 제어 유닛을 구성한다.
- [0063] 도 11은 기판(W)의 마크의 위치 검출시 노광 장치(100)의 동작을 예시적으로 도시한다. 호스트 제어기(HP)는 이러한 동작을 제어한다. 공정 S201에서, 호스트 제어기(HP)는 위치 검출 대상물(MA')인 마크가 얼라인먼트 스코프(SC)의 시야에 들어가게 X-Y 스테이지(STG)를 구동한다. 공정 S202에서, 위치 검출 대상물(MA')인 마크가 복수개일 경우, 호스트 제어기(HP)는 해당 대상물이 첫번째 대상물 인지의 여부를 판단한다.
- [0064] 해당 대상물이 첫번째 대상물인 경우에, 호스트 제어기(HP)는 공정 S203에서, 판정 특징점 및 상관도 임계치를 포함하는 파라미터가 보존되어 있는지의 여부가 판단된다. 파라미터가 보존되고 있는 경우에, 공정 S204에서, 호스트 제어기(HP)는 보존되어 있는 파라미터에 기초하여, 판정 특징점 및 상관도 임계치를 설정한다. 한편, 파라미터가 보존되어 있지 않은 경우, 공정 S205에서, 호스트 제어기(HP)는 판정 특징점 및 상관도 임계치의 초기값을 설정한다.
- [0065] 이어서, 공정 S206에서, 호스트 제어기(HP)는 상기의 위치 검출 장치(10)에 의한 위치 검출 방법에 따라서 템플릿 매칭에 의해 대상물(MA')로서의 마크의 위치를 검출한다. 계속해서, 파라미터가 아직 보존되어 있지 않은 경우(공정 S207에서 아니오), 공정 S208에서, 호스트 제어기(HP)는 전술한 제1 내지 제3 방법에 대표되는 방법에 따라서 판정 특징점 및 상관도 임계치를 포함하는 파라미터를 결정하여, 공정 S209에서, 그 파라미터를 보존한다.
- [0066] 한편, 호스트 제어기(HP)가 공정 S202에서, 해당 대상물이 첫번째 대상물이 아니라고 판단된 경우, 호스트 제어기(HP)는 공정 S210에서, 첫번째 대상물의 위치 검출 시에 결정된 판정 특징점 및 상관도 임계치를 포함하는 파라미터를 설정한다. 이어서, 공정 S211에서, 호스트 제어기(HP)는 설정된 파라미터에 따라서 대상물(MA')로서의 마크의 위치를 검출한다.
- [0067] 도 12를 참조하면서 노광 장치(100)에 의해 실행되는 노광 작업의 흐름을 예시적으로 설명한다. 이 노광 작업은, 호스트 제어기(HP)에 의해 제어된다. 공정 S301에서, 호스트 제어기(HP)는 기판(W)을 X-Y 스테이지(STG) 위의 척(CH) 위에 반송하여, 척(CH)에 의해 기판(W)을 유지한다. 호스트 제어기(HP)는 공정 S302에서 기판(W)의 프리-얼라인먼트를 수행하고, 계속되는 공정 S303에서, 기판(W)의 글로벌 얼라인먼트를 수행한다. 프리-얼라인먼트에서, 호스트 제어기(HP)는 기판(W)상에 형성된 2군데의 얼라인먼트 마크의 위치를 얼라인먼트 스코프(SC) 및 얼라인먼트 계측 장치(AC)를 사용하여 검출하고, 기판(W)의 시프트, 배율, 로테이션 등을 구한다. 글로벌 얼라인먼트에서는, 호스트 제어기(HP)는 프리-얼라인먼트의 결과에 기초하여 기판(W)의 복수의 얼라인먼트 마크의 위치를 얼라인먼트 스코프(SC) 및 얼라인먼트 계측 장치(AC)에 의해 검출하여, 기판(W)의 각 샷 영역의 위치를 고정밀도로 구한다.
- [0068] 뛰어어, 공정 S304에서, 호스트 제어기(HP)는 글로벌 얼라인먼트의 결과에 기초하여, 기판(W)의 각 샷 영역을 노광한다. 그 후, 공정 S305에서, 호스트 제어기(HP)는 기판(W)을 척(CH)으로부터 반출한다. 공정 S306에서, 호스트 제어기(HP)는 전술한 처리가 모든 기판(W)에 대해서 실행되었는지의 여부를 결정한다. 미처리 기판(W)이 있을 경우에는 호스트 제어기(HP)는 공정 S301로 복귀하고, 미처리 기판(W)에 대해서 전술한 처리를 실행한다.
- [0069] 전술한 노광 장치(100)에서, 기판(W) 상의 마크의 위치 검출 위한 처리가 단시간에 완료되므로, 기판의 노광 처리에 관한 처리량이 향상된다.
- [0070] 본 발명의 양호한 실시예의 물품 제조 방법은, 예를 들어 반도체 디바이스, 액정 디바이스의 제조에 적합하며, 노광 장치(100) 등의 리소그래피 장치에 의해 기판 상에 패턴을 형성하는 공정과, 해당 공정에서 패턴이 형성된 기판을 가공하는 공정을 포함할 수 있다. 패턴을 형성하는 공정은, 예를 들어 감광제가 도포된 기판의 감광제에 노광 장치(100)를 사용해서 원판의 패턴을 전사하는 공정과, 해당 감광제를 현상하는 공정을 포함할 수 있다. 이러한 물품 제조 방법은, 또한, 다른 공정(예로서, 에칭, 레지스트 제거, 다이싱, 본딩 및 패키징)을 더 포함할 수 있다.
- [0071] 다른 실시예

[0072] 본 발명의 실시예(들)는 또한 상술한 실시예(들) 중 하나 이상의 실시예의 기능들을 수행하기 위해 ('비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체'라고 보다 완전히 또한 표현될 수 있는) 저장 매체 상에 기록된 컴퓨터 실행가능 명령어들(예를 들어, 하나 이상의 프로그램)을 판독하고 실행하고/하거나 상술한 실시예(들) 중 하나 이상의 실시예의 기능들을 수행하는 하나 이상의 회로(예를 들어, 주문형 집적 회로(ASIC))를 포함하는 시스템의 컴퓨터 또는 장치에 의해, 그리고 예를 들어, 상술한 실시예(들) 중 하나 이상의 실시예의 기능들을 수행하기 위해 저장 매체로부터의 컴퓨터 실행가능 명령어들을 판독하고 실행함으로써 및/또는 상술한 실시예(들) 중 하나 이상의 실시예의 기능들을 수행하기 위해 하나 이상의 회로를 제어함으로써 시스템의 컴퓨터 또는 장치에 의해 수행되는 방법에 의해 실현될 수 있다. 컴퓨터는 하나 이상의 프로세서(예를 들어, 중앙 처리 유닛(CPU), 마이크로 처리 유닛(MPU))를 포함할 수 있고 컴퓨터 실행가능 명령어를 판독 및 실행하기 위한 별도의 컴퓨터 또는 별도의 프로세서의 네트워크를 포함할 수 있다. 컴퓨터 실행가능 명령어는 예를 들어 네트워크 또는 저장 매체로부터 컴퓨터에 제공될 수 있다. 저장 매체는, 예를 들어 하드 디스크, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 리드 온리 메모리(ROM), 분산형 컴퓨팅 시스템의 스토리지, 광디스크(예를 들어, 콤팩트 디스크(CD), 디지털 다기능 디스크(DVD) 또는 블루레이 디스크(BD™)), 플래시 메모리 디바이스, 메모리 카드 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0073] (기타의 실시예)

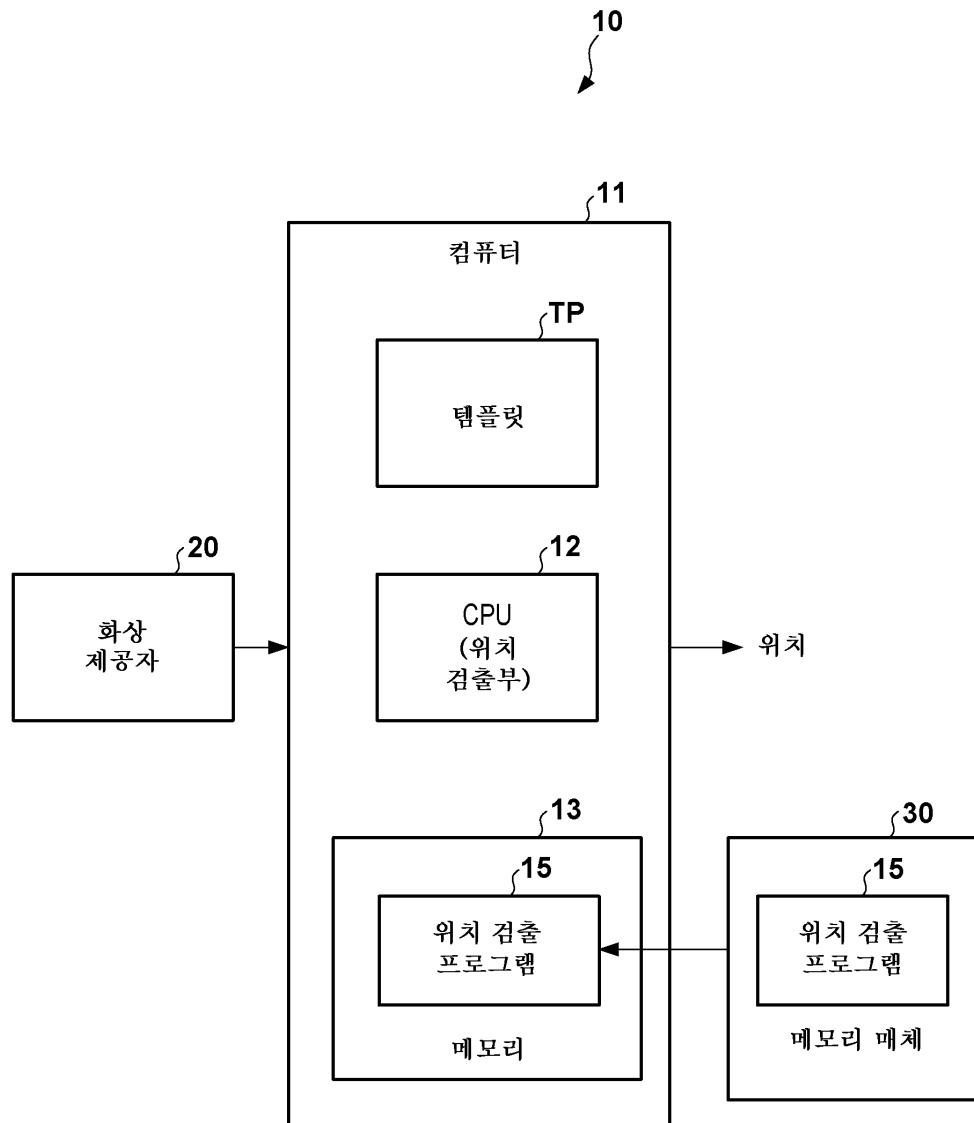
[0074] 본 발명은, 상기의 실시형태의 1개 이상의 기능을 실현하는 프로그램을, 네트워크 또는 기억 매체를 개입하여 시스템 혹은 장치에 공급하고, 그 시스템 혹은 장치의 컴퓨터에 있어서 1개 이상의 프로세서가 프로그램을 읽어 실행하는 처리에서도 실현가능하다.

[0075] 또한, 1개 이상의 기능을 실현하는 회로(예를 들어, ASIC)에 의해서도 실행가능하다.

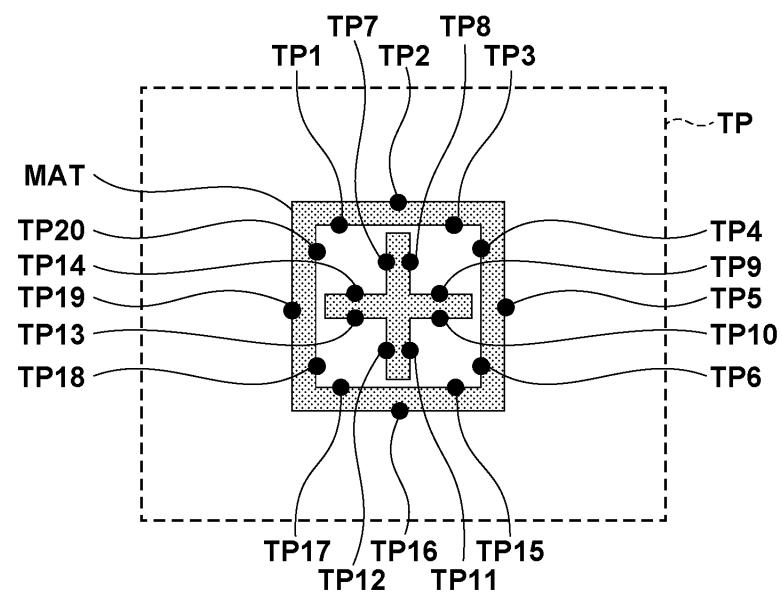
[0076] 본 발명을 예시적인 실시예를 참고하여 설명했지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시예로 한정되지 않음을 이해해야 한다. 이하의 청구항의 범위는 이러한 모든 변형과 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 최광의로 해석되어야 한다.

도면

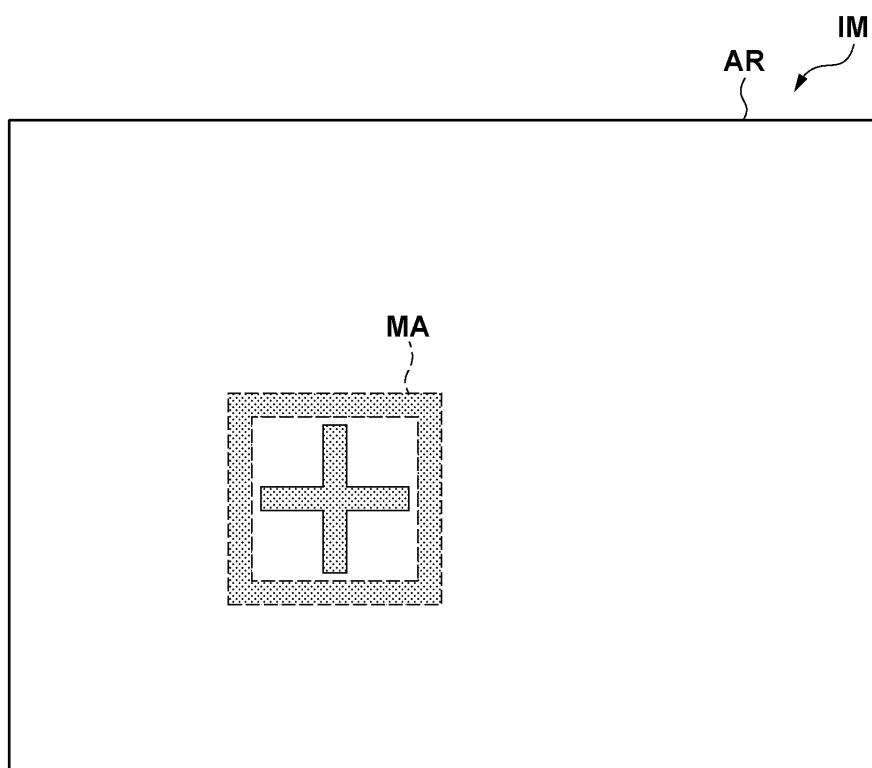
도면1



도면2a



도면2b



도면3a

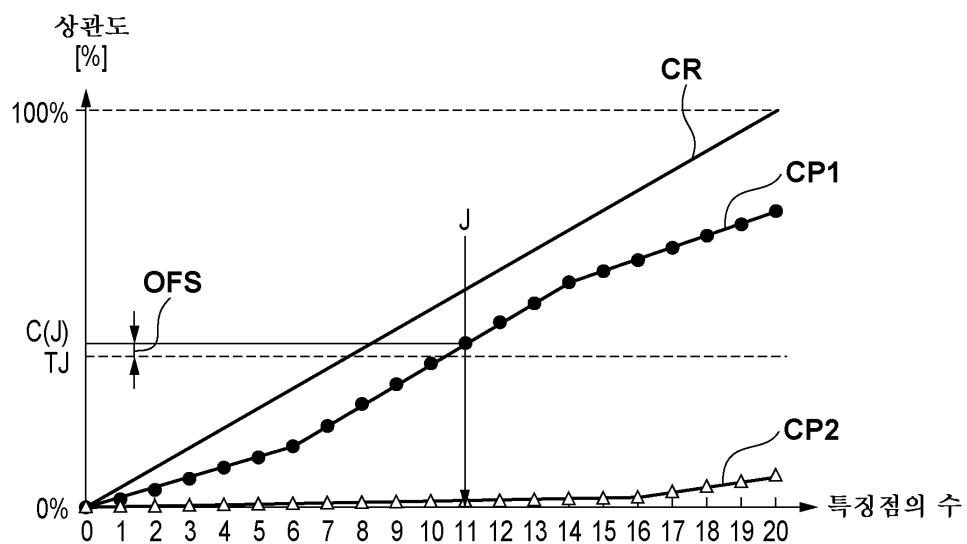
0	7	7	0	4	15	5	0	5	5	0	0	0
11	26	0	0	10	44	1	0	8	21	0	0	0
4	8	8	2	3	3	14	0	2	0	12	4	0
2	12	4	0	0	39	0	0	1	0	17	6	1
6	7	23	1	4	18	6	5	14	4	3	10	3
22	42	1	29	34	80	56	36	1	41	23	...	15
13	24	27	24	29	5	17	11	12	41	14	10	3
3	15	3	0	0	31	0	3	0	11	0	6	1
16	0	18	0	9	0	5	0	2	6	6	3	0
0	25	6	0	0	37	9	10	32	15	2	0	0
0	7	7	0	4	15	5	0	0	5	5	0	0

P1

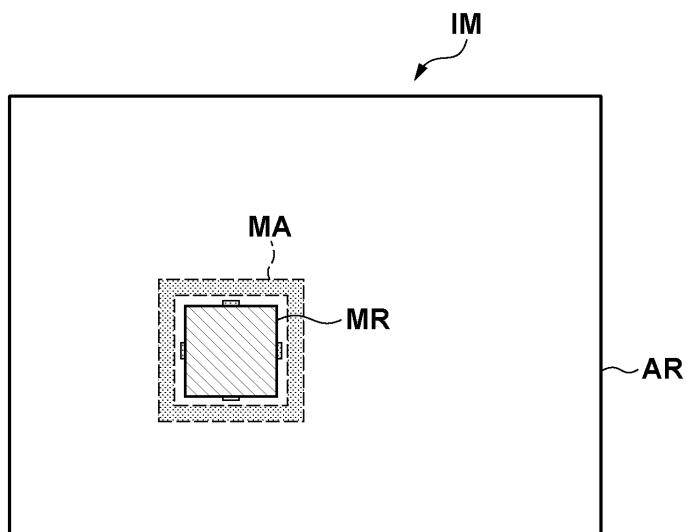
P2

AR IM

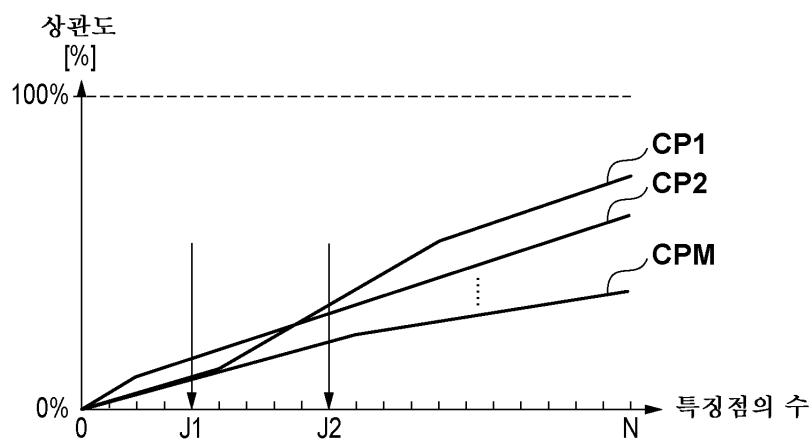
도면3b



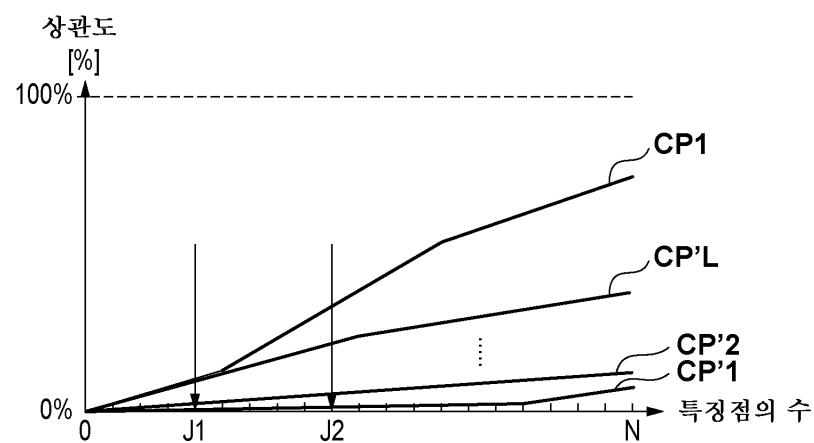
도면4a



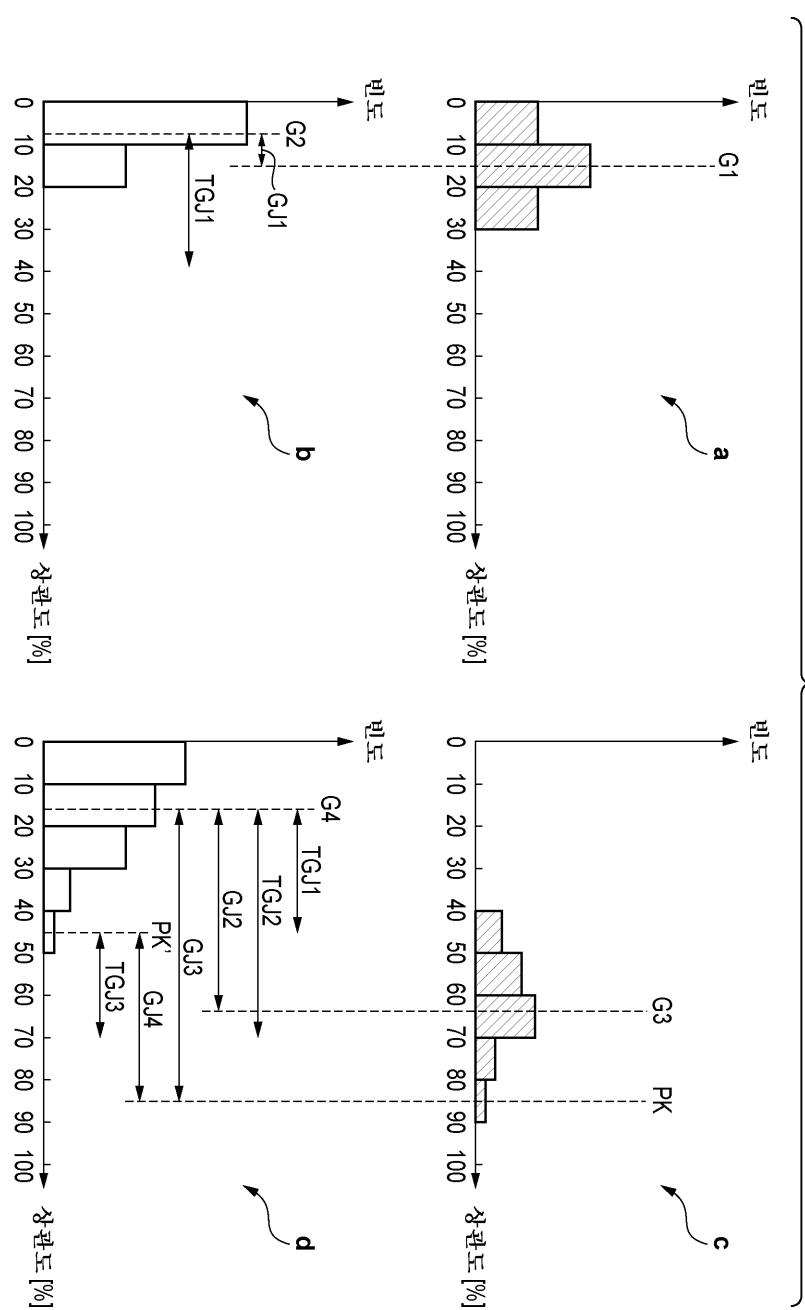
도면4b



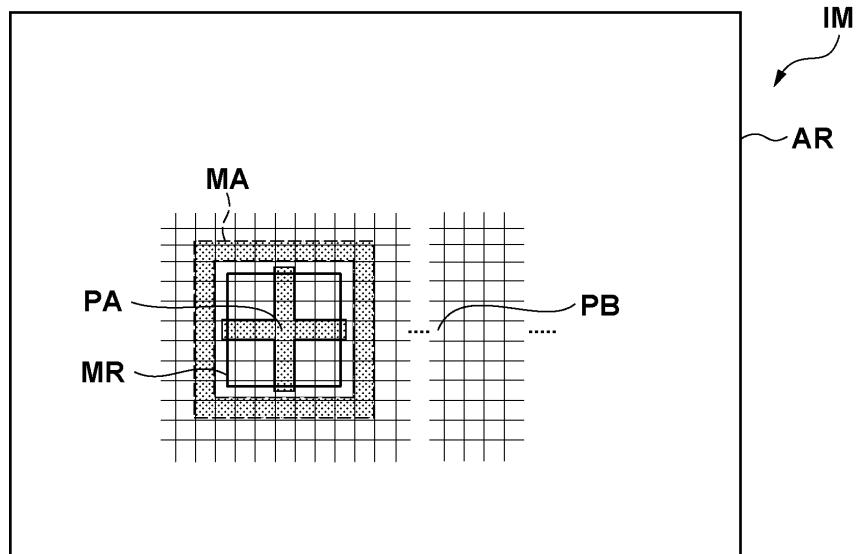
도면4c



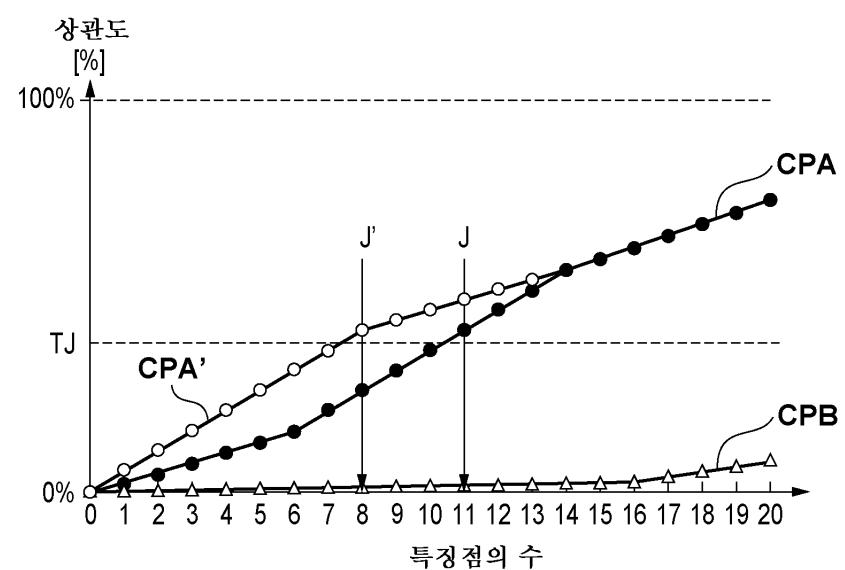
도면5



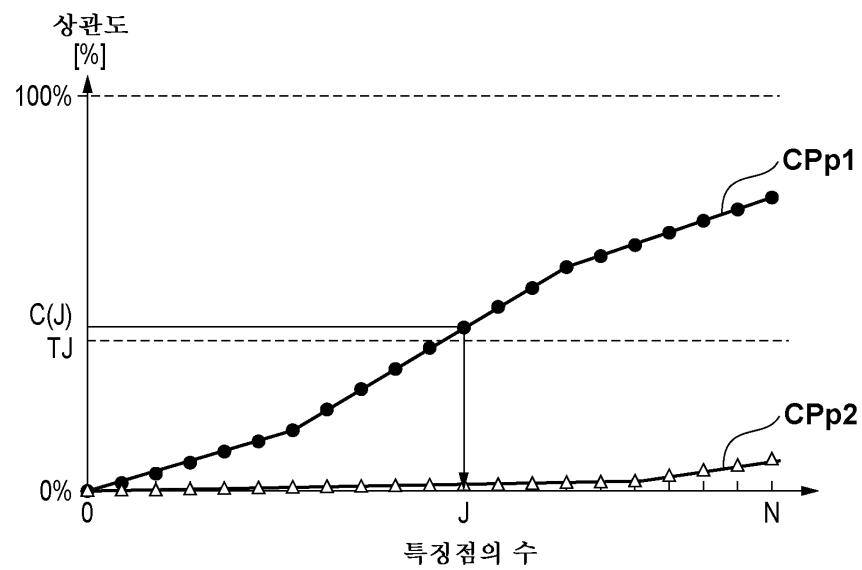
도면6a



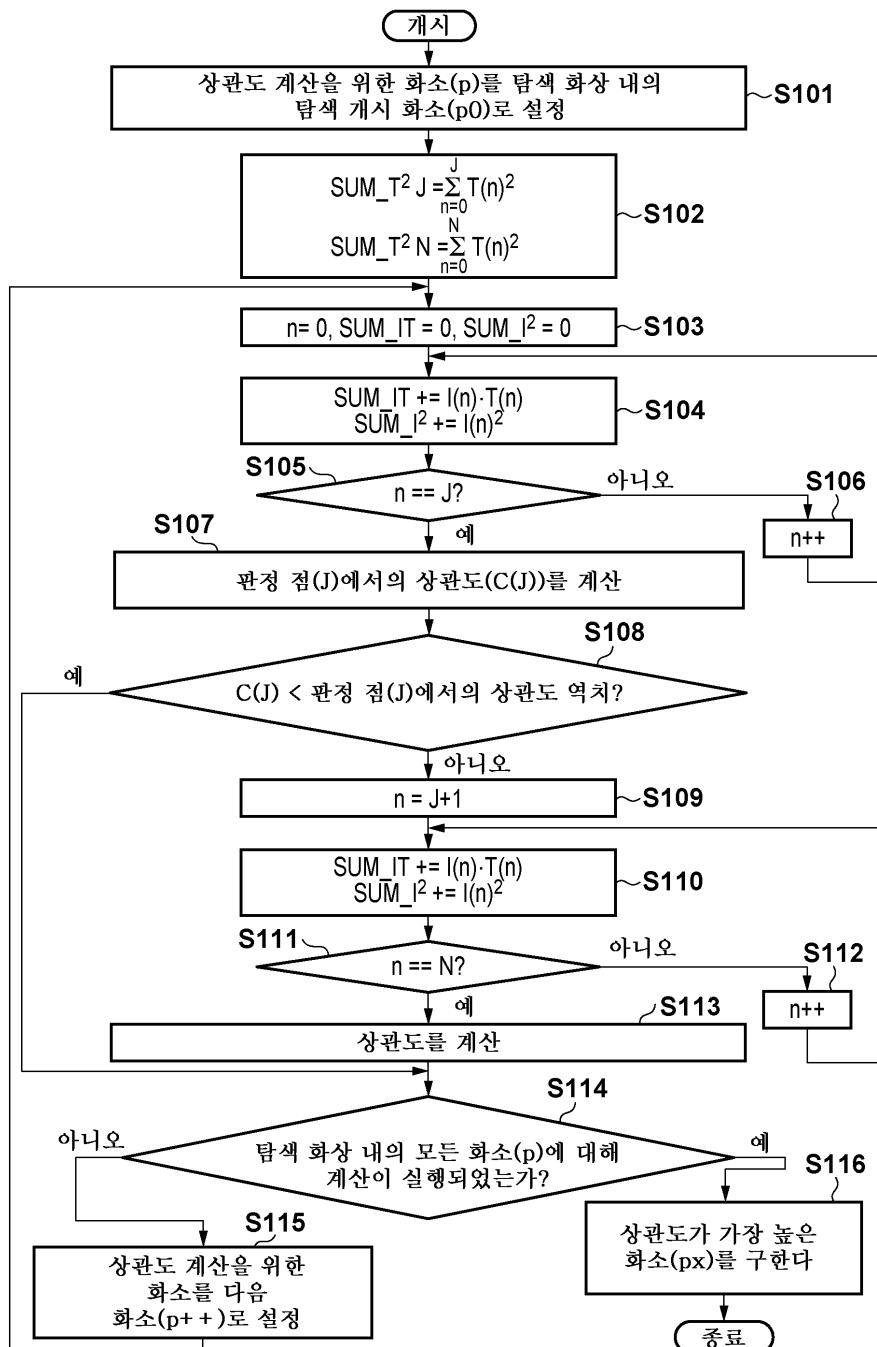
도면6b



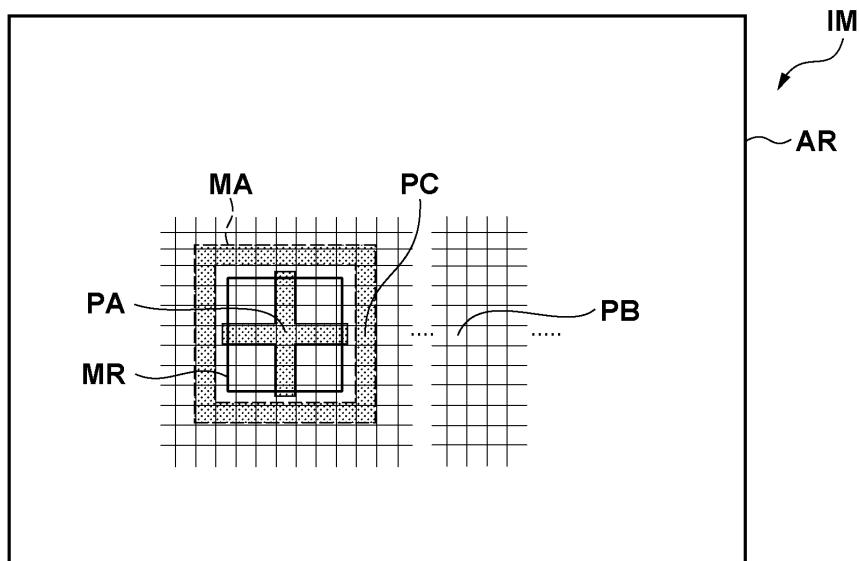
도면7



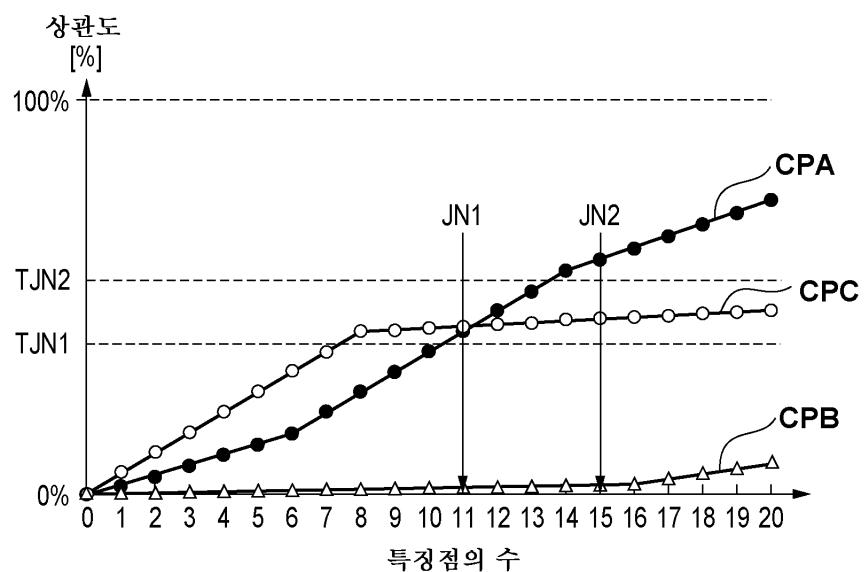
도면8



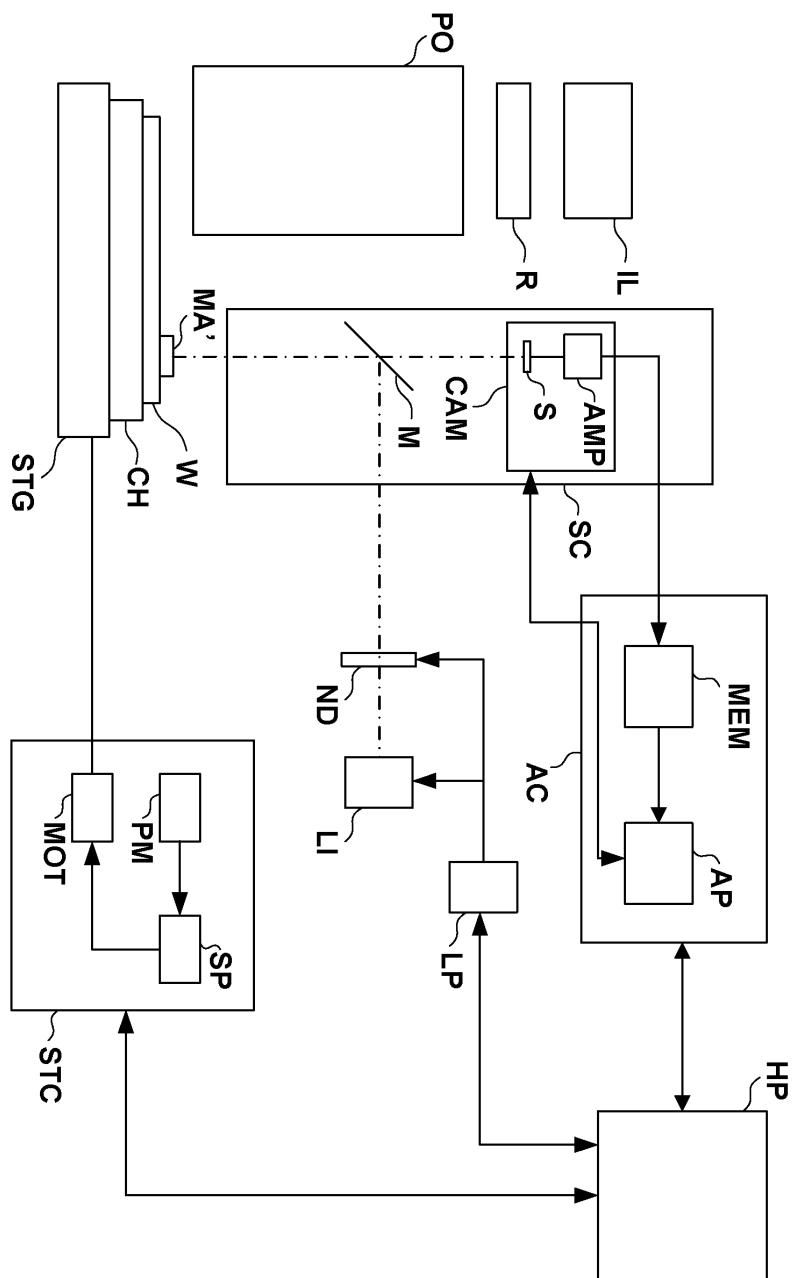
도면9a



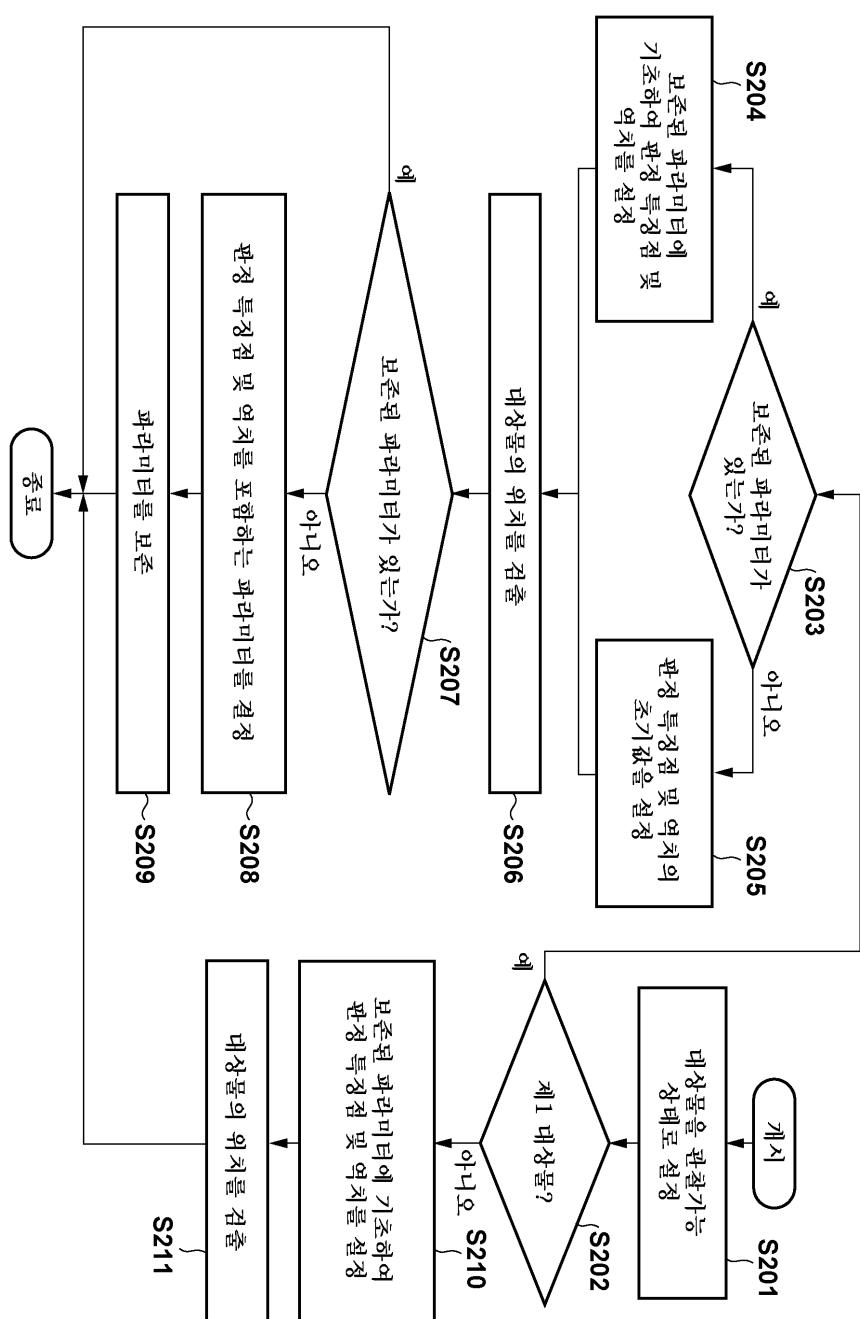
도면9b



도면10



도면11



도면12

