(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0112941
(43) 공개일자 2024년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/677 (2006.01) *B25J 9/00* (2006.01)
B25J 9/04 (2006.01) *H01L 21/67* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/67754 (2013.01)
B25J 9/0087 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7022079
(22) 출원일자(국제) 2022년12월01일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년07월02일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/080775
(87) 국제공개번호 WO 2023/102497
국제공개일자 2023년06월08일
(30) 우선권주장
63/264,905 2021년12월03일 미국(US)

(71) 출원인
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
브랑크, 리차드 엠.
미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
크레메르만, 이즈야
미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(74) 대리인
특허법인 광장리앤고

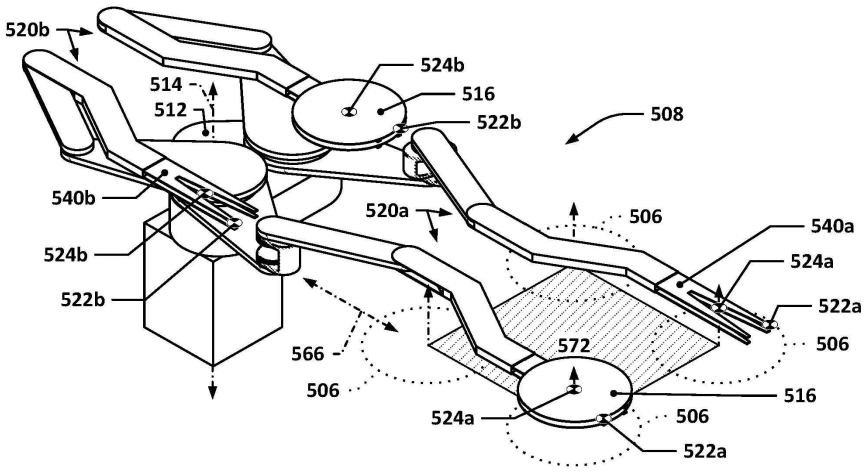
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **다중-스테이션 반도체 프로세싱 챔버를 위한 직접-픽 로봇**

(57) 요 약

멀티-스테이션 모듈, 예컨대, 쿼드-스테이션 모듈(QSM)의 스테이션으로부터 4개의 웨이퍼를 직접 픽하거나 또는 스테이션에 4개의 웨이퍼를 직접 배치하는 데 사용될 수 있는 직접-픽 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템들이 본 명세서에 개시된다. 이러한 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템은 2개의 세트의 로봇 암 쌍을 포함하고, 각각의 로봇 암 쌍은 다른 로봇 암 쌍과 독립적으로 사용될 수 있어서, 하나의 로봇 암 쌍이 QSM으로부터 웨이퍼를 픽하는데 사용될 수 있는 한편, 다른 로봇 암 쌍은 일단 QSM의 웨이퍼가 제거되면 동일한 QSM 내에 배치될 4개의 웨이퍼들의 세트를 지지한다. 이러한 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템은 각각의 웨이퍼가 QSM의 각각의 스테이션 내에 직접 배치되는 것을 허용할 수 있고, 각각의 웨이퍼가 개개의 타겟 페데스탈 상에 중심 맞춤되는 것을 허용하도록 각각의 이러한 웨이퍼 배치가 개별적으로 조정되는 것을 허용하도록 적응될 수 있다.

대 표 도 - 도7



(52) CPC특허분류
B25J 9/043 (2022.02)
H01L 21/67196 (2013.01)
H01L 21/67742 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

시스템으로서,

베이스(base);

몸통 유닛(torso unit) - 상기 몸통 유닛은 주요 회전 축을 중심으로 상기 베이스에 대해 회전 가능하도록 상기 베이스에 회전 가능하게 연결됨 - ;

상기 몸통 유닛에 의해 지지되는 한 쌍의 제1 로봇 암(robot arm); 및

상기 몸통 유닛에 의해 지지되는 한 쌍의 제2 로봇 암을 포함하고,

상기 제1 로봇 암 각각은 적어도 제1 후퇴 상태(retracted state), 제1 근거리 연장 상태(near-extension state), 및 제1 원거리 연장 상태(far-extension state) 사이에서 전이(transition)하도록 구성되고,

상기 제1 로봇 암이 상기 제1 원거리 연장 상태에 있을 때 상기 주요 회전 축으로부터 가장 먼 각각의 제1 로봇 암의 제1 원위 위치(distal location)는, 상기 제1 로봇 암이 상기 제1 근거리 연장 상태에 있을 때보다 상기 제1 로봇 암이 상기 제1 후퇴 상태에 있을 때 상기 주요 회전 축에 더 가깝고,

각각의 제1 로봇 암의 상기 제1 원위 위치는, 상기 제1 로봇 암이 상기 제1 원거리 연장 상태에 있을 때보다 상기 제1 로봇 암이 상기 제1 근거리 연장 상태에 있을 때, 상기 주요 회전 축에 더 가깝고,

상기 제2 로봇 암 각각은 적어도 제2 후퇴 상태, 제2 근거리 연장 상태, 및 제2 원거리 연장 상태 사이에서 전이하도록 구성되고,

상기 제2 로봇 암이 상기 제2 원거리 연장 상태에 있을 때 상기 주요 회전 축으로부터 가장 먼 각각의 제2 로봇 암의 제2 원위 위치는, 상기 제2 로봇 암이 상기 제2 근거리 연장 상태에 있을 때보다 상기 제2 로봇 암이 상기 제2 후퇴 상태에 있을 때 상기 주요 회전 축에 더 가깝고, 그리고

각각의 제2 로봇 암의 상기 제2 원위 위치는, 상기 제2 로봇 암이 제2 원거리 연장 상태에 있을 때보다 상기 제2 로봇 암이 상기 제2 근거리 연장 상태에 있을 때, 상기 주요 회전 축에 더 가까운,

시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 로봇 암 각각은 2개의 웨이퍼를 위/아래 구성 - 상기 2개의 웨이퍼 중 하나는 상기 웨이퍼를 지지하도록 구성된 상기 제1 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 상위 제1 위치(upper first location) 상에 중심 맞춤되고, 상기 2개의 웨이퍼 중 다른 하나는 상기 웨이퍼를 지지하도록 구성된 상기 제1 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 하위 제1 위치(lower first location) 상에 중심 맞춤됨 - 으로 지지하도록 구성되고,

상기 상위 제1 위치 각각은, 상기 제1 로봇 암이 상기 제1 근거리 연장 상태 또는 상기 제1 원거리 연장 상태 중 적어도 하나에 있을 때 제1 정사각형 영역의 상이한 제1 코너 위에 명목상(nominally) 중심 맞춤되고,

상기 하위 제1 위치 각각은, 상기 제1 로봇 암이 적어도 상기 제1 근거리 연장 상태 또는 상기 제1 원거리 연장 상태 중 다른 하나에 있을 때 상기 제1 정사각형 영역의 상기 제1 코너와 상이한 상기 제1 정사각형 영역의 상이한 제2 코너 위에 명목상 중심 맞춤되고,

상기 제2 로봇 암 각각은 2개의 웨이퍼를 위/아래 구성 - 상기 2개의 웨이퍼 중 하나는 상기 웨이퍼를 지지하도록 구성된 상기 제2 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 상위 제2 위치 상에 중심 맞춤되고, 상기 2개의 웨이퍼 중 다른 하나는 상기 웨이퍼를 지지하도록 구성된 상기 제2 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 하위 제2 위치 상에 중심 맞춤됨 - 으로 지지하도록 구성되고,

상기 상위 제2 위치 각각은, 상기 제2 로봇 암이 상기 제2 근거리 연장 상태 또는 상기 제2 원거리 연장 상태 중 적어도 하나에 있을 때 제2 정사각형 영역의 상이한 제1 코너 위에 명목상 중심 맞춤되고,

상기 하위 제2 위치 각각은, 상기 제2 로봇 암이 적어도 상기 제2 근거리 연장 상태 또는 상기 제2 원거리 연장 상태 중 다른 하나에 있을 때 상기 제2 정사각형 영역의 상기 제1 코너와 상이한 상기 제2 정사각형 영역의 상이한 제2 코너 위에 명목상 중심 맞춤되고, 그리고

상기 제1 정사각형 영역 및 상기 제2 정사각형 영역은 동일한 포지션에 위치되고 동일한 배향 및 동일한 크기를 갖는,

시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상기 상위 제1 위치 및 상기 하위 제1 위치 둘 모두는 대응하는 공통 수직 축을 따라 놓이는,

시스템.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상기 상위 제1 위치 및 상기 하위 제1 위치 둘 모두는 상이한, 비동축 수직 축(non-coaxial vertical axis)을 따라 놓이는,

시스템.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

각각의 제1 로봇 암에 대해:

상기 제1 로봇 암은 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암(end effector support arm) 및 복수의 대응하는 제1 암 링크(arm link)를 갖고, 상기 제1 로봇 암에 대한 상기 대응하는 제1 암 링크는 대응하는 제1 베이스 링크 및 하나 이상의 대응하는 제1 중간 암 링크(intermediate arm link)를 포함하고,

상기 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크는, 상기 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크가 대응하는 제1 축을 중심으로 상기 몸통 유닛에 대해 회전 가능하도록 상기 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결되고, 그리고

상기 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크는 하나 이상의 대응하는 제1 중간 암 링크를 지지하고, 상기 제1 로봇 암에 대한 하나 이상의 대응하는 제1 베이스 링크는 상기 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암을 지지하고, 그리고

각각의 제2 로봇 암에 대해:

상기 제2 로봇 암은 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암 및 복수의 대응하는 제2 암 링크를 갖고, 상기 제2 로봇 암에 대한 상기 대응하는 제2 암 링크는 대응하는 제2 베이스 링크 및 하나 이상의 대응하는 제2 중간 암 링크를 포함하고,

상기 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크는, 상기 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크가 대응하는 제2 축을 중심으로 상기 몸통 유닛에 대해 회전 가능하도록 상기 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결되고, 그리고

상기 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크는 하나 이상의 대응하는 제2 중간 암 링크를 지지하고, 상기 제2 로봇 암에 대한 하나 이상의 대응하는 제2 베이스 링크는 상기 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암을 지지하고,

상기 제1 축 및 상기 제2 축은 모두 서로 실질적으로 평행하고,

상기 제1 축은 상기 제1 축에 수직한 방향으로 서로 이격되고, 그리고

상기 제2 축은 상기 제2 축에 수직한 방향으로 서로 이격되는,

시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

각각의 제1 로봇 암은, 상기 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암으로 하여금, 상기 몸통 유닛에 대한 상기 제1 로봇 암에 대한 상기 제1 베이스 링크의 회전에 적어도 부분적으로 응답하여, 상기 몸통 유닛에 대한 대응하는 병진 축을 따라 병진하게 하도록 구성되고,

각각의 제2 로봇 암은, 상기 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암으로 하여금, 상기 몸통 유닛에 대한 상기 제2 로봇 암에 대한 상기 제2 베이스 링크의 회전에 적어도 부분적으로 응답하여, 상기 몸통 유닛에 대한 대응하는 병진 축을 따라 병진하게 하도록 구성되고, 그리고

상기 제1 로봇 암 및 상기 제2 로봇 암의 병진 축(translation axis)은 모두 서로 실질적으로 평행하는,

시스템.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서,

상기 제1 로봇 암 각각에 대한 복수의 대응하는 제1 암 링크 내의 제1 암 링크는 상기 제1 축에 실질적으로 평행한 대응하는 회전 축을 중심으로 서로에 대해 회전하도록 구성되고,

상기 제1 로봇 암 각각에 대한 상기 제1 엔드 이펙터 지지 암은 상기 제1 엔드 이펙터 지지 암에 가장 가까운 상기 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크에 대해 대응하는 회전 축을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 대응하는 회전 축은 상기 제1 축에 실질적으로 평행하고,

상기 제2 로봇 암 각각에 대한 복수의 대응하는 제2 암 링크 내의 제2 암 링크는 상기 제2 축에 실질적으로 평행한 대응하는 회전 축을 중심으로 서로에 대해 회전하도록 구성되고, 그리고

상기 제2 로봇 암 각각에 대한 상기 제2 엔드 이펙터 지지 암은 상기 제2 엔드 이펙터 지지 암에 가장 가까운 상기 제2 로봇 암의 대응하는 제2 중간 암 링크에 대해 대응하는 회전 축을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 대응하는 회전 축은 상기 제2 축에 실질적으로 평행하는,

시스템.

청구항 8

제7항에 있어서, 각각의 제1 로봇 암은 2개의 대응하는 제1 암 링크를 갖고, 각각의 제2 로봇 암은 2개의 대응하는 제2 암 링크를 갖는,

시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 베이스 링크 각각은, 상기 대응하는 제1 중간 암 링크가 상기 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과 상기 제1 축 사이의 거리에 의해 정의된 대응하는 제1 베이스 링크 길이를 갖고,

상기 제1 중간 암 링크 각각은, 상기 제1 중간 암 링크가 상기 대응하는 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과, 상기 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암이 상기 제1 중간 암 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축 사이의 거리에 의해 정의되는 대응하는 제1 중간 암 링크 길이를 갖고,

상기 제2 베이스 링크 각각은, 상기 대응하는 제2 중간 암 링크가 상기 제2 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과 상기 제2 축 사이의 거리에 의해 정의된 대응하는 제2 베이스 링크 길이를 갖고,

상기 제2 중간 암 링크 각각은, 상기 제2 중간 암 링크가 상기 대응하는 제2 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과, 상기 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암이 상기 제2 중간 암 링크에 대해 회전하도

록 구성되는 대응하는 회전 축 사이의 거리에 의해 정의되는 대응하는 제2 중간 암 링크 길이를 갖고,

상기 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상기 제1 베이스 링크 길이 및 상기 제1 중간 암 링크 길이는 동일하고, 그리고

상기 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상기 제2 베이스 링크 길이 및 상기 제2 중간 암 링크 길이는 동일한,

시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상기 제1 베이스 링크 길이 및 상기 제1 중간 암 링크 길이는 서로 동일하고,

상기 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상기 제2 베이스 링크 길이 및 상기 제2 중간 암 링크 길이는 서로 동일하고, 그리고

상기 제1 베이스 링크 길이는 상기 제2 베이스 링크 길이보다 더 긴,

시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상기 제1 베이스 링크 길이 및 상기 제1 중간 암 링크 길이는 서로 동일하고, 상기 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상기 제2 베이스 링크 길이 및 상기 제2 중간 암 링크 길이와 동일한,

시스템.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 제1 로봇 암 둘 모두에 대한 상기 제1 베이스 링크 길이 및 상기 제1 중간 암 링크 길이는 동일하고, 그리고

상기 제2 로봇 암 둘 모두에 대한 상기 제2 베이스 링크 길이 및 상기 제2 중간 암 링크 길이는 동일한,

시스템.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 제1 로봇 암 둘 모두에 대한 상기 제1 베이스 링크 길이 및 상기 제1 중간 암 링크 길이 및 상기 제2 로봇 암 둘 모두에 대한 상기 제2 베이스 링크 길이 및 상기 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일한,

시스템.

청구항 14

제11항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 주요 회전 축과 동일 평면 상에 있고 상기 제1 로봇 암 둘 모두 사이에 개재된 상기 몸통 유닛의 기준 평면(reference plane)의 공통 측면(common side) 상에 위치된 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암에 대한 상기 제1 베이스 링크 길이, 상기 제2 베이스 링크 길이, 상기 제1 중간 암 링크 길이, 및 상기 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일하고,

상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암의 상기 제1 축 및 상기 제2 축은 동축이고,

상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 베이스 링크는 대응하는 제1 내부

우회 부분(inner bypass portion)에 대해 공간에서 고정되고,

상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 중간 암 링크는 대응하는 제1 외부 우회 부분(outer bypass portion)에 대해 공간에서 고정되고,

상기 제1 내부 우회 부분은 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 베이스 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제1 부분, 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 중간 암 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크가 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축보다 상기 제1 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분(bridging portion)이 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고 상기 제1 내부 우회 부분의 상기 대응하는 제1 부분과 상기 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 상기 대응하는 브리징 부분을 포함하고,

상기 제1 외부 우회 부분은 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 상기 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 베이스 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제1 부분, 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 중간 암 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암이 상기 제1 후퇴 상태에 있을 때, 상기 제1 외부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 상기 제1 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분보다 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고, 상기 제1 외부 우회 부분의 상기 대응하는 제1 부분과 상기 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 상기 대응하는 브리징 부분을 포함하는,

시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 몸통 유닛의 상기 기준 평면의 반대 측면 상에 위치된 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암에 대한 상기 제1 베이스 링크 길이, 상기 제2 베이스 링크 길이, 상기 제1 중간 암 링크 길이 및 상기 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일하고,

상기 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암의 상기 제1 축 및 상기 제2 축은 동축이고,

상기 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 베이스 링크는 대응하는 제2 내부 우회 부분에 대해 공간에서 고정되고,

상기 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 중간 암 링크는 대응하는 제2 외부 우회 부분에 대해 공간에서 고정되고,

상기 제2 내부 우회 부분은 상기 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 베이스 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제1 부분, 상기 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 중간 암 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 상기 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크가 상기 제2 쌍의 상기 제1 로봇 암 및 상기 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축보다 상기 제2 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 상기 제2 쌍의 1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 상기 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고 상기 제2 내부 우회 부분의 상기 대응하는 제1 부분과 상기 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 상기 대응하는 브리징 부분을 포함하고,

상기 제2 외부 우회 부분은 상기 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 상기 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 베이스 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제1 부분, 상기 제2 쌍의 상기 제1 로봇 암 및 상기 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 중간 암 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 상기 제2 쌍의 상기 제1 로봇 암 및 상기 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암이 상기 제1 후퇴 상태에 있을 때, 상기 제2 외부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 상기 제2 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분보다 상기 제2 쌍의 상기 제1 로봇 암 및 상기 제2 로봇 암 중 상기 제1 로봇 암의 상기 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고, 상기 제2 외부 우회 부분의 상기 대응하는 제1 부분과 상기 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 상기

대응하는 브리징 부분을 포함하는,

시스템.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 및 상기 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암은 상기 기준 평면에 대해 대칭적으로 배열되는,

시스템.

청구항 17

제9항 또는 제11항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 축은 상기 제2 축이 이격되는 거리와 상이한 거리만큼 이격되는,

시스템.

청구항 18

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각은 대응하는 제1 부분, 대응하는 제2 부분, 및 대응하는 오프셋 조그 부분(offset jog portion)을 갖고,

상기 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각의 상기 대응하는 제1 부분 및 상기 대응하는 제2 부분은 상기 대응하는 제1 부분 및 상기 대응하는 제2 부분의 평행 축에 수직인 방향으로 서로로부터 오프셋되는 평행 축을 따라 연장되고, 그리고

상기 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각의 상기 대응하는 오프셋 조그 부분은 상기 제1 엔드 이펙터 지지 암의 상기 대응하는 제1 부분과 상기 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐 있는,

시스템.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각은 대응하는 제1 부분, 대응하는 제2 부분, 및 대응하는 오프셋 조그 부분을 갖고,

상기 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각의 상기 대응하는 제1 부분 및 상기 대응하는 제2 부분은 상기 대응하는 제1 부분 및 상기 대응하는 제2 부분의 평행 축에 수직인 방향으로 서로로부터 오프셋되는 평행 축을 따라 연장되고, 그리고

상기 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각의 상기 대응하는 오프셋 조그 부분은 상기 제2 엔드 이펙터 지지 암의 상기 대응하는 제1 부분과 상기 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐 있는,

시스템.

청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 이송 챔버(transfer chamber)를 더 포함하고,

상기 베이스는 상기 이송 챔버에 대해 고정적으로 장착되고,

상기 몸통 유닛은 상기 이송 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치되고,

상기 제1 로봇 암은 상기 제1 후퇴 상태에 있을 때 상기 이송 챔버 내에 전체적으로 위치되고,

상기 제2 로봇 암은 상기 제2 후퇴 상태에 있을 때 상기 이송 챔버 내에 전체적으로 위치되고, 그리고

상기 몸통 유닛은, 상기 제1 로봇 암 및 상기 제2 로봇 암과 함께, 상기 제1 로봇 암이 상기 제1 후퇴 상태에 있고 상기 제2 로봇 암이 상기 제2 후퇴 상태에 있을 때 상기 이송 챔버 내에서 그리고 상기 이송 챔버에 대해

적어도 90° 만큼 회전 가능한,

시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원(들)

[0002] PCT 요청 양식은 본 출원의 일부로서 이 명세서와 동시적으로 제출된다. 본 출원이 동시 출원된 PCT 요청 양식에서 식별된 바와 같은 이익 또는 우선권을 주장하는 각각의 출원은 그 전체가 그리고 모든 목적을 위해 본원에 참조로 포함된다.

배 경 기 술

[0003] 집적 회로 및 다른 구조들을 생성하기 위한 반도체 웨이퍼들의 프로세싱은 통상적으로 반도체 프로세싱 도구에서 수행되고, 이는 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들을 포함할 수도 있고, 이들 각각은 하나 이상의 웨이퍼를 프로세싱하도록 구성된다. 일부 반도체 프로세싱 도구들은, 예컨대, 챔버 내의 상이한 위치에서 다수의 상이한 웨이퍼를 동시에 프로세싱하는 능력을 갖는 멀티-스테이션 챔버(멀티-스테이션 챔버는 또한 본 명세서에서 멀티-스테이션 프로세싱 챔버로 지칭될 수 있음)인 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들을 가질 수 있다. 멀티-스테이션 챔버의 하나의 특정 유형은 4개의 웨이퍼 프로세싱 스테이션들을 특징으로 하는 쿼드-스테이션 모듈(quad-station module; QSM)이고, 각각의 이러한 스테이션은, 이를테면, 페데스탈에 의해 제공되는 웨이퍼-수용 표면을 갖는다. QSM 내의 스테이션들은 통상적으로 원형/정사각형 패턴으로 배치되고, 이로써, 일부 경우에서, 내부 캐루셀(carousel), 회전 인덱서 시스템, 또는 웨이퍼 핸들링 로봇이 QSM 챔버 내의 상이한 스테이션 사이에서 웨이퍼를 회전시키는 데 사용되는 것을 허용한다.

[0004] 도 1은 예시적인 QSM의 개략도를 도시한다. 도 1의 QSM은 각각 A, B, C, 또는 D로 라벨링된 스테이션에서 4개의 페데스탈(106)을 포함하는 프로세스 챔버(104)를 갖는다. 회전 인덱서(도시되지 않음)가 프로세스 챔버(104) 내에 배치될 수 있고, 4개의 페데스탈(106) 사이에 중심 맞춤된 회전 축을 중심으로 회전 가능한 "플러스"(+) 구성으로 배열된 4개의 암을 포함할 수 있다. 페데스탈(106) 상에 있는 웨이퍼는 리프트 핀(도시되지 않음) 및 인덱서 암에 의해 페데스탈(106)로부터 리프팅될 수 있고 그런 다음 그 아래에서 회전될 수 있다. 그런 다음, 웨이퍼는 인덱서 암 상으로 하강될 수 있고, 리프트 핀들은 후퇴될 수 있고, 이후에, 인덱서는 상이한 스테이션 사이에서 웨이퍼를 시프팅하기 위해 90° 의 배수만큼 회전될 수 있다. 그런 다음, 리프트 핀들은 인덱서로부터 웨이퍼를 리프팅하도록 연장되고, 그런 다음 인덱서는 인덱서 암을 각각의 페데스탈 사이의 위치들로 이동시키기 위해 45° 만큼 회전될 수 있다. 그런 다음 웨이퍼는 리프트 핀들을 하강시킴으로써 그들 개개의 페데스탈(106) 상으로 하강될 수 있다.

[0005] 그러한 QSM에서, 웨이퍼는 통상적으로 외부 웨이퍼 핸들링 로봇에 의해 그들의 초기 목적지 페데스탈 상에 간접적으로 배치된다. 예컨대, 도 1에서 화살표로 도시된 바와 같이, 웨이퍼는 (바닥 좌측에 있는) 스테이션 A와 연관된 웨이퍼 로딩 포트를 통해 프로세스 챔버(104)로 도입될 수 있고, 그런 다음 인덱서에 의해 스테이션 B-D 중 임의의 스테이션으로 이동될 수 있다. 따라서, 도 1의 QSM으로 도입된 모든 각각의 웨이퍼는 외부 웨이퍼 핸들링 로봇에 의해 스테이션 A로 직접 배치될 것이지만, 인덱서에 의해 스테이션 B-D로 간접적으로 배치될 것이다. 유사하게, 프로세스 챔버(104)로부터의 웨이퍼는 스테이션 D을 통해 프로세스 챔버(104)로부터 제거될 수 있고, 이로써 외부 웨이퍼 핸들링 로봇이 웨이퍼를 회수할 수 있기 전에 (이미 스테이션 D에 있지 않다면) 인덱서에 의해 스테이션 D로 처음 이동되도록 각각의 웨이퍼가 픽(pick)될 것을 요구한다.

[0006] 1의 QSM의 변형예에서, 외부 웨이퍼 핸들링 로봇(또는 2개의 그러한 로봇들)은 2개의 웨이퍼들, 즉, 하나를 스테이션 A로 그리고 다른 하나를 스테이션 D로 동시에 전달할 수 있다. 그런 다음, 그러한 웨이퍼 둘 모두는 다른 2개의 웨이퍼들이 스테이션 A 및 D에 동시에 전달될 수 있도록 인덱서에 의해 스테이션 B 및 C로 이동될 수 있다.

[0007] QSM의 또 다른 변형예에서, QSM은 두 쌍의 인접한 암들로 그룹화된 4개의 암을 갖는 인덱서를 가질 수 있고, 두 쌍의 암은 회전 가능하고, 서로에 대해 수직으로 병진 이동 가능하여, 두 쌍의 암이 서로에 대해 수직으로 시프팅되고 그런 다음 서로에 대해 180° 만큼 회전되는 것을 허용하고, 이로써 한 쌍의 암 내의 암의 단부들을 다른 쌍의 암 내의 다른 암의 단부 위에 배치한다. 따라서, 모두 동시에, 2개의 인덱서 암은 스테이션 A에 포지셔닝

될 수 있고, 다른 2개의 인덱서 암은 스테이션 D에 포지셔닝될 수 있다. 그런 다음 외부 웨이퍼 핸들링 로봇들은 4개의 웨이퍼를 스테이션 A 및 스테이션 D에 동시에 배치할 수 있고, 대기중인 인덱서 암 상으로 하강시킬 수 있다. 그런 다음, 해당 쌍의 암들은 이들을 다시 "플러스" 구성으로 이동시키기 위해 서로에 대해 회전될 수 있고, 스테이션 A-D에 웨이퍼를 배치하고 그리고/또는 스테이션 사이에서 웨이퍼를 이동시키는 데 사용될 수 있다. 이러한 인덱서는 미국 특허 공개 번호 제2018/0211864호에서 보다 상세히 논의되고, 이로써 이는 전체 내용이 인용에 의해 본 명세서에 포함된다.

발명의 내용

[0008] 이 명세서에 설명된 주제의 하나 이상의 구현에 대한 세부 사항은 첨부 도면 및 아래의 설명에 설명되어 있다. 다른 특징, 양상 및 이점은 상세한 설명, 도면 및 청구범위로부터 명백해질 것이다. 본원에서 논의되는 구현은 적어도 아래에 논의되는 구현을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0009] 일부 구현들에서, 시스템이 제공되고, 시스템은 베이스, 몸통 유닛 – 몸통 유닛은 주요 회전 축을 중심으로 베이스에 대해 회전 가능하도록 베이스에 회전 가능하게 연결됨 – , 몸통 유닛에 의해 지지되는 한 쌍의 제1 로봇 암, 및 몸통 유닛에 의해 지지되는 한 쌍의 제2 로봇 암을 포함한다. 이러한 구현에서, 제1 로봇 암 각각은 적어도 제1 후퇴 상태, 제1 근거리 연장 상태, 및 제1 원거리 연장 상태 사이에서 전이하도록 구성될 수 있다. 또한, 제1 로봇 암이 제1 원거리 연장 상태에 있을 때 주요 회전 축으로부터 가장 먼 각각의 제1 로봇 암의 제1 원위 위치는, 제1 로봇 암이 제1 근거리 연장 상태에 있을 때보다 제1 로봇 암이 제1 후퇴 상태에 있을 때 주요 회전 축에 더 가까울 수 있고, 각각의 제1 로봇 암의 제1 원위 위치는, 제1 로봇 암이 제1 원거리 연장 상태에 있을 때보다 제1 로봇 암이 제1 근거리 연장 상태에 있을 때, 주요 회전 축에 더 가까울 수 있고, 제2 로봇 암 각각은 적어도 제2 후퇴 상태, 제2 근거리 연장 상태, 및 제2 원거리 연장 상태 사이에서 전이하도록 구성될 수 있고, 제2 로봇 암이 제2 원거리 연장 상태에 있을 때 주요 회전 축으로부터 가장 먼 각각의 제2 로봇 암의 제2 원위 위치는, 제2 로봇 암이 제2 근거리 연장 상태에 있을 때보다 제2 로봇 암이 제2 후퇴 상태에 있을 때 주요 회전 축에 더 가까울 수 있고, 그리고 각각의 제2 로봇 암의 제2 원위 위치는, 제2 로봇 암이 제2 원거리 연장 상태에 있을 때보다 제2 로봇 암이 제2 근거리 연장 상태에 있을 때, 주요 회전 축에 더 가까울 수 있다.

[0010] 일부 이러한 구현에서, 제1 로봇 암 각각은 2개의 웨이퍼를 위/아래 구성 – 2개의 웨이퍼 중 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 제1 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 상위 제1 위치 상에 중심 맞춤되고, 2개의 웨이퍼 중 다른 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 제1 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 하위 제1 위치 상에 중심 맞춤됨 – 으로 지지하도록 구성될 수 있다. 또한, 상위 제1 위치 각각은, 제1 로봇 암이 제1 근거리 연장 상태 또는 제1 원거리 연장 상태 중 적어도 하나에 있을 때 제1 정사각형 영역의 상이한 제1 코너들 위에 명목상 중심 맞춤될 수 있고, 하위 제1 위치 각각은, 제1 로봇 암이 적어도 제1 근거리 연장 상태 또는 제1 원거리 연장 상태 중 다른 하나에 있을 때 제1 정사각형 영역의 제1 코너와 상이한 제1 정사각형 영역의 상이한 제2 코너 위에 명목상 중심 맞춤될 수 있고, 제2 로봇 암 각각은 2개의 웨이퍼를 위/아래 구성 – 2개의 웨이퍼 중 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 제2 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 상위 제2 위치 상에 중심 맞춤되고, 2개의 웨이퍼 중 다른 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 제2 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 하위 제2 위치 상에 중심 맞춤됨 – 으로 지지하도록 구성될 수 있고, 상위 제2 위치 각각은, 제2 로봇 암이 제2 근거리 연장 상태 또는 제2 원거리 연장 상태 중 적어도 하나에 있을 때 제2 정사각형 영역의 상이한 제1 코너 위에 명목상 중심 맞춤될 수 있고, 하위 제2 위치 각각은, 제2 로봇 암이 적어도 제2 근거리 연장 상태 또는 제2 원거리 연장 상태 중 다른 하나에 있을 때 제2 정사각형 영역의 제1 코너와 상이한 제2 정사각형 영역의 상이한 제2 코너 위에 명목상 중심 맞춤될 수 있고, 그리고 제1 정사각형 영역 및 제2 정사각형 영역은 동일한 포지션에 위치될 수 있고, 동일한 배향 및 동일한 크기를 가질 수 있다.

[0011] 일부 이러한 구현에서, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상위 제1 위치 및 하위 제1 위치 둘 모두는 대응하는 공통 수직 축을 따라 놓인다. 일부 대안적인 또는 추가적인 구현에서, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상위 제1 위치 및 하위 제1 위치 둘 모두는 상이한, 비동축 수직 축들을 따라 놓일 수 있다.

[0012] 일부 구현들에서, 각각의 제1 로봇 암에 대해, 제1 로봇 암은 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암 및 복수의 대응하는 제1 암 링크를 가질 수 있고, 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 암 링크는 대응하는 제1 베이스 링크 및 하나 이상의 대응하는 제1 중간 암 링크를 포함한다. 또한, 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크는, 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크가 대응하는 제1 축을 중심으로 몸통 유닛에 대해 회전 가능하도록 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결될 수 있고, 그리고 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크는 하나 이상의 대응하는 제1 중간 암 링크를 지지할 수 있고, 제1 로봇 암에 대한 하나 이상의 대응하는 제1 베이스 링

크는 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암을 지지할 수 있다. 또한, 각각의 제2 로봇 암에 대해, 제2 로봇 암은 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암 및 복수의 대응하는 제2 암 링크를 가질 수 있고, 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 암 링크는 대응하는 제2 베이스 링크 및 하나 이상의 대응하는 제2 중간 암 링크를 포함한다. 또한, 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크는, 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크가 대응하는 제2 축을 중심으로 몸통 유닛에 대해 회전 가능하도록 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결될 수 있고, 그리고 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크는 하나 이상의 대응하는 제2 중간 암 링크를 지지할 수 있고, 제2 로봇 암에 대한 하나 이상의 대응하는 제2 베이스 링크는 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암을 지지할 수 있다. 제1 축 및 제2 축은 모두 서로 실질적으로 평행할 수 있고, 제1 축은 제1 축에 수직한 방향으로 서로 이격될 수 있고, 그리고 제2 축은 제2 축에 수직한 방향으로 서로 이격될 수 있다.

[0013] 일부 구현들에서, 각각의 제1 로봇 암은, 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암으로 하여금, 몸통 유닛에 대한 제1 로봇 암에 대한 제1 베이스 링크의 회전에 적어도 부분적으로 응답하여, 몸통 유닛에 대한 대응하는 병진 축을 따라 병진하게 하도록 구성될 수 있고, 각각의 제2 로봇 암은, 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암으로 하여금, 몸통 유닛에 대한 제2 로봇 암에 대한 제2 베이스 링크의 회전에 적어도 부분적으로 응답하여, 몸통 유닛에 대한 대응하는 병진 축을 따라 병진하게 하도록 구성될 수 있고, 그리고 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암의 병진 축은 모두 서로 실질적으로 평행할 수 있다.

[0014] 일부 구현들에서, 제1 로봇 암 각각에 대한 복수의 대응하는 제1 암 링크 내의 제1 암 링크는 제1 축에 실질적으로 평행한 대응하는 회전 축을 중심으로 서로에 대해 회전하도록 구성될 수 있고, 제1 로봇 암 각각에 대한 제1 엔드 이펙터 지지 암은 제1 엔드 이펙터 지지 암에 가장 가까운 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크에 대해 대응하는 회전 축을 중심으로 회전하도록 구성될 수 있고(여기서 대응하는 회전 축은 제1 축에 실질적으로 평행함), 제2 로봇 암 각각에 대한 복수의 대응하는 제2 암 링크 내의 제2 암 링크는 제2 축에 실질적으로 평행한 대응하는 회전 축을 중심으로 서로에 대해 회전하도록 구성될 수 있고, 그리고 제2 로봇 암 각각에 대한 제2 엔드 이펙터 지지 암은 제2 엔드 이펙터 지지 암에 가장 가까운 제2 로봇 암의 대응하는 제2 중간 암 링크에 대해 대응하는 회전 축을 중심으로 회전하도록 구성될 수 있다(여기서 대응하는 회전 축은 제2 축에 실질적으로 평행함).

[0015] 일부 구현들에서, 각각의 제1 로봇 암은 2개의 대응하는 제1 암 링크를 가질 수 있고, 각각의 제2 로봇 암은 2개의 대응하는 제2 암 링크를 가질 수 있다.

[0016] 일부 이러한 구현에서, 제1 베이스 링크 각각은, 대응하는 제1 중간 암 링크가 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과 제1 축 사이의 거리에 의해 정의된 대응하는 제1 베이스 링크 길이를 가질 수 있고, 제1 중간 암 링크 각각은, 제1 중간 암 링크가 대응하는 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과, 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암이 제1 중간 암 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축 사이의 거리에 의해 정의되는 대응하는 제1 중간 암 링크 길이를 가질 수 있고, 제2 베이스 링크 각각은, 대응하는 제2 중간 암 링크가 제2 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과 제2 축 사이의 거리에 의해 정의된 대응하는 제2 베이스 링크 길이를 가질 수 있고, 제2 중간 암 링크 각각은, 제2 중간 암 링크가 대응하는 제2 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과, 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암이 제2 중간 암 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축 사이의 거리에 의해 정의되는 대응하는 제2 중간 암 링크 길이를 가질 수 있고, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이는 동일할 수 있고, 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이와 동일할 수 있다.

[0017] 일부 이러한 구현에서, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이는 서로 동일할 수 있고, 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이와 서로 동일할 수 있고, 그리고 제1 베이스 링크 길이는 제2 베이스 링크 길이보다 더 길 수 있다.

[0018] 일부 구현들에서, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이는 서로 동일하고, 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이와 동일할 수 있다.

[0019] 부 구현들에서, 제1 로봇 암 둘 모두에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이는 동일할 수 있고, 제2 로봇 암 둘 모두에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이는 동일할 수 있다.

[0020] 일부 이러한 구현에서, 제1 로봇 암 둘 모두에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이 및 제2 로

봇 암 둘 모두에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일할 수 있다.

[0021] 일부 이러한 구현에서, 주요 회전 축과 동일 평면 상에 있고 제1 로봇 암 둘 모두 사이에 개재된 몸통 유닛의 기준 평면의 공통 측면 상에 위치된 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암에 대한 제1 베이스 링크 길이, 제2 베이스 링크 길이, 제1 중간 암 링크 길이, 및 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일할 수 있고, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암의 제1 축 및 제2 축은 동축일 수 있고, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크는 대응하는 제1 내부 우회 부분에 대해 공간에서 고정될 수 있고, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크는 대응하는 제1 외부 우회 부분에 대해 공간에서 고정될 수 있고, 제1 내부 우회 부분은 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제1 부분, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크가 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축보다 제1 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고 제1 내부 우회 부분의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 대응하는 브리징 부분을 포함할 수 있고, 제1 외부 우회 부분은 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제1 부분, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암이 제1 후퇴 상태에 있을 때, 제1 외부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 제1 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분보다 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고, 제1 외부 우회 부분의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 대응하는 브리징 부분을 포함할 수 있다.

[0022] 일부 이러한 구현에서, 몸통 유닛의 기준 평면의 반대 측면 상에 위치된 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암에 대한 제1 베이스 링크 길이, 제2 베이스 링크 길이, 제1 중간 암 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일할 수 있고, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암의 제1 축 및 제2 축은 동축일 수 있고, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크는 대응하는 제2 내부 우회 부분에 대해 공간에서 고정될 수 있고, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크는 대응하는 제2 외부 우회 부분에 대해 공간에서 고정될 수 있고, 제2 내부 우회 부분은 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제1 부분을 포함할 수 있고, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크가 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축보다 제2 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 제2 쌍의 1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고 제2 내부 우회 부분의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 대응하는 브리징 부분을 포함하고, 제2 외부 우회 부분은 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제1 부분을 포함할 수 있고, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암이 제1 후퇴 상태에 있을 때, 제2 외부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 제2 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분보다 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고, 제2 외부 우회 부분의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 대응하는 브리징 부분을 포함한다.

[0023] 일부 이러한 구현에서, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 및 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암은 기준 평면에 대해 대칭적으로 배열될 수 있다.

[0024] 일부 구현들에서, 제1 축은 제2 축이 이격되는 거리와 상이한 거리만큼 이격될 수 있다.

[0025] 일부 구현들에서, 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각은 대응하는 제1 부분, 대응하는 제2 부분, 및 대응하는 오프셋 조그 부분(offset jog portion)을 가질 수 있다. 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분은 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분의 평행 축에 수직인 방향으로 서로로부터 오프셋되는 평행 축을 따라 연장될 수 있고, 그리고 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 오프셋 조그 부분은 제1 엔드 이펙터 지지 암의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐 있을 수 있다.

[0026] 일부 구현들에서, 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각은 대응하는 제1 부분, 대응하는 제2 부분, 및 대응하는 오프셋

조그 부분을 가질 수 있다. 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분은 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분의 평행 축에 수직인 방향으로 서로로부터 오프셋되는 평행 축을 따라 연장될 수 있고, 그리고 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 오프셋 조그 부분은 제2 엔드 이펙터 지지 암의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐 있을 수 있다.

[0027] 일부 구현들에서, 베이스는 이송 챔버에 대해 고정적으로 장착될 수 있고, 몸통 유닛은 이송 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치될 수 있고, 제1 로봇 암은 제1 후퇴 상태에 있을 때 이송 챔버 내에 전체적으로 위치될 수 있고, 제2 로봇 암은 제2 후퇴 상태에 있을 때 이송 챔버 내에 전체적으로 위치될 수 있고, 그리고 몸통 유닛은, 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암과 함께, 제1 로봇 암이 제1 후퇴 상태에 있고 제2 로봇 암이 제2 후퇴 상태에 있을 때 이송 챔버 내에서 그리고 이송 챔버에 대해 적어도 90° 만큼 회전 가능할 수 있다.

[0028] 일부 구현들에서, 시스템은 또한 하나 이상의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버를 포함할 수 있다. 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로에 의해 이송 챔버와 연결될 수 있고, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 이송 챔버에 더 가까운 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈, 및 이송 챔버로부터 더 먼 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들을 가질 수 있고, 제1 로봇 암은, 몸통 유닛이 제1 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 제1 로봇 암이 제1 근거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성될 수 있고, 제1 로봇 암은, 몸통 유닛이 제1 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 제1 로봇 암이 제1 원거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성될 수 있고, 제2 로봇 암은, 몸통 유닛이 제2 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 제2 로봇 암이 제2 근거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성될 수 있고, 그리고 제2 로봇 암은, 몸통 유닛이 제2 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 제2 로봇 암이 제2 원거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성될 수 있다.

[0029] 일부 이러한 구현에서, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 쿼드-스테이션 모듈일 수 있다.

[0030] 일부 구현들에서, 시스템은 제1 로봇 암 및/또는 제2 로봇 암에 의해 웨이퍼 이송 통로 중 하나를 통해 이송되는 웨이퍼의 중심 위치 측정을 획득하도록 각각 구성되는 하나 이상의 능동 웨이퍼 중심 맞춤 센서 시스템을 더 포함할 수 있다.

[0031] 일부 구현들에서, 시스템은 하나 이상의 메모리 디바이스 및 하나 이상의 프로세서들을 포함하는 제어기를 더 포함할 수 있고, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: a) 제1 로봇 암으로 하여금 각각 한 쌍의 웨이퍼를 지지하면서 제1 후퇴 상태로부터 제1 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, b) 제1 로봇 암에 의해 지지된 바닥 웨이퍼가 제1 로봇 암으로부터 리프팅되는 동안, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, c) (b) 이후에 그리고 (b)에서 제거되지 않은 제1 로봇 암에 의해 지지된 한 쌍의 웨이퍼의 웨이퍼를 각각 지지하는 동안, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 원거리 연장 상태로부터 제1 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, d) 제1 로봇 암에 의해 지지된 상위 웨이퍼가 제1 로봇 암으로부터 리프트되는 동안, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 e) (d) 이후에 그리고 각각이 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않는 동안, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 근거리 연장 상태로부터 제1 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0032] 일부 이러한 구현에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 순차적으로: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0033] 일부 구현들에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제1 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암으로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제1 로봇 암 중 다른 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대한 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 한다.

[0034] 일부 구현들에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제1 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0035] 일부 이러한 구현에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: a) 제1 로봇 암으로 하여금 각각 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않으면서 제1 후퇴 상태로부터 제1 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, g) 제1 로봇 암 각각이 대응하는 웨이퍼를 상부에 배치하면서, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, h) 제1 로봇 암으로 하여금 (g) 이후에 그리고 각각이 (g)에서 상부에 배치된 단일 웨이퍼를 지지하면서, 제1 근거리 연장 상태로부터 제1 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, i) 제1 로봇 암 각각이 다른 웨이퍼를 상부에 그리고 제1 로봇 암에 의해 이미 지지되는 웨이퍼 아래의 위치에 배치하면서, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 j) 제1 로봇 암으로 하여금 (i) 이후에 그리고 각각이 상부에 배치된 2개의 웨이퍼를 지지하면서, 제1 원거리 연장 상태로부터 제1 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0036] 일부 구현에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: 1) 제2 로봇 암으로 하여금 각각이 한 쌍의 웨이퍼를 지지하면서 제2 후퇴 상태로부터 제2 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, 2) 제1 로봇 암에 의해 지지된 바닥 웨이퍼가 제1 로봇 암으로부터 리프팅되는 동안, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, 3) (2) 이후에 그리고 (2)에서 제거되지 않은 제2 로봇 암에 의해 지지된 한 쌍의 웨이퍼의 웨이퍼를 각각이 지지하는 동안, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 원거리 연장 상태로부터 제2 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, 4) 제2 로봇 암에 의해 지지된 상위 웨이퍼가 제2 로봇 암으로부터 리프팅되는 동안, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 5) (4) 이후에 그리고 각각이 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않는 동안, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 근거리 연장 상태로부터 제2 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0037] 일부 구현에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 순차적으로: (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하고, 그리고 (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0038] 일부 구현들에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행

가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제2 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암으로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제2 로봇 암 중 다른 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대한 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 한다.

[0039] 일부 구현들에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제2 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0040] 일부 이러한 구현에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: 6) 제2 로봇 암으로 하여금 각각이 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않으면서 제2 후퇴 상태로부터 제2 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, 7) 제2 로봇 암 각각이 대응하는 웨이퍼를 상부에 배치하면서, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, 8) 제2 로봇 암으로 하여금 (g) 이후에 그리고 각각이 (g)에서 상부에 배치된 단일 웨이퍼를 지지하면서, 제2 근거리 연장 상태로부터 제2 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, 9) 제2 로봇 암 각각이 다른 웨이퍼를 상부에 그리고 제2 로봇 암에 의해 이미 지지되는 웨이퍼 아래의 위치에 배치하면서, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 10) 제2 로봇 암으로 하여금 (9) 이후에 그리고 각각이 상부에 배치된 2개의 웨이퍼를 지지하면서, 제2 원거리 연장 상태로부터 제2 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0041] 일부 구현들에서, 시스템이 제공될 수 있고, 시스템은 베이스, 몸통 유닛 – 몸통 유닛은 주요 회전 축을 중심으로 베이스에 대해 회전 가능하도록 베이스에 회전 가능하게 연결됨 – , 및 몸통 유닛에 의해 지지되는 한 쌍의 로봇 암을 포함한다. 로봇 암 각각은 적어도 후퇴 상태, 근거리 연장 상태, 및 원거리 연장 상태 사이에서 전이하도록 구성될 수 있고, 로봇 암이 원거리 연장 상태에 있을 때 주요 회전 축으로부터 가장 먼 각각의 로봇 암의 원위 위치는, 로봇 암이 근거리 연장 상태에 있을 때보다 로봇 암이 후퇴 상태에 있을 때 주요 회전 축에 더 가까울 수 있고, 그리고 각각의 로봇 암의 원위 위치는, 로봇 암이 원거리 연장 상태에 있을 때보다 로봇 암이 근거리 연장 상태에 있을 때, 주요 회전 축에 더 가까울 수 있다.

[0042] 일부 이러한 구현에서, 로봇 암 각각은 2개의 웨이퍼를 위/아래 구성 – 2개의 웨이퍼 중 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 상위 위치 상에 중심 맞춤되고, 2개의 웨이퍼 중 다른 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 하위 위치 상에 중심 맞춤됨 – 으로 지지하도록 구성될 수 있고, 상위 위치 각각은, 로봇 암이 근거리 연장 상태 또는 원거리 연장 상태 중 적어도 하나에 있을 때 정사각형 영역의 상이한 제1 코너 위에 명목상 중심 맞춤될 수 있고, 그리고 하위 위치 각각은, 로봇 암이 적어도 근거리 연장 상태 또는 원거리 연장 상태 중 다른 하나에 있을 때 정사각형 영역의 제1 코너와 상이한 정사각형 영역의 상이한 제2 코너 위에 명목상 중심 맞춤될 수 있다.

[0043] 일부 구현들에서, 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상위 위치 및 하위 위치 둘 모두는 대응하는 공통 수직 축을 따라 놓일 수 있다. 일부 대안적인 또는 추가적인 구현에서, 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상위 위치 및 하위 위치 둘 모두는 상이한, 비동축 수직 축들을 따라 놓일 수 있다.

[0044] 일부 구현들에서, 각각의 로봇 암에 대해, 로봇 암은 대응하는 엔드 이펙터 지지 암 및 복수의 대응하는 암 링크를 가질 수 있고, 로봇 암에 대한 대응하는 암 링크는 대응하는 베이스 링크 및 하나 이상의 대응하는 중간 암 링크를 포함하고, 로봇 암에 대한 대응하는 베이스 링크는, 로봇 암에 대한 대응하는 베이스 링크가 대응하는 제1 축을 중심으로 몸통 유닛에 대해 회전 가능하도록 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결될 수 있고, 그리고

로봇 암에 대한 대응하는 베이스 링크는 하나 이상의 대응하는 중간 암 링크를 지지할 수 있고, 로봇 암에 대한 하나 이상의 대응하는 베이스 링크는 로봇 암에 대한 대응하는 엔드 이펙터 지지 암을 지지할 수 있다. 이러한 구현에서, 제1 축은 서로 실질적으로 평행하고, 제1 축에 수직한 방향으로 서로 이격될 수 있다.

[0045] 일부 구현들에서, 각각의 로봇 암은, 로봇 암에 대한 대응하는 엔드 이펙터 지지 암으로 하여금, 몸통 유닛에 대한 로봇 암에 대한 베이스 링크의 회전에 적어도 부분적으로 응답하여, 몸통 유닛에 대한 대응하는 병진 축을 따라 병진하게 하도록 구성될 수 있고, 그리고 로봇 암의 병진 축은 서로 실질적으로 평행할 수 있다.

[0046] 일부 구현들에서, 각각의 로봇 암에 대한 복수의 대응하는 암 링크 내의 암 링크는 제1 축에 실질적으로 평행한 대응하는 회전 축을 중심으로 서로에 대해 회전하도록 구성될 수 있고, 그리고 로봇 암 각각에 대한 엔드 이펙터 지지 암은 엔드 이펙터 지지 암에 가장 가까운 로봇 암의 대응하는 중간 암 링크에 대해 대응하는 회전 축을 중심으로 회전하도록 구성될 수 있다(여기서 대응하는 회전 축은 제1 축에 실질적으로 평행함).

[0047] 일부 구현들에서, 각각의 로봇 암은 2개의 대응하는 암 링크를 가질 수 있다.

[0048] 일부 구현들에서, 베이스 링크 각각은, 대응하는 중간 암 링크가 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과 제1 축 사이의 거리에 의해 정의된 대응하는 베이스 링크 길이를 가질 수 있고, 중간 암 링크 각각은, 중간 암 링크가 대응하는 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과, 대응하는 엔드 이펙터 지지 암이 중간 암 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축 사이의 거리에 의해 정의되는 대응하는 중간 암 링크 길이를 가질 수 있고, 그리고 베이스 링크 길이 및 중간 암 링크 길이는 동일할 수 있다.

[0049] 일부 구현들에서, 로봇 암은 기준 평면에 대해 대칭적으로 배열될 수 있다.

[0050] 일부 구현들에서, 엔드 이펙터 지지 암 각각은 대응하는 제1 부분, 대응하는 제2 부분, 및 대응하는 오프셋 조그 부분을 가질 수 있다. 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분은 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분의 평행 축에 수직인 방향으로 서로로부터 오프셋되는 평행 축을 따라 연장될 수 있고, 그리고 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 오프셋 조그 부분은 엔드 이펙터 지지 암의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐 있일 수 있다.

[0051] 일부 구현들에서, 시스템은 이송 챔버를 더 포함할 수 있다. 베이스는 이송 챔버에 대해 고정적으로 장착될 수 있고, 몸통 유닛은 이송 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치될 수 있고, 로봇 암은 후퇴 상태에 있을 때 이송 챔버 내에 전체적으로 위치될 수 있고, 그리고 몸통 유닛은, 로봇 암이 후퇴 상태에 있을 때, 챔버 내에서 적어도 90° 만큼 그리고 챔버에 대해, 로봇 암과 함께, 회전 가능할 수 있다.

[0052] 일부 구현들에서, 시스템은 하나 이상의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버를 더 포함할 수 있다. 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로에 의해 이송 챔버와 연결될 수 있고, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 이송 챔버에 더 가까운 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈, 및 이송 챔버로부터 더 먼 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들을 가질 수 있고, 로봇 암은, 몸통 유닛이 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 로봇 암이 근거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성될 수 있고, 그리고 로봇 암은, 몸통 유닛이 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 로봇 암이 원거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성될 수 있다.

[0053] 일부 이러한 구현에서, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 쿼드-스테이션 모듈일 수 있다.

[0054] 일부 구현들에서, 시스템은 로봇 암에 의해 웨이퍼 이송 통로 중 하나를 통해 이송되는 웨이퍼의 중심 위치 측정을 획득하도록 각각 구성되는 하나 이상의 능동 웨이퍼 중심 맞춤 센서 시스템을 더 포함할 수 있다.

[0055] 일부 구현들에서, 시스템은 하나 이상의 메모리 디바이스 및 하나 이상의 프로세서들을 포함하는 제어기를 더 포함할 수 있고, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: a) 로봇 암으로 하여금 각각 한 쌍의 웨이퍼를 지지하면서 후퇴 상태로부터 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, b) 로봇 암에 의해 지지된 바닥 웨이퍼가 로봇 암으로부터 리프팅되는 동안, 로봇 암으로 하여금 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, c) (b) 이후에 그리고 (b)에서 제거되지 않은 로봇 암에 의해 지지된 한 쌍의 웨이퍼의 웨이퍼를 각각 지지하는 동안, 로봇 암으로 하여금 원거리 연장 상태로부터 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, d) 로봇 암에 의해 지지된 상위 웨이퍼가 로봇 암으로부터 리프트되는 동안, 로봇 암으로 하여금 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리

고 e) (d) 이후에 그리고 각각이 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않는 동안, 로봇 암으로 하여금 근거리 연장 상태로부터 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0056] 일부 구현에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 순차적으로: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0057] 일부 구현들에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암으로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 로봇 암 중 다른 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대한 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 한다.

[0058] 일부 구현들에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0059] 일부 이러한 구현에서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장할 수 있고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: f) 로봇 암으로 하여금 각각 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않으면서 후퇴 상태로부터 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, g) 로봇 암 각각이 대응하는 웨이퍼를 상부에 배치하면서, 로봇 암으로 하여금 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, h) 로봇 암으로 하여금 (g) 이후에 그리고 각각이 (g)에서 상부에 배치된 단일 웨이퍼를 지지하면서, 근거리 연장 상태로부터 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, i) 로봇 암 각각이 다른 웨이퍼를 상부에 그리고 로봇 암에 의해 이미 지지되는 웨이퍼 아래의 위치에 배치하면서, 로봇 암으로 하여금 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 j) 로봇 암으로 하여금 (i) 이후에 그리고 각각이 상부에 배치된 2개의 웨이퍼를 지지하면서, 원거리 연장 상태로부터 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0060] 위에서 열거된 구현 외에도, 아래의 논의로부터 명백한 다른 구현 및 도면들은 또한 본 개시의 범위 내에 속하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0061] 아래의 논의에서 다음 도면에 대해 참조가 이루어지고; 도면들은 범위를 제한하도록 의도되지 않고, 아래의 논의를 용이하게 하기 위해 간단히 제공된다.

도 1은 예시적인 QSM의 개략도를 도시한다.

도 2 내지 도 4는 3개의 상이한 프로세싱 챔버들을 갖는 3개의 측면 상에 연결된 이송 챔버를 특징으로 하는 반도체 프로세싱 도구의 오버헤드 뷰들을 도시한다.

도 5 내지 도 7은 다양한 연장 상태에서의 예시적인 로봇 암 시스템을 도시한다.

도 8은 웨이퍼 지지 위치 위에/아래에 수평으로 스태거링된 로봇 암 시스템을 갖는 이송 챔버 및 QSM의 등각도를 도시한다.

도 9는 좌측 2개의 웨이퍼가 엔드 이펙터가 보이도록 그들을 지지하는 엔드 이펙터로부터 올려진 도 8에서와 동일한 이송 챔버 및 QSM을 도시한다.

도 10은 웨이퍼 로드 슬롯을 통과하기 직전에 수평으로 오프셋된 2개의 웨이퍼들의 평면도를 도시한다.

도 11은 수평 스태거드, 위/아래 구성으로 2개의 웨이퍼를 운반하도록 구성된 예시적인 엔드 이펙터의 확대된 상세도를 도시한다.

도 12는 수평 정렬된 위/아래 구성으로 2개의 웨이퍼를 운반하도록 구성된 예시적인 엔드 이펙터의 확대된 상세도를 도시한다.

도 13 및 도 14는 도 5의 로봇 암 시스템의 정면도 및 측면도를 도시한다.

도 15 및 도 16은 도 5의 로봇 암 시스템의 등각선도를 도시한다.

도 17은 예시적인 로봇 암 시스템의 절개 개략도를 도시한다.

도 18은 또 다른 예시적인 로봇 암 시스템의 또 다른 절개 개략도를 도시한다.

도 19는 도 18에 도시된 것과 유사한 로봇 암 시스템의 평면도를 도시한다.

도 20은 제1 축들이 제2 축들과 동축이 아닌 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암을 갖는 예시적인 로봇 암 시스템의 평면도를 도시한다.

도 21은 제1 축들이 제2 축들과 동축이지만 제1 및 제2 로봇 암의 길이가 동일하지 않은 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암을 갖는 다른 예시적인 로봇 암 시스템의 평면도를 도시한다.

도 22는 적층된 배열에서 지지되는 2개의 웨이퍼의 구성에 대한 엔드 이펙터에 대한 개별 웨이퍼 중심 측정을 획득하기 위해 사용될 수 있는 AWC(active wafer centering) 시스템에 대한 광학 센서들의 개략도를 도시한다.

도 23 내지 도 44는 로봇 암 시스템 동작의 상이한 스테이지 동안 이송 챔버 및 프로세싱 챔버를 포함하는 예시적인 반도체 프로세싱 도구의 등각도들을 도시한다.

도 45는 단일 쌍의 로봇 암을 갖는 예시적인 로봇 암 시스템의 등각도를 도시한다.

도 46은 단일 쌍의 로봇 암을 갖는 예시적인 로봇 암 시스템의 절개 개략도를 도시한다.

도 47은 단일 쌍의 로봇 암을 갖는 다른 예시적인 로봇 암 시스템의 다른 절개 개략도를 도시한다.

도 48은 도 47에 도시된 것과 유사한 로봇 암 시스템의 평면도를 도시한다.

도 49는 QSM에 인접한 이송 챔버 내의 예시적인 로봇 암 시스템의 2개의 상면도를 도시한다.

전술한 도면들은 본 개시에서 논의된 개념들의 이해를 용이하게 하기 위해 제공되고, 본 개시의 범위 내에 속하는 일부 구현들을 예시하도록 의도되지만, 제한하는 것으로 의도되지 않고, 본 개시와 일치하고 도면에 도시되지 않은 구현들은 여전히 본 개시의 범위 내에 있는 것으로 간주된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0062] 멀티-스테이션 프로세싱 챔버, 예컨대, 쿼드-스테이션 모듈(QSM)의 상이한 스테이션에 복수의, 예컨대, 4개의 웨이퍼들이 직접 배치되는 것을 허용하는 새로운 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템들이 본 명세서에 개시된다. 일부 구현에서, 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템은 두 쌍의 로봇 암을 제공하고, 각각의 쌍의 로봇 암의 로봇 암은 멀티-스테이션 프로세싱 챔버에 대해 회전할 수 있는 공통 몸통 유닛에 장착된다. 두 쌍의 로봇 암 중 각각의 로봇 암은 몸통 유닛에 대해 3개의 상태 – 후퇴 상태, 근거리 연장 상태, 및 원거리 연장 상태 사이에서 전이할 수 있다. 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템의 모든 로봇 암이 그들 개개의 후퇴 상태에 있을 때, 몸통 유닛은, 예컨대, 웨이퍼 핸들링 로봇 또는 그에 의해 지지된 웨이퍼들과 이송 챔버(또는 다른 장비)의 충돌 없이 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템을 수용할 수 있는 이송 챔버 내에서 회전될 수 있다. 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템의 일부 추가적인 구현에서, 단지 단일 쌍의 대향하는 로봇 암들만이 공통 몸통 유닛에 장착될 수 있고; 이러한 웨이퍼 핸들링 로

봇 시스템들은 두 쌍의 로봇 암을 포함하는 구현에 비해 감소된 스루풋 용량을 가질 수 있지만, 더 저렴할 수 있고, 특정 맥락에서, 어떠한 실제 스루풋 페널티도 제공하지 않을 수 있다.

[0063] 이송 챔버는, 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템에 웨이퍼를 수용 및/또는 공급할 수 있는 하나 이상의 프로세싱 챔버들, 예컨대, QSM들, 로드 록(load lock) 또는 로드 포트 등과 직접 또는 간접적으로 연결될 수 있다. 예컨대, 일반적으로 정사각형인 이송 챔버에서, 이송 챔버의 측면 중 3개 각각은 상이한 프로세싱 챔버와 연결될 수 있고, 이들 각각은 QSM이다. 이송 챔버의 제4 측면은, 예컨대, 웨이퍼들이 초기에 이송 챔버에 공급되거나 그로부터 제거될 수 있는 로드 록 또는 또 다른 챔버 또는 챔버들과 연결될 수 있다. 몸통 유닛은 4개의 상이한 회전 포지션 각각으로 명목상 회전될 수 있고, 이들 각각은 그에 장착된 로봇 암이 상이한 프로세싱 챔버 또는 다른 챔버(들) 중 대응하는 프로세싱 챔버 내로 연장되는 것(그리고 나중에 그로부터 후퇴되는 것)을 허용한다. 멀티-스테이션 챔버들의 경우에, QSM에서 발견되는 것과 같이, 스테이션 및 그 내부의 페데스탈들은 원형 또는 정사각형 패턴으로 배열될 수도 있고, 스테이션 및/또는 페데스탈 중 2개는 나머지 2개의 스테이션 및/또는 페데스탈들보다 이송 챔버에 더 가깝게 위치된다. 이송 챔버에 더 가까운 QSM의 2개의 페데스탈 또는 스테이션은 본 명세서에서 "근거리" 페데스탈 또는 스테이션으로 지칭될 수 있는 반면, 이송 챔버로부터 더 멀리 있는 2개의 페데스탈 또는 스테이션은 본 명세서에서 "원거리" 페데스탈 또는 스테이션으로 지칭될 수 있다.

[0064] 몸통 유닛이 프로세싱 챔버 중 하나와 정렬하도록 회전될 때, 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템의 로봇 암은, 예컨대, 프로세싱 챔버 또는 이송 챔버의 벽들과 충돌하지 않고 근거리 연장 상태 또는 원거리 연장 상태로 전이하게 될 수 있도록 포지셔닝될 수 있다.

[0065] 도 2 내지 도 4는 3개의 상이한 프로세싱 챔버(204)와 3개의 측면 상에서 연결된 이송 챔버(202)를 특징으로 하는 반도체 프로세싱 도구의 오버헤드 뷰들을 도시한다(프로세싱 챔버(204) 및 이송 챔버(202)는 그들 사이에 갭들을 갖는 것으로 도시되지만, 실제 실행에서 그러한 챔버들은 서로에 대해 버팅(butt)될 것이거나 또는 갭은 다른 장비, 예컨대, 슬릿 밸브들로 채워져, 프로세싱 챔버(204)가 이송 챔버(202)로부터 밀봉되는 것을 허용함). 각각의 프로세싱 챔버(204)는 4-스테이션 QSM이고, 각각의 스테이션은 대응하는 페데스탈(206)을 갖는다. 알 수 있는 바와 같이, 이송 챔버(202)의 중간에는, 중간 프로세스 챔버(도 2), 좌측 프로세스 챔버(도 3), 또는 우측 프로세스 챔버(도 4)를 향하도록 축을 중심으로 회전될 수 있는 몸통 유닛(212)을 갖는 웨이퍼 핸들링 로봇 시스템(208)이 위치된다.

[0066] 도 5 내지 도 7은 다양한 연장 상태들의 예시적인 로봇 암 시스템(508)을 도시하고; 도시된 예시적인 로봇 암 시스템(508)은 두 쌍들의 로봇 암을 갖는 것이다. 도 5는 후퇴 상태에서 두 쌍의 제1 및 제2 로봇 암(520a/b)을 갖는 로봇 암 시스템(508)을 도시한다. 도 6은 한 쌍의 제1 로봇 암(520a)이 후퇴 상태에 있고 한 쌍의 제2 로봇 암(520b)이 근거리 연장 상태에 있는 로봇 암 시스템(508)을 도시한다. 도 7은 한 쌍의 제1 로봇 암(520a)이 원거리 연장 상태에 있고 한 쌍의 제2 로봇 암(520b)이 후퇴 상태에 있는 로봇 암 시스템(508)을 도시한다. 두 쌍의 제1 및 제2 로봇 암은 모두 3개의 상태 사이에서 전이될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0067] 도 5 내지 도 7은 또한, 예컨대, QSM인 멀티-스테이션 챔버에서의 경우에 해당할 수 있는 바와 같이, 페데스탈(506)의 중심 포인트(또는 웨이퍼(516)가 명목상 중심 맞춤될 수 있는 그러한 페데스탈(506) 상의 타겟 포인트들)과 명목상 일치하는 코너들을 갖는 정사각형 영역(572)을 도시한다. 타겟 위치들로 또한 지칭될 수 있는 타겟 포인트들은 (근거리 페데스탈(506)에 대한) 근거리 타겟 포인트 또는 위치 및 (원거리 페데스탈(506)에 대한) 원거리 타겟 포인트 또는 위치들로 분할될 수 있다.

[0068] 제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b) 각각은, 웨이퍼 이송 동안 한 쌍의 웨이퍼(516)를 지지하도록 구성되는, 그의 일부, 예컨대, 각각 제1 엔드 이펙터(540a) 및 제2 엔드 이펙터(540b)를 가질 수 있다. 제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b)의 각각의 이러한 부분은, 각각, 그 위에 배치된 웨이퍼가 명목상 중심 맞춤되는 위치에 대응하는, 그와 연관된 대응하는 제1 위치(524a) 또는 제2 위치(524b)를 가질 수 있고; 제1 위치(524a) 및 제2 위치(524b)는 각각, 각각이 연관된 제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b)의 대응하는 부분에 대해 공간에서 각각 고정된다. 각각의 제1 위치(524a)는 상위 제1 위치(524a) 및 하위 제1 위치(524a) 둘 모두를 포함하는 것으로 생각될 수 있고, 상위 제1 위치(524a)는 제1 엔드 이펙터(540a)에 의한 웨이퍼 이송 동안 제1 엔드 이펙터(540a)에 의해 지지되는 상위 웨이퍼(516)가 명목상 중심 맞춤되는 위치를 나타내고, 하위 제1 위치(524a)는 제1 엔드 이펙터(540a)에 의한 웨이퍼 이송 동안 제1 엔드 이펙터(540a)에 의해 지지되는 하위 또는 바닥 웨이퍼(516)가 명목상 중심 맞춤되는 위치를 나타낸다는 것이 이해될 것이다. 도시된 구현에서, 상위 및 하위 제1 위치(524a)는 위에서 볼 때 서로에 대해 중심 맞춤되지만, 예컨대, 웨이퍼(516)가 수평으로 스태거드 또는 오프셋된 위/아래 구성으로 운반되는 다른 구현에서, 상위 및 하위 제1 위치(524a)는 위에서 볼 때 서로에

대해 중심 맞춤되지 않을 수 있고, 예컨대, 상위 및 하위 제1 위치(524a)를 통과하는 수직 축들은 서로 동축이 아닐 수 있다.

[0069] 도 8은 웨이퍼 지지 위치 위에/아래에 수평으로 스태거링된 로봇 암 시스템을 갖는 이송 챔버 및 QSM의 등각도를 도시한다. 도 9는 좌측 2개의 웨이퍼가 엔드 이펙터가 보이도록 그들을 지지하는 엔드 이펙터로부터 올려진 동일한 이송 챔버 및 QSM을 도시한다. 도 8에서 볼 수 있듯이, 프로세스 챔버(804) 및 이송 챔버(802)가 도시되어 있고; 도 5 내지 도 7과 관련하여 위에서 논의된 것과 유사한 로봇 암 시스템이 이송 챔버(802) 내에 수용되고, 웨이퍼(816)를 프로세스 챔버(804) 내로 및 외부로 이송하도록 제어될 수 있다. 도 9에서, 로봇 암 시스템에 의해 지지되는 최좌측 웨이퍼(816)는 엔드 이펙터(840a 및 840b)가 보이도록 상향으로 이동되었다.

[0070] 도 10의 개략도에서 볼 수 있듯이, 도 10은 프로세스 챔버(1004)(이는 QSM 또는 다른 멀티-스테이션 챔버일 수 있음)의 웨이퍼 로드 슬롯(1074)을 통과하기 직전의 2개의 수평으로 오프셋된 웨이퍼들의 평면도를 도시한다. 웨이퍼 로드 슬롯에는 AWC 시스템의 광 센서가 장착되거나, 인근에 위치될 수 있다. 도 10에서, 1088 및 1090으로 라벨링된 2개의 x는 AWC 시스템의 광 빔 방출기 및 수신기 쌍들의 위치들을 나타내고; 광 방출기(1088) 및 광 수신기(1090)는 웨이퍼와 같은 물체가 광 수신기(1090)의 수직으로 배향된 시선을 차단할 때를 검출하도록 구성될 수 있다(도 10의 목적으로, 이러한 수직 시선은 페이지에 수직인 것으로 이해될 수 있음).

[0071] 엔드 이펙터 상의 웨이퍼를 수평으로 스태거링함으로써, 웨이퍼(1016a) 및 웨이퍼(1016b)는 웨이퍼 로드 슬롯(1074)을 통해 통과할 수 있어서, 웨이퍼(1016a 및 1016b)의 에지들은 2개의 별개의 그룹 내의 광 수신기들의 수직 시선들과 교차하고, 웨이퍼(1016a 및 1016b) 둘 모두에 대한 에지/광 시선 교차점은 다른 웨이퍼(1016a 또는 1016b)의 것들과 혼합되지 않는다. 이러한 배열은 (도 34와 관련하여 논의된 것들과 대조적으로) AWC 시스템의 단일-빔 광 센서들이 엔드 이펙터에 의해 지지되는 양자의 웨이퍼에 대한 중심 위치 측정치들을 순차적으로 획득하는 데 이용되는 것을 허용할 수 있는데, 왜냐하면 이러한 빔 센서들은, 리딩 웨이퍼(leading wafer)의 에지를 따른 4개의 포인트들이 트레일링 웨이퍼(trailing wafer)의 에지를 따른 4개의 포인트 이전에 빔 센서들을 통과할 수 있도록 이격되고, 이로써 어느 웨이퍼 에지가 AWC 센서를 트리거링하고 있는지에 대한 걱정 없이, 각각의 웨이퍼의 중심이 결정되는 것을 허용할 수 있기 때문이다. 그런 다음, 이러한 측정된 중심 위치는 챔버 내의 개개의 페데스탈 또는 웨이퍼 지지부 상에서 각각의 웨이퍼의 중심 맞춤을 안내하기 위해 AWC에 의해 사용될 수 있다.

[0072] 도 11은 수평 스태거드, 위/아래 구성으로 2개의 웨이퍼를 운반하도록 구성된 예시적인 엔드 이펙터의 확대된 상세도를 도시한다. 예시적인 엔드 이펙터(1140)는 2개의 세트의 블레이드(1141a 및 1141b)가 연장되는 베이스(1135)를 포함한다. 베이스(1135)는 엔드 이펙터 지지 암(1128)에 의해 지지될 수 있다. 블레이드(1141a 및 1141b)의 개개의 팁(1137a 및 1137b)은 베이스(1135)로부터 상이한 거리에 포지셔닝될 수 있다. 양자의 세트의 블레이드(1141a 및 1141b)는, 엔드 이펙터에 의해 지지되는 웨이퍼를 지지하기 위한 접촉 위치로서 기능할 수 있는 복수의 접촉 패드(1139) 또는 유사한 피처를 특징으로 할 수 있다. 명백한 바와 같이, 엔드 이펙터(1140)의 상위 부분에 대한 접촉 패드(1139) 중 하나는 베이스(1135) 상에 위치되고, 이로써 지지된 웨이퍼가 베이스(1135) 위에 적어도 부분적으로 포지셔닝되는 것을 허용한다. 이것은 블레이드(1141a)(상위 블레이드들)가 베이스(1135)로부터 블레이드(1141b)보다 훨씬 적은 정도로 연장되는 것을 허용하고, 이로써 위에서 언급된 수평 오프셋을 제공한다.

[0073] 도 12는 (도 5 내지 도 7에 도시된 것과 유사한) 수평으로 정렬된 위/아래 구성으로 2개의 웨이퍼를 운반하도록 구성된 예시적인 엔드 이펙터의 확대된 상세도를 도시한다. 예시적인 엔드 이펙터(1240)는 2개의 세트의 블레이드(1241a 및 1241b)가 연장되는 베이스(이 경우, 엔드 이펙터 지지 암(1228)에 의해 제공됨)를 포함한다. 블레이드(1241a 및 1241b)의 개개의 팁(1237a 및 1237b)은 베이스(1235)로부터 일반적으로 동일한 거리에 포지셔닝될 수 있다(그러나, 반드시 그렇지는 않지만, 양자의 세트의 블레이드들은 웨이퍼들이 수평으로 정렬되도록 동일한 수평 위치에서 웨이퍼를 지지하도록 구성될 수 있음). 양자의 세트의 블레이드(1241a 및 1241b)는, 엔드 이펙터에 의해 지지되는 웨이퍼를 지지하기 위한 접촉 위치로서 기능할 수 있는 복수의 접촉 패드(1239) 또는 유사한 피처를 특징으로 할 수 있다. 이러한 구성은 블레이드(1241a) 및 블레이드(1241b)가 수평으로 정렬된 위/아래 구성으로 웨이퍼를 동시에 지지하는 것을 허용한다.

[0074] 도 5 내지 도 7을 다시 참조하면, 각각의 제2 위치는 상위 및 하위 제1 위치(524a)와 유사할 수 있는 상위 제2 위치(524b) 및 하위 제2 위치(524b) 둘 모두를 유사하게 포함할 수 있다는 것이 추가로 이해될 것이다. 본 예(및 본 명세서에서 논의되는 이후의 예들)의 각각의 제1 엔드 이펙터(540a)가 위에서 볼 때 서로 중심 맞춤된 상위 및 하위 제1 위치(524a)를 갖는다는 사실, 및 본 예(및 본 명세서에서 논의되는 이후의 예들)의 각각의 제

2 엔드 이펙터(540b)가 위에서 볼 때 서로 중심 맞춤되는 상위 및 하위 제2 위치(524b)를 갖는다는 사실을 고려하면, 제1 위치(524a)는 그의 상위 및 하위 인스턴스 사이의 임의의 특별한 구별없이 단순히 제1 위치(524a)로 지칭된다. 유사하게, 제2 위치(524b)는 그의 상위 및 하위 인스턴스 사이의 임의의 특별한 구별없이 단순히 제2 위치(524b)로 지칭된다.

[0075] 도 5 내지 도 7에서, 한 쌍의 웨이퍼(516)가 좌측 제1 로봇 암(520a)의 제1 엔드 이펙터(540a) 상에 지지되는 것으로 도시되어 있고, 다른 한 쌍의 웨이퍼(516)가 우측 제2 로봇 암(520b)의 제2 엔드 이펙터(540b) 상에 지지되는 것으로 도시되어 있으며, 이는 단순히 예시적인 목적을 위한 것으로서, 도 6 및 도 7에 도시된 근거리 연장 상태 및 원거리 연장 상태 각각에서, 관련 연장 상태가 웨이퍼-로딩 상태 및 웨이퍼-언로딩 상태 각각의 로봇 암을 사용하여 도시되어 있다.

[0076] 각각의 제1 엔드 이펙터(540a) 및 제2 엔드 이펙터(540b)는 대응하는 제1 위치(524a) 및 제2 위치(524b)를 각각 가질 수 있으며, 이들은 각각 제1 엔드 이펙터(540a) 또는 제2 엔드 이펙터(540b)에 대해 고정되고, 해당 제1 엔드 이펙터(540a) 또는 제2 엔드 이펙터(540b)가 정상 사용 동안 해당 제1 엔드 이펙터(540a) 또는 제2 엔드 이펙터(540b) 상에 지지된 웨이퍼 또는 웨이퍼들(516)을 이송하기 위해 사용될 때 그러한 웨이퍼(516) 위에 또는 그 아래에 명목상으로 중심 맞춤된다. 다시 말해서, 각각의 제1 엔드 이펙터(540a)에 대한 대응하는 제1 위치(524a)는 해당 제1 엔드 이펙터(540a)에 의해 운송될 웨이퍼(516)가 그 위에 또는 아래에 중심 맞춤되는 명목상 타겟 포인트이고; 이러한 제1 위치(524a)는 반드시 제1 엔드 이펙터(540a) 상의 임의의 물리적으로 관찰 가능한 피처에 대응하지는 않고, 일부 경우에서, 실제로 그들이 제1 엔드 이펙터(540a)와 전혀 중첩되지 않도록 위치될 수 있다는 것이 인식될 것이다(예컨대, 도시된 것들과 같은 일부 블레이드-유형 엔드 이펙터들은 일 단부에서 큰 V-형 절개를 갖는 평판 형상을 가질 수 있고, 그의 부분들은 웨이퍼의 중심이 V-형 절개의 내부(interior) 위에/내에 포지셔닝되도록 웨이퍼를 지지하도록 설계된 V의 단부 근처, 즉, 위에서 볼 때 엔드 이펙터의 재료와 실제로 중첩되지 않는 위치에 있음). 제2 위치(524b)는 제2 엔드 이펙터(540b)에 대해 유사하게 위치될 수 있다.

[0077] 위에서 논의된 바와 같이, 제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b) 각각은 적어도 3개의 상이한 상태 사이에서 전이될 수 있도록 작동되도록 구성되며, 이들 각각의 예는 도 5 내지 도 7 각각에 표현된다.

[0078] 제1 로봇 암(520a) 또는 제2 로봇 암(520b) 중 하나가 자신의 대응하는 원거리 연장 상태(도 7 참조)에 있을 때, 로봇 암 시스템(508)의 회전 축(514)(본 명세서에서 주요 회전 축 또는 주요 회전의 축으로 또한 지칭됨)으로부터 가장 멀리 있는 해당 로봇 암 상의 대응하는 원위 위치가 존재한다. 따라서, 제1 로봇 암(520a)은 제1 원위 위치(522a)를 가질 수 있고, 제2 로봇 암(520b)은 제2 원위 위치(522b)를 가질 수 있다.

[0079] 제1 로봇 암(520a) 또는 제2 로봇 암(520b)이 후퇴 상태에 있을 때, 제1 원위 위치(522a) 또는 제2 원위 위치(522b)는 해당 제1 로봇 암(520a) 또는 제2 로봇 암(520b)이 근거리 또는 원거리 연장 상태에 있을 때보다 각각 회전 축(514)에 더 가까울 수 있다. 유사하게, 제1 로봇 암(520a) 또는 제2 로봇 암(520b)이 근거리 연장 상태에 있을 때, 제1 원위 위치(522a) 또는 제2 원위 위치(522b)는 해당 1 로봇 암(520a) 또는 제2 로봇 암(520b)이 원거리 연장 상태에 있을 때보다 각각 회전 축(514)에 더 가까울 수 있다.

[0080] 제2 로봇 암(520b)에 대해 도 6에 도시된 근거리 연장 상태에서, 제2 로봇 암(320b)의 제2 엔드 이펙터(540b)는, 제2 엔드 이펙터(540b)에 대해 공간에서 고정되고 제2 엔드 이펙터(540b)에 의해 지지되거나 그에 의해 지지될 웨이퍼(516)의 중심 포인트와 (위에서 볼 때) 일반적으로 정렬되는 대응하는 제2 위치(524b)가 웨이퍼가 배치될 "근거리" 페데스탈(506) 중 하나 상의 타겟 위치, 예컨대, 정사각형 영역(572)의 코너 중 하나 바로 위에 위치되도록 포지셔닝된다. 그러한 타겟 위치는 보통 근거리 페데스탈의 명목상 중심 포인트이다. 유사한 관례들이 제1 로봇 암에도 물론 각각 적용된다.

[0081] 제1 로봇 암(520a)에 대해 도 7에 도시된 원거리 연장 상태에서, 제1 로봇 암(520a)의 제1 엔드 이펙터(540a)는, 제1 엔드 이펙터(540a)에 대해 공간에서 고정되고 제1 엔드 이펙터(540a)에 의해 지지되거나 그에 의해 지지될 웨이퍼(516)의 중심 포인트와 (위에서 볼 때) 일반적으로 정렬되는 대응하는 제1 위치(524a)가 웨이퍼가 배치될 "원거리" 페데스탈(506) 중 하나 상의 타겟 위치, 예컨대, 정사각형 영역(572)의 코너 중 하나 바로 위에 위치되도록 포지셔닝된다. 그러한 타겟 위치는 보통 근거리 페데스탈의 명목상 중심 포인트이다. 유사한 관례들이 제2 로봇 암에도 물론 각각 적용된다.

[0082] 일부 구현에서, 제1 로봇 암(520a) 및/또는 제2 로봇 암(520b)은 제1 위치(524a) 및 제2 위치(524b)가 병진 축(566)을 따라 내향 또는 외향으로 연장되는 것을 허용하도록 구성될 수 있다. 일부 이러한 구현에서, 제1 로봇

암(520a) 및/또는 제2 로봇 암(520b) 각각은 (몸통 유닛(512)에 대해 공간에서 고정될 수 있는) 병진 축들을 따라 제1 엔드 이펙터(540a) 및/또는 제2 엔드 이펙터(540b)를 각각 연장시킬 수 있도록 운동역학적으로 구성되는 단일 자유도 로봇 암들일 수 있고; 따라서, 이러한 제1 로봇 암(520a) 및/또는 이러한 제2 로봇 암(520b)은 몸통 유닛(512)에 대해 병진 웨이퍼 움직임을 수행하는 것으로 제한될 수 있지만, 몸통 유닛(512)이 또한 제1 로봇 암(520a) 및/또는 제2 로봇 암(520b)을 물론 회전시키게 하도록 회전될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 그러나, 다른 구현에서, 제1 로봇 암(520a) 및/또는 제2 로봇 암(520b) 각각은, 본 명세서에서 나중에 논의되는 바와 같이, 병진 축들을 따라 각각 제1 엔드 이펙터(540a) 및/또는 제2 엔드 이펙터(540b)를 연장할 수 있을 뿐만 아니라, 몸통 유닛(512)에 대해 제1 로봇 암(520a) 및/또는 제2 로봇 암(520b)을 회전시킬 수 있도록 운동학적으로 구성되는 2-자유도 로봇 암들일 수 있다.

[0083] 도 5 내지 도 7에 도시된 구현에서, 제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b)은 각각 단일 자유도를 갖는 양자 유형의 SCARA(또는 selective compliance assembly robot arm)일 수 있다. 도시된 구성에서, 제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b)은 제2 로봇 암(520b)이 제1 로봇 암(520a)의 부분 사이에 완전히 위치되도록 "네스팅(nest)"된다. 따라서, 제2 로봇 암(520b)은 제1 로봇 암(520a)이 후퇴 상태에 있을 때(제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b) 둘 모두가 후퇴 상태에 있고 로봇 암 시스템을 위에서 볼 때 제2 로봇 암(520b)이 제1 로봇 암(520a)과 완전히 중첩될 수 있을지라도) 제1 로봇 암(520a)과 충돌하지 않고 연장되거나 후퇴될 수 있다. 제1 로봇 암(520a)은 유사하게 제2 로봇 암(520b)이 후퇴 상태에 있을 때 제2 로봇 암(520b)과 충돌하지 않고 연장 가능 및 후퇴 가능할 수 있다.

[0084] 도 13 및 도 14는 이러한 네스팅된 구성을 더 명확하게 예시하는 로봇 암 시스템(508)의 정면도 및 측면도를 도시한다. 도 15 및 도 16은 이러한 로봇 암 시스템의 구성에 대한 더 많은 명확성을 제공하는 등각도를 도시한다.

[0085] 도 13 및 도 14 각각에서, 로봇 암 시스템의 3개의 도면 세트가 제공되고, 최상부 도면은 제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b) 둘 모두를 도시한다. 도 13 및 도 14의 각각의 중간 도면은 음영으로 제1 로봇 암(520a)을 강조하고(그리고 이들을 회색 라인으로 렌더링함으로써 제2 로봇 암(520b)을 덜 강조함), 도 13 및 도 14의 각각의 하부 도면은 음영으로 제2 로봇 암(520b)을 강조한다(그리고 이들을 회색 라인으로 렌더링함으로써 제1 로봇 암(520a)을 덜 강조함). 다소 유사하게, 도 15의 상부 도면은 제1 로봇 암(520a)을 흑색 라인 폰트로 그리고 제2 로봇 암(520b)을 회색 라인 폰트로 도시하고, 도 15의 하부 도면은 제2 로봇 암(520b)이 단순히 생략된 제1 로봇 암(520a)을 도시한다. 유사하게, 도 16의 상부 도면은 제2 로봇 암(520b)을 흑색 라인 폰트로 도시하고, 제1 로봇 암(520a)을 회색 라인 폰트로 도시하고, 도 16의 하부 도면은 제1 로봇 암(520a)이 단순히 생략된 제2 로봇 암(520b)을 도시한다.

[0086] 도 13 내지 도 16에서 볼 수 있듯이, 제1 로봇 암(520a)은 복수의 제1 로봇 암 링크를 포함한다. 도시된 구현에서, 제1 로봇 암 링크들 각각은 제1 베이스 링크(530a) 및 제1 중간 암 링크(532a)를 포함한다. 제1 로봇 암(520a) 각각은 또한, 제1 중간 암 링크(532a)와 회전 가능하게 연결되고 제1 로봇 암(520a)의 나머지에 대해 제1 엔드 이펙터(540a)를 지지하는 제1 엔드 이펙터 지지 암(528a)(도 14 참조)을 포함한다. 다양한 제1 암 링크 각각은 하나 또는 2개의 다른 제1 암 링크와 회전 가능하게 연결되어 다관절 로봇 암(articulated robot arm)을 형성할 수 있다. 도시된 구현에서, 도 15에 도시된 바와 같이, 제1 엔드 이펙터 지지 암(528a) 각각은 2개의 제1 중간 암 링크(532a) 중 상이한 하나와 회전 가능하게 연결되어, 각각이 회전 가능하게 연결되는 제1 중간 암 링크(532a)에 대해 대응하는 회전 축(568)을 중심으로 회전할 수 있게 한다. 유사하게, 제1 중간 암 링크(532a) 각각은 2개의 제1 베이스 링크(530a) 중 상이한 하나와 회전 가능하게 연결되어, 각각이 회전 가능하게 연결되는 제1 베이스 링크(530a)에 대해 대응하는 회전 축(568)을 중심으로 회전할 수 있게 한다. 마지막으로, 각각의 제1 베이스 링크(530a)는 각각이 몸통 유닛(512)에 대해 대응하는 제1 축(534a)을 중심으로 회전할 수 있도록 몸통 유닛(512)과 회전 가능하게 연결된다.

[0087] 유사하게, 제2 로봇 암 링크들 각각은 제2 베이스 링크(530b) 및 제2 중간 암 링크(532b)를 포함한다. 제2 로봇 암(520b) 각각은 또한, 제2 중간 암 링크(532b)와 회전 가능하게 연결되고 제2 로봇 암(520b)의 나머지에 대해 제2 엔드 이펙터(540b)를 지지하는 제2 엔드 이펙터 지지 암(528b)(도 14 참조)을 포함한다. 다양한 제2 암 링크 각각은 하나 또는 2개의 다른 제2 암 링크와 회전 가능하게 연결되어 다관절 로봇 암을 형성할 수 있다. 도시된 구현에서, 도 16에 도시된 바와 같이, 제2 엔드 이펙터 지지 암(528b) 각각은 2개의 제2 중간 암 링크(532b) 중 상이한 하나와 회전 가능하게 연결되어, 각각이 회전 가능하게 연결되는 제2 중간 암 링크(532b)에 대해 대응하는 회전 축(568)을 중심으로 회전할 수 있게 한다. 유사하게, 제2 중간 암 링크(532b) 각각은 2개의 제2 베이스 링크(530b) 중 상이한 하나와 회전 가능하게 연결되어, 각각이 회전 가능하게 연결되는 제2 베이스

링크(530b)에 대해 대응하는 회전 축(568)을 중심으로 회전할 수 있게 한다. 마지막으로, 각각의 제2 베이스 링크(530b)는 각각이 몸통 유닛(512)에 대해 대응하는 제2 축(534b)을 중심으로 회전할 수 있도록 몸통 유닛(512)과 회전 가능하게 연결된다.

[0088] 알 수 있듯이, 제1 로봇 암(520a) 및 제2 로봇 암(520b)은 구성, 형상 및 크기가 거의 동일하지만, 제1 로봇 암(520a)은 각각의 제1 로봇 암(520a)의 제1 베이스 링크(530a)와 제1 중간 암 링크(532a) 사이의 회전 조인트의 일부로서 우회 엘보우 부분(552)을 각각 갖는다. 우회 엘보우 부분은 서로에 대해 회전할 수 있지만, 또한 회전 축을 따라 그의 부분 사이에 갭을 갖는 2개의 구조들을 특징으로 할 수 있다. 따라서, 서로 회전 가능하게 연결되는 제2 베이스 링크(530b) 및 제2 중간 암 링크(532b)의 단부와 같은 다른 구성요소들은 갭을 통과함으로써 우회 엘보우 부분을 통해 이동하게 될 수 있고, 이로써 이러한 구조들이 제1 중간 암 링크(532a)와 제1 베이스 링크(530a) 사이의 회전 중심축을 통과하는 것을 허용한다.

[0089] 이러한 로봇 암 시스템의 내부 작동에 대한 추가적인 명확성을 제공하기 위해, 이러한 로봇 암 시스템의 절개 개략도를 도시하는 도 17에 대해 참조가 이루어진다. 도시된 바와 같이, 로봇 암 시스템(508)과 같은 로봇 암 시스템의 절반만이 가시적이며, 나머지 절반(그의 일부가 도시됨)은 파선으로 렌더링된다. 로봇 암 시스템은 회전 축(1714)을 중심으로 회전 가능할 수 있는 몸통 유닛(1712)을 포함하고, 몸통 유닛(1712)의 기준 평면(1770)이 또한 도시되고, 기준 평면(1770)은 예컨대 로봇 암 시스템에서 일반적인 대칭의 평면일 수 있고, 도 17의 페이지에 수직이고 회전 축(1714)과 일치하거나 동일 평면일 수 있다. 몸통 유닛 구동 모터(1780)는 몸통 유닛(1712)에 회전 입력을 제공하도록 제공될 수 있고, 이로써, 예컨대, 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이, 로봇 암 시스템이 회전되는 것을 허용한다.

[0090] 몸통 유닛(1712)은 제1 암 구동 모터(1742a) 및 제2 암 구동 모터(1742b)를 포함할 수 있으며, 이들 각각은 대응하는 제1 로봇 암 또는 제2 로봇 암에 회전 입력을 각각 제공하도록 구성될 수 있다. 이러한 특정 예에서, 제1 암 구동 모터(1742a) 및 제2 암 구동 모터(1742b)는 대응하는 제1 로봇 암 또는 대응하는 제2 로봇 암과 직접 연결될 수 있으며, 다른 제1 로봇 암 및 다른 제2 로봇 암을 각각 구동하기 위한 다른 제1 암 구동 모터(1742a) 및 다른 제2 암 구동 모터(1742b)가 기준 평면(1770)의 타측에 제공될 수 있다. 그러나, 다른 구현에서, 예컨대, 하나의 회전 축으로부터 다른, 오프셋되지만 평행한 회전 축으로 회전 동력을 전달하기 위한 벨트들, 기어링 또는 다른 메커니즘들의 사용을 통해, 제1 로봇 암 및/또는 제2 로봇 암 둘 모두를 동시에 각각 구동하도록 구성된 단일의 제1 암 구동 모터(1742a) 및/또는 단일의 제2 암 구동 모터(1742b)가 제공될 수 있다. 일반적으로 말하면, 제1 로봇 암 및/또는 제2 로봇 암이 공통으로 구동되지 않는 구현에서, 제1 로봇 암 및/또는 제2 로봇 암은, 일부 이러한 구현에서, 그들의 상응하는 제1 또는 제2 로봇 암들과 상이한 시간에서 구동될 수 있지만, 제1 로봇 암 둘 모두를 평행하게/일제히(tandem), 그리고 제2 로봇 암 둘 모두를 평행하게/일제히 유사하게 이동시키는 것이 바람직할 수 있다. 그러나, 이것은 그러한 로봇 암 시스템에 의해 배치되거나 픽되는 웨이퍼들의 더 낮은 스루풋을 초래할 수 있다.

[0091] 도시된 바와 같이, 제1 암 구동 모터(1742a)는, 구동될 때, 제1 암 링크(1726a)의 제1 베이스 링크(1730a)로 하여금 몸통 유닛(1712)에 대해 회전하게 하도록 구성되고, 제2 암 구동 모터(1742b)는, 구동될 때, 제2 암 링크(1726b)의 제2 베이스 링크(1730b)로 하여금 몸통 유닛(1712)에 대해 회전하게 하도록 구성된다.

[0092] 제2 암 링크(1726b)에 대해, 제2 베이스 링크(1730b)는, 그 사이의 계면에 도시된 베어링(1784)에 의해 표시된 바와 같이, 제2 중간 암 링크(1732b)와 회전 가능하게 연결될 수 있다. 도 17의 다양한 회전 계면들은 일반적으로 대표적인 베어링(1784)에 의해 표시되지만, 유사한 회전 모션을 달성하기 위해 이러한 베어링들이 배열될 수 있는 다양한 방식들이 존재할 수 있고, 도시된 위치는 임의의 방식으로 제한하는 것으로 간주되지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0093] 내부 풀리 및 구동 벨트의 시스템은 제2 중간 암 링크(1732b) 및 제2 중간 암 링크(1732b)와 회전 가능하게 연결될 수 있는 제2 엔드 이펙터 지지 암(1728b)으로 하여금 또한 몸통 유닛에 대한 제2 베이스 링크(1730b)의 회전과 일제히 각각 회전 가능하게 연결되는 제2 암 링크(1726b)에 대해 회전하게 하는 데 사용될 수 있다.

[0094] 예컨대, 몸통 유닛(1712)에 대해 공간에서 고정되는 제2 중간 암 링크 구동 풀리(1750b)가 제공될 수 있다. 유사하게, 제2 중간 암 링크(1732b)에 대해 공간에서 고정되는 제2 중간 암 링크 풀리(1748b)가 제공될 수 있고; 제2 중간 암 링크 풀리(1748b)와 제2 중간 암 링크 구동 풀리(1750b) 사이에 걸쳐 있는 벨트(1782)가 제공될 수 있다. 제2 중간 암 링크 구동 풀리(1750b)는 제2 중간 암 링크 풀리(1748b)보다 반경이 2배 크도록 크기 설정될 수 있다. 따라서, 제2 베이스 링크(1730b)가 몸통 유닛(1712) 및, 따라서 제2 중간 암 링크 구동 풀리(1750b)에 대해 회전하게 될 때, 이는 제2 중간 암 링크 풀리(1748b)와 제2 중간 암 링크 구동 풀리(1750b) 사이에 걸쳐

있는 벨트(1782)로 하여금 제2 베이스 링크(1730b)의 회전율의 2배로(그리고 반대 회전 방향으로) 제2 중간 암 링크 풀리(1748b)를 구동하게 한다. 이는, 제2 베이스 링크(1730b)가 몸통 유닛(1712)에 대해 회전함에 따라, 제2 중간 암 링크(1732b)로 하여금 제2 베이스 링크(1730b)에 대해 2배만큼, 그리고 반대 방향으로 회전하게 한다.

[0095] 제2 중간 암 링크(1732b)는 또한, 유사하게 제2 엔드 이펙터 지지 암(1728b)으로 하여금 몸통 유닛(1712)에 대한 제2 베이스 링크(1730b)의 회전과 일제히 제2 중간 암 링크(1732b)에 대해 회전하게 할 수 있는 벨트 및 풀리 시스템으로 내부적으로 구성될 수 있다. 예컨대, 제2 중간 암 링크(1732b)는 그 내에 제2 베이스 링크(1730b)에 대해 공간에서 고정된 제2 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(1746b) 및 제2 엔드 이펙터 지지 암(1728b)에 대해 공간에서 고정된 제2 엔드 이펙터 지지 암 풀리(1746b)를 가질 수 있다. 다른 벨트(1782)는 제2 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(1746b)와 제2 엔드 이펙터 지지 암 풀리(1744b) 사이에 걸쳐 있을 수 있다. 이 경우, 제2 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(1746b)는 제2 엔드 이펙터 지지 암 풀리(1744b)의 절반인 반경을 가질 수 있고, 이로써 제2 엔드 이펙터 지지 암(1728b)으로 하여금 제2 베이스 링크(1730b)에 대해 제2 중간 암 링크(1732b)가 회전하는 회전율의 절반으로 제2 중간 암 링크(1732b)에 대해 회전하게 한다. 이러한 배열은, 제2 베이스 링크(1730b)에 대한 단일 회전 입력으로 하여금 몸통 유닛에 대한 제2 베이스 링크(1730b) 및 제2 중간 암 링크(1732b)에서의 회전 움직임을 생성하게 하는 한편, 제2 엔드 이펙터 지지 암(1728b)으로 하여금 회전 없이 몸통 유닛(1712)에 대해 간단히 병진하게 하는 데 사용될 수 있다.

[0096] 제1 암 링크(1726a)는 유사하게 구성될 수 있는데, 예컨대, 제1 베이스 링크(1730a)는 그 사이의 계면에 도시된 베어링(1784)에 의해 표시된 바와 같이 제1 중간 암 링크(1732a)와 회전 가능하게 연결될 수 있다. 내부 풀리 및 구동 벨트의 유사한 시스템은 제1 중간 암 링크(1732a) 및 제1 중간 암 링크(1732a)와 회전 가능하게 연결될 수 있는 제1 엔드 이펙터 지지 암(1728a)으로 하여금 또한 몸통 유닛에 대한 제1 베이스 링크(1730a)의 회전과 일제히 각각 회전 가능하게 연결되는 제1 암 링크(1726a)에 대해 회전하게 하는 데 사용될 수 있다.

[0097] 몸통 유닛(1712)에 대해 공간에서 고정되는 제1 중간 암 링크 구동 풀리(1750a)가 제공될 수 있다. 유사하게, 제1 중간 암 링크(1732a)에 대해 공간에서 고정되는 제1 중간 암 링크 풀리(1748a)가 제공될 수 있고; 제1 중간 암 링크 풀리(1748a)와 제1 중간 암 링크 구동 풀리(1750a) 사이에 걸쳐 있는 벨트(1782)가 제공될 수 있다. 제1 중간 암 링크 구동 풀리(1750a)는 제1 중간 암 링크 풀리(1748a)보다 반경이 2배 크도록 크기 설정될 수 있다. 따라서, 제1 베이스 링크(1730a)가 몸통 유닛(1712) 및, 따라서 제1 중간 암 링크 구동 풀리(1750a)에 대해 회전하게 될 때, 이는 제1 중간 암 링크 풀리(1748a)와 제1 중간 암 링크 구동 풀리(1750a) 사이에 걸쳐 있는 벨트(1782)로 하여금 제1 베이스 링크(1730a)의 회전율의 2배로(그리고 반대 회전 방향으로) 제1 중간 암 링크 풀리(1748a)를 구동하게 한다. 이는, 제1 베이스 링크(1730a)가 몸통 유닛(1712)에 대해 회전함에 따라, 제1 중간 암 링크(1732a)로 하여금 제1 베이스 링크(1730a)에 대해 2배만큼, 그리고 반대 방향으로 회전하게 한다.

[0098] 제1 중간 암 링크(1732a)는 또한, 유사하게 제1 엔드 이펙터 지지 암(1728a)으로 하여금 몸통 유닛(1712)에 대한 제1 베이스 링크(1730a)의 회전과 일제히 제1 중간 암 링크(1732a)에 대해 회전하게 할 수 있는 벨트 및 풀리 시스템으로 내부적으로 구성될 수 있다. 예컨대, 제1 중간 암 링크(1732a)는 그 내에 제1 베이스 링크(1730a)에 대해 공간에서 고정된 제1 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(1746a) 및 제1 엔드 이펙터 지지 암(1728a)에 대해 공간에서 고정된 제1 엔드 이펙터 지지 암 풀리(1746a)를 가질 수 있다. 다른 벨트(1782)는 제1 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(1746a)와 제1 엔드 이펙터 지지 암 풀리(1744a) 사이에 걸쳐 있을 수 있다. 이 경우, 제1 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(1746a)는 제1 엔드 이펙터 지지 암 풀리(1744a)의 절반인 반경을 가질 수 있고, 이로써 제1 엔드 이펙터 지지 암(1728a)으로 하여금 제1 베이스 링크(1730a)에 대해 제1 중간 암 링크(1732a)가 회전하는 회전율의 절반으로 제1 중간 암 링크(1732a)에 대해 회전하게 한다. 이러한 배열은, 제1 베이스 링크(1730a)에 대한 단일 회전 입력으로 하여금 몸통 유닛에 대한 제1 베이스 링크(1730a) 및 제1 중간 암 링크(1732a)에서의 회전 움직임을 생성하게 하는 한편, 제1 엔드 이펙터 지지 암(1728a)으로 하여금 회전 없이 몸통 유닛(1712)에 대해 간단히 병진하게 하는 데 사용될 수 있다.

[0099] 제2 암 링크(1726b)에서 볼 수 있듯이, 제2 베이스 링크(1730b)로부터 위로 연장되고 제2 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(1746b)가 연결될 수 있는 고정 구조를 제공하는 샤프트가 제공될 수 있고; 샤프트는 원한다면 그의 길이를 따라 축대칭적일 수 있다. 도시된 다양한 암 링크, 풀리 등은, 종종 다른 요소와 연속하는 것으로 도시되어 있지만, 실제로는, 예컨대, "고정된" 조립체를 형성하기 위해 함께 볼트 체결될 수 있는 다수의 조각의 조립체에 의해 제공될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0100] 제1 암 링크(1726a)는, 제1 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(1746a)를 지지하는 데 사용되는 샤프트가 그 내에

내부 우회 부분(1752a)을 갖는 것을 제외하고는, 유사한 배열을 가질 수 있다. 내부 우회 부분(1752a)은 제1 부분(1756a), 제2 부분(1758a), 및 제1 부분(1756a)의 일 단부와 제2 부분(1758a)의 대응하는 단부 사이에 걸쳐 있는 브리징 부분(1760a)을 가질 수 있다. 갭은 제1 부분(1756a)과 제2 부분(1758a) 사이에 존재할 수 있고; 갭은 제2 베이스 링크(1730b)가 제2 중간 암 링크(1732b)와 회전 가능하게 연결되는 회전 조인트의 두께보다 더 큰 크기일 수 있다. 브리징 부분(1760a)은, 제1 베이스 링크(1730a)와 제1 중간 암 링크(1732a) 사이의 회전 조인트의 대응하는 회전 축을 향하는 브리징 부분의 표면이, 제1 암 링크(1726a)가 후퇴 상태에 있는 제1 로봇 암들과 일치하는 구성에 있을 때, 제2 베이스 링크(1730b)와 제2 중간 암 링크(1732b) 사이의 회전 조인트가 브리징 부분(1760a)과 충돌하지 않고 갭을 통해 스윙하는 것을 허용하기에 충분한 거리만큼 해당 회전 축에 수직인 방향으로 해당 회전 축으로부터 오프셋되도록 포지셔닝될 수 있다.

[0101] 제1 중간 암 링크 풀리(1748a)를 고정적으로 지지하기 위해 제1 베이스 링크(1730a) 내로 연장되는 제1 중간 암 링크(1732a)의 부분에는 대응하여 외부 우회 부분(1752b)이 장착될 수 있다. 외부 우회 부분(1752b)은 제1 부분(1756b), 제2 부분(1758b), 및 제1 부분(1756b)의 일 단부와 제2 부분(1758b)의 대응하는 단부 사이에 걸쳐 있는 브리징 부분(1760b)을 가질 수 있다. 갭은 제1 부분(1756b)과 제2 부분(1758b) 사이에 존재할 수 있고; 갭은 제1 부분(1756a)과 제2 부분(1758a)을 포함하여 그 사이의 제1 우회 엘보우 부분의 두께보다 더 큰 크기일 수 있다. 브리징 부분(1760b)은, 제1 베이스 링크(1730a)와 제1 중간 암 링크(1732a) 사이의 회전 조인트의 대응하는 회전 축을 향하는 브리징 부분의 표면이, 해당 회전 축으로부터 가장 먼 내부 우회 엘보우 부분(1752a)의 브리징 부분(1760a)의 표면 사이의 거리보다 더 먼 거리만큼 해당 회전 축에 수직인 방향으로 해당 회전 축으로부터 오프셋되도록 포지셔닝될 수 있다.

[0102] 이러한 우회 엘보우 부분들의 사용은 도 17의 로봇 암 시스템(및 앞서 논의된 로봇 암 시스템(508)뿐만 아니라, 본 명세서에서 설명되는 이후의 구현들)이, 제1 베이스 링크(1730a) 및 제2 베이스 링크(1730b)가 동일한 크기, 형상, 및 치수들일 수 있도록(또는 적어도 동일한 크기, 형상 및 치수들인 그의 서브컴포넌트들을 가질 수 있도록) 구성되는 것을 허용한다. 제1 중간 암 링크(1732a) 및 제2 중간 암 링크(1732b)는 유사하게, 동일한 크기, 형상, 및 치수일 수 있다. 따라서, 그러한 구성들은 더 적은 고유 부품들을 요구할 수 있고, 따라서 제조하는 데 비용이 덜 들 수 있다. 이러한 구성은 또한 일부 대안적인 설계보다 더 컴팩트할 수 있으며, 이는 그러한 로봇 암 시스템이 사용될 이송 챔버가 이용 가능한 공간이 제한되는 경우에 유리할 수 있다.

[0103] 도 17에 도시된 로봇 암 시스템은 몸통 유닛(1712)에 대해 그에 의해 지지되는 엔드 이펙터들의 병진 움직임만을 제공할 수 있는 제1 및 제2 로봇 암을 특징으로 한다. 그러나, 일부 구현에서, 제1 및/또는 제2 로봇 암은 몸통 유닛(1712)에 대해 그에 의해 지지되는 엔드 이펙터들의 병진 및 회전 움직임 둘 모두를 제공하도록 구성될 수 있다. 도 18은 몸통 유닛에 대해 그에 의해 지지되는 엔드 이펙터들의 병진 및 회전 움직임 둘 모두를 제공하도록 구성된 제1 및 제2 로봇 암을 특징으로 하는 예시적인 로봇 암 시스템의 절개 개략도를 도시한다.

[0104] 도 18의 로봇 암 시스템은 도 17에 도시된 구조와 거의 동일하며, 도 18의 대응하는 요소들과 동일한 마지막 2자리(또는 동일한 마지막 2자리 및 a/b 접미사)에 의해 참조되는 도 17의 로봇 암 시스템의 요소들의 설명은 도 18의 대항 대응하는 요소에 동일하게 적용 가능하다는 것을 이해할 것이다. 간결성을 위해, 이러한 요소들은 이하에서 별도로 설명되지 않으며, 대신에 독자는 도 18에서의 이러한 요소들의 설명에 대해 도 17에 대해 동일한 마지막 2자리(또는 마지막 2자리 및 a/b 접미사)를 갖는 유사한 요소들의 이전의 논의를 참조하도록 지시된다.

[0105] 도 18의 구현은, 도 17과 달리, 제1 중간 링크 구동 풀리(1850a) 및 제2 중간 링크 구동 풀리(1850b)가 몸통 유닛(1812)에 대해 고정되지 않고 대신에 암 회전 모터(1843)에 의해 회전하도록 구성된다는 점에서 도 17의 구현과 상이하다. 암 회전 모터(1843)가 정지 상태로 유지되고 제1 암 구동 모터(1842a) 및 제2 암 구동 모터(1842b) 중 하나 또는 다른 하나가 활성화될 때, 제1 로봇 암 또는 제2 로봇 암 각각은 그의 제1 엔드 이펙터 또는 제2 엔드 이펙터로 하여금 각각 몸통 유닛(1812)에 대해 병진하게 하도록 될 수 있다. 그러나, 제1 암 구동 모터(1842a), 제2 암 구동 모터(1842b), 및 암 회전 모터(1843)가 모두 함께 활성화되어 제1 중간 링크 구동 풀리(1850a) 및 제2 중간 링크 구동 풀리(1850b)로 하여금 제1 베이스 링크(1830a) 및 제2 베이스 링크(1830b)와 동일한 방향으로, 동일한 양만큼, 그리고 동일한 속도로 회전하게 하는 경우, 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암은 각각 제1 엔드 이펙터 또는 제2 엔드 이펙터의 어떠한 연장도 없이 대응하는 제1 및 제2 축(1834a/b)을 중심으로 간단히 회전할 수 있다. 이러한 로봇 암 시스템은 또한, 예컨대, 제1 중간 링크 구동 풀리(1850a) 및 제2 중간 링크 구동 풀리(1850b)로 하여금 제1 중간 링크 구동 풀리(1850a) 및/또는 제2 중간 링크 구동 풀리(1850b)와 비교하여 상이한 양 및/또는 속도 및/또는 방향으로 회전하게 함으로써, 그의 엔드 이펙터의 연장/후퇴 및 로봇 암(및 따라서 엔드 이펙터)의 회전 둘 모두를 동시에 수행하도록 동작될 수 있다.

[0106] 위에서 논의된 바와 같이, 도 17의 제1 및 제2 로봇 암의 엔드 이펙터는 몸통 유닛(1812)의 회전에 의해 이송 챔버/프로세싱 챔버(들)에 대해 일제히 회전될 수 있다. 그러나, 도 17의 각각의 쌍의 제1 로봇 암의 엔드 이펙터는 서로에 대해 회전될 수 없다. 유사하게, 도 17의 각각의 쌍의 제2 로봇 암의 엔드 이펙터는 또한 서로에 대해 회전될 수 없다. 대조적으로, 도 18의 구현은 제1 및 제2 로봇 암의 엔드 이펙터가 이송 챔버/프로세스 챔버(들)에 대해 일제히 회전하는 것을 허용할 뿐만 아니라, 각각의 제1 로봇 암이 다른 제1 로봇 암에 대해 회전되는 것 및 각각의 제2 로봇 암이 다른 제2 로봇 암에 대해 회전되는 것을 허용한다. 제1 및 제2 로봇 암의 각각의 세트가 공통 제1 중간 링크 구동 풀리(1850a) 및 제2 중간 링크 구동 풀리(1850b)에 의해 구동된다는 사실로 인해, 예컨대, 이러한 쌍의 하나의 로봇 암을 회전시키고 해당 쌍의 다른 로봇 암으로 하여금 회전되지 않는 것(또는 상이한 양만큼 및/또는 상이한 속도로 회전되는 것)으로 인해 연장 또는 후퇴하게 하는 것을 피하기 위해 이러한 쌍의 제2 로봇 암과 일제히 이러한 쌍의 제1 로봇 암을 회전시키는 것이 바람직할 수 있다는 것에 주의한다.

[0107] 도 18의 구현과 같은 구현은 각각의 제1 로봇 암이 상이한 양으로 연장되고 다른 제1 로봇 암에 대해 상이한 상대 각도로 회전되는 것을 허용한다. 도 19는, 각각 제1 베이스 링크(1930a), 제1 중간 암 링크(1932a), 및 제1 엔드 이펙터(1940a)를 지지하는 제1 엔드 이펙터 지지 암(1928a)을 갖는 2개의 제1 로봇 암을 지지하는 몸통 유닛(1912), 및 각각 제2 베이스 링크(1930b), 제2 중간 암 링크(1932b), 및 제2 엔드 이펙터(1940b)를 지지하는 제2 엔드 이펙터 지지 암(1928b)을 갖는 2개의 제2 로봇 암을 갖는 로봇 암 시스템의 예를 도시한다. 도 19에서, 제2 로봇 암 둘 모두는 원거리 연장 상태에 있는 것으로 도시되고, 제1 로봇 암은 후퇴 상태에 있는 것으로 도시된다. 각각의 제2 로봇 암은, 도 18에 도시된 구성과 같은 구성을 갖는 것으로 인해, 예컨대, 최대 +r의 거리만큼 추가로 연장되고, 최대 -r의 거리만큼 내향으로 후퇴되고, 최대 -Θ의 각도만큼 좌회전되고, 그리고/또는 최대 +Θ의 각도만큼 우회전되고, 또는 이들의 임의의 조합을 행하도록, 도시된 그의 위치로부터 다른 제2 로봇 암과 독립적으로 이동될 수 있다. 이는 제2 엔드 이펙터(1940b)에 의해 지지되는 웨이퍼들의 중심들이 제2 엔드 이펙터(1940b) 아래에 위치될 수 있는 페데스탈 상에서 중심 맞춤되도록 독립적으로 재포지셔닝되는 것을 허용한다. 도시된 점선 윤곽은 추가-연장 및 부분 후퇴 상태에서의 제2 로봇 암의 실루엣을 나타내고, 도시된 파선 윤곽은 좌측/우측 회전 상태에서의 제1 및 제2 로봇 암의 실루엣을 나타낸다. 제1 로봇 암은, 근거리 또는 원거리 연장 상태로 연장될 때, 제2 로봇 암이 회전 및/또는 연장/후퇴될 수 있는 것으로 도시된 방법과 유사한 방식으로 독립적으로 이동 및 재포지셔닝될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0108] 이는, 예컨대, 각각의 제1 로봇 암이, 다른 제1 로봇 암에 의해 수행되는 웨이퍼 중심 맞춤 동작과 독립적으로 그리고 동시에 프로세싱 챔버의 페데스탈에 대해 웨이퍼 중심 맞춤 동작을 수행할 수 있도록 제어 가능하는 것을 허용한다. 따라서, 제1 로봇 암 둘 모두는 그에 의해 지지된 웨이퍼를 개개의 페데스탈 위에 중심 맞춤하도록 동시에 제어될 수 있다.

[0109] 도 19에 도시된 움직임들의 범위는, 실현 가능하지만, 웨이퍼 중심 맞춤 동작 동안 수행될 수 있는 실제 로봇 암 움직임의 양과 비교하여 일반적으로 과장되어 있다는 것이 인식될 것이다. 예컨대, 중심 맞춤 동작 동안 웨이퍼들이 재포지셔닝될 필요가 있을 수 있는 양은 통상적으로 2 밀리미터 이하의 정도이고, 따라서 웨이퍼 중심 맞춤을 수행하기 위해 필요할 수 있는 연장/후퇴 또는 좌측/우측 회전의 양은 단지 연장 및/또는 후퇴 및/또는 회전의 2 밀리미터 이하의 정도일 수 있다.

[0110] 위에서 논의된 로봇 암 시스템 대신에 사용될 수 있는 다양한 대안적인 로봇 암 시스템들이 도 20 및 도 21을 참조하여 아래에서 논의된다.

[0111] 도 20은 제1 베이스 링크(2030)가 회전하도록 구성되는 제1 축들이 대응하는 제2 베이스 링크(2030b)가 회전하도록 구성되는 제2 축들과 동축이 아닌 제1 로봇 암(이는 도 20의 상부 도면에서 음영 처리됨) 및 제2 로봇 암(도 20의 하부 도면에서 음영 처리됨)을 갖는 예시적인 로봇 암 시스템의 평면도를 도시한다. 따라서, 제1 축 및 제2 축은 서로로부터 이격되고, 예컨대, 몸통 유닛(2012)의 회전 축을 통과하는 기준 평면의 대향 측면 상에 있을 수 있다. 이는 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암이 그들의 연장 축에 수직인 방향에서 서로로부터 스태거링되는 것을 허용한다. 이러한 구성에서, 제2 베이스 링크(2030b)와 제2 중간 암 링크(2032b)가 그 사이에서 통과하는 클리어런스가 존재하도록 제1 베이스 링크(2030a)와 제1 중간 암 링크(2032a)를 수직으로 오프셋시키는 스페이서가 제1 베이스 링크(2030a)와 제1 중간 암 링크(2032a) 사이의 회전 조인트에 장착될 수 있다는 점을 제외하고는, 제1 로봇 암과 제2 로봇 암은 동일하게 구성될 수 있다. 그러나, 이러한 배열은, 제1 로봇 암이 제2 로봇 암으로부터 충분히 멀리 이격되어 제2 중간 암 링크(2032b)가 후퇴 상태에 있는 포지션으로부터 앞서 언급된 스페이서와 접촉하지 않고 원거리 연장 상태에 있는 포지션으로 회전할 수 있는 한, 위에서 논의된 우회 엘보우

부분이 생략되는 것을 허용한다.

[0112] 제1 베이스 링크(2030a)는 제1 베이스 링크(2030a)와 몸통 유닛(2012) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 제1 축들과, 제1 베이스 링크(2030a)와 제1 중간 암 링크(2032a) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 회전 축 사이의 거리를 정의하는 제1 베이스 링크 길이(2036a)를 가질 수 있다. 제1 중간 암 링크들은 대응적으로 제1 중간 암 링크(2032a)와 이에 회전 가능하게 연결된 제1 엔드 이펙터 지지 암(2028a) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 회전 축들 사이의 거리를 정의하는 제1 중간 암 링크 길이(2038a)를 가질 수 있다. 유사하게, 제2 베이스 링크(2030b)는 제2 베이스 링크(2030b)와 몸통 유닛(2012) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 제2 축들과, 제2 베이스 링크(2030b)와 제2 중간 암 링크(2032b) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 회전 축 사이의 거리를 정의하는 제2 베이스 링크 길이(2036b)를 가질 수 있다. 제2 중간 암 링크는 대응적으로 제2 중간 암 링크(2032b)와 이에 회전 가능하게 연결된 제2 엔드 이펙터 지지 암(2028b) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 회전 축들 사이의 거리를 정의하는 제2 중간 암 링크 길이(2038b)를 가질 수 있다.

[0113] 도 20에 도시된 로봇 암 시스템에서, 제1 베이스 링크 길이(2036a), 제2 베이스 링크 길이(2036b), 제1 중간 암 링크 길이(2038a), 및 제2 중간 암 링크 길이(2038b)는, 도 13 내지 도 17과 관련하여 이전에 논의된 예시적인 로봇 암 시스템과 마찬가지로, 모두 동일한 길이이다. 그러나, 도 13 내지 도 17과 관련하여 앞서 논의된 예시적인 로봇 암 시스템에서, 몸통 유닛의 각각의 측면 상의 제1 축 및 제2 축은 동축인 반면, 도 20의 예에서, 2개의 제1 축들은 제2 축들이 유사하게 이격되는 거리보다 더 큰 거리만큼 제1 축에 수직인 방향으로 서로 이격된다.

[0114] 도 20의 로봇 암 시스템과 앞서 논의된 로봇 암 시스템 사이의 다른 차이점은 제1 엔드 이펙터 지지 암(2028a) 및 제2 엔드 이펙터 지지 암(2028b)에 있으며, 이들 각각은 제1 엔드 이펙터(2040a) 및 제2 엔드 이펙터(2040b)를 각각 지지할 수 있다. 제1 엔드 이펙터 지지 암(2028a) 및 제2 엔드 이펙터 지지 암(2028b) 각각은, 도 13-16의 로봇 시스템의 것들과 유사하게, 2개의 부분 – 제1 엔드 이펙터 지지 암(2028a) 또는 제2 엔드 이펙터 지지 암(2028b)을 대응하는 중간 암 링크에 부착하는 회전 조인트로부터 연장되는 제1 부분, 및 제1 엔드 이펙터(2040a) 또는 제2 엔드 이펙터(2040b)에서 종결되는 제2 부분 – 을 적절하게 특징으로 할 수 있다. 이러한 2개의 부분은 개개의 로봇 암의 병진 축에 수직인 축을 따라 서로로부터 오프셋될 수 있고, 제1 부분과 제2 부분 사이에 걸쳐 있는 대응하는 오프셋 조그 부분에 의해 결합될 수 있다. 제1 부분 및 제2 부분은 또한, 일반적으로 병진 축에 평행한 방향을 따라 연장될 수 있다. 일부 경우에, 예컨대, 오프셋 조그 부분이 관련 회전 조인트에 더 가깝게 이동되고, 이로써 제1 부분이 단순히 오프셋 조그 부분의 단부가 될 때까지 제1 부분의 길이를 단축시킨다면, 제1 부분은 단순히 오프셋 조그 부분의 일부일 수 있다.

[0115] 도 13 내지 도 16의 구현에서, 각각의 엔드 이펙터 지지 암의 부분 및 오프셋 조그 부분은 유사하게 크기 설정되고 치수화될 수 있고, 이로써 일부 경우에, 제1 엔드 이펙터 지지 암(528a) 및 제2 엔드 이펙터 지지 암(528b)이 (적어도 그의 주요 구조적 구성요소와 관련하여) 동일한 구성요소를 사용하여 제공되는 것을 허용하고, 이로써 제조를 단순화하고 비용을 감소시킬 수 있다. 도 20에 도시된 구현에서, 이는 또한, 예컨대, 주어진 쌍의 인접한 제1 및 제2 로봇 암에 대한 엔드 이펙터의 중심 라인, 해당 로봇 암에 대한 제1 및 제2 축 사이의 중간이고, 엔드 이펙터 지지 암과 해당 로봇 암에 대한 중간 암 링크 사이의 회전 조인트에 대한 회전 축들 사이의 중간인 평면과 일치하도록 포지셔닝되어야 하는 경우에 잠재적으로 해당 경우일 수 있다. 그러나, 도 20의 예에서, 제1 엔드 이펙터 지지 암(2028a)에 대한 관련 오프셋은 제2 엔드 이펙터 지지 암(2028b)의 오프셋보다 약간 작고, 이로써 결과적으로 제1 엔드 이펙터 지지 암(2028a) 및 제2 엔드 이펙터 지지 암(2028b)이 상이하게 구조화된다.

[0116] 도 21은 제1 베이스 링크(2130)가 회전하도록 구성되는 제1 축들이 대응하는 제2 베이스 링크(2130b)가 회전하도록 구성되는 제2 축들과 동축인 제1 로봇 암(이는 도 21의 상부 도면에서 음영 처리됨) 및 제2 로봇 암(도 21의 하부 도면에서 음영 처리됨)을 갖는 다른 예시적인 로봇 암 시스템의 평면도를 도시한다. 따라서, 하나의 제1 로봇 암의 제1 축 및 하나의 제2 로봇 암의 제2 축은 동축일 수 있고, 다른 제1 로봇 암의 제1 축 및 다른 제2 로봇 암의 제2 축은 서로 동축일 수 있다(두 쌍의 제1 및 제2 축들이 서로 이격되어 있다). 그러한 배열은 도 13-16의 로봇 암 시스템의 배열과 유사하지만, 이 예에서 제1 로봇 암들과 제2 로봇 암은 동일하지 않다.

[0117] 제1 베이스 링크(2130a)는 제1 베이스 링크(2130a)와 몸통 유닛(2112) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 제1 축들과, 제1 베이스 링크(2130a)와 제1 중간 암 링크(2132a) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 회전 축 사이의 거리를 정의하는 제1 베이스 링크 길이(2136a)를 가질 수 있다. 제1 중간 암 링크들은 대응적으로 제1 중간 암 링크(2132a)와 이에 회전 가능하게 연결된 제1 엔드 이펙터 지지 암(2128a) 사이의 회전 조인트에 대한 대응

하는 회전 축들 사이의 거리를 정의하는 제1 중간 암 링크 길이(2138a)를 가질 수 있다. 유사하게, 제2 베이스 링크(2130b)는 제2 베이스 링크(2130b)와 몸통 유닛(2112) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 제2 축들과, 제2 베이스 링크(2130b)와 제2 중간 암 링크(2132b) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 회전 축 사이의 거리를 정의하는 제2 베이스 링크 길이(2136b)를 가질 수 있다. 제2 중간 암 링크는 대응적으로 제2 중간 암 링크(2132b)와 이에 회전 가능하게 연결된 제2 엔드 이펙터 지지 암(2128b) 사이의 회전 조인트에 대한 대응하는 회전 축들 사이의 거리를 정의하는 제2 중간 암 링크 길이(2138b)를 가질 수 있다.

[0118] 도 21에 도시된 로봇 암 시스템에서, 제1 베이스 링크 길이(2136a) 및 제1 중간 암 링크 길이(2138a)는 동일할 수 있고, 제2 베이스 링크 길이(2136b) 및 제2 중간 암 링크 길이(2138b)는 동일할 수 있지만, 제1 베이스 링크 길이(2136a) 및 제1 중간 암 링크 길이(2138a)는 제2 베이스 링크 길이(2136b) 및 제2 중간 암 링크 길이(2138b)보다 길 수 있다. 제1 베이스 링크 길이(2136a) 및 제1 중간 암 링크 길이(2138a)의 추가 길이는 제1 베이스 링크(2130a)와 제1 중간 암 링크(2132a) 사이의 회전 조인트가 제2 베이스 링크(2130b)와 제2 중간 암 링크(2132b) 사이의 회전 조인트보다 제1 축으로부터 더 바깥쪽으로 포지셔닝되는 것을 허용하고, 이로써 제1 로봇 암이 후퇴 상태에 있을 때 충돌없이, 제2 베이스 링크(2130b) 및 제2 중간 암 링크(2132b)가 제1 베이스 링크(2130a) 및 제1 중간 암 링크(2132a)를 지나 스윙하는 것을 허용하는 클리어런스를 제공한다.

[0119] 본 명세서에서 논의되는 예시적인 로봇 암 시스템들이 좌우 대칭성을 갖지만, 다른 구현들은 좌우 비대칭성을 특징으로 할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 예컨대, 도 5 내지 도 16의 로봇 암 시스템(508)에 대해 도시된 것들과 유사한 좌측 제1 및 제2 로봇 암 및 도 20 또는 도 21에 도시된 것들과 유사한 우측 제1 및 제2 로봇 암을 특징으로 하는 로봇 암 시스템이 제공될 수 있고, 이로써 좌우 비대칭성을 갖지만 여전히 좌우 대칭적인 병진 특성들을 제공하는 로봇 암 시스템을 형성한다.

[0120] 위에서 논의된 로봇 암 시스템들은, 앞서 언급된 바와 같이, QSM-유형 멀티-스테이션 프로세싱 챔버, 또는 유사한 프로세싱 챔버의 4개의 스테이션 각각에서 그에 의해 운송된 웨이퍼들의 직접적인 배치를 허용할 수 있다. 이러한 배치는 또한 웨이퍼마다 단위(wafer-by-wafer basis)로 수행될 수 있고, 각각의 웨이퍼는, 산업에서 통상적으로 사용되는 바와 같이, AWC(active wafer centering) 시스템을 사용하여 목적지 페데스탈 또는 다른 웨이퍼 지지 구조물 상에 중심 맞춤된다. AWC 시스템에서, 반도체 프로세싱 챔버에 대해 고정된 광 빔 센서들은 챔버 내로 수송되는 웨이퍼가 광 빔 센서에 의해 방출된 광 빔들을 교차할 때를 검출할 수 있다. 각각의 광 빔이 이러한 통과 동안 웨이퍼에 의해 중단되는 시간에서의 웨이퍼 이송 로봇의 엔드 이펙터의 위치는, 앞서 논의된 바와 같이, 엔드 이펙터에 대한 웨이퍼의 실제 포지션, 예컨대, 제1 엔드 이펙터 또는 제2 엔드 이펙터의 제1 위치 또는 제2 위치에 대한 웨이퍼 중심의 실제 포지션을 결정하는 데 사용될 수 있다. 그런 다음, 웨이퍼 핸들링 로봇은 목적지 페데스탈(또는 웨이퍼 지지부)에서 웨이퍼 중심의 원하는 위치와 웨이퍼 중심을 정렬시키기 위해 웨이퍼를 운송하는 로봇 암의 움직임을 약간 조정하도록 제어될 수 있다. 그러한 조정들은 전형적으로, 예컨대, 밀리미터 미만의 정도로 매우 작다.

[0121] 도 22는 적층된 배열로 지지된 2개의 웨이퍼의 구성에 대한 엔드 이펙터에 대한 개별 웨이퍼 중심 측정치를 획득하는 데 사용될 수 있는 2개의 AWC 센서 시스템의 개략도를 도시하고; 이러한 AWC 센서 시스템은 이중 웨이퍼 AWC 센서 시스템으로 지칭될 수 있다. 도 22에서, 제1 웨이퍼(2216a) 및 제2 웨이퍼(2216b)는 제1 웨이퍼(2216a)가 제2 웨이퍼(2216b) 바로 위에 있는 구성으로 지지된다. 제1 웨이퍼(2216a) 및 제2 웨이퍼(2216b) 둘 모두는, 그들이 웨이퍼 이송 통로(2274)를 통해 프로세싱 챔버 내로 전달될 때 공통 엔드 이펙터(2240)에 의해 지지된다. AWC 센서 시스템(2286)은 웨이퍼 이송 통로(2274)의 양측 상에 제공될 수 있고; 각각의 AWC 센서 시스템(2286)은 "E"의 중간 수평 레그가 광 빔들을 상향 및 하향 방향으로 지향시키는 광 방출기들/광원(2288)을 갖는 E-형상 구조를 가질 수 있다. "E"의 중간 수평 레그는, 그가 엔드 이펙터(2240)에 의해 지지되는 2개의 웨이퍼(2216a 및 2216b) 사이에 개재될 것이고, 그리고 엔드 이펙터(2240)가 웨이퍼 이송 통로(2274)를 통해 웨이퍼(2216a 및 2216b)를 이동시킬 때 광 방출기/광원(2288)에 의해 방출되는 각각의 광 빔이 2개의 웨이퍼(2216a 및 2216b) 중 상이한 하나와 교차하도록 포지셔닝될 수 있다. "E"의 상위 및 하위 레그 각각은 2개의 광 방출기들/광원(2288) 중 하나에 의해 방출되는 광을 검출하기 위한 광 수신기(2290) 또는 다른 센서를 수용할 수 있다. 그러한 AWC 센서 시스템(2286)은 웨이퍼 이송 통로(2274)의 양 측면 상에 제공될 수 있고; 그러한 AWC 센서 시스템(2286)의 제2 세트(도시되지 않음)는 웨이퍼 이송 통로(2274) 내의 상이한 고도에서 제공되어, 더 낮거나 더 높은 고도에서 다른 엔드 이펙터에 의해 운송되는 웨이퍼에 대해 유사한 웨이퍼 중심 측정치들이 획득되게 할 수 있다. 이러한 AWC 센서 시스템은, 예컨대, 위/아래 구성으로 웨이퍼를 지지하는 엔드 이펙터들을 갖는, 본 명세서에서 논의된 로봇 암 시스템에 의해 운송된 각각의 웨이퍼가, 멀티-스테이션 챔버를 위한 AWC 시스템이 그의 목적지 페데스탈 또는 웨이퍼 지지부 상의 각각의 웨이퍼의 배치를 미세-튜닝하는 것을 허용하고,

이로써 각각의 스테이션 내에서 개별화된 웨이퍼 중심 맞춤을 허용하는 획득된 AWC 측정치를 갖는 것을 허용한다. 위/아래 구성으로 2개의 웨이퍼를 수송하도록 구성되는 본 명세서에서 논의되는 엔드 이펙터들은, 공통 수직 축과 일반적으로 일치하는 2개의 웨이퍼들의 중심들, 예컨대, 하나의 웨이퍼가 다른 웨이퍼 위에 또는 그 아래에 중심 맞춤되도록 그렇게 하도록 구성될 수 있거나, 또는 대안적으로, 수평으로 오프셋된 2개의 웨이퍼들의 중심들이 공통 수직 축과 일반적으로 교차하지 않도록 그렇게 하도록 구성될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 양자 유형들의 엔드 이펙터는 본 개시의 범위 내에 있는 것으로 간주된다.

[0122] 도 23 내지 도 44는 이송 챔버(2302) 및 프로세싱 챔버(2304)를 포함하는, 간단히 "도구"로서 아래에서 또한 참조되는 예시적인 반도체 프로세싱 도구의 등각도를 도시한다. 이송 챔버(2302)에는 도 13-16에 도시된 것과 유사한 로봇 암 시스템이 장착된다. 프로세싱 챔버(2304)는 4개의 웨이퍼 프로세싱 스테이션들을 갖고, 각각은 그 자신의 페데스탈(2306)을 갖는다. 이송 챔버(2302)로부터 가장 먼 스테이션들/페데스탈(2306)은 "원거리" 스테이션 또는 페데스탈(2306)로 라벨링되는 한편, 이송 챔버(2302)에 가장 가까운 스테이션들/페데스탈(2306)은 "근거리" 스테이션 또는 페데스탈(2306)로 라벨링된다. 로봇 암 시스템은 둘 모두가 몸통 유닛(2312)에 의해 지지되는 한 쌍의 제1 로봇 암(2320a) 및 한 쌍의 제2 로봇 암(2320b)을 갖는다. 이 특징들은 도 23 내지 도 44 모두에서 공통이다. 또한, 로봇 암 시스템 및/또는 프로세싱 챔버(2304)와 통신 가능하게 연결될 수 있고 몸통 유닛 및 제1 및 제2 로봇 암의 움직임들뿐만 아니라, 잠재적으로 페데스탈(2306)의 리프트 핀들의 작동을 제어하는 데 사용될 수 있는 제어기(2301)가 또한 도 23에서 볼 수 있다(그러나 나머지 도면에서 생략됨) . 제어기(2301)는 또한, 일부 경우에서, 위에서 논의된 바와 같은 AWC 시스템과 통신 가능하게 연결될 수 있다.

[0123] 도 23은 제1 세트의 4개의 웨이퍼(2316)가 제1 로봇 암(2320a)의 엔드 이펙터에 로딩되고 제2 세트의 4개의 웨이퍼(2316)가 페데스탈(2306) 상에 상주하는 동작 상태의 도구를 도시한다. 제2 세트의 4개의 웨이퍼(2316)는 프로세싱 챔버(2304) 내에서 하나 이상의 반도체 프로세싱 동작들을 방금 완료할 수 있고, 이들을 제거하고 이들을 제1 세트의 웨이퍼(2316)로 대체하는 것이 바람직할 수 있다. 도 24 내지 도 34는 이 프로세스 동안의 다양한 스테이지를 도시한다.

[0124] 도 24에서, 근거리 페데스탈(2306) 상의 웨이퍼(2316)는, 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터가 해당 웨이퍼(2316) 아래에 있도록 이동되는 것을 허용하기에 충분한 높이로, 근거리 페데스탈(2306)로부터 리프트 핀(2318)에 의해 리프팅되었다.

[0125] 도 25에서, 제2 로봇 암(2320b)은 후퇴 상태로부터 근거리 연장 상태로 전이되었고, 이로써 리프트 핀(2318)에 의해 근거리 페데스탈(2306) 위에 리프팅된 웨이퍼(2316) 아래에 그의 엔드 이펙터를 배치한다.

[0126] 도 26에서, 근거리 페데스탈(2306)을 위한 리프트 핀(2318)은 그에 의해 지지된 웨이퍼(2316)를 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터 상으로 낮추기 위해 후퇴되었다. 동시에, 원거리 페데스탈(2306) 내의 리프트 핀(2318)은, 근거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)이 근거리 페데스탈(2306)로부터 웨이퍼(2316)를 리프팅한 높이보다 다소 낮은 높이까지 원거리 페데스탈(2306)에 의해 지지된 웨이퍼(2316)를 리프팅하도록 활성화되었다. 이 높이는 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터의 상위 및 하위 블레이드 사이의 높이에 원거리 페데스탈(2306)로부터의 웨이퍼(2316)를 배치하도록 선택될 수 있다. 대안적으로, 로봇 암 시스템에 Z-축 구동 능력이 장착되면, 리프트 핀(2318)은 대신에 웨이퍼(2316)를 근거리 페데스탈(2306)과 동일한 높이로 리프팅할 수 있고, 로봇 암 시스템은 그 대신에 리프트 핀에 의해 리프팅되는 웨이퍼(2316)가 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터에 대해 동일한 상대적 고도에 있도록 제2 로봇 암(2320b)으로 하여금 고도의 변화를 발생시킬 수 있다. 또한, 원거리 페데스탈(2306)로부터의 웨이퍼(2316)의 리프팅은 또한, 예컨대, 근거리 페데스탈(2306)로부터의 웨이퍼(2316)의 리프팅과 함께, 더 일찍 수행될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0127] 도 27에서, 제2 로봇 암(2320b)은, 대응하는 리프트 핀(2318)에 의해 원거리 페데스탈(2306)로부터 리프팅된 웨이퍼(2316)가 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터에 의해 이미 지지된 웨이퍼(2316) 아래에 위치되지만, 해당 동일한 엔드 이펙터의 하위 블레이드 위에 위치되도록, 근거리 연장 상태로부터 원거리 연장 상태로 전이하게 되고, 이로써 그의 엔드 이펙터를 기동시킨다. 그런 다음, 원거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)에 의해 지지되는 웨이퍼(2316)는 제2 로봇 암(2320b)에 대한 엔드 이펙터 상으로 하강될 수 있다.

[0128] 도 28에서, 제2 로봇 암(2320b)은 원거리 연장 상태로부터 후퇴 상태로 전이하게 되고, 이로써 프로세싱 챔버(2304)로부터 제2 세트의 웨이퍼(2316) 내의 모든 4개의 웨이퍼(2316)를 인출한다. 볼 수 있는 바와 같이, 이 포인트에서 이송 챔버(2302) 내에 수용된 8개의 웨이퍼(2316)가 이제 존재하고, 프로세싱 챔버(2304)는 웨이퍼들이 비어 있고 제1 세트의 웨이퍼(2316)의 웨이퍼(2316)를 수용할 준비가 되어 있다.

[0129] 도 29에서, 제1 로봇 암(2320a)은 원거리 연장 상태로 전이하게 되고, 이로써 프로세싱 챔버(2304) 내로 제1 세트의 웨이퍼(2316)를 도입하고, 원거리 페데스탈(2306) 위에 제1 세트의 웨이퍼(2316) 내에 웨이퍼(2316)를 포지셔닝한다.

[0130] 도 30에서, 원거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)은, 제1 로봇 암의 엔드 이펙터들의 하위 포지션에서 지지된 2개의 웨이퍼(2316)를 해당 엔드 이펙터들로부터 리프팅하도록 연장되게 되었다. AWC 시스템이 각각의 배치된 웨이퍼의 개별적인 중심 맞춤을 허용하는 데 사용되면, 로봇 암 시스템은 대응하는 원거리 페데스탈(2306) 상의 2개의 제1 로봇 암(2320a) 중 하나의 하위 포지션에서 지지되는 2개의 웨이퍼(2316) 중 하나를 먼저 중심 맞춤하고, 그런 다음 해당 대응하는 원거리 페데스탈(2306)의 리프트 핀들로 하여금, 대응하는 엔드 이펙터로부터 해당 단일 웨이퍼(2316)를 리프팅하게 하도록 제어될 수 있다. 일단 웨이퍼(2316)가 더 이상 엔드 이펙터에 의해 지지되지 않고, 그 대신에 해당 웨이퍼(2316)가 배치될 원거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)에 의해 지지되면, 로봇 암 시스템은, 그의 리프트 핀(2318)으로 하여금 연장되게 하고 또한 다른 제1 로봇 암(2320a)에 대한 엔드 이펙터의 하위 포지션에서 지지된 웨이퍼(2316)를 해당 엔드 이펙터로부터 리프팅하게 하기 전에, 다른 원거리 페데스탈(2306) 상의 다른 제1 로봇 암(2320a)에 대한 엔드 이펙터의 하위 위치에서 지지된 웨이퍼(2316)를 중심 맞춤하도록 추가로 제어될 수 있다. 이 스테이지에서, 하위 포지션에서 제1 로봇 암(2320a)의 엔드 이펙터에 의해 이전에 지지되었던 양자의 웨이퍼(2316)는 그들의 개개의 원거리 페데스탈(2306) 위에 중심 맞춤되었고, 더 이상 제1 로봇 암(2320a)의 엔드 이펙터에 의해 지지되지 않는다. 사용되는 로봇 암 시스템이 도 18에 도시된 것과 유사하다면, 웨이퍼 중심 맞춤 동작들은 직렬로보다는 동시에 수행될 수 있고, 이는 웨이퍼(2316)를 프로세스 챔버(2304) 내의 원거리 페데스탈(2306) 상에 배치하는 데 필요한 전체 시간을 감소시킬 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0131] 도 31에서, 제1 로봇 암은 원거리 연장 상태로부터 근거리 연장 상태로 전이하게 되었고, 이로써 제1 로봇 암(2320a)의 엔드 이펙터에 의해 이전에 지지되었던 웨이퍼(2316)를 원거리 페데스탈(2306) 위에 현수되고 대응하는 리프트 핀(2318)에 의해 지지되게 한다.

[0132] 도 32에서, 근거리 페데스탈(2306)을 위한 리프트 핀(2318)은 제1 로봇 암(2320a)에 의해 여전히 지지되는 2개의 웨이퍼(2316)를 제1 로봇 암의 엔드 이펙터들로부터 리프팅하도록 연장되었다. 도 30과 관련하여 위에서 논의된 바와 같이, 근거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)은 스태거드 방식으로 상승될 수 있고, 여기서 여전히 제1 로봇 암(2320a)에 의해 지지되는 각각의 웨이퍼(2316)는 해당 페데스탈에 대한 리프트 핀(2318)이 상승되어 해당 웨이퍼(2316)를 지지 제1 로봇 암(2320a)으로부터 리프팅하기 전에 그의 개개의 근거리 페데스탈(2306) 위에 중심 맞춤되게 한다. 이를 지지하는 구현에서, 이러한 중심 맞춤은 각각의 제1 로봇 암(2320a)에 의해 동시에 수행될 수 있다.

[0133] 도 33에서, 제1 로봇 암(2320a)은 후퇴 상태로 전이하게 되었고, 이로써, 근거리 페데스탈(2306)의 리프트 핀(2318) 상에 지지된 나머지 쌍의 웨이퍼(2316)를 남긴다.

[0134] 도 34에서, 근거리 페데스탈(2306)의 리프트 핀(2318)은 후퇴하게 되고, 따라서 제1 세트의 웨이퍼(2316)의 마지막 2개의 웨이퍼(2316)를 그들 개개의 근거리 페데스탈(2306) 위로 하강시킨다. 물론, 원거리 페데스탈(2306)에 배치된 웨이퍼(2316)는 도 32에 도시된 동작들의 일부로서 그들 개개의 원거리 페데스탈(2306) 상으로 하강될 필요가 없지만, 대신에, 예컨대, (이를테면, 도 34에 도시된 동작 동안) 근거리 페데스탈(2306) 상으로 웨이퍼(2316)를 하강시킴과 동시에, 나중에 하강될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0135] 도 35 내지 도 44는 도 24 내지 도 34와 관련하여 논의된 동작들과 유사한 동작들을 도시하지만, 제1 세트의 웨이퍼(2316)는 초기에 프로세싱 챔버(2304)에 상주하고, 제2 세트의 웨이퍼(2316)는 이송 챔버(2302) 내에 상주하고 제2 로봇 암(2320b)에 의해 지지된다. 실제 실행에서, 일단 웨이퍼 세트가 프로세싱 챔버로부터 제거되면, 해당 웨이퍼 세트는 통상적으로 도구 밖으로 운반하기 위해 다른 프로세싱 챔버 또는 로드 록 세트로 이동될 것이고, 또 다른 프로세싱 챔버 또는 이러한 로드 록으로부터의 상이한 웨이퍼 세트는 도구의 프로세싱 챔버(들) 내로 도입하기 위해 로봇 암 시스템 상에 로딩될 것이다.

[0136] 도 35에서, 근거리 페데스탈(2306) 상의 웨이퍼(2316)는, 제1 로봇 암(2320a)의 엔드 이펙터가 해당 웨이퍼(2316) 아래에 있도록 이동되는 것을 허용하기에 충분한 높이로, 근거리 페데스탈(2306)로부터 리프트 핀(2318)에 의해 리프팅되었다. 제1 로봇 암(2320a)은 또한 후퇴 상태로부터 근거리 연장 상태로 전이되었고, 이로써 리프트 핀(2318)에 의해 근거리 페데스탈(2306) 위에 리프팅된 웨이퍼(2316) 아래에 그의 엔드 이펙터를 배치한다.

[0137] 도 36에서, 근거리 페데스탈(2306)을 위한 리프트 핀(2318)은 그에 의해 지지된 웨이퍼(2316)를 제1 로봇 암(2320a)의 엔드 이펙터 상으로 낮추기 위해 후퇴되었다. 동시에, 원거리 페데스탈(2306) 내의 리프트 핀(2318)은, 근거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)이 근거리 페데스탈(2306)로부터 웨이퍼(2316)를 리프팅한 높이보다 다소 낮은 높이까지 원거리 페데스탈(2306)에 의해 지지된 웨이퍼(2316)를 리프팅하도록 활성화되었다. 이 높이는 제1 로봇 암의 엔드 이펙터의 상위 및 하위 블레이드 사이의 높이에 원거리 페데스탈(2306)로부터의 웨이퍼(2316)를 배치하도록 선택될 수 있다. 대안적으로, 로봇 암 시스템에 Z-축 구동 능력이 장착되면, 리프트 핀(2318)은 대신에 웨이퍼(2316)를 근거리 페데스탈(2306)과 동일한 높이로 리프팅할 수 있고, 로봇 암 시스템은 그 대신에 리프트 핀에 의해 리프팅되는 웨이퍼(2316)가 제1 로봇 암(2320a)의 엔드 이펙터에 대해 동일한 상대적 고도에 있도록 제1 로봇 암(2320a)으로 하여금 고도의 변화를 발생시킬 수 있다. 또한, 원거리 페데스탈(2306)로부터의 웨이퍼(2316)의 리프팅은 또한, 예컨대, 근거리 페데스탈(2306)로부터의 웨이퍼(2316)의 리프팅과 함께, 더 일찍 수행될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0138] 도 37에서, 제1 로봇 암(2320a)은, 대응하는 리프트 핀(2318)에 의해 원거리 페데스탈(2306)로부터 리프팅된 웨이퍼(2316)가 제1 로봇 암(2320a)의 엔드 이펙터에 의해 이미 지지된 웨이퍼(2316) 아래에 위치되지만, 해당 동일한 엔드 이펙터의 하위 블레이드 위에 위치되도록, 근거리 연장 상태로부터 원거리 연장 상태로 전이하게 되고, 이로써 그의 엔드 이펙터를 기동시킨다. 그런 다음, 원거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)에 의해 지지되는 웨이퍼(2316)는 제1 로봇 암(2320a)에 대한 엔드 이펙터 상으로 하강될 수 있다.

[0139] 도 38에서, 제2 로봇 암(2320b)은 원거리 연장 상태로부터 후퇴 상태로 전이하게 되고, 이로써 프로세싱 챔버(2304)로부터 제2 세트의 웨이퍼(2316) 내의 모든 4개의 웨이퍼(2316)를 인출한다. 볼 수 있는 바와 같이, 이 포인트에서 이송 챔버(2302) 내에 다시 수용된 8개의 웨이퍼(2316)가 이제 존재하고, 프로세싱 챔버(2304)는 웨이퍼들이 비어 있고 제2 세트의 웨이퍼(2316)의 웨이퍼(2316)를 수용할 준비가 되어 있다.

[0140] 도 39에서, 제2 로봇 암(2320b)은 원거리 연장 상태로 전이하게 되고, 이로써 프로세싱 챔버(2304) 내로 제2 세트의 웨이퍼(2316)를 도입하고, 원거리 페데스탈(2306) 위에 제2 세트의 웨이퍼(2316) 내에 웨이퍼(2316)를 포지셔닝한다.

[0141] 도 40에서, 원거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)은, 제2 로봇 암의 엔드 이펙터들(2320b)의 하위 포지션에서 지지된 2개의 웨이퍼(2316)를 해당 엔드 이펙터들로부터 리프팅하도록 연장되게 되었다. AWC 시스템이 각각의 배치된 웨이퍼의 개별적인 중심 맞춤을 허용하는 데 사용되면, 도 30 및 32에 관련하여 앞서 논의된 바와 같이, 로봇 암 시스템은 대응하는 원거리 페데스탈(2306) 상의 2개의 제2 로봇 암(2320b) 중 하나의 하위 포지션에서 지지되는 2개의 웨이퍼(2316) 중 하나를 먼저 중심 맞춤하고, 그런 다음 해당 대응하는 원거리 페데스탈(2306)의 리프트 핀들로 하여금, 대응하는 엔드 이펙터로부터 해당 단일 웨이퍼(2316)를 리프팅하게 하도록 제어될 수 있다. 일단 웨이퍼(2316)가 더 이상 엔드 이펙터에 의해 지지되지 않고, 그 대신에 해당 웨이퍼(2316)가 배치될 원거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)에 의해 지지되면, 로봇 암 시스템은, 그의 리프트 핀(2318)으로 하여금 연장되게 하고 또한 다른 제2 로봇 암(2320b)에 대한 엔드 이펙터의 하위 포지션에서 지지된 웨이퍼(2316)를 해당 엔드 이펙터로부터 리프팅하게 하기 전에, 다른 원거리 페데스탈(2306) 상의 다른 제2 로봇 암(2320b)에 대한 엔드 이펙터의 하위 위치에서 지지된 웨이퍼(2316)를 중심 맞춤하도록 추가로 제어될 수 있다. 앞서 언급된 바와 같이, 사용되는 로봇 암 시스템이 도 18에 도시된 것과 유사하다면, 웨이퍼 중심 맞춤 동작들은 직렬로보다는 동시에 수행될 수 있고, 이는 웨이퍼(2316)를 프로세스 챔버(2304) 내의 원거리 페데스탈(2306) 상에 배치하는 데 필요한 전체 시간을 감소시킬 수 있다. 이 스테이지에서, 하위 포지션에서 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터에 의해 이전에 지지되었던 양자의 웨이퍼(2316)는 그들의 개개의 원거리 페데스탈(2306) 위에 중심 맞춤되었고, 더 이상 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터에 의해 지지되지 않는다.

[0142] 도 41에서, 제2 로봇 암(2320b)은 원거리 연장 상태로부터 근거리 연장 상태로 전이하게 되었고, 이로써 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터에 의해 이전에 지지되었던 웨이퍼(2316)를 원거리 페데스탈(2306) 위에 현수되고 대응하는 리프트 핀(2318)에 의해 지지되게 한다.

[0143] 도 42에서, 근거리 페데스탈(2306)을 위한 리프트 핀(2318)은 제2 로봇 암(2320b)에 의해 여전히 지지되는 2개의 웨이퍼(2316)를 제2 로봇 암(2320b)의 엔드 이펙터들로부터 리프팅하도록 연장되었다. 도 30, 32 및 40과 관련하여 위에서 논의된 바와 같이, 근거리 페데스탈(2306)에 대한 리프트 핀(2318)은 스태거드 방식으로 상승될 수 있고, 여기서 여전히 제2 로봇 암(2320b)에 의해 지지되는 각각의 웨이퍼(2316)는 해당 페데스탈에 대한 리프트 핀(2318)이 상승되어 해당 웨이퍼(2316)를 지지 제2 로봇 암(2320b)으로부터 리프팅하기 전에 그의 개개의 근거리 페데스탈(2306) 위에 중심 맞춤되게 한다. 이러한 중심 맞춤은 사용되는 로봇 암 시스템의 특정 구성에

의존하여 동시에 또는 직렬로 수행될 수 있다.

[0144] 도 43에서, 제2 로봇 암(2320b)은 후퇴 상태로 전이하게 되었고, 이로써, 근거리 페데스탈(2306)의 리프트 핀(2318) 상에 지지된 나머지 쌍의 웨이퍼(2316)를 남긴다.

[0145] 도 44에서, 근거리 페데스탈(2306)의 리프트 핀(2318)은 후퇴하게 되고, 따라서 제2 세트의 웨이퍼(2316)의 마지막 2개의 웨이퍼(2316)를 그들 개개의 근거리 페데스탈(2306) 위로 하강시킨다. 물론, 원거리 페데스탈(2306)에 배치된 웨이퍼(2316)는 도 42에 도시된 동작들의 일부로서 그들 개개의 원거리 페데스탈(2306) 상으로 하강될 필요가 없지만, 대신에, 예컨대, (이를테면, 도 44에 도시된 동작 동안) 근거리 페데스탈(2306) 상으로 웨이퍼(2316)를 하강시킴과 동시에, 나중에 하강될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0146] 다른 동작 시퀀스들이 또한 위에서 논의된 로봇 암 시스템들을 사용하여 실시될 수 있지만, 그러한 대안적인 시퀀스들은, 웨이퍼 이송 프로세스를 연장시키고 스루풋을 감소시킬 수 있는 추가적인 움직임, 예컨대, 양자의 로봇 암을 보다 자주 후퇴 상태로 배치하는 것을 요구할 수 있다. 아마도 덜 효율적이기는 하지만, 본 명세서에서 논의된 로봇 핸들링 시스템들의 그러한 대안적인 사용이 또한 본 개시의 범위 내에 있는 것으로 간주된다.

[0147] 위의 논의는 거의 전적으로 두 쌍의 로봇 암을 특징으로 하는 로봇 암 시스템에 초점을 맞추었다. 그러나, 본 개시에서 앞서 논의된 바와 같이, 본 명세서에서 논의된 로봇 암 시스템들의 일부 구현들은 공통 몸통 유닛에 장착되는 단일 쌍의 대향하는 로봇 암만을 특징으로 할 수 있다. 두 쌍의 로봇 암을 갖는 로봇 암 시스템은, 제어하는 것이 더 비싸고 더 복잡하지만, 일반적으로, 한 쌍의 로봇 암이 챔버 내에 배치될 웨이퍼의 그룹을 유지 및 지지하기 위해 사용될 수 있는 한편, 다른 쌍의 로봇 암이 대기하는 그룹을 위한 길을 만들기 위해 챔버로부터 웨이퍼의 그룹을 제거하는 데 사용될 수 있다는 점에서 상당한 스루풋 이점을 제공한다. 따라서, 배치될 웨이퍼는, 몸통 유닛의 어떠한 중대한 움직임을 요구하지 않고, 챔버 내에 있었던 웨이퍼들이 제거된 직후에 챔버로 전달될 수 있다. 오직 단일 쌍의 대향하는 로봇 암을 갖는 로봇 암 시스템들은 이러한 능력이 없고, 이러한 로봇 암 시스템에 의해 챔버로부터 제거되는 임의의 웨이퍼는 챔버로부터 인출되고, 다른 챔버 또는 웨이퍼-수용 위치를 향하도록 회전되고, 제거된 웨이퍼를 새로운 위치에 배치하고, 그리고 그런 다음, 제1 세트가 원래 회수되었던 챔버로 전달될 다른 세트의 웨이퍼를 회수하도록 될 필요가 있을 것이다. 이는 상당히 더 많은 수의 동작들을 요구하며, 따라서 프로세스 챔버 내에서 다른 세트의 웨이퍼를 위해 한 세트의 웨이퍼를 교환하는데 요구되는 시간의 양을 크게 증가시킨다.

[0148] 그러나, 그러한 스루풋 페널티는, 프로세싱이 완료된 웨이퍼들의 세트의 제거 후에 챔버가 다음 세트의 웨이퍼로 즉시 로딩될 수 없는 반도체 프로세싱 도구에서는 중요하지 않을 수 있다. 예컨대, 반도체 프로세싱 도구가 내부에서 프로세싱된 각각의 세트의 웨이퍼가 제거된 후에 챔버 상에서 사후 프로세싱 세정 동작을 수행하도록 구성되면, 그러한 세정 동작이 수행되고 있기 때문에 다음 세트의 웨이퍼들이 내부에 배치될 수 없는, 웨이퍼들의 제거 후의 일정 시간 기간이 있을 수 있다. 세정 사이클의 지속기간이 충분히 길면, 로봇 암 시스템은 제거된 웨이퍼를 그들의 다음 목적지로 전달하고, 프로세싱될 다음 세트의 웨이퍼를 회수하고, 세정 동작의 종료 전에 세정 동작이 모두 종결되자마자 프로세스 챔버 내로 삽입될 수 있도록 웨이퍼들의 세트를 포지셔닝시킬 수 있을 것이다. 이러한 상황에서, 로봇 암 시스템의 스루풋 제약보다 더 제한적인 외부 병렬 스루풋 제약이 존재하기 때문에, 이러한 더 제한된 로봇 암 시스템을 사용하는 것에 대한 어떠한 스루풋 페널티도 사실상 없다.

[0149] 위의 내용을 고려하여, 본 명세서에서 논의되는 로봇 암 시스템들은, 일부 구현에서, 공통 몸통 유닛에 의해 지지되는 단지 단일 쌍의 대향 로봇 암을 포함할 수 있다는 것이 인식될 것이다. 이러한 로봇 암 시스템의 2개의 예가 도 45 내지 도 48과 관련하여 아래에서 논의된다.

[0150] 도 45는 단지 단일 쌍의 로봇 암을 갖는 로봇 암 시스템의 예의 등각도를 도시한다. 도시된 로봇 암 시스템은, 베이스 링크(4530), 중간 암 링크(4532), 및 엔드 이펙터(4540)를 지지하는 엔드 이펙터 지지 암(4528)을 각각 포함하는 로봇 암(4520)을 포함한다. 베이스 링크(4530) 둘 모두는 공통 몸통 유닛(4512)에 의해 지지되고, 대응하는 축(4534)을 중심으로 그에 대해 회전 가능하게 몸통 유닛(4512)과 회전 가능하게 연결될 수 있다. 중간 암 링크(4532) 각각은 대응하는 회전 축(4568)을 중심으로 회전 가능하도록 2개의 베이스 링크(4530) 중 개개의 상이한 하나의 베이스 링크와 연결될 수 있고, 엔드 이펙터 지지 암(4528) 각각은 대응하는 회전 축(4568)을 중심으로 회전 가능하도록 2개의 중간 암 링크(4532) 중 각각의 상이한 하나의 베이스 링크와 연결될 수 있다.

[0151] 도 46은 하나의 이러한 로봇 암 시스템의 절개 개략도를 도시한다. 도시된 바와 같이, 로봇 암 시스템의 절반만이 보이고 나머지 절반(그 중 일부가 도시됨)은 파선으로 렌더링된다. 로봇 암 시스템은 회전 축(4614)을 중심으로 회전 가능할 수 있는 몸통 유닛(4612)을 포함하고, 몸통 유닛(4612)의 기준 평면(4670)이 또한 도시되고,

기준 평면(4670)은 예컨대 로봇 암 시스템에서 일반적인 대칭의 평면일 수 있고, 도 46의 페이지에 수직이고 회전 축(4614)과 일치할 수 있다. 몸통 유닛 구동 모터(4680)는 몸통 유닛(4612)에 회전 입력을 제공하도록 제공될 수 있고, 이로써, 예컨대, 도 2 내지 도 4에 도시된 것과 유사하게, 로봇 암 시스템이 회전되는 것을 허용한다.

[0152] 몸통 유닛(4612)은 로봇 암 중 대응하는 로봇 암에 회전 입력을 제공하도록 구성될 수 있는 암 구동 모터(4642)를 포함할 수 있다. 이러한 특정 예에서, 암 구동 모터(4642)는 대응하는 로봇 암과 직접 연결되고, 다른 로봇 암을 구동하기 위해 기준 평면(4670)의 다른 측면에 제공된 다른 암 구동 모터(4642)가 있을 수 있다. 그러나, 다른 구현에서, 예컨대, 하나의 회전 축으로부터 다른, 오프셋되지만 평행한 회전 축으로 회전 동력을 전달하기 위한 벨트들, 기어링 또는 다른 메커니즘들의 사용을 통해, 양자 로봇 암을 동시에 구동하도록 구성된 단일 암 구동 모터(4642)가 제공될 수 있다. 일반적으로 말하면, 로봇 암이 공통으로 구동되지 않는 구현에서, 각각의 로봇 암은, 일부 이러한 구현에서, 다른 로봇 암과 상이한 시간에서 구동될 수 있지만, 양자의 로봇 암을 병렬로/일제히 움직이게 하는 것이 바람직할 수 있다. 그러나, 이것은 그러한 로봇 암 시스템에 의해 배치되거나 픽되는 웨이퍼들의 더 낮은 스루풋을 초래할 수 있다.

[0153] 도시된 바와 같이, 암 구동 모터(4642)는 암 링크(4626)의 베이스 링크(4630)로 하여금 구동될 때 몸통 유닛(4612)에 대해 회전하게 하도록 구성된다. 베이스 링크(4630)는 그 사이의 계면에 도시된 베어링(4684)에 의해 표시된 바와 같이 중간 암 링크(4632)와 회전 가능하게 연결될 수 있다. 도 17 및 도 18과 유사하게, 도 46의 다양한 회전 계면들은 일반적으로 대표적인 베어링(4684)에 의해 표시되지만, 유사한 회전 모션을 달성하기 위해 이러한 베어링들이 배열될 수 있는 다양한 방식들이 존재할 수 있고, 도시된 위치는 임의의 방식으로 제한하는 것으로 간주되지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0154] 내부 풀리 및 구동 벨트의 시스템은, 중간 암 링크(4632) 및 중간 암 링크(4632)와 회전 가능하게 연결될 수 있는 엔드 이펙터 지지 암(4628)으로 하여금 또한 몸통 유닛에 대한 베이스 링크(4630)의 회전과 일제히 각각 회전 가능하게 연결되는 암 링크(4626)에 대해 또한 회전하게 하는 데 사용될 수 있다.

[0155] 예컨대, 몸통 유닛(4612)에 대한 공간에서 고정되는 중간 암 링크 구동 풀리(4650)가 제공될 수 있다. 유사하게, 중간 암 링크(4632)에 대해 공간에서 고정되는 중간 암 링크 풀리(4648)가 제공될 수 있고; 중간 암 링크 풀리(4648)와 중간 암 링크 구동 풀리(4650) 사이에 걸쳐 있는 벨트(4682)가 제공될 수 있다. 중간 암 링크 구동 풀리(4650)는 중간 암 링크 풀리(4648)보다 반경이 2배 크도록 크기 설정될 수 있다. 따라서, 베이스 링크(4630)가 몸통 유닛(4612), 및 따라서 중간 암 링크 구동 풀리(4650)에 대해 회전하게 될 때, 이는 중간 암 링크 풀리(4648)와 중간 암 링크 구동 풀리(4650) 사이에 걸쳐 있는 벨트(4682)로 하여금 베이스 링크(4630)의 회전율의 2배로(그리고 반대 회전 방향으로) 중간 암 링크 풀리(4648)를 구동하게 한다. 이는 베이스 링크(4630)가 몸통 유닛(4612)에 대해 회전함에 따라 중간 암 링크(4632)로 하여금 베이스 링크(4630)에 대해 2배만큼 그리고 반대 방향으로 회전하게 한다.

[0156] 중간 암 링크(4632)는 또한, 유사하게 엔드 이펙터 지지 암(4628)으로 하여금 몸통 유닛(4612)에 대한 베이스 링크(4630)의 회전과 일제히 중간 암 링크(4632)에 대해 회전하게 할 수 있는 벨트 및 풀리 시스템으로 내부적으로 구성될 수 있다. 예컨대, 중간 암 링크(4632)는 그 내에 베이스 링크(4630)에 대해 공간에서 고정된 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(4646) 및 엔드 이펙터 지지 암(4628)에 대해 공간에서 고정된 엔드 이펙터 지지 암 풀리(4646)를 가질 수 있다. 다른 벨트(4682)는 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(4646)와 엔드 이펙터 지지 암 풀리(4644) 사이에 걸쳐 있을 수 있다. 이 경우, 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(4646)는 엔드 이펙터 지지 암 풀리(4644)의 절반인 반경을 가질 수 있고, 이로써 엔드 이펙터 지지 암(4628)으로 하여금 베이스 링크(4630)에 대해 중간 암 링크(4632)가 회전하는 회전율의 절반으로 중간 암 링크(4632)에 대해 회전하게 한다. 이러한 배열은, 베이스 링크(4630)에 대한 단일 회전 입력으로 하여금 몸통 유닛에 대한 베이스 링크(4630) 및 중간 암 링크(4632)에서의 회전 움직임을 생성하게 하는 한편, 엔드 이펙터 지지 암(4628)으로 하여금 회전 없이 몸통 유닛(4612)에 대해 간단히 병진하게 하는 데 사용될 수 있다.

[0157] 암 링크(4626)에서 볼 수 있듯이, 베이스 링크(4630)로부터 위로 연장되고 엔드 이펙터 지지 암 구동 풀리(4646)가 연결될 수 있는 고정 구조를 제공하는 샤프트가 제공될 수 있으며; 샤프트는 원한다면 그의 길이를 따라 축대칭적일 수 있다. 도시된 다양한 암 링크, 풀리 등은, 종종 다른 요소와 연속하는 것으로 도시되어 있지만, 실제로는, 예컨대, "고정된" 조립체를 형성하기 위해 함께 볼트 체결될 수 있는 다수의 조각의 조립체에 의해 제공될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0158] 도 46의 로봇 암 시스템은, 몸통 유닛(4612)에 대해, 별개의 암 구동 모터에 의해 구동되는 경우 서로 독립적으

로 또는 공통 암 구동 모터에 의해 구동되는 경우 함께 슬레이브되어, 연장 또는 후퇴될 수 있는 로봇 암을 특징으로 한다. 이러한 로봇 암은 또한 축을 중심으로 한 몸통 유닛(4612)의 회전으로 인해 축을 중심으로 일제히 회전될 수 있지만, 이러한 로봇 암은 몸통 유닛(4612)에 대해 회전할 수 없다. 명확성을 위해, "로봇 암의 회전" 등은 해당 로봇 암의 엔드 이펙터의 회전을 지칭하는데, 예컨대, 도 46의 로봇 암의 다양한 암 링크들은 로봇 암의 임의의 움직임 동안 반드시 몸통 유닛(4612)에 대해 회전할 것이지만, 해당 로봇 암의 엔드 이펙터는 회전 없이 몸통 유닛(4612)에 대해서만 병진할 수 있다. 이와 같이, 도 46의 로봇 암은 몸통 유닛(4612)에 대해 회전할 수 없는 것으로 이해될 것이다.

[0159] 도 46의 로봇 암 시스템은, 물론, 도 23 내지 도 44에서 두 쌍의 제1 로봇 암 또는 제2 로봇 암을 사용하여 취해진 동작이 단일 쌍의 로봇 암으로 대신 수행될 것이고, 이로써, 예컨대, 도 27의 프로세스 챔버로부터 로봇 암에 의해 회수된 웨이퍼의 세트를 로봇 암으로부터 제거하고 그리고 그런 다음 도 29의 프로세스 챔버 내로 배치될 다른 웨이퍼의 세트를 로봇 암 상에 배치하기 위해, 단일 세트의 4개의 웨이퍼만이 한번에 로봇 암 시스템에 의해 핸들링되고 그리고 예컨대, 도 28 및 도 29의 동작 사이에 추가적인 로봇 암 시스템 움직임이 수행될 것을 요구한다는 것을 제외하고, 본 명세서에 도시된 로봇 암 시스템의 제1 로봇 암 또는 제2 로봇 암에 대해 도 23 내지 도 44에 도시된 바와 매우 동일한 방식으로 웨이퍼를 프로세스 챔버 내로 픽 또는 배치하는 데 사용될 수 있다. 유사한 추가적인 로봇 암 시스템 움직임은 물론 도 38 및 도 39의 동작 사이에서도 수행될 필요가 있을 것이다.

[0160] 도 46과 관련하여 논의된 바와 같이, 몸통 유닛에 의해 지지되는 단일 쌍의 로봇 암을 갖는 로봇 암 시스템은 또한 도 18의 로봇 암 시스템의 능력과 유사하게, 몸통 유닛에 대한 로봇 암의 회전을 허용하도록 설계될 수 있다. 이러한 구현은 도 47 및 도 48과 관련하여 아래에서 논의된다.

[0161] 도 47의 로봇 암 시스템은 도 46에 도시된 구조와 거의 동일하며, 도 47의 대응 요소들과 동일한 마지막 두 자리에 의해 참조되는 도 46의 로봇 암 시스템의 요소들의 설명들은 도 47의 대응 요소에 동일하게 적용 가능하다는 것을 이해할 것이다. 간결성을 위해, 이러한 요소들은 이하에서 별도로 설명되지 않으며, 대신에 독자는 도 47에서의 이러한 요소들의 설명에 대해 도 46에 대해 동일한 마지막 2자리를 갖는 유사한 요소들의 이전의 논의를 참조하도록 지시된다.

[0162] 도 47의 구현은, 중간 링크 구동 풀리(4750)가, 도 46에서와 같이, 몸통 유닛(4712)에 대해 고정되지 않고, 대신에 암 회전 모터(4743)에 의해 회전하도록 구성된다는 점에서, 도 46의 구현과 상이하다. 암 회전 모터(4743)가 정지 상태로 유지되고 암 구동 모터(4742)가 활성화될 때, 로봇 암은 엔드 이펙터로 하여금 몸통 유닛(4712)에 대해 병진하게 하도록 될 수 있다. 그러나, 암 구동 모터(4742) 및 암 회전 모터(4743) 둘 모두가 일제히 활성화되어 중간 링크 구동 풀리(4750)로 하여금 베이스 링크(4730)와 동일한 방향으로, 동일한 양만큼, 그리고 동일한 속도로 회전하게 하는 경우, 로봇 암은 자신의 엔드 이펙터의 어떠한 연장 또는 후퇴도 없이 단순히 제1 축(4734)을 중심으로 회전할 수 있다. 이러한 로봇 암 시스템은 또한, 예컨대, 중간 링크 구동 풀리(4750)로 하여금 중간 링크 구동 풀리(4750)와 비교하여 상이한 양 및/또는 속도 및/또는 방향으로 회전하게 함으로써, 몸통 유닛에 대한 로봇 암(및 따라서 엔드 이펙터)의 회전 및 엔드 이펙터의 연장/후퇴 둘 모두를 동시에 수행하도록 동작될 수 있다.

[0163] 위에서 논의된 바와 같이, 도 46의 로봇 암의 엔드 이펙터는 몸통 유닛(4712)의 회전에 의해 이송 챔버/프로세싱 챔버(들)에 대해 일제히 회전될 수 있다. 그러나, 도 46의 로봇 암의 엔드 이펙터는 서로에 대해 회전될 수 없다. 대조적으로, 도 47의 구현은 로봇 암의 엔드 이펙터가 이송 챔버/프로세스 챔버(들)에 대해 일제히 회전되는 것을 허용할 뿐만 아니라, 각각의 로봇 암이 다른 로봇 암 및 몸통 유닛(4712)에 대해 회전되는 것을 허용한다.

[0164] 도 47의 구현과 같은 구현은 각각의 로봇 암이 상이한 양으로 연장되고 다른 로봇 암에 대해 상이한 상대 각도로 회전되는 것을 허용한다. 도 48은 베이스 링크(4830), 중간 암 링크(4832), 및 엔드 이펙터(4840)를 지지하는 엔드 이펙터 지지 암(4828)을 각각 갖는 2개의 로봇 암을 지지하는 몸통 유닛(4812)을 갖는 로봇 암 시스템의 예를 도시한다. 도 48에서, 로봇 암은 원거리 연장 상태에 있는 것으로 도시되어 있다. 각각의 로봇 암은, 도 47에 도시된 구성과 같은 구성을 갖는 것으로 인해, 예컨대, 최대 +r의 거리만큼 추가로 연장되고, 최대 -r의 거리만큼 내향으로 후퇴되고, 최대 -Θ의 각도만큼 좌회전되고, 그리고/또는 최대 +Θ의 각도만큼 우회전되고, 또는 이들의 임의의 조합을 행하도록, 도시된 그의 위치로부터 다른 로봇 암과 독립적으로 이동될 수 있다. 이는 엔드 이펙터(4840)에 의해 지지되는 웨이퍼들의 중심들이 엔드 이펙터(4840) 아래에 위치될 수 있는 페데스탈 상에서 중심 맞춤되도록 독립적으로 재포지셔닝되는 것을 허용한다. 도시된 점선 윤곽은 추가-연장 및 부

분 후퇴 상태에서의 로봇 암의 실루엣을 나타내고, 도시된 파선 윤곽은 좌측/우측 회전 상태에서의 로봇 암의 실루엣을 나타낸다.

[0165] 도 48에 도시된 움직임들의 범위는, 실현 가능하지만, 웨이퍼 중심 맞춤 동작 동안 수행될 수 있는 실제 로봇 암 움직임의 양과 비교하여 일반적으로 과장되어 있다는 것이 인식될 것이다. 예컨대, 중심 맞춤 동작 동안 웨이퍼들이 재포지셔닝될 필요가 있을 수 있는 양은 통상적으로 2 밀리미터 이하의 정도이고, 따라서 웨이퍼 중심 맞춤을 수행하기 위해 필요할 수 있는 연장/후퇴 또는 좌측/우측 회전의 양은 단지 연장 및/또는 후퇴 및/또는 회전의 2 밀리미터 이하의 정도일 수 있다.

[0166] 앞서 논의된 구현은, 예컨대, 각각의 로봇 암이, 다른 로봇 암에 의해 수행되는 웨이퍼 중심 맞춤 동작과 독립적으로 그리고 동시에 프로세싱 챔버의 페데스탈에 대해 웨이퍼 중심 맞춤 동작을 수행할 수 있도록 제어 가능하는 것을 허용한다. 따라서, 로봇 암 둘 모두는 그에 의해 지지된 웨이퍼를 개개의 페데스탈 위에 중심 맞춤하도록 동시에 제어될 수 있다.

[0167] 또한, 도 46 및 도 47의 로봇 암 시스템의 하이브리드가 물론 사용될 수 있으며, 예컨대, 2개의 로봇 암 중 하나는 도 46에 도시된 바와 같이 구성되고 다른 하나는 도 47에 도시된 바와 같이 구성된다는 것이 인식될 것이다. 이러한 구현에서, 각각의 로봇 암은 로봇 암 시스템을 수용하는 이송 챔버(및 웨이퍼들이 배치되는 프로세스 챔버)에 대해 연장, 후퇴, 및/또는 회전하도록 독립적으로 제어될 수 있고, 이로써 지지된 웨이퍼들이 프로세스 챔버 내의 2개의 상이한 페데스탈 위치들과 연관된 동시 중심 맞춤 동작들을 겪게 되는 것을 허용한다. 이러한 구현에서 도 46에 도시된 바와 같이 구성되는 로봇 암의 회전 조정은 로봇 암을 지지하는 몸통 유닛을 회전시킴으로써 – 이러한 몸통 유닛 회전과 해당 로봇 암의 연장 또는 후퇴를 결합함으로써 획득되고, 이러한 로봇 암은 원하는 타겟 위치 상에 웨이퍼를 중심 맞춤하기 위해 필요한 양만큼 그에 의해 지지된 웨이퍼를 임의의 방향으로 이동시키도록 제어될 수 있다. 유사하게, 이러한 구현에서 도 47에 도시된 바와 같이 구성되는 로봇 암의 회전 조정은 해당 로봇 암으로 하여금 몸통 유닛에 대해 회전하게 함으로써 획득된다. 몸통 유닛에 대한 해당 암의 이러한 회전 움직임과 몸통 유닛에 대한 해당 로봇 암의 연장 또는 후퇴를 결합함으로써, 그러한 로봇 암은 또한 원하는 타겟 위치에 웨이퍼를 중심 맞춤하기 위해 필요한 양만큼 임의의 방향으로 그에 의해 지지된 웨이퍼를 이동시키도록 제어될 수 있다. 그러나, 도 46에 도시된 바와 같이 구성되는 로봇 암의 회전 위치를 조정하기 위해 수행되는 몸통 유닛의 임의의 회전 움직임은 또한 도 47에 도시된 바와 같이 구성되는 (그리고 몸통 유닛에 의해 또한 지지되는) 로봇 암으로 하여금 유사한 회전을 반드시 겪게 할 것이며, 따라서 도 47에 도시된 바와 같이 구성되는 로봇 암은 도 46에 도시된 바와 같이 구성되는 로봇 암의 회전 조정의 일부로서 수행되는 몸통 유닛 회전의 결과로서 자신이 겪는 회전 움직임을 "교정"하기 위해 추가적인 회전 및/또는 연장/후퇴 조정을 겪을 필요가 있을 수 있다는 것이 인식될 것이다. 이러한 하이브리드 시스템은, 도 47에 도시된 시스템보다 운동역학적으로 더 복잡하지만, 도 47에 도시된 성능과 유사한 성능을 제공할 수 있지만, 도 47의 구현을 지원하기 위해 요구될 것보다 더 적은 것을 모터에 요구한다는 이점을 제공한다. 두 쌍의 로봇 암을 갖는 하이브리드 버전의 로봇 암 시스템, 예컨대, 몸통 유닛의 일 측 상의 제1 및 제2 로봇 암이 도 17에 도시된 바와 같이 구성되는 반면, 몸통 유닛의 다른 측 상의 제1 및 제2 로봇 암은 도 18에 도시된 바와 같이 구성되는 로봇 암 시스템에 대해 유사한 접근법이 또한 채택될 수 있다.

[0168] 본 명세서에서 논의된 로봇 암 시스템들은, 이송 챔버에 인접한 사이드-바이-사이드 스테이션 내로 한 쌍의 웨이퍼를 동시에 배치할 수 있을 뿐만 아니라, 이송 챔버로부터 초기 한 쌍의 스테이션들의 다른 측 상에 위치되는 사이드-바이-사이드 스테이션 내로 한 쌍의 웨이퍼를 동시에 배치할 수 있는 이송-챔버 기반 웨이퍼 핸들링 해결책을 제공하도록 구성된다는 것이 인식될 것이다.

[0169] 일부 이러한 구현에서, 이송 챔버와 연결된 쿼드-스테이션 모듈들을 여전히 가지면서 이러한 반도체 프로세싱 도구들의 전체 풋프린트(footprint)를 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 이를 위해, 이송 챔버는 쿼드-스테이션 모듈들과 대략 동일한 크기로 크기 설정될 수 있고, 이는 이송 챔버 내에 위치된 로봇 암 시스템이 후퇴 상태에 있는 동안 가질 수 있는 크기를 자연적으로 제한할 수 있다. 동시에, 이러한 로봇 암 시스템은, 일부 경우에, 이송 챔버 또는 인접한 QSM의 길이 또는 폭과 대략 동일한 크기를 갖는 범위를 가질 수 있는 것이 요구될 수 있다. 일부 구현에서, 이송 챔버가 인접 QSM과 일반적으로 동일한 크기로 크기 설정되는 것을 여전히 허용하면서 필요한 범위량을 제공하기 위해, 로봇 암 시스템은 그러한 이송 모듈 내의 이용 가능한 공간을 효율적으로 이용하지만 로봇 암 시스템이 인접한 QSM의 임의의 스테이션에 웨이퍼를 직접 배치하는 데 필요한 최대 범위를 획득하는 것을 여전히 허용하는 특정 구조적 특성들을 갖도록 설계될 수 있다.

[0170] 예컨대, 이러한 로봇 암 시스템의 몸통 유닛이 로봇 암 시스템이 후퇴 상태에 있는 동안 이송 챔버에 대해 회전

할 때, 몸통 유닛이 회전 중인 회전 축으로부터 가장 멀리 있는 로봇 암 시스템의 부분(이 경우, 그에 의해 운반될 수 있는 임의의 웨이퍼의 부분을 포함함)은 (회전 축에 중심 맞춤된) 클리어런스 원을 정의할 수 있다. 이 클리어런스 원은 일반적으로 자신의 벽(또는 다른 부분들) 중 어느 것과도 교차하지 않고 이송 챔버의 내부에 끼워 맞춰져야 한다. 클리어런스 원이 이송 챔버와 교차한다면, 클리어런스 원을 정의하는 로봇 암 시스템의 부분은 회전 동안 이송 챔버와 충돌할 수 있다.

[0171] 다음의 논의를 돕기 위해, QSM에 인접한 이송 챔버 내의 예시적인 로봇 암 시스템의 2개의 평면도를 도시하는 도 49가 제공되며; 좌측 도면에서, 로봇 암은 모두 후퇴 상태에 있는 반면, 우측 도면은 원거리 연장 상태에 있는 한 쌍의 로봇 암을 도시한다. 아래에서 참조되는 다양한 파라미터들, 예컨대, 위에서 논의된 클리어런스 원이 도 49에 표시된다.

[0172] 로봇 암 시스템의 다양한 암 링크 및 엔드 이펙터(및 이에 의해 지지될 수 있는 웨이퍼)는 후퇴 상태에 있을 때 클리어런스 원 내에 끼워 맞춰져야 한다. 따라서, 클리어런스 원은 일반적으로 이러한 구성요소의 최대 크기를 제한하는 역할을 하며, 이는 결국 이러한 로봇 암 시스템의 최대 범위를 제한하는 실질적인 효과를 갖는다. 일부 이러한 로봇 암 시스템 구현에서, 로봇 암 링크는, 원거리 연장 상태에 있을 때, 클리어런스 원의 직경보다 크거나 같은, 예컨대, 클리어런스 원의 직경보다 0%, 최대 5%, 최대 10%, 최대 15%, 최대 20% 더 큰 최대 범위(원거리 연장 거리)를 갖도록 설계될 수 있다.

[0173] 일부 이러한 로봇 암 시스템의 다른 기하학적 특성은 제1 기준 원 및 제2 기준 원에 의해 정의될 수 있다. 제1 기준 원은 몸통 유닛의 회전 축 상에 중심에 있을 수 있고, 로봇 암 시스템이 후퇴 상태에 있을 때 몸통 유닛의 회전 중심으로부터 가장 멀리 있는 (웨이퍼를 운송하는 데 사용될 때) 로봇 암 시스템에 의해 지지되는 웨이퍼의 에지의 부분에 의해 정의될 수 있다. 제2 기준 원은 또한 몸통 유닛의 회전 축 상에 중심이 있을 수 있고, 몸통 유닛의 회전 중심으로부터 가장 멀리 있는 엔드 이펙터 지지 암의 단부에 의해 정의될 수 있다. 제1 및 제2 기준 원 중 하나 또는 다른 하나, 또는 둘 모두는, 일부 경우에서, 클리어런스 원과 동일 방사상(co-radial)일 수 있다는 것이 인식될 것이다. 일부 구현에서, 제1 기준 원 및 제2 기준 원은 서로의 5% 이하, 4% 이하, 3% 이하, 2% 이하, 또는 1% 이하 내에 있는 직경을 가질 수 있다(예컨대, 제1 기준 원이 1 단위의 직경을 갖는 경우, 제2 기준 원은 1.05 또는 0.95 단위의 (또는 그 사이) 직경을 가질 수 있음). 일부 이러한 구현에서, 몸통 유닛의 각각의 측면 상의 적어도 하나의 로봇 암은, 로봇 암 시스템이 후퇴 상태에 있을 때, 몸통 유닛의 회전 중심으로부터 가장 먼 (웨이퍼를 운송하기 위해 사용될 때) 그에 의해 지지되는 웨이퍼들의 에지들의 부분들이 각각 몸통 유닛 회전 축 상에 중심이 있는 대응하는 제1 기준 원을 정의하도록 구성될 수 있고; 또한, 몸통 유닛의 각각의 측면 상의 적어도 하나의 로봇 암은, 몸통 유닛의 회전 중심으로부터 가장 먼 그의 엔드 이펙터 지지 암의 단부가 몸통 유닛의 회전 축 상에 중심이 있는 대응하는 제2 기준 원을 정의하도록 추가로 구성될 수 있다. 그러한 구현에서, 적어도 2개의 제1 기준 원 및 적어도 2개의 제2 기준 원들은 모두 서로의 5% 이하, 4% 이하, 3% 이하, 2% 이하, 또는 1% 내의 직경들을 가질 수 있다. 엔드 이펙터 및 엔드 이펙터 지지 암을, 예컨대, 로봇 암이 후퇴 상태에 있을 때 그에 의해 지지되는 웨이퍼가 엔드 이펙터 지지 암의 최외측 에지 또는 표면과 몸통 유닛의 회전 중심으로부터 멀어지는 동일한 거리 또는 거의 동일한 거리인 외측 에지를 갖도록 하는 방식으로 구성함으로써, 엔드 이펙터 지지 암의 길이는 클리어런스 원 내의 이용 가능한 공간을 충분히 이용할 수 있다. 이는, 로봇 암 시스템이 QSM에서 원거리 페데스탈에 도달하는 데 필요한 범위를 제공하기에 충분한 길이를 엔드 이펙터 지지 암이 갖는 것을 허용한다.

[0174] 클리어런스 원에 관련된 본 명세서에서 논의된 것들과 같은 로봇 암 시스템들의 또 다른 특징은, 후퇴 상태에 있을 때, 자신의 클리어런스 원의 직경과 비교하여 그러한 로봇 암이 제공하도록 구성되는 연장량의 비율이다. 일부 이러한 구현에서, 이러한 로봇 암 시스템들은, 원거리 연장 상태에 있을 때, 클리어런스 원의 직경보다 큰 양만큼 후퇴 상태의 그들의 포지션들로부터 연장되도록 구성될 수 있다. 일부 경우에, 후퇴 상태로부터 원거리 연장 상태로 전이될 때 그러한 암이 겪을 수 있는 연장의 양은 클리어런스 원의 직경의 105% 이상, 110% 이상, 또는 115% 이상만큼 많을 수 있다. 일부 이러한 구현에서, 원거리 연장 상태에 있는 로봇 암의 제2 링크에 제1 링크를 연결하는 전체 회전 조인트는 클리어런스 원의 외부에 완전히 놓일 수 있다. 이러한 특성은 로봇 암이 원거리 연장 상태에 있을 때 QSM에서 원거리 페데스탈에 도달하는 것을 용이하게 할 수 있는 더 큰 도달량을 갖는 것을 허용할 수 있다.

[0175] 본 명세서에서 논의된 로봇 암 시스템 중 일부의 다른 특징은, 이러한 로봇 암 시스템들의 암 링크들이, 예컨대, 병렬-링키지-구동 암 시스템(parallel-linkage-driven arm system)보다 더 큰 각도 변위들을 가능하게 하는 벨트-구동 시스템들일 수 있다는 것이다. 예컨대, 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결되는 제1 링크, 및 제1 링크 및 엔드 이펙터 지지 암과 회전 가능하게 연결되는 제2 링크를 특징으로 하는 일부 구현에서, 제1 링크 및

제2 링크는 180° 보다 큰, 예컨대 200° 보다 큰 총 각도 α + β만큼 서로에 대해 회전하도록 구동될 수 있다. 유사하게, 제1 링크는 90° 보다 큰, 예컨대, 100° 보다 큰 각도(γ)만큼 몸통 유닛에 대해 회전 가능할 수 있다. 그러한 높은 회전 각도들은 이러한 로봇 암이 더 낮은 각도 움직임 능력들을 갖는 로봇 암들보다 훨씬 더 큰 정도로 연장되는 것을 허용할 수 있다.

[0176] 본 명세서에서 논의된 로봇 암 시스템 중 일부의 다른 특징은, 이러한 로봇 암 시스템들이 후퇴 상태에 있을 때, 제1 링크를 몸통 유닛과 회전 가능하게 결합하는 회전 조인트들의 회전 축들이 제1 기준 평면과 제2 기준 평면 사이에 모두 놓일 수 있다는 것이다. 제1 기준 평면과 제2 기준 평면은 서로 평행할 수 있고, 제1 기준 평면은 몸통 유닛의 회전 축과 일치하고 평행하고, 제2 기준 평면은 이러한 웨이퍼들이 엔드 이펙터에 의해 운송될 때 웨이퍼들의 중심들과 일치하는 엔드 이펙터 상의 위치들을 통과한다. 따라서, 이러한 회전 조인트의 회전 축은, 몸통 유닛의 회전 축을 통해 그리고 로봇 암이 연장될 수 있는 방향으로 바라볼 수 있는 시점과 관련하여 몸통 유닛의 회전 중심의 "전방"인 것으로 생각될 수 있다. 이러한 암이 이러한 오프셋을 갖도록 구성함으로써, 제1 및 제2 링크들의 길이들이 증가되게 할 수 있고, 이로써 제1 및 제2 링크들의 회전에 응답하여 엔드 이펙터 지지 암의 더 많은 양의 이동을 허용한다.

[0177] 본 명세서에서 논의된 로봇 암 시스템 중 일부의 또 다른 추가적인 특징은, 엔드 이펙터 지지 암이 로봇 암의 제2 링크에 대해 회전하는 회전 축으로부터 웨이퍼가 엔드 이펙터에 의해 지지될 때 웨이퍼의 중심과 일치하는 위치까지 측정된 엔드 이펙터 지지 암과 엔드 이펙터의 제1 길이가, 로봇 암의 제1 및 제2 링크들의, 그들 개개의 회전 중심 사이에서 측정된 길이들의 합을 나타내는 제2 길이보다 길 수 있다는 것이다. 일부 이러한 구현에서, 제1 길이는 제2 길이보다 5% 이상 더 길 수 있다. 이러한 특성은 이러한 로봇 암 시스템의 범위를 향상시키는 것을 더 용이하게 할 수 있다.

[0178] 앞서 논의된 바와 같이, 본원에서 논의되는 로봇 암 시스템은 제어기에 의해 제어될 수 있다. 일부 구현에서, 제어기는 위에 설명된 예의 일부를 포함하거나 일부일 수 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템은 프로세싱 도구 또는 도구들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱을 위한 플랫폼 또는 플랫폼들 및/또는 특정 프로세싱 구성요소(웨이퍼 페데스탈, 가스 유동 시스템 등)를 포함한 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이러한 시스템은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전, 그 동안, 그 후에 그의 동작을 제어하기 위해 전자 장치와 통합될 수 있다. 전자 장치는 시스템 또는 시스템들의 다양한 구성요소나 하위 부분을 제어할 수 있는 "제어기"로서 지칭될 수 있다. 제어기는, 프로세싱 요건 및/또는 시스템 유형에 의존하여, 프로세싱 가스의 전달, 온도 설정(예컨대, 가열 및/또는 냉각), 복사 가열을 위한 광원 제어, 압력 설정, 진공 설정, 전력 설정, 무선 주파수(RF) 발생기 설정, RF 정합 회로 설정, 주파수 설정, 유량 설정, 유체 전달 설정, 포지션 및 동작 설정, 도구 또는 챔버 및 다른 전달 도구 안팎으로 웨이퍼 전달 및/또는 특정 시스템에 연결되거나 인터페이싱되는 로드 록을 포함하여, 본원에서 개시된 프로세스 중 임의의 것을 제어하기 위해 프로그래밍될 수 있다.

[0179] 광범위하게 말하면, 제어기는 컴퓨터 실행-가능 명령을 저장하고, 컴퓨터 실행-가능 명령을 수신하고, 컴퓨터 실행-가능 명령을 발행하고, 작업을 제어하고, 세정 작업을 가능하게 하고, 엔드포인트 측정을 가능하게 하는 등을 하는 다양한 집적 회로, 로직, 메모리 디바이스 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자 장치로서 정의될 수 있다. 집적 회로는 프로그램 명령을 저장하는 펌웨어 형태의 칩, 디지털 신호 프로세서(digital signal processor, DSP), 주문형 집적 회로(application specific integrated circuit, ASIC)로 정의된 칩 및/또는 하나 이상의 마이크로프로세서 또는 프로그램 명령(예컨대, 소프트웨어)을 실행하는 마이크로제어기를 포함할 수 있다. 프로그램 명령은 다양한 개별 설정(또는 프로그램 파일)의 형태로 제어기에 통신되어, 시스템에 대한 또는 반도체 웨이퍼에 대한 또는 반도체 웨이퍼 상에서 특정 프로세스를 수행하기 위한 작업 파라미터를 정의하는 명령일 수 있다. 작업 파라미터는, 일부 실시예에서 하나 이상의 층, 재료, 금속, 산화물, 실리콘, 실리콘 산화물, 표면, 회로 및/또는 웨이퍼의 다이의 제작 동안 하나 이상의 프로세싱 단계를 달성하기 위해 프로세스 엔지니어에 의해 정의된 레시피의 일부일 수 있다.

[0180] 제어기는, 일부 구현에서, 시스템과 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 그렇지 않으면 시스템에 네트워킹되거나 또는 이들의 조합인 컴퓨터의 일부이거나 컴퓨터에 커플링될 수 있다. 예컨대, 제어기는 웨이퍼 프로세싱의 원격 액세스를 허용할 수 있는 "클라우드" 또는 팹 호스트 컴퓨터 시스템(fab host computer system)의 전부 또는 일부에 있을 수 있다. 컴퓨터는 시스템에 대한 원격 액세스를 가능하게 하여 제작 작업의 현재 진행 상황을 모니터링하고, 과거 제작 작업의 이력을 검사하고, 복수의 제작 작업으로부터 추세 또는 성능 메트릭을 검사하고, 현재 프로세싱의 파라미터를 변경하고, 현재 프로세싱에 뒤따르는 프로세싱 단계를 세팅하거나 새로운 프로세스를 시작할 수 있다. 일부 예에서, 원격 컴퓨터(예컨대, 서버)는 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수 있는 네트워크를 통해 시스템에 프로세스 레시피를 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 파라미터 및/또는 설정의 엔트

리 또는 프로그래밍을 가능하게 하는 사용자 인터페이스를 포함할 수 있으며, 이는 그 후 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 통신된다. 일부 예에서, 제어기는 하나 이상의 작업 동안 수행될 프로세싱 단계 각각에 대한 파라미터를 특정하는, 데이터의 형태의 명령을 수신한다. 파라미터는 수행될 프로세스의 유형 및 제어기가 인터페이싱하거나 제어하도록 구성된 도구의 유형에 특유할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서 위에서 설명된 바와 같이, 제어기는 이를테면, 함께 네트워킹되고 본원에서 설명된 프로세스 및 제어와 같은 공통 목적을 위해 작동하는 하나 이상의 개별 제어기를 포함함으로써 분산될 수 있다. 이러한 목적을 위한 분산된 제어기의 예로는 챔버에 대한 프로세스를 제어하기 위해 결합되는 원격(이를테면, 플랫폼 레벨의 또는 원격 컴퓨터의 일부로서)에 로케이팅된 하나 이상의 집적 회로와 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로일 것이다.

[0181] 제한 없이, 예시적인 시스템은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, 물리 기상 증착(physical vapor deposition, PVD) 챔버 또는 모듈, 화학 기상 증착(chemical vapor deposition, CVD) 챔버 또는 모듈, 원자 층 증착(atomic layer deposition, ALD) 챔버 또는 모듈, 원자 층 에칭(atomic layer etch, ALE) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 챔버 또는 모듈 및 반도체 웨이퍼의 제작 및/또는 제조에 연관되거나 그에 사용될 수 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템을 포함할 수 있다.

[0182] 위에서 언급된 바와 같이, 도구에 의해 수행되는 프로세스 단계 또는 단계들에 따라, 제어기는 다른 도구 회로 또는 모듈, 다른 도구 구성요소, 클러스터 도구, 다른 도구 인터페이스, 인접 도구, 이웃 도구, 공장 전체에 걸쳐 로케이팅된 도구, 메인 컴퓨터, 다른 제어기 또는 웨이퍼의 컨테이너를 반도체 제조 공장의 도구 로케이션 및/또는 로드 포트로 가져가고 가져 오는 재료 운송에 사용되는 도구 중 하나 이상과 통신할 수 있다. 특히, 제어기는 본 명세서에 개시된 로봇 암 시스템 및 받침대를 위한 리프트 핀 메커니즘으로 하여금 특히 도 23 내지 도 44와 관련하여 본 명세서에 설명된 바와 같은 동작을 수행하게 하도록 구성될 수 있다.

[0183] 본 개시 및 청구항에서, 만약 있다면, 서수 표시자, 예컨대, (a), (b), (c)... 또는 (1), (2), (3)… 등의 사용은, 이러한 순서 또는 시퀀스가 명시적으로 표시되는 정도를 제외하고, 임의의 특정 순서 또는 시퀀스를 전하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 예컨대, (i), (ii), 및 (iii)으로 라벨링된 세 개의 단계가 있는 경우, 이들 단계는 달리 표시되지 않는 한 임의의 순서로 (또는 달리 금지되지 않는 경우, 심지어 동시적으로) 수행될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 예컨대, 단계(ii)가 단계(i)에서 생성된 요소의 핸들링을 수반하는 경우, 그러면 단계(ii)는 단계(i) 이후의 어떤 시점에서 발생하는 것으로 간주될 수 있다. 유사하게, 단계(i)가 단계(ii)에서 생성된 요소의 핸들링을 수반하는 경우, 그 반대가 이해되어야 한다. 본원에서 서수 표시자 "제1", 예컨대 "제1 아이템"의 사용은 반드시 "제2" 예, 예컨대 "제2 아이템"이 존재한다는 것을 암시적으로 또는 내재적으로 제안하는 것으로 판독되지 않아야 한다는 것이 또한 이해되어야 한다.

[0184] 여기서, "하나 이상의 <아이템> 각각의 <아이템>에 대한", "하나 이상의 <아이템> 각각의 <아이템>" 등의 문구는, 본 명세서에서 사용되는 경우, 단일-아이템 그룹 및 다수-아이템 그룹 모두를 포함하고, 즉, "각각의...에 대한"이라는 문구는 참조되는 아이템의 임의의 모집단의 각각의 아이템을 지칭하기 위해 프로그래밍 언어에서 사용된다는 의미로 사용되는 것이 이해되어야 한다. 예컨대, 참조된 아이템의 모집단이 단일 아이템인 경우, "각각"은 해당 단일 항목만을 지칭하고("각각"의 사전적 정의가 빈번하게 "두 개 이상인 것의 매 하나"를 지칭하는 용어를 정의함에도 불구하고), 이들 아이템의 적어도 두 개가 반드시 있어야 한다는 것을 의미하지 않는다. 유사하게, 용어 "세트" 또는 "서브세트"는 그 자체로, 반드시 복수의 아이템을 포함하는 것으로 보아서는 안 되며 – 세트 또는 서브세트는 (문맥이 다르게 나타내지 않는 한) 단지 하나의 부재 또는 다수의 부재를 포함할 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0185] '약', '대략', '실질적으로', '명목상' 등과 같은 용어는, 수량 또는 유사한 정량화 가능한 속성과 관련하여 사용될 때, 달리 명시되지 않는 한, 지정된 값 또는 관계의 ±10% 이내의 값(뿐만 아니라 지정된 실제 값 또는 관계)을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0186] 본원에 사용되는 바와 같은 그리고 값의 범위와 함께 사용될 때의 용어 "사이"는, 달리 표시되지 않는 한, 그 범위의 시작 값 및 종료 값을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 예컨대, 1과 5 사이는 숫자 2, 3 및 4뿐만 아니라 숫자 1, 2, 3, 4 및 5를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0187] "전이 가능하다"라는 용어는, 사용되는 경우, 둘 이상의 상태 또는 구성 사이에서 전이되도록 구체적으로 구성되는 디바이스 또는 메커니즘을 지칭하는 것으로 이해될 것이다. 예컨대, 도어는 개방 상태 또는 구성과 폐쇄 상태 또는 구성 사이에서 전이 가능할 것이다.

[0188] 본 명세서에서 설명되는 예 및 실시예들은 단지 예시적인 목적들을 위한 것이며, 이를 고려한 다양한 변형 또는 변경들이 당업자에게 제안될 것이라는 것이 이해된다. 명확성을 위해 다양한 세부사항은 생략되었지만, 다양한 설계 대안이 구현될 수 있다. 따라서, 본 예들은 예시적이며, 이에 제한되지 않는 것으로 고려되어야 하며, 본 개시는 본 명세서에 제공된 세부사항들에 제한되지 않고, 본 개시의 범위 내에서 수정될 수 있다.

[0189] 특정한 예시적인 구현 또는 구현들에 초점을 맞추지만, 위의 개시는 논의된 예시로만 제한되는 것이 아니라, 유사한 변형예 및 메커니즘에 또한 적용될 수 있고, 이러한 유사한 변형예 및 메커니즘은 또한 본 개시의 범주 내에 있는 것으로 고려된다는 것이 이해되어야 한다.

[0190] 본 개시가 적어도 하기의 비배타적 구현들의 목록을 포함한다는 것이 추가로 이해되어야 한다.

[0191] 구현 1: 시스템으로서, 베이스; 몸통 유닛 – 몸통 유닛은 주요 회전 축을 중심으로 베이스에 대해 회전 가능하도록 베이스에 회전 가능하게 연결됨 – ; 몸통 유닛에 의해 지지되는 한 쌍의 제1 로봇 암; 및 몸통 유닛에 의해 지지되는 한 쌍의 제2 로봇 암을 포함하고, 제1 로봇 암 각각은 적어도 제1 후퇴 상태, 제1 근거리 연장 상태, 및 제1 원거리 연장 상태 사이에서 전이하도록 구성되고, 제1 로봇 암이 제1 원거리 연장 상태에 있을 때 주요 회전 축으로부터 가장 먼 각각의 제1 로봇 암의 제1 원위 위치는, 제1 로봇 암이 제1 근거리 연장 상태에 있을 때보다 제1 로봇 암이 제1 후퇴 상태에 있을 때 주요 회전 축에 더 가깝고, 각각의 제1 로봇 암의 제1 원위 위치는, 제1 로봇 암이 제1 원거리 연장 상태에 있을 때보다 제1 로봇 암이 제1 근거리 연장 상태에 있을 때, 주요 회전 축에 더 가깝고, 제2 로봇 암 각각은 적어도 제2 후퇴 상태, 제2 근거리 연장 상태, 및 제2 원거리 연장 상태 사이에서 전이하도록 구성되고, 제2 로봇 암이 제2 원거리 연장 상태에 있을 때 주요 회전 축으로부터 가장 먼 각각의 제2 로봇 암의 제2 원위 위치는, 제2 로봇 암이 제2 근거리 연장 상태에 있을 때보다 제2 로봇 암이 제2 후퇴 상태에 있을 때 주요 회전 축에 더 가깝고, 그리고 각각의 제2 로봇 암의 제2 원위 위치는, 제2 로봇 암이 제2 원거리 연장 상태에 있을 때보다 제2 로봇 암이 제2 근거리 연장 상태에 있을 때, 주요 회전 축에 더 가깝다.

[0192] 구현 2: 구현 1의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 각각은 2개의 웨이퍼를 위/아래 구성 – 2개의 웨이퍼 중 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 제1 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 상위 제1 위치 상에 중심 맞춤되고, 2개의 웨이퍼 중 다른 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 제1 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 하위 제1 위치 상에 중심 맞춤됨 – 으로 지지하도록 구성되고, 상위 제1 위치 각각은, 제1 로봇 암이 제1 근거리 연장 상태 또는 제1 원거리 연장 상태 중 적어도 하나에 있을 때 제1 정사각형 영역의 상이한 제1 코너들 위에 명목상 중심 맞춤되고, 하위 제1 위치 각각은, 제1 로봇 암이 적어도 제1 근거리 연장 상태 또는 제1 원거리 연장 상태 중 다른 하나에 있을 때 제1 정사각형 영역의 제1 코너와 상이한 제1 정사각형 영역의 상이한 제2 코너 위에 명목상 중심 맞춤되고, 제2 로봇 암 각각은 2개의 웨이퍼를 위/아래 구성 – 2개의 웨이퍼 중 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 제2 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 상위 제2 위치 상에 중심 맞춤되고, 2개의 웨이퍼 중 다른 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 제2 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 하위 제2 위치 상에 중심 맞춤됨 – 으로 지지하도록 구성되고, 상위 제2 위치 각각은, 제2 로봇 암이 제2 근거리 연장 상태 또는 제2 원거리 연장 상태 중 적어도 하나에 있을 때 제2 정사각형 영역의 상이한 제1 코너 위에 명목상 중심 맞춤되고, 하위 제2 위치 각각은, 제2 로봇 암이 적어도 제2 근거리 연장 상태 또는 제2 원거리 연장 상태 중 다른 하나에 있을 때 제2 정사각형 영역의 제1 코너와 상이한 제2 정사각형 영역의 상이한 제2 코너 위에 명목상 중심 맞춤되고, 그리고 제1 정사각형 영역 및 제2 정사각형 영역은 동일한 포지션에 위치되고 동일한 배향 및 동일한 크기를 갖는다.

[0193] 구현 3: 구현 2의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상위 제1 위치 및 하위 제1 위치 둘 모두는 대응하는 공통 수직 축을 따라 놓인다.

[0194] 구현 4: 구현 2의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상위 제1 위치 및 하위 제1 위치 둘 모두는 상이한, 비동축 수직 축들을 따라 놓인다.

[0195] 구현 5: 구현 1 내지 4 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 각각의 제1 로봇 암에 대해: 제1 로봇 암은 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암 및 복수의 대응하는 제1 암 링크를 갖고, 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 암 링크는 대응하는 제1 베이스 링크 및 하나 이상의 대응하는 제1 중간 암 링크를 포함하고, 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크는, 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크가 대응하는 제1 축을 중심으로 몸통 유닛에 대해 회전 가능하도록 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결되고, 그리고 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 베이스 링크는 하나 이상의 대응하는 제1 중간 암 링크를 지지하고, 제1 로봇 암에 대한 하나 이상의 대응하는 제1 베이스 링크는 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암을 지지하고, 그리고 각각의 제2 로봇 암

에 대해: 제2 로봇 암은 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암 및 복수의 대응하는 제2 암 링크를 갖고, 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 암 링크는 대응하는 제2 베이스 링크 및 하나 이상의 대응하는 제2 중간 암 링크를 포함하고, 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크는, 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크가 대응하는 제2 축을 중심으로 몸통 유닛에 대해 회전 가능하도록 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결되고, 그리고 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 베이스 링크는 하나 이상의 대응하는 제2 중간 암 링크를 지지하고, 제2 로봇 암에 대한 하나 이상의 대응하는 제2 베이스 링크는 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암을 지지하고, 그리고 제1 축 및 제2 축은 모두 서로 실질적으로 평행하고, 제1 축은 제1 축에 수직한 방향으로 서로 이격되고, 그리고 제2 축은 제2 축에 수직한 방향으로 서로 이격된다.

[0196] 구현 6: 구현 5의 시스템에 있어서, 각각의 제1 로봇 암은, 제1 로봇 암에 대한 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암으로 하여금, 몸통 유닛에 대한 제1 로봇 암에 대한 제1 베이스 링크의 회전에 적어도 부분적으로 응답하여, 몸통 유닛에 대한 대응하는 병진 축을 따라 병진하게 하도록 구성되고, 각각의 제2 로봇 암은, 제2 로봇 암에 대한 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암으로 하여금, 몸통 유닛에 대한 제2 로봇 암에 대한 제2 베이스 링크의 회전에 적어도 부분적으로 응답하여, 몸통 유닛에 대한 대응하는 병진 축을 따라 병진하게 하도록 구성되고, 그리고 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암의 병진 축은 모두 서로 실질적으로 평행하다.

[0197] 구현 7: 구현 5 또는 구현 6 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 각각에 대한 복수의 대응하는 제1 암 링크 내의 제1 암 링크는 제1 축에 실질적으로 평행한 대응하는 회전 축을 중심으로 서로에 대해 회전하도록 구성되고, 제1 로봇 암 각각에 대한 제1 엔드 이펙터 지지 암은 제1 엔드 이펙터 지지 암에 가장 가까운 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크에 대해 대응하는 회전 축을 중심으로 회전하도록 구성되고, 대응하는 회전 축은 제1 축에 실질적으로 평행하고, 제2 로봇 암 각각에 대한 복수의 대응하는 제2 암 링크 내의 제2 암 링크는 제2 축에 실질적으로 평행한 대응하는 회전 축을 중심으로 서로에 대해 회전하도록 구성되고, 그리고 제2 로봇 암 각각에 대한 제2 엔드 이펙터 지지 암은 제2 엔드 이펙터 지지 암에 가장 가까운 제2 로봇 암의 대응하는 제2 중간 암 링크에 대해 대응하는 회전 축을 중심으로 회전하도록 구성되고, 대응하는 회전 축은 제2 축에 실질적으로 평행하다.

[0198] 구현 8: 구현 7의 시스템에 있어서, 각각의 제1 로봇 암은 2개의 대응하는 제1 암 링크를 갖고, 각각의 제2 로봇 암은 2개의 대응하는 제2 암 링크를 갖는다.

[0199] 구현 9: 구현 8의 시스템에 있어서, 제1 베이스 링크 각각은, 대응하는 제1 중간 암 링크가 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과 제1 축 사이의 거리에 의해 정의된 대응하는 제1 베이스 링크 길이를 갖고, 제1 중간 암 링크 각각은, 제1 중간 암 링크가 대응하는 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과, 대응하는 제1 엔드 이펙터 지지 암이 제1 중간 암 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축 사이의 거리에 의해 정의되는 대응하는 제1 중간 암 링크 길이를 갖고, 제2 베이스 링크 각각은, 대응하는 제2 중간 암 링크가 제2 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과 제2 축 사이의 거리에 의해 정의된 대응하는 제2 베이스 링크 길이를 갖고, 제2 중간 암 링크 각각은, 제2 중간 암 링크가 대응하는 제2 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과, 대응하는 제2 엔드 이펙터 지지 암이 제2 중간 암 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축 사이의 거리에 의해 정의되는 대응하는 제2 중간 암 링크 길이를 갖고, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이는 동일하고, 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이와 동일하다.

[0200] 구현 10: 구현 9의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이는 서로 동일하고, 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이와 서로 동일하고, 그리고 제1 베이스 링크 길이는 제2 베이스 링크 길이보다 더 길다.

[0201] 구현 11: 구현 9의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이는 서로 동일하고, 제2 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이와 동일하다.

[0202] 구현 12: 구현 9의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 둘 모두에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이는 동일하고, 제2 로봇 암 둘 모두에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이는 동일하다.

[0203] 구현 13: 구현 12의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 둘 모두에 대한 제1 베이스 링크 길이 및 제1 중간 암 링크 길이 및 제2 로봇 암 둘 모두에 대한 제2 베이스 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일하다.

[0204] 구현 14: 구현 11 또는 13 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 주요 회전 축과 동일 평면 상에 있고 제1 로봇 암 둘 모두 사이에 개재된 몸통 유닛의 기준 평면의 공통 측면 상에 위치된 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암에 대한 제1 베이스 링크 길이, 제2 베이스 링크 길이, 제1 중간 암 링크 길이, 및 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일하고, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암의 제1 축 및 제2 축은 동축이고, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크는 대응하는 제1 내부 우회 부분에 대해 공간에서 고정되고, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크는 대응하는 제1 외부 우회 부분에 대해 공간에서 고정되고, 제1 내부 우회 부분은 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제1 부분, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크가 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축보다 제1 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고 제1 내부 우회 부분의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 대응하는 브리징 부분을 포함하고, 제1 외부 우회 부분은 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제1 부분, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암이 제1 후퇴 상태에 있을 때, 제1 외부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 제1 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분보다 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고, 제1 외부 우회 부분의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 대응하는 브리징 부분을 포함한다.

[0205] 구현 15: 구현 14의 시스템에 있어서, 몸통 유닛의 기준 평면의 반대 측면 상에 위치된 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암에 대한 제1 베이스 링크 길이, 제2 베이스 링크 길이, 제1 중간 암 링크 길이 및 제2 중간 암 링크 길이는 모두 동일하고, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암의 제1 축 및 제2 축은 동축이고, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크는 대응하는 제2 내부 우회 부분에 대해 공간에서 고정되고, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크는 대응하는 제2 외부 우회 부분에 대해 공간에서 고정되고, 제2 내부 우회 부분은 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제1 부분, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 대응하는 제1 중간 암 링크가 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축보다 제2 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 제2 쌍의 1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고 제2 내부 우회 부분의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 대응하는 브리징 부분을 포함하고, 제2 외부 우회 부분은 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 베이스 링크와 회전 가능하게 연결되는 대응하는 제1 부분, 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 중간 암 링크와 고정적으로 연결되는 대응하는 제2 부분, 및 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암이 제1 후퇴 상태에 있을 때, 제2 외부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분이 제2 내부 우회 부분의 대응하는 브리징 부분보다 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 중 제1 로봇 암의 제1 축으로부터 더 멀리 포지셔닝되도록 포지셔닝되고, 제2 외부 우회 부분의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있는 대응하는 브리징 부분을 포함한다.

[0206] 구현 16: 구현 15의 시스템에 있어서, 제1 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암 및 제2 쌍의 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암은 기준 평면에 대해 대칭적으로 배열된다.

[0207] 구현 17: 구현 9 또는 11 내지 13 중 어느 하나의 시스템 있어서, 제1 축은 제2 축이 이격되는 거리와 상이한 거리만큼 이격된다.

[0208] 구현 18: 구현 1 내지 17 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 기 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각은 대응하는 제1 부분, 대응하는 제2 부분, 및 대응하는 오프셋 조그 부분(offset jog portion)을 갖고; 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분은 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분의 평행 축에 수직인 방향으로 서로로부터 오프셋되는 평행 축을 따라 연장되고, 그리고 제1 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 오프셋 조그 부분은 제1 엔드 이펙터 지지 암의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐있다.

[0209] 구현 19: 구현 18의 시스템에 있어서, 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각은 대응하는 제1 부분, 대응하는 제2 부분,

및 대응하는 오프셋 조그 부분을 갖고; 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분은 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분의 평행 축에 수직인 방향으로 서로로부터 오프셋되는 평행 축을 따라 연장되고, 그리고 제2 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 오프셋 조그 부분은 제2 엔드 이펙터 지지 암의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐 있다.

[0210] 구현 20: 구현 1 내지 19 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 이송 챔버를 더 포함하고, 베이스는 이송 챔버에 대해 고정적으로 장착되고, 몸통 유닛은 이송 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치되고, 제1 로봇 암은 제1 후퇴 상태에 있을 때 이송 챔버 내에 전체적으로 위치되고, 제2 로봇 암은 제2 후퇴 상태에 있을 때 이송 챔버 내에 전체적으로 위치되고, 그리고 몸통 유닛은, 제1 로봇 암 및 제2 로봇 암과 함께, 제1 로봇 암이 제1 후퇴 상태에 있고 제2 로봇 암이 제2 후퇴 상태에 있을 때 이송 챔버 내에서 그리고 이송 챔버에 대해 적어도 90° 만큼 회전 가능하다.

[0211] 구현 21: 구현 20의 시스템에 있어서, 하나 이상의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버들을 더 포함하고, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로에 의해 이송 챔버와 연결되고, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 이송 챔버에 더 가까운 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈, 및 이송 챔버로부터 더 먼 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들을 갖고, 제1 로봇 암은, 몸통 유닛이 제1 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 제1 로봇 암이 제1 근거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성되고, 제1 로봇 암은, 몸통 유닛이 제1 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 제1 로봇 암이 제1 원거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성되고, 제2 로봇 암은, 몸통 유닛이 제2 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 제2 로봇 암이 제2 근거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성되고, 그리고 제2 로봇 암은, 몸통 유닛이 제2 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 제2 로봇 암이 제2 원거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성된다.

[0212] 구현 22: 구현 21의 시스템에 있어서, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 쿼드-스테이션 모듈이다.

[0213] 구현 23: 구현 21 또는 구현 22의 시스템에 있어서, 제1 로봇 암 및/또는 제2 로봇 암에 의해 웨이퍼 이송 통로 중 하나를 통해 이송되는 웨이퍼의 중심 위치 측정을 획득하도록 각각 구성되는 하나 이상의 능동 웨이퍼 중심 맞춤 센서 시스템을 더 포함한다.

[0214] 구현 24: 구현 1 내지 22 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스 및 하나 이상의 프로세서들을 포함하는 제어기를 더 포함하고, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: a) 제1 로봇 암으로 하여금 각각 한 쌍의 웨이퍼를 지지하면서 제1 후퇴 상태로부터 제1 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, b) 제1 로봇 암에 의해 지지된 바닥 웨이퍼가 제1 로봇 암으로부터 리프팅되는 동안, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, c) (b) 이후에 그리고 (b)에서 제거되지 않은 제1 로봇 암에 의해 지지된 한 쌍의 웨이퍼의 웨이퍼를 각각 지지하는 동안, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 원거리 연장 상태로부터 제1 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, d) 제1 로봇 암에 의해 지지된 상위 웨이퍼가 제1 로봇 암으로부터 리프트되는 동안, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 e) (d) 이후에 그리고 각각이 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않는 동안, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 근거리 연장 상태로부터 제1 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0215] 구현 25: 구현 24의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 순차적으로: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도

다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0216] 구현 26: 구현 24의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제1 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암으로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제1 로봇 암 중 다른 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대한 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 한다.

[0217] 구현 27: 구현 24의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제1 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제1 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 제1 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제1 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0218] 구현 28: 구현 24 내지 26 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: a) 제1 로봇 암으로 하여금 각각 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않으면서 제1 후퇴 상태로부터 제1 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, g) 제1 로봇 암 각각이 대응하는 웨이퍼를 상부에 배치하면서, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, h) 제1 로봇 암으로 하여금 (g) 이후에 그리고 각각이 (g)에서 상부에 배치된 단일 웨이퍼를 지지하면서, 제1 근거리 연장 상태로부터 제1 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, i) 제1 로봇 암 각각이 다른 웨이퍼를 상부에 그리고 제1 로봇 암에 의해 이미 지지되는 웨이퍼 아래의 위치에 배치하면서, 제1 로봇 암으로 하여금 제1 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 j) 제1 로봇 암으로 하여금 (i) 이후에 그리고 각각이 상부에 배치된 2개의 웨이퍼를 지지하면서, 제1 원거리 연장 상태로부터 제1 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0219] 구현 29: 구현 24 내지 28 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: 1) 제2 로봇 암으로 하여금 각각이 한 쌍의 웨이퍼를 지지하면서 제2 후퇴 상태로부터 제2 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, 2) 제1 로봇 암에 의해 지지된 바닥 웨이퍼가 제1 로봇 암으로부터 리프팅되는 동안, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, 3) (2) 이후에 그리고 (2)에서 제거되지 않은 제2 로봇 암에 의해 지지된 한 쌍의 웨이퍼의 웨이퍼를 각각이 지지하는 동안, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 원거리 연장 상태로부터 제2 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, 4) 제2 로봇 암에 의해 지지된 상위 웨이퍼가 제2 로봇 암으로부터 리프팅되는 동안, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 5) (4) 이후에 그리고 각각이 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않는 동안, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 근거리 연장 상태로부터 제2 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0220] 구현 30: 구현 29의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 순차적으로: (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하고, 그리고 (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 다른

하나를 회전시키게 한다.

[0221] 구현 31: 구현 29의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제2 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고

[0222] (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암으로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제2 로봇 암 중 다른 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대한 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 한다.

[0223] 구현 32: 구현 24의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 제2 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (2)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 제2 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (2) 동안 제2 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 제2 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

[0224] 구현 33: 구현 24 또는 구현 25 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: 6) 제2 로봇 암으로 하여금 각각이 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않으면서 제2 후퇴 상태로부터 제2 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, 7) 제2 로봇 암 각각이 대응하는 웨이퍼를 상부에 배치하면서, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, 8) 제2 로봇 암으로 하여금 (g) 이후에 그리고 각각이 (g)에서 상부에 배치된 단일 웨이퍼를 지지하면서, 제2 근거리 연장 상태로부터 제2 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, 9) 제2 로봇 암 각각이 다른 웨이퍼를 상부에 그리고 제2 로봇 암에 의해 이미 지지되는 웨이퍼 아래의 위치에 배치하면서, 제2 로봇 암으로 하여금 제2 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 10) 제1 로봇 암으로 하여금 (9) 이후에 그리고 각각이 상부에 배치된 2개의 웨이퍼를 지지하면서, 제2 원거리 연장 상태로부터 제2 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0225] 구현 34: 시스템으로서, 베이스; 몸통 유닛 – 몸통 유닛은 주요 회전 축을 중심으로 베이스에 대해 회전 가능하도록 베이스에 회전 가능하게 연결됨 – ; 및 몸통 유닛에 의해 지지되는 한 쌍의 로봇 암을 포함하고, 로봇 암 각각은 적어도 후퇴 상태, 근거리 연장 상태, 및 원거리 연장 상태 사이에서 전이하도록 구성되고, 로봇 암이 원거리 연장 상태에 있을 때 주요 회전 축으로부터 가장 먼 각각의 로봇 암의 원위 위치는, 로봇 암이 근거리 연장 상태에 있을 때보다 로봇 암이 후퇴 상태에 있을 때 주요 회전 축에 더 가깝고, 그리고 각각의 로봇 암의 원위 위치는, 로봇 암이 원거리 연장 상태에 있을 때보다 로봇 암이 근거리 연장 상태에 있을 때, 주요 회전 축에 더 가깝다.

[0226] 구현 35: 구현 34의 시스템에 있어서, 로봇 암 각각은 2개의 웨이퍼를 위/아래 구성 – 2개의 웨이퍼 중 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 상위 위치 상에 중심 맞춤되고, 2개의 웨이퍼 중 다른 하나는 웨이퍼를 지지하도록 구성된 로봇 암의 부분에 대해 고정된 대응하는 하위 위치 상에 중심 맞춤됨 – 으로 지지하도록 구성되고, 상위 위치 각각은, 로봇 암이 근거리 연장 상태 또는 원거리 연장 상태 중 적어도 하나에 있을 때 정사각형 영역의 상이한 제1 코너 위에 명목상 중심 맞춤되고, 그리고 하위 위치 각각은, 로봇 암이 적어도 근거리 연장 상태 또는 원거리 연장 상태 중 다른 하나에 있을 때 정사각형 영역의 제1 코너와 상이한 정사각형 영역의 상이한 제2 코너 위에 명목상 중심 맞춤된다.

[0227] 구현 36: 구현 35의 시스템에 있어서, 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상위 위치 및 하위 위치 둘 모두는 대응하는 공통 수직 축을 따라 놓인다.

[0228] 구현 37: 구현 35의 시스템에 있어서, 로봇 암 중 적어도 하나에 대한 상위 위치 및 하위 위치 둘 모두는 상이

한, 비동축 수직 축들을 따라 놓인다.

[0229] 구현 38: 구현 34 내지 37 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 각각의 로봇 암에 대해: 로봇 암은 대응하는 엔드 이펙터 지지 암 및 복수의 대응하는 암 링크를 갖고, 로봇 암에 대한 대응하는 암 링크는 대응하는 베이스 링크 및 하나 이상의 대응하는 중간 암 링크를 포함하고, 로봇 암에 대한 대응하는 베이스 링크는, 로봇 암에 대한 대응하는 베이스 링크가 대응하는 제1 축을 중심으로 몸통 유닛에 대해 회전 가능하도록 몸통 유닛과 회전 가능하게 연결되고, 그리고 로봇 암에 대한 대응하는 베이스 링크는 하나 이상의 대응하는 중간 암 링크를 지지하고, 로봇 암에 대한 하나 이상의 대응하는 베이스 링크는 로봇 암에 대한 대응하는 엔드 이펙터 지지 암을 지지하고, 그리고 제1 축은 서로 실질적으로 평행하고, 제1 축에 수직한 방향으로 서로 이격된다.

[0230] 구현 39: 구현 38의 시스템에 있어서, 각각의 로봇 암은, 로봇 암에 대한 대응하는 엔드 이펙터 지지 암으로 하여금, 몸통 유닛에 대한 로봇 암에 대한 베이스 링크의 회전에 적어도 부분적으로 응답하여, 몸통 유닛에 대한 대응하는 병진 축을 따라 병진하게 하도록 구성되고, 그리고 로봇 암의 병진 축은 서로 실질적으로 평행하다.

[0231] 구현 40: 구현 38 또는 구현 39 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 각각의 로봇 암에 대한 복수의 대응하는 암 링크 내의 암 링크는 제1 축에 실질적으로 평행한 대응하는 회전 축을 중심으로 서로에 대해 회전하도록 구성되고, 그리고 로봇 암 각각에 대한 엔드 이펙터 지지 암은 엔드 이펙터 지지 암에 가장 가까운 로봇 암의 대응하는 중간 암 링크에 대해 대응하는 회전 축을 중심으로 회전하도록 구성되고, 대응하는 회전 축은 제1 축에 실질적으로 평행하다.

[0232] 구현 41: 구현 40의 시스템에 있어서, 각각의 로봇 암은 2개의 대응하는 암 링크를 갖는다.

[0233] 구현 42: 구현 41의 시스템에 있어서, 베이스 링크 각각은, 대응하는 중간 암 링크가 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과 제1 축 사이의 거리에 의해 정의된 대응하는 베이스 링크 길이를 갖고, 중간 암 링크 각각은, 중간 암 링크가 대응하는 베이스 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축과, 대응하는 엔드 이펙터 지지 암이 중간 암 링크에 대해 회전하도록 구성되는 대응하는 회전 축 사이의 거리에 의해 정의되는 대응하는 중간 암 링크 길이를 갖고, 그리고 베이스 링크 길이 및 중간 암 링크 길이는 동일하다.

[0234] 구현 43: 구현 34 내지 42 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 로봇 암은 기준 평면에 대해 대칭적으로 배열된다.

[0235] 구현 44: 구현 34 내지 43 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 엔드 이펙터 지지 암 각각은 대응하는 제1 부분, 대응하는 제2 부분, 및 대응하는 오프셋 조그 부분을 갖고; 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분은 대응하는 제1 부분 및 대응하는 제2 부분의 평행 축에 수직인 방향으로 서로로부터 오프셋되는 평행 축을 따라 연장되고, 그리고 엔드 이펙터 지지 암 각각의 대응하는 오프셋 조그 부분은 엔드 이펙터 지지 암의 대응하는 제1 부분과 대응하는 제2 부분 사이에 걸쳐 있다.

[0236] 구현 45: 구현 34 내지 44 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 이송 챔버를 더 포함하고, 베이스는 이송 챔버에 대해 고정적으로 장착되고, 몸통 유닛은 이송 챔버 내에 적어도 부분적으로 위치되고, 로봇 암은 후퇴 상태에 있을 때 이송 챔버 내에 전체적으로 위치되고, 그리고 몸통 유닛은, 로봇 암이 후퇴 상태에 있을 때, 챔버 내에서 적어도 90° 만큼 그리고 챔버에 대해, 로봇 암과 함께, 회전 가능하다.

[0237] 구현 46: 구현 45의 시스템에 있어서, 하나 이상의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버들을 더 포함하고, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로에 의해 이송 챔버와 연결되고, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 이송 챔버에 더 가까운 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈, 및 이송 챔버로부터 더 먼 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들을 갖고, 로봇 암은, 몸통 유닛이 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 로봇 암이 근거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 근거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성되고, 그리고 로봇 암은, 몸통 유닛이 로봇 암과 멀티-스테이션 프로세싱 챔버의 하나 이상의 대응하는 웨이퍼 이송 통로들을 정렬시키도록 회전되고 로봇 암이 원거리 연장 상태에 있을 때, 멀티-스테이션 프로세싱 챔버 각각의 대응하는 한 쌍의 원거리 페데스탈들로 웨이퍼를 이송하도록 구성된다.

[0238] 구현 47: 구현 46의 시스템에 있어서, 각각의 멀티-스테이션 프로세싱 챔버는 쿼드-스테이션 모듈이다.

[0239] 구현 48: 구현 46 또는 구현 47 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 로봇 암에 의해 웨이퍼 이송 통로 중 하나를 통해 이송되는 웨이퍼의 중심 위치 측정을 획득하도록 각각 구성되는 하나 이상의 능동 웨이퍼 중심 맞춤 센서 시스템을 더 포함한다.

[0240] 구현 49: 구현 34 내지 47 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스 및 하나 이상의 프로

세서들을 포함하는 제어기를 더 포함하고, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: a) 로봇 암으로 하여금 각각 한 쌍의 웨이퍼를 지지하면서 후퇴 상태로부터 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, b) 로봇 암에 의해 지지된 바닥 웨이퍼가 로봇 암으로부터 리프팅되는 동안, 로봇 암으로 하여금 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, c) (b) 이후에 그리고 (b)에서 제거되지 않은 로봇 암에 의해 지지된 한 쌍의 웨이퍼의 웨이퍼를 각각 지지하는 동안, 로봇 암으로 하여금 원거리 연장 상태로부터 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, d) 로봇 암에 의해 지지된 상위 웨이퍼가 로봇 암으로부터 리프트되는 동안, 로봇 암으로 하여금 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 e) (d) 이후에 그리고 각각이 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않는 동안, 로봇 암으로 하여금 근거리 연장 상태로부터 후퇴 상태로 전이하게 한다.

[0241] 구현 50: 구현 49의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 순차적으로: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 하나를 회전시키게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

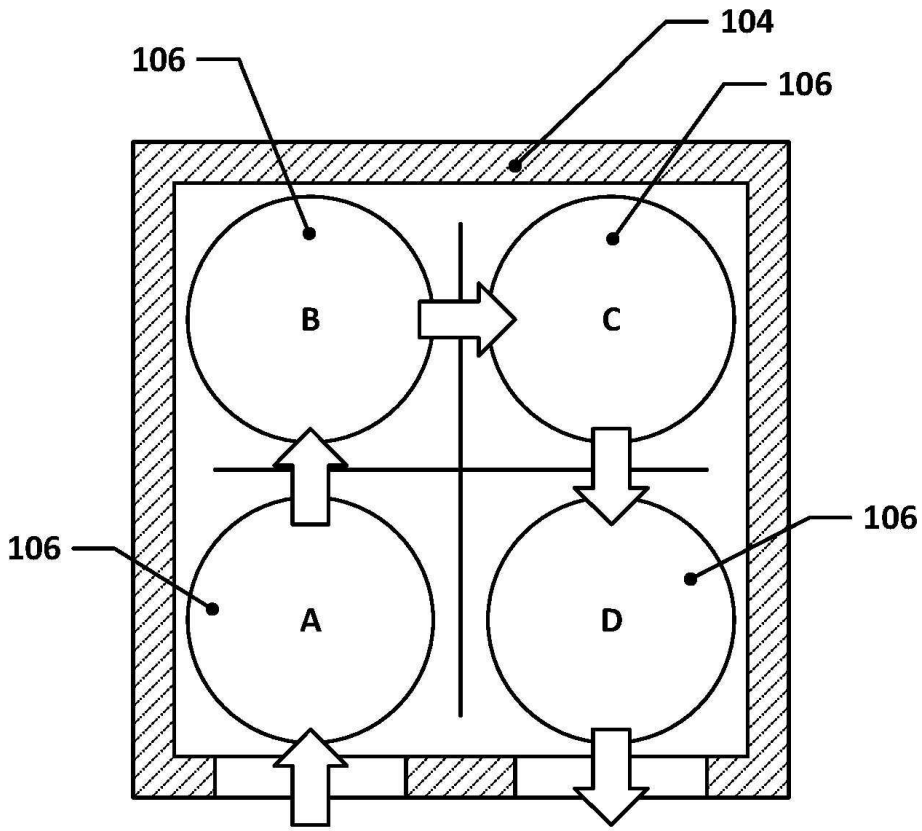
[0242] 구현 51: 구현 49의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암으로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 로봇 암 중 다른 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대한 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 한다.

[0243] 구현 52: 구현 49의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금, 적어도 부분적으로 동시에: (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 하나를 제1 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 로봇 암 중 하나로 하여금 그의 연장량, 몸통 유닛에 대해 그의 회전량, 또는 그의 연장량 및 몸통 유닛에 대한 그의 회전량을 조절하게 하고, 그리고 (b)의 시작에서 웨이퍼를 지지하는 로봇 암으로부터 웨이퍼를 리프팅하기 전에 (b) 동안 로봇 암들로부터 리프팅된 웨이퍼 중 다른 하나를 제2 원거리 타겟 위치에서 중심 맞춤하기 위해, 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 하거나, 또는 몸통 유닛으로 하여금 연장 또는 후퇴하도록 로봇 암 중 적어도 다른 하나를 회전시키게 한다.

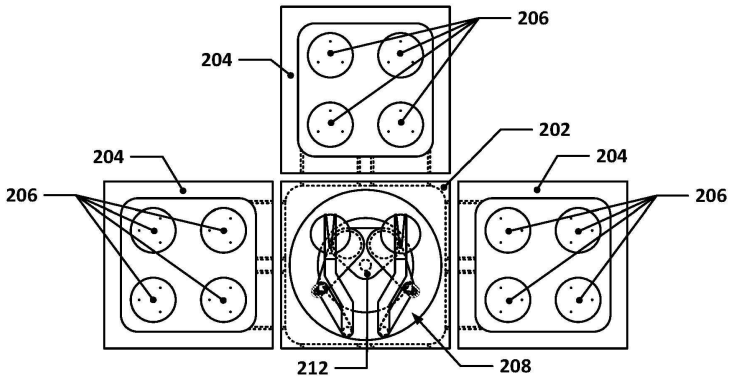
[0244] 구현 53: 구현 49 내지 52 중 어느 하나의 시스템에 있어서, 하나 이상의 메모리 디바이스들은 컴퓨터-실행 가능 명령을 더 저장하고, 컴퓨터-실행 가능 명령은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 하나 이상의 프로세서들로 하여금: a) 로봇 암으로 하여금 각각 어떠한 웨이퍼도 지지하지 않으면서 후퇴 상태로부터 근거리 연장 상태로 전이하게 하고, g) 로봇 암 각각이 대응하는 웨이퍼를 상부에 배치하면서, 로봇 암으로 하여금 근거리 연장 상태로 유지되게 하고, h) 로봇 암으로 하여금 (g) 이후에 그리고 각각이 (g)에서 상부에 배치된 단일 웨이퍼를 지지하면서, 근거리 연장 상태로부터 원거리 연장 상태로 전이하게 하고, i) 로봇 암 각각이 다른 웨이퍼를 상부에 그리고 로봇 암에 의해 이미 지지되는 웨이퍼 아래의 위치에 배치하면서, 로봇 암으로 하여금 원거리 연장 상태로 유지되게 하고, 그리고 j) 로봇 암으로 하여금 (i) 이후에 그리고 각각이 상부에 배치된 2개의 웨이퍼를 지지하면서, 원거리 연장 상태로부터 후퇴 상태로 전이하게 한다.

도면

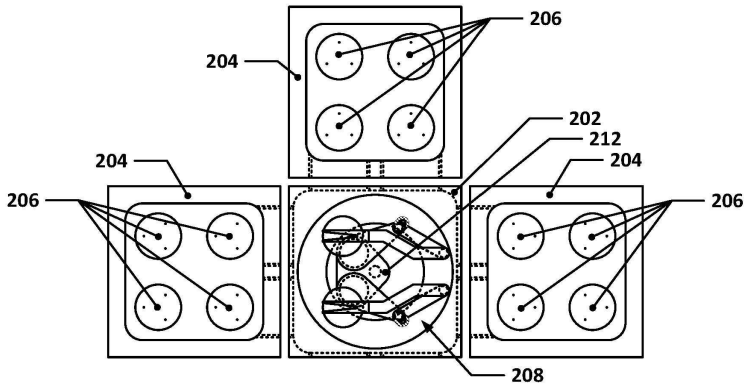
도면1



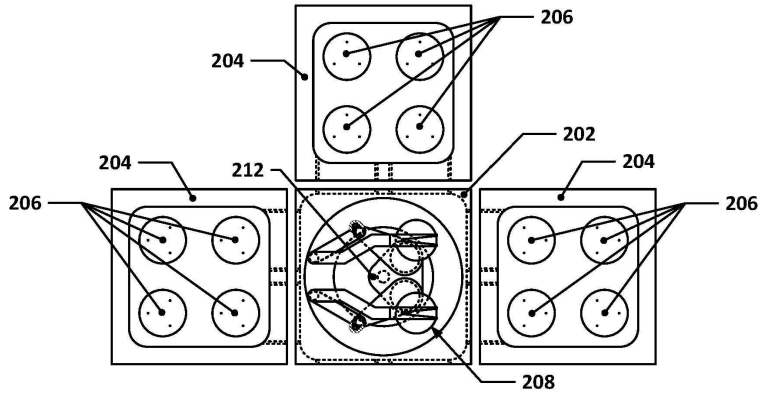
도면2



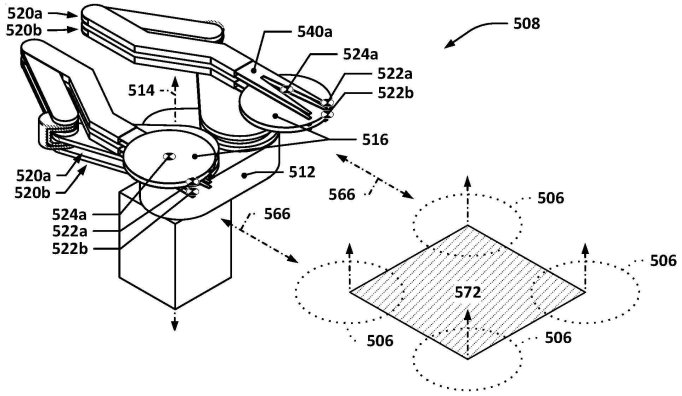
도면3


206
204
202
212
204
204
206
206
208

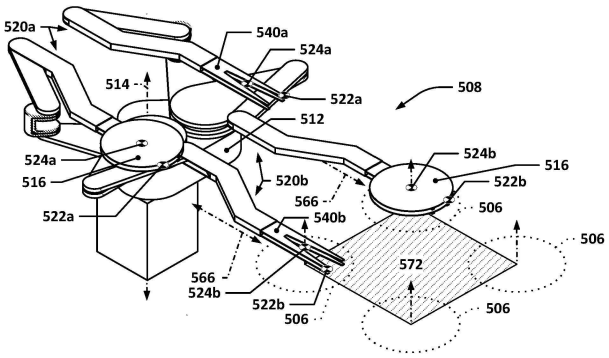
도면4


206
204
202
204
212
204
206
206
208

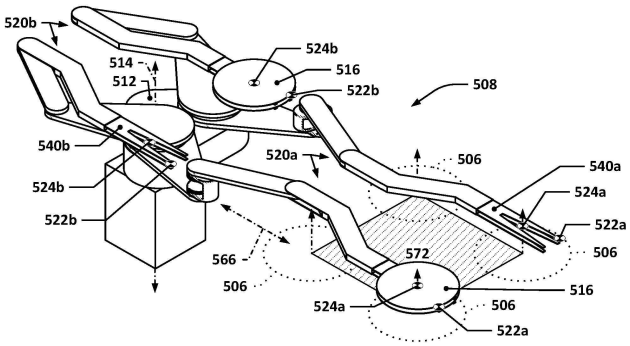
도면5


520a
520b
540a
508
524a
522a
522b
514
516
520a
520b
512
566
506
524a
522a
522b
566
506
572
506
506

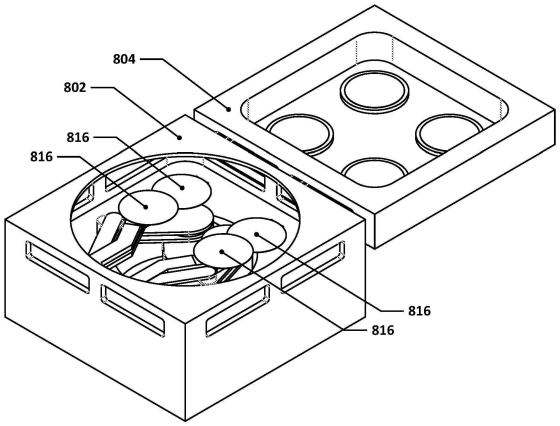
도면6


520a
540a
524a
514
522a
508
512
524b
516
524a
516
520b
522b
566
506
522a
540b
506
572
566
524b
522b
506
506

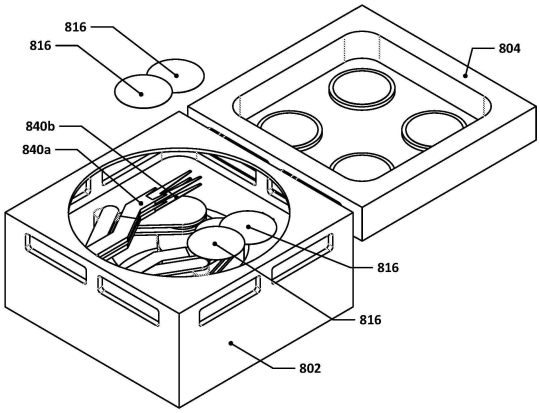
도면7


520b
524b
514
516
512
522b
508
540b
520a
506
540a
524b
524a
522b
522a
566
572
506
506
516
524a
506
522a

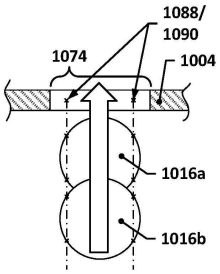
도면8


804
802
816
816
816
816

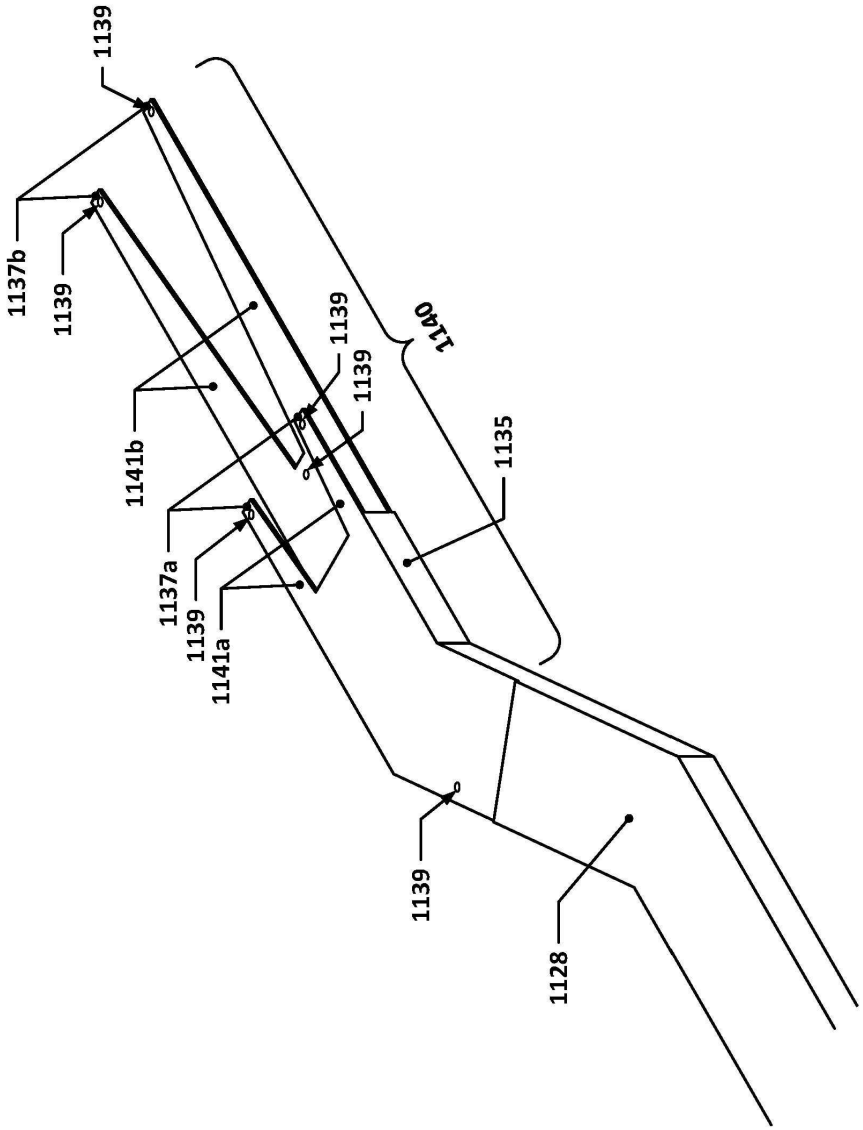
도면9


816
816
804
840b
840a
816
816
802

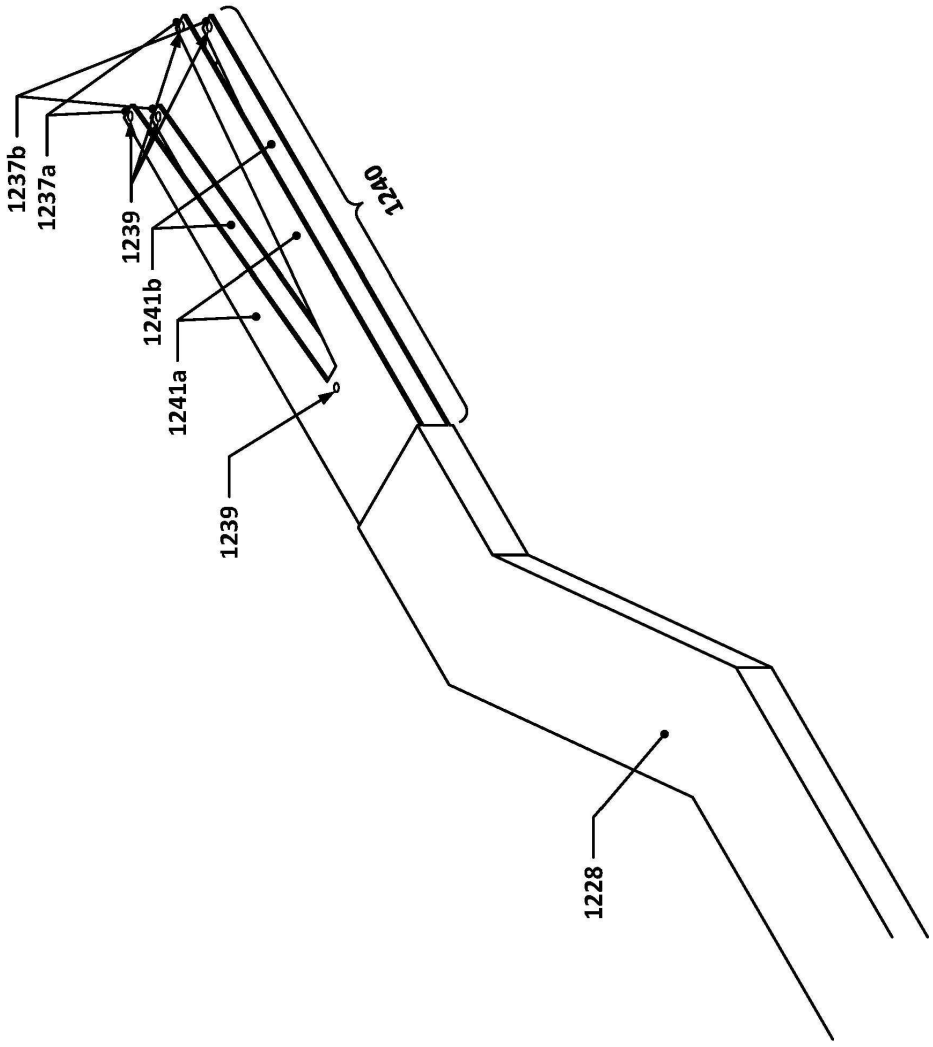
도면10


1088/
1090
1074
1004
1016a
1016b

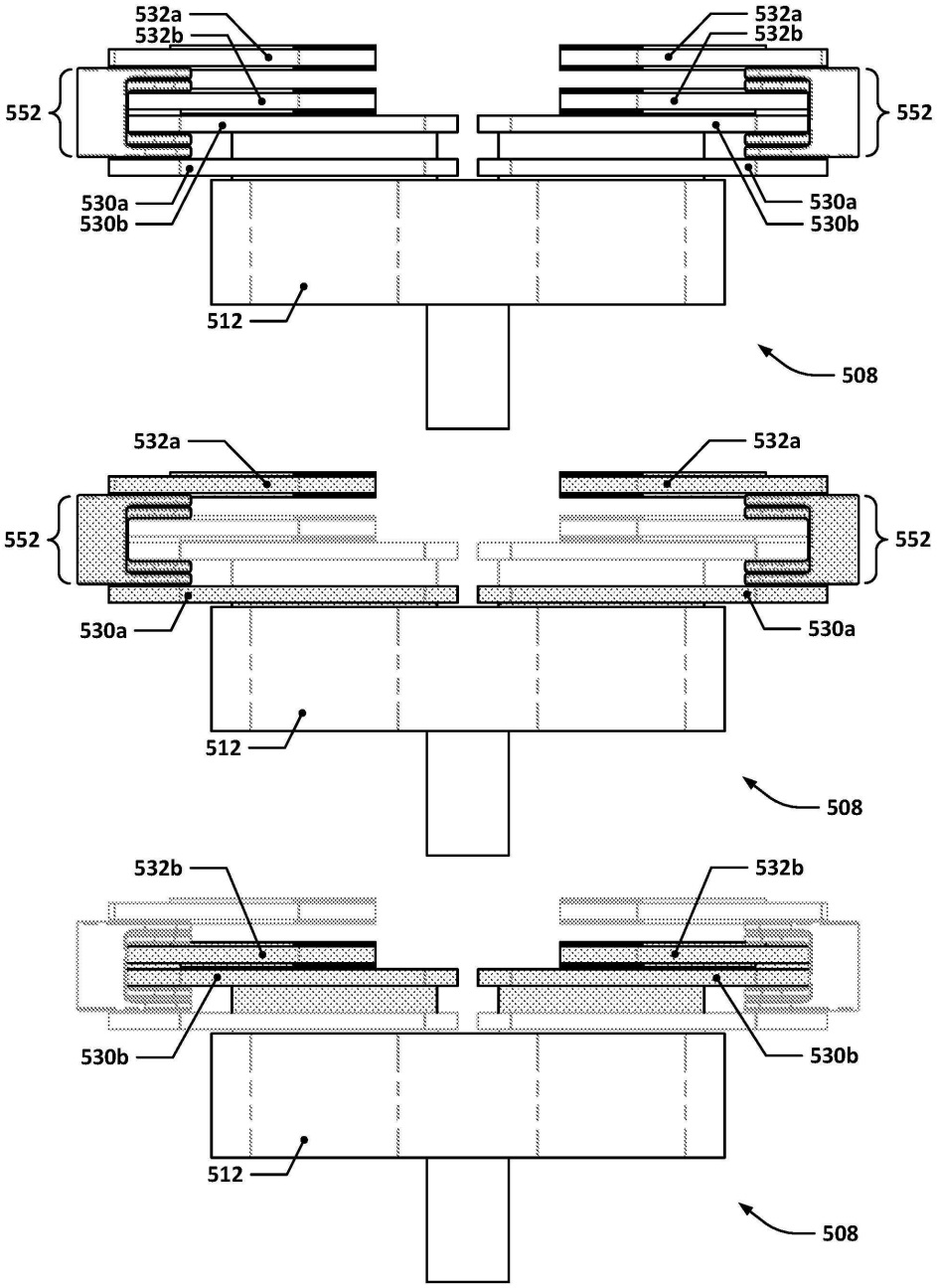
도면11


1139
1137b
1139
1140
1139
1139
1135
1141b
1137a
1139
1141a
1139
1128

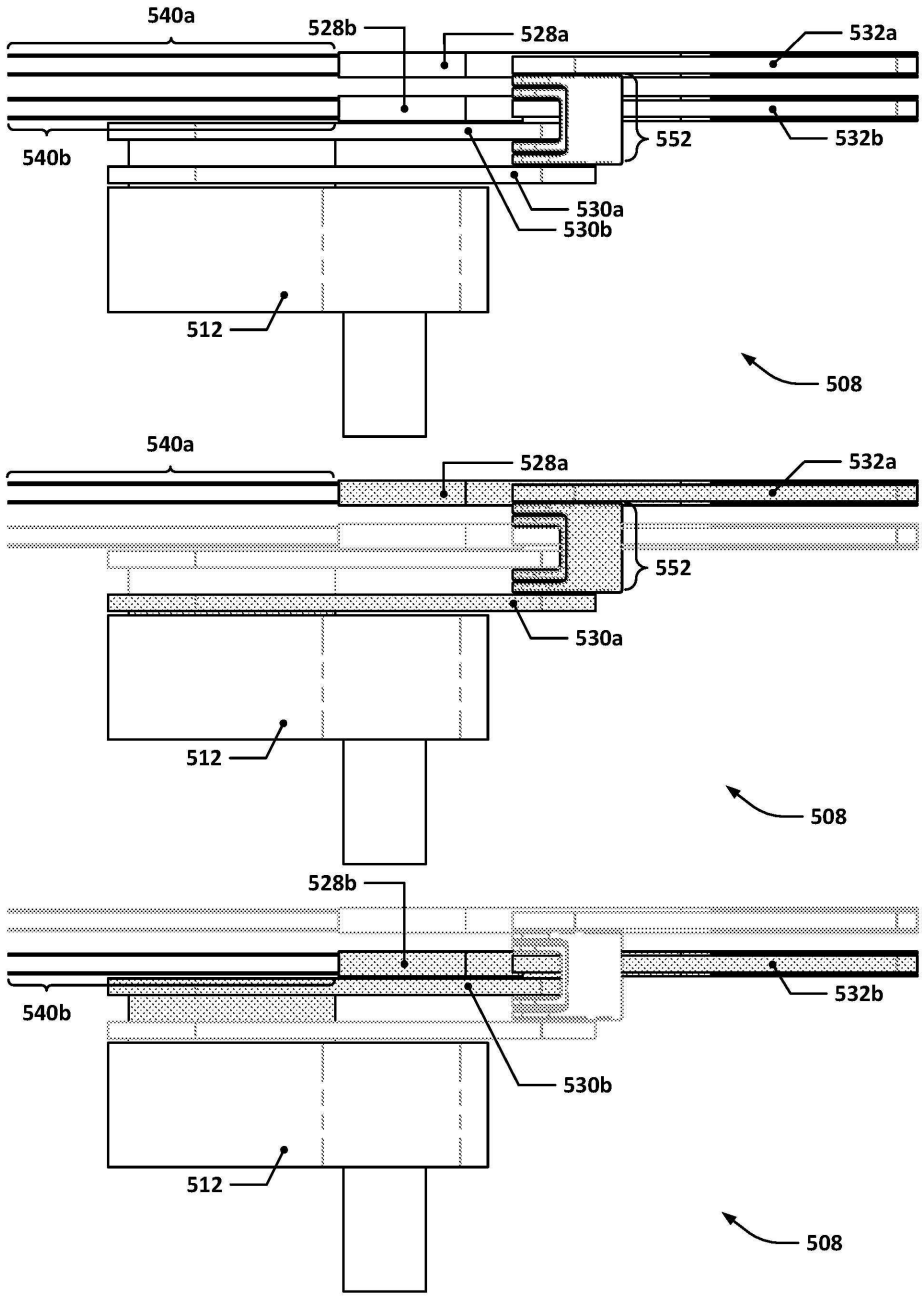
도면12



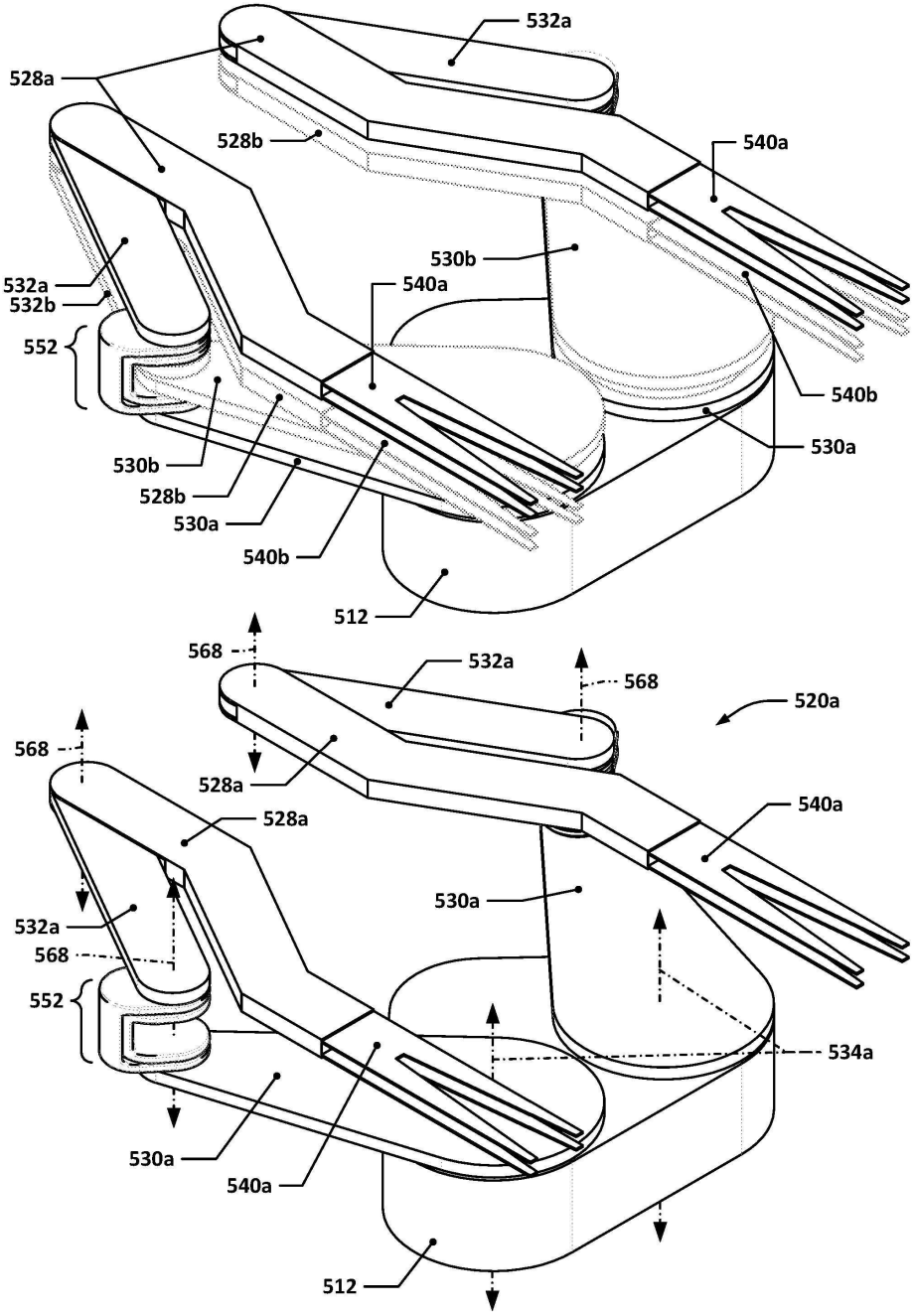
도면13


532a
532b
552
552
530a
530b
530a
530b
512
508
532a
532a
552
552
530a
530a
512
508
532b
532b
530b
530b
512
508

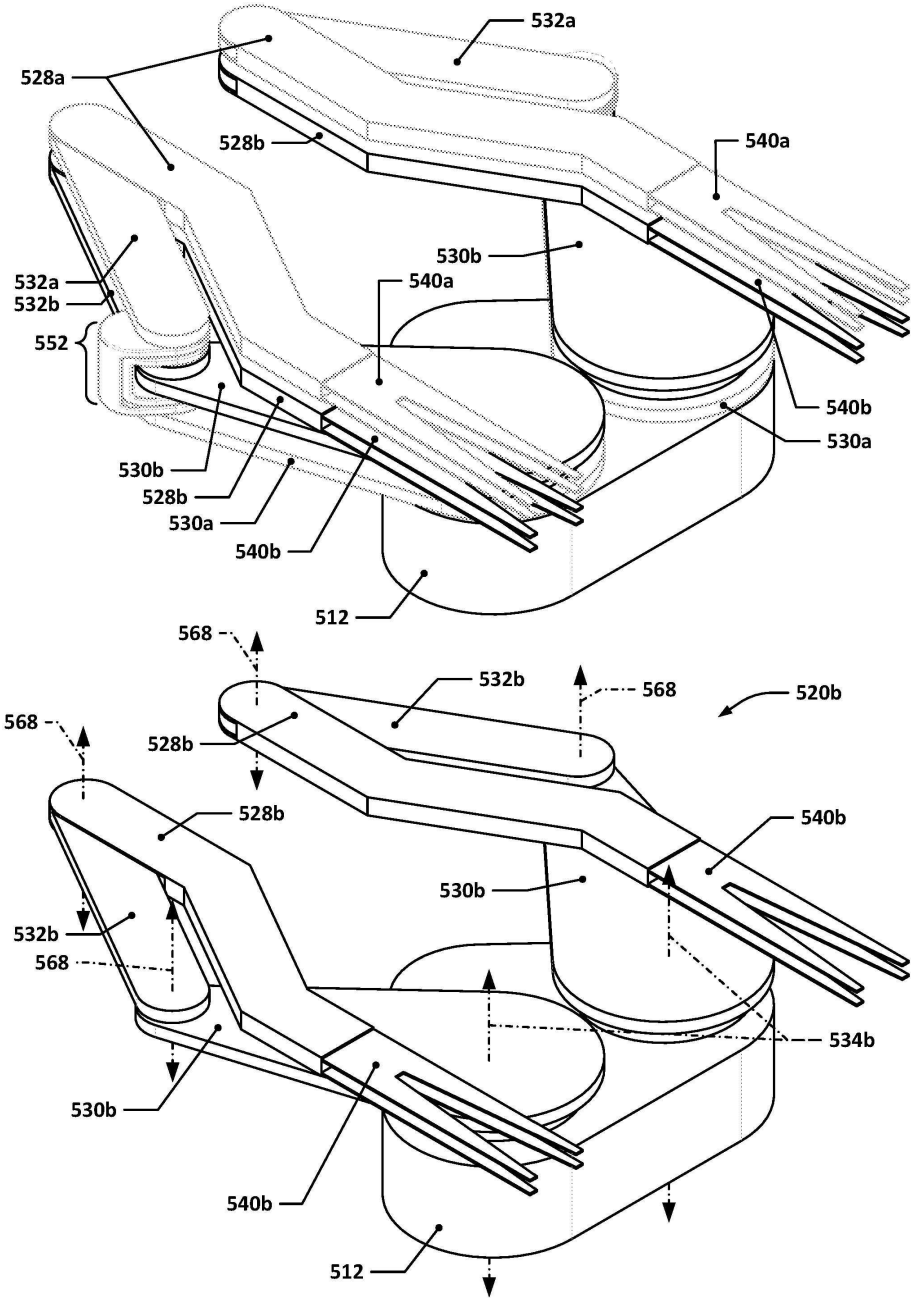
도면14


540a
528b
528a
532a
552
532b
540b
530a
530b
512
508
540a
528a
532a
552
530a
512
508
528b
532b
540b
530b
512
508

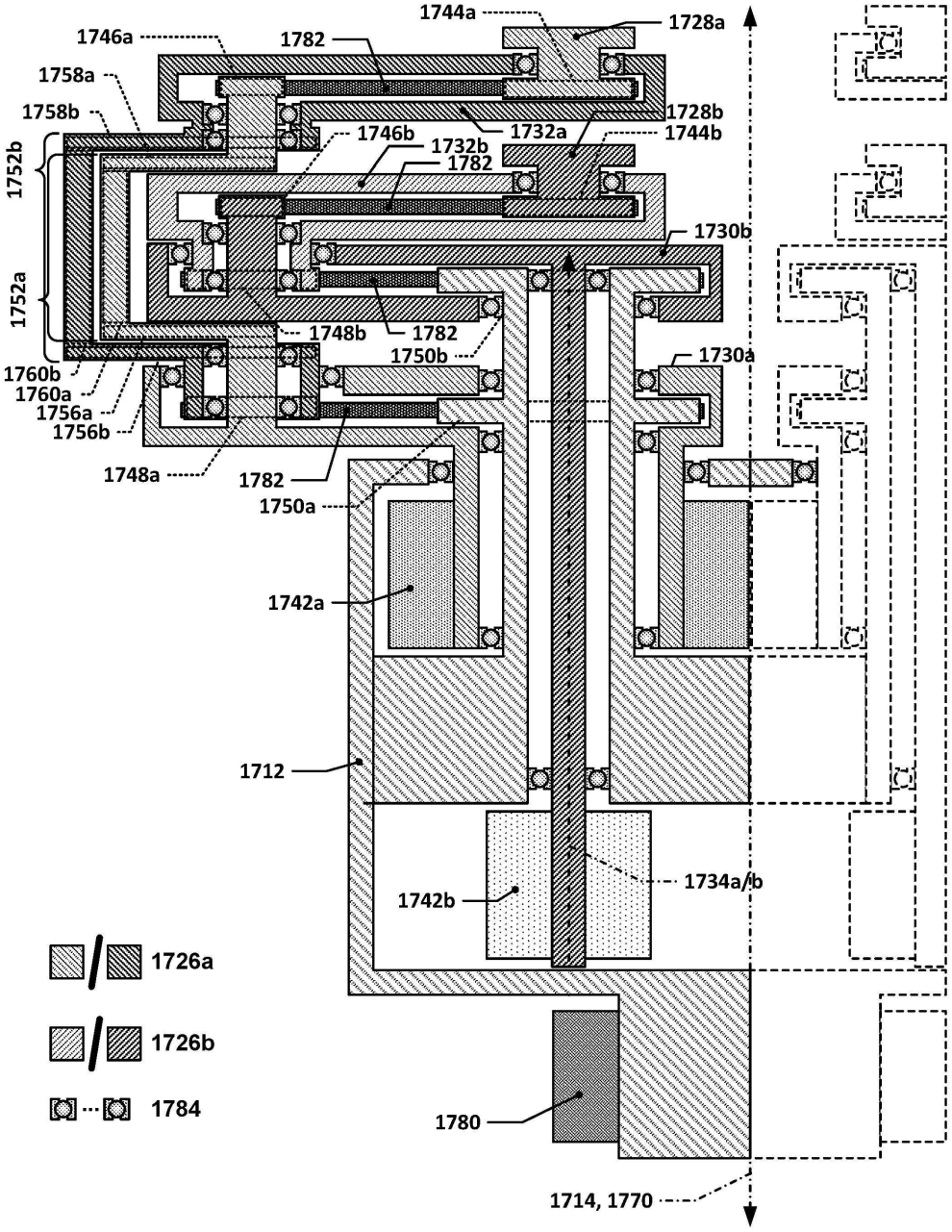
도면15


532a
528a
528b
540a
530b
540a
532a
532b
552
540b
530a
530b
528b
530a
540b
512
568
532a
568
520a
568
528a
528a
540a
530a
532a
568
552
534a
530a
540a
512

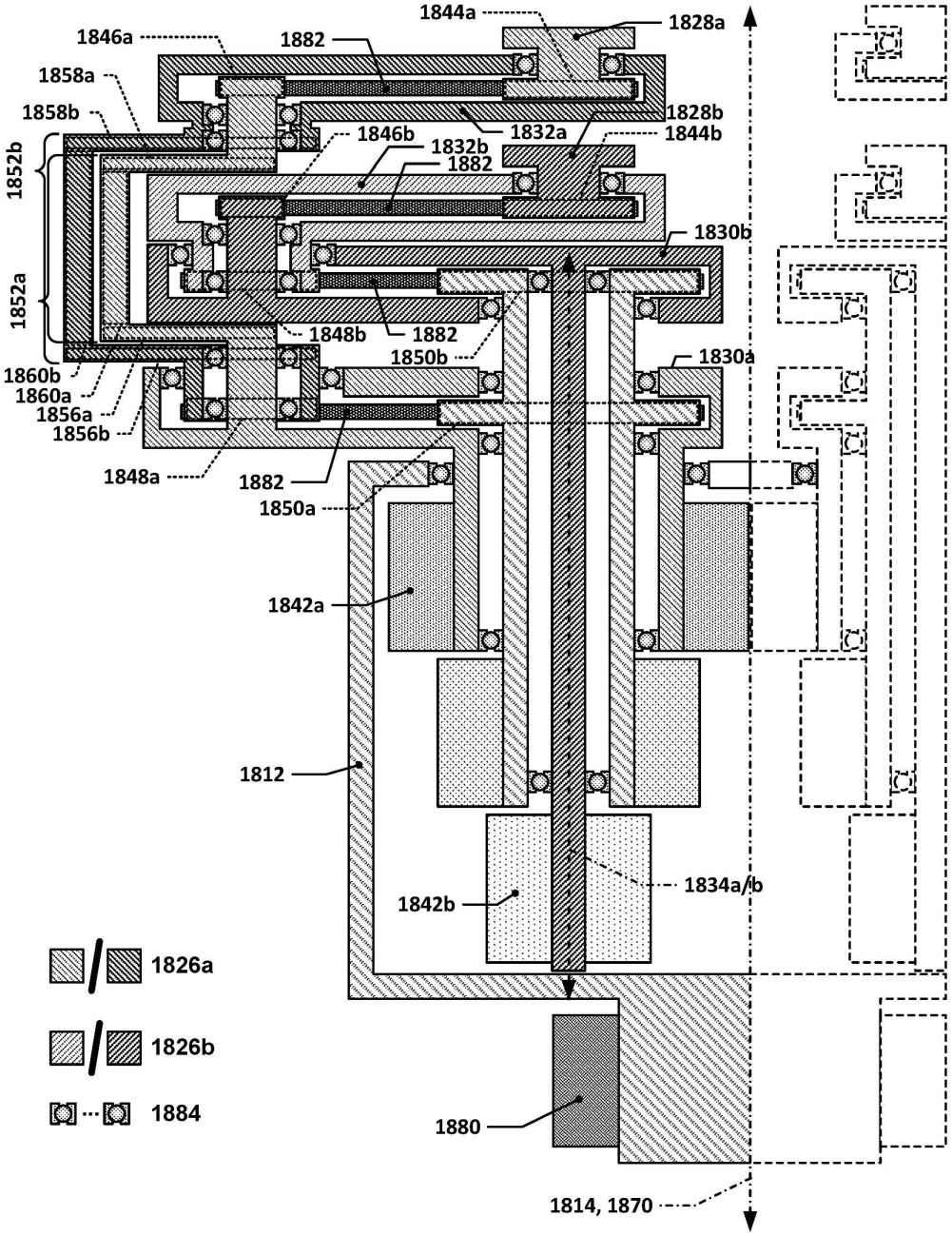
도면16


532a
528a
528b
540a
530b
532a
532b
552
540a
540b
530a
530b
528b
530a
540b
512
568
532b
568
520b
568
528b
528b
540b
530b
532b
568
534b
530b
540b
512

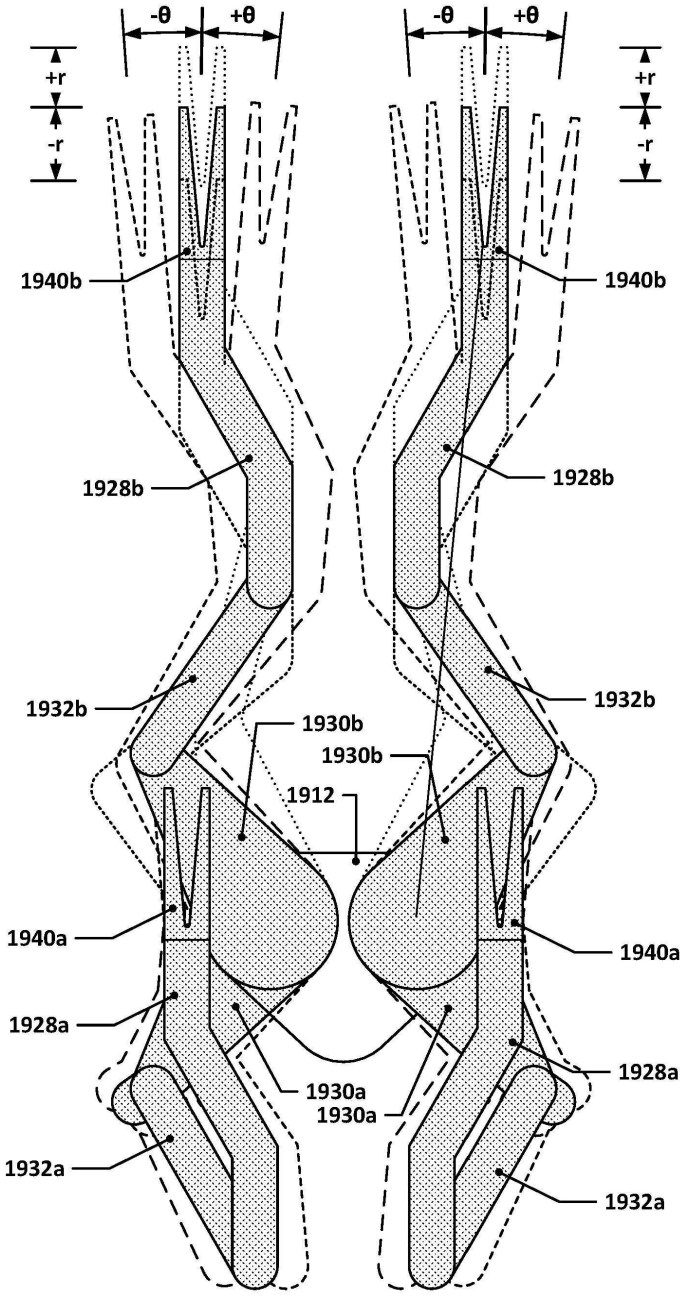
도면17


1744a
1728a
1746a
1782
1758a
1758b
1728b
1746b
1732a
1744b
1752b
1732b
1782
1730b
1752a
1748b
1782
1750b
1730a
1760b
1760a
1756a
1756b
1748a
1782
1750a
1742a
1712
1734a/b
1742b
1726a
1726b
1784
1780
1714, 1770

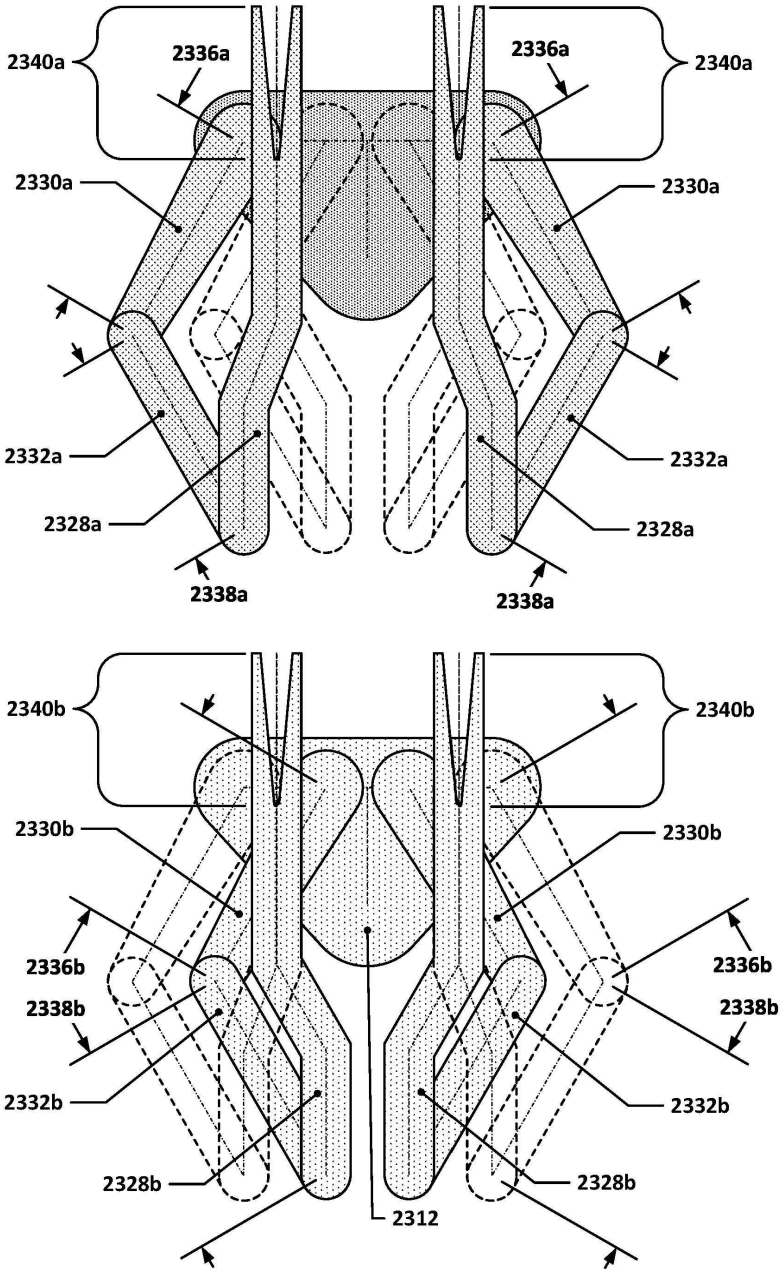
도면18


1844a
1828a
1846a
1882
1858a
1858b
1828b
1846b
1832a
1844b
1852b
1832b
1882
1830b
1852a
1848b
1882
1850b
1830a
1860b
1860a
1856a
1856b
1848a
1882
1850a
1842a
1812
1834a/b
1842b
1826a
1826b
1884
1880
1814, 1870

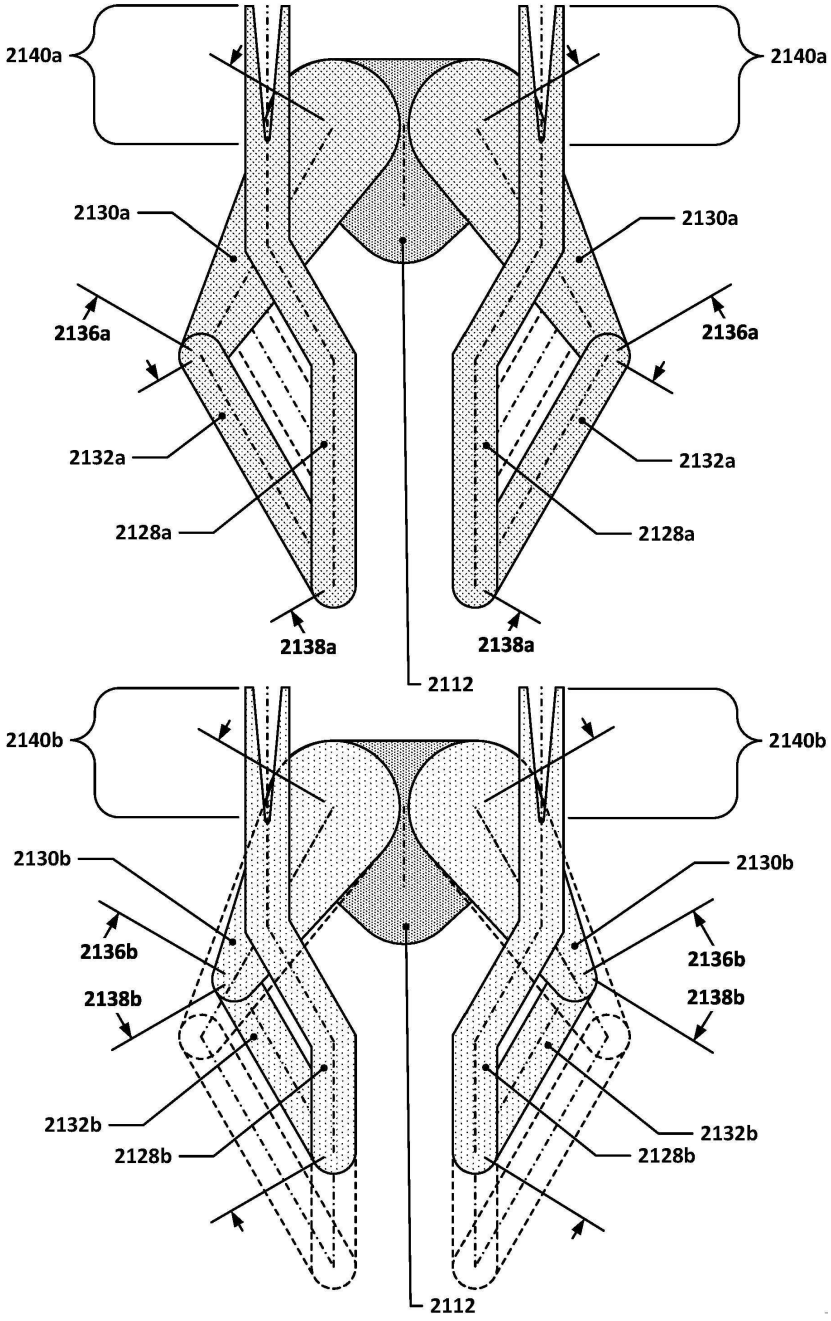
도면19


-θ
+θ
-θ
+θ
+r
-r
+r
-r
1940b
1940b
1928b
1928b
1932b
1932b
1930b
1930b
1912
1940a
1940a
1928a
1928a
1930a
1930a
1932a
1932a

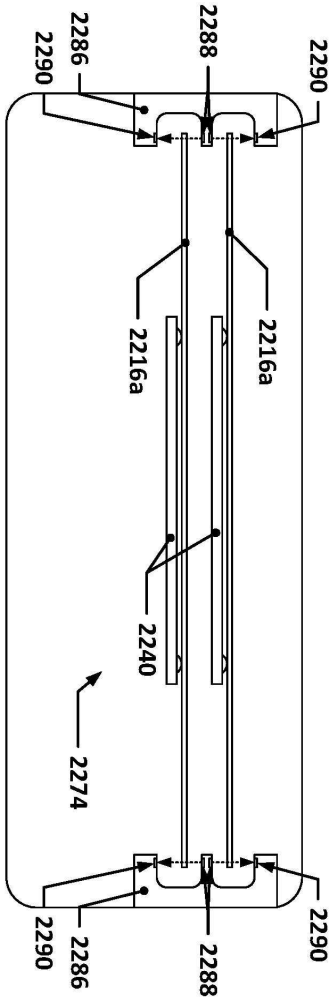
도면20


2340a
2336a
2336a
2340a
2330a
2330a
2332a
2332a
2328a
2328a
2338a
2338a
2340b
2340b
2330b
2330b
2336b
2336b
2338b
2338b
2332b
2332b
2328b
2328b
2312

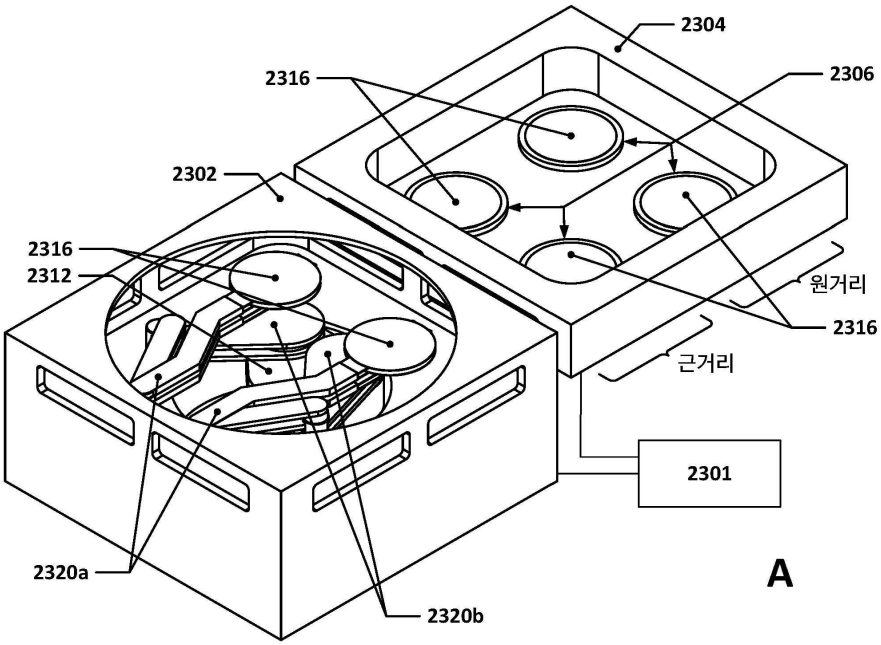
도면21


2140a
2140a
2130a
2130a
2136a
2136a
2132a
2132a
2128a
2128a
2138a
2138a
2112
2140b
2140b
2130b
2130b
2136b
2136b
2138b
2138b
2132b
2132b
2128b
2128b
2112

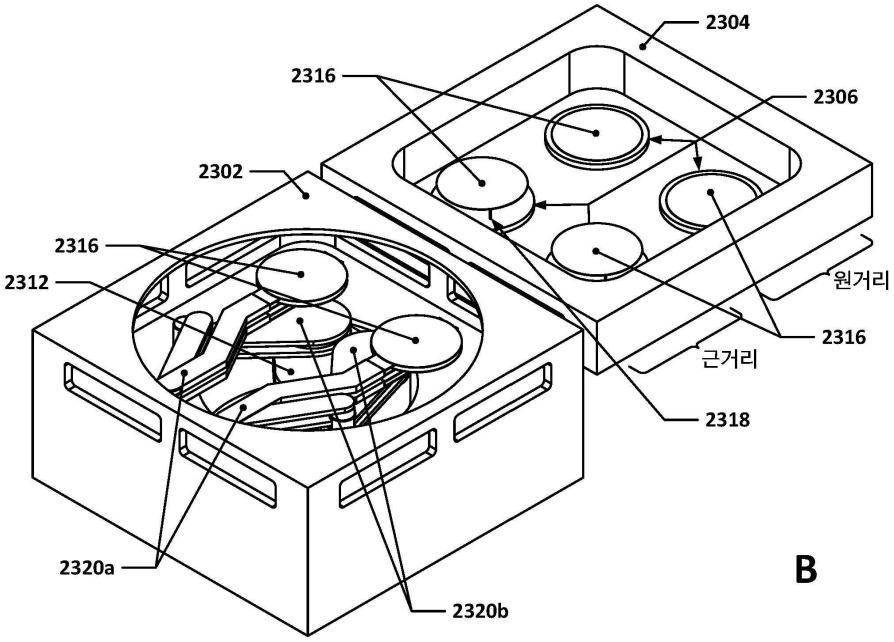
도면22


2286
2290
2288
2290
2216a
2216a
2240
2274
2290
2286
2288
2290

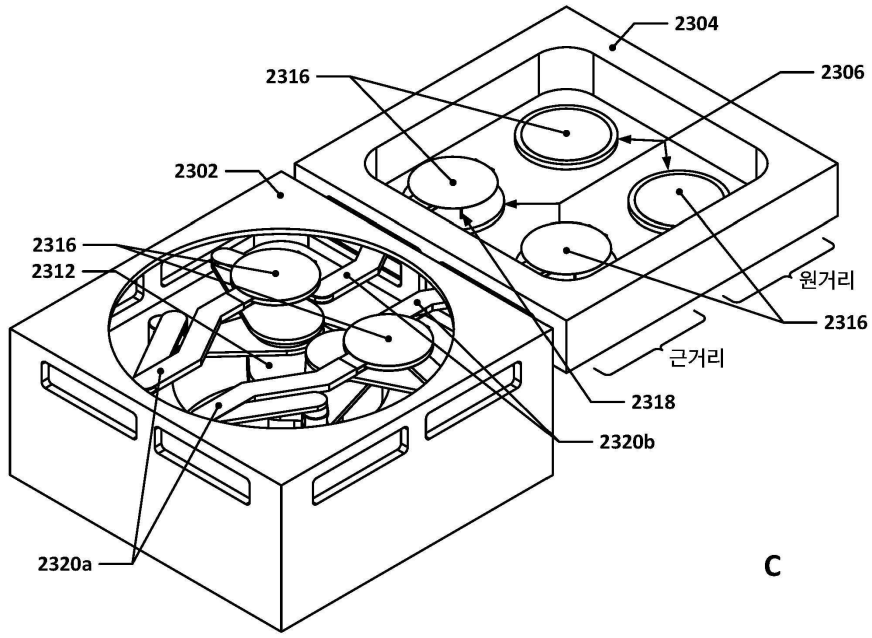
도면23


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2301
2320a
2320b
A

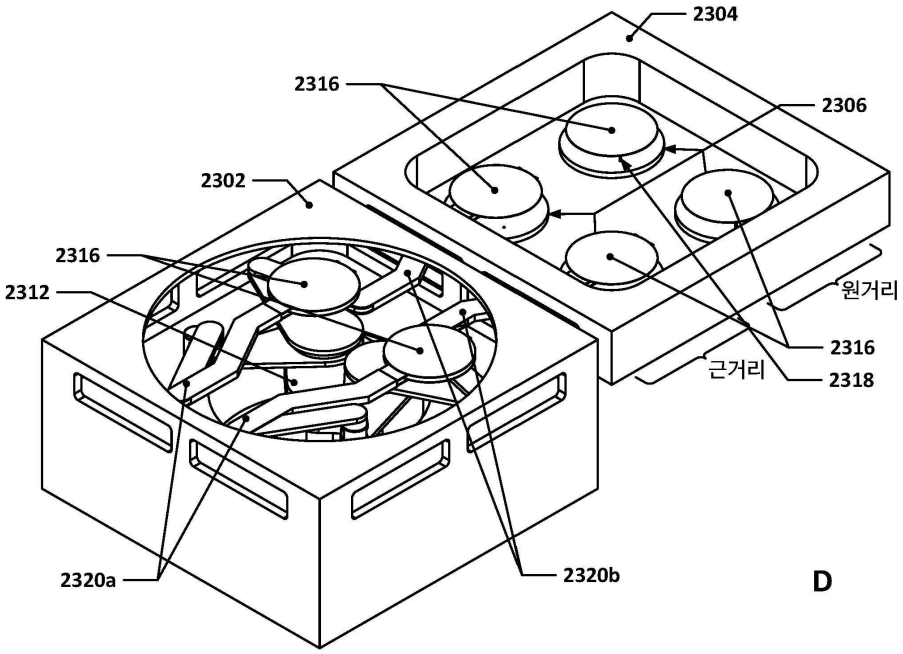
도면24


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2318
2320a
2320b
B

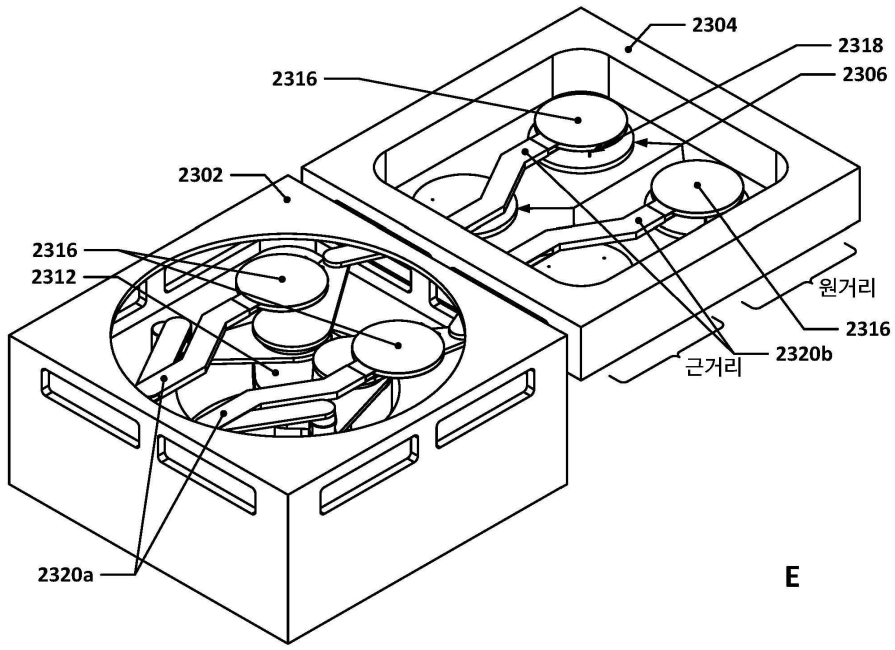
도면25


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2318
2320b
2320a
C

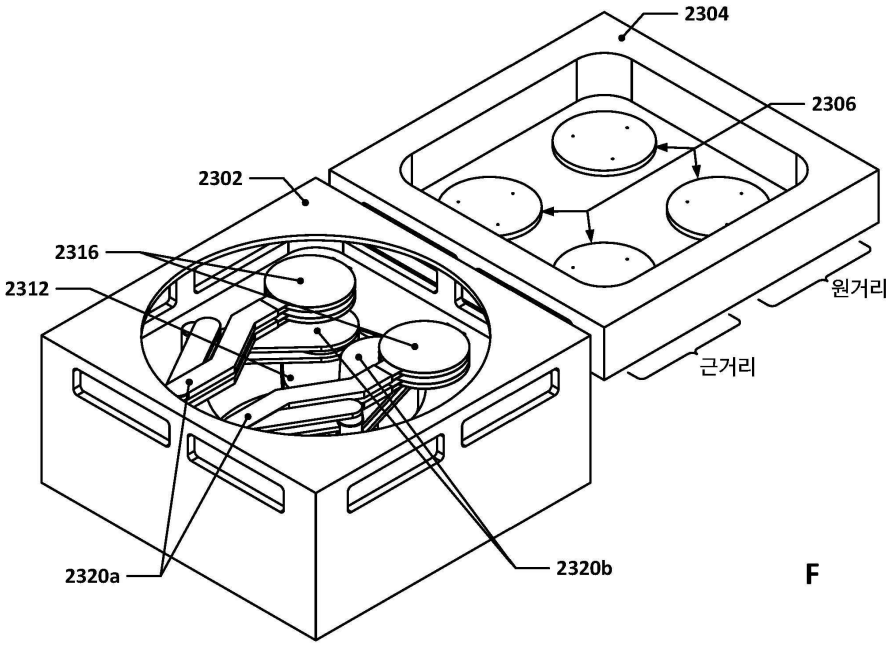
도면26


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2318
2320a
2320b
D

도면27

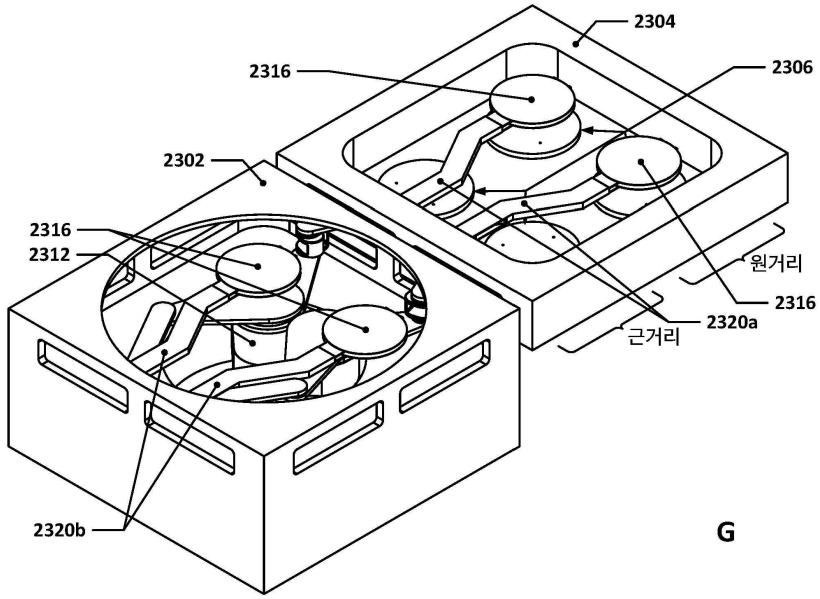

2304
2318
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
2320b
근거리
2320a
E

도면28


2304
2306
2302
2316
2312
원거리
근거리
2320a
2320b

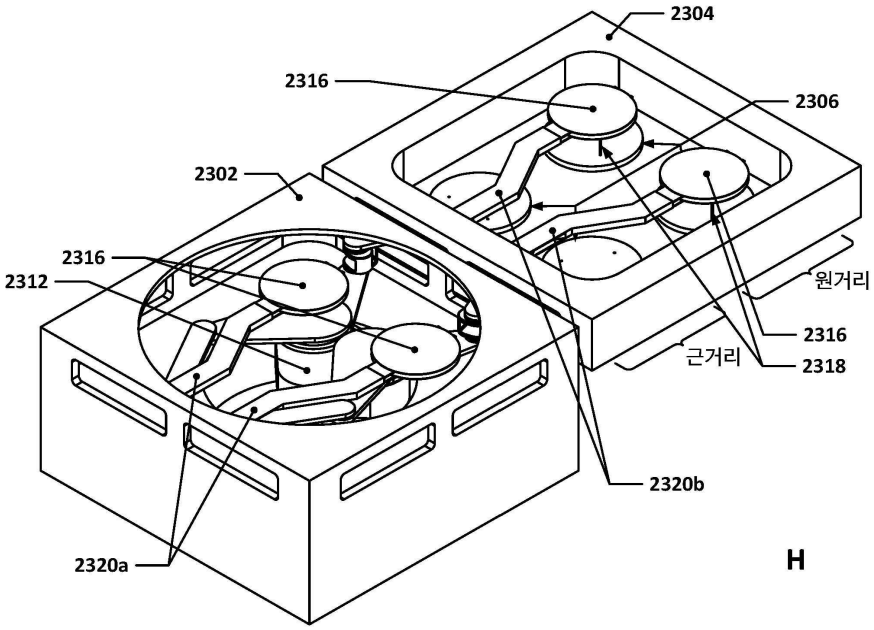
F

도면29

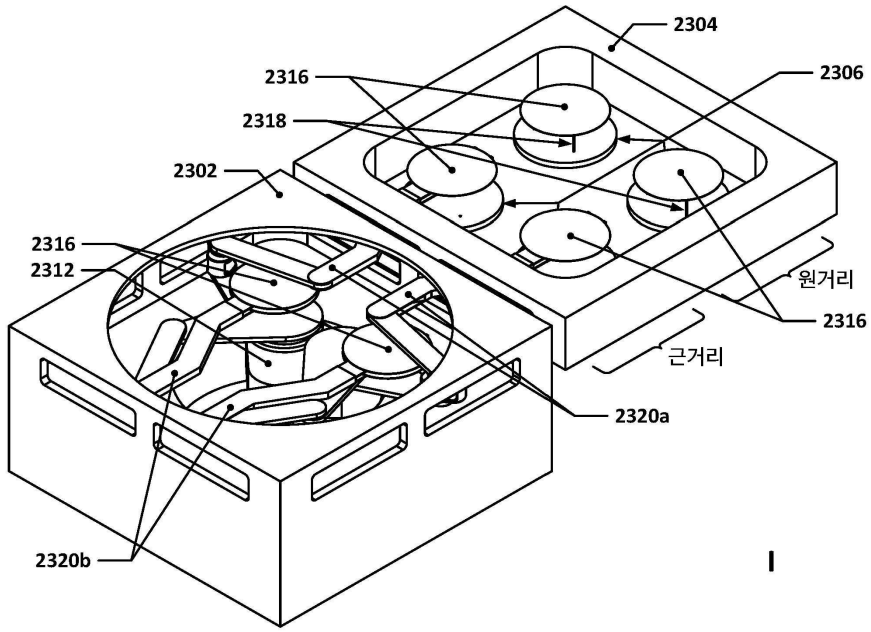

2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
2320a
근거리
2320b

G

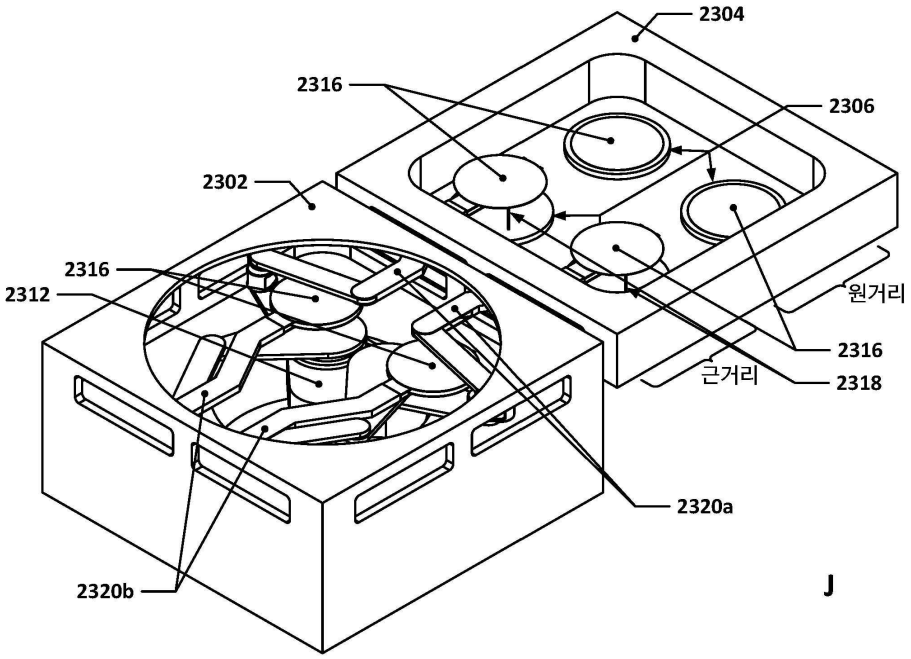
도면30


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2318
2320b
2320a
H

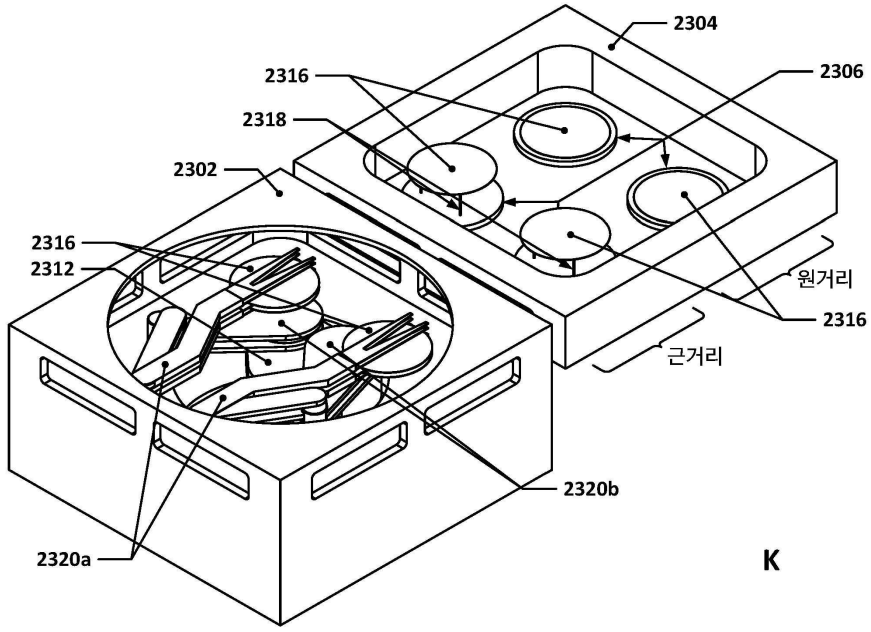
도면31


2304
2316
2306
2318
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320a
2320b
I

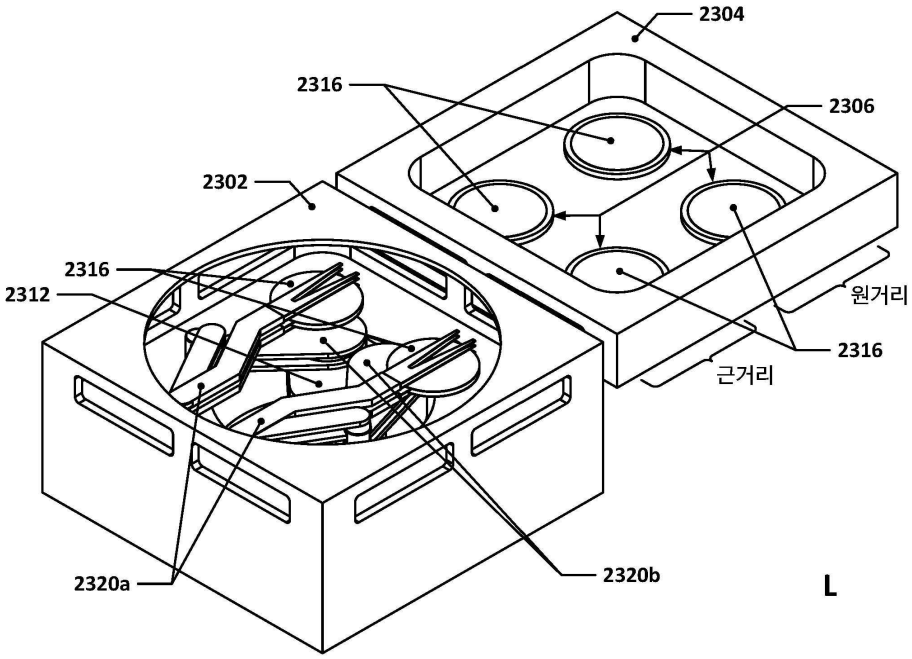
도면32


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2318
2320a
2320b
J

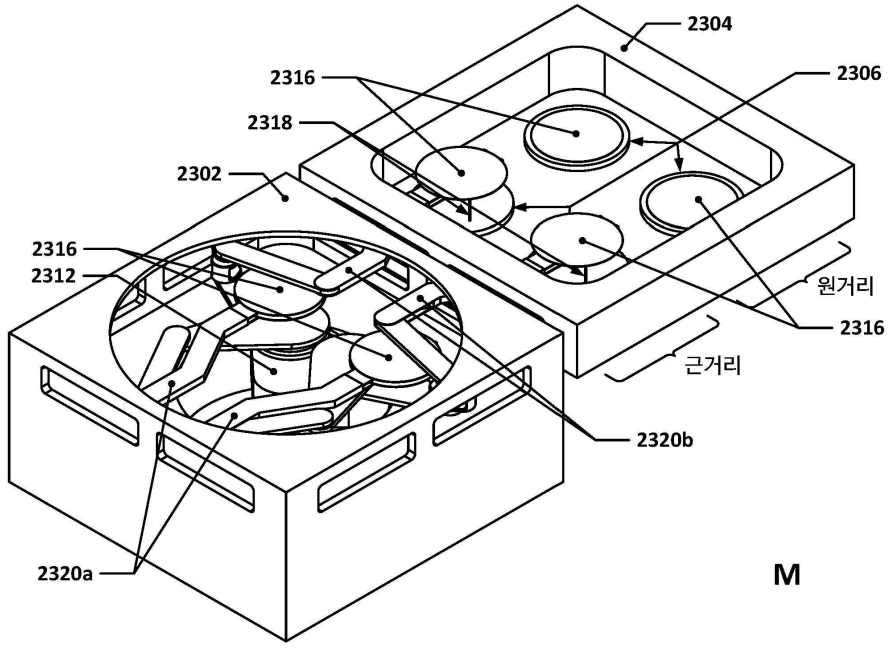
도면33


2304
2316
2306
2318
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
2320a
K

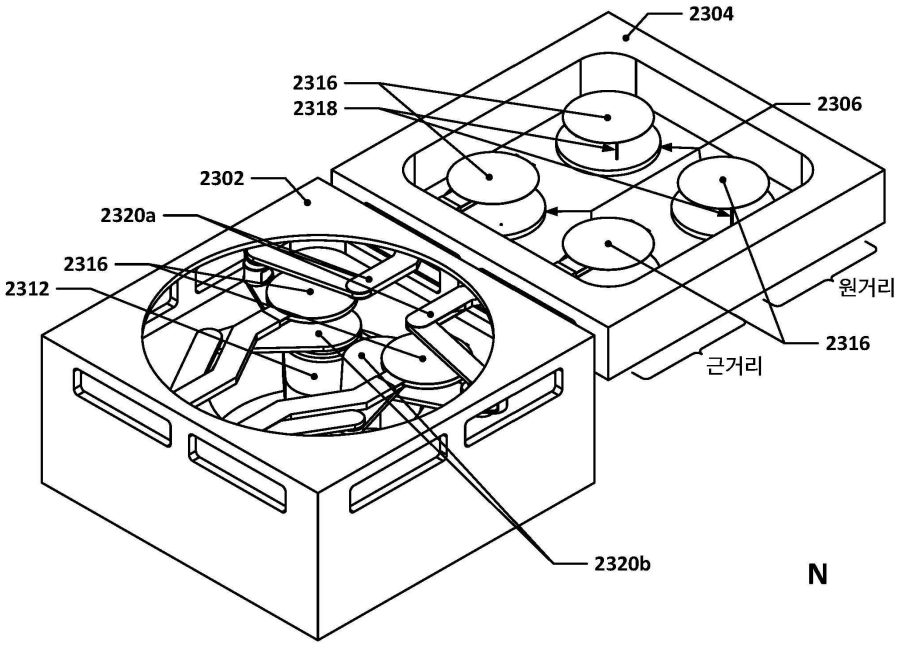
도면34


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
2320a
L

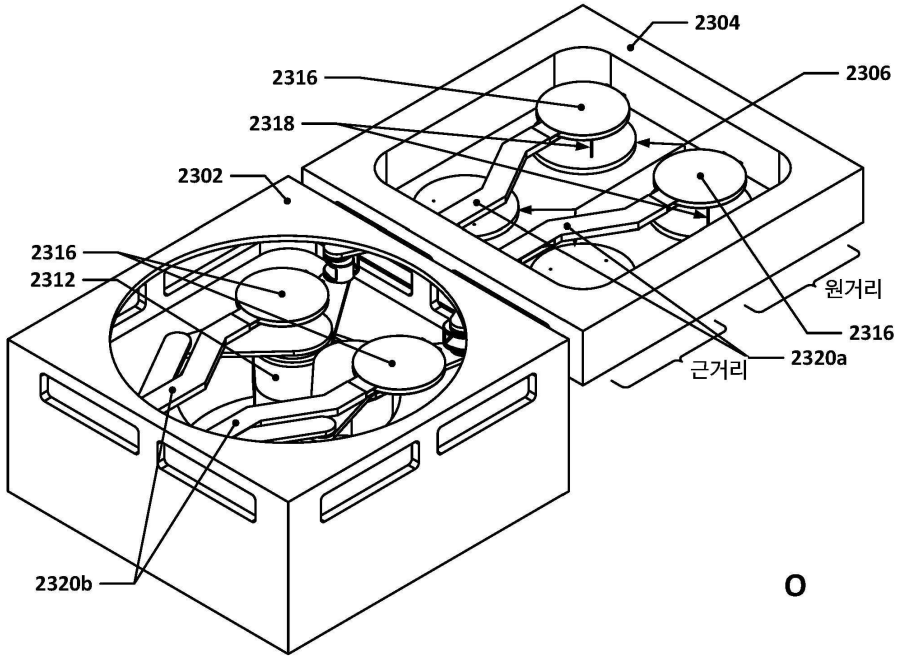
도면35


2304
2316
2306
2318
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
2320a
M

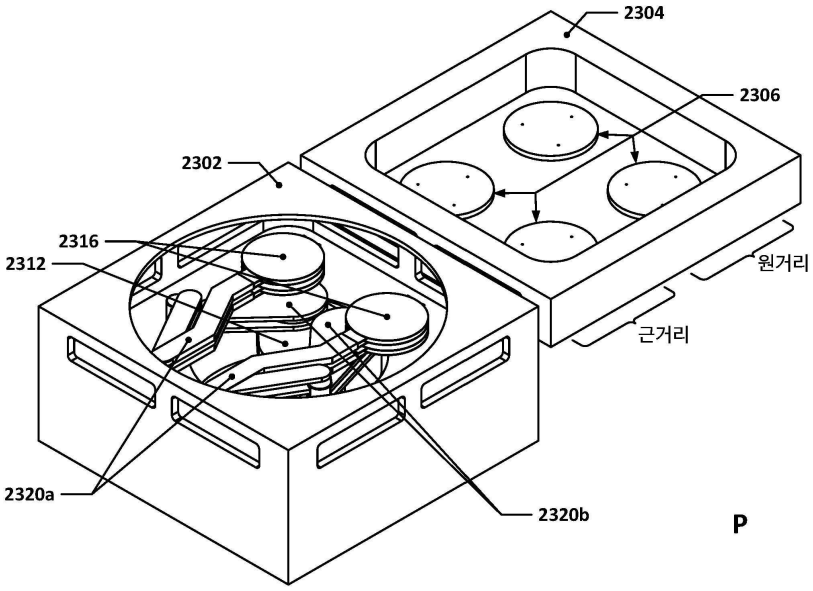
도면36


2304
2316
2318
2306
2302
2320a
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
N

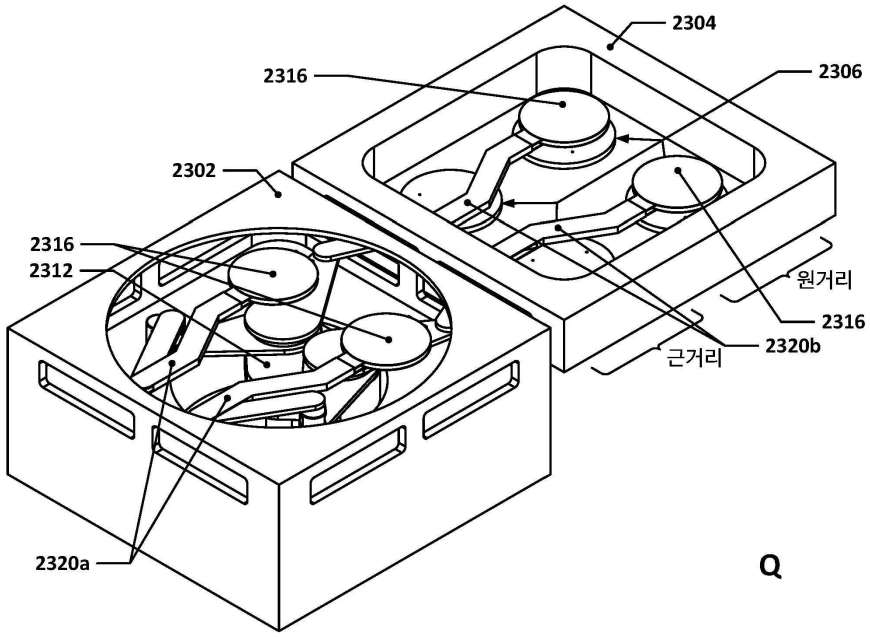
도면37


2304
2316
2306
2318
2302
2316
2312
원거리
2316
2320a
근거리
2320b
O

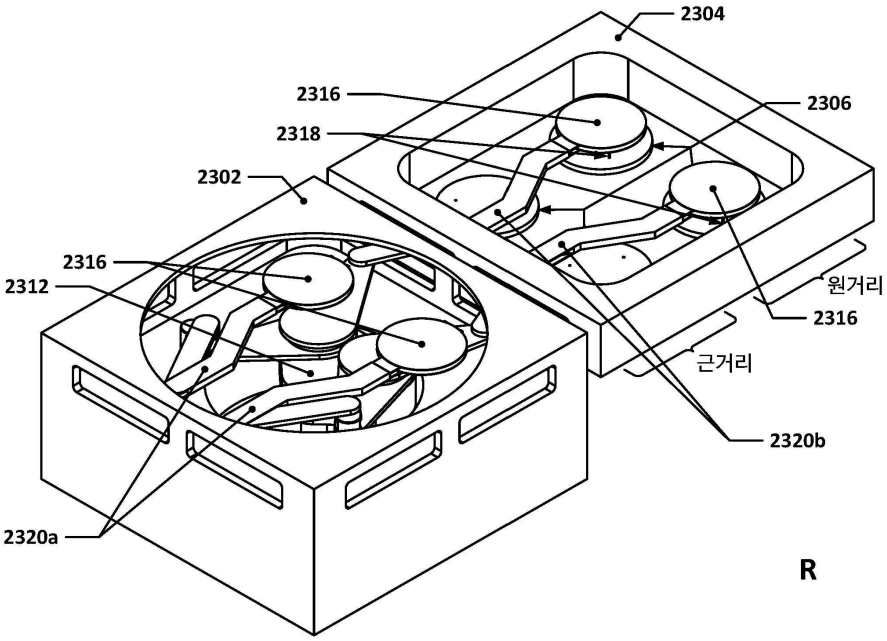
도면38


2304
2306
2302
2316
2312
원거리
근거리
2320a
2320b
P

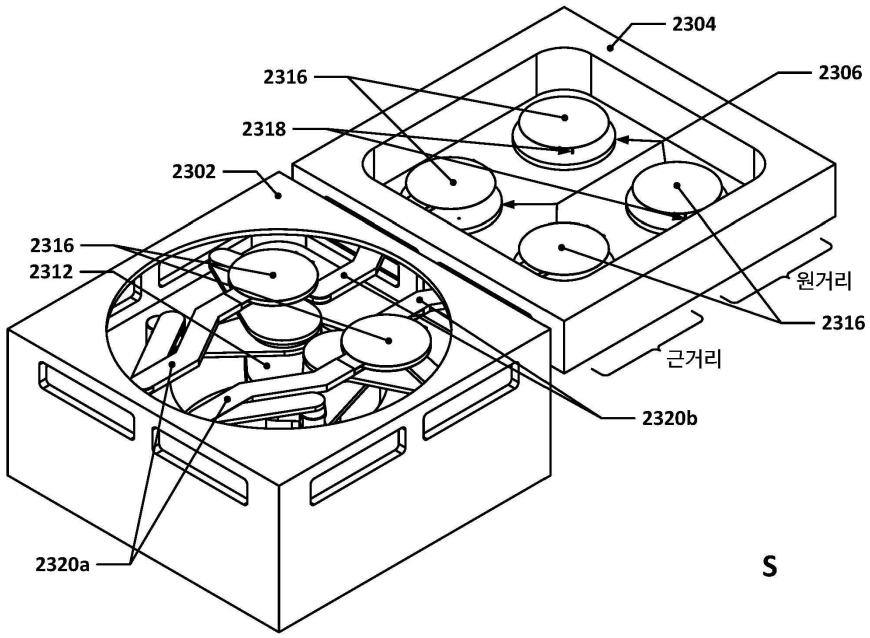
도면39


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
2320b
근거리
2320a
Q

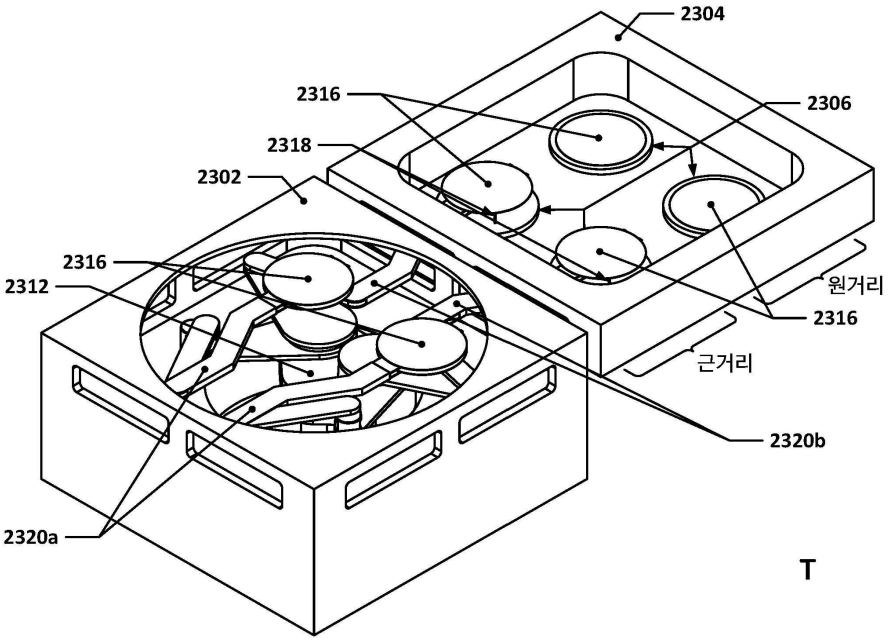
도면40


2304
2316
2306
2318
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
2320a
R

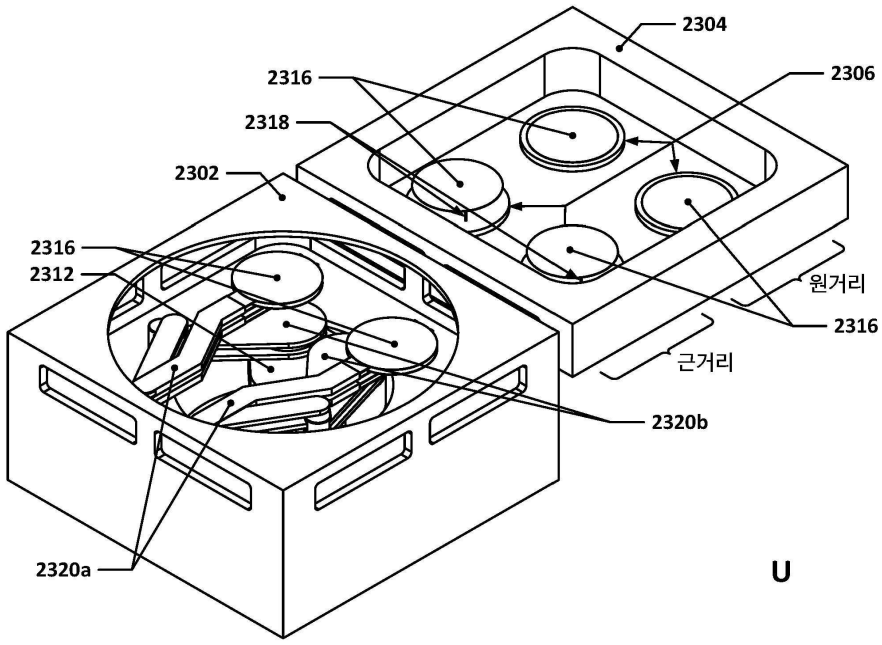
도면41


2304
2316
2306
2318
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
2320a
S

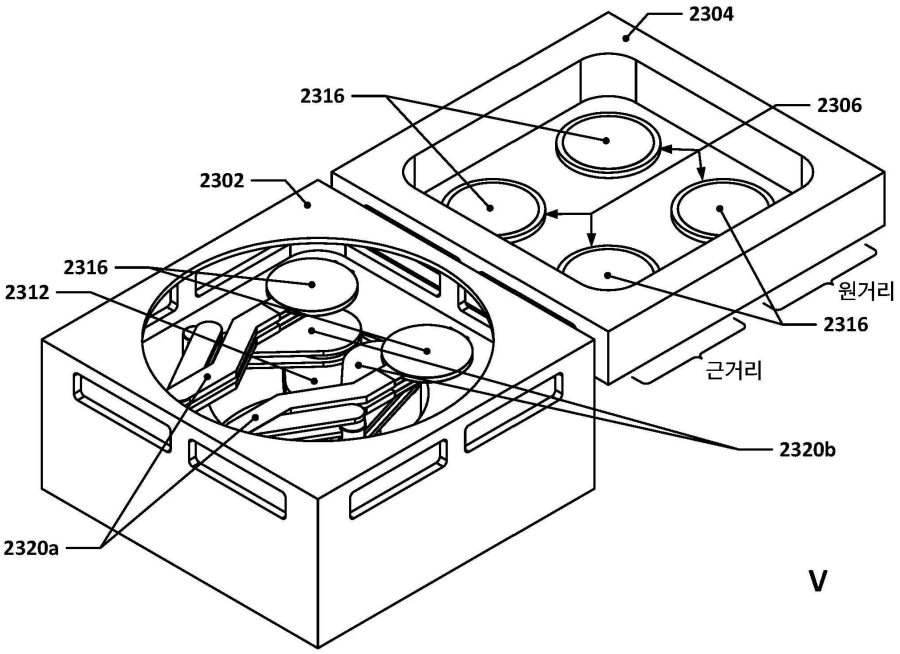
도면42


2304
2316
2306
2318
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
2320a
T

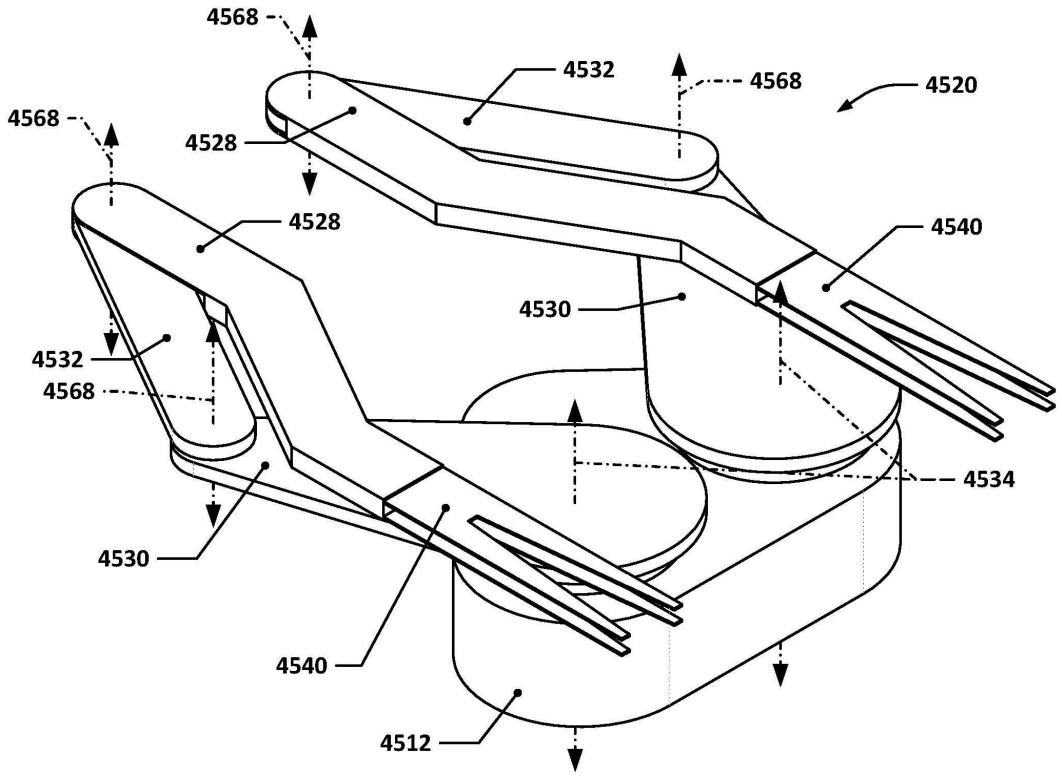
도면43


2304
2316
2306
2318
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
2320a
U

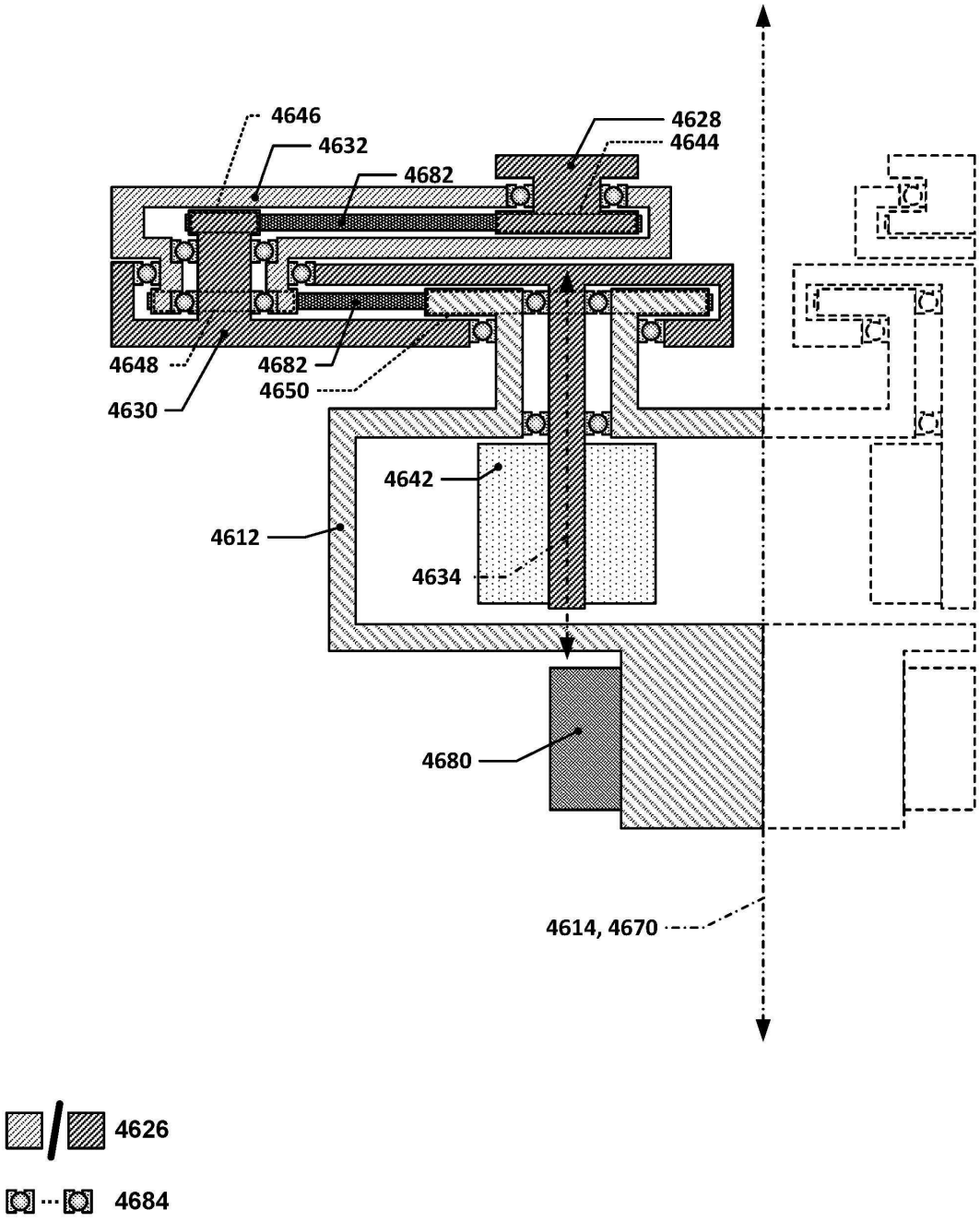
도면44


2304
2316
2306
2302
2316
2312
원거리
2316
근거리
2320b
2320a
V

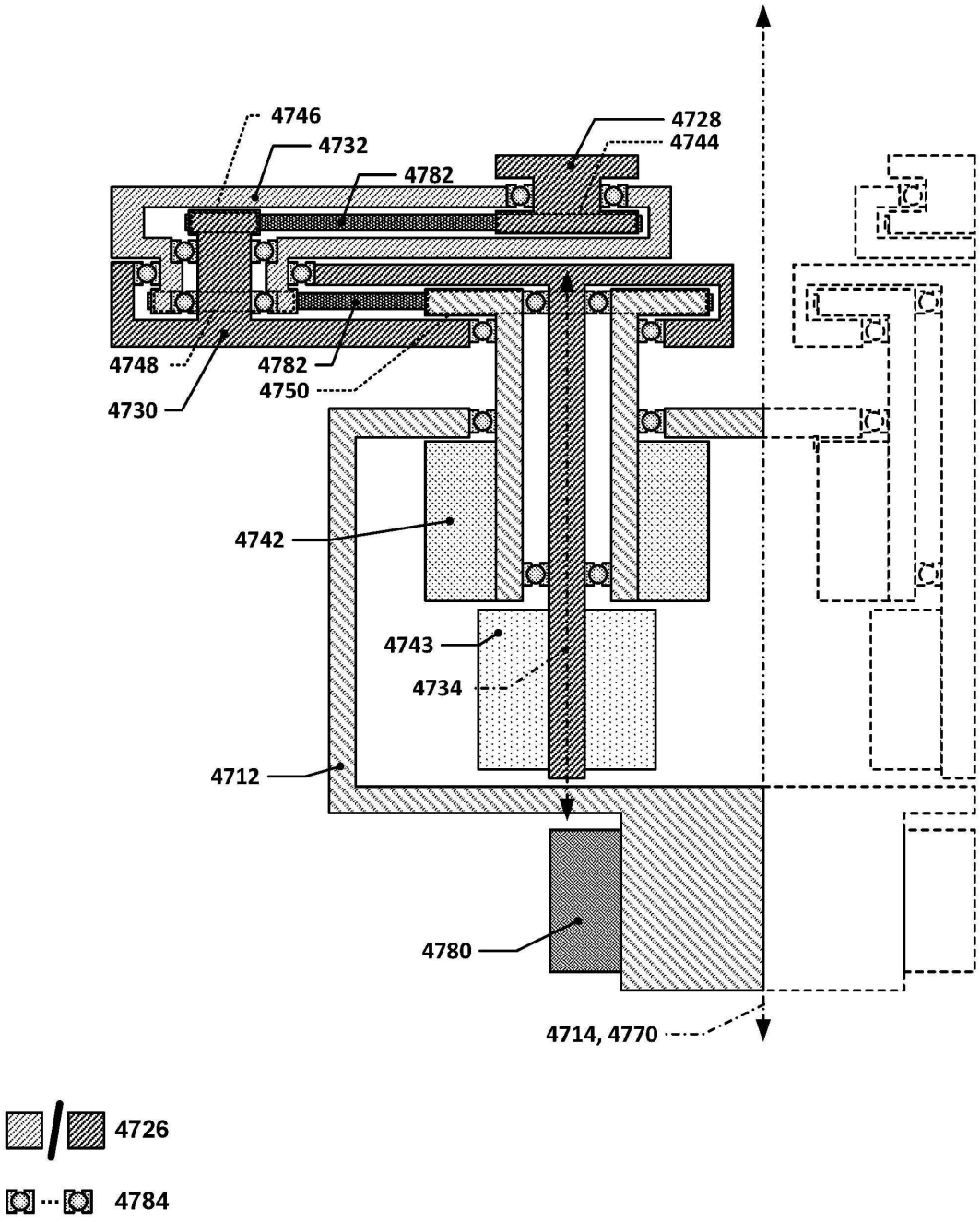
도면45


4568
4532
4568
4520
4568
4528
4528
4540
4530
4532
4568
4534
4530
4540
4512

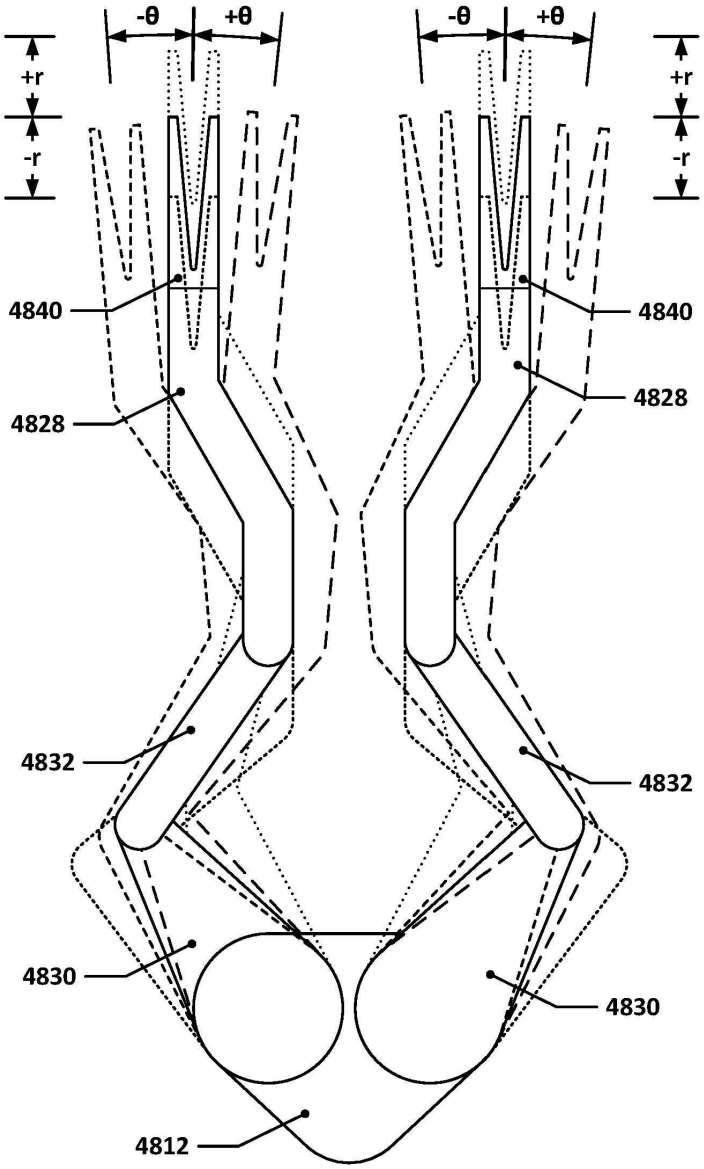
도면46


4646
4632
4682
4628
4644
4648
4682
4650
4630
4642
4612
4634
4680
4614, 4670
4626
4684

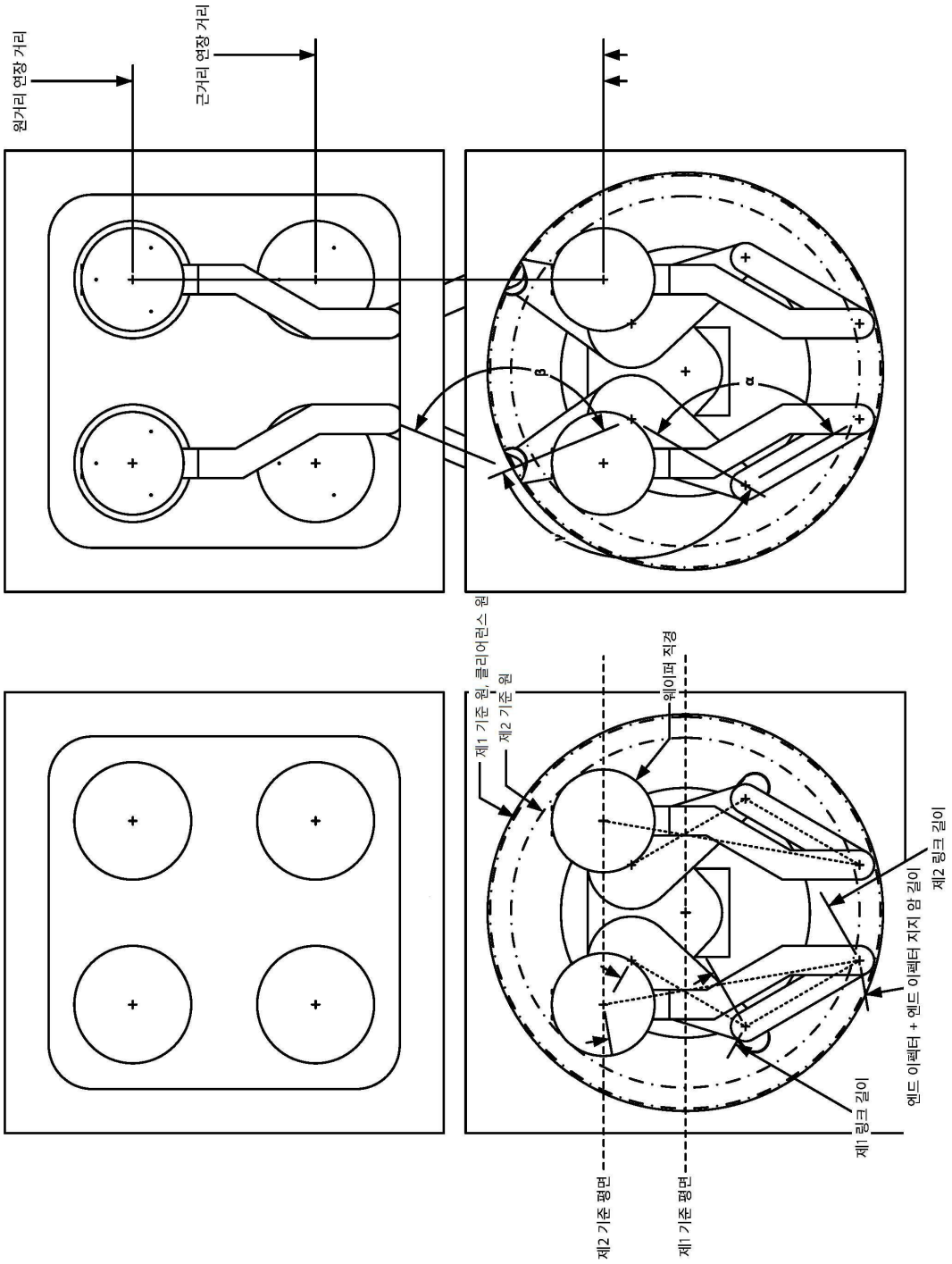
도면47


4746
4732
4782
4728
4744
4748
4782
4750
4730
4742
4743
4734
4712
4780
4714, 4770
4726
4784

도면48



도면49


원거리 연장 거리
근거리 연장 거리
α
β
제1 기준 원, 클리어런스 원
제2 기준 원
웨이퍼 직경
엔드 이펙터 + 엔드 이펙터 지지 암 길이
제2 링크 길이
제1 링크 길이
제2 기준 평면
제1 기준 평면