



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0076661
(43) 공개일자 2025년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B24B 37/013 (2012.01) B24B 49/04 (2006.01)
B24B 49/12 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B24B 37/013 (2013.01)
B24B 49/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2025-7015520(분할)
(22) 출원일자(국제) 2019년08월28일
심사청구일자 2025년05월12일
(62) 원출원 특허 10-2021-7011806
원출원일자(국제) 2019년08월28일
심사청구일자 2022년08월26일
(85) 번역문제출일자 2025년05월12일
(86) 국제출원번호 PCT/US2019/048636
(87) 국제공개번호 WO 2020/068345
국제공개일자 2020년04월02일
(30) 우선권주장
62/735,772 2018년09월24일 미국(US)

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050
(72) 발명자
체리안, 벤자민
미국 95120 캘리포니아주 산 호세 칼레 에스페란
자 6090
치안, 준
미국 94087 캘리포니아주 서니베일 더블린 웨이
575
(74) 대리인
양영준, 백만기

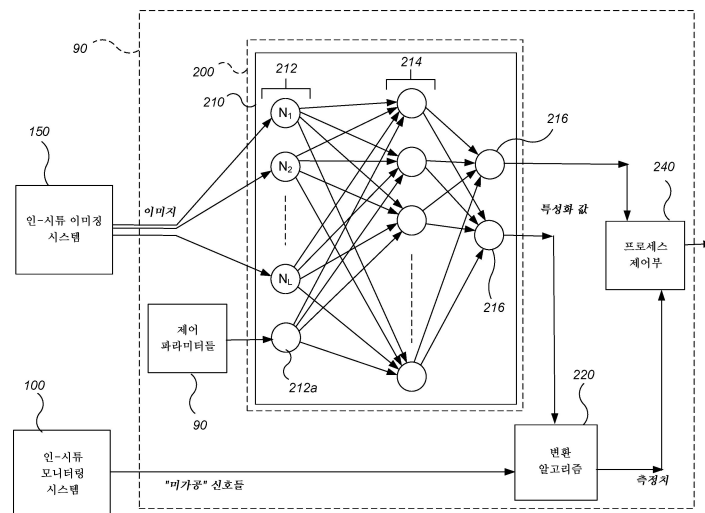
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 CMP 프로세스 제어 알고리즘에 대한 입력으로서의 기계 시각

(57) 요약

기판의 화학적 기계적 연마 동안, 연마를 겪고 있는 기판 상의 측정 스폿에서의 층의 두께에 의존하는 신호 값이 제1 인-시튜 모니터링 시스템에 의해 결정된다. 적어도 기판의 측정 스폿의 이미지가 제2 인-시튜 이미징 시스템에 의해 생성된다. 기계 시각 처리, 예컨대, 컨볼루션 신경망이 사용되어, 이미지에 기반하여 측정 스폿에 대한 특성화 값이 결정된다. 이어서, 특성화 값 및 신호 값 둘 모두에 기반하여 측정 값이 계산된다.

대표도



(52) CPC특허분류

B24B 49/12 (2013.01)

H01L 21/304 (2013.01)

H01L 21/67092 (2013.01)

H01L 21/67242 (2013.01)

(72) 발명자

위스웰, 니콜라스

미국 94085 캘리포니아주 서니베일 이. 아르퀘스
애비뉴 974

벤베그누, 도미니크 제이.

미국 94020 캘리포니아주 라 혼다 비벌리 드라이브
241

스웨텍, 보구슬로 에이.

미국 95037 캘리포니아주 모건 힐 화이트 오크 코
트 3390

오스터헬드, 토마스 에이치.

미국 94040 캘리포니아주 마운틴 뷰 바바라 애비뉴
1195

명세서

청구범위

청구항 1

연마 시스템으로서,

연마 패드를 유지하기 위한 지지부;

상기 연마 패드와 접촉하게 기관의 표면을 유지하기 위한 캐리어 헤드;

상기 지지부와 상기 캐리어 헤드 사이의 상대적인 움직임을 생성하기 위한 모터;

상기 기관 상의 측정 스폿에서의 층의 두께에 의존하는 미가공 신호 값들의 시퀀스를 포함하는 신호를 생성하기 위한 인-시튜 모니터링 시스템;

상기 인-시튜 모니터링 시스템이 상기 기관 상의 상기 측정 스폿에 대한 상기 신호를 생성하는 것과 실질적으로 동시에, 적어도 상기 기관의 상기 측정 스폿의 이미지를 생성하기 위한 인-시튜 이미징 시스템; 및

제어기를 포함하며,

상기 제어기는,

상기 인-시튜 이미징 시스템으로부터 상기 이미지를 수신하고,

상기 인-시튜 모니터링 시스템으로부터 상기 신호를 수신하고,

기하형상 값을 생성하기 위해 상기 이미지의 기계 시각 처리(machine vision processing)를 사용하여, 상기 측정 스폿에 대응하는 상기 이미지의 부분에 대해, 상기 기관 상의 피처의 상기 기관의 표면에서의 배향 및/또는 위치를 나타내는 상기 기하형상 값을 결정하고,

상기 인-시튜 모니터링 시스템으로부터의 상기 신호의 상기 미가공 신호 값들의 시퀀스의, 상기 측정 스폿에 대한 두께 값들의 시퀀스로의 변환을 수행하고 - 상기 변환은 상기 미가공 신호 값들의 상기 시퀀스 및 상기 기하형상 값을 변환 알고리즘에 입력으로서 제공하는 것을 포함하고, 상기 변환 알고리즘은 상기 변환에 영향을 미치는 상기 기하형상 값을 갖고, 상기 측정 스폿에 대한 상기 기하형상 값은 상기 미가공 신호 값들의 시퀀스의 상기 두께 값들의 시퀀스로의 상기 변환에 영향을 미치고, 상기 두께 값들의 시퀀스의 각각의 두께 값은 상기 측정 스폿에서의 상기 층의 두께를 나타냄 -,

상기 두께 값에 기반하여, 상기 기관의 연마를 중단하는 것 또는 연마 파라미터를 조정하는 것 중 적어도 하나를 행하도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기계 시각 처리는 인공 신경망을 포함하는, 연마 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 기계 시각 처리는 콘볼루션 신경망을 포함하는, 연마 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제어기는, 이미지들 및 상기 이미지들에 대한 알려진 기하형상 값들을 포함하는 훈련 데이터를 사용하여 역전파에 의해 상기 인공 신경망을 훈련시키도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 인-시츄 모니터링 시스템은, 상기 측정 스폿에 대한 신호 값을 생성하기 위한 와전류 모니터링 시스템을 포함하는, 연마 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어기는, 상기 기하형상 값에 기반하여 이득을 계산하고, 상기 신호 값에 상기 이득을 곱하도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 기하형상 값은 상기 기관의 표면의 평면 내의 피처의 배향을 나타내는, 연마 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기하형상 값은 상기 기관의 표면의 평면 내의 피처들 사이의 거리를 나타내는, 연마 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제어기는 상기 측정 스폿에 대응하는 상기 이미지의 부분을 결정하도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제어기는 상기 인-시츄 이미징 시스템으로부터의 이미지 데이터를 상기 인-시츄 모니터링 시스템으로부터의 신호 값들과 동기화하도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 11

연마 시스템으로서,

연마 패드를 유지하기 위한 지지부;

상기 연마 패드와 접촉하게 기관을 유지하기 위한 캐리어 헤드;

상기 지지부와 상기 캐리어 헤드 사이의 상대적인 움직임을 생성하기 위한 모터;

상기 기관 상의 측정 스폿에서의 층의 두께에 의존하는 미가공 신호 값들의 시퀀스를 포함하는 신호를 생성하기 위한 인-시츄 모니터링 시스템;

상기 인-시츄 모니터링 시스템이 상기 기관 상의 상기 측정 스폿에 대한 상기 신호를 생성하는 것과 실질적으로 동시에, 적어도 상기 기관의 상기 측정 스폿의 이미지를 생성하기 위한 인-시츄 이미징 시스템; 및

제어기를 포함하며,

상기 제어기는,

상기 인-시츄 이미징 시스템으로부터 상기 이미지를 수신하고,

상기 인-시츄 모니터링 시스템으로부터 상기 신호를 수신하고,

구조적 분류를 생성하기 위해 상기 이미지의 기계 시각 처리를 사용하여, 상기 측정 스폿에 대응하는 상기 이미지의 부분의 상기 구조적 분류를 결정하고,

상기 인-시츄 모니터링 시스템으로부터의 상기 신호의 상기 미가공 신호 값들의 시퀀스의, 두께 값들의 시퀀스로의 변환을 수행하고 - 상기 측정 스폿에 대한 상기 구조적 분류는 상기 미가공 신호 값들의 시퀀스의 상기 두

깨 값들의 시퀀스로의 상기 변환에 영향을 미치고, 상기 두께 값들의 시퀀스의 각각의 두께 값은 상기 측정 스폿에서의 상기 층의 두께를 나타냄 -,

상기 두께 값에 기반하여, 상기 기관의 연마를 중단하는 것 또는 연마 파라미터를 조정하는 것 중 적어도 하나를 행하도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 기계 시각 처리는 인공 신경망을 포함하는, 연마 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 기계 시각 처리는 콘볼루션 신경망을 포함하는, 연마 시스템.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 제어기는, 이미지들 및 상기 이미지들에 대한 알려진 구조적 분류들을 포함하는 훈련 데이터를 사용하여 역전파에 의해 상기 인공 신경망을 훈련시키도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 인-시튜 모니터링 시스템은, 상기 측정 스폿에 대한 측정된 스펙트럼을 생성하기 위한 분광 모니터링 시스템을 포함하는, 연마 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 구조적 분류는 상기 이미지의 상기 부분을 어레이, 스크라이브 라인, 주변부, 또는 접촉 패드 중 하나로 분류하는, 연마 시스템.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 제어기는 기준 스펙트럼들의 복수의 라이브러리들을 저장하도록 구성되고 - 상기 기준 스펙트럼들의 각각의 기준 스펙트럼은 연관된 두께 값을 가짐 -, 상기 제어기는 상기 구조적 분류를 기반으로 상기 복수의 라이브러리들 중 하나를 선택하도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제어기는, 상기 측정된 스펙트럼을 상기 선택된 라이브러리의 상기 기준 스펙트럼들과 비교하고, 상기 기준 스펙트럼들로부터 가장 양호하게 매칭하는 기준 스펙트럼을 결정하고, 가장 양호하게 매칭하는 기준 스펙트럼과 연관된 상기 두께 값을 결정함으로써, 상기 변환을 수행하도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 제어기는 상기 측정 스폿과 대응되는 상기 이미지의 부분을 결정하도록 구성되는, 연마 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 제어기는 상기 인-시튜 이미징 시스템으로부터의 이미지 데이터를 상기 인-시튜 모니터링 시스템으로부터의 신호 값들과 동기화하도록 구성되는, 연마 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시내용은, 예컨대 화학적 기계적 연마와 같은 처리 동안의 기관의 광학 모니터링에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 집적 회로는 전형적으로, 규소 웨이퍼 상에서의 전도성 층, 반도체 층 또는 절연성 층의 순차적 증착에 의해 기관 상에 형성된다. 하나의 제조 단계는, 비-평탄 표면 위에 충전재 층을 퇴적하고, 그 충전재 층을 평탄화하는 것을 수반한다. 일부 응용들의 경우, 충전재 층은, 패터닝된 층의 최상부 표면이 노출될 때까지 평탄화된다. 예컨대, 패터닝된 절연성 층 상에 전도성 충전재 층이 퇴적되어, 절연성 층의 트렌치들 또는 홀들을 충전할 수 있다. 평탄화 후에, 절연성 층의 용기된 패턴 사이에 남아있는 전도성 층의 부분들은, 기관 상의 박막 회로들 사이에 전도성 경로들을 제공하는 비아들, 플러그들, 및 라인들을 형성한다. 다른 응용들의 경우, 충전재 층은 하부 층 위로 미리 결정된 두께가 남게 될 때까지 평탄화된다. 예컨대, 퇴적된 유전체 층이 포토리소그래피를 위해 평탄화될 수 있다.

[0003] 화학적 기계적 연마(CMP)는 평탄화의 하나의 용인된 방법이다. 이러한 평탄화 방법은 전형적으로, 캐리어 헤드 상에 기관이 장착될 것을 요구한다. 기관의 노출된 표면은 전형적으로, 내구성이 있는 거친 표면을 갖는 회전 연마 패드에 맞닿게 배치된다. 캐리어 헤드는 연마 패드에 맞닿게 기관을 밀기 위해 기관 상에 제어가능한 부하를 제공한다. 연마 액체, 이를테면 연마 입자들을 갖는 슬러리가 전형적으로 연마 패드의 표면에 공급된다.

[0004] CMP에서의 하나의 문제는, 바람직한 프로파일, 예컨대, 원하는 평탄도 또는 두께로 평탄화되었거나 원하는 양의 물질이 제거된 기관 층을 달성하기 위해 적절한 연마율을 사용하는 것이다. 기관 층의 초기 두께, 슬러리 분배, 연마 패드 조건, 연마 패드와 기관 사이의 상대 속도, 및 기관 상의 하중에서의 변동들은 기관에 걸친 그리고 기관 간의 물질 제거율에서의 변동들을 야기할 수 있다. 이러한 변동들은 연마 종료점에 도달하는 데 필요한 시간 및 제거되는 양에서 변동들을 야기한다. 따라서, 연마 종료점을 단지 연마 시간의 함수로서 결정하거나, 또는 단지 일정한 압력을 가함으로써 원하는 프로파일을 달성하는 것은 가능하지 않을 수 있다.

[0005] 일부 시스템들에서, 기관은, 예컨대, 광학 모니터링 시스템 또는 와전류 모니터링 시스템에 의해, 연마 동안 인-시튜로 모니터링된다. 인-시튜 모니터링 시스템으로부터의 두께 측정들은, 기관에 가해지는 압력을 조정하여 연마율을 조정하고 웨이퍼 내 불균일성(WIWN)을 감소시키는 데 사용될 수 있다.

발명의 내용

[0006] 연마 시스템은, 연마 패드를 유지하기 위한 지지부, 연마 패드와 접촉하게 기관을 유지하기 위한 캐리어 헤드, 지지부와 캐리어 헤드 사이의 상대적인 움직임을 생성하기 위한 모터, 기관 상의 측정 스폿에서의 층의 두께에 의존하는 신호를 생성하기 위한 제1 인-시튜 모니터링 시스템, 인-시튜 모니터링 시스템이 기관 상의 측정 스폿에 대한 신호를 생성하는 것과 실질적으로 동시에 적어도 기관의 측정 스폿의 이미지를 생성하기 위한 제2 인-시튜 이미징 시스템, 및 제어기를 포함한다. 제어기는, 제2 인-시튜 이미징 시스템으로부터 이미지를 수신하고, 기계 시각 처리(machine vision processing)를 사용하여, 이미지에 기반하여 측정 스폿에 대한 특성화 값을 결정하고, 인-시튜 모니터링 시스템으로부터 신호를 수신하고, 특성화 값 및 신호 값 둘 모두에 기반하여 측정 값을 생성하고, 측정 값에 기반하여, 기관의 연마를 중단하는 것 또는 연마 파라미터를 조정하는 것 중 적어도 하나를 행하도록 구성된다.

[0007] 다른 양상에서, 기관의 처리를 제어하기 위한 컴퓨터 프로그램 제품은, 하나 이상의 프로세서로 하여금, 제1 인-시튜 모니터링 시스템으로부터, 연마를 겪고 있는 기관 상의 측정 스폿에서의 층의 두께에 의존하는 신호 값을 수신하게 하고, 제2 인-시튜 이미징 시스템으로부터 적어도 기관의 측정 스폿에 대한 이미지 데이터를 수신하게 하고, 기계 시각 처리를 사용하여, 이미지에 기반하여 측정 스폿에 대한 특성화 값을 결정하게 하고, 특성화 값 및 신호 값 둘 모두에 기반하여 측정 값을 생성하게 하고, 측정 값에 기반하여, 기관의 연마를 중단하는 것 또는 연마 파라미터를 조정하는 것 중 적어도 하나를 행하게 하기 위한 명령어들을 포함한다.

[0008] 구현들은 다음의 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

- [0009] 기계 시각 처리는 인공 신경망으로 이미지를 처리하는 것을 포함할 수 있다. 인공 신경망은 콘볼루션 신경망일 수 있다. 제어기는, 이미지를 및 이미지들에 대한 알려진 특성화 값들을 포함하는 훈련 데이터를 사용하여 역전파(backpropagation)에 의해 인공 신경망을 훈련시키도록 구성될 수 있다.
- [0010] 제1 인-시튜 모니터링 시스템은, 측정 스폿에 대한 측정된 스펙트럼을 생성하기 위한 분광 모니터링 시스템을 포함할 수 있다. 인공 신경망은, 측정 스폿에 대응하는 기관의 부분의 분류를 결정하도록 구성될 수 있다. 분류는, 기관 상의 구조의 유형에 대응할 수 있다. 구조의 유형은, 어레이, 스크라이브 라인, 주변부, 및 접촉 패드 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 분류에 기반하여, 복수의 기준 스펙트럼 라이브러리들 중 하나가 선택될 수 있다.
- [0011] 제1 인-시튜 모니터링 시스템은, 측정 스폿에 대한 신호 값을 생성하기 위한 와전류 모니터링 시스템을 포함할 수 있다. 인공 신경망은, 측정 스폿에서의 전류 흐름에 영향을 미치는 피처에 대한 기하형상 값을 결정하도록 구성될 수 있다. 기하형상 값은, 거리, 크기, 또는 배향 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0012] 측정 스폿에 대응하는 이미지 데이터의 부분이 결정될 수 있다. 제2 인-시튜 이미징 시스템으로부터의 이미지 데이터는 제1 인-시튜 모니터링 시스템으로부터의 신호와 동기화될 수 있다.
- [0013] 특정 구현들은 다음의 이점들 중 하나 이상을 가질 수 있다. 프로세스 제어 기법들은 성능에 민감한 다이의 부분들을 대상으로 할 수 있다. 기관 상의 층의 두께가 더 정확하게 그리고/또는 더 신속하게 측정될 수 있다. 웨이퍼 내 두께 불균일성 및 웨이퍼 간 두께 불균일성(WIWNNU 및 WTWNU)이 감소될 수 있고, 원하는 처리 종료점을 검출하기 위한 종료점 시스템의 신뢰성이 개선될 수 있다. CMP 후 메트릭들은, 평균 다이 두께(이는, 제품 성능과 무관한 다이의 영역들을 포함할 수 있음)와는 대조적으로 제품들의 수율 및/또는 성능에 민감한 부분들에 기반할 수 있다.
- [0014] 하나 이상의 실시예의 세부사항들이 첨부한 도면들 및 아래의 설명에서 기재된다. 다른 특징들, 양상들, 및 이점들은, 설명, 도면들, 및 청구항들로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 연마 장치의 한 예의 개략적인 단면도이다.
- 도 2a는 인-시튜 광학 모니터링 시스템의 개략적인 예시이다.
- 도 2b는 인-시튜 와전류 모니터링 시스템의 개략적인 예시이다.
- 도 3은 연마 장치의 개략적인 평면도이다.
- 도 4는 라인 스캔 이미징 시스템의 개략적인 예시를 예시한다.
- 도 5는 연마 장치에 대한 제어기의 일부로서 사용되는 신경망을 예시한다.
- 도 6은 시간 경과에 따른 측정 값들의 그래프를 예시한다.
- 다양한 도면들에서 동일한 참조 번호들 및 지정들은 동일한 요소들을 표시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 처리 동안 기관을 모니터링하기 위해 다양한 기법들, 예컨대, 와전류 모니터링 및 광학 모니터링이 사용될 수 있다. 그러한 모니터링 기법들은 2-스테이지 방식으로 진행될 수 있다. 먼저, 모니터링 시스템으로부터의 미가공 신호, 예컨대, 분광 광도계로부터의 측정된 스펙트럼 또는 와전류 모니터링 시스템으로부터의 전압이, 더 유용한 형태의 측정치, 예컨대, 연마를 통한 진행을 표현하는 색인 또는 두께 값으로 변환된다. 이어서, 프로세스 제어에서 사용하기 위해, 처리가 진행됨에 따라 시간 경과에 따른 측정들의 시퀀스가 모니터링될 수 있다. 예컨대, 측정들의 시퀀스에 함수가 맞춰질 수 있고, 함수가 임계 값에 도달할 것으로 예상되는 시간이 사용되어 연마 종료점을 촉발하거나 다른 연마 파라미터들을 제어할 수 있다.
- [0017] 모니터링 시스템의 센서가 기관에 걸쳐 스윕핑하는 경우, 기관 상의 상이한 위치들에서 측정들이 이루어질 수 있다. 결과적으로, 측정들은, 기관의 상이한 구역들에서, 예컨대, 다이 내에서, 그와 대비해서, 스크라이브 라인에서, 또는 다이 내의 상이한 구역들, 예컨대, 어레이, 접촉 패드 등에서 이루어질 수 있다. 이러한 상이한 구역들은 상이한 특성들을 가질 수 있고 상이한 미가공 신호들을 제공할 수 있다. 미가공 신호를 유용한 측정

치로 적절하게 변환하기 위해, 측정이 이루어진 구역의 유형을 결정하는 것이 유용할 것이다.

- [0018] 측정들의 반경방향 위치들이 결정될 수 있지만, 예컨대, 캐리어 헤드에 대한 기관의 회전 미끄러짐으로 인해, 기관 상의 측정의 각도 위치는 전혀 알려지지 않을 수 있다. 결과적으로, 상업화된 인-시튜 모니터링 기법들은, 미가공 신호를 유용한 측정치로 변환할 때, 측정이 이루어진 다이에서의 위치를 고려하지 않았었다.
- [0019] 더욱이, 일부 모니터링 시스템들이 일부 미가공 신호들을 거절하기 위한 필터링, 예컨대, 스펙트럼의 형상에 기반하여 스펙트럼을 거절하는 것을 수행하지만, 그러한 기법들은 기관의 주변 부분으로부터의 정보를 사용하지 않는다.
- [0020] 그러나, 인-시튜 이미저에 의해 수집되는 이미지들은, 다른 모니터링 시스템에 의해 측정이 수행되는 기관의 특성을 결정하기 위해, 기계 학습 기법, 예컨대 콘볼루션 신경망에 의해 처리될 수 있다. 이러한 특성은, 예를 들어, 측정이 이루어지는 구역의 유형, 예컨대, 스크라이브 라인, 어레이, 주변부, 또는 측정의 위치에 대한 다양한 피쳐들, 예컨대 가드 링들의 상대적 배향 및/또는 거리일 수 있다. 이어서, 특성은, 인-시튜 모니터링 시스템에 입력으로서 공급되어 미가공 신호의 측정치로의 변환에 영향을 줄 수 있다.
- [0021] 도 1은, 연마 장치(20)의 예를 예시한다. 연마 장치(20)는, 상부에 연마 패드(30)가 위치하는 회전가능한 디스크-형상 플레튼(22)을 포함할 수 있다. 플레튼은 축(23)을 중심으로 회전하도록 동작가능하다. 예컨대, 모터(24)는, 구동 샤프트(26)를 회전시켜 플레튼(22)을 회전시킬 수 있다.
- [0022] 연마 패드(30)는, 예컨대, 접착제의 층에 의해, 플레튼(22)에 분리가능하게 고정될 수 있다. 연마 패드(30)는, 외측 연마 층(32) 및 더 연질의 후면 층(34)을 갖는 2층 연마 패드일 수 있다. 윈도우(36)가 연마 패드(30)에 형성될 수 있다.
- [0023] 연마 장치(20)는, 연마 슬러리와 같은 연마 액체(42)를 연마 패드(30) 상에 분배하기 위한 연마 액체 공급 포트(40)를 포함할 수 있다. 연마 장치(20)는 또한, 연마 패드(30)를 마모시켜 연마 패드(30)를 일관된 연마용 상태로 유지시키기 위한 연마 패드 컨디셔너를 포함할 수 있다.
- [0024] 캐리어 헤드(50)는, 연마 패드(30)에 맞게 기관(10)을 유지하도록 동작가능하다. 각각의 캐리어 헤드(50)는 또한, 기관(10) 상의 연관된 구역들에 독립적으로 제어가능한 가압들을 적용할 수 있는 복수의 독립적으로 제어가능한 가압가능 챔버들, 예컨대 3개의 챔버(52a-52c)를 포함한다. 기관 상의 중앙 구역은 실질적으로 원형일 수 있고, 나머지 구역들은 중앙 구역 주위의 동심 환형 구역들일 수 있다.
- [0025] 챔버들(52a-52c)은, 기관(10)이 장착되는 최하부 표면을 갖는 가요성 멤브레인(54)에 의해 정의될 수 있다. 캐리어 헤드(50)는 또한, 가요성 멤브레인(54) 아래에 기관(10)을 유지하기 위한 유지 링(56)을 포함할 수 있다. 예시의 용이성을 위해 3개의 챔버만이 도 1에 예시되지만, 단일 챔버, 2개의 챔버, 또는 4개 이상의 챔버, 예컨대 5개의 챔버가 존재할 수 있다. 게다가, 기관에 가해지는 압력을 조정하기 위한 다른 메커니즘들, 예컨대, 압전 액추에이터들이 캐리어 헤드(50)에서 사용될 수 있다.
- [0026] 각각의 캐리어 헤드(50)는 지지 구조(60), 예컨대, 캐러셀 또는 트랙으로부터 매달리며, 구동 샤프트(62)에 의해 캐리어 헤드 회전 모터(64)에 연결됨으로써 캐리어 헤드가 축(51)을 중심으로 회전할 수 있다. 임의적으로, 각각의 캐리어 헤드(50)는, 예컨대, 트랙 상의 또는 트랙을 따른 움직임에 의해 캐러셀 상의 슬라이더들 상에서 측방향으로 진동하거나 또는 캐러셀 그 자체의 회전 진동에 의해 측방향으로 진동할 수 있다. 동작 시, 플레튼(22)은 자신의 중심 축(23)을 중심으로 회전되고, 캐리어 헤드(50)는, 자신의 중심 축(51)을 중심으로 회전되고 연마 패드(30)의 최상부 표면에 걸쳐 측방향으로 병진이동된다.
- [0027] 연마 장치는 또한, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100) 및 제2 인-시튜 이미징 시스템(150)을 포함한다. 인-시튜 모니터링 시스템(150) 및 인-시튜 이미징 시스템(150)이 함께 사용되어 연마 파라미터들, 예컨대, 챔버들(52a-52c) 중 하나 이상 내의 압력을 제어하고/거나 연마 종료점을 검출하고 연마를 중단할 수 있다.
- [0028] 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)은, 연마되고 있는 층의 두께에 의존하는 미가공 신호를 생성하는 센서(100a)(도 3 참조)를 포함한다. 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)은, 예컨대, 와전류 모니터링 시스템 또는 광학 모니터링 시스템, 예컨대, 분광 모니터링 시스템일 수 있다.
- [0029] 센서는, 기관에 걸쳐 스윕핑하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 센서는, 센서가 플레튼의 각각의 회전에 따라 기관에 걸쳐 원호로 스윕핑하도록, 플레튼(22)에 고정되어 그와 함께 회전할 수 있다.
- [0030] 도 2a를 참조하면, 광학 모니터링 시스템으로서, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)은, 광원(102), 광 검출기

(104), 및 회로(106)를 포함할 수 있으며, 그 회로는, 제어기(90), 예컨대 컴퓨터와 광원(102) 및 광 검출기(104) 사이에서 신호들을 전송 및 수신하기 위한 것이다. 광원(102)으로부터의 광을 윈도우(36)로 송신하기 위해 그리고 기관(10)에서 반사된 광을 검출기(104)로 송신하기 위해 하나 이상의 광섬유가 사용될 수 있다. 예컨대, 광원(102)으로부터의 광을 윈도우(36)로 그리고 다시 검출기(104)로 송신하기 위해 분기된 광섬유(108)가 사용될 수 있다. 이러한 구현에서, 분기된 섬유(108)의 단부는 기관에 걸쳐 스윙핑하는 센서를 제공할 수 있다. 광학 모니터링 시스템이 분광 시스템인 경우, 광원(102)은 백색광을 방출하도록 동작가능할 수 있고, 검출기(104)는 분광계일 수 있다.

[0031] 도 2b를 참조하면, 와전류 모니터링 시스템으로서, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)은, 자기 코어(112), 및 코어(114)의 일부분 주위에 감긴 적어도 하나의 코일(114)을 포함할 수 있다. 구동 및 감지 회로(116)가 코일(114)에 전기적으로 연결된다. 구동 및 감지 회로(116)는 AC 전류를 코일(114)에 인가할 수 있고, 그 코일은, 코어(112)의 2개의 극 사이에, 기관(10) 내로 지나갈 수 있는 자기장을 생성한다. 이러한 구현에서, 코어(112) 및 코일(114)은 기관에 걸쳐 스윙핑하는 센서를 제공할 수 있다. 회로(116)는, 코일(114)과 병렬로 연결되는 커패시터를 포함할 수 있다. 코일(114)과 커패시터는 함께 LC 공진 탱크를 형성할 수 있다. 자기장이 전도성 층에 도달할 때, 자기장(150)이 통과하여 (층이 루프인 경우) 전류를 생성하거나 (층이 시트인 경우) 와전류를 생성할 수 있다. 이는, LC 회로의 유효 임피던스를 수정한다. 구동 및 감지 회로(116)는, 유효 임피던스에서의 변화를 검출하고 제어기(90)에 전송될 수 있는 신호를 생성할 수 있다.

[0032] 어느 경우에서든, 회로(106 또는 116)의 출력은, 구동 샤프트(26)의 회전식 커플러(28), 예컨대 슬립 링을 통해 제어기(90)(도 1 참조)로 전달되는 디지털 전자 신호일 수 있다. 대안적으로, 회로(106 또는 116)는 무선 신호에 의해 제어기(90)와 통신할 수 있다. 회로(106 또는 116) 중 일부 또는 그 전부가 플레튼(22)에 설치될 수 있다.

[0033] 제어기(90)는, 마이크로프로세서, 메모리 및 입력/출력 회로를 포함하는 컴퓨팅 디바이스, 예컨대, 프로그래밍 가능 컴퓨터일 수 있다. 단일 블록으로 예시되지만, 제어기(90)는 다수의 컴퓨터들에 걸쳐 분산된 기능들을 갖는 망형 시스템일 수 있다.

[0034] 제어기(90)가 신호의 처리의 일부분, 예컨대, "미가공" 신호의 사용가능한 측정치로의 변환을 수행할 수 있기 때문에, 제어기(90)는 제1 모니터링 시스템의 일부분을 제공하는 것으로 간주될 수 있다.

[0035] 도 3에 의해 도시된 바와 같이, 플레튼의 회전(화살표 A로 도시됨)으로 인해, 센서(100a)가 캐리어 헤드 아래에서 이동함에 따라, 제1 인-시튜 모니터링 시스템은 샘플링 주파수에서 측정들을 행한다. 결과적으로, 기관(10)을 가로지르는 원호의 위치들(94)에서 측정들이 취해진다(지점들의 수는 예시적이고, 샘플링 주파수에 따라 예시된 것보다 더 많거나 더 적은 측정들이 취해질 수 있음). 기관은 또한 회전(화살표 B로 도시됨)하고 있고 반경방향으로 진동(화살표 C로 도시됨)하고 있을 수 있다.

[0036] 연마 시스템(20)은, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)의 센서(100a)가 기관(10) 아래에 있는 때 및 센서(100a)가 기관(10)에서 벗어나 있는 때를 감지하기 위해, 광학 인터럽터와 같은 위치 센서(96)를 포함할 수 있다. 예컨대, 위치 센서(96)는, 캐리어 헤드(70)에 대향하는 고정된 위치에 장착될 수 있다. 플레그(98)가 플레튼(22)의 주변부에 부착될 수 있다. 플레그(98)의 부착 지점 및 길이는, 센서(100a)가 기관(10) 아래에서 스윙핑할 때 플레그(98)가 위치 센서(96)에 시그널링할 수 있도록 선택된다.

[0037] 대안적으로 또는 그에 부가하여, 연마 시스템(20)은, 플레튼(22)의 각도 위치를 결정하기 위한 인코더를 포함할 수 있다.

[0038] 플레튼의 한 번의 회전에 걸쳐, 기관(10)의 상이한 위치들로부터 스펙트럼들이 획득된다. 특히, 일부 스펙트럼들은 기관(10)의 중심에 더 가까운 위치들로부터 획득될 수 있고, 일부는 가장자리에 더 가까운 위치들로부터 획득될 수 있다. 제어기(90)는, 타이밍, 모터 인코더 정보, 플레튼 회전 또는 위치 센서 데이터, 및/또는 기관 및/또는 유지 링의 가장자리의 광학 검출에 기반하여 스캔으로부터 각각의 측정에 대한 (기관(10)의 중심에 대한) 반경방향 위치를 계산하도록 구성될 수 있다. 그에 따라, 제어기는 다양한 측정들을 기관 상의 다양한 구역들과 연관시킬 수 있다. 일부 구현들에서, 측정 시간이 반경방향 위치의 정확한 계산을 대신하여 사용될 수 있다.

[0039] 인-시튜 이미징 시스템(150)은, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)이 측정하고 있는 기관(10)의 실질적으로 동일한 부분의 이미지를 생성하도록 위치된다. 요약하면, 이미징 시스템의 카메라는 인-시튜 모니터링 시스템(100)의 센서와 공동-위치된다.

- [0040] 도 4를 참조하면, 인-시튜 이미징 시스템(150)은, 광원(152), 광 검출기(154), 및 회로(156)를 포함할 수 있으며, 그 회로는, 제어기(90)와 광원(152) 및 광 검출기(154) 사이에서 신호들을 전송 및 수신하기 위한 것이다.
- [0041] 광원(152)은 백색광을 방출하도록 동작가능할 수 있다. 일 구현에서, 방출되는 백색광은 200 - 800 나노미터의 파장들을 갖는 광을 포함한다. 적합한 광원은 백색광 발광 다이오드(LED)들의 어레이, 또는 제논 램프 또는 제논 수은 램프이다. 광원(152)은 영이 아닌 입사각(α)으로 기관(10)의 노출된 표면 상으로 광(158)을 지향시키도록 배향된다. 입사각(α)은, 예컨대, 약 30° 내지 75° , 예컨대 50° 일 수 있다.
- [0042] 광원(152)은 실질적으로 선형의 세장형 구역을 조명할 수 있다. 세장형 구역은 기관(10)의 폭에 걸쳐 있을 수 있다. 광원(152)은, 광원으로부터의 광을 세장형 구역으로 확산시키기 위한 광학기기, 예컨대, 빔 확장기를 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 그에 부가하여, 광원(152)은 광원들의 선형 어레이를 포함할 수 있다. 광원(152) 그 자체 및 기관 상의 조명되는 구역이 세장형일 수 있고, 기관의 표면과 평행한 길이방향 축을 가질 수 있다.
- [0043] 광이 기관(10)에 도달하기 전에 광을 확산시키기 위해, 확산기(160)가 광(168)의 경로에 배치될 수 있거나 광원(162)이 확산기를 포함할 수 있다.
- [0044] 검출기(154)는, 광원(152)으로부터의 광에 민감한 카메라, 예컨대 컬러 카메라이다. 카메라는 검출기 요소들의 어레이를 포함한다. 예컨대, 카메라는 CCD 어레이를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 어레이는 단일 열의 검출기 요소들이다. 예컨대, 카메라는 라인 스캔 카메라일 수 있다. 검출기 요소들의 열은, 광원(152)에 의해 조명되는 세장형 구역의 길이방향 축과 평행하게 연장될 수 있다. 광원(165)이 발광 요소들의 열을 포함하는 경우, 검출기 요소들의 열은 광원(152)의 길이방향 축과 평행한 제1 축을 따라 연장될 수 있다. 검출기 요소들의 열은 1024개 또는 더 많은 요소를 포함할 수 있다.
- [0045] 검출기(154)는, 검출기(154)의 검출기 요소들의 어레이 상에 기관의 시야를 투영하기 위한 적절한 집속 광학기기(162)를 갖게 구성된다. 시야는, 기관(10)의 전체 폭, 예컨대, 150 내지 300 mm 길이를 보도록 충분히 길 수 있다. 검출기(164)는 또한, 픽셀 폭이 픽셀 길이에 필적하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 라인 스캔 카메라의 이점은, 그의 매우 빠른 프레임률이다. 프레임률은 적어도 5 kHz일 수 있다. 프레임률은, 이미징된 영역이 기관(10)에 걸쳐 스캐닝되는 경우에 픽셀 폭이 픽셀 길이에 필적하도록 하는, 예컨대, 약 0.3 mm 이하이도록 하는 주파수로 설정될 수 있다.
- [0046] 광원(162) 및 광 검출기(164)는 플랫폼의 함몰부, 예컨대, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)의 센서를 유지하는 동일한 함몰부에서 지지될 수 있다.
- [0047] 기관에 걸쳐 함께 이동하는 라인 스캔 카메라 및 광원을 갖는 것의 가능한 이점은, 예컨대, 종래의 2D 카메라와 비교하여, 광원과 카메라 사이의 상대 각도가 웨이퍼에 걸친 상이한 위치들에 대해 일정하게 유지된다는 것이다. 결과적으로, 시야각에서의 변동에 의해 야기되는 아티팩트들이 감소 또는 제거될 수 있다. 게다가, 라인 스캔 카메라는 원근 왜곡을 제거할 수 있는 반면, 종래의 2D 카메라는 고유한 원근 왜곡을 나타내며, 이는 이어서, 이미지 변환에 의해 정정될 필요가 있다.
- [0048] 임의적으로, 광의 경로, 예컨대, 기관(10)과 검출기(154) 사이에 편광 필터(164)가 위치될 수 있다. 편광 필터(164)는 원형 편광기(CPL)일 수 있다. 전형적인 CPL은, 선형 편광기와 $1/4$ 파장판의 조합이다. 편광 필터(164)의 편광 축의 적절한 배향은, 이미지에서의 헤이즈(haze)를 감소시키고 바람직한 시각적 피쳐들을 선명하게 하거나 향상시킬 수 있다.
- [0049] 제어기(90)는 광 검출기(154)로부터의 개별 이미지 라인들을 2차원 이미지로 조립한다. 카메라(164)는, 예컨대, 적색, 청색, 및 녹색 각각에 대한 별개의 검출기 요소들을 갖는 컬러 카메라일 수 있고, 이 경우에서, 제어기(90)는 광 검출기(154)로부터의 개별 이미지 라인들을 2차원 컬러 이미지로 조립한다. 2차원 컬러 이미지는, 각각의 컬러 채널에 대한, 예컨대, 적색, 청색, 및 녹색 컬러 채널들 각각에 대한 단색 이미지(204, 206, 208)를 포함할 수 있다.
- [0050] 도 5를 참조하면, 제어기(90)는, 인-시튜 모니터링 시스템으로부터의 미가공 신호를 유용한 측정치로 변환할 수 있다. 제어기(90)는, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)으로부터의 신호 및 제2 인-시튜 이미징 시스템(150)으로부터의 이미지 데이터 둘 모두를 사용하여 측정치를 계산할 수 있다. 인-시튜 이미징 시스템(150)으로부터 수집된 이미지들은, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)으로부터 수집된 데이터 스트림과 동기화될 수 있다.
- [0051] 특히, 제어기(90)는, 인-시튜 이미징 시스템(150)으로부터의 이미지를, 제1 인-시튜 모니터링 시스템(100)에 의

해 측정되고 있는 기관의 부분에 대한 특성화 값을 도출하도록 구성되는 기계 시각 시스템(200)으로 공급한다. 기계 시각 시스템은, 예컨대, 신경망(210)을 포함할 수 있다. 신경망(210)은 콘볼루션 신경망일 수 있다.

[0052] 신경망(210)은, 복수의 입력 노드들(212), 예컨대, 인-시튜 이미징 시스템(150)으로부터의 이미지 내의 각각의 픽셀에 대한 입력 노드(212)를 포함한다. 이들은, 입력 노드들($N_1, N_2 \dots N_L$)을 포함할 수 있다. 신경망(210)은 또한, 복수의 은닉 노드들(214)(아래에서 "중간 노드"로 또한 지칭됨), 및 적어도 하나의 특성화 값을 생성할 적어도 하나의 출력 노드(216)를 포함한다.

[0053] 일반적으로, 은닉 노드(214)는, 은닉 노드가 연결된 노드들로부터의 값들의 가중 합의 비-선형 함수인 값을 출력한다.

[0054] 예컨대, 노드 k로 지정된 은닉 노드(214)의 출력은 다음과 같이 표현될 수 있다:

수학식 1

[0055]
$$\tanh(0.5 * a_{k1}(I_1) + a_{k2}(I_2) + \dots + a_{kM}(I_M) + b_k)$$

[0056] 여기서, $\tanh$ 는 쌍곡선 탄젠트이고, akx 는 k번째 중간 노드와 (M개의 입력 노드 중) x번째 입력 노드 사이의 연결에 대한 가중치이고, I_M 은 M번째 입력 노드에서의 값이다. 그러나, $\tanh$ 대신 다른 비-선형 함수들, 이를테면, 정류된 선형 유닛(ReLU) 함수 및 그의 변형들이 사용될 수 있다.

[0057] 신경망(210)의 아키텍처는 깊이 및 폭이 다를 수 있다. 신경망(210)이 단일 열의 중간 노드들(214)을 갖는 것으로 도시되지만, 실제로, 신경망은, 다양한 종류들의 연결들을 가질 수 있는 많은 열들을 포함할 것이다. 콘볼루션 신경망은, 다수의 반복들의 콘볼루션 및 풀링, 및 그에 후속되는 분류를 수행할 수 있다.

[0058] 신경망(210)은, 예컨대, 샘플 이미지들 및 샘플 특성화 값들을 이용하여 역전파를 사용하여 훈련 모드에서 훈련될 수 있다. 그에 따라, 동작 시, 기계 시각 시스템(200)은, 인-시튜 이미징 시스템(150)으로부터의 이미지에 기반하여 특성화 값을 생성한다. 이는, 인-시튜 모니터링 시스템(100)으로부터 수신된 "미가공 신호"의 각각의 값에 대해 수행될 수 있다.

[0059] 인-시튜 모니터링 시스템(100)으로부터의 미가공 신호, 및 미가공 신호와 동기화되는 특성화 값(예컨대, 기관 상의 동일한 스폿에 대응함)은 변환 알고리즘 모듈(220)에 입력된다. 변환 알고리즘 모듈(220)은 특성화 값 및 미가공 신호에 대한 측정 값을 계산한다.

[0060] 측정 값은 전형적으로 외측 층의 두께이지만, 제거된 두께와 같은 관련된 특성일 수 있다. 게다가, 측정 값은, 연마 프로세스를 통한 기관의 진행의 더 일반적인 표현, 예컨대, 미리 결정된 진행을 따르는 연마 프로세스에서 측정이 관측될 것으로 예상될 플래튼 회전 수 또는 시간을 표현하는 색인 값일 수 있다.

[0061] 연마 프로세스를 조정하기 위해, 예컨대, 일련의 특성화 값들에 기반하여, 연마 프로세스 동안 연마 종료점을 검출하고 연마를 중단하고/거나 연마 압력들을 조정하여 연마 불균일성을 감소시키기 위해, 측정 값이 프로세스 제어 서브-시스템(240)에 공급될 수 있다. 프로세스 제어 모듈(240)은, 처리 파라미터들, 예컨대, 캐리어 헤드에서의 챔버에 대한 압력, 및/또는 연마를 중단하기 위한 신호를 출력할 수 있다.

[0062] 예컨대, 도 6을 참조하면, 제1 함수(254)는 제1 구역에 대한 측정 값들(252)의 시퀀스(250)에 맞춰질 수 있고, 제2 함수(264)는 제2 구역에 대한 특성 값들(262)의 시퀀스(260)에 맞춰질 수 있다. 프로세스 제어기(240)는, 제1 및 제2 함수가 목표 값(V)에 도달할 것으로 예상되는 시간들(T1 및 T2)을 계산하고, 조정된 처리 파라미터, 예컨대, 조정된 캐리어 헤드 압력을 계산할 수 있는데, 이러한 조정된 처리 파라미터는, 구역들이 대략적으로 동일한 시간에 목표에 도달하도록, 구역들 중 하나가, 수정된 속도(선(270)으로 도시됨)로 연마되게 할 것이다.

[0063] 연마 종료점은, 특성 값들이 목표 값(V)에 도달한 것을 함수가 표시할 때 프로세스 제어기(240)에 의해 촉발될 수 있다.

[0064] 일부 구현들에서, 변환 알고리즘 모듈(220) 또는 프로세스 제어 모듈(240)에서 다수의 측정 값들이 조합될 수 있다. 예컨대, 시스템이 기관에 걸친 센서의 단일 스캔으로부터 다수의 측정 값들을 생성하는 경우, 변환 알고리즘 모듈(220)은, 단일 스캔으로부터의 다수의 측정치들을 조합하여, 스캔별 단일 측정치 또는 기관 상의 반경 방향 구역별 단일 측정치를 생성할 수 있다. 그러나, 일부 구현들에서, 센서(100a)가 미가공 신호 값을 생성하

는 각각의 위치(94)(도 3 참조)에 대해 측정 값이 생성된다.

[0065] 일부 구현들에서, 신경망(210)은 다수의 출력 노드들(216)에서 다수의 특성화 값들을 생성한다. 부가적인, 즉, 두께 측정치를 표현하는 특성화 값 외의 특성화 값(들)이 기관의 다른 특성들, 예컨대, 웨이퍼 배향, 웨이퍼 상의 구조들의 유형(예컨대, 메모리 어레이, 중앙 처리 유닛들)을 표현할 수 있다. 부가적인 특성화 값(들)은 프로세스 제어부(240)에 공급될 수 있다.

[0066] 예 1

[0067] 인-시튜 모니터링 시스템(100)은 분광 모니터링 시스템일 수 있다. 인-시튜 이미징 시스템(150) 및 분광 모니터링 시스템의 센서에 의해 동일한 윈도우(36)가 이루어질 수 있다. 인-시튜 모니터링 시스템(100)에 의한 스펙트럼의 포착 시간을 중심으로 하는 인-시튜 이미징 시스템(150)의 라인 스캔 카메라로부터의 데이터의 윈도우가 사용되어, 스펙트럼이 수집된 기관(10)의 부분의 2차원 이미지를 재구성할 수 있다.

[0068] 기계 시각 시스템(200)은 콘볼루션 신경망(CNN)(210)을 포함할 수 있다. 신경망(210)을 훈련시키기 위해, 하나 이상의 기준 기관들로부터의 일련의 이미지들이 관련 부류(예컨대, 어레이, 스크라이브 라인, 주변부, 접촉 패드 등)로 수동으로 식별될 수 있다. 이미지에 분류를 배정하는 것은 때때로 "주석부기"로 지칭된다. 이어서, 기준 기관들로부터의 이미지들 및 부류들은, 이미지 분류자로서 신경망(210)을 훈련시키기 위해, 예컨대 역전파를 사용하여, 훈련 모드에서 신경망에 입력될 수 있다. 그러한 이미지 분류자들은, 사전 훈련된 이미지 분류 네트워크에 새로운 도메인으로부터의 수 개의 부가적인 이미지가 나타내어지는 전이 학습의 사용을 통해, 비교적 적은 수의 주석부기된 이미지들로 훈련될 수 있다.

[0069] 동작 시, 제품 기관들의 연마 동안, 이미지들이 신경망(210)에 공급된다. 신경망(210)의 출력은, 각각의 측정된 스펙트럼을 스펙트럼이 획득된 기관의 부분의 분류와 연관시키도록 실시간으로 사용된다.

[0070] 콘볼루션 신경망에 의한 이미지 분류는, 두께 추정 또는 예측을 위해 사용되는 다른 모델에 공급되기 전에, 측정된 스펙트럼과 연결될 수 있다.

[0071] 분류는 변환 알고리즘 모듈(220)에 의해 사용될 수 있다. 예컨대, 제어기(90)는 복수의 기준 스펙트럼 라이브러리들을 저장할 수 있으며, 각각의 기준 스펙트럼은 연관된 측정 값, 예컨대 색인 값을 갖는다. 제어기(90)는, 신경망(210)으로부터 수신된 분류에 기반하여 라이브러리들 중 하나를 선택할 수 있다. 이어서, 예컨대, 측정된 스펙트럼에 대해 가장 작은 제곱 차이들의 합을 갖는 기준 스펙트럼을 발견함으로써, 측정된 스펙트럼과 가장 양호하게 매칭하는 선택된 라이브러리로부터의 기준 시스템이 결정될 수 있다. 이어서, 가장 양호하게 매칭하는 기준 스펙트럼에 대한 색인 값이 측정 값으로서 사용될 수 있다.

[0072] 예 2

[0073] 인-시튜 모니터링 시스템(100)은 와전류 모니터링 시스템일 수 있다. 와전류 모니터링 시스템의 센서(100a) 및 인-시튜 이미징 시스템(150)의 센서는 공동-위치되는데, 예컨대, 플레튼의 동일한 함몰부에 위치된다. 인-시튜 이미징 시스템(150)의 라인 스캔 카메라는, 기관에 걸친 센서(100a)의 전체 스윙을 망라하는 시간 동기화된 이미지를 생성한다.

[0074] 기계 시각 시스템(200)은 콘볼루션 신경망(CNN)(210)을 포함할 수 있다. 신경망(210)을 훈련시키기 위해, 전류 흐름에 영향을 주는 기관 피쳐들(예컨대, 가드 링)의 기하형상(예컨대, 위치, 크기, 및/또는 배향)이 수동으로 식별될 수 있다. 이어서, 기준 기관들로부터의 이미지들 및 기하형상 값들은, 피쳐 기하형상 재구성자로서 신경망(210)을 훈련시키기 위해, 예컨대 역전파를 사용하여, 훈련 모드에서 신경망에 입력될 수 있다.

[0075] 동작 시, 제품 기관들의 연마 동안, 이미지들이 신경망(210)에 공급된다. 신경망(210)의 출력은, 와전류 모니터링 시스템으로부터의 각각의 측정된 값을 스펙트럼이 획득된 기관의 부분에 대한 기하형상 값과 연관시키도록 실시간으로 사용된다.

[0076] 신경망(210)에 의해 생성되는 기하형상 값들은 변환 알고리즘 모듈(220)에 의해 사용될 수 있다. 와전류 신호로부터 저항으로의 맵은, 기관 상의 피쳐들의 상대적 배향 및 위치에 의존한다. 예컨대, 기관 상의 전도성 루프에 대한 센서(100a)의 민감도는 루프의 배향에 의존할 수 있다. 제어기(90)는, 기하형상 값, 예컨대 배향에 기반하여 이득을 계산하는 함수를 포함할 수 있다. 이어서, 이러한 이득은 신호에 적용될 수 있는데, 예컨대, 신호 값이 이득과 곱해질 수 있다. 그에 따라, 기하형상 값이 사용되어, 와전류 센서 데이터가 해석되는 방식을 조정할 수 있다.

[0077] 결론

[0078] 본 명세서에 설명된 본 발명의 실시예들 및 모든 기능 동작들은, 디지털 전자 회로로, 또는 본 명세서에 개시된 구조적 수단 및 그의 구조적 등가물들을 포함하는 컴퓨터 소프트웨어, 펌웨어, 또는 하드웨어에서, 또는 그들의 조합들로 구현될 수 있다. 본 발명의 실시예들은, 하나 이상의 컴퓨터 프로그램 제품, 즉, 데이터 처리 장치, 예컨대, 프로그래밍가능 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 프로세서들 또는 컴퓨터들에 의한 실행을 위한, 또는 그 동작을 제어하기 위한, 기계 판독가능 저장 매체에 유형으로 구현된 하나 이상의 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수 있다. 컴퓨터 프로그램(프로그램, 소프트웨어, 소프트웨어 애플리케이션, 또는 코드로 또한 알려져 있음)은, 컴파일 또는 해석되는 언어들을 포함하는 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 작성될 수 있고, 이는 독립형 프로그램 또는 모듈, 컴포넌트, 서브루틴 또는 컴퓨팅 환경에서 사용하기에 적합한 다른 유닛을 포함하는 임의의 형태로 배포될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 반드시 파일에 대응하지는 않는다. 프로그램은 다른 프로그램들 또는 데이터를 보유하는 파일의 일부분에, 해당 프로그램에 전용인 단일 파일에, 또는 다수의 조직화된 파일들(예컨대, 하나 이상의 모듈, 서브 프로그램, 또는 코드의 부분을 저장하는 파일들)에 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 위치에 있거나 다수의 위치들에 걸쳐 분산되어 통신망에 의해 상호연결되는 다수의 컴퓨터들 상에서 실행되거나 또는 하나의 컴퓨터 상에서 실행되도록 배치될 수 있다.

[0079] 본 명세서에서 설명되는 프로세스들 및 논리 흐름들은, 입력 데이터에 대해 동작하여 출력을 생성함으로써 기능들을 수행하기 위해 하나 이상의 컴퓨터 프로그램을 실행하는 하나 이상의 프로그래밍가능 프로세서에 의해 수행될 수 있다. 프로세스들 및 논리 흐름들은 또한, 특수 목적 논리 회로, 예컨대, 필드 프로그래밍가능 게이트 어레이(FPGA) 또는 주문형 집적 회로(ASIC)에 의해 수행될 수 있고, 장치가 또한 이들로써 구현될 수 있다.

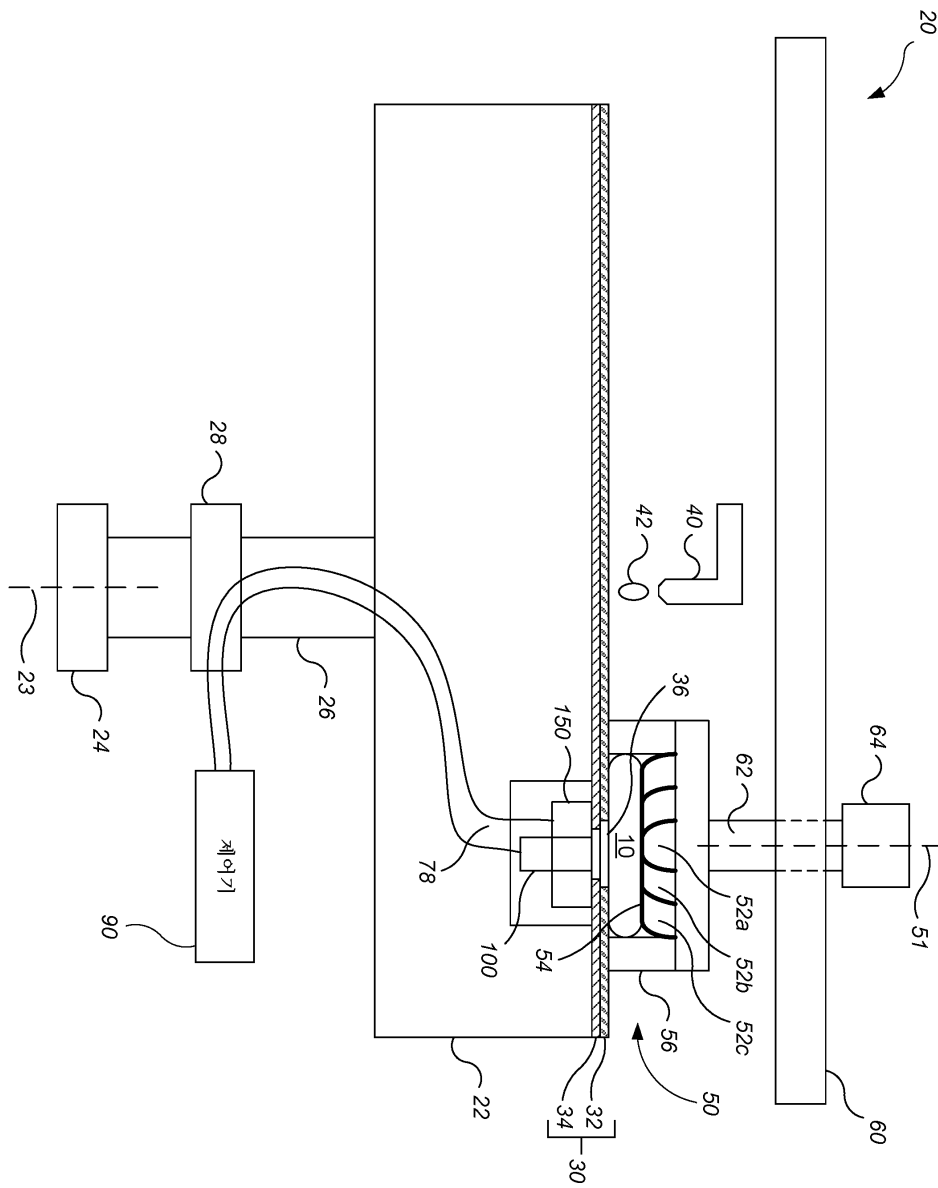
[0080] 위에 설명된 연마 장치 및 방법들은 다양한 연마 시스템들에서 적용될 수 있다. 연마 패드 또는 캐리어 헤드들 중 어느 하나 또는 둘 모두는, 연마 표면과 기관 간의 상대적인 움직임을 제공하기 위해 이동할 수 있다. 예컨대, 플레튼은 회전하기 보다는 선회할 수 있다. 연마 패드는 플레튼에 고정된 원형(또는 일부 다른 형상)의 패드일 수 있다. 연마 시스템은, 예컨대, 연마 패드가 선형으로 이동하는 연속적인 또는 릴-루-릴 벨트인 선형 연마 시스템일 수 있다. 연마 층은 표준(예컨대, 충전재들이 있거나 없는 폴리우레탄) 연마 물질, 연질 물질, 또는 고정식-연마 물질일 수 있다. 상대적인 위치결정 용어들은 구성요소들의 상대적인 배향 또는 위치결정에 사용되며, 연마 표면 및 기관은 중력에 대해 수직 배향으로 또는 일부 다른 배향으로 유지될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0081] 위의 설명이 화학적 기계적 연마에 초점을 두었지만, 제어 시스템은, 다른 반도체 처리 기법들, 예컨대, 식각 또는 증착, 예컨대 화학 기상 증착에 적용될 수 있다. 라인 스캔 카메라가 아니라, 기관의 2차원 구역을 이미징하는 카메라가 사용될 수 있다. 이러한 경우에서, 다수의 이미지들이 조합될 필요가 있을 수 있다.

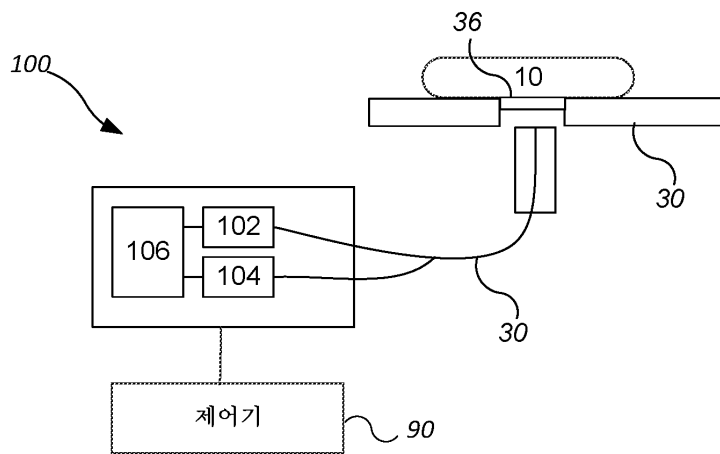
[0082] 본 발명의 특정 실시예들이 설명되었다. 다른 실시예들이 다음의 청구항들의 범위 내에 있다.

도면

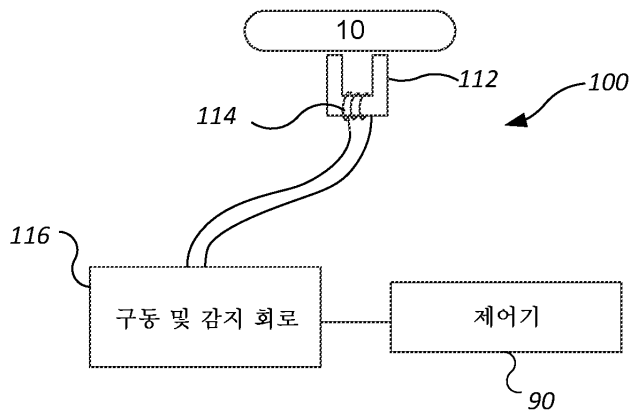
도면1



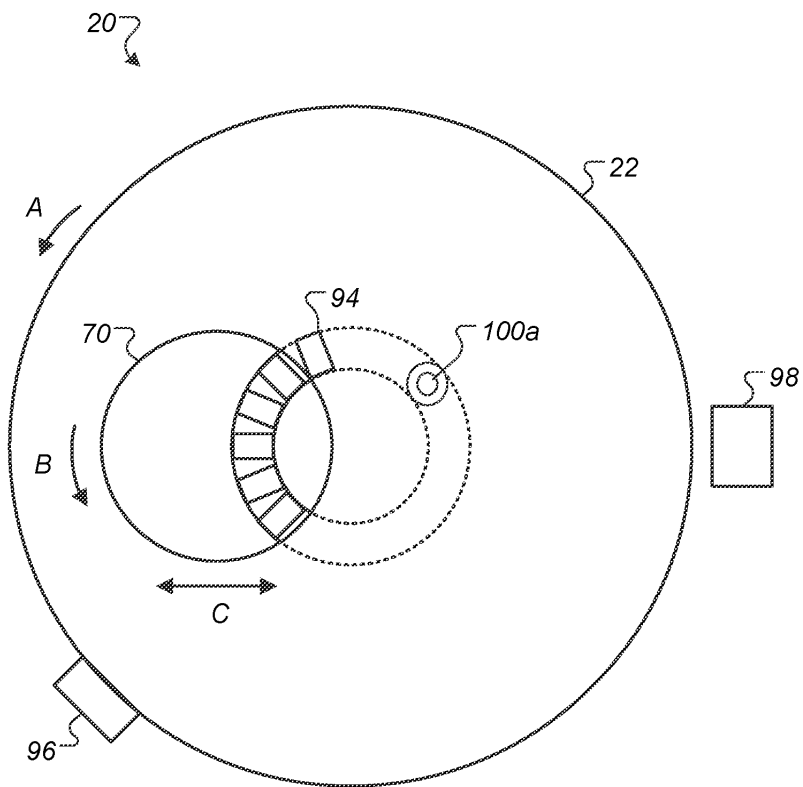
도면2a



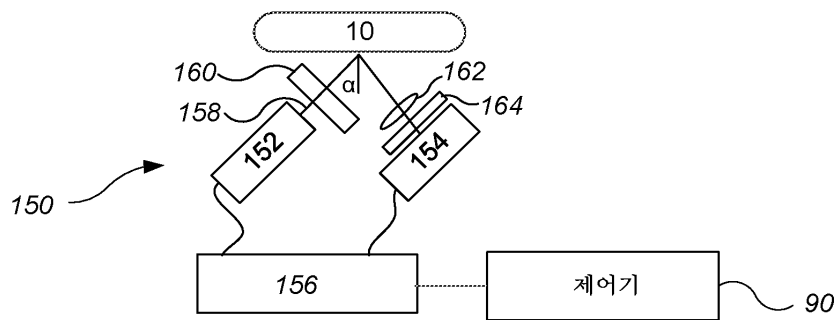
도면2b



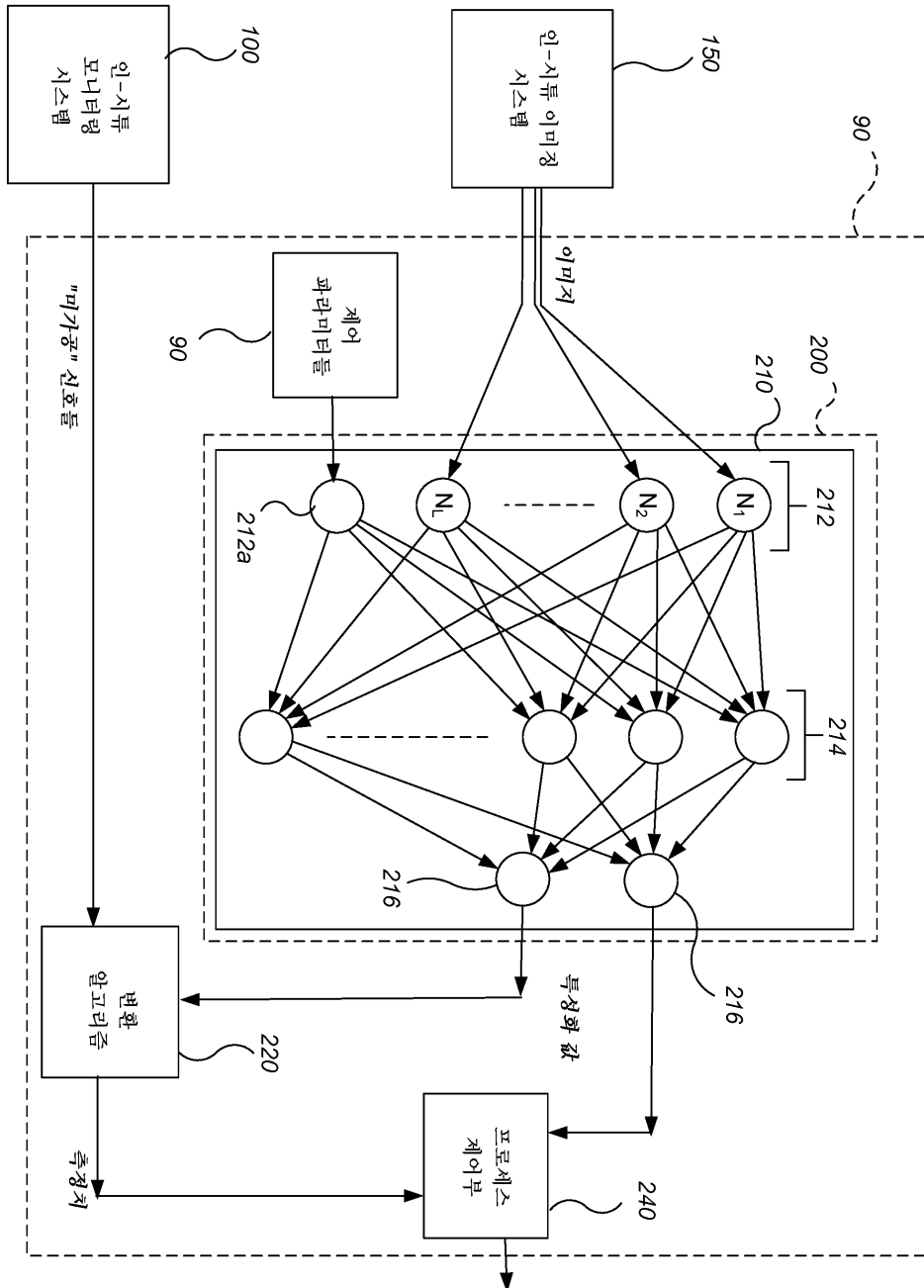
도면3



도면4



도면5



도면6

