



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0098332
(43) 공개일자 2008년11월07일

(51) Int. Cl.

G06F 11/22 (2006.01) G06F 11/30 (2006.01)

G06F 11/34 (2006.01) G06F 9/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0041829

(22) 출원일자 2008년05월06일

심사청구일자 2008년05월06일

(30) 우선권주장

11/800,462 2007년05월04일 미국(US)

(71) 출원인

어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자

린, 와이., 썬

미국 92620 캘리포니아 엘바인 몬트로즈 72

쉬와름, 알렉산더 티.

미국 78749 텍사스 오스틴 라 푸엔테 드라이브 9303

(74) 대리인

남상선

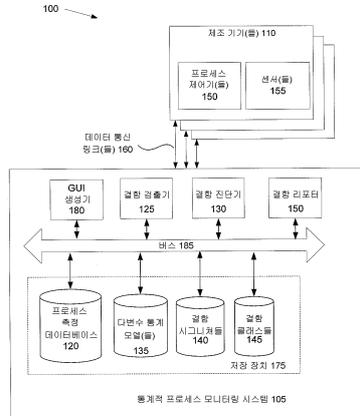
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 다변수 결합 기여도를 나타내기 위한 그래픽 사용자인터페이스

(57) 요약

사용자 인터페이스에 다변수 결합 기여도들을 나타내기 위한 방법들과 장치들이 개시된다. 사용자 인터페이스는 다중 변수들을 포함하는 프로세스에 의해 제조되는 샘플에 대한 결합을 나타내기 위해 제공되고, 각각의 다중 변수들은 적어도 2개의 성분들을 갖는다. 사용자 인터페이스는 제 1 축에 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들 및 제 2 축에 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들을 나타내고, 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들의 각 성분의 기여도를 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들의 각 대응 성분과 연관시킴으로써, 다중 변수들과 연관된 결합에 대한 기여도를 그래픽으로 도시한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

컴퓨터-구현되는 방법으로서,

다중 변수들을 포함하는 프로세스에 의해 제조되는 샘플에 대한 결함을 나타내기 위한 사용자 인터페이스를 제공하는 단계 - 각각의 상기 다중 변수들은 적어도 2개의 성분들을 포함함 -;

상기 다중 변수들을 상기 사용자 인터페이스에 나타내는 단계 - 상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들은 제 1 축에 있고, 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들은 제 2 축에 있음 -; 및

상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들의 각 성분의 기여도(contribution)를 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들의 각각의 대응 성분에 연관시킴으로써, 상기 다중 변수들과 연관된 상기 결함에 대한 기여도들을 상기 사용자 인터페이스에 그래픽으로 도시하는 단계

를 포함하는 컴퓨터-구현되는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

각각의 상기 다중 변수들은 동일한 성분들을 포함하지만 각각의 상기 성분들의 표시들은 상이한 변수들에 대해 상이하고,

각각의 상기 성분은 센서, 통계치, 및 방법 단계 중 적어도 하나를 포함하며,

각각의 상기 성분은 하나 이상의 부성분들(subcomponents)을 포함하고,

상기 제 1 축의 상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들 중 상이한 성분들이 상기 제 2 축의 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들 중 상이한 성분들과 교차하는, 상기 사용자 인터페이스상의 영역들은 셀들이며,

각각의 상기 셀은 추가로 세분(subdivide)되고, 상기 셀의 각각의 세분부(subdivision)는 상기 제 1 그룹의 성분들과 상기 제 2 그룹의 성분들에 나타나지 않은 부가적인 성분 또는 부성분을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-구현되는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 사용자 인터페이스는 2개의 영역들 또는 3개의 영역들로 나타내는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-구현되는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

각각의 셀에 대한 결함 기여도의 시각적 표시를 제공하는 단계를 더 포함하고, 상기 시각적 표시는 상이한 색상들, 상이한 심볼들, 상이한 패턴들, 상이한 음영, 상이한 값들 또는 이들의 임의의 조합 중 적어도 하나를 이용하여 제공되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-구현되는 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

각각의 색상은 상기 결함 기여도의 레벨을 규정하는 범위와 연관되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-구현되는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

각각의 상기 결함 기여도는 선형 스케일 또는 대수 스케일(logarithmic scale)에 있는 것을 특징으로 하는 컴퓨

터-구현되는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 결함을 결함 클래스(fault class)로 분류하고 결함 시그니처(fault signature)로 추가로 분류하기 위해 사용되는 상기 결함의 원인을 나타내는 단계를 더 포함하고,

상기 결함 클래스는 상기 결함의 많은 미리-결정된 원인들 중 하나이며,

상기 결함 시그니처는 상기 결함 클래스에 대한 가장 큰 통계적 기여도들을 가진 프로세스 변수들의 서브세트의 랭킹 리스트를 각각의 기여도들의 상대적 크기들의 순서로 상술(specify)하고,

분류된 이후, 상기 결함은 상기 결함 시그니처를 통해 향후 결함 경보들을 억제하는데 사용되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-구현되는 방법.

청구항 8

다중 변수들을 포함하는 프로세스에 의해 제조된 샘플에 대한 결함을 나타내기 위한 사용자 인터페이스를 제공하기 위한 수단 - 각각의 상기 다중 변수들은 적어도 2개의 성분들을 포함함 -;

상기 사용자 인터페이스에 상기 다중 변수들을 나타내기 위한 수단 - 상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들은 제 1 축에 있고, 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들은 제 2 축에 있음 -; 및

상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들의 각 성분의 기여도를 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들의 각각의 대응 성분에 연관시킴으로써, 상기 다중 변수들과 연관된 상기 결함에 대한 기여도들을 상기 사용자 인터페이스에 그래픽으로 도시하기 위한 수단

을 포함하는 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

각각의 상기 다중 변수들은 동일한 성분들을 포함하지만 각각의 상기 성분들의 표시들은 상이한 변수들에 대해 상이하고, 각각의 성분은 센서, 통계치, 및 방법 단계 중 적어도 하나를 포함하며,

상기 제 1 축상의 상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들 중 상이한 성분들이 상기 제 2 축상의 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들 중 상이한 성분들과 교차하는 상기 사용자 인터페이스상의 영역들은 셀들인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

각각의 셀에 대한 결함 기여도의 시각적 표시를 제공하기 위한 수단을 더 포함하고, 상기 시각적 표시는 상이한 색상들, 상이한 심볼들, 상이한 패턴들, 상이한 음영, 상이한 값들 또는 이들의 임의의 조합 중 적어도 하나를 이용하여 제공되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

각각의 색상은 상기 결함 기여도의 레벨을 규정하는 범위와 연관되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

기계에 의해 실행되는 경우 기계가 동작들을 수행하도록 하는 명령어들을 제공하는 기계-액세스가능한 매체로서,

상기 동작들은,

다중 변수들을 포함하는 프로세스에 의해 제조되는 샘플에 대한 결함을 나타내기 위한 사용자 인터페이스를 제

공하고 - 각각의 상기 다중 변수들은 적어도 2개의 성분들을 포함함 -;

상기 다중 변수들을 상기 사용자 인터페이스에 나타내며 - 상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들은 제 1 축에 있고, 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들은 제 2 축에 있음 -; 및

상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들의 각 성분의 기여도를 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들의 각각의 대응 성분에 연관시킴으로써, 상기 다중 변수들과 연관된 상기 결합에 대한 기여도들을 상기 사용자 인터페이스에 그래픽으로 도시하는 것을 포함하는, 기계-액세스가능한 매체.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

각각의 상기 다중 변수들은 동일한 성분들을 포함하지만 각각의 상기 성분들의 표시들은 상이한 변수들에 대해 상이하고,

각각의 상기 성분은 센서, 통계치, 및 방법 단계 중 적어도 하나를 포함하며,

상기 제 1 축의 상기 다중 변수들의 제 1 그룹의 성분들 중 상이한 성분들이 상기 제 2 축의 상기 다중 변수들의 제 2 그룹의 성분들 중 상이한 성분들과 교차하는, 상기 사용자 인터페이스상의 영역들은 셀들이고,

각각의 상기 셀은 추가로 세분되고, 상기 셀의 각각의 세분부는 상기 제 1 그룹의 성분들과 상기 제 2 그룹의 성분들에 나타나지 않은 부가적인 성분 또는 부성분을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 기계-액세스가능한 매체.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 사용자 인터페이스는 2개의 영역들 또는 3개의 영역들로 나타내는 것을 특징으로 하는 기계-액세스가능한 매체.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 동작들은 각각의 셀에 대한 결합 기여도의 시각적 표시를 제공하는 것을 더 포함하고, 상기 시각적 표시는 상이한 색상들, 상이한 심볼들, 상이한 패턴들, 상이한 음영, 상이한 값들 또는 이들의 임의의 조합 중 적어도 하나를 이용하여 제공되는 것을 특징으로 하는 기계-액세스가능한 매체.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명의 실시예들은 결합(fault) 진단에 관한 것으로서, 특히 다변수 결합 기여도를 나타내는 것에 관련된 것이다.

배경기술

<2> 많은 제조업체들은 다수의 센서들 및 제어부들을 포함하는 복잡한 제작 장비를 이용하며, 다수의 센서들 및 제어부들 각각은 제품의 질을 보장하기 위하여 처리 동안에 주의 깊게 모니터링될 수 있다. 다수의 센서들 및 제어부들의 모니터링하는 하나의 방법은 통계적 프로세스 모니터링(센서 측정값들 및 프로세스 제어 값들(프로세스 변수들)에 통계적 분석을 수행하는 수단)이며, 이는 결합들의 자동적인 검출 및/또는 진단을 가능하게 한다. "결합"은 제작 장비의 고장 또는 조정 불량(예를 들어, 기계의 동작 파라미터들의 의도된 값들로부터의 편차)일 수 있으며, 또는 임박한 고장 또는 조정 불량을 방지하기 위한 예방적 유지보수에 대한 요구를 나타낼 수도 있다. 결합들은 제작되고 있는 디바이스들의 결점들을 생성할 수 있다. 따라서, 통계적 모니터링 프로세스의 하나의 목적은 결합들이 결점을 생성하기 전에 결점들을 검출 및/또는 진단하는 것이다.

<3> 모니터링 프로세스 동안에, 결합은 최근 프로세스 데이터의 하나 이상의 통계치가 모델 계층값이 개별적 확실성

임계치를 초과하도록 하기에 충분히 큰 양만큼 통계적 모델로부터 최근 프로세스 데이터로부터 벗어날 때 검출된다. 모델 계측값은 그 값이 실제 모니터링 프로세스 동안에 수집된 프로세스 데이터의 통계적 특성들과 모델에 의해 예측된 통계적 특성들 사이의 편차의 크기를 나타내는 스칼라 수이다. 각각의 모델 계측값은 이러한 편차를 추정하는 고유한 수학적 방법이다. 종래의 모델 계측값들은 제곱 예측 에러(통상적으로 SPE, Qres 또는 Q로서 참조되는) 및 호텔링의 T2(T2)를 포함한다.

- <4> 각각의 모델 계측값은 확실성 한계 또는 제어 한계로도 참조되는 개별적 확실성 임계치를 가지며, 개별적 확실성 임계치의 값은 모델 계측값의 수용가능한 상한을 나타낸다. 모델 계측값이 모니터링 프로세스 동안에 그것의 개별 확실성 임계치를 초과한다면, 그것은 결함으로 인하여 프로세스 데이터가 정도에서 벗어난 통계치를 갖는 것으로 추론될 수 있다.
- <5> 일단 결함들이 검출되면, 결함들은 각각의 프로세스 변수의 상대적인 결함 분포를 추정함으로써 진단된다. 몇몇 결함들은 단일 프로세스 변수와의 똑바른(예를 들어, 직접적인) 상호 관계를 필요로 하기 때문에 진단하는 것이 어렵다. 다수의 프로세스 변수들에 대한 복잡한 및/또는 간접적인 상호 관계들을 갖는 결함들은 진단하는 것이 특히 어려울 수 있다.
- <6> 종래의 사용자 인터페이스들은 일반적으로 시스템적이고 논리적인 결함들의 검출 및 진단을 허용하기 위하여 사용자 친화적인 방식으로 충분한 정보를 제공하지 않는다. 이것은 변수들의 결함 분류의 원인 및 다수의 프로세스 변수들에 대한 복잡한 상호 관계를 갖는 결함들을 분류하는 비효율성을 명확히 판단하는 것에 대한 장애물을 초래한다.

발명의 내용

- <7> 본 명세서는 적어도 하나의 컬러 도면을 포함한다. 컬러 도면들을 갖는 본 특허 명세서는 요청 및 필요한 요금의 납부시 사무소에 의해 제공될 것이다.
- <8> 본 발명의 첨부된 도면들의 그림들은 단지 실시예로서 도시되며, 제한을 위함이 아니다.
- <9> 하기의 설명에서, 다수의 세부 설명들이 진술된다. 그러나, 본 기술분야의 당업자들에게는 이러한 특정 세부 설명들 없이도 본 발명이 실행될 수 있음을 명확히 알 수 있을 것이다. 몇몇 실시예들에서, 공지된 구조들 및 디바이스들이 본 발명이 불명료하지 않도록 하기 위하여 세부적인 도면보다는 간단한 블럭도 형태로 도시된다.
- <10> 하기의 상세한 설명의 일부는 컴퓨터 메모리 내의 데이터 비트들상의 연산들의 상징적인 도면들 및 알고리즘들로 나타내진다. 이러한 알고리즘적 설명들 및 도면들은 본 기술분야의 당업자들에게 그들의 작업의 내용을 가장 효율적으로 시사하기 위하여 데이터 프로세싱 분야의 당업자들에 의해 사용되는 수단이다. 일반적으로, 그리고 본 명세서에서, 알고리즘은 원하는 결과를 초래하는 일관성 있는 단계들인 것으로 이해된다. 단계들은 물리적 양의 물리적 조종을 요구한다. 필수적이지는 않지만, 일반적으로 이러한 양들은 저장되고, 전달되고, 결합되고, 비교되며, 다른 방식으로 처리될 수 있는 전기 신호들 또는 자기 신호들의 형태를 취한다. 때때로, 이러한 신호들을 대체로 공통적인 사용을 목적으로 비트들, 값들, 엘리먼트들, 기호들, 문자들, 용어(term)들, 숫자들 등으로서 참조하는 것이 편리한 것으로 증명되었다.
- <11> 그러나, 모든 이러한 용어들 및 유사한 용어들은 대략적인 물리적 양들과 연관되며, 단지 이러한 양들에 인가된 사용하기 편리한 라벨들에 불과함을 유념해야만 한다. 하기의 논의들로부터 명백한 명확하게 다른 방식으로 진술된다 하더라도, 명세서 전반에 걸쳐, "처리", "컴퓨터 연산", "계산", "결정", "디스플레이" 등과 같은 용어들을 사용하는 것은 컴퓨터 시스템 또는 유사한 전자적 컴퓨터 연산 디바이스의 동작 및 프로세스들로 참조되며, 이는 컴퓨터 시스템의 레지스터들 및 메모리들 내의 물리적(예를 들어, 전자적) 양들로서 나타나는 데이터를 처리하여 컴퓨터 시스템 메모리들 또는 레지스터들 또는 다른 그러한 정보 기억 장치, 전달 또는 디스플레이 디바이스들 내의 물리적 양들로서 유사하게 나타나는 다른 데이터로 변환한다.
- <12> 본 발명은 또한 본 명세서에서 연산들을 실행하기 위한 장치와 관련된다. 이러한 장치는 요구되는 목적을 위해 특별하게 구성될 수 있으며, 또는 컴퓨터에 저장된 컴퓨터 프로그램에 의해 선택적으로 활성화되거나 재구성되는 범용 컴퓨터를 포함할 수 있다. 그러한 컴퓨터 프로그램은 플로피 디스크들, 광학 디스크들, CD-ROM들 및 자기 광학 디스크들, ROM 메모리들, RAM들, EPROM들, EEPROM들, 자기 또는 광학 카드들, 또는 전자 명령어들을 저장하기에 적합한 임의의 타입의 매체를 포함하는 임의의 타입의 디스크와 같은 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장될 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.
- <13> 본 명세서에 나타나는 알고리즘들 및 디스플레이들은 고유하게 임의의 특정 컴퓨터 또는 다른 장치와 연관되지

않는다. 다양한 범용 시스템들이 본 명세서의 원리에 따른 프로그램들과 사용될 수 있으며, 또는 요구되는 방법 단계들을 수행하기 위하여 보다 전문화된 장치를 구성하기에 편리한 것으로 판명될 수 있다. 이러한 다양한 시스템들에 대해 요구되는 구조는 하기의 설명으로부터 명확해질 것이다. 또한, 본 발명은 임의의 특정 프로그래밍 언어를 참조로 하여 설명되지 않는다. 다양한 프로그래밍 언어들이 본 명세서에서 설명되는 바에 따른 본 발명의 원리를 실행하는데 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

- <14> 기기-판독가능 매체는 기기(예를 들어, 컴퓨터)에 의해 판독가능한 형태로 정보를 저장 또는 전달하기 위한 임의의 메커니즘을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기기-판독가능 매체는 기기 판독가능 저장 매체(예를 들어, ROM, RAM, 자기 디스크 저장 매체, 광학 저장 매체, 플래시 메모리 디바이스들 등), 기기 판독가능 전송 매체(전자, 광학, 음향적 또는 다른 형태의 전달된 신호들(예를 들어, 반송파, 적외선 신호, 디지털 신호 등)) 등을 포함한다.
- <15> 하기의 설명은 결합들(불규칙성을 제작하는)을 검출 및/또는 진단하기 위하여 제작 디바이스상에 수행되는 프로세스들을 모니터링하는 통계적 프로세스 모니터링 시스템의 세부 사항들을 제공한다. 일실시예에서, 통계적 프로세스 모니터링 시스템은 전자 디바이스들(예를 들어, 반도체들)의 제작에 사용하기 위한 것이다. 그러한 디바이스들을 제작하는 것은 일반적으로 상이한 타입의 제작 프로세스들을 수반하는 수십번의 제작 단계들을 요구한다. 예를 들어, 식각, 스퍼터링 및 화학 기상 증착은 3개의 상이한 타입의 프로세스들이며, 그들 각각은 상이한 타입의 기기들에서 실행된다. 대안적으로, 통계적 프로세스 모니터링 시스템은 자동차와 같은 다른 제품들의 제작을 모니터링하기 위하여 사용될 수 있다. 그러한 다른 제품들의 제작은 또한 다양한 제조 기기들에 의해 많은 상이한 처리 단계들을 요구할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <16> 도 1은 통계적 프로세스 시스템(100)의 일실시예를 도시한다. 통계적 처리 시스템(100)은 데이터 통신 링크들(160)에 의해 하나 이상의 프로세스 제어부들(150) 및 하나 이상의 제조 기기들(110)과 결합된 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)을 포함한다. 통계적 처리 시스템(100)은 공장(예를 들어, 제작 설비)의 모든 제조 기기들(110)을 포함할 수 있다. 대안적으로, 통계적 처리 시스템(100)은 하나 이상의 특정 프로세스들을 실행하는 모든 제조 기기들(110)과 같은, 공장의 몇몇 개의 제조 기기들(110)만을 포함할 수 있다.
- <17> 일실시예에서, 각각의 제조 기기들(110)은 에칭기, 화학 기상 증착(CVD: chemical vapor deposition) 퍼니스, 포토리소그래피 디바이스들, 임플란터(implanter)들 등과 같은 전자 디바이스들의 제작을 위한 기기이다. 대안적으로, 제조 기기들(110)은 다른 제품들(예를 들어, 자동차들)의 제작을 위한 한 타입일 수 있다. 일실시예에서, 각각의 제조 기기들(110)은 단일 타입일 수 있다. 대안적으로, 제조 기기들(110)은 다수의 상이한 타입의 장비를 포함할 수 있으며, 그들 각각은 상이한 프로세스들을 실행할 수 있다.
- <18> 각각의 제조 기기들(110)은 제조 기기들(110)에서 실행하는 모니터링 프로세스들을 위한 다수의 센서들을 포함할 수 있다. 제조 기기에 포함될 수 있는 하나의 타입의 센서는 온도 센서이다. 다른 센서들의 실시예들은 압력 센서들, 유속 센서들 또는 제작 프로세스의 물리적 상태를 또는 제조 기기들(110)에 의해 제작된 작품의 물리적 특성을 모니터링하는 임의의 다른 센서들을 포함한다.
- <19> 제조 기기(110)상에서 실행되는 각각의 제작 프로세스는 센서들에 의해 측정된 다양한 물리적 조건들 및 특성들에 의해, 프로세스 데이터로서 선택적으로 참조되는 다양한 작동 파라미터들에 의해 특징화된다. 센서들에 의해 측정된 각각의 별개의 물리적 조건 또는 특성 및 각각의 작동 파라미터는 프로세스 데이터의 별개의 프로세스 변수일 수 있다. 센서 데이터를 나타내는 프로세스 변수들의 실시예들은 챔버 압력, 서셉터 온도, RF 순방향 전력(forward power) 및 RF 반사 전력(reflected power)을 포함한다. 작동 파라미터들을 나타내는 프로세스 변수들의 실시예들은 유속 설정(예를 들어, 화학적 시약) 및 쓰로틀 밸브 설정(예를 들어, 챔버 배기 진공 펌프에 대한)를 포함한다. 센서들, 제조 기기들 및 프로세스 제어기들은 시간의 연속적인 지점들에서 프로세스 변수들을 수집하기 위하여 처리 동안에 모니터링될 수 있다.
- <20> 일실시예에서, 각각의 프로세스 변수는 특정 프로세스에 인가된다. 대안적으로, 하나 이상의 프로세스 변수들은 특정 프로세스의 일부분들만에 인가될 수 있다. 일실시예에서, 센서 측정값들 및 프로세스의 상이한 단계들에 대한 작동 파라미터들은 별개의 프로세스 변수들(모델 공간에서 부가적인 차원으로서 모델링된)을 나타낸다. 이것은 예를 들어, 기기에서 수행되고 있는 제작 프로세스가 상이한 작동 파라미터 설정들을 갖는 다수의 단계들을 갖는다면 유용할 수 있다. 예를 들어, 3개 단계 제작 프로세스에서, 3개 단계들 동안의 서셉터 온도는 3개의 별개의 프로세스 변수들로서 처리될 것이다. 프로세스 단계들의 모델 공간의 개별적 차원들로의 분할은

예를 들어, 단일 프로세스가 제조 공정에 있는 제품상에 다수의 층들을 증착할 때, 또는 프로세스의 상이한 단계들이 제조 공정에 있는 제품을 상이한 프로세스 조건들(예를 들어, 압력, 온도 등)에 노출시킬 때 이로울 수 있다.

- <21> 프로세스 제어기들(150)은 제조 기기들(110)의 작동 파라미터들을 제어한다. 예를 들어, 프로세스 제어기들은 제조 기기들(110)의 챔버 온도, 진공 펌프들, 가스 주입 시스템 등을 제어할 수 있다. 프로세스 제어기들(150)은 하나 이상의 프로세스 방법들(recipes)(방법들)(170)을 저장할 수 있다. 각각의 방법(170)은 프로세스의 각각의 단계에서 제조 기기(110)의 작동 파라미터들을 정의할 수 있다. 일 실시예에서, 방법들(170)은 프로세스 제어기들(150)에 의해 제조 기기들(110)로 로딩될 수 있다.
- <22> 데이터 통신 링크들(160)은 종래의 통신 링크들을 포함할 수 있으며, 무선 또는 유선일 수 있다. 데이터는 제조 기기들(110), 프로세스 제어기들(150) 및 원시(raw) 포맷 또는 처리된 포맷의 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105) 사이에서 전달될 수 있다. 일 실시예에서, 반도체 장비 통신 표준(SECS; semiconductor equipment communications standards) 인터페이스가 사용된다. 다른 실시예에서, 제조 장비의 제어와 통신을 위한 일반 모델(GEM; generic model for communications and control of manufacturing equipment) 인터페이스, SECS/GEM 인터페이스, 고속 SECS 메시지 서비스(HSMS; high speed SECS message services) 인터페이스 등이 사용될 수 있다.
- <23> 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)은 제조 기계(manufacturing machines; 110), 센서(155) 및 프로세서 컨트롤러(process controllers; 150)로부터 들어오는 프로세스 데이터를 분석하는 단일 서버일 수 있다. 대안적으로 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)은 다수의 서버 및/또는 컴퓨터를 포함할 수 있다. 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)은 일 실시예에서 결함 검출기(fault detector; 125), 결함 진단기(fault diagnoser; 130) 및 결함 리포터(fault reporter; 150)를 포함한다. 또한 통계적 프로세스 모니터링 장치(105)는 저장 장치(175)를 포함할 수 있다. BUS(185)는 상이한 컴포넌트들 간의 데이터 통신을 위해 사용된다. 일 실시예에서, 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)은 하나 이상의 프로세스 컨트롤러(150) 내에 포함된다. 대안적으로, 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)은 별개 및/또는 독립 장치일 수 있다.
- <24> 저장 장치(175)는 프로세스 측정 데이터베이스(process measurement database; 120), 하나 이상의 다변수 통계 모델(multivariate statistical model; 135), 결함 시그니처(fault signature; 140) 및 결함 클래스(fault classes; 145)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 저장 장치(175)는 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)의 컴퓨터 또는 서버의 단일 저장 장치이다. 대안적으로, 저장 장치(175)는 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)의 외부에 있을 수 있다. 일 실시예에서, 저장 장치(175)는 다수의 저장 장치를 포함하며, 이들의 일부는 백업(backup)을 위한 데이터의 여유 사본(redundant copy)을 포함할 수 있다.
- <25> 프로세스 측정치 데이터(프로세스 데이터)는 프로세스 측정 데이터베이스(120)에 저장될 수 있다. 저장된 프로세스 데이터는 제조 기계들(110)의 각각, 제조 기계들(110)에서 동작하는 프로세스들 등에 대한 드리프트(drift) 및 경향(trend)을 보는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 저장된 프로세스 데이터는 하나 이상의 다변수 통계 모델(135)을 생성하는데 사용되며, 이하에서 설명된다. 일단 생성되면, 다변수 통계 모델들(135)은 저장 장치(175)에 저장될 수 있다.
- <26> 일 실시예에서, 시험 기간(training period)이 하나 이상의 다변수 통계 모델들을 생성하기 위해 데이터를 수집하는데 사용된다. 시험 기간은 특정 제조 기계의 공지 및/또는 제어된 상태 하에서 완성된 특정 제조 프로세스의 프로세스 실행(process runs)에 대한 수집을 포함한다. 시험 기간 동안 완료된 프로세스 실행으로부터 수집된 프로세스 데이터는 평균, 분산, 공분산 행렬(covariance matrix) 등과 같은 통계를 생성하는데 사용될 수 있다. 이러한 통계들은, 일반적으로 특정 기계에서 실행되는 특정 프로세스에 대해, 하나 이상의 다변수 통계 모델들을 생성하기 위해 집합적으로 사용된다.
- <27> 각각의 다변수 통계 모델(135)은 하나 이상의 모델 계측값(model metric)을 포함할 수 있다. 모델 계측값들은 프로세스 데이터 세트와 모델 사이의 편차 크기를 나타내는 스칼라 값들이다. 일 실시예에서, 모델 계측값들은 제곱 예측 오차(squared prediction error)(일반적으로 SPE, Qres 또는 Q라고 함) 및 호텔링(hotelling) T^2 를 포함한다. 또한 모델 계측값들은 결합 다변수 지수(combined multivariate index; CMI)와 같은 결합 계측값들을 포함할 수 있다. 이러한 계측값들의 각각은, 모니터링 되고 있는 프로세스 데이터가 모델을 만드는 데 사용되었던 시험 데이터와 동일한 통계를 가질 확률을 추정하는 상이한 방법에 상응한다. 상술된 통계들 및 계측값들은 종래 통계 알고리즘에 따라 계산될 수 있다.

- <28> 하나 이상의 다변수 모델은 M차원 프로세스 변수 공간을 서로 직교하는 주성분들로 이루어진 N차원 공간으로 변환하기 위해 주성분 분석(Principal Components Analysis; PCA)을 이용할 수 있으며, 여기서 M은 프로세스 변수의 수이며, N은 M보다 매우 작다. PCA는 M개의 고유벡터(eigenvector) 및 M개의 고유값의 세트를 계산하며, 여기서 각각의 개별 고유벡터는 프로세스 변수 데이터를 주성분 공간의 개별 차원으로 변환하며, 각 고유값은 대응하는 고유 벡터에 의해 표현된 편차 크기에 비례한다. 주성분 공간(의 차원)을 단순화(감소)시키기 위해, N개의 가장 큰 고유값에 상응하는 N개의 고유벡터는 모델 내에 유지되고, 다른 고유벡터들은 폐기되거나 무시된다. 모델 내에 유지된 주성분들의 수(N)는 사용자 선택될 수 있는 모델의 파라미터이다. 주성분들의 수(N)는 더 큰 N 값을 사용할 때의 모델 - 너무 상세해짐 - 과 더 작은 N값을 사용할 때의 모델 - 못지않게 데이터 분산을 설명함 - 사이의 트레이드-오프를 기초로 선택될 수 있다.
- <29> 일단 하나 이상의 다변수 통계 모델이 생성되었으면, 제조 기계(110)들에서 실행되는 프로세스들을 모니터링하기 위해 결합 검출기(125)에 의해 사용될 수 있다. 결합 검출기(125)는, 각각이 적어도 하나의 다변수 통계 모델을 기초로 하는, 다양한 통계 프로세스 모니터링 방법들을 실행하여 프로세스 데이터를 분석한다. 일 실시예에서, 결합 검출기(125)는 제조 기계들(110), 센서들(155) 및/또는 프로세스 컨트롤러들(150)로부터 직접 프로세스 측정 데이터(프로세스 데이터)를 수신한다. 다른 실시예에서, 결합 검출기(125)는 프로세스 측정 데이터 베이스(120)로부터 프로세스 데이터를 수신할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 결합 검출기(125)는 양 소스들로부터 프로세스 데이터를 수신한다.
- <30> 결합들을 검출하기 위해, 결합 검출기(125)는 모니터링 되고 있는 프로세스들에 대한 프로세스 데이터의 통계들을 계산하며, 계산된 통계들과 상응하는 적합한 다변수 통계 모델들의 통계들을 비교한다. 통계들은 하나의 모델 계측값에 대해 비교될 수 있으며, 또는 다수의 모델 계측값들(예컨대, T2, SPE, CMI)에 대해 비교될 수 있다. 만약 하나 이상의 모델 계측값이 미리 정해진 임계(신뢰 한계 또는 제어 한계라고 언급됨)를 초과하는 경우 결합이 검출될 수 있다. 일 실시예에서, 각각의 모델 계측값은 통계적으로 결정되는 임계값을 갖는다. 선택된 임계값은 (임계가 너무 낮은 경우의) 결합 경보의 위험 및 (임계가 너무 높은 경우의) 결합 검출에 실패할 위험 사이에서 절충될 수 있다. 다수의 계측값들이 계산되는 경우, 계측값들의 임의의 하나가 임계값을 초과한다면 결합들이 트리거될 수 있다. 대안적으로, 특정 계측값들이 임계값을 초과하는 경우에만, 또는 다수의 계측값들이 임계값을 초과하는 경우에만 일부의 결합들이 표시될 수 있다.
- <31> 일단 결합이 결합 검출기(125)에 의해 식별되었다면, 결합은 결합 진단기(130)에 의해 분석된다. 결합 진단기(130)는 결합을 결합 시그니처들(140)의 집합과 비교한다. 각 결합 시그니처는 특정 결합 또는 결합들을 나타내는 프로세스 상태를 나타낸다. 일 실시예에서, 결합 시그니처들(140)은 특정 결합 또는 결합들에 통계적인 가장 많이 기여하는 프로세스 변수들의 리스트에 랭킹(rank)된다. 결합 진단기(130)는 각 저장된 결합 시그니처를 현재 결합에 가장 많이 기여하는 프로세스 변수들의 나열된 리스트와 비교할 수 있다. 현재 결합과 결합 시그니처들(140) 중 하나 사이에 높은 정도의 유사성이 존재한다면, 매칭(match)이 보고된다.
- <32> 결합 시그니처들(140)의 각각은 하나 이상의 클래스(145)와 관련된다. 결합 클래스들(145)은 현재 결합을 초래한 실제적인 문제, 또는 현재 결합의 가능한 원인을 나타낼 수 있다. 예를 들면, 만약 결합 시그니처가 가장 기여한 프로세스 변수가 실란(silane) 유속이었음을 나타낸다면, 결합 클래스는 실란을 챔버 안으로 공급하는 밸브가 고장 났음을 나타낼 수 있다.
- <33> 결합 리포터(165)는 어떤 결합 클래스 또는 결합 클래스들(145)이 현재 결합에 해당하는지를 나타내는 결합 보고서 생성한다. 결합 보고서들은 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)과 네트워크 연결된 (예컨대, 로컬 컴퓨터, 원격 컴퓨터, PDA(개인 휴대용 정보 단말기), 무선 호출기, 휴대 전화 등과 같은) 하나 이상의 클라이언트(미도시)에 송신될 수 있다. 또한 결합 리포터(165)는 제조 기계(110)가 셧 다운(shut down)되게 하거나, 기계가 경보를 울리게 하거나, 또는 다른 적절한 행동을 취하도록 할 수 있다.
- <34> GUI(그래픽 유저 인터페이스) 생성기(185)는 결합들, 결합 기여들 및 다수의 변수들에 관련된 정보를 그래픽으로 표시하는데 사용된다. 일 실시예에서, GUI 생성기(185)는 다변수 모델 계측값들 등을 사용하여 처리된 통계 데이터에 따라서 결합 및 결합 기여 정보를 표시한다. 다른 실시예에서, GUI 생성기는 각 변수 내의 각 컴포넌트에 대해 이용할 수 있는 정보에 따라서 제조 프로세스에 포함된 다수의 변수들의 각각에 관한 정보를 표시하도록 구성된다. 일 실시예에서, GUI 생성기(185)는 그래프, 막대 차트, 데이터 플롯(plot), 히트맵(heat map) 등의 형태로 그래픽 정보를 표시할 수 있다. 히트맵은 다른 색상, 패턴, 음영, 부호등이 2차원 그래픽 도해(graphical illustration)에서 데이터 범위를 표현하는데 사용되는 형태의 그래픽 도해이다. 다른 실시예에서, GUI 생성기(185)는 각 변수 또는 이의 컴포넌트들의 하나 또는 조합에 대해 통계적으로 처리된 정보뿐만

아니라, 변수의 개별 컴포넌트들에 대해 이용할 수 있는 원 정보(raw information)를 표시하도록 구성된다. GUI 생성기(185)는 결함 검출 및 결함 진단 프로세스의 일부이다. GUI 생성기(185)는 사용자가 쉽게 결함을 찾을 수 있도록 그래픽 도해를 생성할 수 있다. 또한 GUI 생성기(185)는 컴포넌트들 및 변수들에 관한 정보를 논리적으로 표현할 수 있으며, 사용자가 더욱 심도 있게 결함의 원인을 식별할 수 있도록 결함 진단을 수행할 수 있게 하며, 따라서 결함에 대한 체계적인 분석을 제공한다.

- <35> 제조 프로세스들은 종종 결함이 없더라도 시간이 흐름에 따라 드리프트 한다. 예를 들면 반도체 공정 챔버 내의 동작 상태는 통상적으로 연속적인 챔버 세정 사이에, 그리고 연속적인 소비할 수 있는 챔버 요소들의 교체 사이에서 드리프트 한다. 프로세스 드리프트에 적응함으로써, 드리프트에 의해 야기된 프로세스 변수들의 변화는 잘못하여 결함으로 판단되지 않는다.
- <36> 그래픽 사용자 인터페이스를 이용한 결함 검출 및 진단에 대해 앞으로 설명할 것이다. 결함 검출 및 진단의 원리는 상세히 설명되지 않을 것이며, 이들은 Harvey 등의 "Adaptive Fault Detection" 및 "Ranged Fault Signatures for Fault Diagnosis"라는 제목의 공동 계류 중인 미국 특허 출원에서 설명된다. 본 명세서에서는 사용자 인터페이스 및 그래픽 정보의 표현에 관한 것이며, 이는 사용자가 결함을 검출하고 진단할 수 있게 한다. 다음의 도면들에 표시된 정보는 사실상 그래프이며, 동일한 정보는 교시되고 있는 결함 검출 및 진단 원리로부터 벗어남 없이 제시될 수 있는 다양한 포맷으로 표현될 수 있음을 이해해야 한다.
- <37> 도 2는 본 발명의 실시예에 따라서 다수의 샘플들의 다변수 모델 계측값의 경향 플롯(trend plot)을 도시한다. 사용자는 도 2의 포맷으로 나타낸 샘플들의 다변수 모델 계측값을 표시함으로써 시각적으로 결함을 검출할 수 있다. 샘플의 모델 계측값을 나타낸 포맷은 다를 수 있음을 이해해야 하며, 도시된 곡선도 제한하기 위함이 아닌 예시하기 위한 것으로 해석되어야 한다. 상술한 바와 같이, 모델 계측값은 스칼라 수(scalar number)이며, 이의 값은 실제 프로세스 모니터링 동안 수집된 프로세스 데이터의 통계적 특징과 통계 모델에 의해 예측된 통계적 특징 사이의 편차 크기를 나타낸다. 제한하기 위함이 아닌 예시적으로 도시하기 위한 목적으로서, 정규화된 제곱 예측 오차(SPE), 또는 Qres(201)가 사용된다. y축 상의 Qres 값들은 x축 상의 대응하는 샘플들(202)에 대한 플롯으로써 도시된다. 각 샘플(202)은 웨이퍼 제조 공정에서의 웨이퍼를 나타낸다. 사용될 수 있는 다른 일반적인 모델 계측값은, 예를 들어 호텔링 T^2 , 결함 다변수 인덱스로 일반적으로 언급되는 계측값과 같은 기타 결함 계측값들 등이다. 각각의 모델 계측값은, 본 경우에서 Qres는 신뢰 임계를 가지며, 이의 값은 모델 계측값의 수용 가능한 상한을 나타낸다. 따라서 미리 정해진 신뢰 임계를 초과하는 Qres 값을 갖는 임의의 샘플 또는 웨이퍼는, 결함을 야기하는 적어도 하나의 변수가 존재한다는 것을 의미한다. 다시 말하자면, 경향 플롯 상의 샘플 또는 웨이퍼의 모델 계측값 값이 설정된 신뢰 임계보다 높은 값을 갖는다면 이에 대응하는 샘플 또는 웨이퍼의 결함이 검출될 수 있다. 예를 들면, 포인트들(203)이 Qres 값(예컨대 2)에 해당하는 라인(205)으로 표시되는 가정적으로 미리 정해진 임계보다 높다면, 각 포인트(203)에 해당하는 샘플에 대해 결함이 검출된다. 제한이 아닌 예시으로써, x축 상의 값들은 인덱스를 나타내며, 각 값은 샘플을 나타낸다. 대안적으로 상이한 샘플들을 지정하기 위해서 x축이 시간 스케일로 표현되거나 또는 일련의 타임스탬프(time stamp)일 수 있다.
- <38> 임계를 초과하는 모델 계측값은 결함을 시사할 뿐이며, 결함의 타입 또는 결함의 원인을 나타내는 것은 아님을 이해해야 한다. 결함의 원인을 결정하기 위해서는 추가적인 분석이 필요하다. 그래픽 도해의 각 포인트는 결함 원인에 속성을 부여하기 위해 결함 검출 후에 결함 클래스 안으로 위치될 수 있다. 포인트들이 유사한 Qres 또는 모델 계측값 값들을 갖는다고 해도, 이들이 동일한 결함 클래스를 갖는다고 할 수 없다. 즉, 결함 클래스와 모델 계측값 신뢰 임계는 관계가 없다. 모델 계측값은 단지 샘플에 결함이 존재하는지 없는지를 제시할 뿐이다. 결함 클래스들은 각각의 변수에 의해 결함에 대한 각각의 기여 배후에 있는 이유들로부터 더 많은 정보를 끌어냄으로써 할당될 수 있다.
- <39> 샘플이 제조되는 프로세스에 대한 다변수 정보는 도 2에 도시되는 것과 같은 그래픽 디스플레이 상의 각각의 데이터 포인트에 제공될 수 있다. 본 경우에, 그래프 상의 각 값은 특정 샘플에 해당한다. 본 실시예에서, 사용자는 그래픽 사용자 인터페이스 상의 임의의 데이터 포인트를 지시 및 클릭할 수 있으며, 다수의 변수들의 각각과 관련된 상이한 컴포넌트들에 관한 결함 기여 정보를 나타내는 다른 디스플레이를 사용자가 볼 수 있게끔 하는 동작이 발생할 것이다. 다시 말하자면, 이러한 그래픽 디스플레이 안의 포인트를 클릭하면, 다수의 변수들 및 이들의 컴포넌트들과 관련하여 결함에서 결함 기여로 그래픽 표현이 확장된다. 각 데이터 포인트에 다변수 정보를 제공하는 것은 상술된 그래픽 사용자 인터페이스 내의 상이한 그래픽 데이터 일부 또는 전부에 대해 이용가능하게 선택적으로 만들어질 수 있다. 이러한 독특한 특징은, 사용자가 결함에 대한 변수들의 상대적 기여

를 이해하고 결정하는 프로세스에서 변수 및 관련 컴포넌트들에 대한 더 많은 정보를 쉽게 배울 수 있게 한다.

- <40> 상술된 바와 같이, 도 2의 그래픽 도해는 다른 그래픽 디스플레이와 연결될 수 있다. 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라서 도 2의 포인트로부터 선택됨에 따른 제한된 정보를 갖는 결합 기여에 대한 표현이며, 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따라서 상이한 변수들의 상이한 컴포넌트들과 상호관련 있는 결합에 대한 기여들의 도해이다. 모든 변수들 및 변수들과 관련된 컴포넌트들은 도 2의 포인트로부터 선택될 수 있는 샘플의 제조 프로세스의 일부이다. 알 수 있다시피, 도 4는 도 3의 도해보다 훨씬 더 많은 정보를 표시할 수 있다.
- <41> 도 3은 다수의 변수들을 갖는 그래픽 디스플레이(300)를 도시하며, 각 변수는 컴포넌트들을 가지며, y축을 따라 표시된다. 결합 기여 지수(305)는 x축을 따라 표시된다. 변수들(301)의 각각은 적어도 2개의 컴포넌트를 포함하며, 모든 상이한 변수들은 동일한 컴포넌트들을 갖지만, 상이한 변수들은 각 컴포넌트에 대한 상이한 서브-컴포넌트들을 포함한다. 도시된 예시에서, 상이한 변수들은 웨이퍼를 제조하는 프로세스에서 관찰된다. 본 예시에서 컴포넌트들은 통계들(302), 센서들(303), 및 방법(recipe) 단계들(304)이다. 각 컴포넌트는 서브-컴포넌트들로 추가로 분할될 수 있다. 예를 들면, 통계치는 이들로 제한되는 것은 아니지만 센서 값들의 평균, 표준편차, 최소값 및 최대값을 포함하는 서브-컴포넌트들로 추가로 분할될 수 있다. 센서들은 이들로 제한되는 것은 아니지만 챔버 압력 수치, 서셉터 온도, 챔버 포라인(foreline) 압력 및 헬륨 MFC 흐름 등을 포함하는 서브-컴포넌트들로 분할될 수 있다. 방법 단계들은 웨이퍼를 제조하는데 사용되는 방법의 여러 단계들을 나타낸다. 완성된 변수는 이의 컴포넌트들 모두를 포함해야하며, 상이한 변수들은 컴포넌트들 내에 포함된 서브-컴포넌트들의 조합에 있어서 상이할 수 있다.
- <42> 본 명세서에서 기술된 방법 및 장치는 많은 웨이퍼에 대해 약 30개의 센서, 10개의 단계 및 10개의 통계를 포함할 수 있는 반도체 웨이퍼 제조로 제한되는 것은 아니지만, 이를 포함한 매우 복잡한 제조 프로세스에 적용할 수 있다. 이러한 상이한 요소들은 결합하여 웨이퍼의 로트(lot) 당 3000개의 센서 통계치(statistics)를 생성한다. 웨이퍼들의 각각의 로트 내에는 웨이퍼들의 다중 슬롯이 존재한다. 예를 들어, 각각의 웨이퍼들의 로트는 웨이퍼들의 약 25개의 슬롯을 가지므로, 웨이퍼들의 각각의 로트에 대하여 약 75,000개의 센서 통계치가 존재할 수 있다.
- <43> 도 3은 각각의 변수에 대응하는 결합 기여도를 도시한다. 도 3의 도시는 이용가능한 정보의 제한된 부분으로부터의 사진의 일부만을 도시한다. 구체적으로, 도 3은 도 2로부터의 선택된 샘플에 대한 가장 큰 결합 기여도를 갖는 변수들만을 도시한다. 각각의 변수(301)는 그 요소들(302-304) 모두와 함께 디스플레이되며 그 변수에 대응하는 결합 기여도는 바아(307)에 의해 지시된다. 대안의 실시예에서, 완전한 사진을 도시하며 모든 변수들에 대한 더 많은 정보를 디스플레이하는 것이 바람직하다. 가능한 많은 변수들 및 이들 각각의 기여도를 디스플레이하는 한 가지 이유는, 결합 기여도를 생성하는 정도를 벗어난 인자들에 의해 생성된 결합내의 잘못된 양수들(positives) 및 잘못된 음수들(negatives)이 존재할 수 있기 때문이다. 요소들의 관계에 따른 변수들의 각각의 기여도를 검사할 수 있다면 잘못된 음수들과 잘못된 양수들을 인식하는 것의 용이성을 향상시키는데 도움이 된다. 모든 변수들을 잠재적으로 디스플레이할 수 있는 능력을 갖는 도 4는, 요소들과 변수들의 결합 기여도 사이의 관계 및 결합 기여도의 패턴들을 제공할 수 있다.
- <44> 도 4는 도 3과 비교하여 상이한 실시예이다. 도 4는 모든 요소들에 대한 정보를 모든 변수들에 통합함으로써 효율적인 방식으로 결합 기여도를 디스플레이하는 동시에 사용자에게 변수들에 의한 결합에 대한 상대적인 기여도에 관한 즉각적인 피드백을 제공한다. 도 4는 한번 빠르게 볼 때 각각의 변수 및 관련된 요소들에 의한 상대적인 결합 기여도의 완전한 사진을 제공한다. 결합에 대한 가장 큰 기여도를 갖는 변수들을 선택적으로만 디스플레이하는 도 3과 달리, 도 4는 모든 변수들을 디스플레이한다. 이는 디스플레이내의 각각의 변수의 요소들을 분해(break up)함으로써 가능하게 이루어진다. 변수들의 요소들을 함께 디스플레이하지 않고, 도 4는 요소들을 x-축에 있는 일 그룹과 y-축에 있는 다른 그룹 적어도 두 개의 그룹으로 분해한다.
- <45> 일 실시예에서, 도 4에 도시된 것처럼, y-축에 디스플레이된 요소들의 제1 그룹은 센서들과 통계들(402)이며, x-축에 디스플레이된 요소들의 제2 그룹은 방법 단계(404)이다. 두 개의 그룹들의 대응하는 엔트리들이 교차하는 각각의 영역들(405)은 셀(cells)이라고 알려져 있다. 각각의 셀은 관련 요소들의 결합 기여도의 시각적인 지시자(indicator)를 제공한다. 각각의 시각적인 지시자는 색상, 심볼, 크기 또는 임의의 다른 그래픽 표현일 수 있다. 도 4에서, 결합 기여는 각각의 셀의 색상에 의해 나타내진다. 각각의 셀에 있어서의 색상은 특정 요소들과 연관된 변수의 결합 기여를 나타낸다. 범례(406)는 결합에 대한 기여의 상대적인 범위들(408)에 대응하는 각각의 색상들(407)을 도시한다. 예를 들어, 두 개의 범위들 0.1 내지 0과 0 내지 0.547은 서로 다른 회색의 음영들에 의해 나타내지고; 세 개의 범위들 0.547 내지 1.09, 1.09 내지 1.64, 및 1.64 내지 2.19는 서로

다른 청색의 음영들에 의해 나타내지며; 두 개의 범위들 2.19 내지 2.74 및 2.74 내지 3.28은 녹색의 두 개의 서로 다른 음영들에 의해 나타내지며; 3.28 내지 3.83은 황색에 의해 나타내지며; 3.83 내지 4.38은 오렌지색에 의해 나타내지며, 결합 4.38 내지 4.93에 대한 기여의 가장 큰 범위는 적색에 의해 나타내진다. 결합에 대한 기여 값들 또는 기여 범위들은 로그 스케일 또는 선형 스케일일 수 있다.

<46> 위에서 논의된 것처럼, 결합 기여는 대안의 실시예에서 색상 방식이 아닌 상이하게 나타내질 수 있다. 예를 들어, 서로 다른 결합 범위들은 셀의 상이한 패턴들 또는 음영에 의해 나타내질 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상이한 결합 기여 범위들은 색상, 음영, 또는 패턴들의 조합에 의해 나타내질 수 있다. 도시는 2차원으로 되어 있지만, 디스플레이는 3차원으로 나타내질 수 있다. 일 실시예에서, 그래픽 도시상의 제3의 축은, 결합 기여의 값들일 수 있고, 이 경우, 결합의 상대적인 기여를 범위로 나타내는 것이 아니며, 도시는 결합에 대한 기여의 실제 값에 기초한다.

<47> 표현이 2차원 디스플레이인 일 실시예에서, 셀들은 추가로 분할되어 어느 축에도 디스플레이되지 않는 요소의 하위 요소들을 표현한다. 하나의 이러한 실시예에서, 예시적인 도시로써, x-축은 방법 단계들을 나타낼 수 있고, y-축은 센서들을 나타낼 수 있고, 각각의 셀은 네 개로 분할될 수 있으며, 여기서 각각의 셀은 통계를 요소로써 나타낸다. 각각의 네 개의 하위분할은 통계 요소의 하위 요소들에 대응하며, 이들은 가령 특정 단계에 대응하는 특정 센서의 최소치, 최대치, 평균치, 및 표준 편차이다. 색상은 이러한 실시예에 대하여 각각의 하위 분할된 셀에서 유사하게 사용되어, 결합에 대한 이들의 각각의 기여를 도시할 수 있다. 대안으로, 패턴들, 음영, 또는 이들의 조합이 사용될 수 있다.

<48> 도 4의 형태로 데이터를 제공하는 것의 한 가지 이점은, 이들이 관련된 방식의 관점에서 그리고 이들의 관계들의 중요도에 따라 데이터를 디스플레이할 수 있는 능력이다. 디스플레이의 조직화 또는 셀들에 있어서 x-축 또는 y-축에 의해 표현된 요소들의 그룹화는 사용자가 전달하고자 하는 특정 메시지 및 데이터가 관련된 방식에 따라서 사용자에게 의해 임의로 선택될 수 있다. 예를 들어, 만약 센서들 및 방법 단계에 기초한 결합에 대한 기여가 가장 중요하다면, 더 적은 수의 통계들이 디스플레이를 간략화하도록 표현될 수 있거나, 통계들은 대신 셀의 하위분할에 의해 표현될 수 있다. 예를 들어, 기재된 것처럼, 통계는 네 개의 하위 요소들, 최소치, 최대치, 평균치, 및 표준 편차로 분할될 수 있어서, 디스플레이를 보는 사람은 하위분할들의 세부사항을 관찰하지 않고도 셀을 한번 보는 것만으로 특정 단계에서 특정 센서가 갖고 있는 결합에 대한 기여를 쉽게 식별할 수 있다.

<49> 도 2 및 도 3과 유사하게, 각각의 셀 또는 셀 내의 하위 분할들은 사용자를 이전에 제공되지 않은 상이한 또는 더 많은 정보의 깊이 레벨로 링크할 수 있다. 도 4에 대하여, 각각의 셀 또는 하위 분할된 셀은 사용자를 도 5에 도시된 모든 웨이퍼 샘플들에 대한 특정 방법 단계에 대응하는 특정 센서 통계의 추이(trend)로 링크할 수 있다. 도 4는 그 웨이퍼내의 각각의 변수에 의한 결합 기여를 디스플레이하며 웨이퍼의 특정 샘플의 결합을 디스플레이하는 도 2로부터의 데이터의 확장으로써 고려될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 도 5는 상이한 레벨의 정보를 디스플레이한다. 이는 특정 단계내의 특정 센서 통계, 특정 변수를 디스플레이하며(가령 단계 2에서의 챔버 스로틀 밸브) 이를 다른 샘플에 있는 동일한 변수와 비교한다. 따라서, 도 5는 도 4와 비교하여 더욱 집중되고(특정 요소들에 대응하는 하나의 변수만을 디스플레이하는 점) 더욱 넓다(모든 다른 샘플들과 비교하는 점)는 것을 이해하여야 한다. 다른 정보는 도 4에서 링크를 통해 제공될 수 있고 도 5의 도시는 제한적이 아니라 예시적인 것으로 관찰되어야 한다는 것을 이해하여야 한다.

<50> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법 단계 2에서의 평균 챔버 스로틀 밸브의 추이를 도시한다. y-축(501)은 상이한 요소들, 센서 통계(502)(가령, 평균 챔버 스로틀 밸브), 및 방법 단계(가령 단계 2)(504)를 가진다. 그래프의 상부에 있는 x-축을 따른 각각의 수(506)는 서로 다른 웨이퍼 샘플을 나타낸다. 그래프의 하부에 있는 x-축을 따른 각각의 엔트리(505)는 웨이퍼 샘플이 생산된 때를 나타내는 시간 스탬프이다. 그래픽 도시는 모든 웨이퍼 샘플들에 대하여 방법 단계 2에서의 평균 챔버 스로틀 밸브의 값들을 비교한다.

<51> 도 5는 도 4에서의 하나의 셀과 연관된 확장된 정보의 단지 예시적인 도시임이 이해되어야 한다. 대안으로, 서로 다른 셀들의 선택은 서로 다른 요소들에 관한 서로 다른 정보가 도 5에서 선택되었던 것과 비교하여 디스플레이 되게 한다. 예를 들어, 도 4에서의 서로 다른 셀의 활성화(activation)는 서로 다른 샘플들에 대한 서로 다른 방법 단계에 대해 선택될 때 서로 다른 센서 통계의 추이를 제공한다. 또 다른 실시예에서, 상이한 선택된 요소들을 상이한 샘플 웨이퍼들과 비교하는 것이 아니라, 다른 비교들이 이루어질 수 있는데, 가령 선택된 요소들의 시간 기간에 따른 이력 정보와의 비교, 샘플들과 반대되는 상이한 기초에 따른 비교들이 이루어질 수 있다.

- <52> 도 2-4와 유사하게, 도 5에 있는 각각의 데이터 포인트는 또한 도 4에서 선택된 변수에 대한 추가적인 정보, 가령 결함 진단에 대한 상이한 레벨 또는 보다 구체적인 레벨에서의 정보로 링크할 수도 있다. 도 6a는, 본 발명의 실시예에 따라서, 도 5에서의 선택된 변수로부터 링크된 정보를, 다른 선택된 샘플에서의 선택된 변수의 값들과 비교하여 확장된 관점에서 도시한다. 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따라서, 도 5에서의 선택된 변수의 원시 데이터(raw data) 기록을 다른 선택된 샘플들의 원시 데이터 기록과 비교하여 도시한다.
- <53> 도 6a는 샘플들(가령 웨이퍼들)의 시간 스탬프를 나타내는 x-축(603), 및 도 5에서 선택된 변수의 값들을 나타내는 y-축(602)을 갖는 그래픽적 도시(600)를 도시한다. 이 실시예에서, 선택된 변수는 그래프 4 및 5에서 기재된 것과 동일한 요소들(가령, 방법 단계 2에서의 평균 챔버 스로틀 밸브)을 포함한다. 전술된 것처럼, 각각의 다수의 웨이퍼들은 다중 슬롯들을 포함하므로, 시간 스탬프에 대응하는 모든 상이한 점(들)은 동일한 로트 내에서의 상이한 슬롯들의 웨이퍼에 대응한다. 예를 들어, 시간 스탬프 "19:50"에서의 점(604) 및 점(605)은 동일한 웨이퍼 로트에서의 두 개의 상이한 웨이퍼 슬롯들에 대응한다. 범례(606)는 상이한 실행(runs) 또는 웨이퍼들의 상이한 로트들에 대응하는 상이한 색상들(607)을 도시한다. 예를 들어, 청색은 웨이퍼 로트 03에 대응하며; 적색은 웨이퍼 로트 09에 대응하며, 녹색은 웨이퍼 로트 15에 대응하며, 보라색은 웨이퍼 로트 21에 대응한다.
- <54> 도 6a는 선택된 변수 및 대응하는 요소들을 다른 기준 샘플들과 비교한다. 일 실시예에서, 기준 샘플들은 임의로 선택될 수 있다. 다른 실시예에서, 기준 샘플들은 "표준"이라고 생각될 수 있는 "통상의(normal)" 또는 "전형적인(typical)" 또는 "확장된" 값들을 갖는 샘플들로부터 선택된 것들이다. 다른 실시예에서, 기준 샘플들은 동일한 로트의 그러나 상이한 슬롯들의 샘플들일 수 있거나, 완전히 상이한 로트들의 샘플들의 제한된 수일 수 있다. 도 6a는 이것이 보다 세부적인 점을 제외하면 도 5의 것과 유사하다. 예를 들어, 도 6a는 동일한 로트의 그러나 상이한 슬롯들의 웨이퍼들의 샘플들을 도시하지만 도 5는 상이한 슬롯들로부터의 웨이퍼들의 상이한 샘플들만을 도시한다. 또한, 도 5 및 도 6a는 도 5가 큰 수의 또는 모든 웨이퍼들 또는 로트들을 도시하는 데 반해, 도 6a는 도시되는 이들 샘플들이 "표준" 값들로 간주되는지 여부와 같은 추가적인 기준에 기초하여 선택된 몇 가지만을 도시한다는 점에서 다르다.
- <55> 도 6b는 도 5에서 선택된 변수와 대응하는 요소들의 그래픽 도시(650)를 보여준다. 도 6b는 변수와 요소들의 관독값(651), 가령 y-축 상의 센서-챔버 압력과, x-축 상의 시간(652)을 도시한다. 이 실시예에서, x-축상의 시간은 제조 프로세스의 방법 단계들에 대응한다. 또한 이 실시예에서, 방법 단계 657은 그래프상에서 각각의 트레이스에 라벨링되며 단계가 발생하는 x-축상의 시간에 대략적으로 대응한다. 그래프상의 각각의 트레이스는 범례(654)에 의해 설명된 개별적인 웨이퍼 또는 시험을 나타낸다. 도시된 각각의 트레이스(655) 및 트레이스의 컬러는 특정 웨이퍼 로트를 제조하는 공정 동안 모든 방법 단계에서 통계 없이 센서의 실시간 관독값을 나타낸다. 예를 들어, 웨이퍼(3) 또는 시험(3)은 청색 트레이스를 가지며; 웨이퍼(9) 또는 시험(9)은 적색 트레이스를 가지며; 웨이퍼(15) 또는 시험(15)은 녹색 트레이스를 가지며; 웨이퍼(21) 또는 시험(21)은 보라색 트레이스를 가진다. 도 6b는 또한 챔버 압력 관독값이, 도 4 및 도 5에서 앞서 도시된 결함의 기여를 설명하는 다른 선택된 웨이퍼들과 비교하여, 방법 단계(2)에서 또는 이 근처에서 현저하게 변동한다는 것을 보여준다.
- <56> 하나의 그래픽 디스플레이에서 다른 그래픽 디스플레이로의 정보의 깊이 레벨에서의 상이한, 그리고 종종 더 많은 것을 디스플레이하는 이러한 프로세스는 드릴링 다운(drilling down)으로 호칭된다. 드릴링 다운의 프로세스는 특정 결함이 분류될 수 있도록 변수와 그 변수에 관련된 원인들에 대한 중요한 변경을 사용자에게 식별할 수 있게 함으로써 결함 진단에 필수적이다. 또한, 결함 서명들이 설정되며, 각각의 결함 서명은 적어도 하나의 결함 클래스와 연관된다. 각각의 결함 서명은 일반적으로 결함 클래스에 대한 가장 큰 통계적 기여를 갖는 프로세스 변수의 부분집합의 랭크화된 리스트를 열거한다. 프로세스 변수들의 랭킹은 이들의 각각의 기여의 상대적 크기의 순서로 된다. 주어진 결함 클래스에 대한 각 프로세스 변수의 기여의 상대적인 크기는, 주어진 결함 클래스내의 결함의 결과로서 비정상적으로 값이 큰 적어도 하나의 모델 계측값에 대한 프로세스 변수들의 개별적 기여를 결정하는 임의의 방법과 같은 통계적 프로세스 모니터링 방법에 의해 결정될 수 있다.
- <57> 도 7은 다변량(multivariate) 결함 검출을 제공하도록 사용자 인터페이스를 생성하는 방법(700)에 대한 일 실시예의 흐름도이다. 이 방법은 하드웨어(가령, 회로, 전용 로직, 프로그램가능 로직, 마이크로코드, 등), 소프트웨어(가령, 프로세싱 디바이스에서 실행되는 명령어), 또는 이들의 조합을 포함하는 로직을 프로세싱함으로써 수행될 수 있다. 일 실시예에서, 방법(700)은 도 1의 통계적 프로세스 모니터링 시스템(105)에 의해 수행된다.
- <58> 도 7을 참조하면, 블록(702)에서, 프로세싱 로직은 다중 샘플들의 다변량 모델 계측 데이터를 제공한다. 각각의 모델 계측 데이터는 샘플과 연관되며, 결함을 나타내거나 나타내지 않을 수 있다. 일 실시예에서, 데이터의

표현은 도 2와 유사할 수 있다. 각각의 데이터는 샘플의 모델 계측값에 대한 더 많은 정보와 추가로 링크된다. 모델 계측값이 결함을 표현한다면, 다중 변수들에 의한 결함에 대한 상대적인 기여도는 데이터 점을 선택하는 사용자에게 응답하여 디스플레이될 수 있다. 각각의 다변량 결함은 샘플을 제조하는 프로세스에서 적어도 하나의 변수로부터의 적어도 하나의 기여의 결과일 수 있다. 블록 704에서, 프로세싱 로직은 샘플의 모델 계측 데이터를 나타내는 점의 선택을 수용한다. 블록(706)에서, 처리 로직은 데이터의 사용자 선택에 응답하여 데이터베이스로부터 샘플의 결함(fault)에 기여하는 샘플의 변수들의 성분들을 수집한다. 블록(708)에서, 처리 로직은 상기 성분들을 적어도 두 개의 그룹들로 분할하고 블록(710)에서, 처리 로직은 적어도 두 개의 성분들의 그룹들을 개별적으로 제공한다. 일 실시예에서, 성분들의 하나의 그룹은 x축에 제공되고 성분들의 제 2 그룹은 y축에 제공될 수 있다. 만약 보다 많은 성분들 또는 부성분들(subcomponents)이 존재하는 경우, 3차원으로 제공되거나, 그래픽 디스플레이가 2차원 모습이면, 셀들의 일부들로서 제공될 수 있다.

<59> 블록(712)에서, 처리 로직은 변수의 다른 성분(들)에 관련하여 변수의 각각의 성분의 결함 기여도(fault contribution)의 시각적 표시(indicator)를 제공한다. 결함 기여도는 선형적이거나 대수적 스케일일 수 있고, 상기 스케일은 사용자의 선호도에 따라 선택적으로 디스플레이될 수 있다. 각각의 결함에 대한 기여도들은 또한 범위들 또는 값으로 디스플레이될 수 있다. 예를들어, 기여도 또는 기여량은 다른 색들, 다른 패턴들, 다른 명암들, 또는 간단히 다른 값들로 디스플레이될 수 있다. 일 실시예에서, 디스플레이는 도 3에 도시된 것과 유사할 수 있다. 다른 실시예에서, 디스플레이는 도 4에 도시된 것과 유사할 수 있다. 보다 쉽게 이해하기 위하여 이차원 모습으로 일반적으로 제공되는 디스플레이는 3차원 모습으로 제공될 수 있다.

<60> 블록(714)에서, 처리 로직은 GUI의 적어도 하나의 가시적 표시자의 사용자 선택을 수신한다. 블록(716)에서, 처리 로직은 가시적 표시자에 응답하여 GUI에서 선택된 가시적 표시자에 대한 정보를 디스플레이한다. 디스플레이된 정보는 변수 및 그와 연관된 성분들에 속하는 결함의 원인을 사용자가 분석 및 진단할 수 있게 하는 결함 기여에 관한 정보를 제공한다.

<61> 도 8은 결함들을 그래픽적으로 검출하고 진단하기 위한 방법(800)의 일 실시예의 흐름도이다. 이 방법은 하드웨어(예를들어, 회로, 전용 로직, 프로그램 가능 로직, 마이크로코드, 등), 소프트웨어(처리 장치에서 운용하는 명령들 같은), 또는 이들의 결함을 포함할 수 있는 처리 로직에 의해 수행될 수 있다. 일 실시예에서, 방법(800)은 도 1의 통계적 처리 모니터링 시스템(105)에 의해 수행된다.

<62> 도 8을 참조하여, 블록들(802 및 804)은 일반적으로 결함 검출 처리에 관한 것이고, 블록들(806-816)은 결함 진단 처리에 관한 것이다. 다른 말로, 결함 진단은 결함 진단 또는 정보의 "드릴링 다운(drilling down)"이 결함의 원인을 결정하게 하도록 샘플에 관련된 모델 매트릭 데이터에 관련한 정보의 다중 레벨들을 디스플레이하기 위하여 사용자 인터페이스를 요구하거나 요구하지 않는 처리이다. 블록(802)에서, 처리 로직은 사용자가 선택하기 위한 다중 샘플들의 다변수 모델 매트릭 데이터를 제공한다. 다변수 모델 매트릭 데이터는 결함을 가리키거나 나타낼 수 있다. 일 실시예에서, 사용자 인터페이스는 도 2에 기술된 디스플레이와 유사하고, 여기서 다변수 결함들을 나타내는 값들은 다중 샘플들에 대응하여 디스플레이되고 각각의 데이터 포인트는 디스플레이될 수 있는 다변수 결함 기여 정보에 링크된다. 사용자는 미리 결정된 임계값에 각각의 샘플의 다변수 결함들을 비교함으로써 결함을 시각적으로 검출할 수 있다. 만약 모델 매트릭이 임계 레벨을 초과하면, 다변수 결함은 검출된다.

<63> 블록(804)에서, 처리 로직은 관심있는 데이터 포인트의 사용자 선택을 수신한다. 이 데이터 포인트는 결함 샘플과 관련되거나 관련되지 않을 수 있다. 일반적으로 하나의 포인트는 만약 데이터 포인트가 임계 레벨을 초과하면 선택되어 샘플이 결함인 것을 가리킨다. 블록(806)에서, 처리 로직은 변수들과 연관된 성분들과 관련하여 변수들의 결함 기여 정보를 제공한다. 결함 기여 정보는 변수들의 결함 기여를 디스플레이한다. 일 실시예에서, 기여 정보는 범위들로 디스플레이될 수 있다. 다른 실시예에서, 기여 정보는 다른 컬러들, 다른 패턴들, 다른 명암들, 또는 간단히 다른 값들로 디스플레이될 수 있다. 일 실시예에서, 디스플레이는 도 3에 도시된 것과 유사하다. 다른 실시예에서, 디스플레이는 도 4에 도시된 것과 유사할 수 있다. 보다 쉬운 이해를 위하여 이차원 모습으로 일반적으로 제공되는 디스플레이는 3차원 모습으로도 제공될 수 있다.

<64> 블록(808)에서, 처리 로직은 하나 또는 그 이상의 성분들 또는 변수들과 연관된 결함 기여도의 사용자 선택을 수신한다. 블록(810)에서, 처리 로직은 결함 기여도의 사용자 선택에 응답하여 결함 기여도 선택과 관련된 하나 또는 그 이상의 성분들에 관한 정보를 제공한다. 정보는 일 실시예에서 도 5와 유사한 형태로 디스플레이될 수 있다. 다른 말로, 변수들 및 그 성분들에 관한 정보는 사용자 인터페이스에 의해 디스플레이될 수 있는 결함 기여도들에 링크된다. 블록(812)에서 처리 로직은 결함 기여도에 관련된 하나 또는 그 이상의 성분들에 관

한 관심있는 정보 포인트 또는 부분의 사용자 선택을 수신한다. 블록(814)에서, 처리 로직은 변수의 하나 또는 그 이상의 성분들에 관한 정보를 보다 깊이 있게 제공하고 제공된 정보의 사용자 선택에 응답하여 정보를 디스플레이하기 위한 대기 모드로 유지된다. 다른 말로, 만약 결합 진단 처리가 변수의 성분들에 관한 정보를 보다 깊이 있게 요구하면, 사용자는 보다 깊은 레벨에서 정보에 링크된 디스플레이된 정보를 추가로 활성화함으로써 정보를 보다 깊이 있게 얻는다.

<65> 블록(816)에서, 처리 로직은 변수의 하나 또는 그 이상의 성분들의 원시 데이터가 제공될 때까지 사용자 선택에 응답하여 변수의 하나 또는 그 이상의 성분들에 관한 정보를 보다 깊이 있게 계속하여 제공한다. 다른 말로, 데이터를 제공하고 사용자 입력을 수신하는 처리는 가장 기본적인 원 데이터가 제공될 때까지 반복된다. 일 실시예에서, 다른 레벨들로 디스플레이된 정보 사이의 관계는 정보의 추후 레벨이 이전 레벨보다 깊이 있다는 것이다. 다른 실시예에서, 다른 레벨들로 디스플레이된 정보 사이의 관계는 정보의 추후 레벨이 다르지만 디스플레이된 정보의 이전 레벨과 관련되고, 사용자가 데이터 사이 중에서 구별할 수 있도록 하는 다른 시각으로 제공되는 것이다. 예를들어, 모든 로트(lot)들에 대해 "단계 2의 평균 챔버 스로틀 밸브" 값들을 디스플레이하는 도 5와 비교하면, 도 6a는 동일한 로트 내에서 샘플들의 선택된 슬롯들에 대해서만 "단계 2의 평균 챔버 스로틀 밸브"만을 디스플레이하고, 이것은 상이한 전망(perspective)의 정보를 나타낸다. 대조하여, 도 6b는 시간에 따른 "단계 2의 챔버 스로틀 밸브"의 원시 값들을 디스플레이하고 이를 다른 선택된 샘플들과 비교한다. 이런 추후 실시예는 도 5에 의해 도시된 바와 같이 이전 레벨과 비교하여 정보의 레벨을 보다 깊이 있게 도시한다.

<66> 그러므로, 사용자 인터페이스는 사용자 인터페이스에 제공된 데이터에 링크된 정보의 레벨들을 보다 깊이 있게 다르게 디스플레이하기 위하여 사용자에게 반복 상호작용 처리를 제공함으로써 결합 진단을 돕는다. 다른 말로, 블록(816)은 결합에 대한 기여가 분류되고 설명되거나 디스플레이된 정보가 가장 기본적이고 더 이상 임의의 추가 드릴 다운이 이루어지지 않는 경우 정보 드릴 다운이 연구될 때까지 정보 드릴 다운이 하나의 디스플레이로부터 다른 디스플레이로 계속되는 것을 설명한다. 정보의 하나의 레벨에 의해 사용자가 결합을 검출할 수 있게 하는 경우의 결합 검출과 달리, 결합 진단이 다중 레벨들에서 정보의 분석을 포함하는 것이 인식되어야 한다. 결합 진단은 변수들의 성분들의 관계들을 시험하고 다른 샘플들 및 표준들에 대해 데이터를 비교하기 위하여 드릴 다운 처리를 요구할 수 있다. 드릴링 다운이 필수적으로 정보를 보다 깊이 있게 얻는 것을 의미하는 것이 아닌 것을 추가로 인식하여야 하고, 정보 대신 주변 측면이 고려되거나 정보가 깊이 있게 고려될 수 있는 다른 성분들, 변수들 및 샘플들에 관련하여 정보의 관계들의 탐구를 통합하여야 한다.

<67> 도 9는 머신이 여기에 논의된 임의의 하나 또는 그 이상의 방법론들을 수행하게 하는 한 세트의 명령들이 실행될 수 있는 컴퓨터 시스템(900)의 예시적 형태로 머신을 개략적으로 도시한다. 다른 실시예들에서, 머신은 LAN, 인트라넷, 엑스트라넷, 또는 인터넷의 다른 머신들에 접속(예를들어, 네트워킹)될 수 있다. 머신은 클라이언트 서버 네트워크 환경에서 서버 또는 클라이언트 머신, 또는 피어 투 피어(또는 분산) 네트워크 환경에서 피어 머신의 용량에서 동작할 수 있다. 머신은 퍼스널 컴퓨터(PC), 태블릿 PC, 셋톱 박스(STB), 퍼스널 디지털 어시스턴트(PDA), 셀룰러 전화, 웹 장치, 서버, 네트워크 라우터, 스위치 또는 브리지, 또는 머신에 의해 취해질 액션들을 지정하는 한 세트의 명령들(순차적 또는 판 방법)을 실행할 수 있는 임의의 머신일 수 있다. 게다가, 단일 머신만이 도시되었지만, 용어 "머신"은 여기에 논의된 임의의 하나 또는 그 이상의 방법들을 수행하기 위한 한 세트(또는 다중 세트)의 명령들을 개별적으로 또는 결합하여 실행하는 머신들의 임의의 집합을 포함하는 것으로 취해진다.

<68> 예시적인 컴퓨터 시스템(900)은 버스(930)를 통하여 서로 통신하는 처리 장치(프로세서)(902), 메인 메모리(904)(예를들어, 판독 전용 메모리(ROM), 플래시 메모리, 동기 DRAM(SDRAM) 또는 램버스 DRAM(RDRAM) 같은 동적 랜덤 액세스 메모리(DRAM), 등등), 정적 메모리(906)(예를들어, 플래시 메모리, 정적 랜덤 액세스 메모리(SRAM), 등), 및 데이터 저장 장치(918)를 포함한다.

<69> 프로세서(902)는 마이크로프로세서, 중앙 처리 유닛 등과 같은 하나 또는 그 이상의 범용 처리 장치들을 나타낸다. 특히, 프로세서(902)는 복합 명령어 세트 컴퓨팅(CISC) 마이크로프로세서, 감소된 명령어 세트 계산(RISC) 마이크로프로세서, 매우 긴 명령어 워드(VLIW) 마이크로프로세서, 또는 다른 명령어 세트들을 실행하는 프로세서 또는 명령어 세트들의 결합물을 실행하는 프로세서들일 수 있다. 프로세서(902)는 애플리케이션 지정 집적 회로(ASIC), 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA), 디지털 신호 프로세서(DSP), 네트워크 프로세서, 또는 등등 같은 하나 또는 그 이상의 특수 목적 처리 장치들일 수 있다. 프로세서(902)는 여기에 논의된 동작들 및 단계들을 수행하기 위한 처리 로직(929)을 실행하기 위하여 구성된다.

<70> 컴퓨터 시스템(900)은 네트워크 인터페이스 장치(908)를 더 포함할 수 있다. 컴퓨터 시스템(900)은 비디오 디

스플레이 유닛(910)(예를들어, 액정 디스플레이(LCD) 또는 음극선관(CRT)), 영숫자 입력 장치(912)(예를들어, 키보드), 커서 제어 장치(914)(예를들어, 마우스), 및 신호 생성 장치(919)(예를들어, 스피커)를 포함할 수 있다.

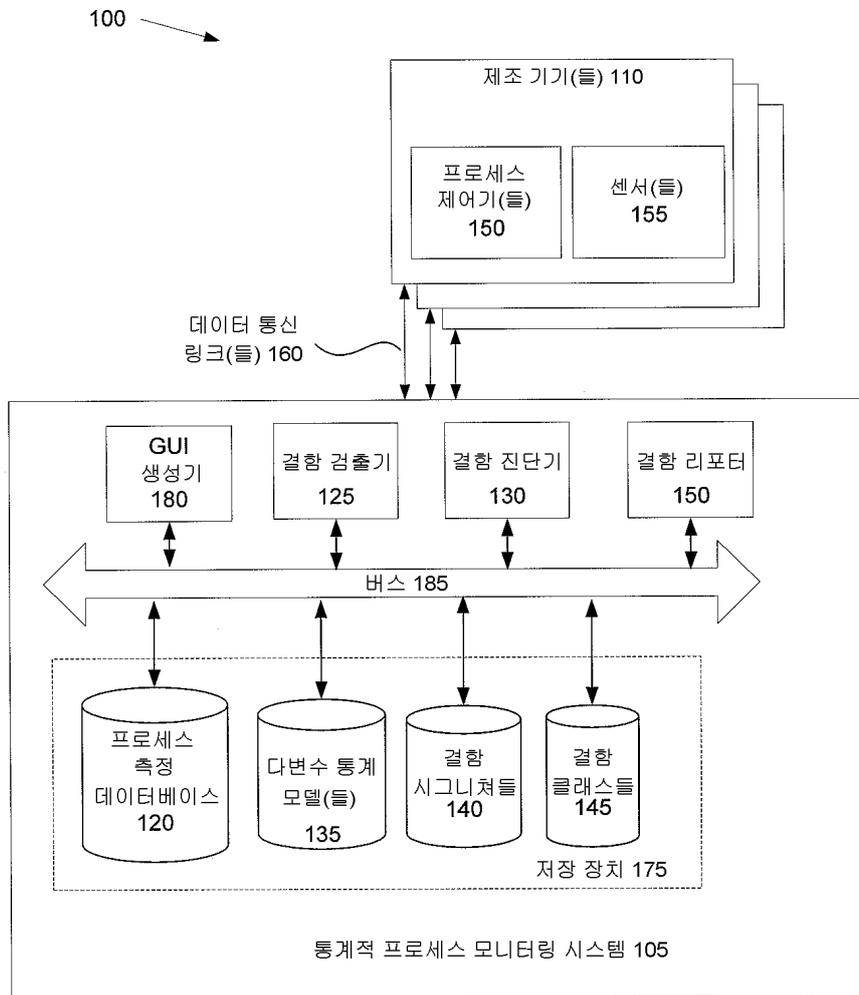
- <71> 데이터 저장 장치(918)는 여기에 논의된 임의의 하나 또는 그 이상의 방법들 또는 기능들을 구현하는 하나 또는 그 이상의 명령어 세트들(예를들어, 소프트웨어 922)을 저장한 기계 액세스가능한 저장 매체(931)를 포함할 수 있다. 소프트웨어(922)는 컴퓨터 시스템(900), 메인 메모리(904) 및 기계 액세스가능한 저장 매체를 구성하는 프로세서(902)에 의해 실행 동안 메인 메모리(904) 및/또는 프로세서(902)내에 완전히 또는 적어도 부분적으로 잔류할 수 있다. 소프트웨어(922)는 네트워크 인터페이스 장치(908)를 통하여 네트워크(920)를 통하여 추가로 전송되거나 수신될 수 있다.
- <72> 기계 액세스가능한 저장 매체(931)는 사용자 식별 상태들을 정의하는 데이터 구조 세트들 및 사용자 프로파일들을 정의하는 사용자 선호도들을 저장하기 위하여 사용될 수 있다. 데이터 구조 세트들 및 사용자 프로파일들은 정적 메모리(906) 같은 컴퓨터 시스템(900)의 다른 섹션들에 저장될 수 있다.
- <73> 기계 액세스가능한 저장 매체(931)가 예시적인 실시예에서 단일 매체로 도시되었지만, 용어 "기계 액세스가능한 저장 매체"는 하나 또는 그 이상의 명령어 세트들을 저장하는 단일 매체 또는 다중 매체(예를들어, 중앙식 또는 분산식 데이터베이스, 및/또는 연관된 캐시들 및 서버들)을 포함한다. 용어 "기계 액세스가능한 저장 매체"는 기계에 의해 실행하기 위한 명령어들의 세트를 저장, 인코딩 또는 운반하고 기계가 본 발명의 임의의 하나 또는 그 이상의 방법들을 수행할 수 있게 하는 임의의 매체를 포함한다. 용어 "기계 액세스가능한 저장 매체"는 고체상태 메모리들, 광학 및 자기 매체, 및 반송파 신호들로 제한되지 않지만, 이를 포함한다.
- <74> 상기 설명이 도시적이고, 제한되지 않는 것이 이해된다. 많은 다른 실시예들은 상기 설명을 읽고 이해하는 당업자에게 명백할 것이다. 본 발명의 범위는 청구항들이 포함하는 모든 등가 범위들과 함께 첨부된 청구항들을 참조하여 결정되어야 한다.

도면의 간단한 설명

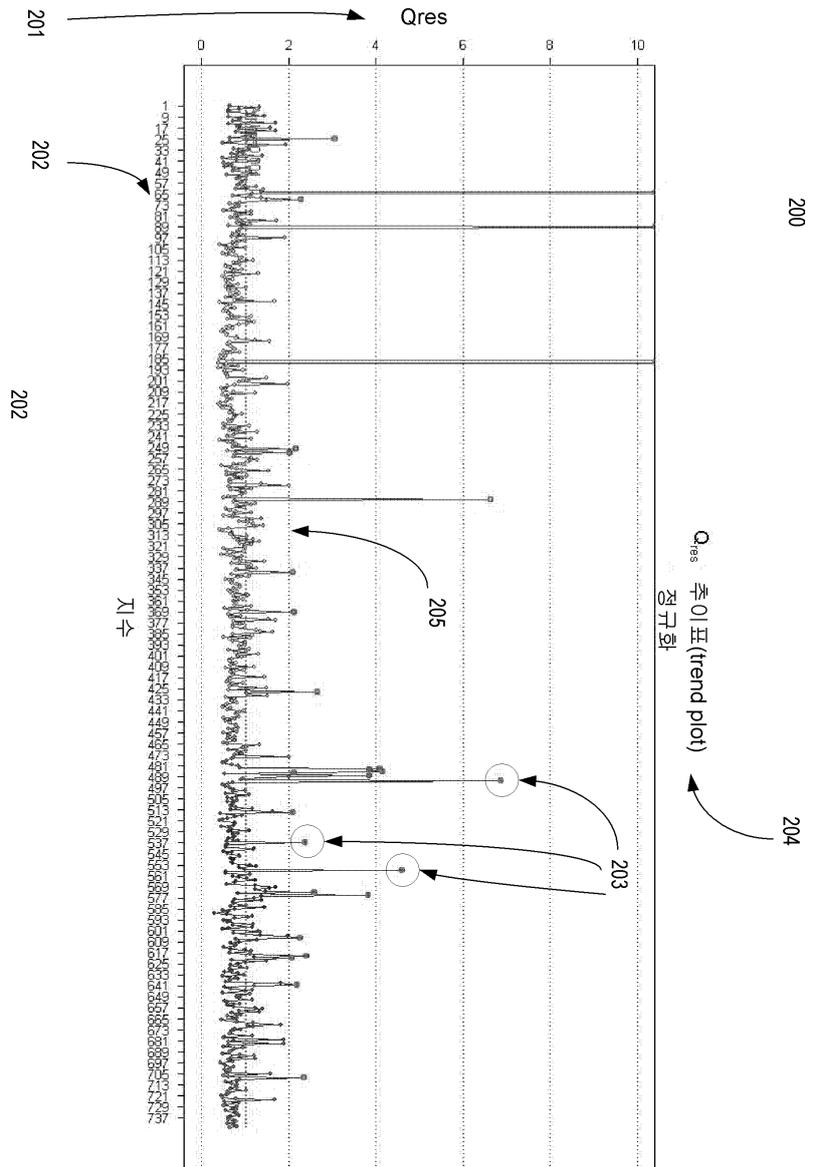
- <75> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 통계적 프로세스 모니터링 시스템을 도시한다.
- <76> 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 복수의 샘플들에 대한 다변수 모델 계측값의 추이표 모델을 도시한다.
- <77> 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 도 2의 포인트로부터 선택된 바에 따라 제한된 정보를 갖는 결합 분포의 도면을 도시한다.
- <78> 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 도 2의 한 포인트로부터 선택된 바에 따라 샘플 제작 프로세스에서 다수의 변수들의 상이한 컴포넌트들에 상호 연관된 결합에 대한 분포들의 도면을 도시한다.
- <79> 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 다수의 샘플들에 대한 결합에 대한 상이한 분포에 각각 대응하는 제작 프로세스에서 변수 컴포넌트의 추이의 도면을 도시한다.
- <80> 도 6a는 본 발명의 일실시예에 따른 다른 선택된 샘플들의 변수 컴포넌트의 값들과 비교하여 도 5의 한 샘플의 변수 컴포넌트의 도면을 도시한다.
- <81> 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따라 선택된 샘플들의 원시(raw) 데이터 기록과 비교하여 도 5의 한 샘플의 변수 컴포넌트의 로우 데이터 기록의 도면을 도시한다.
- <82> 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 다변수 결합 검출을 나타내기 위한 사용자 인터페이스를 생성하는 방법의 흐름도를 도시한다.
- <83> 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 결합들의 그래픽적인 검출 및 진단의 흐름도를 도시한다.
- <84> 도 9는 기기가 본 발명의 일실시예에 따라 본 명세서에서 논의되는 하나 이상의 방법론들을 실행하게 하기 위한 명령어들의 세트가 실행될 수 있는 컴퓨터 시스템의 예시적인 형태의 기기의 개략적인 도면을 도시한다.

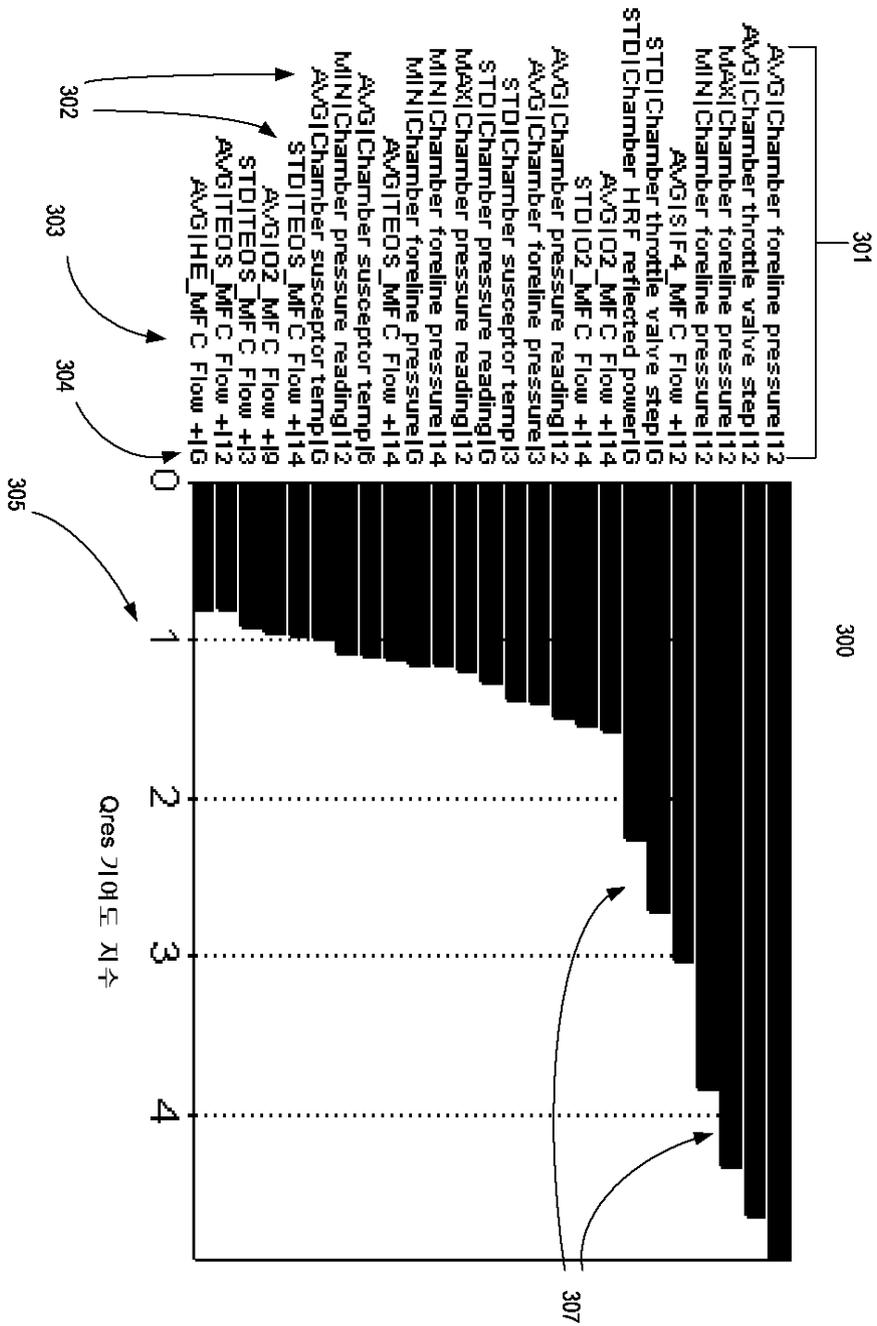
도면

도면1



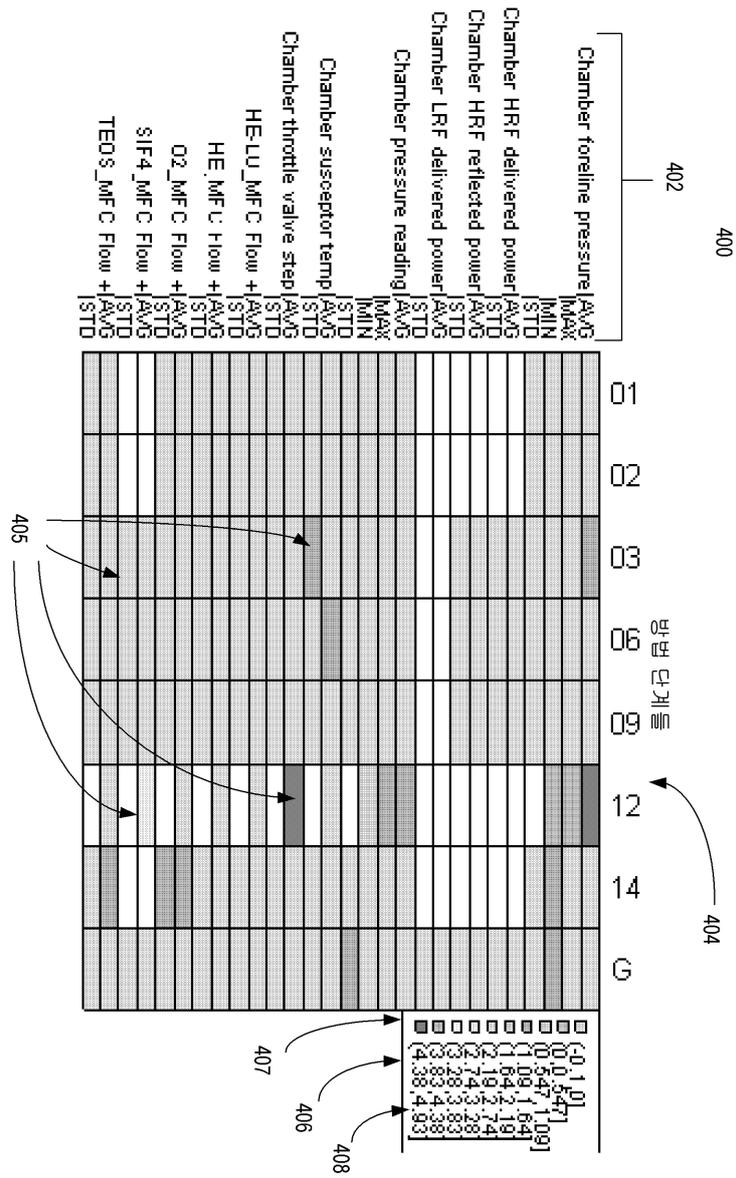
도면2



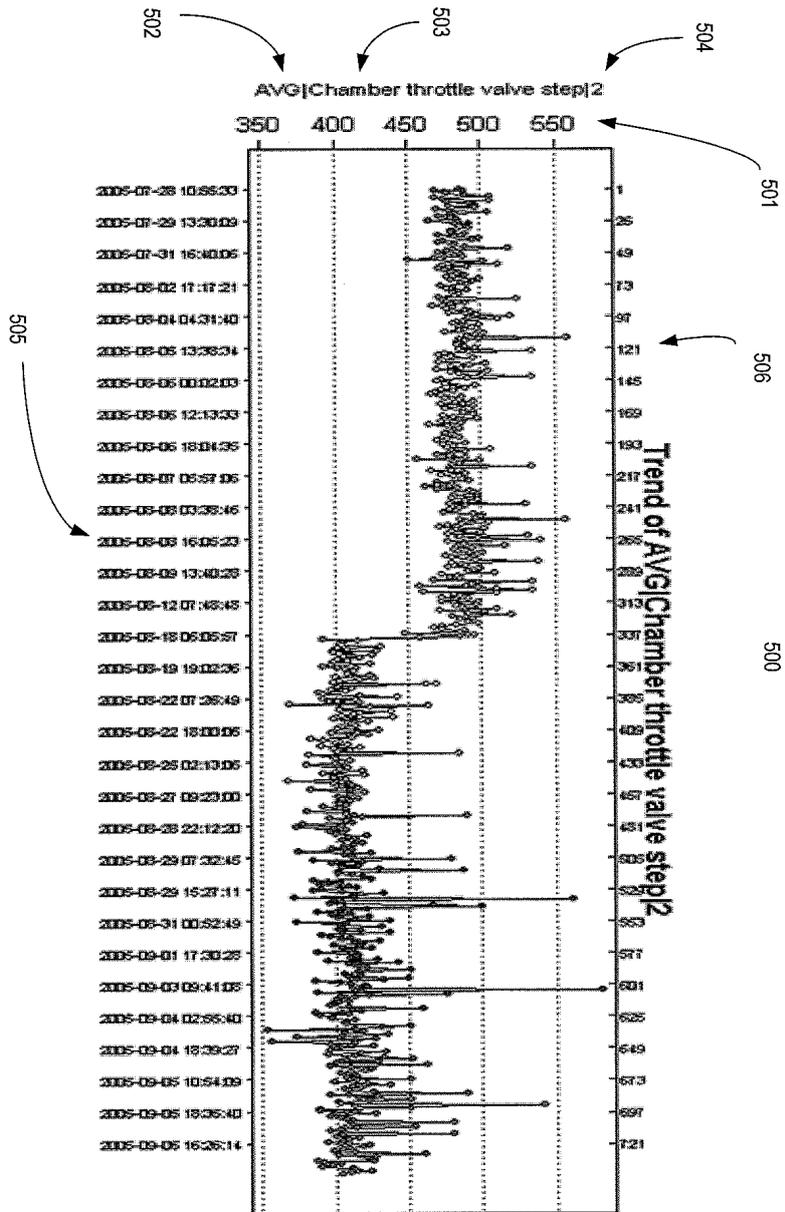


도면3

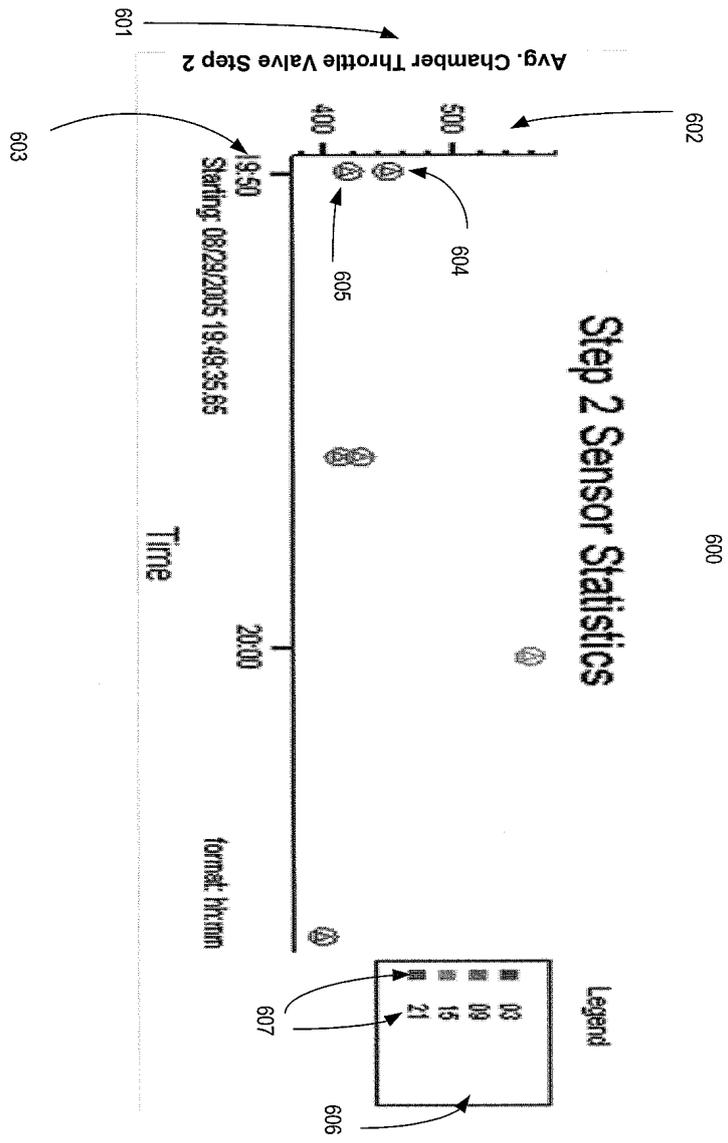
도면4



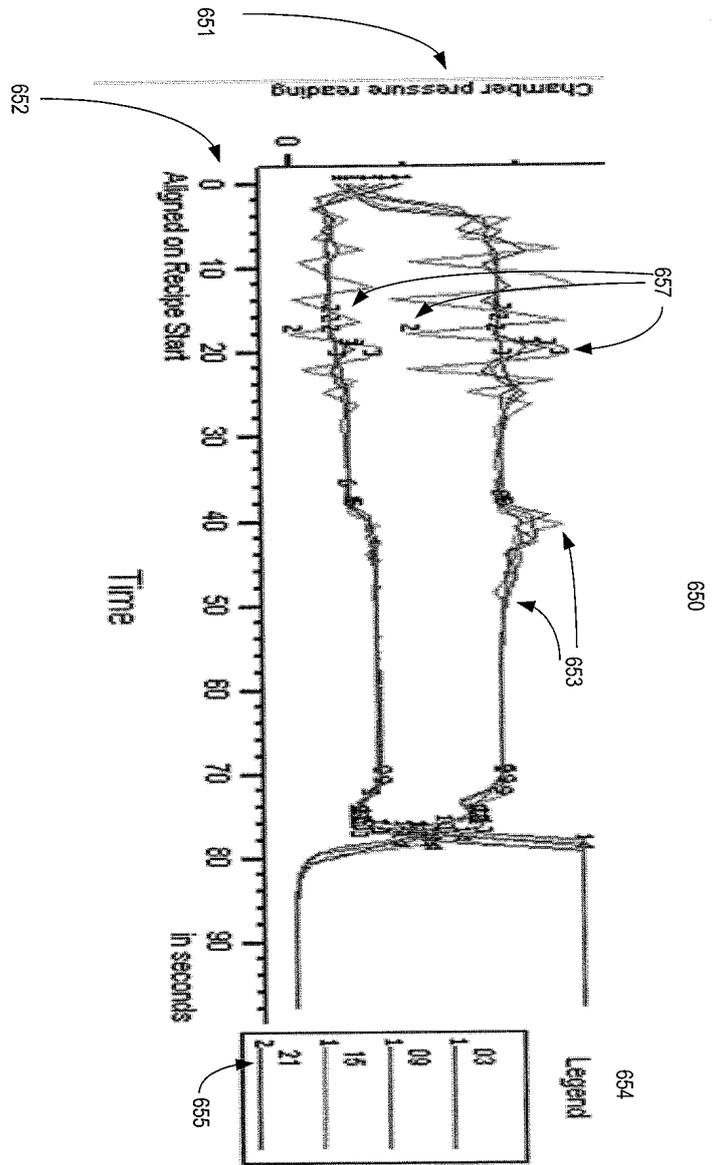
도면5



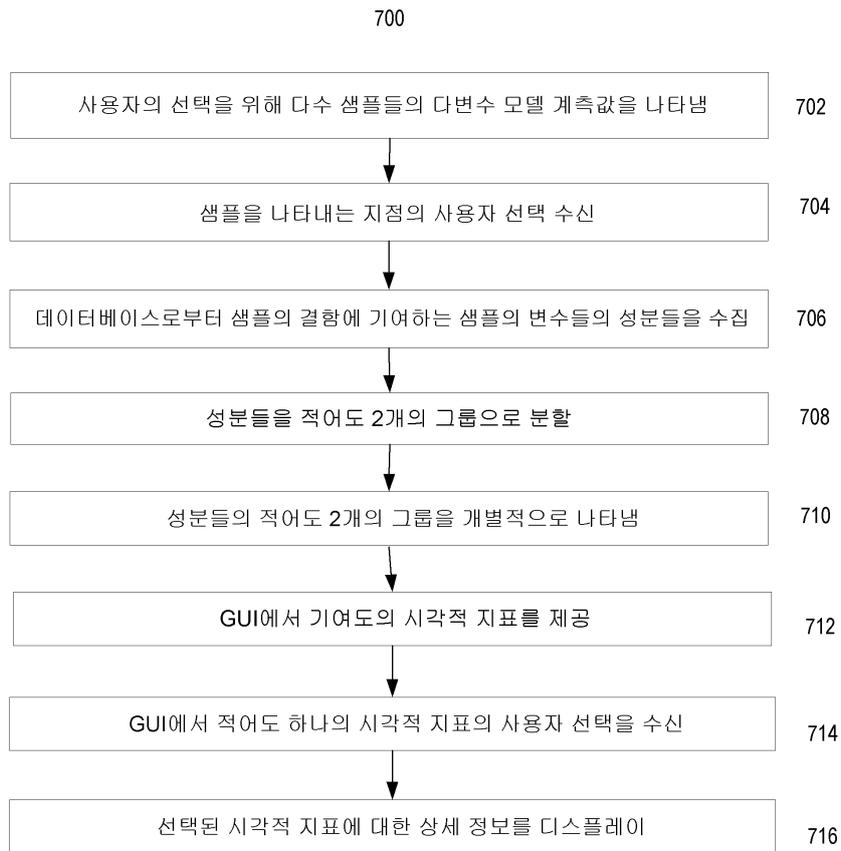
도면6a



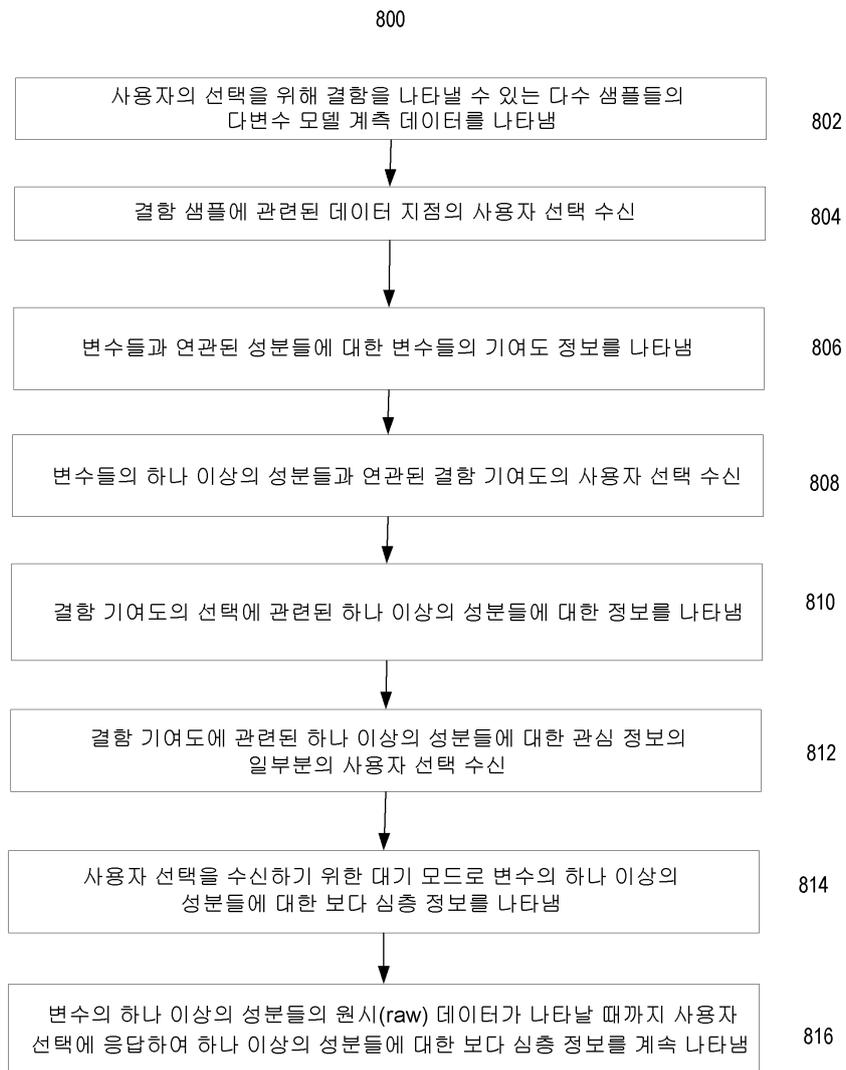
도면6b



도면7



도면8



도면9

