



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.	(45) 공고일자	2007년04월16일
H01L 21/66 (2006.01)	(11) 등록번호	10-0708009
	(24) 등록일자	2007년04월09일

(21) 출원번호	10-2002-7004424	(65) 공개번호	10-2002-0047215
(22) 출원일자	2002년04월04일	(43) 공개일자	2002년06월21일
심사청구일자	2005년04월14일		
변역문 제출일자	2002년04월04일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/011522	(87) 국제공개번호	WO 2001/25865
국제출원일자	2000년04월28일	국제공개일자	2001년04월12일

(81) 지정국 국내특허 : 일본, 대한민국,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 리히텐슈타인, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

(30) 우선권주장 09/412,679 1999년10월05일 미국(US)

(73) 특허권자 어드밴스드 마이크로 디바이시즈, 인코포레이티드
미국 캘리포니아 94088-3453 서니베일 원 에이엠디 플레이스 메일 스톱68

(72) 발명자 톱렉앤소니제이.
미국텍사스78731오스틴월넛크레이4023

캠벨윌리엄제이.
미국텍사스78729오스틴베어트랩레인12407

(74) 대리인 박장원

(56) 선행기술조사문헌
1019980026111 * 1019980702034 *
US05546312 *
* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 홍성의

전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 통계적 공정 제어를 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법을 제공한다. 제조 모델이 정의된다. 반도체 디바이스의 제조 런은, 제조 모델에 의해 정의되고 공정 제어기에 의해 실행되는 바에 따라 수행된다. 결함 검출 분석이

공정 제어기 상에서 수행된다. 공정 제어기에 의해 발생된 적어도 1개의 제어 입력 신호가 갱신된다. 본 발명의 장치는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치가 제공된다. 본 발명의 장치는 공정 제어기와 결합된 공정툴과; 공정툴과 인터페이스되는 계측툴과; 계측툴과 인터페이스되며 피드백 방식으로 공정 제어기에 연결되는 제어 변경 데이터 계산 유닛과; 공정 제어기와 인터페이스되는 예측 함수와; 예측 함수 및 공정툴과 인터페이스되는 통계적 공정 제어 분석 유닛과; 그리고 통계적 공정 제어 분석 유닛과 인터페이스되며 피드백 방식으로 공정 제어기에 연결되는 결과 대 예측 분석 유닛을 포함한다.

대표도

도 5

특허청구의 범위

청구항 1.

통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법에 있어서,

제조 모델을 정의하는 단계와;

상기 제조 모델에 의해 정의되고 공정 제어기에 의해 실행되는 바에 따라 반도체 디바이스의 제조 런을 수행하는 단계와;

상기 제조 모델에 있어서의 바이어스를 줄이기 위해 상기 공정 제어기 상에서 결합 검출 분석을 수행하는 단계와, 여기서 상기 결합 검출 분석의 수행은 결과 대 예측 분석을 수행하기 전에 상기 통계적 공정 제어 분석을 수행하는 것을 포함하고; 그리고

상기 결합 검출 분석에 응답하여 상기 공정 제어기에 의해 발생되는 적어도 하나의 제어 입력 신호를 갱신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 포토리소그래피 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 식각 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 증착 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 이온 주입 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 화학 기계적 연마 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 7.

제 1 항에 있어서,

상기 공정 제어기 상에서 결함 검출 분석을 수행하는 단계는:

생산 데이터를 얻고;

상기 생산 데이터를 이용하여 공정 제어기의 성능 모니터링을 수행하고;

상기 공정 제어기의 성능 모니터링에 응답하여 상기 제조 모델을 변경하고; 그리고

상기 공정 제어기에서 상기 변경된 제조 모델을 실시하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 생산 데이터를 얻는 단계는 계측틀을 이용하여 계측 데이터를 얻는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 9.

제 7 항에 있어서,

상기 생산 데이터를 이용하여 상기 공정 제어기의 성능 모니터링을 수행하는 단계는:

제조 파라미터를 측정하고;

상기 제조 파라미터에 기초하여 변경 데이터를 계산하고;

통계적 공정 제어 분석을 수행하고;

상기 통계적 공정 제어 분석에 기초하여 결과 대 예측 분석을 수행하고; 그리고

상기 계산된 변경 데이터와 상기 결과 대 예측 분석에 기초하여 상기 제조 모델을 변경하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 제조 파라미터를 측정하는 단계는 계측틀을 이용하여 계측 데이터를 측정하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 11.

제 9 항에 있어서,

상기 계측 데이터를 측정하는 단계는 반도체 웨이퍼 상에서의 오정렬 에러를 측정하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 12.

제 9 항에 있어서,

상기 계측 데이터를 측정하는 단계는 반도체 웨이퍼 상에서의 오동록을 측정하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 13.

제 9 항에 있어서,

상기 계측 데이터를 측정하는 단계는 반도체 웨이퍼 상에서의 연마 두께 에러를 측정하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 14.

제 9 항에 있어서,

상기 결과 대 예측 분석을 수행하는 단계는 예측된 제조 공정 작용과 측정된 제조 공정의 결과를 비교하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법.

청구항 15.

통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치에 있어서,

제조 모델에서의 바이어스를 줄이기 위해 결함 검출 분석을 수행하는 공정 제어기와, 여기서 상기 결함 검출 분석은 결과 대 예측 분석을 수행하기 전에 상기 통계적 공정 제어 분석을 수행하는 것을 포함하고;

상기 공정 제어기에 결합된 공정툴과;

상기 공정툴과 인터페이스되는 계측툴과;

피드백 방식으로 상기 공정 제어기에 연결되고 상기 계측툴과 인터페이스되는 제어 변경 데이터 계산 유닛과;

상기 공정 제어기와 인터페이스되는 예측 함수와;

상기 예측 함수 및 상기 공정툴과 인터페이스되는 통계적 공정 제어 분석 유닛과; 그리고

피드백 방식으로 상기 공정 제어기에 연결되고 상기 통계적 공정 제어 분석 유닛과 인터페이스되는 결과 대 예측 분석 유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치.

청구항 16.

제 15 항에 있어서,

상기 공정 제어기는 런 투 런 제어인 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치.

청구항 17.

제 15 항에 있어서,

상기 공정 제어기는 어드밴스드 공정 제어(APC) 시스템인 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치.

청구항 18.

제 15 항에 있어서,

상기 제어 변경 데이터 계산 유닛은 상기 공정 제어기 내에 통합되는 컴퓨터 소프트웨어 프로그램인 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치.

청구항 19.

제 15 항에 있어서,

상기 예측 함수는 제조 모델 내에 통합되는 컴퓨터 소프트웨어 프로그램인 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치.

청구항 20.

제 15 항에 있어서,

상기 통계적 공정 제어 분석 유닛은 컴퓨터 소프트웨어 프로그램인 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치.

청구항 21.

제 15 항에 있어서,

상기 결과 대 예측 분석 유닛은 컴퓨터 소프트웨어 프로그램인 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치.

청구항 22.

통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치에 있어서,

제조 모델을 정의하는 수단과;

상기 제조 모델에 의해 정의되고 공정 제어기에 의해 실행되는 바에 따라 반도체 디바이스의 제조 런을 수행하는 수단과;

상기 제조 모델에서의 바이어스를 줄이기 위해 상기 공정 제어기 상에서 결함 검출 분석을 수행하는 수단과, 여기서 상기 결함 검출 분석의 수행은 결과 대 예측 분석을 수행하기 전에 상기 통계적 공정 제어 분석을 수행하는 것을 포함하고; 그리고

상기 결함 검출 분석에 응답하여 상기 공정 제어기에 의해 발생하는 적어도 하나의 제어 입력 신호를 갱신하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치.

청구항 23.

컴퓨터에 의해 실행될 때, 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법을 수행하는 명령들이 엔코딩된 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스에 있어서, 상기 방법은:

제조 모델을 정의하는 단계와;

상기 제조 모델에 의해 정의되고 공정 제어기에 의해 실행되는 바에 따라 반도체 디바이스의 제조 런을 수행하는 단계와;

상기 제조 모델에서의 바이어스를 줄이기 위해 상기 공정 제어기 상에서 결함 검출 분석을 수행하는 단계와, 여기서 상기 결함 검출 분석의 수행은 결과 대 예측 분석을 수행하기 전에 상기 통계적 공정 제어 분석을 수행하는 것을 포함하고; 그리고

상기 결함 검출 분석에 응답하여 상기 공정 제어기에 의해 발생하는 적어도 하나의 제어 입력 신호를 갱신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 24.

제 23 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 포토리소그래피 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 25.

제 23 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 식각 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 26.

제 23 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 증착 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 27.

제 23 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 이온 주입 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 28.

제 23 항에 있어서,

상기 제조 모델을 정의하는 단계는 반도체 디바이스에 대한 화학 기계적 연마 공정을 묘사하는 제조 모델을 정의하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 29.

제 23 항에 있어서,

상기 공정 제어기 상에서 결함 검출 분석을 수행하는 단계는:

생산 데이터를 얻고;

상기 생산 데이터를 이용하여 공정 제어기의 성능 모니터링을 수행하고;

상기 공정 제어기의 성능 모니터링에 응답하여 상기 제조 모델을 변경하고; 그리고

상기 공정 제어기에서 상기 변경된 제조 모델을 실시하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 30.

제 29 항에 있어서,

상기 생산 데이터를 얻는 단계는 계측틀을 이용하여 계측 데이터를 얻는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 31.

제 29 항에 있어서,

상기 생산 데이터를 이용하여 상기 공정 제어기의 성능 모니터링을 수행하는 단계는:

제조 파라미터를 측정하고;

상기 제조 파라미터에 기초하여 변경 데이터를 계산하고;

통계적 공정 제어 분석을 수행하고;

상기 통계적 공정 제어 분석에 기초하여 결과 대 예측 분석을 수행하고; 그리고

상기 계산된 변경 데이터와 상기 결과 대 예측 분석에 기초하여 상기 제조 모델을 변경하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 32.

제 31 항에 있어서,

상기 제조 파라미터를 측정하는 단계는 계측틀을 이용하여 계측 데이터를 측정하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 33.

제 31 항에 있어서,

상기 계측 데이터를 측정하는 단계는 반도체 웨이퍼 상에서의 오정렬 에러를 측정하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 34.

제 31 항에 있어서,

상기 계측 데이터를 측정하는 단계는 반도체 웨이퍼 상에서의 오등록을 측정하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 35.

제 31 항에 있어서,

상기 계측 데이터를 측정하는 단계는 반도체 웨이퍼 상에서의 연마 두께 에러를 측정하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

청구항 36.

제 31 항에 있어서,

상기 결과 대 예측 분석을 수행하는 단계는 예측된 제조 공정 작용과 측정된 제조 공정의 결과를 비교하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 프로그램 저장 디바이스.

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 반도체 제품의 제조에 관한 것으로서, 특히 통계적 공정 제어를 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

제조 산업에 있어서의 기술 급증으로 인해 많은 새롭고 혁신적인 제조 공정들이 개발되었다. 오늘날의 제조 공정들, 특히 반도체 제조 공정들은 복수의 중요한 단계들을 필요로 한다. 이러한 단계들은 보통 매우 중요하기 때문에, 적절한 제조 제어를 유지하기 위해서는 일반적으로 정교하게 조정되는 많은 입력들을 필요로 한다.

반도체 디바이스의 제조는 반도체 원재료(raw material)로부터 패키징된 반도체 디바이스를 생성하기 위해 개별적인 많은 공정 단계들을 필요로 한다.

반도체 재료의 초기 성장으로부터, 개별적인 웨이퍼로의 반도체 결정의 슬라이싱(slicing), 제조 단계들(식각, 도핑, 이온 주입 등), 패키징 및 완성된 디바이스의 최종 검사까지의 다양한 공정들은 서로 다르고 특화되기 때문에, 이러한 공정들은 다른 제어 방식을 이용하는 다른 제조 장소에서 수행될 수 있다.

반도체 디바이스 제조에 있어서의 중요한 양상들로는, RTA 제어, 화학 기계적 평탄화(CMP) 제어 및 오버레이(overlay) 제어가 있다. 오버레이는 반도체 제조의 포토리소그래피 분야에서의 중요한 단계들중 하나이다. 오버레이 제어는 반도체 디바이스 표면의 패터닝된 2개의 연속적인 층들 간의 오정렬의 측정을 포함한다. 일반적으로, 오정렬 에러를 최소화하는 것은, 반도체 디바이스의 복수의 층들이 확실하게 연결되어 기능하도록 하는 데에 있어서 중요하다. 기술의 진보에 의해 반도체 디바이스의 임계 치수가 점점 작아짐에 따라, 오정렬 에러에 대한 감소 요구가 비약적으로 높아지고 있다.

일반적으로, 포토리소그래피 엔지니어는 현재 오버레이 에러를 1달에 몇 차례 분석한다. 이러한 오버레이 에러 분석의 결과는 노광 툴의 설정을 수동으로 갱신하는 데에 이용된다. 일반적으로, 제조 모델은 제조 공정을 제어하는 데에 이용된다. 현재의 방법에 관련된 문제로서 노광 툴의 설정이 단지 1달에 몇 차례만 갱신된다는 것을 들 수 있다. 또한, 현재 노광 툴의 갱신은 수동으로 행해지고 있다. 많은 경우, 반도체 제조에 있어서의 에러는 조직화(organization)되어 품질 관리자에게 보고되지 않는다. 종종, 제조 모델 자체가 제조 품질을 손상시킬 수 있는 바이어스 에러를 야기시킨다.

일반적으로, 공정 단계의 세트는 노광 툴 또는 스테퍼(stepper)라 불리는 반도체 제조틀 상에서 웨이퍼의 로트(lot)에 대해 수행된다. 제조틀은 제조 프레임워크 또는 처리 모듈의 네트워크와 통신한다. 일반적으로, 제조틀은 장비 인터페이스에 연결된다. 이 장비 인터페이스는 스테퍼가 연결된 머신 인터페이스에 연결됨으로써, 스테퍼와 제조 프레임워크 간의 통신을 용이하게 한다. 머신 인터페이스는 일반적으로 어드밴스드 공정 제어(Advanced Process Control: APC) 시스템의 일부가 될 수 있다. APC 시스템은 제조 모델에 기초하여 제어 스크립트(control script)를 개시하는바, 이는 제조 공정을 실행하는 데에 필요한 데이터를 자동으로 검색하는 소프트웨어 프로그램이 될 수 있다. 종종, 반도체 디바이스는 복수의 공정에 대해 복수의 제조틀을 통해 실시되어, 처리된 반도체 디바이스의 품질에 관련된 데이터를 발생시킨다. 많은 경우, 반도체 제조에 있어서의 에러는 조직화되어 품질 관리자에게 보고되지 않으며, 이에 의해 제조 공정의 효율이 감소될 수 있다. 바이어스 에러 등의, 제조 공정을 수행하는 데에 이용되는 제조 모델에 있어서의 에러는 종종 제조되는 제품의 품질을 손상시킨다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은 상기 설명한 1개 이상의 문제를 해결하거나, 또는 적어도 그 영향을 줄이는 것이다.

본 발명의 일 양상에서는, 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 방법이 제공된다. 제조 모델이 정의된다. 반도체 디바이스의 제조 런은, 제조 모델에 의해 정의되고 공정 제어기에 의해 실행되는 바에 따라 수행된다. 결함 검출 분석(fault detection analysis)이 공정 제어기 상에서 수행된다. 공정 제어기에 의해 발생된 적어도 1개의 제어 입력 신호가 갱신된다.

본 발명의 다른 양상에서는, 통계적 공정 제어 분석을 이용하여 제어기의 성능을 모니터링하는 장치가 제공된다. 본 발명의 장치는 공정 제어기와 결합된 공정툴과; 공정툴과 인터페이스되는 계측툴과; 계측툴과 인터페이스되며 피드백 방식으로 공정 제어기에 연결되는 제어 변경 데이터 계산 유닛과; 공정 제어기와 인터페이스되는 예측 함수(predictor function)와; 예측 함수 및 공정툴과 인터페이스되는 통계적 공정 제어 분석 유닛과; 그리고 통계적 공정 제어 분석 유닛과 인터페이스되며 피드백 방식으로 공정 제어기에 연결되는 결과 대 예측 분석 유닛(results versus prediction analysis unit)을 포함한다.

실시예

이하, 본 발명의 예시적인 실시예들에 대해 설명한다. 명확성을 위해, 본원에서는 실제 구현의 모든 특징들을 모두 설명하지는 않는다. 물론, 주목할 사항으로서, 이러한 모든 실제 실시예의 개발시, 예를 들어 시스템 관련 제약 및 사업 관련 제약을 따르는 것과 같이, 개발자의 특정한 목표들을 달성하기 위해서는, 구현마다 특정한 다양한 결정들이 이루어져야 하는 바, 이는 구현마다 달라질 것이다. 또한, 주목할 사항으로서, 이러한 개발 노력은 복잡하고 시간 소모적이지만, 그럼에도 불구하고 본원의 개시의 이득을 갖는 당업자들에게는 일상적인 작업이다.

반도체 제조는 많은 개별적인 공정과 관련된다. 많은 경우, 반도체 디바이스는 복수의 제조 공정들을 통해 진행된다. 반도체 디바이스가 제조를 통해 처리될 때, 생산 데이터 또는 제조 데이터가 발생된다. 생산 데이터는 결함 검출 분석을 수행하는 데에 이용되어, 제조 결과를 개선시킬 수 있다. 오버레이 공정은 반도체 제조에 있어서 공정 단계의 중요한 그룹이다. 구체적으로, 오버레이 공정은 제조 공정 동안 반도체층 간의 오정렬 에러의 측정을 포함한다. 이러한 오버레이 공정의 개선은, 품질 및 효율성의 측면에서, 반도체 제조 공정을 상당히 개선시킬 수 있다. 본 발명은 생산 데이터를 얻고, 얻어진 생산 데이터에 응답하여 런 투 런 제어기 등의 공정 제어기 상에서 결함 분석을 수행하는 방법을 제공한다.

도 1은 본 발명의 일 실시예를 도시한다. 일 실시예에서, 반도체 웨이퍼 등의 반도체 제품(105)이 라인(120) 상의 복수의 제어 입력 신호들을 이용하여 공정툴(110, 112) 상에서 처리된다. 일 실시예에서, 라인(120) 상의 제어 입력 신호들은 컴퓨터 시스템(130)으로부터 머신 인터페이스(115, 117)를 통해 공정툴(110, 112)에 전송된다. 일 실시예에서, 제 1, 2 머신 인터페이스(115, 117)는 공정툴(110, 112)의 외부에 위치된다. 대안적인 실시예에서, 제 1, 2 머신 인터페이스(115, 117)는 공정툴(110, 112) 내에 위치된다.

일 실시예에서, 컴퓨터 시스템(130)은 라인(120)을 통해 제어 입력 신호들을 제 1, 2 머신 인터페이스(115, 117)에 전송한다. 컴퓨터 시스템(130)은 제조 모델(140)을 이용하여 라인(120) 상에 제어 입력 신호들을 발생시킨다. 일 실시예에서, 제조 모델(140)은 특정한 제조 공정을 실행하는 공정 스크립트 및 입력 제어를 정의한다. 공정툴 A(110)에 지정된 라인(120) 상의 제어 입력 신호들은 제 1 머신 인터페이스(115)에 의해 수신되어 처리된다. 공정툴 B(112)에 지정된 라인(120) 상의 제어 입력 신호들은 제 2 머신 인터페이스(117)에 의해 수신되어 처리된다. 반도체 제조 공정에 이용되는 공정툴(110, 112)의 예로는 스테퍼가 있다.

스테퍼 등의 공정툴에 있어서, 공정툴(110, 112)을 동작시키는 데에 이용되는 라인(120) 상의 제어 입력들은 x-변환 신호, y-변환 신호, x-확장 웨이퍼 스케일 신호, y-확장 웨이퍼 스케일 신호, 레티클 확대 신호 및 레티클 회전 신호를 포함한다. 일반적으로, 레티클 확대 신호 및 레티클 회전 신호와 관련된 에러는 노광 툴에서 처리되고 있는 웨이퍼의 표면 상의 하나의 특정한 노광 공정과 관련된다. 본 발명에 의해 제시되는 주요 특징들중 하나는 반도체 제조 공정에 대한 결함 데이터를 검출하여 조직화하는 방법이다.

포토리소그래피 공정에 있어서, 공정툴(110, 112)에서의 공정 단계가 완료되면, 처리되고 있는 반도체 제품(105) 또는 웨이퍼는 검사대(review station)에서 검사된다. 이러한 검사대로는 KLA 검사대가 있다. 검사대의 동작으로부터 도출되는 한 세트의 데이터는 이전의 노광 공정에 의해 야기되었던 오등록량(amount of misregistration)의 정량적인 측정이다. 일 실시예에서, 오등록량은 반도체 웨이퍼의 2개의 층들 간에서 발생하는 공정에 있어서의 오정렬에 관련된다. 일 실시예에서, 발생하는 오등록량은 특정한 노광 공정에 대한 제어 입력에 의한 것일 수 있다. 제어 입력은 일반적으로 반도체 웨이퍼

상에서 공정툴(110, 112)에 의해 수행되는 공정 단계의 정확성에 영향을 준다. 이러한 제어 입력을 변경하여, 제조툴에서 이용되는 공정 단계의 성능을 개선할 수 있다. 많은 경우, 처리되는 반도체 제품(105)에서 발견되는 에러는 특정한 결함 분석과 상관될 수 있고, 이러한 에러를 감소시키기 위한 교정 조치가 취해질 수 있다.

도 2는 제조 모델(140)을 갱신하기 위한 프로세스의 일 실시예의 흐름도이다. 일 실시예에서, 도 2의 블록(210)에 나타난 바와 같이, APC 시스템 등의 공정 제어기에 의해 이용되는 제조 모델이 정의된다. 일단 제조 모델(140)이 정의되면, 도 2의 블록(220)에 나타난 바와 같이, 반도체 웨이퍼 등의 반도체 디바이스의 제조 런이 수행된다. 반도체 웨이퍼의 제조 런이 완료되면, 도 2의 블록(230)에 나타난 바와 같이, 복수의 웨이퍼 파라미터의 측정을 포함하여, 생산 데이터의 세트가 수집된다. 웨이퍼 파라미터는 포토리소그래피 공정 동안의 오정렬 에러 및 오등록 에러를 포함한다. 웨이퍼 파라미터는 또한 연마 공정 동안 측정되는 연마 후 두께의 에러 측정을 포함한다.

일 실시예에서, 도 2의 블록(240)에 나타난 바와 같이, 생산 데이터를 이용하여 제조 모델(140)이 갱신되는바, 이것이 공정 제어기에 의해 이용되어, 반도체 웨이퍼의 후속 제조 런을 위한 제어 입력 신호를 변경한다. 이후, 런 투 런 제어기는 반도체 웨이퍼의 다음 제조 런을 실행하고, 도 2에 도시된 바와 같이 피드백 프로세스가 반복된다. 일반적으로, 이상적인 제조 모델(140)은 가우션 타입의 에러 곡선 상에 균일하게 분포되는 랜덤한 생산 에러를 야기시킨다. 하지만, 제조 모델(140)의 비 이상적인 특성으로 인해, 랜덤하지 않은 에러가 발생할 수 있다. 제조 모델 내에서 에러의 바이어스(bias)가 일어난으로써, 반도체 제조 동안 일관된 에러를 야기시킨다.

일부 제조 공정에는, 제조 모델(140)에 의해 정의되고 반도체 웨이퍼 상에서 수행되는 300개 이상의 공정 단계가 있다. 공정 단계들중 어느 하나의 변경은 다른 관련된 공정 단계에 영향을 주어 공정 단계를 정의하는 제조 모델(140)이 부정확해질 수 있다. 어떠한 경우, 특정한 공정 단계의 변경에 의해 야기되는 반도체 웨이퍼 제조에 있어서의 연쇄 반응에 의해, 제조 모델(140)이 공정 단계를 더 이상 잘 묘사할 수 없게 됨으로써, 생산 에러를 야기시킨다. 다시 말해, 제조 모델(140)에 바이어스가 발생됨으로써, 처리되는 반도체 웨이퍼에 일관된 결함이 존재하게 된다. 예를 들어, 최초의 제조 모델이 오버레이 에러없이 반도체 웨이퍼를 발생시키도록 설계된 경우, 제조 모델(140) 내의 바이어스는 이 제조 모델(140)의 제어하에서 처리되는 모든 반도체 웨이퍼에 10 마이크로 미터의 오정렬 에러를 야기시킬 수 있다. 즉, 제조 모델(140)을 실행하는 제조 시스템에 노이즈가 존재하게 됨으로써, 표준 가우션 에러 곡선의 바깥쪽에 있는 랜덤하지 않은 에러를 야기시킨다.

또한, 제조 모델(140)의 노화에 의해, 제조 모델(140) 구조 내에서 제조되는 출력 제품을 열화(degradation)시킬 수 있다. 즉, 시간이 지남에 따라 서서히, 제조 모델(140)은 그의 이전 작용을 변경시킬 수 있다. 제조 모델(140)의 노화의 일례로서, 노광 툴의 램프의 열화가 있다. 본 발명에 의해 제시되는 방법을 실행하게 되면, 제조 모델(140)의 노화의 영향을 줄일 수 있다. 본 발명은 제조 시스템 내의 바이어스 및 노이즈를 줄이기 위한 통계적 공정 제어 분석 방법을 제시한다.

일 실시예에서, 통계적 공정 제어(SPC)는 통계적 분석을 통해 공정을 모니터, 제어 및 이상적으로는 개선하는 방법이다. 일 실시예에서, SPC 분석은 4개의 주요 단계로 이루어진다. SPC 분석의 주요 단계는 공정을 측정하는 단계와, 공정에서의 편차를 줄여 그 공정을 보다 일관성있게 하는 단계와, 공정을 모니터하는 단계와, 그리고 최고의 가치(value)를 얻기 위해 공정을 개선하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서 런 투 런 제어 응용에 이용될 수 있는 실시간 SPC에 있어서, 반도체 웨이퍼의 다음 제조 런이 처리되기 전에, 가장 최근에 완료된 반도체 웨이퍼의 제조 런으로부터 데이터가 수집된다. 각 단계는, 처리되는 반도체 웨이퍼의 품질이 각 제조 런 간에 가능한한 일관되도록 행해진다. 일반적으로, SPC 분석 룰은 반도체 웨이퍼의 하나의 제조 런 동안 발견되는 에러의 원인이 반도체 웨이퍼의 다음 제조 런이 수행되기 전에 교정되어야 함을 규정한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예의 흐름도이다. 일 실시예에서, 도 3의 블록(310)에 나타난 바와 같이, APC 시스템 등의 공정 제어기에 의해 이용되는 제조 모델(140)이 정의된다. 일단 제조 모델(140)이 정의되면, 도 3의 블록(320)에 나타난 바와 같이, 반도체 웨이퍼 등의 반도체 디바이스의 제조 런이 수행된다. 반도체 웨이퍼의 제조 런이 완료되면, 도 3의 블록(330)에 나타난 바와 같이, 공정 제어기 상에서 결함 검출 분석이 수행된다. 일 실시예에서, 결함 검출 분석은 런 투 런 제어기인 공정 제어기 상에서 수행된다. 도 4는 도 3의 블록(330)에서 설명되는 결함 검출 분석 수행 단계를 보다 상세히 나타낸다.

도 4를 참조하면, 반도체 웨이퍼의 제조 런이 완료되면, 도 4의 블록(410)에 나타난 바와 같이, 대응하는 생산 데이터가 얻어진다. 얻어진 생산 데이터는 오정렬 에러, 오등록 에러, 임계 치수 에러, 연마 두께 에러 등을 포함한다. 일단 생산 데이터가 얻어지면, 도 4의 블록(420)에 나타난 바와 같이, 공정 제어기의 성능 모니터링 단계가 수행된다. 도 5는 도 4의 블록(420)에서 설명되는 공정 제어기의 성능 모니터링 단계를 보다 상세히 나타낸다.

도 5는 공정 제어기의 성능 모니터링을 수행하는 단계의 일 실시예를 나타낸다. 일 실시예에서, 도 5의 블록(510)에 나타난 바와 같이, 공정 제어기에 의해 이용되는 제조 모델(140)이 정의된다. 이후, 도 5의 블록(520)에 나타난 바와 같이, 제조 모델을 이용하여 반도체 웨이퍼가 처리된다. 한 세트의 반도체 웨이퍼가 처리되면, 도 5의 블록(530)에 나타난 바와 같이, 생산 데이터 등의 제조 파라미터가 측정된다. 측정되는 제조 파라미터는 오정렬 에러, 오등록 에러, 임계 치수 에러 및 연마 두께 에러를 포함한다. 일 실시예에서, 제조 파라미터는 계측툴을 이용하여 측정된다.

제조 파라미터가 측정되면, 도 5의 블록(540)에 나타난 바와 같이, 제조 모델(140)에 의해 정의되는 파라미터를 변경하기 위한 변경 데이터가 계산된다. 동시에, 도 5의 블록(550)에 나타난 바와 같이, 반도체 웨이퍼를 처리한 후, 상기 설명한 SPC 분석을 수행한다. 일 실시예에서는, SPC 분석을 수행하는 동안, 특정한 제조 모델(140)에 대해 기대되는 공정 작용에 관한 예측이 이루어진다. 한 세트의 반도체 웨이퍼를 처리한 후, 도 5의 블록(560)에 나타난 바와 같이, 반도체 웨이퍼의 분석 결과가 그 예측된 공정 작용과 비교된다. 즉, 공정 단계로부터의 실제 결과가 그 공정 단계에 대해 예측된 결과의 세트와 어떻게 다른 지에 관한 판단이 이루어진다. 일 실시예에서는, 본 발명의 개시의 이득을 갖는 당업자에게 알려져있는 표준 SPC 계산 방법이 본 발명의 SPC 분석에 이용된다.

예측된 공정 결과와 실제 공정 결과 간의 차이를 이용하여, 제조 모델(140)이 반도체 웨이퍼의 다음 제조 런에 대해 변경되어야 하는지의 여부를 결정함으로써, 런 투 런 제어기 상에서 결함 검출을 수행한다. 이후, 도 5의 블록(570)에 나타난 바와 같이, 제조 파라미터를 측정하고 SPC 분석을 수행하여 얻어진 결과를 이용하여, 제조 모델(140)이 이후의 제조 공정에 이용될 수 있도록 변경된다. 블록(570)에 나타난 제조 모델(140)의 변경에 의해, 도 4의 블록(420)에 나타난 공정 제어 성능 모니터링을 수행하는 단계를 완료한다.

도 4를 다시 참조하여, 제조 모델(140)이 변경되면, 도 4의 블록(430)에 나타난 바와 같이, 변경된 제조 모델(140)은 반도체 디바이스의 후속 공정을 제어하는 공정 제어기 내에서 구현된다. 도 4의 블록(440)에 나타난 바와 같이, 라인(120) 상의 제어 입력 신호에 대한 변경을 행하는 데에 필요한 변경 팩터가 계산된다. 도 4의 블록(440)에 나타난 계산이 완료되면, 도 3의 블록(330)에 나타난 공정 제어기 상에서의 결함 검출 분석의 수행 단계가 완료된다. 도 3을 다시 참조하여, 제어 입력 신호를 변경하기 위한 계산이 이루어지면, 도 3의 블록(340)에 나타난 바와 같이, 라인(120) 상의 제어 입력 신호가 반도체 웨이퍼의 후속 제조 런에 대해 이용될 수 있도록 변경된다.

도 6은 본 발명에 의해 제시되는 원리를 구현하는 장치의 일 실시예를 도시한다. 공정 제어기(610), 공정툴(620), 계측툴(630) 및 제어 변경 데이터 계산 유닛(640) 간에 내부 피드백 루프가 생성된다. 공정 제어기(610)는 공정툴(620)과 인터페이스된다. 일 실시예에서, 공정 제어기(610)는 공정툴(620)의 기능을 제어하는 제어 입력 신호를 계산하여 전송한다. 공정툴(620)은 계측툴(630)과 인터페이스되는바, 이 계측툴(630)은 공정툴(620)에 의해 처리되는 반도체 웨이퍼에 대한 제조 파라미터의 측정을 수행한다.

계측툴(630)은 제어 변경 데이터 계산 유닛(640)과 인터페이스된다. 이 제어 변경 데이터 계산 유닛(640)은 계측툴(630)에 의해 제공되는 데이터를 이용하여, 공정 제어기(610)에 의해 발생하는 제어 입력 신호를 변경하기 위한 계산을 수행한다. 일 실시예에서, 제어 변경 데이터 계산 유닛(640)은 공정 제어기(610)와 인터페이스되는 컴퓨터 프로그램이다. 제어 변경 데이터 계산 유닛(640)으로부터의 데이터는, 공정 제어기(610)에 의해, 반도체 웨이퍼의 후속 공정을 위해 공정툴(620)에 전송되는 제어 입력 신호를 변경하는 데에 이용된다.

동시에, 공정 제어기(610), 공정툴(620), 예측 함수(650)와, SPC 분석 유닛(660) 및 결과 대 예측 분석 유닛(670) 간에는 외부 피드백 루프가 생성된다. 예측 함수(650)는 공정 제어기(610)와 인터페이스되어, 이 공정 제어기(610)에 의해 발생된 제어 입력 신호에 기초하여 반도체 웨이퍼의 제조 런의 기대되는 결과를 예측한다. 일 실시예에서, 예측 함수(650)는 컴퓨터 프로그램으로서, 제조 모델(140) 내에 위치된다. SPC 분석 유닛(660)은 처리되는 반도체 웨이퍼로부터의 데이터를 이용하여 SPC 분석을 수행한다. 일 실시예에서, SPC 분석 유닛(660)은 제조 모델(140)과 인터페이스되는 컴퓨터 프로그램이다. 결과 대 예측 분석 유닛(670)은 반도체 웨이퍼의 제조 런의 예측 결과와 반도체 웨이퍼의 제조 런의 실제 결과 간의 차이를 계산한다. 일 실시예에서, 결과 대 예측 분석 유닛(670)은 컴퓨터 프로그램이다. 공정 제어기(610)는 결과 대 예측 분석 유닛(670)에 의해 계산된 데이터를 이용하여, 공정툴(620)에 의해 수행되는 반도체 웨이퍼의 후속 제조 런에 대한 제어 입력 신호를 변경한다. 본 발명에 의해 제시되는 원리는 다른 타입의 제조 프레임워크 내에서도 구현될 수 있다.

본 발명에 의해 제시되는 원리는 APC 프레임워크에서 구현될 수 있다. APC는 본 발명에 의해 제시되는 오버레이 제어 방식을 구현하기에 바람직한 플랫폼이다. 일부 실시예에서, APC는 공장 전역에 걸친 소프트웨어 시스템이며, 이에 따라 본 발명에 의해 제시되는 제어 방식은 실질적으로 공장 바닥 위의 모든 반도체 제조툴에 적용될 수 있다. APC 프레임워크는

또한 공정 성능의 감지 및 원격 액세스를 가능하게 한다. 또한, ACP 프레임워크를 이용함으로써, 데이터 저장에 보다 편리하고, 보다 유연하고, 그리고 로컬 드라이브 보다 비용이 저렴해질 수 있다. APC 플랫폼은 필요한 소프트웨어 코드를 기록함에 있어서 매우 높은 유연성을 제공하기 때문에, 보다 정교한 타입의 제어를 가능하게 한다.

본 발명에 의해 제시되는 제어 방식을 APC 프레임워크 상에서 전개하기 위해서는, 많은 소프트웨어 구성 요소를 필요로 한다. ACP 프레임워크 내의 구성 요소에 부가적으로, 제어 시스템과 관련된 각각의 반도체 제조물에 대해 컴퓨터 스크립트가 기록된다. 제어 시스템 내의 반도체 제조물이 반도체 제조 랩 내에서 개시되면, 이는 일반적으로 스크립트에게 오버레이 제어기 등의 공정 제어기에 의해 요구되는 동작을 시작할 것을 요구한다. 제어 방법은 일반적으로 이러한 스크립트에서 정의되어 수행된다. 이러한 스크립트의 개발은 제어 시스템 개발에 있어서 상당 부분을 차지할 수 있다.

상기 개시된 특정 실시예들은 단지 예시적으로 제시된 것으로서, 본원의 개시의 이득을 갖는 당업자에게 있어서, 본 발명이 다르지만 동등한 방법으로 변형 및 실행될 수 있음은 자명하다. 또한, 본 발명은 본원에서 개시된 구성 또는 설계의 세부적인 사항들로 한정되지 않는다. 따라서, 개시된 특정 실시예들이 본 발명의 정신 및 범위 내에서 변형 또는 대체될 수 있음이 명백하다. 따라서, 본 발명은 청구항에 의해서만 규정된다.

도면의 간단한 설명

본 발명은 첨부 도면을 참조하여 설명되는 하기의 상세한 설명으로부터 보다 명확해질 것이며, 도면에서 동일한 부호는 동일한 요소를 나타낸다.

도 1은 본 발명의 일 실시예를 도시한다.

도 2는 제조 모델을 갱신하는 한 방법의 흐름도이다.

도 3은 본 발명에 의해 제시되는 방법의 흐름도이다.

도 4는 도 3에서 설명된 런 투 런(run-to-run) 제어기 상에서 결함 검출을 수행하는 단계를 보다 상세하게 나타낸 흐름도이다.

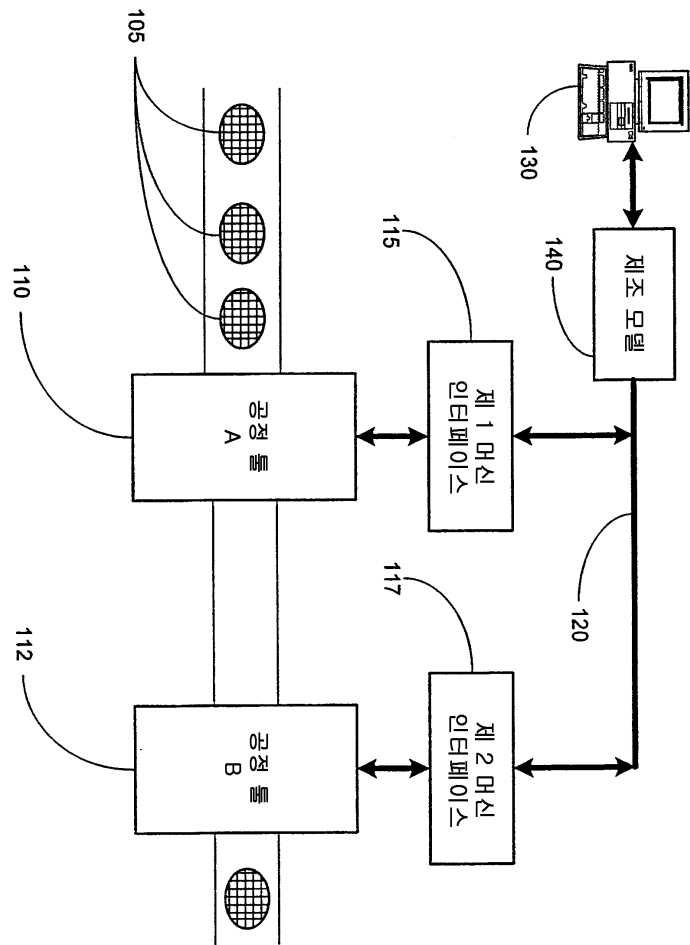
도 5는 도 4에서 설명된 공정 제어기의 성능 모니터링을 수행하는 단계를 보다 상세하게 나타낸 흐름도이다.

도 6은 본 발명에 의해 제시되는 장치의 블록도이다.

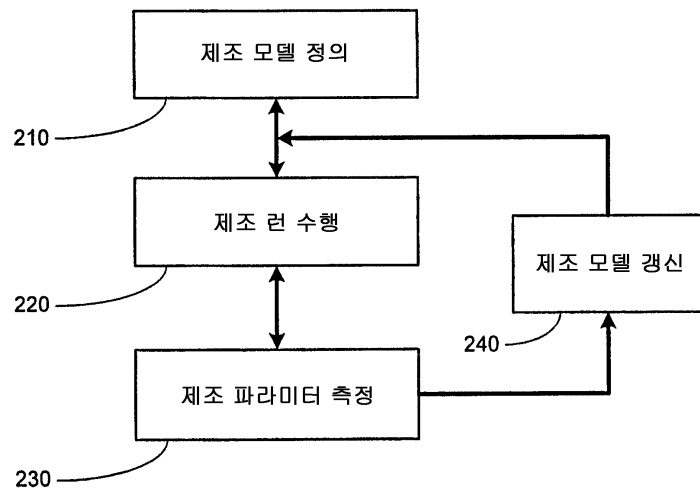
본 발명은 많은 변형을 갖지만, 본원에서는 본 발명의 특정한 실시예들에 대해 예시적으로 설명한다. 하지만, 본 발명은 개시된 특정한 형태에 한정되지 않으며, 첨부된 청구항에서 규정되는 본 발명의 정신 및 범위 내의 모든 변형, 등가물 및 대안을 포괄한다.

도면

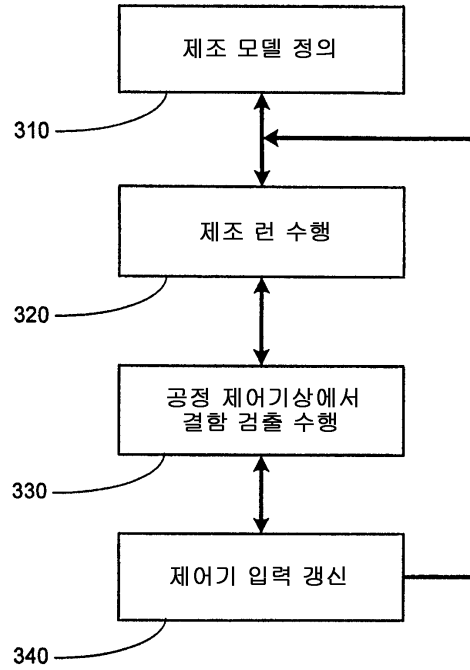
도면1



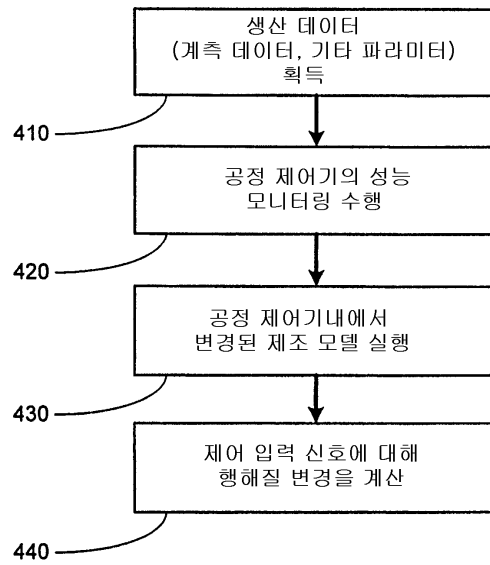
도면2



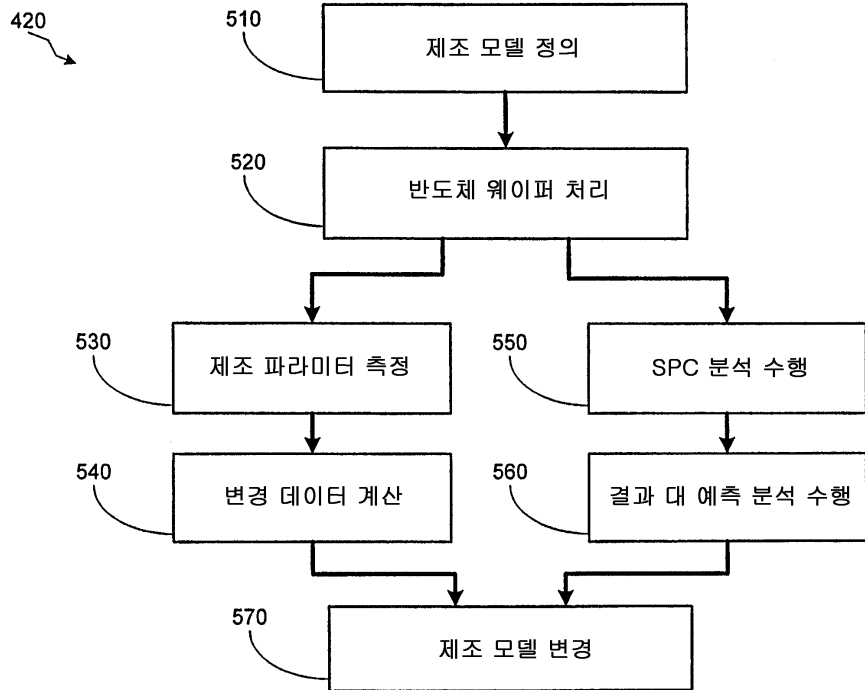
도면3



도면4



도면5



도면6

