(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0157014
(43) 공개일자 2024년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 11/03 (2006.01) *B25J 19/02* (2006.01)
B25J 9/10 (2006.01) *G01B 11/26* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01B 11/03 (2013.01)
B25J 19/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7019527
(22) 출원일자(국제) 2022년03월10일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년06월11일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/010673
(87) 국제공개번호 WO 2023/170877
국제공개일자 2023년09월14일

(71) 출원인
가부시키가이샤 니콘
일본 도쿄도 시나가와쿠 니시오이 1쵸메 5방 20고
(72) 발명자
미야카와 도모키
일본국 도쿄도 미나토쿠 고난 2쵸메 15반 3고 가부시키가이샤 니콘 나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

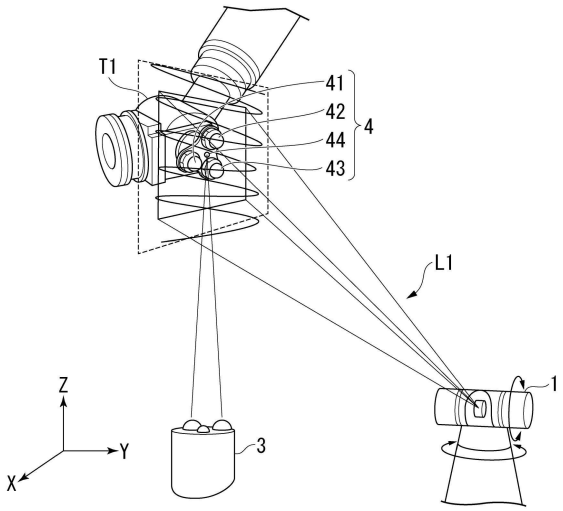
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 **측정 장치, 로봇 시스템, 관리 방법, 타깃 부재, 및 측정 방법**

(57) 요 약

측정 장치는, 이동 가능한 로봇의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정하는 측정 장치로서, 로봇에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 조사 가능한 조사부와, 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 반사광을 수광 가능한 수광부와, 수광부에 의한 수광 결과에 기초하여 로봇의 제 1 축에 관한 위치 정보, 제 1 축과 교차하는 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 제 1 축 및 제 2 축과 교차하는 제 3 축에 관한 위치 정보와, 제 1 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 제 2 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 제 3 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하는 위치 취득부를 구비한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B25J 9/10 (2013.01)
G01B 11/26 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

이동 가능한 로봇의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정하는 측정 장치로서,

상기 로봇에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 조사 가능한 조사부와,

상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 반사광을 수광 가능한 수광부와,

상기 수광부에 의한 수광 결과에 기초하여, 상기 로봇의 제 1 축에 관한 위치 정보, 상기 제 1 축과 교차하는 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 상기 제 1 축 및 상기 제 2 축과 교차하는 제 3 축에 관한 위치 정보와, 상기 제 1 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 상기 제 2 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 상기 제 3 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하는 위치 취득부를 구비하는, 측정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 3 개의 반사 소자의 적어도 일부, 및 상기 로봇의 적어도 일부의 적어도 일방을 촬상하는 촬상부를 추가로 구비하고,

상기 측정광은, 상기 촬상부에 의한 촬상 결과에 기초하여 조사되는, 측정 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 3 개의 반사 소자에 대하여 소정의 위치에 배치되는 마커를 촬상하는 촬상부를 추가로 구비하고,

상기 측정광은 상기 촬상부에 의한 촬상 결과에 기초하여 조사되는, 측정 장치.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조사부는 상기 3 개의 반사 소자를 통과 가능한 소정의 궤도를 따라 상기 측정광을 주사 가능한, 측정 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 소정의 궤도를 따라 주사를 실시하기 위해서, 상기 측정광의 조사 방향의 변화의 가속도의 변화가 작아지는 궤도를 상기 소정의 궤도로서 산출하는, 측정 장치.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 소정의 궤도로서 타원 궤도를 산출하는, 측정 장치.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정 장치를 제어하는 제어 장치를 추가로 구비하고,

상기 제어 장치는, 상기 위치 취득부에 의해 취득된 측정 결과로서 소정의 범위를 소용돌이 형상의 궤도를 따라 주사된 상기 측정광에 의한 측정 결과에 기초하여, 상기 3 개의 반사 소자를 통과하는 상기 측정광의 궤도를 산

출하는, 측정 장치.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조사부는, 광빗을 상기 측정광으로서 조사 가능한, 측정 장치.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조사부는, 소정의 속도 이상으로 소정의 궤도를 따라 주사하면서 상기 3 개의 반사 소자 각각에 상기 측정광을 축차로 조사 가능한, 측정 장치.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조사부는, 상기 3 개의 반사 소자의 이동에 추종하도록 소정의 궤도를 따라 주사하면서 상기 3 개의 반사 소자 각각에 상기 측정광을 축차로 조사하는, 측정 장치.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 3 개의 반사 소자 각각에 대한 상기 측정광의 조사가 반복적으로 실시되는, 측정 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 로봇의 이동 중에 상기 3 개의 반사 소자 각각에 대한 상기 측정광의 조사가 반복적으로 실시되는, 측정 장치.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조사부는, 가동 미러의 반사면을 통해서, 상기 3 개의 반사 소자의 각각에 상기 측정광을 조사하고,

상기 수광부는, 상기 반사면을 통해서, 상기 3 개의 반사 소자 각각으로부터의 반사광을 수광하는, 측정 장치.

청구항 14

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 3 개의 반사 소자의 위치에 관한 정보에 기초하여, 상기 제 1 축에 관한 위치 정보, 상기 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 상기 제 3 축에 관한 위치 정보와, 상기 제 1 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 상기 제 2 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 상기 제 3 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하는, 측정 장치.

청구항 15

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 3 개의 반사 소자는 제 1 반사 소자, 제 2 반사 소자 및 제 3 반사 소자이고, 상기 제 1 반사 소자가 배치되는 제 1 위치와 상기 제 2 반사 소자가 배치되는 제 2 위치를 연결하는 제 1 변, 상기 제 2 위치와 상기 제 3 반사 소자가 배치되는 제 3 위치를 연결하는 제 2 변, 및 상기 제 3 위치와 상기 제 1 위치를 연결하는 제 3 변의 길이는 각각 상이하고, 상기 제 1 위치, 상기 제 2 위치, 및 상기 제 3 위치는 동심원 상에 위치하는, 측정 장치.

청구항 16

제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 위치 취득부는 상기 로봇의 툴 센터 포인트에 관한 정보를 취득하는, 측정 장치.

청구항 17

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 기재된 측정 장치를 구비하는 로봇 시스템.

청구항 18

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 기재된 측정 장치를 사용하여 로봇을 관리하는 관리 방법.

청구항 19

이동 가능한 측정 대상의, 제 1 축에 관한 위치 정보, 상기 제 1 축과 교차하는 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 상기 제 1 축 및 상기 제 2 축과 교차하는 제 3 축에 관한 위치 정보와, 상기 제 1 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 상기 제 2 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 상기 제 3 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하기 위해서 측정광이 조사되는, 제 1 반사 소자, 제 2 반사 소자, 및 제 3 반사 소자를 구비하고, 상기 측정 대상에 장착 가능한 타깃 부재로서,

상기 제 1 반사 소자가 배치되는 제 1 위치와 상기 제 2 반사 소자가 배치되는 제 2 위치를 연결하는 제 1 변, 상기 제 2 위치와 상기 제 3 반사 소자가 배치되는 제 3 위치를 연결하는 제 2 변, 및 상기 제 3 위치와 상기 제 1 위치를 연결하는 제 3 변의 길이는 각각 상이한, 타깃 부재.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 변의 길이, 상기 제 2 변의 길이, 및 상기 제 3 변의 길이는 각각 변경 가능한, 타깃 부재.

청구항 21

제 19 항 또는 제 20 항에 있어서,

마커를 추가로 구비하고,

상기 제 1 반사 소자, 상기 제 2 반사 소자, 및 상기 제 3 반사 소자는 소정의 방향에서 본 경우에 상기 마커가 가려지지 않는 높이에 배치되는, 타깃 부재.

청구항 22

측정 대상의 위치를 측정하는 측정 장치로서,

상기 측정 대상에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 축차로 조사 가능한 조사부와,

상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 상기 측정광의 반사광을 축차로 수광 가능한 수광부와,

상기 수광부에 의한 수광 결과에 기초하여, 상기 측정 대상의 위치에 관한 정보를 취득하는 정보 취득부를 구비하는, 측정 장치.

청구항 23

측정 대상의 위치를 측정하는 측정 장치로서,

상기 측정 대상에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자를 통과 가능한 궤도를 따라 측정광을 주사 가능한 조사부와,

상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 상기 측정광의 반사광을 수광 가능한 수광부와,

상기 수광부에 의한 수광 결과에 기초하여, 상기 측정 대상의 위치에 관한 정보를 취득하는 정보 취득부를 구비하는, 측정 장치.

청구항 24

측정 대상의 위치를 측정하기 위한 제 1 반사 소자, 제 2 반사 소자, 및 제 3 반사 소자를 구비하고, 상기 측정

대상에 장착 가능한 타깃 부재로서,

상기 제 1 반사 소자가 배치되는 제 1 위치와 상기 제 2 반사 소자가 배치되는 제 2 위치를 연결하는 제 1 변, 상기 제 2 위치와 상기 제 3 반사 소자가 배치되는 제 3 위치를 연결하는 제 2 변, 및 상기 제 3 위치와 상기 제 1 위치를 연결하는 제 3 변의 길이는 각각 상이한, 타깃 부재.

청구항 25

이동 가능한 로봇의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정하는 측정 방법으로서,

상기 로봇에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 조사하는 것과,

상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 반사광을 수광하는 것과,

상기 수광하는 것에 따른 수광 결과에 기초하여, 상기 로봇의 제 1 축에 관한 위치 정보, 상기 제 1 축과 교차하는 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 상기 제 1 축 및 상기 제 2 축과 교차하는 제 3 축에 관한 위치 정보와, 상기 제 1 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 상기 제 2 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 상기 제 3 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하는 것을 포함하는, 측정 방법.

청구항 26

측정 대상의 위치를 측정하는 측정 방법으로서,

상기 측정 대상에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 축차로 조사하는 것과,

상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 상기 측정광의 반사광을 축차로 수광하는 것과,

상기 수광하는 것에 따른 수광 결과에 기초하여, 상기 측정 대상의 위치에 관한 정보를 취득하는 것을 포함하는, 측정 방법.

청구항 27

측정 대상의 위치를 측정하는 측정 방법으로서,

상기 측정 대상에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자를 통과 가능한 궤도를 따라 측정광을 주사하는 것과,

상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 상기 측정광의 반사광을 수광하는 것과,

상기 수광하는 것에 따른 수광 결과에 기초하여, 상기 측정 대상의 위치에 관한 정보를 취득하는 것을 구비하는, 측정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 측정 장치, 로봇 시스템, 관리 방법, 타깃 부재, 및 측정 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 로봇이나 공작 기계에 의해 가공이나 조립의 공정이 자동으로 실행되고 있다. 당해 공정에 있어서는, 가공이나 조립의 정밀도를 높이기 위해서, 제어 대상의 로봇의 아암의 위치 및 자세를 고정밀도로 측정할 필요가 있다. 예를 들어, 로봇 장치의 소정의 일부 위치를 외부의 측정 장치에 의해 측정하는 장치가 알려져 있다(특허문헌 1).

[0003] 로봇의 제어에 있어서 당해 로봇의 위치 및 자세를 고정밀도로 측정하는 것이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 국제 공개 제2007/002319호

발명의 내용

[0005] 본 발명의 일 양태는, 이동 가능한 로봇의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정하는 측정 장치로서, 상기 로봇에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 조사 가능한 조사부와, 상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 반사광을 수광 가능한 수광부와, 상기 수광부에 의한 수광 결과에 기초하여, 상기 로봇의 제 1 축에 관한 위치 정보, 상기 제 1 축과 교차하는 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 상기 제 1 축 및 상기 제 2 축과 교차하는 제 3 축에 관한 위치 정보와, 상기 제 1 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 상기 제 2 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 상기 제 3 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하는 위치 취득부를 구비하는 측정 장치이다.

[0006] 본 발명의 일 양태는, 상기 측정 장치를 구비하는 로봇 시스템이다.

[0007] 본 발명의 일 양태는, 상기 측정 장치를 사용하여 로봇을 관리하는 관리 방법이다.

[0008] 본 발명의 일 양태는, 이동 가능한 측정 대상의, 제 1 축에 관한 위치 정보, 상기 제 1 축과 교차하는 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 상기 제 1 축 및 상기 제 2 축과 교차하는 제 3 축에 관한 위치 정보와, 상기 제 1 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 상기 제 2 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 상기 제 3 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하기 위해서 측정광이 조사되는, 제 1 반사 소자, 제 2 반사 소자, 및 제 3 반사 소자를 구비하고, 상기 측정 대상에 장착 가능한 타깃 부재로서, 상기 제 1 반사 소자가 배치되는 제 1 위치와 상기 제 2 반사 소자가 배치되는 제 2 위치를 연결하는 제 1 변, 상기 제 2 위치와 상기 제 3 반사 소자가 배치되는 제 3 위치를 연결하는 제 2 변, 및 상기 제 3 위치와 상기 제 1 위치를 연결하는 제 3 변의 길이는 각각 상이한 타깃 부재이다.

[0009] 본 발명의 일 양태는, 측정 대상의 위치를 측정하는 측정 장치로서, 상기 측정 대상에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 축차로 조사 가능한 조사부와, 상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 상기 측정광의 반사광을 축차로 수광 가능한 수광부와, 상기 수광부에 의한 수광 결과에 기초하여, 상기 측정 대상의 위치에 관한 정보를 취득하는 정보 취득부를 구비하는 측정 장치이다.

[0010] 본 발명의 일 양태는, 측정 대상의 위치를 측정하는 측정 장치로서, 상기 측정 대상에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자를 통과 가능한 궤도를 따라 측정광을 주사 가능한 조사부와, 상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 상기 측정광의 반사광을 수광 가능한 수광부와, 상기 수광부에 의한 수광 결과에 기초하여, 상기 측정 대상의 위치에 관한 정보를 취득하는 정보 취득부를 구비하는 측정 장치이다.

[0011] 본 발명의 일 양태는, 측정 대상의 위치를 측정하기 위한 제 1 반사 소자, 제 2 반사 소자, 및 제 3 반사 소자를 구비하고, 상기 측정 대상에 장착 가능한 타깃 부재로서, 상기 제 1 반사 소자가 배치되는 제 1 위치와 상기 제 2 반사 소자가 배치되는 제 2 위치를 연결하는 제 1 변, 상기 제 2 위치와 상기 제 3 반사 소자가 배치되는 제 3 위치를 연결하는 제 2 변, 및 상기 제 3 위치와 상기 제 1 위치를 연결하는 제 3 변의 길이는 각각 상이한 타깃 부재이다.

[0012] 본 발명의 일 양태는, 이동 가능한 로봇의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정하는 측정 방법으로서, 상기 로봇에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 조사하는 것과, 상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 반사광을 수광하는 것과, 상기 수광하는 것에 따른 수광 결과에 기초하여, 상기 로봇의 제 1 축에 관한 위치 정보, 상기 제 1 축과 교차하는 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 상기 제 1 축 및 상기 제 2 축과 교차하는 제 3 축에 관한 위치 정보와, 상기 제 1 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 상기 제 2 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 상기 제 3 축 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하는 것을 포함하는 측정 방법이다.

[0013] 본 발명의 일 양태는, 측정 대상의 위치를 측정하는 측정 방법으로서, 상기 측정 대상에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 축차로 조사하는 것과, 상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 상기 측정광의 반사광을 축차로 수광하는 것과, 상기 수광하는 것에 따른 수광 결과에 기초하여, 상기 측정 대상의 위치에 관한 정보를 취득하는 것을 포함하는 측정 방법이다.

[0014] 본 발명의 일 양태는, 측정 대상의 위치를 측정하는 측정 방법으로서, 상기 측정 대상에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자를 통과 가능한 궤도를 따라 측정광을 주사하는 것과, 상기 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 상기 측정광의 반사광을 수광하는 것과, 상기 수광하는 것에 따른 수광 결과에 기초하여, 상기 측정 대상의 위치에 관한 정보를 취득하는 것을 구비하는 측정 방법이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정 장치가 측정 대상의 위치 및 자세를 측정하는 모습의 일례를 나타내는 도면이다.

도 2 는, 제 1 실시형태에 관련된 3 개의 반사 소자와 마커의 배치의 일례를 나타내는 도면이다.

도 3 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정 장치의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 4 는, 제 1 실시형태에 관련된 반사 소자의 단면의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 5 는, 제 1 실시형태에 관련된 반사 소자의 외관의 일례를 나타내는 도면이다.

도 6 은, 제 1 실시형태에 관련된 반사 소자가 측정광을 반사하는 모습의 일례를 나타내는 도면이다.

도 7 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정 장치의 기능 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 8 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정광에 의한 주사 모습의 일례를 나타내는 도면이다.

도 9 는, 제 1 실시형태에 관련된 위치 정보가 직각 좌표에 의해 표시되는 경우의 좌표축 둘레의 회전 방향의 위치의 일례를 나타내는 도면이다.

도 10 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

도 11 은, 제 1 실시형태에 관련된 러프 서치의 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

도 12 는, 제 1 실시형태에 관련된 파인 서치의 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

도 13 은, 제 1 실시형태에 관련된 에어리어 스캔에 있어서의 측정광의 궤도의 일례를 나타내는 도면이다.

도 14 는, 제 1 실시형태에 관련된 반사 소자에 측정광이 소용돌이 형상의 궤도를 따라 주사되면서 조사되는 모습의 일례를 나타낸다.

도 15 는, 제 1 실시형태에 관련된 주사의 과정에 있어서 4 분할 PSD 의 시야 내를 반사 소자의 이미지가 이동하는 모습의 일례를 나타내는 도면이다.

도 16 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정광의 애지머스 방향의 조사 방향에 대한 4 분할 PSD 의 시야 내의 반사 소자의 수평 방향의 위치의 일례를 나타내는 도면이다.

도 17 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정광의 엘리베이션 방향의 조사 방향에 대한 4 분할 PSD 의 시야 내의 반사 소자의 연직 방향의 위치의 일례를 나타내는 도면이다.

도 18 은, 제 1 실시형태에 관련된 주사의 결과 얻어지는 4 분할 PSD 의 시야 내의 반사 소자의 위치의 일례를 나타내는 도면이다.

도 19 는, 제 1 실시형태에 관련된 에어리어 스캔의 일례를 나타내는 도면이다.

도 20 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정광의 애지머스 방향의 조사 방향에 대한 4 분할 PSD 의 시야 내의 3 개의 반사 소자의 수평 방향의 위치의 일례를 나타내는 도면이다.

도 21 은, 제 1 실시형태에 관련된 측정광의 엘리베이션 방향의 조사 방향에 대한 4 분할 PSD 의 시야 내의 3 개의 반사 소자의 연직 방향의 위치의 일례를 나타내는 도면이다.

도 22 는, 제 1 실시형태에 관련된 측정광의 궤도가 파선 (波線) 형상인 경우의 에어리어 스캔의 일례를 나타내는 도면이다.

도 23 은, 제 1 실시형태에 관련된 위치 자세 취득 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

도 24 는, 제 1 실시형태에 관련된 원 궤도의 산출 방법의 일례를 나타내는 도면이다.

도 25 는, 제 1 실시형태에 관련된 자세 취득 처리의 개요의 일례를 나타내는 도면이다.

도 26 은, 제 1 실시형태에 관련된 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 4 개의 점을 4 개의 반사 소자의 위치에 중첩하는 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

도 27 은, 제 1 실시형태에 관련된 오차 벡터의 크기를 나타내는 그래프의 일례를 나타내는 도면이다.

도 28 은, 제 1 실시형태에 관련된 타깃 부재의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 29 는, 제 1 실시형태에 관련된 반사 소자가 유지부에 유지된 상태에 있어서의 단면도의 일례를 나타내는 도면이다.

도 30 은, 제 1 실시형태에 관련된 설치면 상에 있어서의 3 개의 반사 소자의 높이의 일례를 나타내는 도면이다.

도 31 은 제 2 실시형태에 관련된 측정 대상이 이동하는 경우의 측정광에 의해 위치 및 자세를 측정하는 모습의 일례를 나타낸다.

도 32 는 제 2 실시형태에 관련된 위치 자세 취득 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] (제 1 실시형태)

[0017] 이하, 도면을 참조하면서 제 1 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다. 도 1 은, 본 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 가 측정 대상의 위치 및 자세를 측정하는 모습의 일례를 나타내는 도면이다. 측정 장치 (1) 는, 이동 가능한 측정 대상의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정한다. 회전 방향의 위치는, 자세, 방향 등이라고도 한다. 본 실시형태에 있어서 측정 장치 (1) 가 위치 및 자세를 측정하는 측정 대상은, 일례로서 로봇 (T1) 이다. 로봇 (T1) 은, 가동부, 즉 이동 가능한 부분을 구비한다. 로봇 (T1) 의 가동부의 위치 및 자세는 변화할 수 있다. 요컨대, 로봇 (T1) 은, 이동 가능한 로봇이다. 로봇 (T1) 은, 예를 들어 공장 등의 제조 현장에 있어서 가공이나 조립의 공정을 실행하는 로봇이다.

[0018] 또한, 측정 대상에 있어서는, 위치 및 자세 중 일방이 고정되어 변화하지 않아도 된다. 또, 측정 대상은, 위치 및 자세가 고정되어 변화하지 않아도 된다. 요컨대, 측정 대상은, 이동 가능하지 않아도 된다.

[0019] 또, 측정 대상은, 이동 가능한 공작 기계 등이어도 된다. 또한, 측정 대상은, 머시닝 센터의 가공 헤드, 가공 헤드에 교환 가능하게 장착되는 공구, 가공 헤드에 교환 가능하게 장착되는 공구와는 별도로 측정용 부재 (고정구) 를 가공 헤드에 고정한 부재여도 된다. 또, 항공기 등의 대형 제품의 조립 시에 대형 제품을 구성하는 부품이나 3 차원 측정기의 계측 헤드 등을 측정 대상으로 해도 된다.

[0020] 로봇 (T1) 의 가동부에는, 타깃 부재 (4) 가 장착되어 있다. 타깃 부재 (4) 는, 적어도 3 개의 반사 소자를 구비한다. 본 실시형태에서는, 타깃 부재 (4) 는, 반사 소자 (41) 와 반사 소자 (42) 와 반사 소자 (43) 의 3 개의 반사 소자를 구비한다. 또, 본 실시형태에서는, 타깃 부재 (4) 는 마커 (44) 를 구비한다.

[0021] 도 2 에, 당해 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 와 마커 (44) 의 배치의 일례를 나타낸다. 마커 (44) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 마커 (44) 의 근방에 배치되도록 배치된다. 마커 (44) 의 근방이란, 마커 (44) 로부터의 거리가 소정 이하인 범위이다. 마커 (44) 는, 일례로서 발광 다이오드 (LED : Light Emitting Diode) 등의 발광체여도 되고, 비발광체여도 된다.

[0022] 다음으로, 측정 장치 (1) 의 구성에 대해서 설명한다. 도 3 은, 본 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 의 구성의 일례를 나타내는 도면이다. 측정 장치 (1) 는, 케이싱체 (10) 와 광빗 간섭계 (11) 와 4 분할 PSD (12) 와 빔 스티어링 미러 (13) 와 포인팅 미러 애시 (Pointing Mirror Assy : PMA) (14) 와 하프 미러 (15) 를 구비한다.

[0023] 케이싱체 (10) 는, 측정 장치 (1) 본체를 설치 대상에 설치하기 위한 부재이다. 본 실시형태에서는, 설치 대상이란, 공장의 바닥이나 AGV (Automatic Guides Vehicle), AMR (Autonomous Mobile Robot) 등의 자력 주행하는 반송 장치 등이다.

[0024] 케이싱체 (10) 는, 예를 들어, 자신의 하중에 의해 안해측정 장치 (1) 를 설치 대상에 대하여 고정시킨다. 또한, 케이싱체 (10) 는, 측정 장치 (1) 를 설치 대상에 고정시키는 기구를 구비해도 된다.

[0025] 또, 케이싱체 (10) 에는, 측정 장치 (1) 의 각 부품이 구비된다. 케이싱체 (10) 에는, 측정 장치 (1) 의 각 부품이 장착된다. 케이싱체 (10) 의 외측에는, 빔 스티어링 미러 (13), PMA (14) 가 장착된다. 케이싱체 (10) 의 내측에는, 광빗 간섭계 (11), 4 분할 PSD (12), PMA (14) 가 구비된다. 또, 케이싱체 (10) 는, 측정광, 반사광이 전파되기 위한 공간을 내측에 갖는다.

[0026] 광빗 간섭계 (11) 는, 자신에서부터 측정 대상까지의 거리를 측정한다. 광빗 간섭계 (11) 는 광빗 광원을 포함한다. 광빗 광원은, 주파수축 상에서 등간격으로 나열된 주파수 성분을 포함하는 광 (이후, 「광 주파수 빗」이라고 칭한다) 을 펄스광으로서 생성 가능한 광원이다. 이 경우, 광빗 광원은, 주파수축 상에서 등간격으로 나열된 주파수 성분을 포함하는 펄스광을, 측정광으로서 사출한다. 여기서 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 는 서로 동일한 구성을 갖기 때문에, 이하의 설명에 있어서는, 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 를 반사 소자 (41) 로 대표시켜 설명하는 경우가 있다. 광빗 간섭계 (11) 는, 측정 대상에 배치된 반사 소자 (41) 에 측정광으로서 광 주파수 빗을 조사한다. 광빗 간섭계 (11) 는, 반사 소자 (41) 에 의해 당해 광 주파수 빗이 반사되어 발생한 반사광을 수광한다.

[0027] 본 실시형태에서는, 광빗 간섭계 (11) 는, 단일의 측정 광원 (요컨대, 광빗 광원) 을 구비한다. 또한, 광빗 간섭계 (11) 는, 복수의 측정 광원을 구비하고 있어도 되고, 예를 들어 제 1 측정 광원과 제 2 측정 광원을 구비하고 있어도 된다. 복수의 측정 광원은, 서로 위상 동기되고 또한 간섭성이 있는 복수의 측정광을 각각 사출한다. 예를 들어, 복수의 측정 광원은, 발진 주파수가 상이해도 된다. 그래서, 복수의 측정 광원이 각각 사출하는 복수의 측정광은, 펄스 주파수 (예를 들어, 단위 시간당의 펄스광의 수이고, 펄스광의 발광 주기의 역수) 가 상이한 복수의 측정광이 된다. 일례로서 제 1 측정 광원은, 펄스 주파수가 25 GHz 가 되는 제 1 측정광을 사출하고, 제 2 측정 광원은, 펄스 주파수가 25 GHz + α (예를 들어, +100 kHz) 가 되는 제 2 측정광을 사출해도 된다.

[0028] 광빗 간섭계 (11) 를 사용한 거리의 측정에서는, 광 주파수 빗의 상이한 펄스 사이의 간섭 무늬의 발생 위치에 기초하여, 광빗 간섭계 (11) 에서부터 반사 소자 (41) 까지의 거리가 측정된다. 광빗 간섭계 (11) 에서는, 예를 들어 서브 마이크로미터 오더의 정밀도로 당해 거리를 측정할 수 있다.

[0029] 광빗 간섭계 (11) 는, 조사부와 수광부와 신호 처리부를 포함한다. 조사부는, 광빗 광원, 주파수 제어부 등을 포함한다. 조사부는, 당해 광빗 광원이 발생시킨 펄스광을 측정광으로서 측정 대상에 조사한다. 또한 조사부는, 당해 광빗 광원이 발생시킨 펄스광의 일부를 분기시켜 참조광으로서 광빗 간섭계 (11) 내의 기준면에 조사한다. 수광부는, 광 검출기를 포함한다. 당해 광 검출기는, 반사광과 기준면에 조사된 참조광의 간섭광을 검출한다. 신호 처리부는, 광 검출기에 의한 검출 결과가 입력되면, 반사광과 참조광의 사이의 간섭광을 만드는 펄스광의 발생 위치에 기초하여, 광빗 간섭계 (11) 에서부터 반사 소자 (41) 까지의 거리를 산출한다.

[0030] 여기서 광빗 간섭계 (11) 가 광빗 간섭계 (11) 에서부터 반사 소자 (41) 까지의 거리를 산출하는 원리에 대해서 더 상세하게 설명한다.

[0031] 광빗 간섭계 (11) 는, 광빗 광원으로서 제 1 광빗 광원과 제 2 광빗 광원의 2 개를 구비한다. 광빗 간섭계 (11) 는, 광 검출기로서 제 1 광 검출기와 제 2 광 검출기의 2 개를 구비한다.

[0032] 제 1 광빗 광원은 측정광으로서 제 1 펄스 주파수를 가지는 펄스광인 제 1 측정광을 발생시킨다. 제 2 광빗 광원은 측정광으로서 제 2 펄스 주파수를 가지는 펄스광인 제 2 측정광을 발생시킨다. 제 1 펄스 주파수와 제 2 펄스 주파수는 서로 상이한 주파수이다.

[0033] 제 1 측정광은, 제 1 광빗 광원으로부터 사출되면, 측정 대상 (요컨대, 반사 소자 (41)) 에 조사되지 않고, 제 1 광빗 광원 내의 광학계에 의해 반사된 후, 제 1 반사광으로서 제 1 광 검출기에 입사된다. 한편, 제 2 측정광은, 제 2 광빗 광원으로부터 측정 대상 (요컨대, 반사 소자 (41)) 에 조사되고 당해 측정 대상에 반사된 후, 제 2 반사광으로서 제 2 광 검출기에 입사된다.

[0034] 제 1 측정광의 일부는 분기되어 제 1 참조광으로서 광빗 간섭계 (11) 내의 기준면에 조사된 후, 제 2 광 검출기에 입사된다. 한편, 제 2 측정광의 일부는 분기되어 제 2 참조광으로서 광빗 간섭계 (11) 내의 기준면에 조사된 후, 제 1 광 검출기에 입사된다.

[0035] 제 1 측정광의 펄스 주파수와 제 2 측정광의 펄스 주파수가 상이하기 때문에, 제 1 반사광의 펄스 주파수와 제 2 참조광의 펄스 주파수가 상이하다. 따라서, 제 1 반사광과 제 2 참조광의 간섭광은, 제 1 반사광을 구성하는 펄스광과 제 2 참조광을 구성하는 펄스광이 동시에 제 1 광 검출기에 입사된 타이밍에 동기 (同期) 되어 펄스광이 나타나는 간섭광이 된다.

[0036] 마찬가지로, 제 1 참조광의 펄스 주파수와 제 2 반사광의 펄스 주파수가 상이하다. 따라서, 제 1 참조광과 제 2 반사광의 간섭광은, 제 1 참조광을 구성하는 펄스광과 제 2 반사광을 구성하는 펄스광이 동시에 제 2 광

검출기에 입사된 타이밍에 동기되어 펄스광이 나타나는 간섭광이 된다.

[0037] 여기서, 제 2 광 검출기가 검출하는 간섭광을 만드는 펄스광의 위치 (시간축 상의 위치) 는, 광빗 간섭계 (11) 와 측정 대상의 위치 관계에 기초하여 변동한다. 왜냐하면, 제 2 광 검출기가 검출하는 간섭광은, 측정 대상을 통해서 제 2 광 검출기로 향하는 제 2 반사광과, 측정 대상을 통하지 않고 제 2 광 검출기로 향하는 제 1 참조광의 간섭광이기 때문이다. 한편으로, 제 1 광 검출기가 검출하는 간섭광을 만드는 펄스광의 위치 (시간축 상의 위치) 는, 광빗 간섭계 (11) 와 측정 대상의 위치 관계에 기초하여 변동하는 일은 없다.

[0038] 그래서, 제 2 광 검출기가 검출하는 간섭광을 만드는 펄스광과 제 1 광 검출기가 검출하는 간섭광을 만드는 펄스광의 시간차는, 광빗 간섭계 (11) 와 측정 대상의 위치 관계 (전형적으로는 광빗 간섭계 (11) 와 측정 대상의 사이의 거리) 를 간접적으로 나타내고 있다. 따라서, 광빗 간섭계 (11) 는, 제 2 광 검출기가 검출하는 간섭광을 만드는 펄스광과 제 1 광 검출기가 검출하는 간섭광을 만드는 펄스광의 시간차에 기초하여, 광빗 간섭계 (11) 에서부터 반사 소자 (41) 까지의 거리를 산출할 수 있다.

[0039] 여기서 광빗 간섭계 (11) 가 조사하는 측정광은, 하프 미러 (15) 를 투과한 후에, 빔 스티어링 미러 (13) 에 의해 반사되어 반사 소자 (41) 에 조사된다. 여기서 반사 소자 (41) 에 조사되는 측정광의 광로와, 반사 소자 (41) 에 의해 반사된 반사광은, 케이싱체 (10) 내에 있어서 일부가 공통된다.

[0040] 하프 미러 (15) 는, 광빗 간섭계 (11) 로부터 조사되는 측정광을 투과시킨다. 또, 하프 미러 (15) 는, 측정광이 반사 소자 (41) 에 의해 반사된 반사광의 일부를 광빗 간섭계 (11) 쪽으로 투과시키고, 나머지 일부를 4 분할 PSD (12) 쪽으로 반사시킨다.

[0041] 4 분할 PSD (12) 는, 반사 소자 (41) 로부터의 반사광을 검출함으로써 반사 소자 (41) 의 위치를 측정한다. 당해 반사광은, 광빗 간섭계 (11) 가 조사한 측정광이 반사 소자 (41) 에 의해 반사된 반사광이다. 당해 반사광은, 하프 미러 (15) 에 의해 일부가 반사되어 4 분할 PSD (12) 에 입사된다.

[0042] 4 분할 PSD (12) 는, 예를 들어 포토다이오드와 저항체를 포함한다. 포토다이오드는, 어레이 형상으로 배치된다. 요컨대, 4 분할 PSD (12) 는, 포토다이오드 어레이를 포함한다. 4 분할 PSD (12) 는, 검출면이 4 개로 분할되어 있다. 4 분할 PSD (12) 는, 4 개로 분할된 검출면의 각각에 있어서 검출된 반사광의 스폿광의 광량에 기초하여 스폿광의 위치를 측정한다.

[0043] 4 분할 PSD (12) 는, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 마커 (44) 의 위치를 대략적으로 포착한 후에, 측정광 (L1) 을 사용한 주사에 의해 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 추정하기 위해서 사용된다.

[0044] 또한, 측정 장치 (1) 는, 스테레오 카메라 (3) 를 구비하지 않아도 된다. 측정 장치 (1) 가 스테레오 카메라 (3) 를 구비하지 않은 경우, 4 분할 PSD (12) 는, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 마커 (44) 의 위치가 대략적으로 포착된 결과를 사용하지 않고, 측정광 (L1) 을 사용한 주사에 의해 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 추정해도 된다.

[0045] 또, 측정 장치 (1) 는, 4 분할 PSD (12) 대신에 다른 위치 검출기를 구비해도 된다. 다른 위치 검출기란, 예를 들어 라인 센서, 2 차원 센서 (에어리어 센서라고도 한다), 위상 검출 방식의 거리 계측기 등이다.

[0046] 빔 스티어링 미러 (13) 는, 광빗 간섭계 (11) 로부터 조사되는 측정광을 반사 소자 (41) 의 방향으로 반사한다. 또, 빔 스티어링 미러 (13) 는, 반사 소자 (41) 로부터 측정광이 반사된 반사광을, 광빗 간섭계 (11) 의 방향으로 반사한다. 빔 스티어링 미러 (13) 는 가동 미러의 일례이다.

[0047] PMA (14) 는, 빔 스티어링 미러 (13) 의 방향을 이동 (변경) 한다. PMA (14) 는, 일례로서 짐벌부와 로터리 인코더 (도시하지 않음) 를 구비한다. 빔 스티어링 미러 (13) 의 방향은, 짐벌부가 구동되어 짐벌부의 회전 각도가 변경됨으로써 변경된다. 짐벌부는, 빔 스티어링 미러 (13) 를 경도 방향 및 위도 방향의 각각을 변경 가능하게 회전 가능하다. 로터리 인코더는, 짐벌부의 회전 각도를 계측한다.

[0048] 여기서 도 4 내지 도 6 을 참조하여, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 구성을 반사 소자 (41) 로 대표시켜 설명한다.

[0049] 도 4 는, 본 실시형태에 관련된 반사 소자 (41) 의 단면의 구성의 일례를 나타내는 도면이다. 도 5 는, 본 실시형태에 관련된 반사 소자 (41) 의 외관의 일례를 나타내는 도면이다. 반사 소자 (41) 는, 렌즈 (410) 와 미러면 (411) 과 수납 부재 (412) 와 마커 설치면 (413) 을 구비한다.

[0050] 렌즈 (410) 는, 대략 구형의 렌즈이다. 본 실시형태에서는, 렌즈 (410) 의 직경은 일례로서 35 ㎜ 이다. 렌즈 (410) 는, 측정광 (L1) 의 파장에 대하여 소정의 굴절률을 갖는다.

[0051] 렌즈 (410) 는, 그 구의 표면에 미러면 (411) 을 갖는다. 미러면 (411) 은, 구형의 렌즈 (410) 중 일부를 덮도록 미러 증착이 실시되어 형성된다. 미러면 (411) 은, 측정광 (L1) 의 파장에 대하여 소정 이상의 반사율을 갖는다.

[0052] 수납 부재 (412) 는, 렌즈 (410) 를 수납한다. 렌즈 (410) 는, 수납 부재 (412) 에 수납되어, 렌즈 (410) 의 일부가 노출되도록 수납 부재 (412) 에 접착 고정된다. 일부란, 구형의 렌즈 (410) 중 미러면 (411) 이 형성되지 않은 부분과 거의 일치한다. 반사 소자 (41) 가 입사광을 반사할 수 있는 범위를 충분히 넓게 하기 위해서는, 렌즈 (410) 중 적어도 반구가 노출되는 것이 바람직하다. 또한, 수납 부재 (412) 는 렌즈 (410) 를 고정시키므로, 유지부로 불려도 된다.

[0053] 수납 부재 (412) 는, 마커 설치면 (413) 을 구비한다. 마커 설치면 (413) 에는, LED 나 반사 시일이 설치되어도 된다.

[0054] 도 6 은, 본 실시형태에 관련된 반사 소자 (41) 가 측정광을 반사하는 모습의 일례를 나타내는 도면이다. 도 6 에서는, 측정 장치 (1) 가 반사 소자 (41) 에 조사하는 측정광 (L1) 의 예로서 측정광 (L11) 및 측정광 (L12) 이 도시되어 있다. 측정광 (L11) 및 측정광 (L12) 은 각각, 렌즈 (410) 에 입사된 후, 입사된 방향으로 미러면 (411) 에 의해 반사되어 있다. 반사 소자 (41) 는, 빔이 자신에 대하여 어느 위치 또는 방향에서 입사되었는지에 관계없이, 빔을 입사 방향으로 반사하는 광학 소자이다. 요컨대, 반사 소자 (41) 는, 재귀 반사 기능을 갖는다.

[0055] 도 7 은, 본 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 의 기능 구성의 일례를 나타내는 도면이다. 측정 장치 (1) 는, 위치 측정부 (20) 와 제어부 (21) 와 제 1 촬상부 (22) 와 통신부 (23) 와 기억부 (24) 를 구비한다.

[0056] 위치 측정부 (20) 는, 거리 측정부 (200) 와 조사 방향 구동부 (204) 와 조사 방향 측정부 (205) 와 위치 취득부 (206) 를 구비한다.

[0057] 거리 측정부 (200) 는, 반사 소자 (41) 에 측정광을 조사하고, 반사광을 수광하여 반사 소자까지의 거리를 측정한다. 거리 측정부 (200) 는, 조사부 (201) 와 수광부 (202) 와 신호 처리부 (203) 를 포함한다. 조사부 (201) 는, 측정 대상의 가동부에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 측정광을 조사한다. 요컨대, 조사부 (201) 는, 로봇 (T1) 에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 측정광 (L1) 을 조사 가능하다. 수광부 (202) 는, 반사광을 수광한다. 여기서 수광부 (202) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 의해 반사된 반사광을 수광 가능하다.

[0058] 신호 처리부 (203) 는, 수광부 (202) 로부터의 신호를 처리하여 반사 소자 (41) 까지의 거리 정보를 취득한다. 거리 측정부 (200) 는, 광빗 간섭계 (11) 를 포함한다.

[0059] 조사부 (201) 는, 광빗 간섭계 (11) 에 구비되는 광빗 광원을 포함한다. 조사부 (201) 는, 광빗을 측정광 (L1) 으로서 조사 가능하다. 조사부 (201) 는, 빔 스티어링 미러 (13) 의 반사면을 통해서, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 각각에 측정광 (L1) 을 조사한다.

[0060] 수광부 (202) 는, 광빗 간섭계 (11) 에 구비되는 수광부를 포함한다. 수광부 (202) 는, 빔 스티어링 미러 (13) 의 반사면을 통해서, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각으로부터의 반사광을 수광한다.

[0061] 신호 처리부 (203) 는, 광빗 간섭계 (11) 에 구비되는 신호 처리부를 포함한다.

[0062] 조사 방향 구동부 (204) 는, 측정광의 조사 방향을 변경한다. 조사 방향을 변경하는 것은, 조사 방향을 이동한다고도 한다. 조사 방향 구동부 (204) 는, PMA (15) 에 포함되는 짐벌부를 포함한다.

[0063] 조사 방향 측정부 (205) 는, 측정광의 조사 방향을 측정한다. 조사 방향 측정부 (205) 는, PMA (15) 에 포함되어 짐벌부의 각도를 계측하는 로터리 인코더를 포함한다. 조사 방향 측정부 (205) 는, 조사 방향의 측정 결과를, 방향 정보로서 거리 측정부 (200) 의 위치 취득부 (206) 에 출력한다.

[0064] 위치 취득부 (206) 는, 거리 측정부 (200) 가 측정한 반사 소자 (41) 까지의 거리 (거리 정보) 와 조사 방향 측정부 (205) 가 측정한 측정광의 조사 방향 (방향 정보) 으로부터, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소

자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 대한 3 차원 공간 내의 위치 (위치 정보) 를 취득한다. 또, 위치 취득부 (206) 는, 3 개의 반사 소자 각각에 대한 위치 정보에 기초하여 3 개의 반사 소자 각각에 대해서 방향 정보를 산출한다.

[0065] 위치 정보에는, 측정 대상 (본 실시형태에 있어서 로봇 (T1)) 의 제 1 축에 관한 위치 정보, 제 1 축과 교차하는 제 2 축에 관한 위치 정보, 및 제 1 축 및 제 2 축과 교차하는 제 3 축에 관한 위치 정보가 포함된다. 제 1 축이란, 예를 들어 측정 대상이 배치되는 공간에 설정된 직교 좌표계에 있어서의 x 축이다. 제 2 축이란, 예를 들어 당해 직교 좌표계에 있어서의 y 축이다. 제 3 축이란, 예를 들어 당해 직교 좌표계에 있어서의 z 축이다. 제 1 축에 관한 위치 정보란, 예를 들어 x 축의 좌표이다. 제 2 축에 관한 위치 정보란, 예를 들어 y 축의 좌표이다. 제 3 축에 관한 위치 정보란, 예를 들어 z 축의 좌표이다.

[0066] 방향 정보에는, 측정 대상의 제 1 축 (예를 들어, x 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 제 2 축 (예를 들어, y 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 제 3 축 (예를 들어, z 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보가 포함된다. 요컨대, 방향 정보란, 소정의 축 둘레의 회전 방향의 위치를 나타내는 정보이다. 바꾸어 말하면, 방향 정보란, 측정 대상의 자세, 또는 방향을 나타내는 정보이다.

[0067] 위치 취득부 (206) 는, 수광부 (202) 에 의한 수광 결과에 기초하여 로봇 (T1) 의 제 1 축 (x 축) 에 관한 위치 정보, 제 1 축 (x 축) 과 교차하는 제 2 축 (y 축) 에 관한 위치 정보, 및 제 1 축 (x 축) 및 제 2 축 (y 축) 과 교차하는 제 3 축 (z 축) 에 관한 위치 정보와, 제 1 축 (x 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 제 2 축 (y 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 제 3 축 (z 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득한다. 또한, 위치 정보, 및 방향 정보의 취득에 대한 상세함은 후술한다.

[0068] 제어부 (21) 는, 측정 장치 (1) 에 구비되는 그 밖의 각 기기, 부품의 제어를 실행한다. 제어부 (21) 는, 예를 들어 CPU (Central Processing Unit) 이나, GPU (Graphics Processing Unit), FPGA (Field-Programmable Gate Array) 등을 구비하고 있고, 다양한 연산이나 정보의 수수를 실시한다. 제어부 (21) 는, ROM 으로부터 프로그램을 읽어들이고, 읽어들인 프로그램에 따라서 각종의 제어를 실행한다.

[0069] 또한, 제어부 (21) 와 측정 장치 (1) 에 구비되는 각 기기, 부품은, 예를 들어 신호선에 의해 접속된다. 또한, 제어부 (21) 와 측정 장치 (1) 에 구비되는 각 기기, 부품은, 광이나 전파 등의 전자파를 사용한 근거리 무선 통신에 의해 통신을 실시해도 된다. 또, 제어부 (21) 는, 다양한 연산을 실행한다.

[0070] 제 1 촬상부 (22) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 적어도 일부를 촬상한다. 제 1 촬상부 (22) 는, 4 분할 PSD (12) 를 포함한다.

[0071] 통신부 (23) 는, 외부 장치와 통신을 실시한다. 외부 장치란, 예를 들어 반사 소자 (41) 가 설치된 로봇 (T1) 을 제어하는 제어 시스템, 제 2 촬상부 (30) 이다.

[0072] 통신부 (23) 는, 송신부와 수신부를 포함한다. 송신부는, 위치 측정부 (20) 에 포함되는 위치 취득부 (206) 에 의해 취득된 반사 소자 (41) 의 위치 정보 및 방향 정보를, 당해 제어 시스템에 송신한다. 통신부 (23) 는, 무선 네트워크를 통해서 통신을 실시하기 위한 통신 인터페이스 (I/F) 를 포함한다.

[0073] 통신부 (23) 에 의한 통신으로서, 예를 들어 제 5 세대 이동 통신 시스템, 또는 밀리파보다 파장이 짧은 광을 사용한 이동 통신 시스템이 사용되어도 된다. 제 5 세대 이동 통신 시스템에서는, 주파수대로서 450 Mhz 내지 6000 Mhz 의 주파수대와 24250 Mhz 내지 52600 Mhz 의 주파수대가 사용된다.

[0074] 제 2 촬상부 (30) 는, 마커 (44) 를 촬상한다. 제 2 촬상부 (30) 는, 자연광 또는 전구, 형광등, 수은등, LED, 스트로보 등의 인공광이 반사 소자 (41) 에 의해 반사된 반사광에 의해 마커 (44) 의 이미지를 촬상한다. 상기 서술한 바와 같이, 마커 (44) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 에 대하여 소정의 위치에 배치된다. 제 2 촬상부 (30) 는, 스테레오 카메라 (3) 를 포함한다.

[0075] 또한, 본 실시형태에서는, 제 2 촬상부 (30) 가, 측정 장치 (1) 와는 별체로서 구비되는 경우의 일례에 대해서 설명하지만, 이것에 한정되지 않는다. 제 2 촬상부 (30) 는, 측정 장치 (1) 와 일체가 되어 구비되어도 된다.

[0076] 기억부 (24) 는, 각종의 정보를 기억한다. 기억부 (24) 에는, 예를 들어 반사 소자 배치 정보가 미리 기억된다. 반사 소자 배치 정보란, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 배치를 나타내는 정보이다. 당해 배치는, 타깃 부재 (4) 에 있어서 3 개의 반사 소자 (반사 소자

(41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 배치되는 위치에 따라 정해져 있다.

[0077] 측정 장치 (1) 는, 로봇 (T1) 에 장착된 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 측정광 (L1) 을 조사한다. 측정 장치 (1) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 의해 측정광 (L1) 이 반사된 반사광을 수광한다. 측정 장치 (1) 는, 당해 반사광의 수광 결과에 기초하여 로봇 (T1) 의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정한다.

[0078] 스테레오 카메라 (3) 는, 마커 (44) 를 촬상함으로써, 마커 (44) 의 위치를 추정한다. 스테레오 카메라 (3) 는, 1 쌍의 카메라의 시차 (視差) 에 기초하여 마커 (44) 의 위치를, 대략적인 정밀도로 추정한다. 대략적인 정밀도란, 예를 들어 100 ㎜ 정도의 정밀도이다.

[0079] 측정 장치 (1) 는, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 추정된 마커 (44) 의 위치에 기초하는 소정의 범위를 측정광 (L1) 에 의해 주사한다. 도 8 에, 측정광 (L1) 에 의한 주사 모습의 일례를 나타낸다. 추정 범위 (R1) 는, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 추정된 마커 (44) 의 위치에 기초하는 소정의 범위이다. 추정 범위 (R1) 는, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 추정된 마커 (44) 의 위치를 포함한다. 추정 범위 (R1) 는, 예를 들어 한 변이 100 ㎜ 정도인 장방형의 범위이다.

[0080] 측정 장치 (1) 는, 추정 범위 (R1) 를 포함하는 소정의 범위를 주사 범위 (R2) 로 한다. 주사 범위 (R2) 는, 측정광 (L1) 에 의해 주사를 실시하는 범위이다. 측정 장치 (1) 는, 궤도 (TR1) 를 따라 주사를 실시한다. 궤도 (TR1) 는, 예를 들어 파선 형상 또는 소용돌이 형상의 궤도 등이다. 상기 서술한 바와 같이 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는 마커 (44) 의 근방에 배치되어 있기 때문에, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치는, 주사 범위 (R2) 에 포함된다.

[0081] 측정 장치 (1) 는, 측정광 (L1) 이 조사된 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 위치 검출 소자 (Position Sensitive Detector : PSD) 를 사용하여 추정한다. 당해 PSD 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 의해 측정광 (L1) 이 반사된 반사광을 검출한다.

[0082] 측정 장치 (1) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과 가능한 소정의 궤도를 따라 측정광 (L1) 을 주사한다. 당해 궤도는, PSD 에 의한 3 개의 반사 소자의 위치의 추정 결과에 기초하여 산출된다. 측정 장치 (1) 는, 주사에 의한 측정광 (L1) 이 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 의해 반사된 반사광의 수광 결과에 기초하여, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치를 각각 측정한다. 측정 장치 (1) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치를 각각 측정 결과에 기초하여, 타깃 부재 (4) 가 장착된 로봇 (T1) 의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정한다.

[0083] 본 실시형태에 있어서, 로봇 (T1) 의 위치란, 당해 로봇 (T1) 의 가동부에 장착된 타깃 부재 (4) 의 위치이다. 당해 위치를 나타내는 위치 정보는, 기준 위치에 대한 타깃 부재 (4) 의 위치를 나타내는 정보이다. 기준 위치는, 타깃 부재 (4) 가 배치되는 공간 내의 소정의 위치이다.

[0084] 타깃 부재 (4) 의 위치를 나타내는 위치 정보는, 타깃 부재 (4) 가 배치되는 공간 내에 있어서의 좌표계 (기준 좌표계라고 한다) 의 좌표에 의해 표시된다. 위치 정보는, 예를 들어 직각 좌표 (X, Y, Z) 에 의해 표시된다. 좌표 X, 좌표 Y, 및 좌표 Z 의 세트는, 직각 좌표 (X, Y, Z) 내의 위치를 나타낸다. 또한, 좌표 X, 좌표 Y, 좌표 Z 는 각각, X 방향의 거리, Y 방향의 거리, Z 방향의 거리로 불려도 된다.

[0085] 로봇 (T1) 의 회전 방향의 위치란, 타깃 부재 (4) 가 장착된 가동부의 회전 방향의 위치이다. 당해 회전 방향의 위치를 나타내는 회전 방향의 위치에 관한 정보 (방향 정보라고 한다) 는, 기준 좌표계의 3 개의 좌표축에 대해서, 각각의 좌표축 둘레의 회전 방향의 위치에 의해 표시된다. 각각의 좌표축 둘레의 회전 방향의 위치는, 회전을 나타내는 각도에 의해 표시된다. 방향 정보는, 상기 위치 정보가 직각 좌표에 의해 표시되는 경우, 당해 직각 좌표의 좌표축 둘레의 회전 방향의 위치에 의해 표시된다. 요컨대, 방향 정보는, X 축 둘레의 위치, Y 축 둘레의 위치, 및 Z 축 둘레의 위치에 의해 표시된다.

[0086] 도 9 에 위치 정보가 직각 좌표에 의해 표시되는 경우의 좌표축 둘레의 회전 방향의 위치의 일례를 나타낸다. 도 9 에서는, X 축 둘레의 위치가 회전각 θX 에 의해 표시되고, Y 축 둘레의 위치가 회전각 θY 에 의해 표시되고, Z 축 둘레의 위치가 회전각 θZ 에 의해 표시되어 있다.

[0087] 또한, 축 둘레의 회전 방향의 위치는, 방향 또는 자세 등으로 불려도 된다.

[0088] 측정 장치 (1) 는, 측정된 위치 정보 및 방향 정보를, 로봇 (T1) 의 제어 시스템 (도시하지 않음) 에 송신한다. 기준 위치 및 좌표계는, 측정 장치 (1) 와 제어 시스템의 사이에서 미리 공유되어 있다. 당해 제어 시스템은, 측정 장치 (1) 로부터 수신한 위치 정보에 기초하여 로봇 (T1) 의 위치를 취득할 수 있기 때문에, 로봇 (T1) 을 고정밀도로 교정할 수 있다.

[0089] 또한, 본 실시형태에서는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 구비하는 타깃 부재 (4) 가 로봇 (T1) 에 장착되는 경우, 요컨대 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 로봇 (T1) 에 장착되는 경우의 일례에 대해서 설명하지만, 이것에 한정되지 않는다. 로봇 (T1) 에는, 적어도 3 개 이상의 반사 소자가 장착되어 있으면 된다. 예를 들어, 로봇 (T1) 에는, 4 개 이상의 반사 소자가 장착되어도 된다.

[0090] 다음으로 도 10 을 참조하여, 측정 장치 (1) 에 의한 위치 정보 및 방향 정보를 취득하는 처리인 측정 처리에 대해서 설명한다. 도 10 은, 본 실시형태에 관련된 측정 처리의 일례를 나타내는 도면이다. 측정 처리는, 제어부 (21) 에 의해 실행된다. 또한, 본 실시형태에서는, 측정 장치 (1) 가 측정 처리를 실행하는 동안, 로봇 (T1) 은 이동하지 않는 것으로 한다. 요컨대, 측정 장치 (1) 가 측정 처리를 실행하는 동안, 로봇 (T1) 의 위치 및 자세는 변화하지 않는 것으로 한다.

[0091] 제어부 (21) 는, 러프 서치를 실행한다 (스텝 S10).

[0092] 여기서 도 11 을 참조하여, 러프 서치의 처리의 상세함에 대해서 설명한다. 도 11 은, 본 실시형태에 관련된 러프 서치의 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

[0093] 제어부 (21) 는, 제 2 촬상부 (30) 를 사용하여 마커 (44) 의 이미지를 촬상한다 (스텝 S110). 제어부 (21) 는, 통신부 (23) 를 통해서 제 2 촬상부 (30) 를 제어한다. 제 2 촬상부 (30) 는, 제어부 (21) 에 의해 제어되고, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 마커 (44) 의 이미지를 촬상한다.

[0094] 스테레오 카메라 (3) 는, 스테레오 카메라 (3) 가 향해져 있는 방향의 시야의 화상을 1 쌍의 카메라 각각에 의해 촬상한다. 여기서, 스테레오 카메라 (3) 는, 타깃 부재 (4) 가 배치되어 있는 방향으로 미리 향해져 있는 것으로 한다.

[0095] 스테레오 카메라 (3) 는, 1 쌍의 카메라 각각에 의해 촬상된 화상으로부터 화상 처리에 의해 고콘트라스트 화상을 생성한다. 고콘트라스트 화상은, 당해 화상 처리를 실행하기 전의 화상에 비해서 콘트라스트가 높은 화상이다. 스테레오 카메라 (3) 는, 일례로서 인공 지능 (AI : Artificial Intelligence) 에 기초하여, 고콘트라스트 화상의 전체 영역으로부터 마커 (44) 의 화상에 대응하는 영역을 판정한다 (세그멘테이션이라고도 한다). AI 로서는, 각종의 기계 학습이 사용되어도 된다. 스테레오 카메라 (3) 는, 1 쌍의 카메라 각각에 의해 촬상된 화상 각각에 대해서, 마커 (44) 의 화상에 대응하는 영역을 판정한다.

[0096] 스테레오 카메라 (3) 는, 판정된 영역에 기초하여 마커 (44) 의 화상 내의 위치를 판정한다. 스테레오 카메라 (3) 는, 마커 (44) 의 화상 내의 위치를 화상 내의 2 차원의 좌표로서 판정한다. 스테레오 카메라 (3) 는, 1 쌍의 카메라 각각에 의해 촬상된 화상 각각에 대해서, 마커 (44) 의 화상 내의 위치를 판정한다. 스테레오 카메라 (3) 는, 1 쌍의 카메라 각각에 의해 촬상된 화상 각각에 대한 마커 (44) 의 화상 내의 위치와, 1 쌍의 카메라의 시차에 기초하여 마커 (44) 의 위치를 추정한다 (스텝 S120). 마커 (44) 의 위치란, 상기 서술한 바와 같이 타깃 부재 (4) 가 배치되는 공간 내에 있어서의 위치이다.

[0097] 스테레오 카메라 (3) 는, 추정된 마커 (44) 의 위치를 나타내는 위치 정보인 마커 위치 정보를 측정 장치 (1) 의 통신부 (23) 를 통해서 제어부 (21) 에 송신한다 (스텝 S130). 제어부 (21) 는, 통신부 (23) 를 통해서 스테레오 카메라 (3) 로부터 마커 위치 정보를 취득한다. 제어부 (21) 는, 취득된 마커 위치 정보에 기초하여, 마커 (44) 가 위치하는 방향으로 측정광의 조사 방향을 향하도록 조사 방향 구동부 (204) 를 제어한다 (스텝 S140). 여기서 제어부 (21) 는, 마커 위치 정보에 기초하여 조사 방향 구동부 (204) 를 제어함으로써, 측정광의 조사 방향을 마커 (44) 가 위치하는 방향으로 향한다.

[0098] 또한, 스텝 S120 에 있어서, 스테레오 카메라 (3) 가 향해져 있는 방향의 시야에 복수의 마커 (44) 가 배치되어 있는 경우, 스테레오 카메라 (3) 는, 당해 복수의 마커 (44) 각각에 대해서 마커 (44) 의 위치를 추정해도 된다. 그 경우, 스테레오 카메라 (3) 는, 위치를 추정한 마커 (44) 각각에 대해서 마커 위치 정보를 측정 장치 (1) 에 송신해도 된다.

[0099] 또, 스텝 S120 에 있어서는, 마커 (44) 의 화상을 판정하기 위해서 AI 가 사용되는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 마커 (44) 의 화상을 판정하기 위해서, 템플릿 매칭이 사용되어도 된다.

[0100] 또한, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 마커 (44) 의 위치가 추정되어 마커 위치 정보로서 측정 장치 (1) 에 송신되는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 마커 (44) 의 화상에 대응하는 영역을 판정하는 처리와, 1 쌍의 카메라의 시차에 기초하여 마커 (44) 의 위치를 추정하는 처리 중 적어도 일방은, 제어부 (21) 에 의해 실행되어도 된다.

[0101] 또, 스테레오 카메라 (3) 가 측정 장치 (1) 에 구비되는 경우에는, 마커 (44) 의 화상에 대응하는 영역을 판정하는 처리와, 1 쌍의 카메라의 시차에 기초하여 마커 (44) 의 위치를 추정하는 처리는, 제어부 (21) 에 의해 실행된다.

[0102] 도 10 으로 되돌아가 위치 측정 처리의 설명을 계속한다.

[0103] 제어부 (21) 는, 파인 서치의 처리를 실행한다 (스텝 S20). 파인 서치는, 상기 서술한 러프 서치와 비교해서 위치 측정의 정밀도가 높은 서치이다. 또, 파인 서치는, 러프 서치와 비교해서 서치 범위가 좁은 서치여도 된다. 여기서 도 12 를 참조하여, 파인 서치의 처리의 상세함에 대해서 설명한다. 도 12 는, 본 실시형태에 관련된 파인 서치의 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

[0104] 제어부 (21) 는, 에어리어 스캔을 실행한다 (스텝 S210). 여기서 제어부 (21) 는, 도 8 에 나타낸 바와 같이, 제어부 (21) 는, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 추정된 마커 (44) 의 위치에 기초하는 소정의 범위를 측정광 (L1) 에 의해 주사한다. 제어부 (21) 는, 조사 방향 구동부 (204) 와 제 1 촬상부 (22) 를 제어함으로써 에어리어 스캔을 실행한다. 제어부 (21) 는, 에어리어 스캔의 결과에 기초하여 반사 소자의 중심의 위치를 추정한다 (스텝 S220).

[0105] 여기서 도 13 내지 도 22 를 참조하여, 에어리어 스캔의 상세함에 대해서 설명한다.

[0106] 도 13 은, 본 실시형태에 관련된 에어리어 스캔에 있어서의 측정광 (L1) 의 궤도의 일례를 나타내는 도면이다. 도 13 에서는, 측정광 (L1) 의 궤도는, 소용돌이 형상의 궤도이다. 도 13 에서는, 에어리어 스캔을 실시하는 소정의 범위는, 애지머스 및 엘리베이션에 의해 도시되어 있다. 애지머스는, 수평 방향의 위치 (방위각) 를 나타낸다. 엘리베이션은, 수직 방향의 방위 (앙각) 를 나타낸다. 추정 범위 (R11) 는, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 추정된 마커 (44) 의 위치에 기초하는 소정의 범위를 나타낸다. 추정 범위 (R11) 는, 측정 장치 (1) 와 타깃 부재 (4) 의 거리가 10 m 인 경우에, 4 분할 PSD (12) 의 시야로 하여 한 변이 300 ㎜ 인 장방형의 범위이다.

[0107] 제어부 (21) 는, 추정 범위 (R11) 를 포함하는 소정의 범위를 측정광 (L1) 에 의해 주사한다. 제어부 (21) 는, 당해 소정의 범위를 소용돌이 형상의 궤도를 따라 측정광 (L1) 에 의해 주사한다. 소용돌이의 중심에서 외측으로 향하여 주사가 실시되어도 되고, 외측에서 소용돌이의 중심으로 향하여 주사가 실시되어도 된다. 점 (P11) 은, 측정광 (L1) 의 현재의 조사 위치를 나타낸다.

[0108] 도 13 에서는, 일례로서 추정 범위 (R11) 내에 1 개의 반사 소자 (A11) 가 위치하고 있다. 여기서 설명을 위해서, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 중 1 개만이 타깃 부재 (4) 에 장착되어 있는 경우를 생각한다. 반사 소자 (A11) 는, 당해 1 개의 반사 소자이다.

[0109] 4 분할 PSD (12) 는, 반사 소자 (A11) 에 의해 측정광 (L1) 이 반사된 반사광을 검출한다. 도 14 에, 반사 소자 (A11) 에 측정광 (L1) 이 소용돌이 형상의 궤도를 따라 주사되면서 조사되는 모습의 일례를 나타낸다. 도 14 에 나타내는 바와 같이, 측정광 (L1) 은, 일례로서 0.1 ms 마다 단속적으로 조사된다. 바꾸어 말하면, 측정광 (L1) 은 10 kHz 로 조사된다.

[0110] 또한, 에어리어 스캔에 있어서는, 측정광 (L1) 은, 4 분할 PSD (12) 가 반사 소자로부터의 반사광을 검출하기 위해서 조사되고, 광빗 간섭계 (11) 에 의한 거리의 측정은 실시되지 않는다.

[0111] 4 분할 PSD (12) 는, 측정광 (L1) 이 반사된 반사광을 검출하고, 측정광 (L1) 의 광로와 반사광의 광로는 일치하고 있다. 그래서, 측정광 (L1) 의 조사 방향과 4 분할 PSD (12) 의 시야의 방향은 일치하고 있다. 요컨대, 에어리어 스캔에 의해 측정광 (L1) 의 조사 방향이 변화하는 것에 따라, 4 분할 PSD (12) 의 시야의 방향은 변화한다.

[0112] 도 15 는, 본 실시형태에 관련된 주사의 과정에 있어서 4 분할 PSD (12) 의 시야 내를 반사 소자의 이미지가 이

동하는 모습의 일례를 나타내는 도면이다. 이미지 (A121) 및 이미지 (A122) 는 각각, 4 분할 PSD (12) 에 의해 검출된 반사 소자 (A11) 의 이미지가, 소용돌이 형상의 궤도를 따라 주사가 실시되는 경우에 4 분할 PSD (12) 의 시야 내를 이동하는 모습을 나타낸다.

[0113] 반사 소자 (A11) 의 위치를 추정하기 위해서는, 반사 소자 (A11) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 4 분할 PSD (12) 의 시야의 방향을 판정할 필요가 있다. 상기 서술한 바와 같이, 4 분할 PSD (12) 의 시야의 방향이란, 측정광 (L1) 의 조사 방향이다. 측정광 (L1) 의 조사 방향은, 짐벌부의 회전 각도로서 조사 방향 측정부 (205) 에 의해 측정된다.

[0114] 도 16, 도 17 및 도 18 에, 주사의 결과 얻어지는, 측정광 (L1) 의 조사 방향과 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 반사 소자 (A11) 의 위치의 관계를 나타낸다. 도 16 은, 측정광 (L1) 의 애지머스 방향의 조사 방향에 대한, 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 반사 소자 (A11) 의 수평 방향의 위치를 나타낸다. 도 17 은, 측정광 (L1) 의 엘리베이션 방향의 조사 방향에 대한, 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 반사 소자 (A11) 의 연직 방향의 위치를 나타낸다. 도 18 은, 주사의 결과 얻어지는 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 반사 소자 (A11) 의 위치를 나타낸다.

[0115] 도 16 및 도 17 각각에 나타내는 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 반사 소자 (A11) 의 위치의 플롯으로부터, 반사 소자 (A11) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 4 분할 PSD (12) 의 시야의 방향이 판정된다.

[0116] 제어부 (21) 는, 도 16 에 나타내는 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 반사 소자 (A11) 의 위치의 플롯을 최소 이승법에 기초하여 직선에 의해 근사한다. 직선 (F1) 은, 당해 근사에 의해 얻어진 직선을 나타낸다. 제어부 (21) 는, 직선 (F1) 과 축 (AX1) 의 교점이 나타내는 애지머스 방향을, 반사 소자 (A11) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 애지머스 방향의 조사 방향으로서 판정한다. 축 (AX1) 은, 도 16 에 나타내는 좌표 평면의 가로축이고, 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 의 수평 방향의 위치를 나타낸다.

[0117] 마찬가지로, 제어부 (21) 는, 도 17 에 나타내는 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 반사 소자 (A11) 의 위치의 플롯을 최소 이승법에 기초하여 직선에 의해 근사한다. 직선 (F2) 은, 당해 근사에 의해 얻어진 직선을 나타낸다. 제어부 (21) 는, 직선 (F2) 과 축 (AY1) 의 교점이 나타내는 엘리베이션 방향을, 반사 소자 (A11) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 엘리베이션 방향의 조사 방향으로서 판정한다. 축 (AY1) 은, 도 17 에 나타내는 좌표 평면의 가로축이고, 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 의 연직 방향의 위치를 나타낸다.

[0118] 이상에 의해, 제어부 (21) 는, 반사 소자 (A11) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 애지머스 방향의 조사 방향과 엘리베이션 방향의 조사 방향을 각각 판정한다. 제어부 (21) 는, 판정된 측정광 (L1) 의 조사 방향을, 반사 소자 (A11) 의 중심의 위치로서 판정한다.

[0119] 다음으로 도 19, 도 20 및 도 21 을 참조하여, 복수의 반사 소자에 대해서 각각의 중심의 위치를 추정하는 경우에 대해서 설명한다. 도 19 는, 본 실시형태에 관련된 에어리어 스캔의 일례를 나타내는 도면이다. 추정 범위 (R12) 는, 스테레오 카메라 (3) 에 의해 추정된 마커 (44) 의 위치에 기초하는 소정의 범위를 나타낸다. 도 19 와 도 13 을 비교하면, 도 19 에서는, 추정 범위 (R12) 내에 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 위치하고 있는 점 이외에는, 도 13 과 동일하다.

[0120] 도 20 및 도 21 에, 주사의 결과가 얻어지는, 측정광 (L1) 의 조사 방향과, 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치 각각의 관계를 나타낸다. 도 20 은, 측정광 (L1) 의 애지머스 방향의 조사 방향에 대한, 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 수평 방향의 위치를 각각 나타낸다. 도 21 은, 측정광 (L1) 의 엘리베이션 방향의 조사 방향에 대한, 4 분할 PSD (12) 의 시야 내의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 연직 방향의 위치를 각각 나타낸다.

[0121] 도 20 및 도 21 에 나타내는 바와 같이, 추정 범위 (R12) 내에 복수의 반사 소자가 위치하고 있는 경우, 복수의 반사 소자는, 복수의 반사 소자끼리를 구별하지 않고 4 분할 PSD (12) 에 의해 검출된다. 제어부 (21) 는, 각각의 반사 소자가 검출된 시각에 기초하여, 검출 결과에 대해서 복수의 반사 소자 중 어느 검출 결과인지 분류한다.

[0122] 소용돌이 형상 등 소정의 궤도를 따라 주사를 실시하는 경우, 어느 반사 소자가 검출되고 나서 다음 회에 당해

반사 소자가 검출될 때까지의 시간은 미리 정해져 있다. 당해 시간에 기초하여 제어부 (21) 는, 검출 결과 끼리를 1 개의 반사 소자의 검출 결과로서 분류한다. 도 20 및 도 21 에 나타내는 예에서는, 제어부 (21) 는, 소용돌이 형상의 궤도를 따라 주사를 실시하는 경우에 어느 반사 소자가 검출되고 나서 다음 회에 당해 반사 소자가 검출될 때까지의 시간에 기초하여, 검출 결과에 대해서 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 중 어느 검출 결과인지 분류한다.

[0123] 제어부 (21) 는, 도 20 에 나타내는 검출 결과에 대해서, 분류된 검출 결과마다 당해 검출 결과가 나타내는 플롯을 최소 이승법에 기초하여 직선에 의해 근사한다. 도 20 에 있어서, 직선 (F11) 은, 반사 소자 (41) 의 검출 결과로서 분류된 플롯이 당해 근사에 의해 얻어진 직선을 나타낸다. 직선 (F12) 은, 반사 소자 (42) 의 검출 결과로서 분류된 플롯이 당해 근사에 의해 얻어진 직선을 나타낸다. 직선 (F13) 은, 반사 소자 (A23) 의 검출 결과로서 분류된 플롯이 당해 근사에 의해 얻어진 직선을 나타낸다.

[0124] 제어부 (21) 는, 직선 (F11) 과 축 (AX2) 의 교점이 나타내는 애지머스 방향을, 반사 소자 (41) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 애지머스 방향의 조사 방향으로서 판정한다. 제어부 (21) 는, 직선 (F12) 과 축 (AX2) 의 교점이 나타내는 애지머스 방향을, 반사 소자 (42) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 애지머스 방향의 조사 방향으로서 판정한다. 제어부 (21) 는, 직선 (F13) 과 축 (AX2) 의 교점이 나타내는 애지머스 방향을, 반사 소자 (A23) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 애지머스 방향의 조사 방향으로서 판정한다. 축 (AX2) 은, 도 20 에 나타내는 좌표 평면의 가로축이고, 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 의 수평 방향의 위치를 나타낸다.

[0125] 마찬가지로, 제어부 (21) 는, 도 21 에 나타내는 검출 결과에 대해서, 분류된 검출 결과마다 당해 검출 결과가 나타내는 플롯을 최소 이승법에 기초하여 직선에 의해 근사한다. 도 21 에 있어서, 직선 (F21) 은, 반사 소자 (41) 의 검출 결과로서 분류된 플롯이 당해 근사에 의해 얻어진 직선을 나타낸다. 직선 (F22) 은, 반사 소자 (42) 의 검출 결과로서 분류된 플롯이 당해 근사에 의해 얻어진 직선을 나타낸다. 직선 (F23) 은, 반사 소자 (A23) 의 검출 결과로서 분류된 플롯이 당해 근사에 의해 얻어진 직선을 나타낸다.

[0126] 제어부 (21) 는, 직선 (F21) 과 축 (AY2) 의 교점이 나타내는 엘리베이션 방향을, 반사 소자 (41) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 엘리베이션 방향의 조사 방향으로서 판정한다. 제어부 (21) 는, 직선 (F22) 과 축 (AY2) 의 교점이 나타내는 엘리베이션 방향을, 반사 소자 (42) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 엘리베이션 방향의 조사 방향으로서 판정한다. 제어부 (21) 는, 직선 (F23) 과 축 (AY2) 의 교점이 나타내는 엘리베이션 방향을, 반사 소자 (A23) 의 이미지가 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 에 검출되는 경우의 측정광 (L1) 의 엘리베이션 방향의 조사 방향으로서 판정한다. 축 (AY2) 은, 도 21 에 나타내는 좌표 평면의 가로축이고, 4 분할 PSD (12) 의 시야의 중심 (PC1) 의 연직 방향의 위치를 나타낸다.

[0127] 또한, 본 실시형태에서는, 제어부 (21) 가, 4 분할 PSD (12) 에 의한 검출 결과를 최소 이승법에 기초하여 직선에 의해 근사하는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 제어부 (21) 는, 4 분할 PSD (12) 에 의한 검출 결과를 직선에 의해 근사하는 경우에, 다른 피팅 방법을 이용해도 된다.

[0128] 또, 본 실시형태에서는, 에어리어 스캔에 있어서의 측정광 (L1) 의 궤도가 소용돌이 형상의 궤도인 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 에어리어 스캔에 있어서의 측정광 (L1) 의 궤도는, 파선 형상이어도 된다. 도 22 에, 측정광 (L1) 의 궤도가 파선 형상인 경우의 에어리어 스캔의 일례를 나타낸다.
도 22 와 도 19 를 비교하면, 도 22 에서는, 측정광 (L1) 의 궤도가 파선 형상인 점 이외에는, 도 19 와 동일하다.

[0129] 도 10 으로 되돌아가 측정 처리의 설명을 계속한다.

[0130] 제어부 (21) 는, 위치 및 자세를 취득한다 (스텝 S30).

[0131] 여기서 도 23 을 참조하여, 위치 및 자세를 취득하는 처리인 위치 자세 취득 처리의 상세함에 대해서 설명한다.
도 23 은, 본 실시형태에 관련된 위치 자세 취득 처리의 일례를 나타내는 도면이다.

[0132] 제어부 (21) 는, 반사 소자의 중심의 위치에 기초하여 원 궤도 (TC1) 를 산출한다 (스텝 S310). 반사 소자의 중심의 위치란, 파인 서치의 처리 (스텝 S20) 에 있어서 추정된 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 중심의 위치이다. 원 궤도 (TC1) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자

(41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과 가능한 소정의 궤도의 일례이다.

[0133] 또한, 원 궤도 (TC1) 를 산출하는 처리는, 측정 장치 (1) 와는 별체의 제어 장치에 의해 실행되어도 된다. 당해 제어 장치는, 위치 취득부 (206) 에 의해 취득된 측정 결과로서 소정의 범위를 소용돌이 형상의 궤도를 따라 주사된 측정광 (L1) 에 의한 측정 결과에 기초하여, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과하는 측정광 (L1) 의 궤도 (일례로서 원 궤도 (TC1)) 를 산출한다. 또한, 제어부 (21) 는, 측정 장치 (1) 를 제어하는 제어 장치의 일례이다. 요컨대, 본 실시형태에서는, 측정 장치 (1) 는 당해 제어 장치를 제어부 (21) 로서 구비한다.

[0134] 여기서 도 24 를 참조하여, 원 궤도 (TC1) 의 산출 방법에 대해서 2 가지 방법을 설명한다. 도 24 는, 본 실시형태에 관련된 원 궤도 (TC1) 의 산출 방법의 일례를 나타내는 도면이다. 원 궤도 (TC1) 를 산출하는 첫 번째 방법은, 2 차원 평면에 있어서의 원의 방정식을, 3 차원 공간에 있어서의 원의 방정식으로 확장하는 것이다.

[0135] 도 24 에 있어서, 위치 (P1), 위치 (P2), 및 위치 (P3) 는, 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 각각의 중심의 위치를 나타낸다. 원 궤도 (TC1) 는, 위치 (P1), 위치 (P2), 및 위치 (P3) 를 통과하는 원을 나타낸다.

[0136] 3 차원 공간에 있어서의 원의 방정식은, 식 (1) 에 의해 개시된다. 또한, 도 24 의 설명에 있어서는, 3 차원 벡터를, 「X→」와 같이 문자에 화살표의 기호를 붙여서 나타낸다.

수학식 1

[0137] $$\vec{X} = \vec{A} + rcos(t)\vec{u} + rsin(t)\vec{v} \quad \cdots (1)$$

[0138] 여기서 3 차원 벡터 X→ 는, 원 궤도 (TC1) 의 임의의 시각에 있어서의 점의 위치를 나타낸다. 3 차원 벡터 A→ 는, 원 궤도 (TC1) 가 나타내는 원의 중심 (CP1) 의 위치를 나타낸다. r 은, 원 궤도 (TC1) 가 나타내는 원의 반지름을 나타낸다. 3 차원 벡터 u→ 는, 중심 (CP1) 으로부터 위치 (P1) 로의 방향을 방향으로 갖는 단위 벡터를 나타낸다. 3 차원 벡터 v→ 는, 위치 (P1), 위치 (P2), 및 위치 (P3) 를 포함하는 2 차원 평면 π 에 있어서 3 차원 벡터 u→ 와 직교하는 단위 벡터를 나타낸다. 또한, 당해 2 차원 평면 π 에 있어서 3 차원 벡터 u→ 와 직교하는 단위 벡터는 2 가지 있지만, 3 차원 벡터 v→ 는, 당해 2 가지의 단위 벡터 중 어느 것이어도 된다. t 는 시각에 대응하는 파라미터를 나타낸다.

[0139] 도 24 에 나타내는 예에서는, 이하의 3 가지 조건에 기초하여, 3 차원 벡터 A→ 의 성분을 변수로 하는 연립 방정식을 풂으로써 3 차원 벡터 A→ 가 산출된다. 첫 번째 조건은, 중심 (CP1) 이 2 차원 평면 π 상에 있다는 조건이다. 두 번째 조건은, 위치 (P1) 를 시점으로 하고 위치 (P3) 를 종점으로 하는 벡터와, 위치 (P1) 와 위치 (P3) 의 중점 (中點) 을 시점으로 하고 중심 (CP1) 을 종점으로 하는 벡터 j→ 가 직교한다는 조건이다. 세 번째 조건은, 위치 (P1) 를 시점으로 하고 위치 (P2) 를 종점으로 하는 벡터와, 위치 (P1) 와 위치 (P2) 의 중점을 시점으로 하고 중심 (CP1) 을 종점으로 하는 벡터 k→ 가 직교한다는 조건이다.

[0140] 원 궤도 (TC1) 를 산출하는 두 번째 방법은, 쿼터니언 (사원수라고도 한다) 을 사용하는 방법이다. 쿼터니언을 사용하는 방법에서는, 회전시키는 대상이 되는 점의 좌표를 쿼터니언 p 에 대응시키고, 회전 후의 점의 좌표를 쿼터니언 p' 에 대응시킨다. 쿼터니언 p 와 쿼터니언 p' 의 관계는, 식 (2) 에 의해 개시된다.

수학식 2

[0141] $$p' = qpq^{-1} \quad \cdots (2)$$

[0142] 여기서 쿼터니언 q 는, 회전축과 회전량을 나타낸다. 쿼터니언 q−1 은, 쿼터니언 q 의 공액이 되는 쿼터니언을 나타낸다.

[0143] 시각 t 에 있어서의, 궤도 상의 점의 좌표를 나타내는 3 차원 벡터 s→ 는, 식 (3) 과 같이 개시된다.

수학식 3

[0144] $$\vec{s} = \vec{A} + \overrightarrow{p'} \quad \cdots (3)$$

[0145] 여기서, 3 차원 벡터 A→ 는, 원 궤도 (TC1) 의 중심의 좌표를 나타내는 3 차원 벡터이다. 3 차원 벡터 p' → 는, 쿼터니언 p' 에 대응하는 3 차원 벡터이다.

[0146] 쿼터니언을 사용하는 방법에서는, 3 차원 벡터를 사용하는 방법에 비해서, 3 차원 공간에 있어서의 회전을 산출하기 위한 연산 부하를 작게 할 수 있다. 그래서, 반사 소자의 중심의 위치에 기초하여 원 궤도 (TC1) 를 산출하는 처리에는, 쿼터니언을 사용하는 방법이 적합하다.

[0147] 도 23 으로 되돌아가 위치 자세 취득 처리의 설명을 계속한다.

[0148] 제어부 (21) 는, 산출된 원 궤도 (TC1) 를 따라 측정광 (L1) 을 조사함으로써 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 취득한다 (스텝 S320). 제어부 (21) 는, 조사부 (201) 및 조사 방향 구동부 (204) 를 제어하여, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 취득한다.

[0149] 제어부 (21) 는, 로봇 (T1) 의 위치를 취득한다 (스텝 S330). 제어부 (21) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치에 기초하여 로봇 (T1) 의 위치를 취득한다.

[0150] 여기서 로봇 (T1) 의 위치는, 로봇 (T1) 의 가동부에 장착되어 있는 타깃 부재 (4) 의 기준 위치이다. 타깃 부재 (4) 의 기준 위치는, 예를 들어 타깃 부재 (4) 의 소정 부분의 소정의 위치이다. 타깃 부재 (4) 의 소정 부분은, 예를 들어 타깃 부재 (4) 중 로봇 (T1) 의 가동부에 가까운 부분이다. 타깃 부재 (4) 의 소정 부분은, 예를 들어 후술하는 설치 부재 (45) 이다. 타깃 부재 (4) 의 소정 부분의 소정의 위치는, 예를 들어, 설치 부재 (45) 의 로봇 (T1) 의 가동부에 접하는 면의 중심의 위치, 또는 후술하는 설치면 (46) 의 중심의 위치 등이다.

[0151] 로봇 (T1) 의 가동부의 위치가 이동한 경우, 당해 가동부에 장착되어 있는 타깃 부재 (4) 의 기준 위치는 이동한다. 로봇 (T1) 의 위치 정보란, 로봇 (T1) 의 가동부에 장착되어 있는 타깃 부재 (4) 의 기준 위치를 나타내는 정보이다.

[0152] 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치와 타깃 부재 (4) 의 기준 위치는, 소정의 위치 관계에 있다. 제어부 (21) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치에 기초하여 타깃 부재 (4) 의 기준 위치를 산출한다. 요컨대, 제어부 (21) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치 정보에 기초하여 로봇 (T1) 의 위치 정보를 취득한다.

[0153] 여기서 조사부 (201) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과 가능한 소정의 궤도 (원 궤도 (TC1)) 를 따라 측정광 (L1) 을 주사 가능하다. 또한, 조사부 (201) 는, 소정의 속도 이상으로 원 궤도 (TC1) 를 따라 주사하면서 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 측정광 (L1) 을 축차로 조사한다. 요컨대, 조사부 (201) 는, 소정의 속도 이상으로 소정의 궤도를 따라 주사하면서 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 측정광 (L1) 을 축차로 조사 가능하다.

[0154] 여기서 측정 대상인 로봇 (T1) 의 위치 정보와 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하기 위해서는, 로봇 (T1) 에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자의 위치 정보를 취득할 필요가 있다. 어느 시각에 있어서의 로봇 (T1) 의 위치 정보 및 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득하기 위해서는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치 정보가 취득되는 시간차는 가능한 한 작은 것 (요컨대, 3 개의 반사 소자 각각의 위치 정보는 가능한 한 같은 시각에 취득되는 것) 이 요구된다.

[0155] 본 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 에서는, 조사부 (201) 는 1 개의 광빗 간섭계 (11) 를 구비한다. 본 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 에서는, 조사부 (201) 가, 소정의 속도 이상으로 소정의 궤도를 따라 주사하면서 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 측정광 (L1) 을 축차로

조사한다. 그래서, 본 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 에서는, 1 개의 광빗 간섭계 (11) 밖에 구비하지 않는 경우이더라도, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치 정보가 취득되는 시간차를 작게 할 수 있다.

[0156] 상기 서술한 바와 같이, 원 궤도 (TC1) 는, 4 분할 PSD (12) 에 의한 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치의 검출 결과 (파인 서치의 결과) 에 기초하여 산출된 궤도이다. 4 분할 PSD (12) 에 의한 위치의 검출 결과란, 제 1 촬상부 (22) 에 의한 촬상 결과이다. 요컨대, 원 궤도 (TC1) 는, 제 1 촬상부 (22) 에 의한 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 촬상 결과에 기초하여 산출된 궤도이다. 또, 상기 서술한 바와 같이, 측정광 (L1) 은, 원 궤도 (TC1) 를 따라 조사된다. 따라서, 측정광 (L1) 은, 제 1 촬상부 (22) 에 의한 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 촬상 결과에 기초하여 조사된다.

[0157] 또, 본 실시형태에서는, 상기 서술한 바와 같이, 4 분할 PSD (12) 에 의한 파인 서치를 실시하기 위해서, 미리 스테레오 카메라 (3) 에 의해 마커 (44) 를 촬상하는 러프 서치가 실시된다. 요컨대, 제 1 촬상부 (22) 에 의한 파인 서치는, 제 2 촬상부 (30) 에 의해 마커 (44) 를 촬상한 결과에 기초하여 실시된다. 따라서, 측정광 (L1) 은, 제 2 촬상부 (30) 에 의한 촬상 결과에 기초하여 조사된다.

[0158] 또한, 본 실시형태에서는, 조사부 (201) 가 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과 가능한 소정의 궤도를 따라 측정광 (L1) 을 주사하기 위한 당해 소정의 궤도로서, 원 궤도 (TC1) 가 산출되는 경우의 일례에 대해서 설명하였다. 원 궤도 (TC1) 는, 측정광 (L1) 의 조사 방향의 변화의 가속도의 변화가 작아지는 궤도의 일례이다. 요컨대, 본 실시형태에서는, 위치 취득부 (206) 는, 조사부 (201) 가 소정의 궤도를 따라 주사를 실시하기 위해서, 측정광 (L1) 의 조사 방향의 변화의 가속도의 변화가 작아지는 궤도를 당해 소정의 궤도로서 산출한다. 측정광 (L1) 의 조사 방향의 변화의 가속도의 변화가 작아지는 궤도의 다른 예는 타원 궤도이다. 그 경우, 위치 취득부 (206) 는, 스텝 S310 에 있어서 소정의 궤도로서 타원 궤도를 산출한다. 또, 측정광 (L1) 의 조사 방향의 변화의 가속도의 변화가 작아지는 궤도의 다른 일례는, 리사주 궤도 (Lissajous Orbit) 이다. 그 경우, 위치 취득부 (206) 는, 스텝 S310 에 있어서 소정의 궤도로서 리사주 궤도를 산출한다.

[0159] 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과 가능한 소정의 궤도는, 측정광 (L1) 의 조사 방향의 변화의 가속도의 변화가 작아지는 궤도인 것이, 가속도의 변화가 작아지지 않는 궤도에 비해서, 조사 방향 구동부 (204) 에 포함되는 PMA (14) 의 짐벌부에 대한 부하가 경감된다.

[0160] 또한, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과 가능한 소정의 궤도로서 다각형 궤도가 산출되어도 된다. 측정광 (L1) 의 조사 방향의 변화의 가속도의 변화가 작아지기 위해서는, 다각형 중에서도 복수의 반사 소자의 수와 동일한 수의 정점을 갖는 다각형이, 소정의 궤도로서 산출되는 것이 바람직하다.

[0161] 또, 측정광 (L1) 을 주사하기 위한 소정의 궤도로서, 원 궤도, 타원 궤도, 다각형 궤도, 이외의 궤도 (곡선 궤도 등) 가 산출되어도 된다. 그 경우에도, 측정광 (L1) 의 조사 방향의 변화의 가속도의 변화가 작아지는 궤도가 산출되는 것이 바람직하다.

[0162] 제어부 (21) 는, 취득한 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치에 기초하여 로봇 (T1) 의 자세를 취득한다 (스텝 S340).

[0163] 여기서 로봇 (T1) 의 자세는, 로봇 (T1) 의 가동부에 장착되어 있는 타깃 부재 (4) 의 회전 방향의 위치 (자세, 방향) 이다. 타깃 부재 (4) 의 회전 방향의 위치는, 예를 들어, 타깃 부재 (4) 중 로봇 (T1) 의 가동부에 가까운 부분의 회전 방향의 위치이다. 타깃 부재 (4) 의 회전 방향의 위치는, 예를 들어, 후술하는 설치 부재 (45) 의 회전 방향의 위치, 또는 후술하는 설치면 (46) 의 회전 방향의 위치 등이다.

[0164] 로봇 (T1) 의 가동부의 회전 방향의 위치가 변화한 경우, 당해 가동부에 장착되어 있는 타깃 부재 (4) 의 회전 방향의 위치는 변화한다. 로봇 (T1) 의 방향 정보란, 로봇 (T1) 의 가동부에 장착되어 있는 타깃 부재 (4) 의 방향 정보를 나타내는 정보이다.

[0165] 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치와 타깃 부재 (4) 의 회전 방향의 위치는 소정의 관계에 있다. 제어부 (21) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치에 기초하여 타깃 부재 (4) 의 회전 방향의 위치를 산출한다. 요컨대, 제어부 (21) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치 정보에 기초

하여 로봇 (T1) 의 방향 정보 (로봇 (T1) 의 자세 또는 방향) 를 취득한다.

[0166] 여기서 도 25 내지 도 27 을 참조하여, 로봇 (T1) 의 자세를 취득하는 처리인 자세 취득 처리에 대해서 설명한다. 본 실시형태에서는, 로봇 (T1) 에 3 개의 반사 소자가 장착되는 경우에 대해서 설명하고 있지만, 자세 취득 처리의 설명에서는, 로봇 (T1) 에 4 개의 반사 소자가 장착되는 경우의 일례에 대해서 설명한다. 로봇 (T1) 에 3 개의 반사 소자가 장착되는 경우의 자세 취득 처리는, 로봇 (T1) 에 4 개의 반사 소자가 장착되는 경우의 자세 취득 처리와 동일하다.

[0167] 도 25 는, 본 실시형태에 관련된 자세 취득 처리의 개요의 일례를 나타내는 도면이다. 자세 취득 처리에서는, 일례로서 알려진 좌표계를 복수의 반사 소자에 피팅한다. 알려진 좌표계를 복수의 반사 소자에 피팅한다는 것은, 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 복수의 점을 각각, 회전 및 또는 병진 (竝進) 시킴으로써, 복수의 반사 소자의 중심의 위치에 각각 중첩하는 것이다. 자세 취득 처리에서는, 복수의 반사 소자에 피팅한 알려진 좌표계에 기초하여, 복수의 반사 소자가 장착된 로봇 (T1) 의 자세 (방향) 를 추정한다.

[0168] 여기서 복수의 반사 소자의 중심의 위치에 대한 관계는 알려져 있는 것으로 한다. 복수의 반사 소자의 중심의 위치에 대한 관계가 알려져 있다는 것은, 복수의 반사 소자가 타깃 부재에 장착된 상태에 있어서, 당해 복수의 반사 소자의 중심의 위치에 대한 관계가 알려져 있다는 것에 따르고 있다. 복수의 반사 소자가 타깃 부재에 장착된 상태에 있어서의 복수의 반사 소자의 중심의 위치에 대한 관계는, 상기 서술한 바와 같이 반사 소자 배치 정보로서 기억부 (24) 에 미리 기억되어 있다.

[0169] 또한, 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 복수의 점의 수는, 복수의 반사 소자의 수와 동일하다.

[0170] 도 25 에서는, 점 xp, 점 yp, 점 zp, 및 점 op 는 각각, 4 개의 반사 소자의 중심의 위치 각각을 나타낸다.

[0171] 도 25 에 나타내는 예에서는, 알려진 좌표계로서 알려진 좌표계 C0 가 도시되어 있다. 알려진 좌표계 C0 는, 일례로서 점 o1 을 원점으로 하는 직교 좌표계이다. 점 x1 은, 알려진 좌표계 C0 의 x 축 상의 점이고, 점 x1 의 x 좌표는 좌표 K1 이다. 점 y1 은, 알려진 좌표계 C0 의 y 축 상의 점이고, 점 y1 의 y 좌표는 좌표 K2 이다. 점 z1 은, 알려진 좌표계 C0 의 z 축 상의 점이고, 점 z1 의 z 좌표는 좌표 K3 이다. 알려진 좌표계 C0 에 있어서, 좌표 K1 은 점 xp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이와 동일하고, 좌표 K2 는 점 yp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이와 동일하고, 좌표 K3 점 zp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이와 동일하다.

[0172] 또한, 알려진 좌표계 C0 로서는, 예를 들어 상기 서술한 기준 좌표계 (타깃 부재 (4) 가 배치되는 공간 내에 있어서의 좌표계) 를 선택하면 된다.

[0173] 자세 취득 처리에서는, 점 x1, 점 y1, 점 z1, 및 점 o1 을 각각, 회전 및 또는 병진의 조작에 의해 점 xp, 점 yp, 점 zp, 및 점 op 에 각각 중첩한다. 여기서 회전 및 또는 병진의 과정에 있어서, 점 x1, 점 y1, 점 z1, 및 점 o1 의 상호 간의 위치 관계는 변화하지 않는다. 요컨대, 회전 및 또는 병진의 조작은, 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 복수의 점에 대해서 공통이다.

[0174] 도 25 에서는, 일례로서 점 xp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이, 점 yp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이, 및 점 zp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이는, 서로 상이한 것으로 한다. 따라서, 좌표 K1, 좌표 K2, 및 좌표 K3 은 서로 상이하다. 그래서, 도 25 에 나타내는 예에서는, 점 x1, 점 y1, 점 z1, 및 점 o1 을 각각, 회전 및 또는 병진의 조작에 의해, 점 xp, 점 yp, 점 zp, 및 점 op 에 각각 중첩하는 경우에, 중첩 (피팅) 의 방법은 일률적으로 된다.

[0175] 알려진 좌표계를 복수의 반사 소자에 피팅하기 위해서는, 회전 및 또는 병진을 나타내는 좌표 변화를 산출할 필요가 있다. 본 실시형태에서는, 일례로서 주성분 분석에 기초하여 좌표 변화를 나타내는 행렬 중 회전을 나타내는 행렬을 산출한다.

[0176] 여기서 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 복수의 점의 위치를 각각 나타내는 3 차원 벡터 Ai (i = 1, 2, · · ·, N : N 은 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 복수의 점의 수이고, 로봇 (T1) 에 4 개의 반사 소자가 장착되는 경우에는 4 이다.) 와, 복수의 반사 소자의 위치를 각각 나타내는 3 차원 벡터 Bi (i = 1, 2, · · ·, N : N 은 반사 소자의 수이고, 로봇 (T1) 에 4 개의 반사 소자가 장착되는 경우에는 4 이다.) 를 생각한다. 또한, 로봇 (T1) 에 3 개의 반사 소자가 장착되는 경우에는 N 은 3 이다.

[0177] 식 (4) 에 의해 개시되는 행렬 H 에 대하여 특이값 분해를 실행함으로써, 회전을 나타내는 행렬 R 을 산출할 수 있다.

수학식 4

[0178] $$H = (A - centroid_A)(B - centroid_B)^T \quad \cdots (4)$$

[0179] 여기서 행렬 A 는, 3 차원 벡터 Ai 를 열로서 나열한 행렬이다. 행렬 A 는, 3 차원 벡터 Ai 가 나타내는 점의 집합을 나타낸다. 행렬 B 는, 3 차원 벡터 Bi 를 열로서 나열한 행렬이다. 행렬 B 는, 3 차원 벡터 Bi 가 나타내는 점의 집합을 나타낸다. 행렬 centroid A 는, 식 (5) 에 나타내는 바와 같이, 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 복수의 점의 무게 중심의 위치를 나타내는 3 차원 벡터를 열로서 나열한 행렬이다.

수학식 5

[0180] $$centroid_A = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} A^i \quad \cdots (5)$$

[0181] 행렬 centroid B 는, 식 (6) 에 나타내는 바와 같이, 복수의 반사 소자의 위치의 무게 중심의 위치를 나타내는 3 차원 벡터를 열로서 나열한 행렬이다.

수학식 6

[0182] $$centroid_B = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} B^i \quad \cdots (6)$$

[0183] 식 (4) 에 나타내는 바와 같이, 행렬 H 에서는, 행렬 A 에서 행렬 centroid A 를 뺀 행렬에, 행렬 B 에서 행렬 centroid B 를 뺀 행렬의 전치행렬이 곱해져 있다. 따라서, 행렬 H 를 생각함으로써, 행렬 A 가 나타내는 점의 집합과 행렬 B 가 나타내는 점의 집합을 중첩하는 문제를, 병진에 의해 중첩되는 성분은 미리 줄이고, 회전에 의해 중첩하는 문제로 귀착할 수 있다.

[0184] 당해 회전을 산출하기 위해서, 식 (7) 에 나타내는 바와 같이, 행렬 H 에 특이값 분해를 실행한다.

수학식 7

[0185] $$[U, S, V] = SVD(H) \quad \cdots (7)$$

[0186] 여기서 어느 행렬 E 에 대한 특이값 분해는, 식 (8) 및 식 (9) 에 의해 정의된다.

수학식 8

[0187] $$[U, S, V] = SVD(E) \quad \cdots (8)$$

수학식 9

[0188] $$E = USV^T \quad \cdots (9)$$

[0189] 식 (8) 및 식 (9) 에 있어서, 행렬 U 는 좌측 특이 벡터 행렬이고, 행렬 V 는 우측 특이 벡터 행렬이고, 행렬 S 는 특이값을 대각 (對角) 성분에 갖는 행렬이다.

[0190] 식 (7) 과 같이 행렬 H 에 특이값 분해를 실행한 결과 얻어지는 행렬 V 와 행렬 U 을 사용하면, 행렬 A 가 나타내는 점의 집합과 행렬 B 가 나타내는 점의 집합을 중첩하는 경우의 회전을 나타내는 행렬 R 은, 식 (10) 과 같이 산출된다.

수학식 10

[0191] $$R = VU^T \quad \cdots (10)$$

[0192] 다음으로, 병진을 나타내는 행렬 t 를 산출한다. 행렬 A 와 행렬 B 는, 회전을 나타내는 행렬 R 과 병진을 나타내는 행렬 t 에 의해 식 (11) 과 같이 개시된다.

수학식 11

[0193] $$R \times A + t = B \quad \cdots (11)$$

[0194] 상기 서술한 행렬 centroid A 및 행렬 centroid B 를 사용하면, 식 (11) 로부터 식 (12) 를 얻는다.

수학식 12

[0195] $$R \times centroid_A + t = centroid_B \quad \cdots (12)$$

[0196] 식 (12) 로부터, 병진을 나타내는 행렬 t 는, 회전을 나타내는 행렬 R, 행렬 centroid A, 및 행렬 centroid B 를 사용하여 식 (13) 에 나타내는 바와 같이 산출된다.

수학식 13

[0197] $$t = centroid_B - R \times centroid_A \quad \cdots (13)$$

[0198] 도 26 에, 알려진 좌표계 C0 에 있어서의 좌표가 알려져 있는 4 개의 점인 점 x1, 점 y1, 점 z1, 및 점 o1 을 4 개의 반사 소자의 위치에 중첩하는 처리의 일례를 나타낸다. 점 xp, 점 yp, 점 zp, 및 점 op 는 각각, 4 개의 반사 소자 각각의 위치를 나타낸다. 점 x1, 점 y1, 점 z1, 및 점 o1 이 각각, 점 xp, 점 yp, 점 zp, 및 점 op 각각에 중첩되도록, 점 x1, 점 y1, 점 z1, 및 점 o1 에 대하여 회전 및 또는 병진이 실시된다. 점 x1, 점 y1, 점 z1, 및 점 o1 은 각각, 점 xp, 점 yp, 점 zp, 및 점 op 각각에 중첩됨으로써, 알려진 좌표계 C0 와 타깃 좌표계 C1 은 대응된다.

[0199] 복수의 반사 소자 각각의 위치를 측정한 것만으로는, 당해 복수의 반사 소자 각각을 식별할 수는 없다. 알려진 좌표계 C0 를 복수의 반사 소자에 피팅한 후에는, 복수의 반사 소자 각각과, 알려진 좌표계 C0 에 있어서

의 좌표가 알려져 있는 복수의 점 각각이 대응된다. 그래서, 알려진 좌표계 C0 를 복수의 반사 소자에 피팅한 후에는, 복수의 반사 소자 각각을 식별 가능하다.

[0200] 또, 알려진 좌표계 C0 가 복수의 반사 소자에 피팅된 후에는, 알려진 좌표계 C0 에 기초하여 각종의 연산을 실행할 수 있다. 각종의 연산이란, 예를 들어 로봇 (T1) 의 툴 센터 포인트의 위치의 산출, 각종의 POST 처리 등이다. 예를 들어, 로봇 (T1) 의 툴 센터 포인트의 위치의 산출은, 위치 취득부 (206) 에 의해 실시된다. 요컨대, 위치 취득부 (206) 는, 로봇 (T1) 의 툴 센터 포인트에 관한 정보를 취득한다.

[0201] 상기 서술한 처리에 있어서는, 점 xp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이, 점 yp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이, 및 점 zp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이는 서로 상이한 것으로 하여, 알려진 좌표계를 복수의 반사 소자에 중첩하는 방법이 일률적으로 되는 경우에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 점 xp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이, 점 yp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이, 및 점 zp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이 중 서로 동일한 것이 있어도 된다.

[0202] 점 xp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이, 점 yp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이, 및 점 zp 와 점 op 를 연결하는 변의 길이 중 서로 동일한 것이 있는 경우, 알려진 좌표계를 복수의 반사 소자에 중첩하는 방법은 일률적으로는 되지 않는다. 알려진 좌표계를 복수의 반사 소자에 중첩하는 방법은 일률적으로는 되지 않는 것에 따라서, 복수의 반사 소자 중 식별할 수 없는 것이 발생하기 때문에, 복수의 반사 소자가 배치되는 타깃 부재의 방향이 일률적으로는 판정할 수 없는 경우가 있다.

[0203] 예를 들어, 4 개의 반사 소자가 정사면체의 정점에 대응하는 위치에 배치되는 경우, 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 복수의 점은 정사면체의 정점에 대응하는 좌표를 갖게 된다. 알려진 좌표계에 있어서의 좌표가 알려져 있는 복수의 점을 정점에 갖는 정사면체를, 4 개의 반사 소자의 중심을 정점에 갖는 정사면체에 중첩하는 경우, 중첩의 방법은 일률적이지 않기 때문에, 당해 4 개의 반사 소자가 배치되는 타깃 부재의 방향은 일률적으로는 판정할 수 없다.

[0204] 또한, 타깃 부재의 방향은 일률적으로는 판정할 수 없는 경우이더라도, 타깃 부재의 방향이 복수의 방향 중 어느 것인지는 판정할 수 있다.

[0205] 도 26 에는, 측정 장치 (1) 에 의한 타깃 부재 (4) 의 위치의 측정의 오차를 나타낸다. 당해 오차는, 측정 장치 (1) 에 의해 측정된 점 xp, 점 yp, 점 zp, 및 점 op 각각의 좌표의 알려진 좌표계 C0 에 있어서의 좌표가 알려져 있는 4 개의 점인 점 x1, 점 y1, 점 z1, 및 점 o1 각각의 좌표에 대한 오차이다.

[0206] 도 26 에서는, 그 크기에 따라 당해 오차를 나타내는 오차 벡터를, 점 xp, 점 yp, 점 zp, 및 점 op 각각에 대해서 나타낸다. 오차 벡터 dx→ 는, 점 x1 의 위치의 점 xp 의 위치에 대한 오차를 나타낸다. 오차 벡터 dy→ 는, 점 y1 의 위치의 점 yp 의 위치에 대한 오차를 나타낸다. 오차 벡터 dz→ 는, 점 z1 의 위치의 점 zp 의 위치에 대한 오차를 나타낸다. 오차 벡터 do→ 는, 점 o1 의 위치의 점 op 의 위치에 대한 오차를 나타낸다.

[0207] 도 27 은, 오차 벡터의 크기를 나타내는 그래프를 나타낸다. 도 27 에 따르면, 오차 벡터의 크기는 0.6 ㎛ 정도이다. 측정 장치 (1) 에 의한 타깃 부재 (4) 의 위치의 측정의 정밀도가 1 ㎛ 정도인 경우, 타깃 부재 (4) 의 위치 및 자세의 측정의 정밀도는 0.6 ㎛ 정도가 된다. 측정 장치 (1) 에 의한 타깃 부재 (4) 의 위치의 측정의 정밀도가 1 ㎚ 정도인 경우, 타깃 부재 (4) 의 위치 및 자세의 측정의 정밀도는 서브 ㎚ 정도가 되는 것이 기대된다.

[0208] 도 23 으로 되돌아가 위치 자세 취득 처리의 설명을 계속한다.

[0209] 제어부 (21) 는, 추정된 위치 및 자세를 출력한다 (스텝 S350). 제어부 (21) 는, 로봇 (T1) 에 대해서, 추정된 위치를 나타내는 위치 정보와 추정된 자세를 나타내는 방향 정보를 출력한다. 제어부 (21) 는, 예를 들어 로봇 (T1) 의 제어 시스템에 송신함으로써 출력한다.

[0210] 이상에서 제어부 (21) 는, 위치 자세 취득 처리를 종료한다.

[0211] 또한, 본 실시형태에서는, 측정 장치 (1) 가 측정 처리를 실행하는 동안, 로봇 (T1) 의 위치 및 자세는 변화하지 않는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 측정 장치 (1) 가 측정 처리를 실행하는 동안, 로봇 (T1) 의 위치 및 자세는 변화해도 된다. 측정 처리 동안에 로봇 (T1) 의 위치 및 자세가 변화하는 경우, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 에 측정광 (L1) 이 축차로 조사되는 각각의 시각 상호 간에 있어서, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자

(43)) 의 위치 및 자세는 변화할 수 있다.

[0212] 측정 처리 동안에 로봇 (T1) 의 위치 및 자세가 변화하는 경우, 측정 장치 (1) 는, 예를 들어 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 측정광 (L1) 이 조사된 시각의 차이에 기초하여 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치를 추정해도 된다. 측정 장치 (1) 는, 예를 들어 반사 소자 (41) 에 측정광 (L1) 이 조사된 시각과 반사 소자 (42) 에 측정광 (L1) 이 조사된 시각의 차이, 및 반사 소자 (42) 에 측정광 (L1) 이 조사된 시각과 반사 소자 (43) 에 측정광 (L1) 이 조사된 시각의 차이로부터, 어느 시각에 있어서의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치를 추정해도 된다. 측정 장치 (1) 는, 어느 시각에 있어서의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치를 추정한 결과에 기초하여 로봇 (T1) 의 위치 및 자세를 취득해도 된다.

[0213] 측정 장치 (1) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 중 1 개의 위치에 대해서는 측정값을 사용하여, 나머지의 2 개 각각의 위치에 대해서는 추정값을 사용해도 된다. 예를 들어, 반사 소자 (42) 의 위치를 측정한 시각 (요컨대, 반사 소자 (42) 에 측정광 (L1) 을 조사한 시각) 을 기준의 시각으로 하는 경우, 측정 장치 (1) 는, 반사 소자 (42) 의 위치에 대해서는 측정값을 사용한다. 측정 장치 (1) 는, 반사 소자 (41) 의 위치 및 반사 소자 (43) 의 시각에 대해서는, 기준의 시각에 있어서의 추정값을 산출한다. 또한, 반사 소자 (41) 의 위치를 측정한 시각, 또는 반사 소자 (43) 의 위치를 측정한 시각이 기준의 시각으로 되어도 된다.

[0214] 또한, 측정 처리 동안에 로봇 (T1) 의 위치 및 자세가 변화하는 경우이더라도, 측정 장치 (1) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 측정한 시각 상호 간의 시간차를 무시하고, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치의 측정 결과를, 그대로 위치 정보로서 사용해도 된다. 3 개의 반사 소자 각각의 위치를 측정한 시각 상호 간의 시간차를 무시할 수 있는 경우란, 당해 시간차가 매우 짧기 때문에, 측정 처리 동안에 로봇 (T1) 의 위치 및 자세의 변화가, 측정 장치 (1) 에 의한 측정 정밀도 정도가 되는 경우이다.

[0215] 또, 측정 처리 동안에 로봇 (T1) 은 일시 정지되어도 된다. 그 경우, 예를 들어, 측정 개시를 나타내는 신호인 측정 개시 신호가 로봇 (T1) 의 제어 시스템으로부터 측정 장치 (1) 에 송신되어도 된다. 측정 개시 신호가 로봇 (T1) 의 제어 시스템으로부터 측정 장치 (1) 에 송신되는 경우, 당해 제어 시스템은, 로봇 (T1) 을 일시 정지시킨 후에, 측정 개시 신호를 측정 장치 (1) 에 송신한다. 또, 로봇 (T1) 을 일시 정지시키는 명령을 나타내는 정지 신호가 측정 장치 (1) 로부터 로봇 (T1) 의 제어 시스템에 송신되어도 된다. 정지 신호가 측정 장치 (1) 로부터 로봇 (T1) 의 제어 시스템에 송신되는 경우, 당해 제어 시스템은, 정지 신호에 기초하여 로봇 (T1) 을 일시 정지시킨다. 당해 제어 시스템은, 로봇 (T1) 이 정지한 것을 나타내는 신호를 측정 장치 (1) 에 송신한다.

[0216] 측정 개시 신호가 송신되는 경우와 정지 신호가 송신되는 경우 중 어느 경우에나, 측정 장치 (1) 는, 로봇 (T1) 이 정지한 것이 확인된 후에 측정 처리를 개시한다.

[0217] 상기 서술한 바와 같이, 위치 자세 취득 처리에서는, 위치 취득부 (206) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치에 관한 정보에 기초하여 위치 정보와 방향 정보를 취득한다. 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치에 관한 정보란, 본 실시형태에서는 일례로서 4 분할 PSD (12) 에 의해 검출된 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 나타내는 정보이다. 위치 정보는, 일례로서 타깃 부재 (4) 가 배치되는 공간 내에 있어서의 기준 좌표계의 좌표에 의해 표시되고, 직각 좌표 (X, Y, Z) 내의 위치를 나타낸다. 그 경우, 위치 정보는, 제 1 축 (X 축) 에 관한 위치 정보, 제 2 축 (Y 축) 에 관한 위치 정보, 및 제 3 축 (Z 축) 에 관한 위치 정보이다. 방향 정보는, 제 1 축 (X 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 제 2 축 (Y 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 및 제 3 축 (Z 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보이다.

[0218] 상기 서술한 바와 같이, 위치 자세 취득 처리에서는, 제어부 (21) 에 제어되어, 조사부 (201) 에 의해 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 대한 측정광 (L1) 의 조사가 반복적으로 실시된다.

[0219] 측정 장치 (1) 에서는, 측정의 과정에 있어서, 측정광 (L1) 이 손실된 경우이더라도, 광빗 간섭계 (11) 에 의해

서브 마이크로미터 오더의 정밀도로 측정광이 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 에 조사되도록 조사 방향 구동부 (204) 에 의해 조사부 (201) 를 구동할 수 있다. 예를 들어, 측정광 (L1) 이 손실된 경우란, 측정 장치 (1) 와 타깃 부재 (4) 의 사이에 장애물이 계속 있던 경우 등이다.

[0220] 다음으로 도 28 내지 도 30 을 참조하여, 타깃 부재 (4) 의 구성에 대해서 설명한다. 도 28 은, 본 실시형태에 관련된 타깃 부재 (4) 의 구성의 일례를 나타내는 도면이다. 설치 부재 (45) 의 설치면 (46) 상에는, 유지부 (47), 유지부 (48), 및 유지부 (49) 가 형성되어 있다. 유지부 (47) 는, 반사 소자 (41) 를 유지하는 부재이다. 반사 소자 (41) 는, 유지부 (47) 에 유지되며 설치면 (46) 상에 배치된다. 유지부 (48) 는, 반사 소자 (42) 를 유지하는 부재이다. 반사 소자 (42) 는, 유지부 (48) 에 유지되며 설치면 (46) 상에 배치된다. 유지부 (49) 는, 반사 소자 (43) 를 유지하는 부재이다. 반사 소자 (43) 는, 유지부 (49) 에 유지되며 설치면 (46) 상에 배치된다. 또한, 설치면 (46) 은 평면이어도 된다.

[0221] 마커 (44) 는, 설치면 (46) 상에 배치된다. 마커 (44) 는, 설치면 (46) 상에 있어서, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 배치되는 위치보다 설치면 (46) 의 중앙에 가까운 위치에 배치된다. 요컨대, 마커 (44) 는, 설치면 (46) 상에 있어서 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 에 둘러싸이도록 배치된다. 또한, 마커 (44) 는, 유지부 (47), 유지부 (48), 또는 유지부 (49) 중 어느 것에 배치되어 있어도 된다.

[0222] 도 29 에, 반사 소자 (41) 가 유지부 (47) 에 유지된 상태에 있어서의 단면도를 나타낸다. 반사 소자 (41) 의 형상은, 일례로서 구이다. 중심 (SC1) 은, 구형인 반사 소자 (41) 의 중심을 나타낸다. 반사 소자 (42) 의 형상 및 반사 소자 (43) 의 형상은 각각, 반사 소자 (41) 의 형상과 동일한 구이다. 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 의 크기는 서로 동일하다. 반사 소자 (42) 가 유지부 (48) 에 유지된 상태, 및 반사 소자 (43) 가 유지부 (49) 에 유지된 상태는 각각, 반사 소자 (41) 가 유지부 (47) 에 유지된 상태와 동일하다.

[0223] 여기서 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는 각각, 제 1 반사 소자, 제 2 반사 소자 및 제 3 반사 소자 각각의 일례이다. 반사 소자 (41) 가 유지부 (47) 에 유지된 상태에 있어서의 반사 소자 (41) 의 중심 (SC1) 의 위치를, 반사 소자 (41) 가 타깃 부재 (4) 에 배치되는 위치로서 제 1 위치라고 한다. 마찬가지로, 반사 소자 (42) 가 유지부 (48) 에 유지된 상태에 있어서의 반사 소자 (42) 의 중심의 위치를, 반사 소자 (42) 가 타깃 부재 (4) 에 배치되는 위치로서 제 2 위치라고 한다. 반사 소자 (43) 가 유지부 (49) 에 유지된 상태에 있어서의 반사 소자 (43) 의 중심 (SC1) 의 위치를, 반사 소자 (43) 가 타깃 부재 (4) 에 배치되는 위치로서 제 3 위치라고 한다.

[0224] 본 실시형태에서는, 반사 소자 (41) 가 배치되는 제 1 위치와 반사 소자 (42) 가 배치되는 제 2 위치를 연결하는 제 1 변, 당해 제 2 위치와 반사 소자 (43) 가 배치되는 제 3 위치를 연결하는 제 2 변, 및 당해 제 3 위치와 당해 제 1 위치를 연결하는 제 3 변의 길이는 각각 상이하다. 또한, 제 1 내지 제 3 위치를 각각, 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 각각의 중심 위치로 해도 된다.

[0225] 또, 제 1 내지 제 3 위치를 각각, 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 각각의 중심 위치 의외로 해도 된다. 예를 들어, 제 1 내지 제 3 위치를 각각, 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 각각의 중심 위치로부터 설치면으로 내린 수직선이 설치면과 교차하는 위치로 해도 된다. 다른 일례로서 제 1 내지 제 3 위치는 각각, 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 각각의 내측에 포함되는 위치이면 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 각각의 중심으로부터 어긋난 소정의 위치여도 된다. 다른 일례로서 제 1 내지 제 3 위치는 각각, 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 각각에 대하여 미리 정해진 위치 (요컨대, 소정의 상대 위치) 이면, 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43) 각각의 외측의 위치여도 된다.

[0226] 상기 서술한 바와 같이, 측정 장치 (1) 는, 원 궤도 (TC1) 를 따라 측정광 (L1) 을 조사함으로써 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 취득한다. 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 취득하는 것만으로는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 서로 식별할 수 없는 경우가 있다. 예를 들어, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 설치면 (46) 상에 있어서 마커 (44) 의 위치로부터 동일한 거리의 위치에 배치되는 경우, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 취득하는 것만으로는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 서로 식별할 수는 없다.

[0227] 본 실시형태에서는, 제 1 변과 제 2 변과 제 3 변의 길이가 각각 상이하기 때문에, 알려진 좌표계를, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 에 피팅함으로써, 당해 3 개의 반사 소자를 서로 식별할 수 있다.

[0228] 또, 도 28 에 나타내는 예에서는, 제 1 위치, 제 2 위치, 및 제 3 위치는, 설치면 (46) 상에 있어서 동심원 상에 위치한다. 당해 동심원의 중심의 위치는, 마커 (44) 의 위치와는 상이한 설치면 (46) 상의 소정의 위치이다.

[0229] 또, 설치면 (46) 상에 있어서, 반사 소자 (41) 의 중심과 마커 (44) 의 거리, 반사 소자 (42) 의 중심과 마커 (44) 의 거리, 및 반사 소자 (43) 의 중심과 마커 (44) 의 거리는 서로 상이하다. 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는, 마커 (44) 로부터의 거리에 기초하여 서로 식별되어도 된다.

[0230] 또한, 타깃 부재 (4) 에 있어서, 제 1 변의 길이, 제 2 변의 길이, 및 제 3 변의 길이는 각각 변경 가능하게 되어도 된다. 예를 들어, 설치면 (46) 상에, 슬라이딩하는 판상 부재가 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 마다 형성되고, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는 각각, 당해 판상 부재에 장착된다. 당해 판상 부재를 슬라이딩시킴으로써, 제 1 변의 길이, 제 2 변의 길이, 및 제 3 변의 길이는 각각 변경 가능하다. 또, 설치면 (46) 상에, 반사 소자마다 복수의 장착 위치가 형성되고, 반사 소자마다 당해 복수의 장착 위치를 변경함으로써, 제 1 변의 길이, 제 2 변의 길이, 및 제 3 변의 길이는 각각 변경 가능하게 되어도 된다.

[0231] 다시 도 29 를 참조하여 설명한다. 유지부 (47) 에는, 홈 (470) 이 형성된다. 홈 (470) 은, 접착제를 충전하기 위한 홈이다. 홈 (470) 은, 링상의 형상의 홈이다. 반사 소자 (41) 는, 홈 (470) 에 충전된 접착제에 의해 유지부 (47) 에 접착되어 유지된다. 여기서 당해 접착제가 경화됨으로써 응집력이 발생한다. 벡터 CF1 은, 당해 응집력을 나타내는 벡터이다.

[0232] 또한, 설치 부재 (45) 는, 타깃 부재 (4) 를 로봇 (T1) 에 장착하기 위한 부재이다. 설치 부재 (45) 는, 일례로서 나사 구멍 (도시하지 않음) 을 통하여 나사에 의해 로봇 (T1) 에 고정된다. 따라서, 타깃 부재 (4) 는, 측정 대상에 장착 가능하다. 설치 부재 (45) 는, 점착 테이프, 접착제, 자석 등을 사용하여 로봇 (T1) 에 장착되어도 된다.

[0233] 다음으로 도 30 을 참조하여, 설치면 (46) 상에 있어서의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 높이에 대해서 설명한다. 도 30 은, 본 실시형태에 관련된 설치면 (46) 상에 있어서의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 높이의 일례를 나타내는 도면이다. 축 (BX1) 은, 설치면 (46) 에 수직인 방향의 축으로서, 마커 (44) 의 위치를 통과하는 축이다. 축 (BX1) 은, 설치면 (46) 의 방향을 나타낸다.

[0234] 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는, 설치면 (46) 의 방향이 축 (BX1) 과 측정광 (L1) 의 조사 방향이 이루는 각도 중 작은 각도가 소정의 각도 이하가 되는 방향인 경우에, 마커 (44) 가 가려지지 않는 높이에 배치된다. 측정광 (L1) 의 조사 방향이란, 바꾸어 말하면 측정 장치 (1) 에서 타깃 부재 (4) 를 본 방향이다. 소정의 각도란, 일례로서 60 도이다.

[0235] 따라서, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는, 타깃 부재 (4) 에 장착된 상태에 있어서, 소정의 방향에서 본 경우에 마커 (44) 가 가려지지 않는 높이에 배치된다.

[0236] 또한, 본 실시형태에서는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 장착된 타깃 부재 (4) 가 로봇 (T1) 에 장착되는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는, 로봇 (T1) 에 장착되어도 된다. 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 로봇 (T1) 에 장착되는 경우, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는, 측정 장치 (1) 에서 로봇 (T1) 을 본 경우에, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는, 측정 장치 (1) 의 시야 내에 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 들어가는 로봇 (T1) 의 부분에 장착된다.

[0237] 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 타깃 부재 (4) 에 장착되는 경우에는, 타깃 부재 (4) 의 구조에 따라 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의

배치는 알려져 있다. 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 로봇 (T1) 에 장착되는 경우에는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 배치는 알려져 있다고는 할 수 없다. 그래서, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 배치는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 로봇 (T1) 에 장착된 후에 스캔 (주사) 함으로써 취득된다. 당해 스캔에 있어서, 제 1 촬상부 (22) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 장착된 로봇 (T1) 의 적어도 일부를 촬상한다.

스캔에 의해 취득된 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 배치는, 반사 소자 배치 정보로서 기억부 (24) 에 기억된다.

[0238] 상기 서술한 바와 같이, 제 1 촬상부 (22) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 적어도 일부를 촬상한다. 따라서, 제 1 촬상부 (22) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 적어도 일부, 및 상기 로봇의 적어도 일부의 적어도 일방을 촬상한다.

[0239] 이상으로 설명한 바와 같이, 본 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 는, 이동 가능한 로봇 (T1) 의 위치 및 회전 방향의 위치를 측정하는 측정 장치로서, 조사부 (201) 와 수광부 (202) 와 위치 취득부 (206) 를 구비한다.

[0240] 조사부 (201) 는, 로봇 (T1) 에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 (본 실시형태에 있어서 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 측정광 (L1) 을 조사 가능하다.

[0241] 수광부 (202) 는, 3 개의 반사 소자 (본 실시형태에 있어서 반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 의해 반사된 반사광을 수광 가능하다.

[0242] 위치 취득부 (206) 는, 수광부 (202) 에 의한 수광 결과에 기초하여, 로봇 (T1) 의 제 1 축 (본 실시형태에 있어서 x 축) 에 관한 위치 정보, 제 1 축 (본 실시형태에 있어서 x 축) 과 교차하는 제 2 축 (본 실시형태에 있어서 y 축) 에 관한 위치 정보, 및 제 1 축 (본 실시형태에 있어서 x 축) 및 제 2 축 (본 실시형태에 있어서 y 축) 과 교차하는 제 3 축 (본 실시형태에 있어서 z 축) 에 관한 위치 정보와, 제 1 축 (본 실시형태에 있어서 x 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보, 제 2 축 (본 실시형태에 있어서 y 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보 (본 실시형태에 있어서 위치 정보), 및 제 3 축 (본 실시형태에 있어서 z 축) 둘레의 회전 방향의 위치에 관한 정보 (본 실시형태에 있어서 방향 정보) 를 취득한다.

[0243] 이 구성에 따라, 본 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 는, 로봇 (T1) 에 장착된 적어도 3 개의 반사 소자 각각에 조사된 측정광 (L1) 이 3 개의 반사 소자 각각에 의해 반사된 반사광의 수광 결과에 기초하여 위치 정보와, 회전 방향의 위치에 관한 정보를 취득할 수 있기 때문에, 로봇 (T1) 의 제어에 있어서 당해 로봇 (T1) 의 위치 및 자세를 고정밀도로 측정할 수 있다.

[0244] (제 2 실시형태)

[0245] 이하, 도면을 참조하면서 본 발명의 제 2 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다.

[0246] 상기 제 1 실시형태에서는, 측정 장치 (1) 가 측정 처리를 실행하는 동안, 로봇 (T1) 의 위치 및 자세는 변화하지 않는 경우에 대해서 설명을 하였다. 본 실시형태에서는, 로봇 (T1) 의 이동 중에 측정 장치 (1) 에 의한 측정 처리가 반복적으로 실행되는 경우에 대해서 설명을 한다.

[0247] 도 31 은, 본 실시형태에 관련된 측정 대상이 이동하는 경우의 측정광 (L1) 에 의해 위치 및 자세를 측정하는 모습의 일례를 나타낸다. 로봇 (T1) 은, 시각 t0 까지 정지하고 있으며, 시각 t0 에 이동을 개시하는 것으로 한다. 이에 따라, 로봇 (T1) 에 장착된 타깃 부재 (4) 에 구비되는 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 는, 시각 t0 까지는 정지하고 있으며, 시각 t0 에 이동을 개시한다.

[0248] 도 31(A) 에 나타내는 궤도 (TR0) 는, 타깃 부재 (4) 가 정지하고 있는 경우에, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 중심의 위치 (요컨대, 제 1 위치, 제 2 위치, 및 제 3 위치) 에 기초하여 위치 자세 취득 처리를 위해서 산출된 원 궤도이다. 요컨대, 궤도 (TR0) 는, 시각 t0 이전에 산출된 원 궤도이다.

[0249] 측정 장치 (1) 는, 궤도 (TR0) 를 따라 측정광 (L1) 을 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 에 축차로 조사하면서, 당해 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치의 시간 변화를 산출한다. 측정 장치 (1) 는, 예를 들어 4 분할 PSD (12) 에 의해 검출되는 반사 소자의 위치에 기초하여, 방향 벡터를 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 대해서 축차로 계산한다. 당해 방향 벡터는, 반사 소자의 위치의 시간 변화를 나타

낸다.

[0250] 도 31(B) 에, 반사 소자에 조사된 측정광 (L1) 이 반사된 반사광이 4 분할 PSD (12) 에 의해 검출되는 모습을 나타낸다. 도 31(B) 에서는, 도 31(A) 에 있어서의 범위 RB1 이 확대되어 도시되어 있고, 일례로서 반사 소자 (43) 에 조사된 측정광 (L1) 이 반사된 반사광이 4 분할 PSD (12) 에 의해 검출되는 모습을 나타낸다.

[0251] 측정 장치 (1) 는, 시각 t0 에 있어서 검출된 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치의 시간 변화 (방향 벡터) 에 기초하여, 시각 t1 에 있어서의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과 가능한 원 궤도를 산출한다. 여기서 시각 t1 은, 시각 t0 보다 소정의 시간만큼 이후의 시각이다. 측정 장치 (1) 는, 이후의 시각 (도 31 에서는, 시각 t1, 시각 t2, 시각 t3) 에 있어서도 동일하게 하여, 각 시각에 있어서의 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 를 통과 가능한 원 궤도를 산출한다.

[0252] 다음으로 도 32 를 참조하여, 측정 대상이 이동하는 경우의 위치 자세 취득 처리에 대해서 설명한다. 도 32 는, 본 실시형태에 관련된 위치 자세 취득 처리의 일례를 나타내는 도면이다. 도 32 에 나타내는 위치 자세 취득 처리는, 도 10 에 나타낸 측정 처리에 있어서의 스텝 S30 으로 실행된다. 도 32 에 나타내는 위치 자세 취득 처리는, 예를 들어, 측정광 (L1) 이 조사되는 위치가 원 궤도를 따라 소정의 횟수만큼 돌 때마다 실행된다. 당해 소정의 횟수란, 예를 들어 1 회이다. 또한, 당해 소정의 횟수는, 2 회 이상이어도 된다.

[0253] 또한, 스텝 S410, 스텝 S420, 스텝 S430, 스텝 S440, 및 스텝 S450 의 각 처리는, 도 23 에 있어서의 스텝 S310, 스텝 S320, 스텝 S330, 스텝 S340, 및 스텝 S350 의 각 처리와 동일하기 때문에 설명을 생략한다.

[0254] 스텝 S460 : 위치 취득부 (206) 는, 종료 조건이 충족되었는지의 여부를 판정한다. 종료 조건은, 예를 들어, 측정 처리를 종료하기 위한 신호 (명령) 를 측정 장치 (1) 가 취득하는 것이다. 당해 신호는, 예를 들어, 측정 장치 (1) 의 사용자에 의한 조작에 기초하여 외부 장치로부터 측정 장치 (1) 에 공급된다. 당해 신호는, 측정 장치 (1) 에 조작 접수부가 구비되고, 조작 접수부가 접수하는 사용자에 의한 조작에 기초하여 측정 장치 (1) 에 공급되어도 된다. 종료 조건은, 측정 장치 (1) 가 측정 처리를 개시하고 나서 소정의 시간이 경과한 것이어도 된다.

[0255] 위치 취득부 (206) 가, 종료 조건이 충족된 것으로 판정한 경우 (스텝 S460 ; YES), 제어부 (21) 는 위치 자세 취득 처리를 종료한다. 한편, 위치 취득부 (206) 는, 종료 조건이 충족되지 않은 것으로 판정한 경우 (스텝 S460 ; NO), 스텝 S470 의 처리를 실행한다.

[0256] 스텝 S470 : 위치 취득부 (206) 는, 반사 소자의 촬상 결과에 기초하여 반사 소자의 중심의 위치의 변화를 추정한다. 반사 소자의 촬상 결과는, 측정광 (L1) 이 조사된 반사 소자로부터 반사되는 반사광이 4 분할 PSD (12) 에 의해 검출된 결과이다. 위치 취득부 (206) 는, 새롭게 취득한 반사 소자의 촬상 결과가 나타내는 반사 소자의 중심의 위치와, 전번에 취득한 반사 소자의 촬상 결과가 나타내는 반사 소자의 중심의 위치에 기초하여, 반사 소자의 중심의 위치의 변화를 나타내는 방향 벡터를 산출한다. 위치 취득부 (206) 는, 산출된 방향 벡터에 기초하여 반사 소자의 중심의 위치의 변화를 추정한다.

[0257] 그 후, 위치 취득부 (206) 는, 스텝 S410 의 처리를 재차 실행한다. 재차 실행되는 스텝 S410 의 처리에 있어서는, 위치 취득부 (206) 는, 스텝 S470 에 있어서 추정된 반사 소자의 중심의 위치의 변화에 기초하는 반사 소자의 중심의 위치에 기초하여 원 궤도 (TC1) 를 산출한다.

[0258] 상기 서술한 바와 같이, 본 실시형태에 관련된 위치 자세 취득 처리에서는, 원 궤도 (TC1) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 중심의 위치의 변화에 기초하여 소정의 시각마다 산출된다. 원 궤도 (TC1) 가 3 개의 반사 소자 각각의 중심의 위치의 변화에 기초하여 소정의 시각마다 산출되기 때문에, 조사부 (201) 는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 이동에 추종하도록 소정의 궤도를 따라 주사하면서 당해 3 개의 반사 소자 각각에 측정광 (L1) 을 축차로 조사한다. 로봇 (T1) 의 이동 중에 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각에 대한 측정광 (L1) 의 조사가 반복적으로 실시된다. 이에 따라, 로봇 (T1) 이 이동 중이어도, 로봇 (T1) 의 위치 및 자세를 계속해서 취득할 수 있다.

[0259] 또한, 상기 서술한 각 실시형태에서는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 가 제 1 촬상부 (22) 에 의해 촬상된 결과 (요컨대, 러프 서치의 결과) 에 기초하여 측정광 (L1) 이 조사되는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 러프 서치의 방법은 이것에 한정되지 않는다.

[0260] 또, 측정 장치 (1) 는, 러프 서치를 실시하는 대신에, 로봇 (T1) 의 제어 시스템으로부터 로봇 (T1) 의 위치 및 자세를 나타내는 정보를 취득하고, 장착 위치 정보 및 반사 소자 배치 정보에 기초하여, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치를 대략적인 정밀도로 취득해도 된다. 또한, 제어 시스템으로부터 취득되는 로봇 (T1) 의 위치 및 자세를 나타내는 정보는, 대략적인 정밀도로 로봇 (T1) 의 위치 및 자세를 나타낸다.

[0261] 상기 서술한 어느 경우에도, 측정 장치 (1) 는, 취득한 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 의 위치에 기초하여 파인 서치의 처리를 실행한다. 요컨대, 측정광 (L1) 은, 촬상부 (제 1 촬상부 (22) 및 제 2 촬상부 (30)) 에 의한 촬상 결과에 기초하여 조사된다.

[0262] 또한, 상기 서술한 각 실시형태에서는, 자세 취득 처리의 설명 이외에는, 3 개의 반사 소자 (반사 소자 (41), 반사 소자 (42), 및 반사 소자 (43)) 각각의 위치에 기초하여, 로봇 (T1) 의 위치 및 자세가 측정되는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 타깃 부재 (4) 에 4 개 이상의 반사 소자가 장착되고, 측정 장치 (1) 는, 당해 4 개 이상의 반사 소자의 위치를 측정한 결과에 기초하여 로봇 (T1) 의 위치 및 자세를 측정해도 된다. 여기서 로봇 (T1) 의 위치 및 자세를 측정하기 위해서는, 3 개의 반사 소자 각각의 위치가 측정되면 충분하다. 4 개 이상의 반사 소자의 위치가 측정되는 경우, 예를 들어, 4 개 중 1 개의 반사 소자의 위치의 측정 결과를, 4 개 중 3 개의 반사 소자 각각의 위치에 기초하여 측정된 로봇 (T1) 의 위치 및 자세의 측정 결과의 검정에 사용해도 된다. 그 경우, 예를 들어, 측정에 사용되는 4 개 중 3 개의 반사 소자 중 어느 2 개와, 검정에 사용되는 1 개의 반사 소자에 기초하여, 로봇 (T1) 의 위치 및 자세가 검정용으로 측정된다. 검정용으로 측정된 로봇 (T1) 의 위치 및 자세와, 측정용으로 측정된 로봇 (T1) 의 위치 및 자세가 소정의 정밀도로 일치하는지의 여부를 판정함으로써, 측정용의 측정 결과의 검정이 실시된다.

[0263] 또, 4 개 이상의 반사 소자의 위치의 측정 결과의 평균값에 기초하여 로봇 (T1) 의 위치 및 자세가 측정되어도 된다. 예를 들어, 6 개의 반사 소자를 2 개의 세트로 나누고, 당해 세트별로 3 개의 반사 소자 각각의 위치에 기초하여 측정된 로봇 (T1) 의 위치 및 자세의 측정 결과로부터, 당해 세트에 대한 평균값을 산출한 결과가 측정 결과로 되어도 된다.

[0264] 또, 상기 서술한 각 실시형태에 관련된 측정 장치 (1) 에서는, 조사부 (201) 가 1 개의 광빗 간섭계 (11) 를 구비하고, 복수의 반사 소자 각각에 측정광 (L1) 을 축차로 조사하는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 상기 서술한 바와 같이, 조사부 (201) 는 복수의 광빗 간섭계를 구비해도 된다. 조사부 (201) 가 복수의 광빗 간섭계를 구비하는 경우, 복수의 광빗 간섭계의 일부가, 상기 서술한 각 실시형태와 같이 복수의 반사 소자 각각에 측정광을 축차로 조사하기 위해서 사용되고, 복수의 광빗 간섭계의 나머지 일부의 광빗 간섭계는 각각, 당해 나머지 일부의 광빗 간섭계와 동일한 수의 반사 소자 중 자신에게 대응된 1 개의 반사 소자에 측정광을 조사하기 위해서 사용되어도 된다.

[0265] 특히 조사부 (201) 는, 복수의 반사 소자와 동일한 수만큼 광빗 간섭계 (11) 를 구비해도 된다. 조사부 (201) 가 복수의 반사 소자와 동일한 수만큼 광빗 간섭계를 구비하는 경우, 조사부 (201) 는, 복수의 반사 소자와 동일한 수의 광빗 간섭계 각각으로부터 발해지는 측정광을 복수의 반사 소자 각각에 조사한다.

[0266] 또한, 상기 서술한 각 실시형태에 있어서의 측정 장치 (1) 에서는, 위치 정보와 회전 방향의 위치에 관한 정보 (방향 정보) 가 취득되는 경우의 일례에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않는다. 측정 장치 (1) 는, 위치 정보와 방향 정보 중 위치 정보만을 취득해도 된다. 측정 장치 (1) 가 위치 정보와 방향 정보 중 위치 정보만을 취득하는 경우, 측정 장치 (1) 에 의해 취득된 위치 정보에 기초하여, 측정 장치 (1) 와는 별체의 연산 장치에 의해 방향 정보가 산출되어도 된다.

[0267] 또한, 상기 서술한 각 실시형태에 있어서의 측정 장치 (1) 와 로봇 (T1) 과 로봇 (T1) 의 제어 시스템은, 로봇 시스템에 구비되어 공장 등의 생산 현장에서 적합하게 사용된다.

[0268] 또, 상기 서술한 각 실시형태에 있어서의 측정 장치 (1) 는, 측정 장치 (1) 를 사용하여 로봇 (T1) 을 관리하는 관리 방법에 적합하게 사용된다.

[0269] 또한, 상기 서술한 실시형태에 있어서의 측정 장치 (1) 의 일부, 예를 들어 위치 취득부 (206) 및 제어부 (21) 를 컴퓨터로 실현하도록 해도 된다. 그 경우, 이 제어 기능을 실현하기 위한 프로그램을 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록하고, 이 기록 매체에 기록된 프로그램을 컴퓨터 시스템에 읽어들이고 실행함으로써 실현해도 된다. 또한, 여기서 말하는 「컴퓨터 시스템」이란, 측정 장치 (1) 에 내장된 컴퓨터 시스템으로서, OS 나 주변 기기 등의 하드웨어를 포함하는 것으로 한다. 또, 「컴퓨터 판독 가능한 기록 매체」란, 플렉시블

디스크, 광 자기 디스크, ROM, CD-ROM 등의 가반 (可搬) 매체, 컴퓨터 시스템에 내장된 하드 디스크 등의 기억 장치를 말한다. 또한 「컴퓨터 판독 가능한 기록 매체」란, 인터넷 등의 네트워크나 전화 회선 등의 통신 회선을 통해서 프로그램을 송신하는 경우의 통신선과 같이, 단시간에 동적으로 프로그램을 유지하는 것, 그 경우의 서버나 클라이언트가 되는 컴퓨터 시스템 내부의 휘발성 메모리와 같이 일정 시간 프로그램을 유지하고 있는 것도 포함해도 된다. 또 상기 프로그램은, 전술한 기능의 일부를 실현하기 위한 것이어도 되고, 나아가 전술한 기능을 컴퓨터 시스템에 이미 기록되어 있는 프로그램과의 조합으로 실현할 수 있는 것이어도 된다.

[0270] 또, 상기 서술한 실시형태에 있어서의 측정 장치 (1) 의 일부 또는 전부를, LSI (Large Scale Integration) 등의 집적 회로로서 실현해도 된다. 측정 장치 (1) 의 각 기능 블록은 개별적으로 프로세서화해도 되고, 일부 또는 전부를 집적하여 프로세서화해도 된다. 또한, 집적 회로화의 수법은 LSI 에 한정되지 않고 전용 회로 또는 범용 프로세서로 실현해도 된다. 또, 반도체 기술의 진보에 따라 LSI 를 대체하는 집적 회로화의 기술이 출현한 경우, 당해 기술에 의한 집적 회로를 사용해도 된다.

[0271] 이상, 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시형태에 대해서 상세하게 설명해 왔으나, 구체적인 구성은 상기 서술한 것에 한정되지는 않고, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위 내에서 다양한 설계 변경 등을 하는 것이 가능하다.

부호의 설명

[0272] 1 : 측정 장치

201 : 조사부

202 : 수광부

206 : 위치 취득부

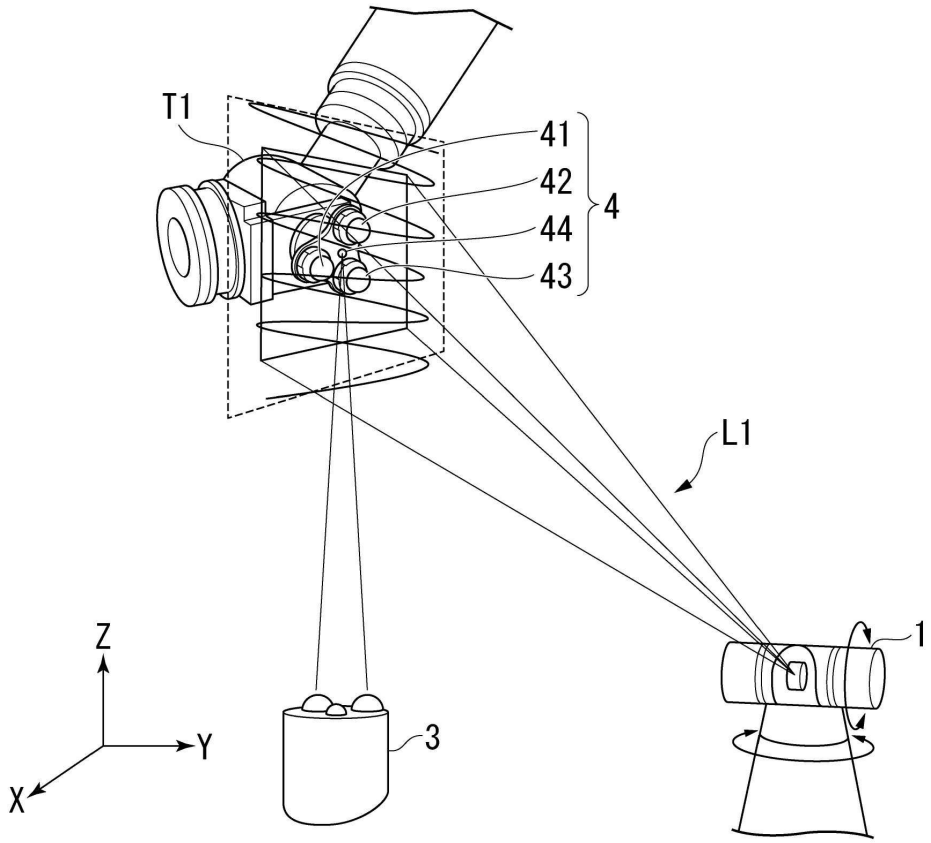
T1 : 로봇

41, 42, 43 : 반사 소자

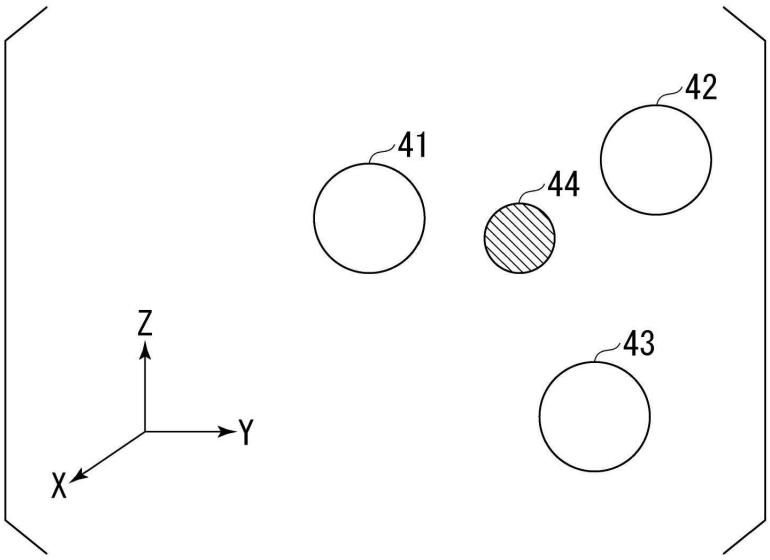
L1 : 측정광

도면

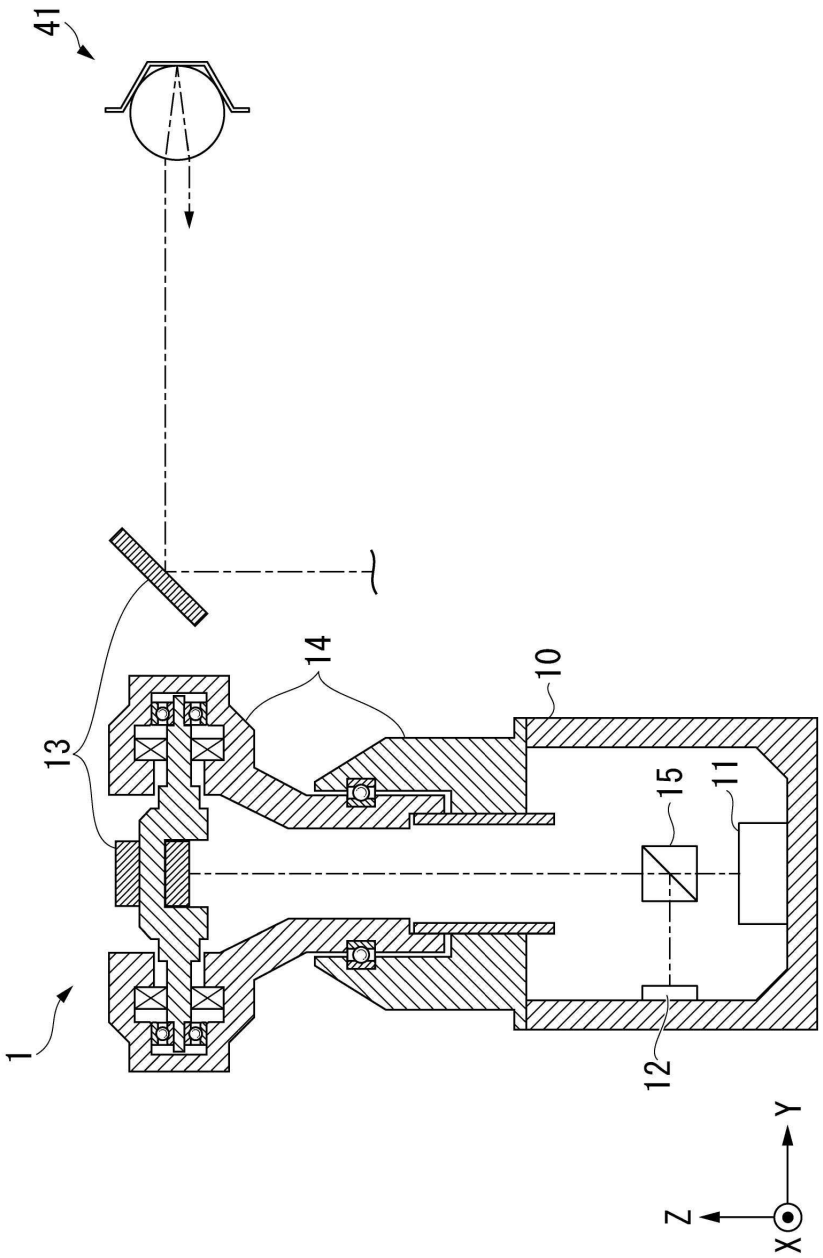
도면1



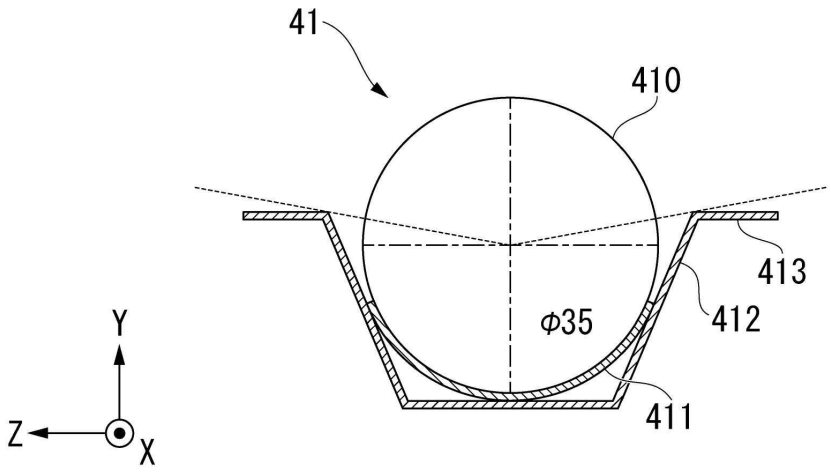
도면2



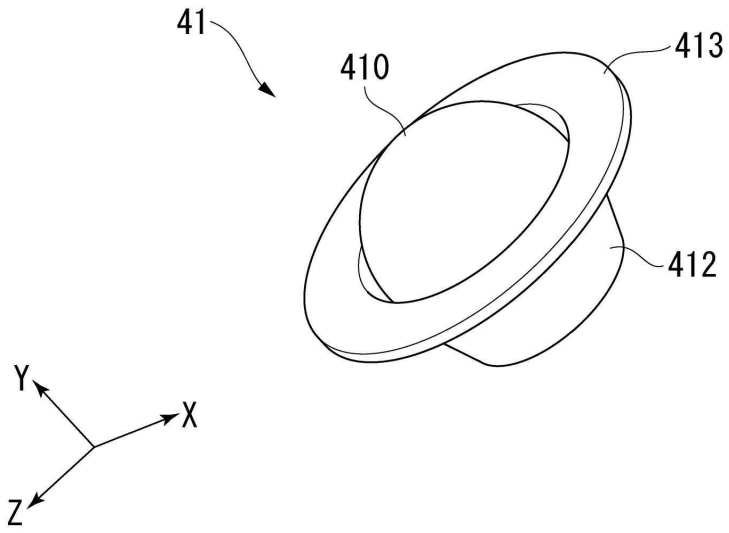
도면3



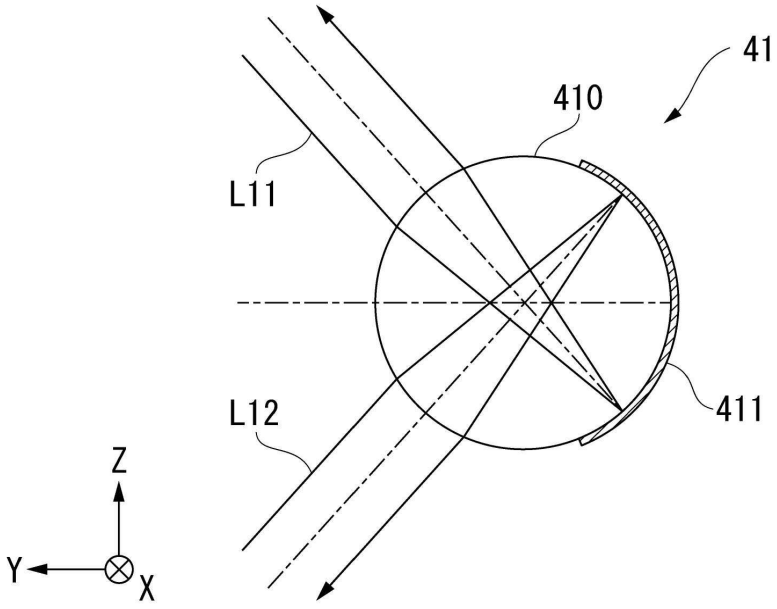
도면4



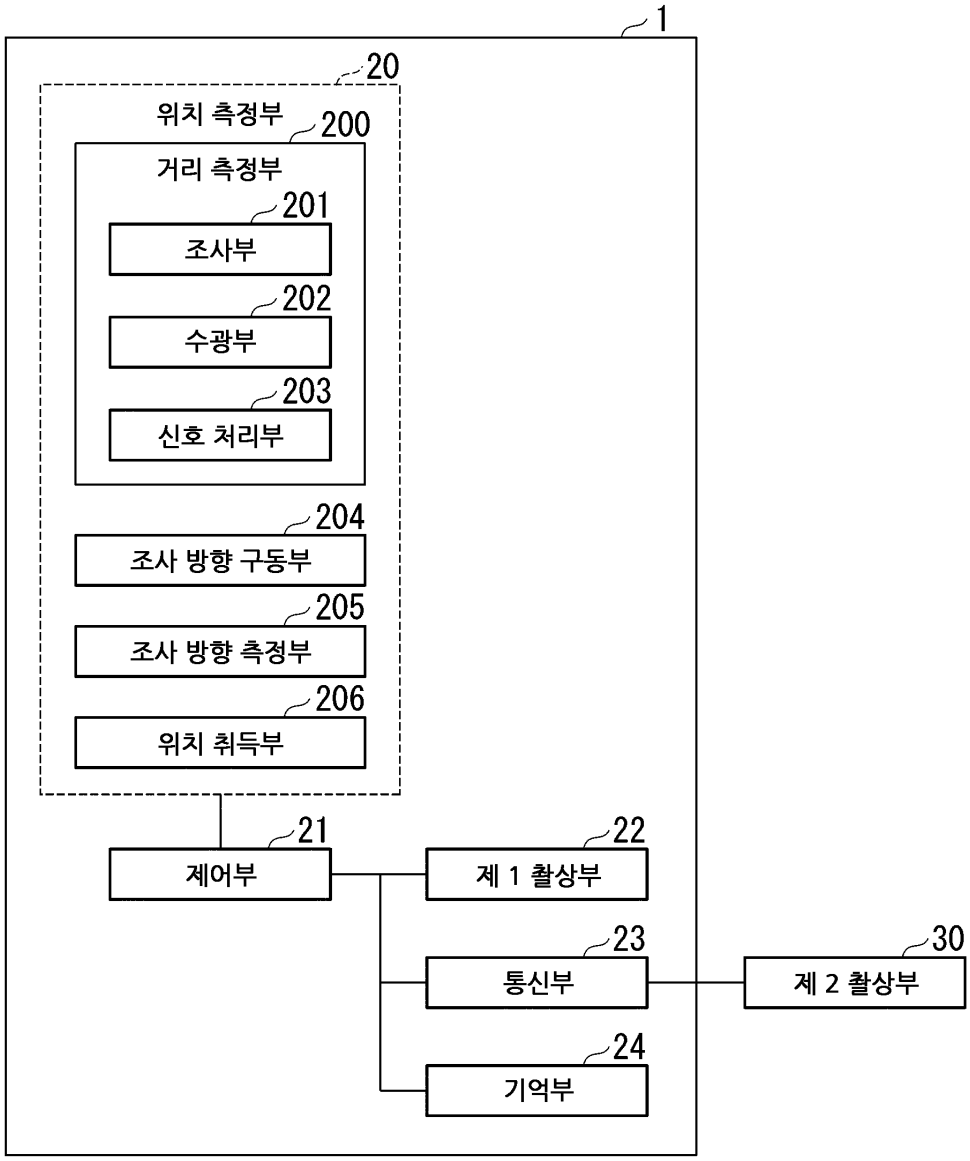
도면5



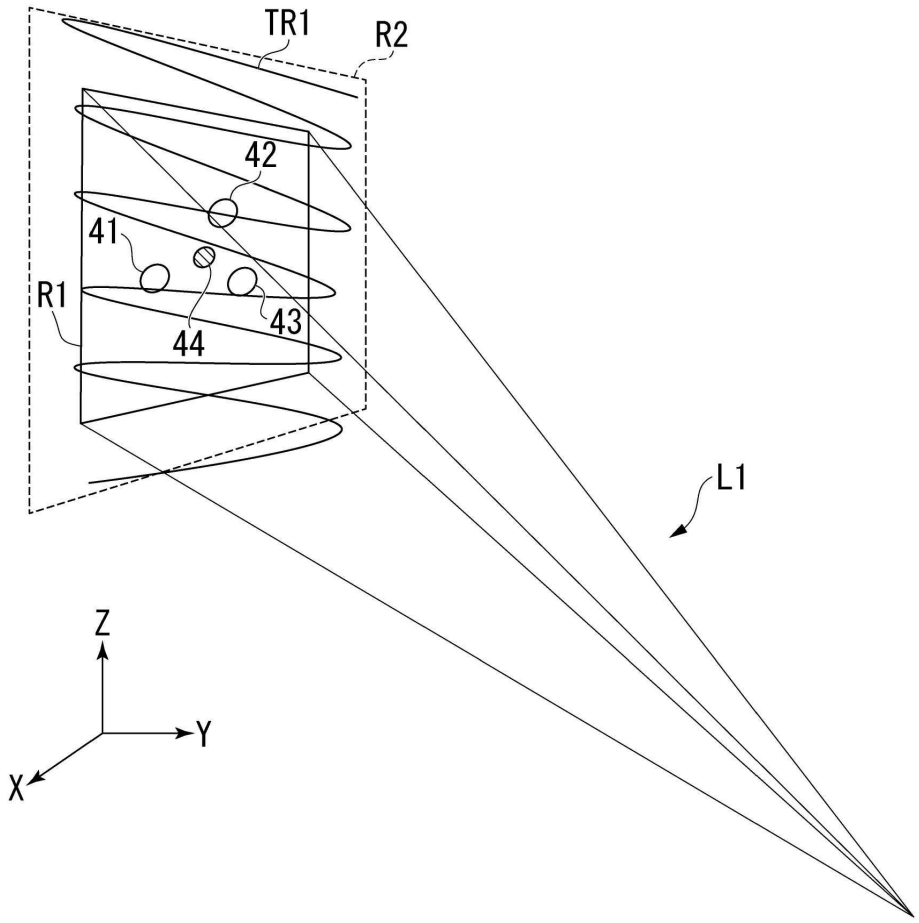
도면6



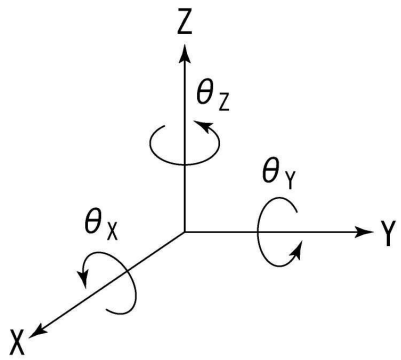
도면7


1
20
위치 측정부
200
거리 측정부
201
조사부
202
수광부
203
신호 처리부
204
조사 방향 구동부
205
조사 방향 측정부
206
위치 취득부
21
제어부
22
제 1 촬상부
23
통신부
30
제 2 촬상부
24
기억부

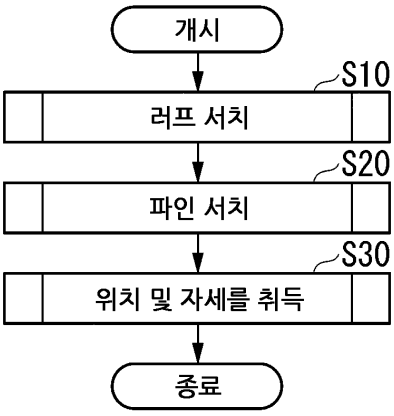
도면8



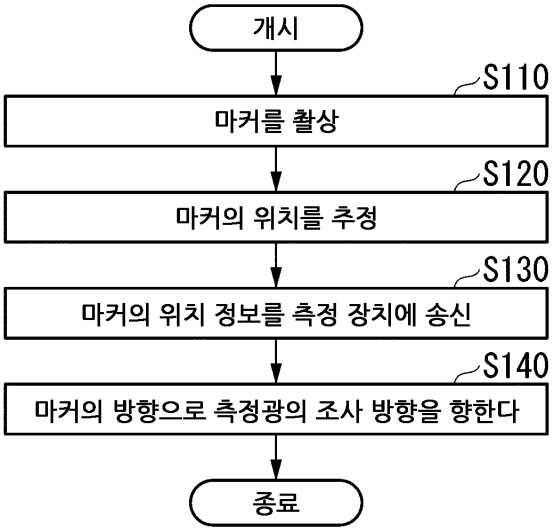
도면9



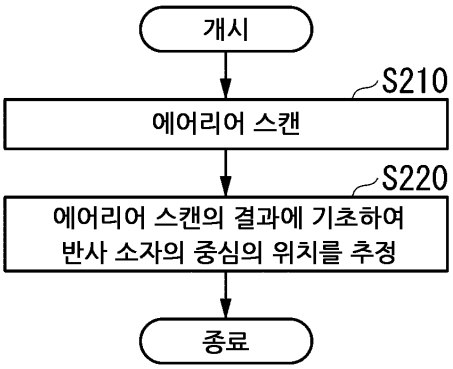
도면10



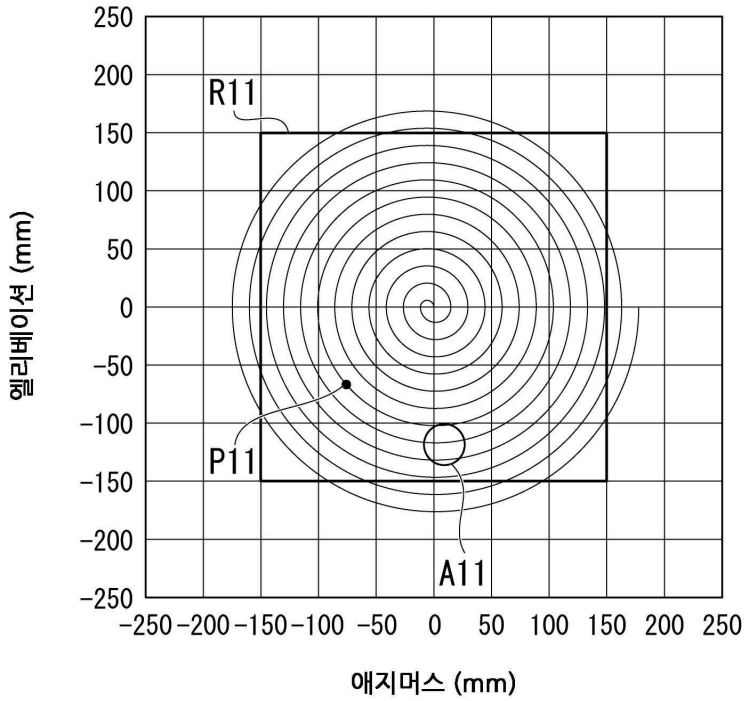
도면11



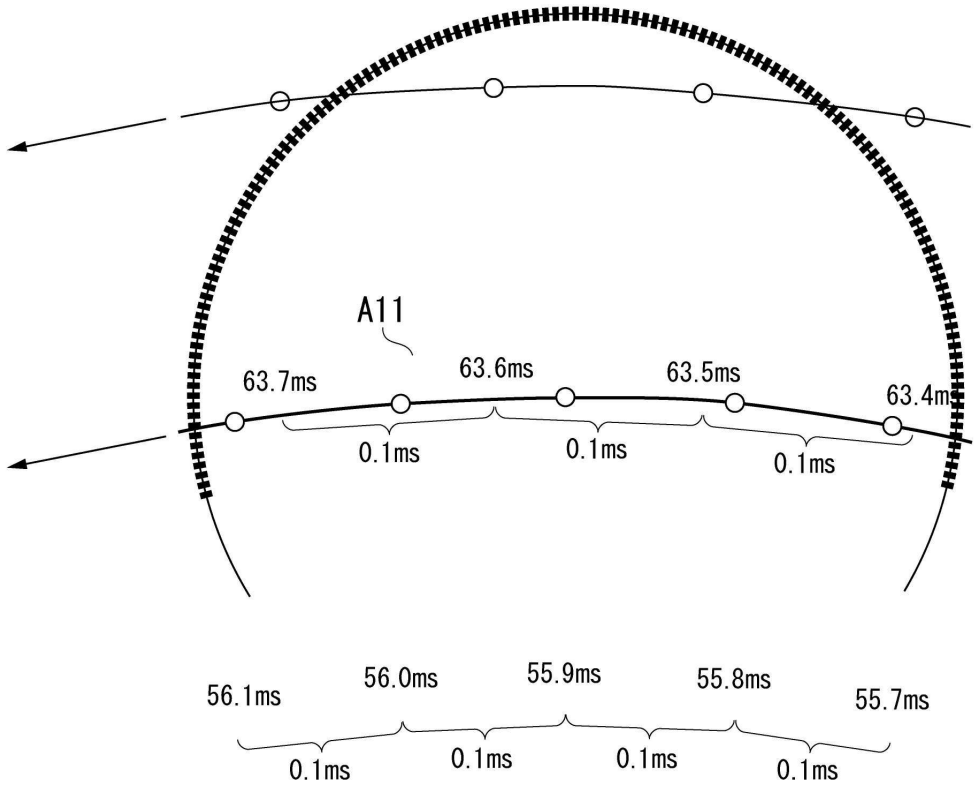
도면12



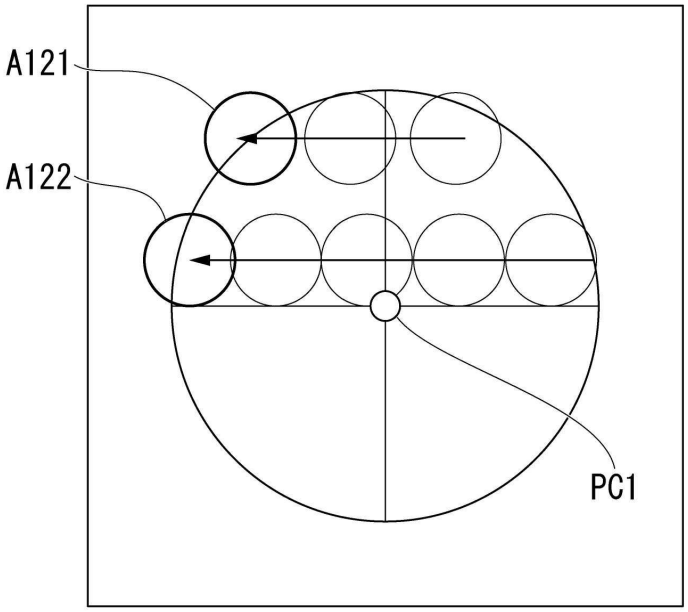
도면13


250
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
R11
P11
A11
-250 -200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200 250
엘리베이션 (mm)
애지머스 (mm)

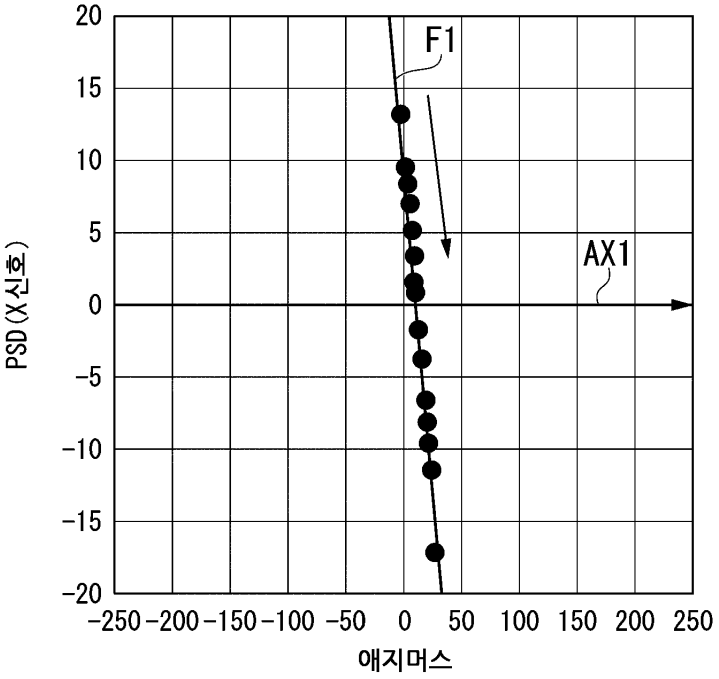
도면14


A11
63.7ms
63.6ms
63.5ms
63.4ms
0.1ms
0.1ms
0.1ms
56.1ms
56.0ms
55.9ms
55.8ms
55.7ms
0.1ms
0.1ms
0.1ms
0.1ms

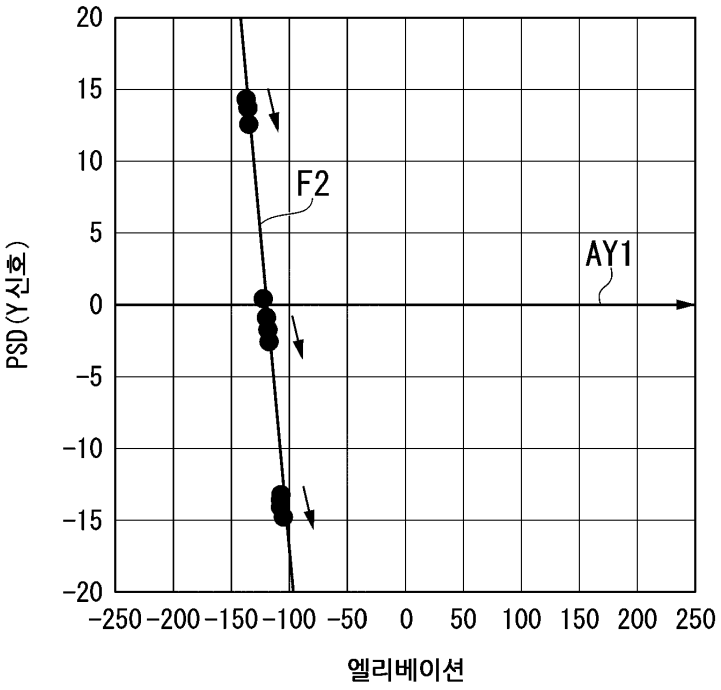
도면15


A121
A122
PC1

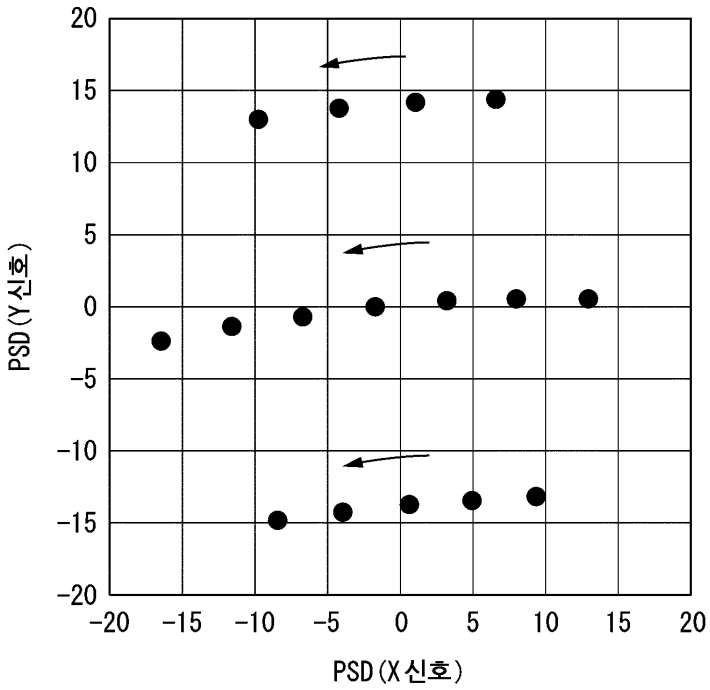
도면16


20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-250 -200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200 250
PSD(X신호)
애지머스
F1
AX1

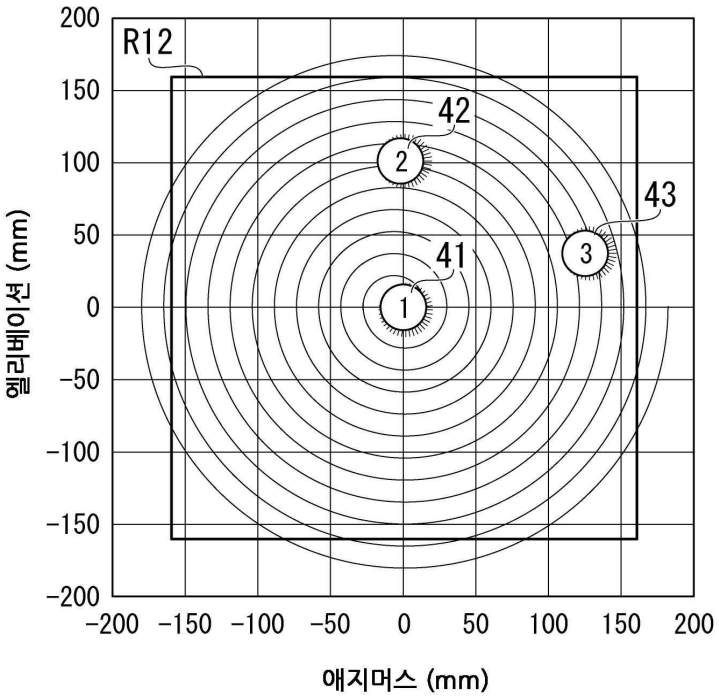
도면17


20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-250 -200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200 250
PSD(Y신호)
엘리베이션
F2
AY1

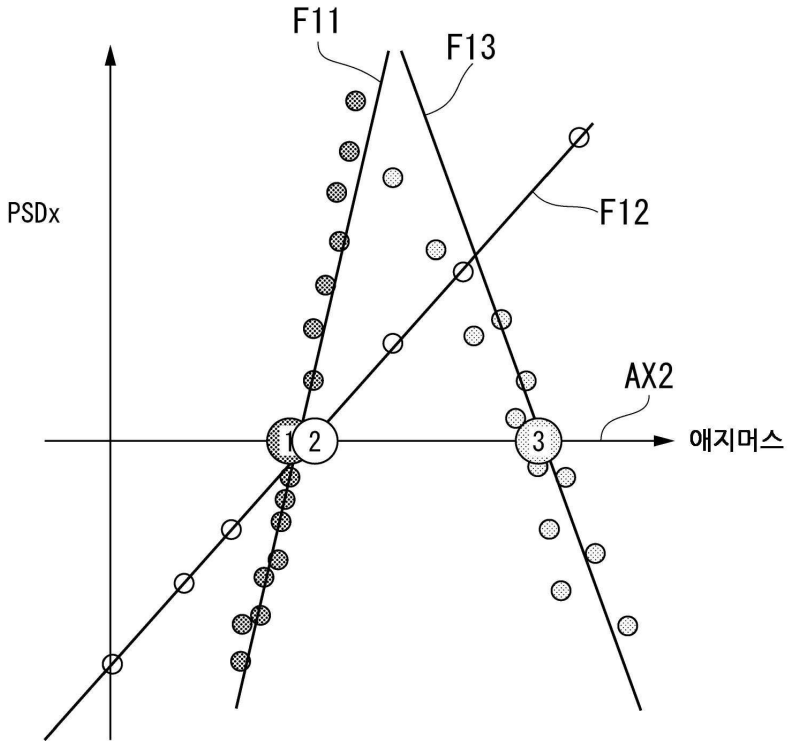
도면18


20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-20 -15 -10 -5 0 5 10 15 20
PSD(Y신호)
PSD(X신호)

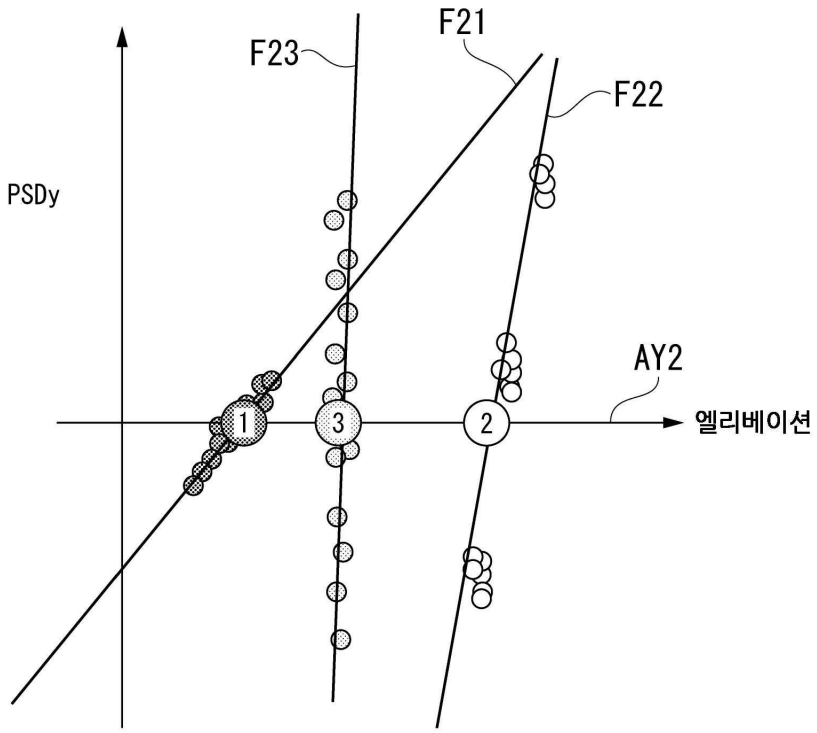
도면19


R12
42
43
41
1
2
3
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
엘리베이션 (mm)
애지머스 (mm)

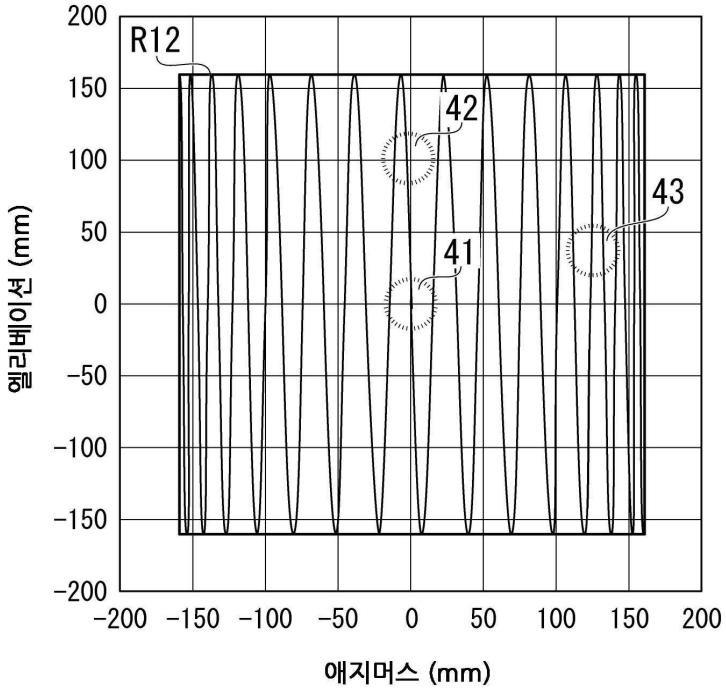
도면20


F11
F13
F12
PSDx
AX2
애지머스
1
2
3

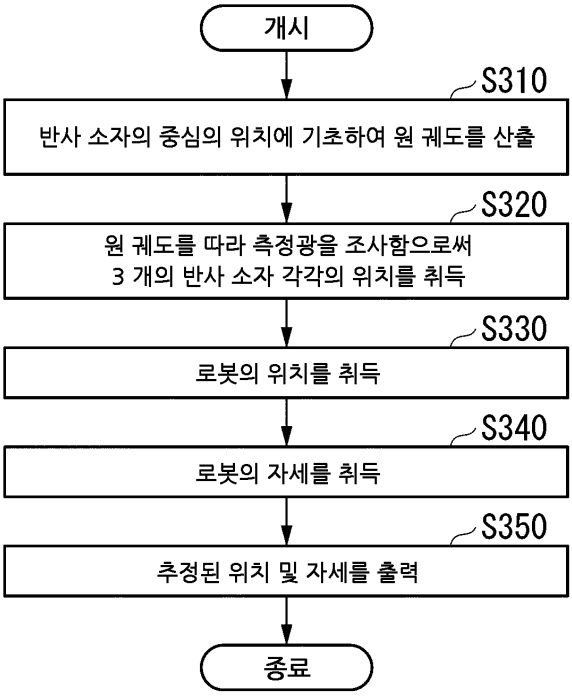
도면21


F23
F21
F22
PSDy
AY2
1
3
2
엘리베이션

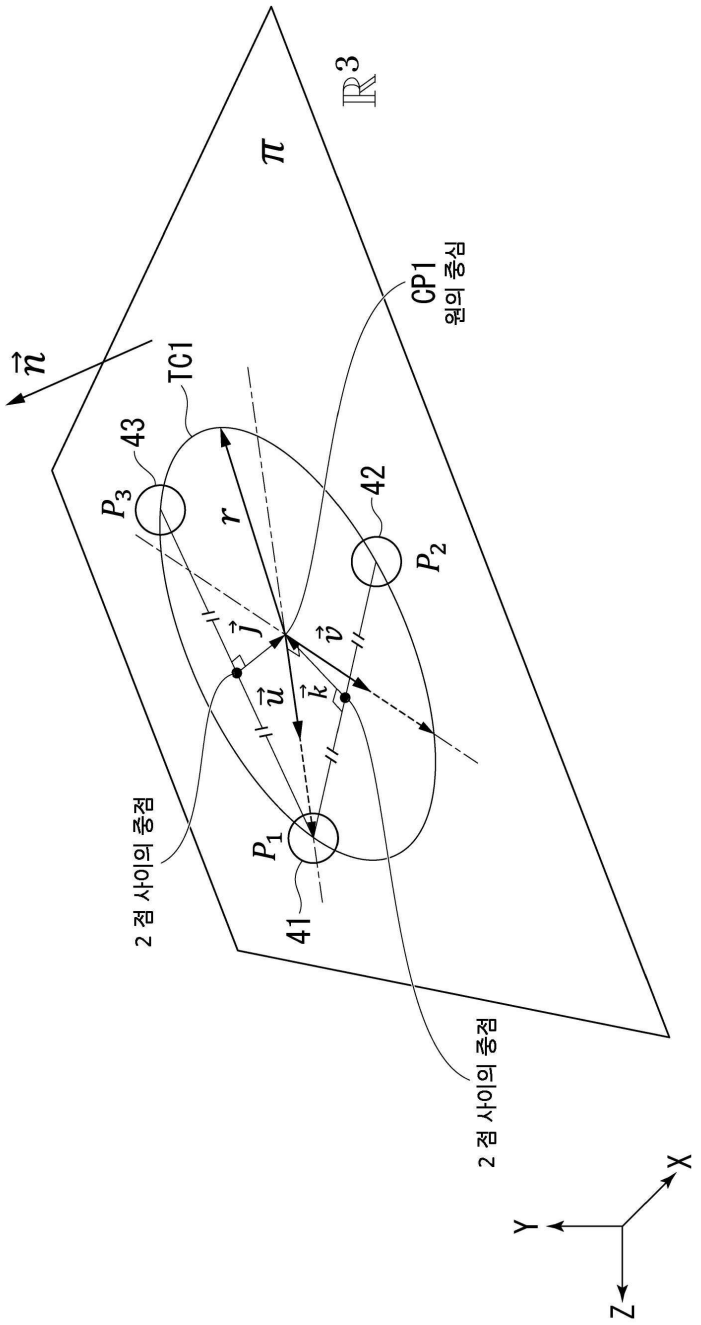
도면22


R12
42
43
41
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
애지머스 (mm)
엘리베이션 (mm)

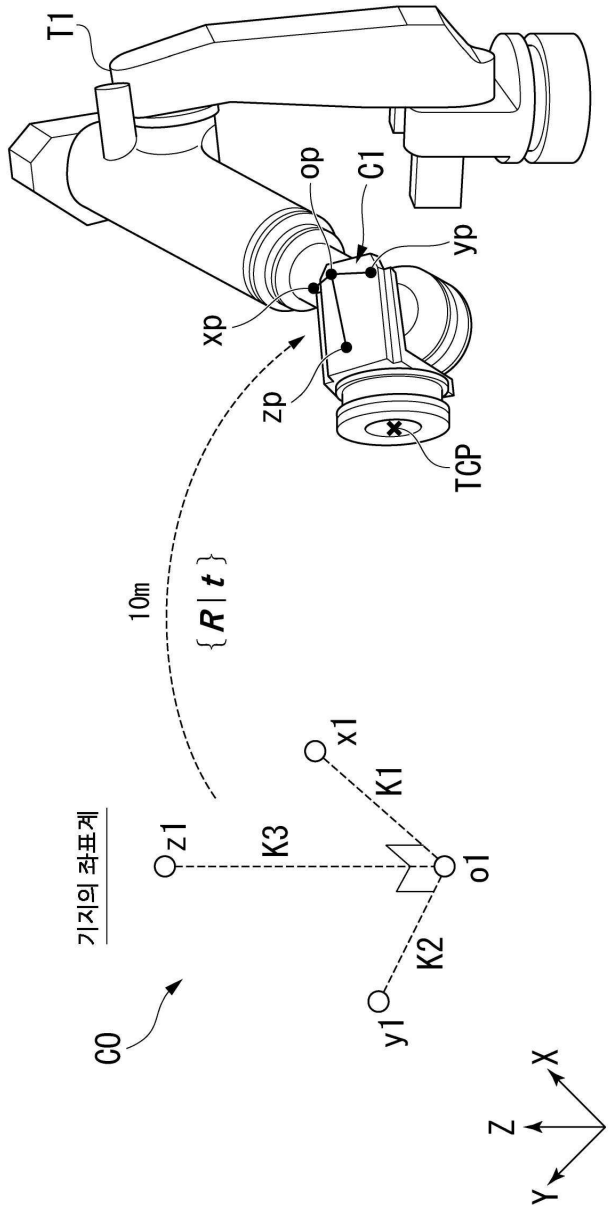
도면23


개시
S310
반사 소자의 중심의 위치에 기초하여 원 궤도를 산출
S320
원 궤도를 따라 측정광을 조사함으로써
3 개의 반사 소자 각각의 위치를 취득
S330
로봇의 위치를 취득
S340
로봇의 자세를 취득
S350
추정된 위치 및 자세를 출력
종료

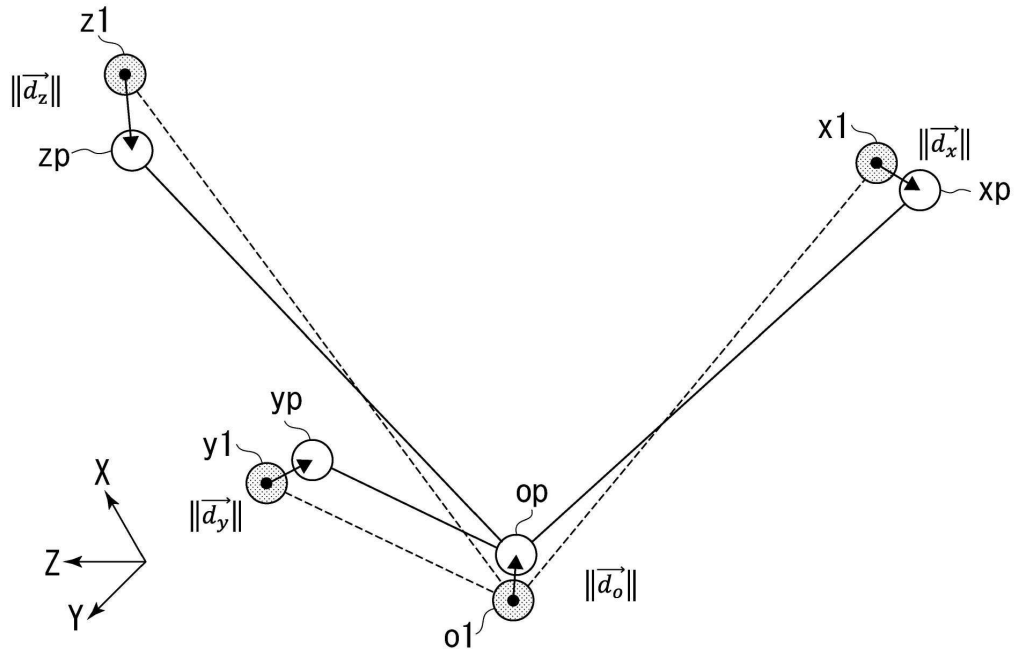
도면24


$\mathbb{R}^3$
π
$\vec{n}$
TC1
CP1
원의 중심
43
42
41
P_1
P_2
P_3
r
$\vec{j}$
$\vec{v}$
$\vec{u}$
$\vec{k}$
2 점 사이의 중점
2 점 사이의 중점
X
Y
Z

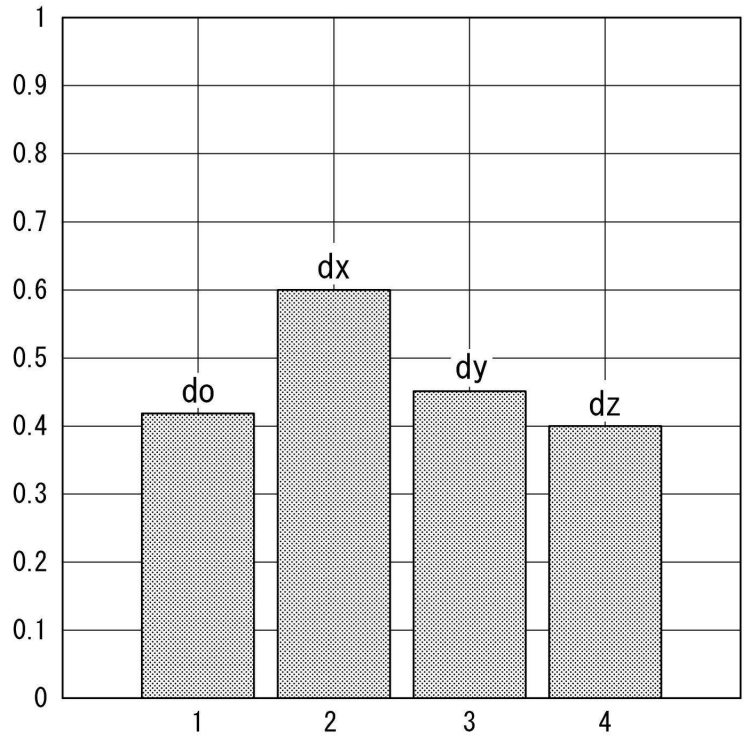
도면25



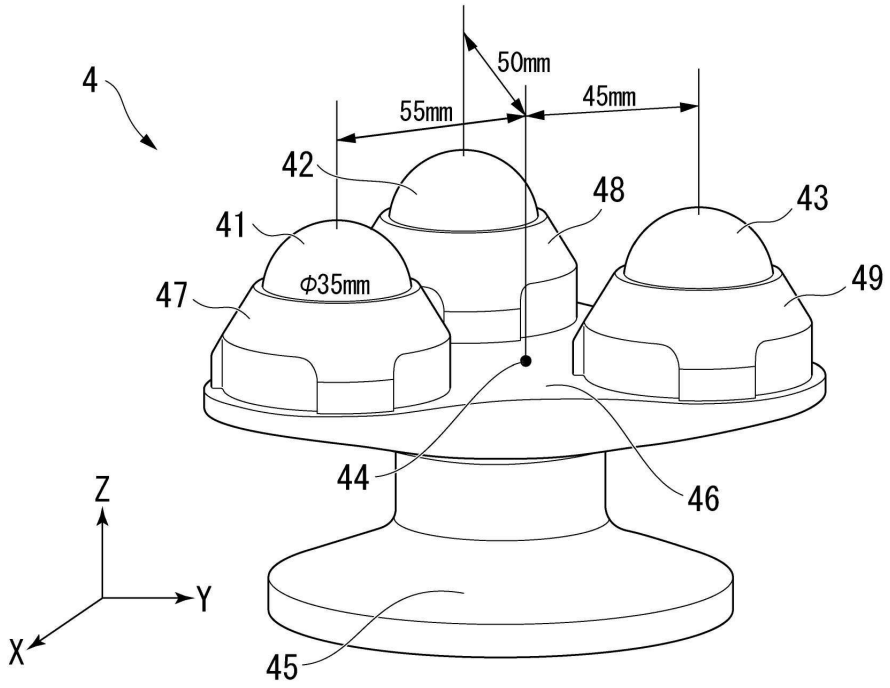
도면26


z1
$\|\overrightarrow{d_z}\|$
zp
x1
$\|\overrightarrow{d_x}\|$
xp
yp
y1
$\|\overrightarrow{d_y}\|$
op
$\|\overrightarrow{d_o}\|$
o1
X
Z
Y

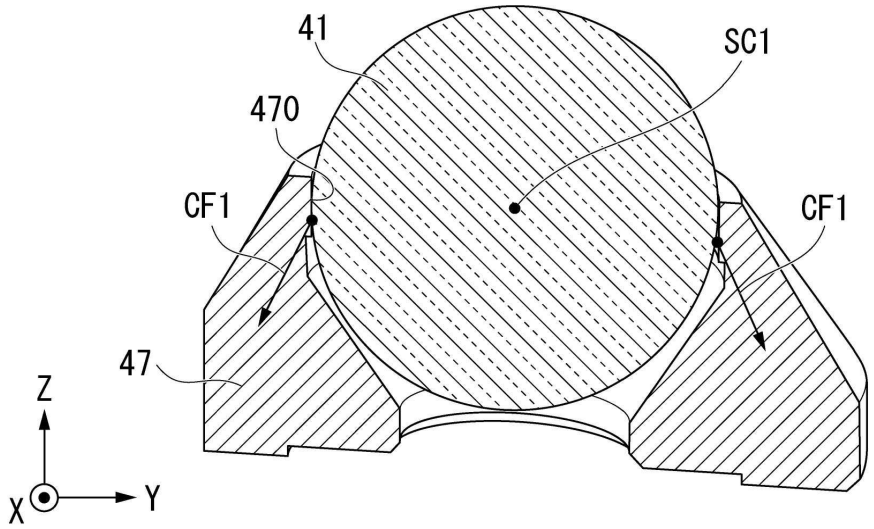
도면27


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
do
dx
dy
dz
1
2
3
4

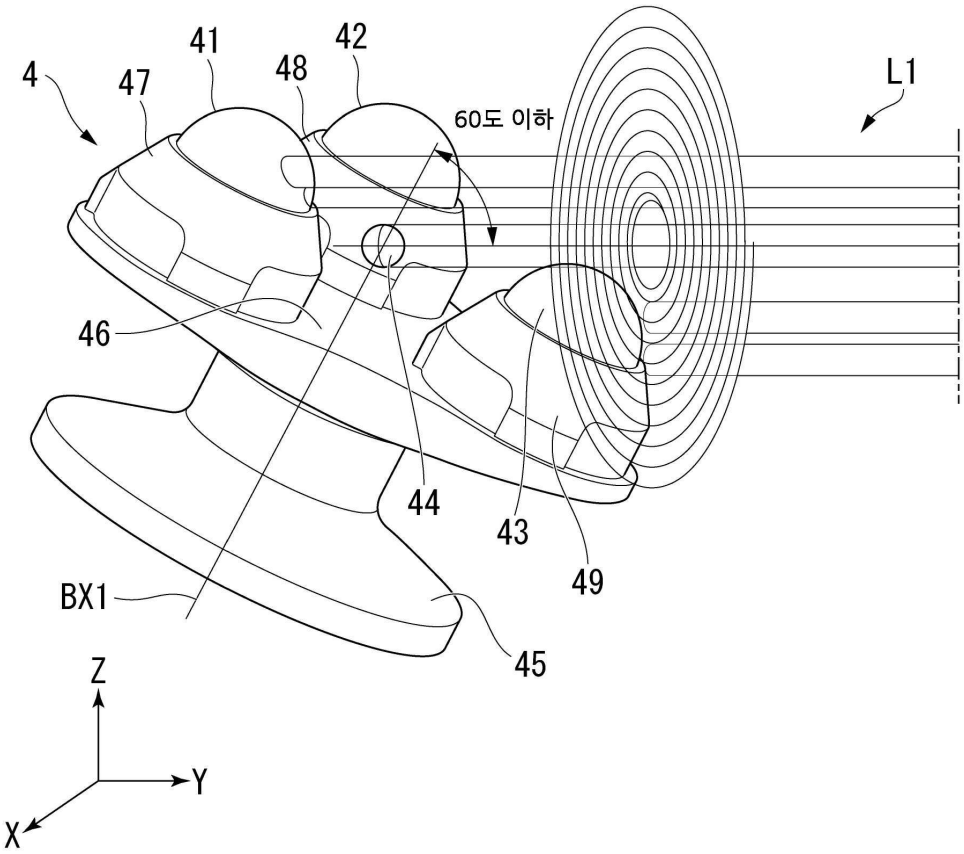
도면28


4
50mm
55mm
45mm
42
48
43
41
47
φ35mm
49
44
46
Z
Y
X
45

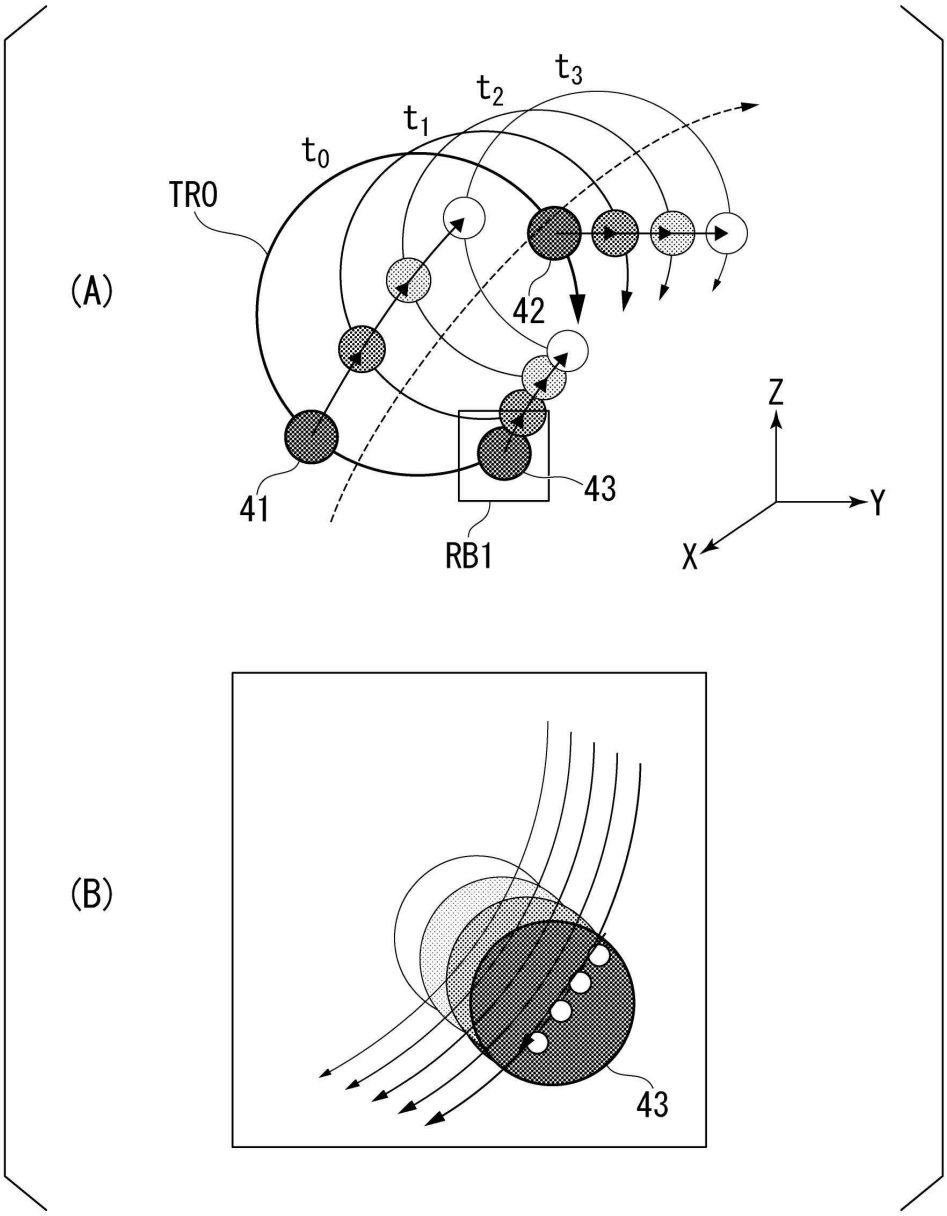
도면29


41
SC1
470
CF1
CF1
47
Z
X
Y

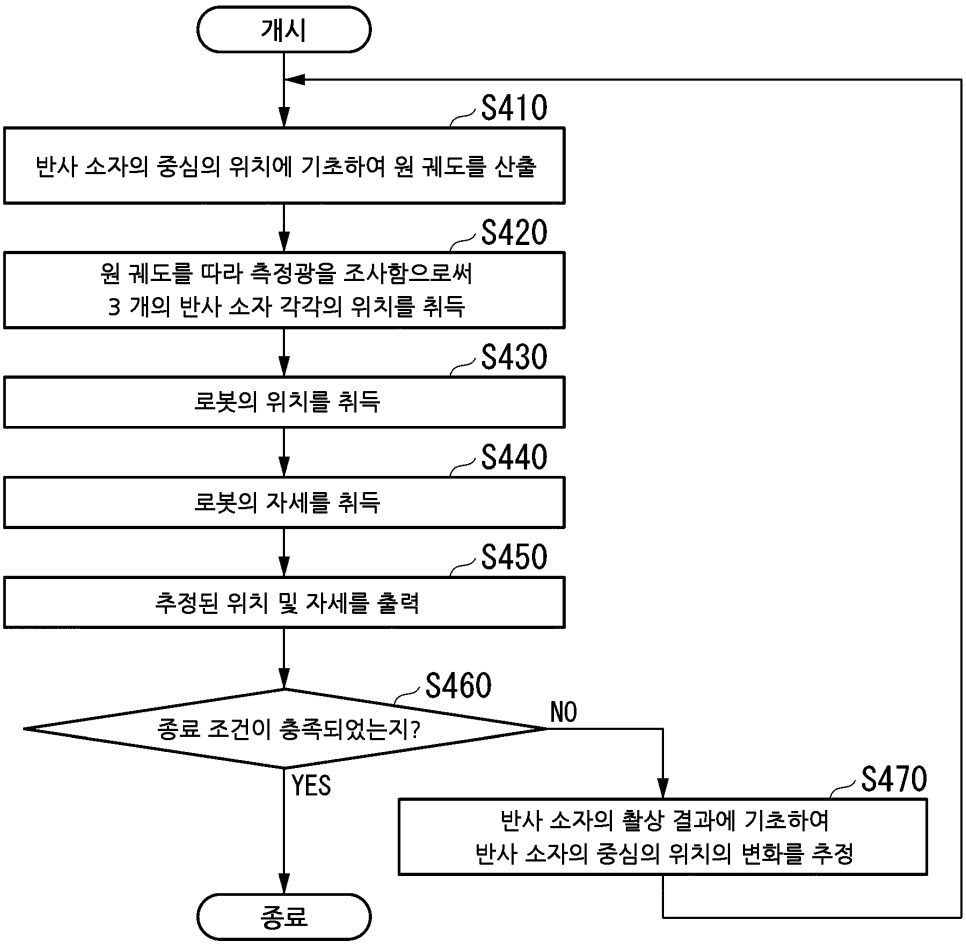
도면30



도면31



도면32


개시
S410
반사 소자의 중심의 위치에 기초하여 원 궤도를 산출
S420
원 궤도를 따라 측정광을 조사함으로써
3 개의 반사 소자 각각의 위치를 취득
S430
로봇의 위치를 취득
S440
로봇의 자세를 취득
S450
추정된 위치 및 자세를 출력
S460
종료 조건이 충족되었는지?
NO
YES
S470
반사 소자의 촬상 결과에 기초하여
반사 소자의 중심의 위치의 변화를 추정
종료