



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.
H01L 21/66 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년02월15일
(11) 등록번호 10-0682641
(24) 등록일자 2007년02월07일

(21) 출원번호	10-2002-7001836	(65) 공개번호	10-2002-0018202
(22) 출원일자	2002년02월08일	(43) 공개일자	2002년03월07일
심사청구일자	2005년03월12일		
번역문 제출일자	2002년02월08일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/006598	(87) 국제공개번호	WO 2001/11680
국제출원일자	2000년03월13일	국제공개일자	2001년02월15일

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

(30) 우선권주장 09/371,498 1999년08월10일 미국(US)

(73) 특허권자 어드밴스드 마이크로 디바이시즈, 인코포레이티드
미국 캘리포니아 94088-3453 서니베일 원 에이엠디 플레이스 메일 스텝68

(72) 발명자 푸탐게리진
미국캘리포니아95123산호세랜도코트5381

챙제니퍼-츄
미국캘리포니아94040마운틴뷰쿠에르나바카서클로1311

선친-양
미국캘리포니아95482우키아자이나레인3361

(74) 대리인

심사관 : 김동국

전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 반도체 디바이스의 제조 공정에 대한 특성화 데이터를 발생시키기 위한 명령어를 수록한 컴퓨터 판독 가능한 매체 및 상기 특성화 데이터를 발생시키기 위한 시스템

(57) 요약

반도체 디바이스에 대한 특성화 데이터를 제공하기 위한 방법 및 장치가 제공된다. 제조 공정 동안 반도체 디바이스에 대해 수행되는 웨이퍼 전기 테스트로부터 얻어지는 측정 결과를 포함하는 제 1 데이터 세트와, 반도체 디바이스에 대한 설계

특성에 대응하는 값을 포함하는 제 2 데이터 세트를 비교한다(S216). 이러한 비교에 기초하여, 유효 성능 특성 및 무효 성능 특성을 갖는 반도체 디바이스가 식별된다. 식별된 반도체 디바이스에 대한 특성 결과 데이터가 순차적으로 발생된다(S220).

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

적어도 1개의 웨이퍼 위에 반도체 디바이스들을 형성하는 제조 공정에 대한 특성화 데이터를 발생시키기 위한 1개 이상의 명령어 시퀀스들을 수록한 컴퓨터 판독가능한 매체에 있어서, 1개 이상의 프로세서에 의한 상기 1개 이상의 명령어 시퀀스들의 실행시, 상기 1개 이상의 프로세서로 하여금:

상기 제조 공정 동안 상기 반도체 디바이스들에 대해 수행되는 테스트들로부터 얻어지는 측정 결과들을 포함하는 제 1 데이터 세트를 수신하는 단계(S214)와;

상기 반도체 디바이스에 대한 설계 특성들에 대응하는 값을 포함하는 제 2 데이터 세트를 수신하는 단계(S214)와;

상기 제 1 데이터 세트로부터의 상기 측정 결과들과 상기 제 2 데이터 세트로부터의 상기 설계 특성들을 비교하는 단계(S216)와;

상기 비교하는 단계에 기초하여, 유효 성능 특성 및 무효 성능 특성을 갖는 반도체 디바이스들을 식별하는 단계(S218)와; 그리고

상기 식별된 유효 성능 특성을 갖는 반도체 디바이스들에 기초하여 상기 제조 공정에 대한 상기 특성화 데이터를 발생시키는 단계(S220)를 수행하게 하며,

상기 특성화 데이터는 상기 반도체 디바이스들로부터의 테스트 결과들이 따르게 될 추천 한계 파라미터들을 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 데이터 세트를 수신하는 단계는:

상기 반도체 디바이스들을 형성하기 위해 분할 로트들이 상기 제조 공정에 이용되었는지의 여부를 결정하는 단계(S310)와;

상기 적어도 1개의 웨이퍼 각각이 속하는 분할 로트들을 식별하는 입력을 사용자로부터 수신하는 단계(S312)와; 그리고

상기 수신된 입력에 기초하여, 상기 분할 로트들 각각에 대해 1개 이상의 공정 특성을 발생시키는 단계(S314)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 1개 이상의 공정 특성을 발생시키는 단계는:

선택된 분할 로트에 속하는 웨이퍼들 상에 형성된 반도체 디바이스들에 대한 측정 결과들을 결합하는 단계와;

상기 선택된 분할 로트의 상기 결합된 측정 결과들에 대한 통계적 평균을 결정하는 단계와; 그리고

모든 분할 로트가 식별될 때까지, 상기 결합하는 단계 및 상기 결정하는 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 1개 이상의 프로세서에 의한 상기 1개 이상의 명령어 시퀀스들의 실행시, 상기 1개 이상의 프로세서로 하여금:

키 테스트 파라미터를 식별하는 단계와;

웨이퍼 값마다 넷 다이 수를 결정하는 단계와; 그리고

상기 제 1 데이터 세트 및 상기 제 2 데이터 세트로부터의 테스트 파라미터들에 대해 상기 키 테스트 파라미터의 결과들을 디스플레이하는 산포도를 생성하는 단계를 더 수행하게 하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 1개 이상의 프로세서에 의한 상기 1개 이상의 명령어 시퀀스들의 실행시, 상기 1개 이상의 프로세서로 하여금:

이전에 제조된 소정수의 웨이퍼로부터의 측정 결과들에 대응하는 제 3 데이터 세트를 수신하는 단계(S316)와; 그리고

상기 제 3 데이터 세트에 기초하여, 상기 적어도 1개의 웨이퍼 상의 상기 반도체 디바이스들에 대한 상기 측정 결과들의 현재 통계적 평균 및 표준 편차를 결정하는 단계(S318)를 더 수행하게 하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 데이터 세트를 수신하는 단계는:

사용자로부터 테스트 파라미터를 수신하는 단계(S210)와;

상기 적어도 1개의 웨이퍼 각각에 대해 상기 수신된 테스트 파라미터에 대응하는 상기 측정 결과들의 통계적 평균을 결정하는 단계(S302)와; 그리고

상기 적어도 1개의 웨이퍼 각각에 대해 상기 수신된 테스트 파라미터에 대응하는 상기 측정 결과들의 최소값 및 최대값을 결정하는 단계(S302)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 7.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 데이터 세트를 수신하는 단계는 상기 적어도 1개의 웨이퍼 각각에 대한 각 측정 결과의 통계적 평균을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 데이터 세트를 수신하는 단계(S210)는:

사용자로부터 적어도 2개의 선택된 테스트 파라미터들을 수신하는 단계(S302)와;

상기 적어도 1개의 웨이퍼 각각에 대해, 상기 2개의 선택된 테스트 파라미터들에 대응하는 측정 결과들의 통계적 평균을 결정하는 단계(S302)와;

상기 적어도 1개의 웨이퍼 각각에 대해, 상기 2개의 선택된 테스트 파라미터들에 대응하는 측정 결과들의 최소값 및 최대값을 결정하는 단계(S302)와; 그리고

상기 적어도 1개의 웨이퍼 각각에 대해, 상기 2개의 선택된 테스트 파라미터들에 대응하는 측정 결과들의 중앙값 및 표준편차를 결정하는 단계(S302)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 9.

제 1 항에 있어서, 상기 유효 성능 특성 및 무효 성능 특성을 갖는 반도체 디바이스들을 식별하는 단계는:

상기 측정 결과들을 얻는 데에 이용된 상기 테스트 파라미터들로부터 테스트 파라미터를 순차적으로 선택하는 단계와; 그리고

상기 선택된 테스트 파라미터 각각에 대해,

상기 제 1 데이터 세트로부터, 상기 반도체 디바이스들에 대해 선택된 테스트 파라미터에 대응하는 측정 결과들을 식별하는 단계와;

상기 제 2 데이터 세트로부터, 상기 선택된 테스트 파라미터에 대한 설계 특성들에 대응하는 값들을 식별하는 단계와;

상기 제 1 데이터 세트로부터 식별된 상기 측정 결과들을 상기 제 2 데이터 세트로부터 식별된 상기 값들과 비교하는 단계와; 그리고

상기 측정 결과들과 상기 값들을 비교하는 단계에 기초하여, 상기 설계 특성을 따르지 않는 측정 결과들을 갖는 반도체 디바이스들을 결정하는 단계를 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 10.

제 1 항에 있어서, 상기 유효 성능 특성을 갖는 반도체 디바이스들을 식별하는 단계는:

상기 제 1 데이터 세트로부터, 상기 반도체 디바이스들로부터 측정되는 전압 천이 파라미터에 대응하는 값들을 식별하는 단계와;

상기 제 2 데이터 세트로부터, 상기 전압 천이에 대한 설계 특성 값들에 대응하는 값들을 식별하는 단계와;

상기 제 1 데이터 세트로부터 식별된 상기 값들과 상기 제 2 데이터 세트로부터 식별된 상기 값들을 비교하는 단계와; 그리고

상기 값들을 비교하는 단계에 기초하여, 제 1 상태와 제 2 상태 사이에서 천이하지 않는 반도체 디바이스들을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 11.

제 1 항에 있어서, 상기 유효 성능 특성 및 상기 무효 성능 특성을 갖는 반도체 디바이스들을 식별하는 단계는:

상기 제 1 데이터 세트로부터의 테스트 파라미터 각각에 대한 측정 결과들을 선택된 데이터 한계치로부터의 대응 값들과 비교하는 단계와; 그리고

소정의 값의 범위를 벗어나는 측정 결과들을 갖는 반도체 디바이스들을 식별하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 관독가능한 매체.

청구항 12.

제 11 항에 있어서, 상기 1개 이상의 프로세서에 의한 상기 1개 이상의 명령어 시퀀스들의 실행시, 상기 1개 이상의 프로세서로 하여금:

자신의 테스트 결과가 비정상적인 값을 생성하는 반도체 디바이스들 식별하는 단계를 더 수행하게 하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 관독가능한 매체.

청구항 13.

제 1 항에 있어서, 상기 1개 이상의 프로세서에 의한 상기 1개 이상의 명령어 시퀀스들의 실행시, 상기 1개 이상의 프로세서로 하여금:

상기 무효 성능 특성을 갖는 것으로 식별되는 반도체 디바이스들의 비율을 결정하는 단계(S416)와; 그리고

상기 결정된 비율이 소정의 임계치를 초과하는 경우, 경고를 출력하는 단계(S420)를 더 수행하게 하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 관독가능한 매체.

청구항 14.

제 1 항에 있어서,

상기 식별하는 단계는 무효한 것으로 간주되는 측정 결과들을 갖는 개별적인 반도체 디바이스들을 사용자에 의해 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 관독가능한 매체.

청구항 15.

제 1 항에 있어서, 상기 발생시키는 단계는:

한계 성능 특성을 갖는 반도체 디바이스들을 선택하는 단계(S510)와; 그리고

서로 다른 온도에서 상기 반도체 디바이스들의 측정 결과들의 변화를 결정하는 단계(S514)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 관독가능한 매체.

청구항 16.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 데이터 세트를 수신하는 단계는, 웹 브라우저 인터페이스를 이용하여 인터넷을 통해 원격 위치로부터 상기 제 1 데이터 세트를 수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 17.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 데이터 세트를 수신하는 단계는, 웹 브라우저 인터페이스를 이용하여 인터넷을 통해 원격 위치로부터 상기 제 2 데이터 세트를 수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 18.

제조 공정에 대한 특성화 데이터를 발생시키는 시스템으로서:

워크스테이션(102)과 상기 워크스테이션에 동작가능하게 결합되어 상기 특성화 데이터를 표시하는 디스플레이를 포함하며,

상기 워크스테이션(102)은,

상기 제조 공정 동안 반도체 디바이스들에 대해 행해지는 테스트들로부터 얻어지는 측정 결과들을 포함하는 제 1 데이터 세트에 액세스하고,

상기 반도체 디바이스들에 대한 설계 특성들에 대응하는 값들을 포함하는 제 2 데이터 세트에 액세스하고,

상기 제 1 데이터 세트로부터의 상기 측정 결과들과 상기 제 2 데이터 세트로부터의 상기 설계 특성들을 비교함으로써 유효 성능 특성 및 무효 성능 특성을 갖는 반도체 디바이스들을 식별하고, 그리고

상기 식별된 유효 성능 특성을 갖는 상기 반도체 디바이스들에 기초하여 상기 제조 공정에 대한 상기 특성화 데이터를 발생시키도록 되어 있으며,

여기서 상기 특성화 데이터는 상기 반도체 디바이스들로부터의 테스트 결과들이 따르게 될 추천 한계 파라미터들을 포함하는 것을 특징으로 하는 제조 공정에 대한 특성화 데이터를 발생시키는 시스템.

청구항 19.

제 18 항에 있어서,

상기 제 1 데이터 세트 및 상기 제 2 데이터 세트를 저장하기 위한 제 2 워크스테이션을 더 포함하고,

상기 워크스테이션은 패킷 데이터 네트워크를 통해 상기 제 1 데이터 세트 및 상기 제 2 데이터 세트에 액세스하기 위한 통신 플랫폼을 제공하도록 웹 브라우저를 실행하도록 된 것을 특징으로 하는 제조 공정에 대한 특성화 데이터를 발생시키는 시스템.

청구항 20.

제 18 항에 있어서,

상기 제 1 데이터 세트에 액세스할 때, 상기 워크스테이션(102)은:

사용자로부터 테스트 파라미터를 수신하고;

적어도 1개의 웨이퍼 각각에 대해 수신된 테스트 파라미터에 대응하는 측정 결과들의 통계적 평균을 결정하며; 그리고 상기 적어도 1개의 웨이퍼 각각에 대해 상기 수신된 테스트 파라미터에 대응하는 상기 측정 결과들의 최소값 및 최대값을 결정하도록 된 것을 특징으로 하는 제조 공정에 대한 특성화 데이터를 발생시키는 시스템.

청구항 21.

제 18 항에 있어서,

상기 제 1 데이터 세트 및 상기 제 2 데이터 세트는 컴퓨터 관독가능한 매체에 저장되는 것을 특징으로 하는 제조 공정에 대한 특성화 데이터를 발생시키는 시스템.

청구항 22.

제 18 항에 있어서, 상기 워크스테이션(102)은,

상기 측정 결과를 얻는 데에 이용된 테스트 파라미터들로부터 테스트 파라미터를 순차적으로 선택하고; 그리고 선택된 각 파라미터에 대해,

상기 제 1 데이터 세트로부터, 상기 반도체 디바이스들에 대해 선택된 테스트 파라미터에 대응하는 측정 결과들을 식별하고;

상기 제 2 데이터 세트로부터, 상기 선택된 테스트 파라미터에 대한 설계 특성 값들에 대응하는 값들을 식별하고;

상기 제 1 데이터 세트로부터 식별된 상기 측정 결과들과 상기 제 2 데이터 세트로부터 식별된 상기 값들을 비교하고;

상기 측정 결과들과 상기 값들을 비교하는 단계에 기초하여 상기 설계 특성을 따르지 않는 측정 결과들을 갖는 반도체 디바이스들을 결정함으로써,

상기 유효 성능 특성 및 상기 무효 성능 특성을 갖는 상기 반도체 디바이스들을 식별하도록 된 것을 특징으로 하는 제조 공정에 대한 특성화 데이터를 발생시키는 시스템.

명세서

기술분야

본 발명은 반도체 디바이스 설계 및 제조에 관한 것으로서, 특히 반도체 디바이스에 대한 특성화 데이터(characterization data)를 분석하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

초대규모 집적 반도체 디바이스에 관련된 고밀도 성능에 대한 요구가 계속해서 증가함에 따라, 0.25 미크론 이하(예를 들어, 0.18 미크론 이하)의 설계 특성(design feature), 보다 높은 트랜지스터 및 회로 속도, 높은 신뢰성 및 경쟁력 있는 높은 쓰루풋을 요구하게 되었다. 예를 들어, 메모리 디바이스는 고밀도 성능 및 초대규모 집적을 요구하는 반도체 디바이스의

한 부류이다. 0.25 미크론 이하로 설계 특성을 감소시키는 것은 종래의 반도체 제조 기술의 한계에 도전하는 것이다. 또한, 설계 특성이 딥 서브 미크론 범위로 감소함에 따라, 경쟁할 수 있을 정도로 제조 쓰루풋을 유지 또는 향상시키는 것이 더욱 어렵게 되었다.

시장은 보다 높은 성능 및 보다 고속의 회로를 계속해서 요구하고 있다. 이러한 시장의 요구를 만족시키기 위해, 보다 많은 트랜지스터들을 수용할 수 있도록 개별적인 칩의 사이즈가 증가하였다. 개별적인 트랜지스터 크기의 감소에 의해, 각 칩 상에 보다 많은 트랜지스터를 수용할 수 있다. 또한, 만족스러운 생산성 및 수율을 유지하기 위해서는, 보다 큰 웨이퍼를 처리할 필요가 있지만, 종종 비용이 비싸지고, 보다 큰 웨이퍼들에 대해 그리고 서로 다른 웨이퍼들 간에 균일성을 유지하기 위해서는 자동 처리 장치를 이용할 필요가 있다.

초대규모 집적 회로(ULSI)의 시대에 의해, 웨이퍼의 제조와 관련된 공정 단계들의 수가 상당히 증가하였다. 제조 품질을 유지하는 데에 필요한 테스트의 수 또한 상당히 증가하였다. 그 결과, 복잡한 반도체 디바이스를 위한 특성화 데이터를 발생시키는 것이 더욱 어려워졌다. 이러한 특성화 데이터는 표준 또는 관련된 제조 공정의 특정한 변경에 기초하여 처리된 웨이퍼 상의 다이로부터 조립(assemble)된 유닛들로부터 수집된 제품 속성 및 변수 데이터에 대응한다. 예를 들어, 이러한 특성화 데이터로는 공정 대 제품의 수율을 나타내는 정보; 하이 상태와 로우 상태 간에 스위칭하기 위한 천이 시간 등 제조된 디바이스에 대해 행해지는 다양한 테스트로부터의 결과의 분포(distribution)와; 특정 테스트에 대해 불만족스러운 결과를 가져오는 디바이스의 비율과; 그리고 설계 요건에 대한 제조된 디바이스의 성능 등이 있다.

제품의 성능 및 회로의 파라미터를 정확하게 특성화하는 것은, 안정된 제품을 얻는 데에 있어서 매우 중요하다. 예를 들어, 제품 특성화 데이터는 동일한 타입의 디바이스에 대한 테스트 결과를 요약하여, 제품의 성능 결과를 제조 공정의 전기 테스트(WET)와 비교할 수 있다. 이러한 테스트 결과에 기초하여, 엔지니어는 어느 WET 특성이 제품 성능 그리고/또는 수율에 대해 좋은 영향 또는 나쁜 영향을 미치는지를 결정할 수 있다. 엔지니어는 이러한 정보를 제품 설계 및 제조 엔지니어에게 전함으로써, 제조 공정 영역(area)을 충족시키기 위해 제품을 재설계할 필요가 있는지, 또는 최상의 제품 성능 및 수율을 얻기 위해 공정을 고쳐야 할 것인지 여부를 결정할 수 있다. 또한, 적절한 특성화에 의해, 특정 디바이스는 적절한 성능 특성을 나타내고 고객의 사양을 따를 수 있게 된다.

특성화 데이터를 발생시키는 종래의 방식은, 제조 공정 동안 웨이퍼 상에 형성되는 선택된 반도체 디바이스에 대해 많은 웨이퍼 전기 테스트(WET)를 수행할 것을 요구한다. 수집된 WET 데이터는, 반도체 디바이스의 설계시 제품 설계자가 관련 엔지니어링 설계 룰(EDR)을 이용하는 경우에 고려해야 하는 여러 가지 전기 파라미터들(예를 들어, 도전성, 저항, 및 로우 상태로부터 하이 상태로의 천이 시간 등)을 나타낸다. 제조 단계의 수가 증가함에 따라, 반도체 디바이스의 제조를 정확히 모니터하기 위해 웨이퍼 상에서 수행해야만 하는 테스트의 수도 증가한다.

제품 설계를 정확하게 나타내는 특성화 데이터를 발생시키기 위해서는, EDR 요건에 가장 잘 일치하는 WET 특성을 나타내는 웨이퍼들로부터 패키지 유닛(packaged unit)이 조립되어야 한다. 데이터를 분석함으로써, 제품 설계를 확인하고, 제품 성능이 제조 공정 영역에 어떻게 관련되는 지에 관한 정보를 엔지니어에게 제공한다.

따라서, 반도체 디바이스에 대한 특성화 데이터를 발생시키는 현재의 방법에 수반되는 하나의 문제는 수집된 변수 데이터를 철저하게 분석하는 데에 필요한 시간량이다. 특성화 데이터를 발생시키는 현재의 방법에 수반되는 다른 문제는 다수의 엔지니어들이 데이터의 다른 부분을 분석해야만 하는 경우 데이터 분석에 관련된 불일치이다.

발명의 상세한 설명

따라서, 반도체 디바이스의 특성화로부터 수집된 데이터를 신속하게 분석하여, 제품 성능 및 수율 문제를 신속하게 식별하는 데에 이용할 수 있는 일관된 결과 요약을 발생시키기 위한 구성이 필요하다. 이러한 결과 요약은 설계 및 제조 엔지니어에게 제품 성능 그리고/또는 수율 문제들을 전달하는 데에도 이용될 수 있다.

이러한 요구 및 다른 요구는 본 발명에 의해 해결되는바, 본 발명에서 반도체 디바이스를 위한 특성화 데이터는 제조되는 반도체 디바이스로부터의 측정된 테스트 결과를 제품 테스트 프로그램에 포함된 설계 시뮬레이션 및 고객 요건에 기초하는 특정한 성능 한계 기준과 비교함으로써 신속하고 일관되게 분석된다.

본 발명의 제 1 양상에 따르면, 반도체 디바이스를 위한 제품 특성화 리포트를 발생시키는 방법이 제공된다. 이 방법은 소정의 제조 공정으로 형성된 특성화 로트(lot)로부터 웨이퍼 상에서 수행된 WET 테스트의 측정 결과를 포함하는 WET 데이터 세트를 수집하는 단계와; 특성화 테스트에 대해 조립하기에 가장 적합한 웨이퍼 그룹을 결정하기 위해 WET 데이터

세트로부터 WET 리포트를 발생시키는 단계와; 조립된 반도체 유닛들 상에서 수행되는 특성화 테스트로부터의 측정 결과를 포함하는 특성화 데이터 세트를 수집하는 단계와; 특성화 데이터 세트를 분석하여, 성능 요건에 못미치는 특성화 테스트 파라미터를 식별하는 단계와; 상기 특성화 데이터 세트의 분석에 기초하여, 특성화 데이터 세트를 변경할 필요가 있는지의 여부를 결정하는 단계와; 그리고 유효 데이터 세트에 기초하여 반도체 디바이스에 대한 제품 특성화 리포트를 발생시키는 단계를 포함한다. 본 방법은 제조 공정 및 특성화 테스트로부터 수집된 데이터를 신속하게 조사함으로써, 종래와 비교하여 약간의 시간만을 필요로 하면서, 복잡한 반도체 디바이스에 대한 제품 특성화 리포트를 발생시킬 수 있다. 또한, 다수의 엔지니어들로부터의 직감이 아닌 소정의 통계적 분석을 이용하기 때문에, 정확하고 일관된 특성화 리포트를 발생시킬 수 있다.

삭제

이에 따라, 엔지니어는 용이하게 WET 데이터를 조사하여 엔지니어링 설계 룰을 충족시키는 웨이퍼를 정확하게 선택할 수 있다. 이렇게 되면, 제품의 변수 데이터를 수집하기 위해, 선택된 웨이퍼로부터 패키지 유닛이 조립될 수 있다. 특성화 데이터 세트에 의해, 측정된 특성화 테스트 파라미터에 기초하여 소정의 성능 한계를 충족시키지 않는 모든 반도체 디바이스들을 신속하게 식별할 수 있다.

이하, 첨부 도면을 참조한 하기의 상세한 설명으로부터 본 발명의 부가적인 장점 및 신규 특성에 대해 설명한다. 본 발명의 장점들은 첨부된 청구항들에서 특정하게 지정된 수단 및 결합에 의해 구현 및 달성될 수 있다.

실시예

반도체 디바이스에 대한 특성화 데이터를 발생시키는 방법 및 장치가 개시된다. 이하에서는, 본 발명을 충분히 이해할 수 있도록, 설명의 목적으로 구체적인 많은 상세한 사항들에 대해 설명한다. 하지만, 당업자에게 있어서 본 발명이 이러한 특정한 세부 사항들 없이도 실행될 수 있음을 자명하다. 다른 경우들에서는, 본 발명을 불필요하게 애매하게 하는 것을 피하기 위해, 잘 알려진 구조 및 장치는 블럭의 형태로 나타내었다.

하드웨어 개관

도 1A는 본 발명의 일 실시예에 따라 특성화 데이터 및 리포트를 발생시키는 컴퓨터 시스템(100)을 나타낸 블록도이다. 이 컴퓨터 시스템(100)은 클라이언트 디바이스(102), 예를 들어 클라이언트 브라우저형 소프트웨어를 실행하는 컴퓨터 워크스테이션과; 클라이언트 디바이스(102)로부터의 하이퍼텍스트 전송 프로토콜(HTTP) 기반의 요구들을 처리하는 HTTP 기반의 웹 서버(128)와; 데이터 및 리포트를 저장하고 웹 서버(128) 그리고/또는 클라이언트(102)에 공급하는 호스트/데이터 서버(124)와; 그리고 네트워크 링크(120)를 통해 클라이언트 디바이스(102)와 서버(124 및 128) 간에 클라이언트 요구, 데이터 및 리포트를 전송하는 로컬 네트워크/인트라넷(122)을 포함한다. 당업계에 알려져 있는 바와 같이, 클라이언트 디바이스(102), 서버(124) 및 서버(128)는 소정의 네트워크 프로토콜(예를 들어, TCP/IP)에 따라 서로 통신한다.

하기 설명되는 바와 같이, 시스템(100)은 클라이언트 디바이스(102)에 의해 1개 이상의 명령어의 1개 이상의 시퀀스를 실행함으로써 그리고/또는 특정의 루틴 또는 시스템(100)의 다른 특정의 소프트웨어 컴포넌트의 원격 프로시저 호출(remote procedure call)을 행함으로써, 반도체 디바이스에 대한 특성화 데이터를 발생시킨다.

본원에서 이용되는 "컴퓨터 관독 가능한 매체"라는 용어는 실행을 위해 클라이언트 디바이스(102)에 명령어들을 제공하는 데에 관련되는 모든 매체(예를 들어, 광학 또는 자기 디스크, 랜덤 액세스 또는 관독 전용 메모리, 전자기 또는 광학 에너지 반송파 등)를 말한다.

네트워크 링크(120)는 일반적으로 로컬 네트워크/인트라넷(122)과 통신하는 다른 서버와의 데이터 통신을 제공한다. 예를 들어, 시스템(100)은 인터넷 서비스 제공자(ISP)(132)의 액세스 서비스를 이용함으로써, 로컬 네트워크/인트라넷(122)에 네트워크 보안(network security)을 제공하는 파이어월 서버(130) 및 광역 네트워크(예를 들어, 인터넷(134))를 통해 클라이언트 디바이스(102)가 액세스 할 수 있는 서버(136)를 포함한다. 예를 들어, 네트워크 링크(120)는 로컬 네트워크(122)를 통한 호스트 컴퓨터(124)로의 접속, 또는 인터넷 서비스 제공자(ISP)(126)에 의해 운영되는 데이터 장치로의 접속을 제공할 수 있다. ISP(126)는 이른바 "인터넷"(128)(또는 월드 와이드 웹)으로 불리는 세계적 규모의 패킷 데이터 통신 네트워크를 통해 데이터 통신 서비스를 제공한다. 대안적으로, 클라이언트 디바이스는 사설 광역 패킷 교환 네트워크를 통해 서버(136)를 액세스할 수 있다.

도 1B에 상세히 나타낸 서버(28)는 웹 서버와 마이크로소프트 프론트페이지 클라이언트/서버 환경을 결합하여, 명목 또는 분할 로트 제품 특성화 방법을 통계 분석에 포함시키는 플랫폼 독립 시스템(platform independent system)을 제공함으로써, 사용자가 데이터 분석 루틴을 지정하지 않으면서 데이터를 자동적으로 정보로 천이한다. 이 시스템은 CGI/JavaScript(다이내믹 HTML), 데이터베이스 접속성 및 데이터베이스 기능/성능을 통합함으로써, 시스템의 성능을 최대화한다. 이에 의해, 복수의 사용자들이 인터넷(134)을 통해 어디에서든지 정보를 공유할 수 있다.

도 1B에 나타낸 바와 같이, 웹 서버(128)는 HTTP(웹) 서버 프로세스(150), 및 네트워크(100) 내에서 실행가능한 다른 프로세스들에 의해 실행할 수 있는 소정의 루틴을 저장, 실행 및 지원하는 공통 게이트웨이 인터페이스(CGI) 환경 가변 프로세스(152)를 포함한다. 웹 서버(128)는 또한 CGI 또는 RPL 함수 호출에 응답하여 소정의 동작을 실행하는 CGI-RPL(리서치 프로그래밍 언어) 프로시저 라이브러리를 포함한다. 하기에서 설명되는 바와 같이, 라이브러리(154)에 저장되는 CGI-RPL 프로시저의 서브셋(subset)은, 웹 서버(128) 내에 물리적으로 존재하거나, 또는 예를 들어 호스트/데이터 서버(124) 또는 서버(136) 내에 원격으로 위치할 수 있는, 예를 들어 데이터베이스들(138 및 140)과 같은 분석 소프트웨어 데이터베이스(156)에 대한 데이터베이스 조회를 포함한다.

특성화 데이터 분석 및 리포트의 발생

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 반도체 디바이스에 대한 제품 특성화 리포트를 발생시키기 위해 수행되는 단계들의 개관을 나타낸 흐름도이다. 단계(S210)에서, 설계 또는 제품 엔지니어에 의해 운영되는 컴퓨터 워크스테이션에서 실행되는 동안, 제품 특성화 로트에 대한 WET 데이터 세트가 클라이언트 디바이스(102)에 의해 호스트(124) 또는 서버(136) 등의 원격 데이터베이스(138)로부터 수집된다. 원격 데이터베이스로의 액세스는 웹 서버(128)에 의해 LAN(122)을 통해, WLAN(126)을 통해, 또는 적절한 ISP(132)를 경유하여 인터넷(134)을 통해 제공된다. 일단 WET 데이터 세트가 수집되면, 예를 들어 자기 또는 광학 매체에 저장될 수 있다. 따라서, WET 데이터로부터 특정 데이터를 검색하고자 하는 경우에는, LAN(122) 내에서의 WET 데이터 세트의 전송을 필요로 할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, WET 데이터 세트는 일반적으로 원격 컴퓨터 워크스테이션 또는 서버(124 또는 136)의 데이터베이스(138)에 저장된다. WET 데이터 세트에 대한 액세스 및 그 전송은 웹 서버(128)를 경유하여 WAN(126)을 통해, 또는 적절한 ISP(132)를 경유하여 인터넷(134)을 통해 제공된다. 하지만, 전형적인 상황에서, WET 데이터 세트는 엔지니어의 워크스테이션에 의해 액세스할 수 있는 하드 디스크 등의 컴퓨터 판독 가능한 매체에 저장될 것이다. 하기에서 설명되는 바와 같이, 제품 특성화 데이터베이스(140)는 제품에 대한 추천 데이터 시트 사양 및 시스템(100)에 의해 발생된 제품 특성화 리포트를 저장한다.

개시된 실시예에 따르면, 클라이언트 워크스테이션(102)은 웹 서버(128)에 클라이언트 요구를 전송함으로써, (WET 데이터를 포함하는) 특성화 데이터를 수집하고 제품 특성화 리포트를 발생시킨다. 워크스테이션(102)의 사용자는 자신의 웹 브라우저를 열어, 원격 서버(128)에 대한 URL을 입력한다. 이렇게 함으로써, 웹 서버(128)로의 접속이 확립된다. 이제, 사용자는 웹 인터페이스를 통해 제품 특성 소프트웨어 시스템을 동작시킬 수 있다.

데이터베이스 접속 기능에 의해, 데이터가 데이터베이스들(138 또는 140) 또는 ASCII 파일들로부터 웹 서버(128)에 로드(load)될 수 있다. 일단 제품 특성 변수 데이터가 로드되면, 내장된 분석 루틴이 자동으로 시작된다. 하기에서 설명되는 바와 같이, 이러한 자동화된 분석은 1) 입력 시뮬레이션에 응답하지 않고, 2) 소정의 테스트 프로그램 한계 바깥에 있고, 그리고 3) 이상치(outlier) 또는 바이모달(bimodal) 분포를 갖는 테스트 파라미터들을 식별한다. 웹 브라우저 페이지를 이용하게 되면, 1명의 사용자 또는 다수의 사용자들이 데이터를 로드하고/보고, 데이터를 조작하고, 그리고/또는 표 및 그래프로부터 분석 결과를 볼 수 있다(도 6).

WET 데이터 세트는 제조된 후의 웨이퍼 및 반도체 디바이스(예를 들어, 트랜지스터, MOS 게이트, 메모리 디바이스 등)에 대해 행해지는 테스트로부터의 측정 결과(즉, WET 데이터)를 포함한다. 예를 들어, 이러한 많은 테스트들은 반도체 디바이스에 대한 웨이퍼의 특정한 전기적 특성(즉, 도전성, 저항 등)의 검출을 포함한다.

도 2의 단계(S212)를 참조하여, 웨이퍼 상의 다양한 물리적 위치들에서 수행된 특정 WET 테스트로부터의 통계는 각 웨이퍼마다 그리고 그룹화된 웨이퍼들마다 리포트될 수 있다. 특정한 WET 테스트에 대한 전체 WET 데이터 세트의 통계적인 분포는 전체 제조 공정과 비교될 수 있다. 클라이언트 디바이스(102)는 엔지니어에게 리포트 및 그래프를 제시하는 바, 엔지니어는 이러한 리포트 및 그래프를 조사하여 제품 특성화 테스트를 위해 개별적인 유닛으로 조립되기에 가장 적합한 웨이퍼를 결정하여 선택함으로써, 설계 시뮬레이션 조건 및 전체 제조 공정 원도우에 대한 최상의 매치를 얻는다.

개시된 실시예는 WET 데이터 세트를 수집(단계 S210 및 S212)하지 않으면서 제품 특성화 리포트를 충분히 발생시키도록 구성되어 있지만, 특성화 테스트를 위한 유닛을 선택하기 전에 WET 결과를 조사하게 되면 보다 대표적인 샘플을 제공

할 수 있다. 또한, WET 데이터 세트는 특성 결과를 제조 공정에 관련시키는 기초를 확립한다. 단계(S212)에서, 일단 특성화 데이터 세트를 이용할 수 있게 되면, 특정 WET 테스트로부터의 데이터는 특성화 테스트 결과에 미치는 영향에 대해 조사될 수 있다. 엔지니어에게는 도 6에 나타낸 결과 및 그래프가 제시되는바, 엔지니어는 이러한 결과 및 그래프를 조사하여, 제조 공정에 있어서의 잠재적인 최적 조건을 정하고, 전체 수율을 향상시키기 위해 어떤 특정 단계를 조정하고 면밀히 모니터해야 하는지 등을 결정할 수 있다.

단계(S214)에서는, 엔지니어의 워크스테이션(102)에 의해 원격 데이터베이스(예를 들어, 서버(136))로부터 특성화 변수 데이터 세트가 수집된다. 구체적으로, 클라이언트 디바이스(102)는 특성화 변수 데이터 세트가 원격 데이터베이스(138)로부터 수집되어야 한다는 요구를 웹 서버(128)에 보낸다. 도 7에 나타낸 "제품 특성 툴 메인 메뉴"에 의해, 사용자는 모든 피쳐 및 기능을 액세스할 수 있다. 이 시스템은 3개의 부분, 즉 데이터 관리, 분석 및 데이터 세트 운영으로 이루어진다. 분석 부분에 의해, 사용자는 분석 결과를 볼 수 있다. 사용자는 무효 데이터를 제거하고, 한계를 변경하거나, 또는 메인 메뉴 폐이지의 "데이터 관리" 부분 및 "데이터 세트 운영" 부분에 포함된 다양한 웹 페이지들을 통해 재테스트된 유닛으로부터 데이터를 재로드함으로써, 리포트를 관찰한 후 데이터를 "クリーン(clean)"할 수 있다.

작제

웹 서버(150)는, 웹 브라우저로부터의 클라이언트 요구에 응답하여, 클라이언트 요구에 의해 지정된 필요한 모든 파라미터 그리고/또는 변수 테이블(152)로부터 HTTP 서버(150)에 의해 액세스되는 모든 변수를 포함하는 CGI/RPL 프로시저 라이브러리(154)에 대한 함수 호출을 개시한다. 라이브러리(154)는, 예를 들어 원격 데이터베이스(138)에 SQL 질문을 발생시킴으로써 특정 프로시저의 한 인스턴스(instance)를 실행한다. WET 데이터 세트와 마찬가지로, 특성화 변수 데이터 세트는, 예를 들어 호스트/데이터 서버(124)에 대해 로컬 또는 원격인 데이터베이스(140)에 저장될 수 있다. 유사하게, 특성화 변수 데이터 세트로의 액세스 또한 WAN(126)을 통해 또는 인터넷(134)을 통해 LAN(122) 내에서의 전송을 필요로 한다.

특성화 변수 데이터 세트는 대응하는 WET 데이터에 기초하는 선택된 웨이퍼로부터, 조립후 반도체 디바이스 유닛에 대해 행해진 테스트로부터의 측정 결과, 및 예비 제품 데이터 시트 또는 고객에 의해 지정된 설계 특성에 대응하는 값을 포함한다. 예를 들어, 고객은 특정한 마이크로칩이 소정의 시간 간격 내에서 로우 상태로부터 하이 상태로 천이할 수 있는 특정 회로, 또는 지정된 조건 혹은 주위 온도 조건하에서 특정 바이어스 전압으로 특정값의 전류를 흘릴 수 있는 특정 회로를 포함할 것을 요건으로 할 수 있다. 이러한 모든 값들은 특성화 변수 데이터 세트 내에 포함될 수 있다. 또한, 마이크로칩 설계에 종사하는 엔지니어는 신뢰성 및 품질 보장을 확실하게 하기 위해 새로운 제약을 넣을 수 있다.

WET 데이터베이스(138) 및 제품 특성화 데이터베이스(140)는 일반적으로 2개의 서로 다른 워크스테이션 또는 서버, 예를 들어 서버(124 및 136) 상에 각각 존재한다. 예를 들어, 제품 특성화 데이터베이스(140)는 연구 개발 시설 내에 있는 컴퓨터 워크스테이션 상에 존재하고, WET 데이터베이스(138)는 제조 시설 내에 있는 컴퓨터 워크스테이션 상에 존재할 수 있다. 대안적으로, 수집된 WET 데이터 세트 및 특성화 변수 데이터 세트는 로컬 또는 원격의 동일 컴퓨터에 저장되어 효율을 향상시킬 수 있다.

단계(S216)에서, 반도체 유닛에 대해 수행되어 데이터베이스들(138 그리고/또는 140) 내에 저장되는 특정의 특성화 테스트에 대한 측정값은 특성화 변수 데이터 세트 내에 포함되는 대응하는 예비 설계 특성 요건과 비교된다. 또한, 특정의 특성화 테스트로부터의 데이터를 조사하여 비정상적인 통계 분포를 식별한다. 엔지니어에게는 도 6에 나타낸 결과 및 그래프가 제시되는바, 엔지니어는 이러한 결과 및 그래프를 조사함으로써, 테스트로부터의 측정값 및 예비 설계 요건이 유효한지의 여부와, 그리고/또는 제품 설계, 제조 공정, 조립, 테스트 프로그램 또는 테스트 장치에 문제가 있는지의 여부를 평가한다.

단계(S218)에서, 클라이언트 워크스테이션(102)의 엔지니어는 결과 데이터가 유효한지의 여부를 결정한다. 결과 데이터가 유효하다면, 단계(220)에서 서버(124)에 의해 반도체 디바이스에 대한 제품 특성화 리포트가 생성되어 데이터베이스(140)에 저장된다. 결과 데이터가 유효하지 않다면, 엔지니어는 특성화 데이터 세트를 포함한 여러 가지 데이터를 변경하거나, 제품 설계, 제조 공정, 조립, 테스트 프로그램 또는 테스트 장치를 바꿀 수 있다. 어떠한 경우이든, 변경된 특성화 데이터 세트가 생성되어 데이터베이스(140)에 저장된 다음, 단계(S216)로 돌아간다.

단계(S220)에서는, 엔지니어가 볼 수 있도록 최종 제품 특성화 리포트가 서버(124)에 의해 생성된다. 유효한 것으로 결정된 특성화 데이터 세트가 한층 더 분석된다. 한계적 결과를 갖는 특성화 테스트 파라미터가 식별된다. 조립된 유닛에 대해 수행된 특정 테스트로부터의 값은, 예를 들어 서로 다른 온도에서의 동일 테스트의 값과 비교된다. 특성화 데이터는 다양한 방법으로 모든 테스트 파라미터들에 대해 요약된다. 전형적인 값 및 워스트 케이스(worst case)의 테스트 파라미터, 값

및 동작 조건(예를 들어, 온도 및 공급 전압)이 또한 리포트되어, 제품 데이터시트의 기능에 의해 분류된다. 동작 변경에 있어서의 영향에 대한 리포트(예를 들어, 온도 렐타 리포트)가 또한 제공된다. 또한, 실제 특성화 데이터에 기초하여, 제품 데이터 시트에 대한 추천 한계치의 새로운 세트가 생성된다. 다음으로, 엔지니어에게는 그래프가 제공되어, 제품 설계가 데이터 시트에 의해 지정된 동작 범위에서 기능하는지의 여부와, 제조를 위해 디바이스를 성공적으로 릴리스(release)하기 위해 전체 제조 윈도우에 대해 받아들일 수 있는 수율로 제조될 수 있는지의 여부를 결정한다. 특성화 리포트는 제 1 데이터 세트로부터 일관된 결과들을 반복적으로 생성하는 방식으로 신속하게 발생된다.

도 3은 WET 데이터 세트를 수신한 후에 수행되는 구체적인 단계들을 나타낸다. 도 3에 나타낸 바와 같이, 리포트 발생 방법은 복수의 서로 다른 리포트 옵션을 발생시키는 것을 포함하는바, 이는 기본 리포트 옵션 뿐 아니라, 분석이 분할 로트 특성화, 이력(historical) WET 데이터 또는 특성화 데이터에 관련되는지의 여부에 기초하는 관계형 옵션을 포함하는바, 이에 대해서는 하기에서 설명된다. RS/1 서버(156)는 단계(302)에서 적어도 각 웨이퍼에 대해 리포트 통계를 발생시키고, 단계(304)에서 평균 트렌드 차트를 발생시키며, 단계(306)에서 WET 맵을 발생시키고, 그리고 단계(308)에서 산포도(scatter plot)인 WET 대 WET 리포트를 발생시킨다. 도 3에 나타낸 리포트 옵션들은, 도 7에 나타낸 바와 같이, 브라우저에 의해 디스플레이되는 메인 메뉴로부터 원하는 리포트를 선택함으로써 클라이언트 디바이스(102)의 사용자에 의해 선택될 수 있다.

단계(302)에서는, WET 데이터 세트에 대한 통계적 평균이 결정된다. 이는 WET 데이터 세트에 저장되어 있는 측정 결과들을 얻는 데에 이용되는 각각의 특정한 테스트 파라미터를 식별함으로써 달성된다. 다음으로, 제 1 데이터 세트의 각 테스트 파라미터에 대한 통계적 평균을 계산하기 위해, 제 1 데이터 세트로부터의 실제 측정값들은 대응하는 테스트 파라미터들과 함께 분류된다. 이와같이 통계적 평균을 계산하는 것에 외에, 제조 공정의 효율성을 평가하기 위해 다른 다양한 값들도 결정할 수 있다. 예를 들어, 제조 공정 동안 특정한 테스트 파라미터에 대해 정상적인 분포가 얻어졌는지의 여부를 평가하기 위해, 각 테스트 파라미터에 대한 표준 편차를 결정할 수 있다. 또한, 각 테스트 파라미터에 대한 값의 분포를 조사하고, 그 공정에 대해 얻어진 분포의 타입을 한층 더 식별하기 위해, 최소값 및 최대값을 결정할 수 있다.

단계(306)에서 발생된 웨이퍼 WET 맵은, 측정 결과를 얻었던, 웨이퍼 상의 다른 물리적인 위치를 나타내는 시각적 표시를 제공한다. 예를 들어, 선택된 테스트 파라미터들중 하나가 하이 상태로부터 로우 상태로의 천이 시간이라면, 이 테스트 파라미터에 대한 통계적 평균 및 다른 값들이 먼저 계산된다. 다음으로, 웨이퍼에 대해 테스트된 반도체 디바이스의 위치의 시각적 표현이 발생된다. 분포가 매우 좁다면, 웨이퍼 WET 맵은 측정된 결과들이 얻어졌던 웨이퍼 상의 위치를 나타낸다. 웨이퍼 WET 맵을 조사할 때, 설계자는 요구되는 기능에 대해 만족스러운 성능 및 불만족스러운 성능을 제공하는 특정 반도체 디바이스의 위치를 식별할 수 있다. 이러한 식별에 기초하여, 설계자는 특정 고객에 대한 제품은 웨이퍼의 특정 영역(예를 들어, 사부 구간의 상반분 또는 좌하 등) 상에 형성된 반도체 디바이스로부터만 조립되어야 한다고 결정할 수 있다.

단계(S308)에서 발생된 산포도는 WET 데이터 세트, 특성화 변수 세트, 이력 데이터 및 설계자에 의해 설정되는 한계치로 부터의 데이터를 이용한다. 다음에, 복수의 테스트 파라미터들이 서로에 대해, 웨이퍼 값마다 소트된 넷 다이(net die) 수(즉, 칩 수량)에 대해, 그리고 제 2 데이터 세트로부터의 대응하는 테스트 파라미터들에 대해 플롯된다.

단계(S310)에서, 클라이언트 디바이스(102)는 사용자(예를 들어, 설계자 또는 테스트 엔지니어)에게 분할 로트가 제조 공정에서 이용되었는지의 여부를 묻는다. 분할 로트는, 최종 제품은 같지만, 다른 그룹과 비교하여 비뚤어졌다든가 또는 약간 다르게 제조되는 웨이퍼의 그룹이다. 예를 들어, 각각 단계 동안, 한 로트는 전식 각각 기술에 의해 처리되고, 다른 로트는 제 1 화학 조성물을 이용하여 습식 각각 기술에 의해 처리되고, 또 다른 로트는 제 2 화학 조성물을 이용하여 습식 각각 기술에 의해 처리된다. 상기 설명한 각각의 다른 로트로부터의 반도체 디바이스의 성능은 상당히 다를 수 있다. 또한, 분할 로트는 보다 뜨겁거나 보다 차가운 환경에서 반도체 디바이스의 성능을 액세스하기 위해, 다른 온도에서 테스트되는 웨이퍼의 그룹을 포함할 수 있다.

클라이언트 디바이스(102)의 설계자 또는 엔지니어가 분할 로트 특징화를 지정하면, 클라이언트 디바이스(102)는 단계(312)에서 (웹 서버(128)를 통해) 호스트 데이터 서버(124)에 커맨드를 보냄으로써, 웨이퍼를 분할과 관련짓는다. 구체적으로, 클라이언트 디바이스(102)의 웹 브라우저가 도 1B의 웹 서버(150)에 커맨드를 전송하면, 이 웹 서버(150)는 라이브러리(154)에 대해 CGI 스크립트 또는 RPL 함수 호출을 실행함으로써, 단계(314)에서 분할에 의한 리포트 통계를 발생시키기 위한 루틴을 실행시킨다. 상기 설명한 바와 같이, 데이터는 SQL형 데이터베이스(예를 들어, 오라클 데이터베이스)에 저장되거나, 또는 ASC II 데이터 파일로서 저장될 수 있다. 서버(156)에 의해 실행되는 분석 소프트웨어는 단계(314)에서의 분할에 의한 리포트 통계의 발생을 위해 적절한 데이터를 관련시킨다.

단계(314)에서, 통계적 평균 및 다른 적절한 값(예를 들어, 최소값, 최대값 및 표준 편차)이 각 분할 내의 각 테스트 파라미터에 대해 계산된다. 어느 분할에 속하는 웨이퍼가 식별되면, 각 테스트 파라미터에 대응하는 제 1 데이터 세트로부터 측정 결과는 이러한 웨이퍼에 대해 함께 그룹화된다. 예를 들어, 웨이퍼들(C1-C5)이 분할 로트 번호 3에 속한다면, 웨이퍼들(C1-C5)로부터의 각 테스트 파라미터에 대한 값들이 함께 그룹화된다.

엔지니어가 특성화가 분할 로트의 특성화가 아님을 지정하면, 단계(316)에서 엔지니어는 이력(historical) WET 데이터가 대응하는 반도체 디바이스의 제조에 관련된 제조 공정들에 대해 존재하는지 여부에 관하여 클라이언트 디바이스(102)에 의해 질문받는다. 이력 WET 데이터가 존재하면, 클라이언트 디바이스(102)는 웹 서버(150)에 요구를 전송하며, 이에 의해 라이브러리(154)의 루틴이 서버(156)에 의해 실행되어, 단계(S318)에서 WET 커버리지(coverage) 대 이력 제조 공정을 계산한다. 이력 데이터는 반도체 디바이스의 제조 공정의 이전 런(run) 동안 수집된 데이터에 대응한다. 이력 데이터는 전형적으로 최근 30개의 완료된 제조 공정의 결과와 관련된 정보를 포함한다. 예를 들어, 이력 데이터는 30개의 이전의 각 제조 공정 동안 웨이퍼 및 반도체 디바이스에 대해 수행된 테스트로부터 얻어진 측정 결과와, 각각의 제조 공정 동안의 트렌드 그리고/또는 문제를 식별하는 특성화 데이터를 포함할 수 있다.

구체적으로, WET 데이터 세트에 저장되는 실제 측정 결과는 단계(S318)에서 이력 데이터로부터의 대응하는 테스트 파라미터와 비교되어, 이전에 제조된 로트들에 대한 현재 로트의 표준 편차를 식별한다. 현재 로트에 대한 개별적인 테스트 파라미터들에 대해 결정된 통계적 평균 및 다른 관련값 또한 이력 데이터로부터의 대응하는 파라미터들과 비교된다. 단계(S318)에서 수행된 비교에 의해, 설계자는 제조 공정에 대해 이전에 행해진 변경 또는 조정이 성공적이었는지 여부(즉, 수율이 향상되고, 분포가 감소되는 등)를 결정할 수 있다. 비교 테스트의 결과는 선택적으로 (디스플레이 장치 또는 프린터 등의) 출력 장치에 그래프의 형태로 출력될 수 있다.

단계(S316)에서 이력 WET 데이터가 제조 공정에 존재하지 않는 경우, 엔지니어는 단계(S320)에서 특성화 데이터 세트가 존재하는지 여부에 대해 클라이언트 디바이스(102)에 의해 질문받는다. 특성화 데이터가 존재하면, 클라이언트 디바이스(102)는 웹 서버(150)에 요구를 전송하며, 이에 의해 서버(156)에 의해 라이브러리(154)의 루틴이 실행됨으로써, 단계(S322)에서 산포도인 특성화 테스트 대 WET 리포트를 발생시킨다. 클라이언트 디바이스(102)는 또한, 단계(S324)에서 특성화 테스트에 의해 그룹화되는 WET 평균 비교를 특정하는 리포트를 서버(156)에 의해 실행시키는 요구를 보낸다. 하지만, 단계(S320)에서 특성화 데이터 세트가 반도체 디바이스에 대해 존재하지 않으면, 클라이언트 디바이스(102)는 요구를 보내며, 이에 따라 단계(S326)에서 서버(156)는 단계들(S302, S304, S306 및 S308)에서 발생된 리포트에 기초하여, 선택된 WET 테스트에 대한 통계를 리포트하고 그래프를 발생시킨다. 이에 따라, 특성화 데이터 세트, 이력 WET 데이터 및 분할 로트 특성화의 이용가능성에 기초하여 서로 다른 리포트 옵션이 선택될 수 있다.

도 4는 특성화 변수로부터의 설계 특성과 WET 데이터 세트로부터의 측정 결과를 비교할 때(즉, 도 2의 단계(S214))에 수행되는 부가적인 단계들을 상세히 나타낸 흐름도이다. 먼저, 최종 제품 또는 고객에게 있어서 중요한 키 파라미터(key parameter)가 식별된다. 예를 들어, 고객은 반도체 디바이스가 소정의 시간 간격 내에서 하이 상태와 로우 상태 간의 특정한 칩 천이로 패키지될 것을 요구할 수 있다. 따라서, 반도체 디바이스에 대한 천이 시간을 결정하는 테스트 파라미터가 식별되고, 예를 들어 전류 흐름을 결정하는 테스트 파라미터(즉, 비기(non-key) 파라미터)는 식별되지 않는다. 키 파라미터는 설계자에 의해 대화식으로 입력되거나, 제 2 데이터 세트로부터 검색될 수 있다.

주목할 사항으로서, 본원에서 설명되는 파라미터들은 단지 예시적인 것으로서, 비교될 수 있는 파라미터 그 자체를 나타내는 것이 아니고, 테스트 및 비교될 수 있는 실제 파라미터의 수를 나타내는 것도 아니다. 단계(S410)에서, 상태들 간에 천이하지 않는 반도체 디바이스가 식별된다. 제 1 데이터 세트로부터의 특정한 테스트 파라미터에 대한 실제 측정 결과는 대응하는 설계 특성과 비교된다. 임계 천이 시간을 충족시키지 않거나 전혀 천이하지 않는 반도체 디바이스가 식별된다. 다음으로, 단계(S412)에서, 설계 특성을 벗어나는 측정 결과를 발생시키는 반도체 디바이스는 "사양외(out of spec)"로서 식별된다. 설계자에 의해 입력되는 한계 파라미터(limit parameter)를 벗어나는 측정 결과를 발생시키는 반도체 디바이스 또한 "사양외" 디바이스로서 식별된다. 단계(S414)에서, 비정상적인 것으로 간주되는 WET 데이터 세트로부터의 측정 결과는 "이상치"로서 식별된다. 단계(S414) 동안, WET 데이터 세트로부터의 측정 결과는, 동일한 온도 및 공급 전압(V_{CC})에서, 제 2 데이터 세트 및 다른 분할로부터의 대응하는 값과 비교된다.

단계(S416)에서, 설계자에 의해 검토될 수 있도록 결과 데이터(즉, 식별된 반도체 디바이스)가 제시된다. 단계(S418)에서, 설계자는 결과 데이터가 만족스러운지 여부를 결정한다. 결과 데이터가 만족스러우면, 제어는 단계(S220)로 진행되어, 서버(156)는 유효 반도체 디바이스 및 무효 반도체 디바이스 (그리고/또는 테스트 결과)의 리스트를 포함하는 특성화 리포트를 발생시킨다. 결과 데이터가 만족스럽지 못하면, 설계자는 단계(S420)에서 다양한 파라미터들을 변경한다. 예를 들어,

"사양외" 디바이스를 재정의하도록 한계 파라미터가 조정될 수 있다. 제 2 데이터 세트로부터의 설계 특성은 또한, "천이하지 않는" 디바이스 또는 "이상치"를 재정의하도록 변경될 수 있다. 설계자가 파라미터의 변경을 완료하면, 제어는 단계(S410)로 진행된다. 이러한 과정은 설계자가 데이터 결과에 만족할 때까지 반복된다. 이에 따라, 단계(S220)에서 발생된 리스트는 설계자에게 있어서 만족스러운 측정 결과를 갖는 반도체 디바이스 및 측정된 테스트 결과가 불만족스러운 반도체 디바이스 모두를 포함한다.

도 5는 도 2의 단계(S214)에서 특성화 데이터를 발생시키기 위해 수행되는 단계들을 보다 상세히 나타낸 흐름도이다. 단계(S510)에서, 반도체 디바이스에 대한 측정 결과가 조사되고, 한계 결과를 갖는 반도체 디바이스가 서버(156)에 의해 식별된다. 소정의 표준 편차 팩터가 (테스트 파라미터에 대한) 측정값을 제 2 데이터 세트로부터의 설계 특성의 바깥쪽에 두거나, 또는 설계자에 의해 입력된 한계 파라미터의 바깥쪽에 두는 경우, 반도체 디바이스는 테스트 파라미터에 대해 한계적 결과를 갖는 것으로 간주된다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, +/-3의 표준 편차 팩터를 부가함으로써, 측정 결과를 설계자에 의해 입력된 한계 파라미터의 바깥쪽에 두는 경우, 반도체 디바이스는 한계 결과를 갖는 것으로 간주된다.

한계 파라미터를 갖는 반도체 디바이스는 설계자에게 고장(failure) 가능성을 나타낸다. 예를 들어, 고객이 조립 칩이 특정한 성능 특성을 나타낼 것을 요구하고, 특정한 반도체 디바이스가 그 성능 특성에 대해 한계적 결과를 발생시킨다면, 그 조립 칩은 가까스로 또는 불안정하게 동작할 가능성이 크다. 따라서, 설계자는 그 고객을 위한 칩이 한계 결과를 나타내지 않는 반도체 디바이스로 조립될 것을 요구할 수 있다. 이러한 반도체 디바이스는, 예를 들어 단계(S306)에서 발생된 웨이퍼 WET 맴에 기초하여 웨이퍼의 서로 다른 영역들로부터 선택될 수 있다.

단계(S512)에서, 유닛이 동작 온도 범위에 걸쳐서 테스트되었는지의 여부가 결정된다. 특히, 유닛이 제품 데이터 시트 또는 엔지니어에 의해 특정되는 전체 동작 온도 범위에 걸쳐서 테스트되었다면, 단계(S514)에서 유닛에 대한 온도 멘타가 서버(156)의 분석 소프트웨어에 의해 결정된다.

온도 멘타는 온도 간의 샘플 데이터 중앙값(median)(즉, 제 1 데이터 세트로부터)의 차이로서 정의된다. 온도 멘타는 온도 가드밴드(guardband)를 결정하는 데에 이용된다. 이러한 온도 가드밴드는, 단일의 통과 테스트로부터 다른 온도에서 모든 고장을 확실하게 배제시킬 수 있는 테스트 범위를 생성하기 위해, 멘타(즉, 경사)가 양이냐 음이냐에 따라 한계 파라미터에 더해지거나 또는 이로부터 빼진다.

먼저, 다양한 온도 분할이 식별되고, 다양한 통계값(예를 들어, 평균값, 중앙값, 표준 편차 등)이 각 분할의 모든 테스트 파라미터에 대해 결정된다. 다음으로, 분할 간의 통계값들의 변경이 각 테스트 파라미터에 대해 결정된다. 분할 로트는 다른 온도에서 테스트되기 때문에, 결정된 통계값의 변경은 다른 테스트 온도에 대한 테스트 파라미터의 측정 결과의 변화를 나타낸다. 결정된 온도 멘타에 기초하여, 테스트된 반도체 디바이스는 다양한 방식으로 분류될 수 있다. 예를 들어, 다른 온도에 대해 측정값에 변화가 없었던 반도체 디바이스는 특정 카테고리로 그룹화되고, 작은 변화를 나타낸 반도체 디바이스는 제 2 카테고리로 그룹화된다.

본 발명의 일 실시예에 따르면, 설계자는 제조된 디바이스로부터 조립될 마이크로칩 (또는 최종 제품)에 대한 공칭 동작 온도를 제공할 수 있다. 동작 온도에 대해 불충분한 성능을 나타내는 반도체 디바이스는, 예를 들어 이러한 디바이스가 조립형 마이크로칩 내에 통합되는 것을 막는 카테고리로 그룹화된다. 또한, 온도 이외의 다양한 "멘타"가 계산될 수 있다. 예를 들어, 분할 로트는 다른 공급 전압(V_{CC})에 기초하여 정의될 수 있다. 이에 따라, 공급 전압 멘타가 계산된다.

단계(518)에서는, 특성화 결과가 요약되어 설계자에게 제시된다. 이 데이터는 다양한 방법으로 요약될 수 있다. 예를 들어, 설계자는 특정한 테스트 파라미터에 대한 데이터 요약을 대화 형식으로 요구할 수 있다. 대안적으로, 테스트 파라미터는 데이터 요약 프로세스를 자동화하기 위해 데이터 파일중 하나에 포함될 수 있다. 어떠한 테스트 파라미터도 제공되지 않으면, 데이터는 모든 테스트 파라미터에 대해 요약된다. 이러한 데이터 요약은, 최소값, 최대값, 평균값, 중앙값, +/-3 표준 편차 등과 같은 측정값에 대응하는 정보를 포함한다. 데이터 요약에 제시되는 결과는 모든 또는 선택된 테스트 파라미터에 대해 결정된다. 분할 로트가 이용되는 경우, 데이터 요약의 결과는 분할에 있어서 결합된 웨이퍼들을 나타낸다. 측정된 데이터는 제조 공정 동안 이용된 다른 공급 전압(V_{CC}) 또는 온도에 기초하여 한층 더 분류될 수 있다.

데이터 요약은 분류된 공급 전압 및 온도에 대해 계산되는 웨이스트 케이스 파라미터를 포함한다. 마지막으로, 추천 한계 파라미터가 웨이스트 케이스 파라미터, 표준 편차 등에 기초하여 발생된다. 이러한 데이터 요약에 기초하여, 설계자는 도 8에 나타낸 추천 데이터 시트에 대한 변경이 어디에서 행해져야 할지를 확정할 수 있다.

본 발명의 방법 및 구성을 이용하게 되면, 제조된 반도체 디바이스로부터의 측정 테스트 결과를 소정의 설계 특성과 비교함으로써, 반도체 디바이스를 위한 특성화 데이터를 신속하고 일관성있게 발생시킬 수 있다. 이에 따라, WET 파라미터, 소트/클래스 수율 및 데이터 변수를 비교하는 프로세스가 보다 간단하게 되어, 보다 유익해진다(informative). 본 발명의 방법은 반도체 디바이스로부터의 측정값을 지정된 설계 특성, 한계 파라미터 및 이력 데이터와 비교하여, 유효 반도체 디바이스 및 무효 반도체 디바이스 그리고/또는 테스트 결과를 식별한다. 또한, 설계자는 분석해야할 테스트 파라미터를 대화 형식으로 선택하여, 부정확한 것으로 결정된 데이터를 선택적으로 없앨 수 있다. 특성화 데이터는 식별된 유효 반도체 디바이스 그리고/또는 테스트 결과에 기초하여 발생된다.

특성화 데이터는 반도체 디바이스에 대해 행해진 다른 테스트의 요약을 제공한다. 도 6에 나타낸 그림의 형태로 테스트 결과를 보기 위해, 다양한 디스플레이 옵션을 이용할 수 있다. 이러한 디스플레이 옵션에 의해, 설계자는 자동적으로 선택되는 또는 설계자에 의해 입력되는 1개 이상의 테스트 파라미터로부터의 테스트 결과를 볼 수 있다. 또한, 디스플레이 옵션에 의해, 설계자는 단일 스크린 디스플레이에서, 선택된 테스트 파라미터에 대한 다수의 테스트 결과를 디스플레이하는 산포도를 볼 수 있다. 또한, 워스트 케이스의 파라미터가 식별되고, 설계자에게는 제조 공정의 가이드라인의 기능을 하는 한계 파라미터가 자동적으로 제공된다.

본 발명의 방법은 서로 다른 플랫폼에서 동작하는 다양한 타입의 컴퓨터 시스템에서 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 설명한 바와 같이, 웹 브라우저가 본 발명을 구현하기 위한 인터페이스로서 이용될 수 있다. 당업자에게 있어서, 웹 브라우저 인터페이스가 다양한 장점을 제공한다는 것은 자명하다. 예를 들어, 특정한 테스트 결과 및 디스플레이의 선택이 메뉴에 의해 행해짐으로써, 설계자는 테스트 결과를 신속하게 선택, 변경 및 디스플레이할 수 있다. 또한, 웹 브라우저 인터페이스의 플랫폼의 독립성에 의해, 서로 물리적으로 떨어져 있어 서로 다른 컴퓨터 및 운영 체제를 이용하는 설계자들 사이에 데이터의 협력 및 교환이 가능해진다.

본 발명의 방법의 하나의 장점은, 복잡한 반도체 디바이스에 대한 특성화 데이터가 제조 공정으로부터 수집된 데이터를 신속하게 조사함으로써, 종래와 비교하여 약간의 시간만을 필요로 하면서 발생될 수 있다는 것이다. 또한, 특성화 데이터가 정확하고 일관되게 발생되는데, 이는 다수의 엔지니어의 직감 대신 소정의 파라미터를 이용하여 유효 반도체 디바이스 및 무효 반도체 디바이스를 식별하기 때문이다.

상기 개시된 실시예의 자동화된 분석에 의해, 예기되는 성능 한계를 충족시키지 않는 특성화 테스트 파라미터를 신속하게 식별할 수 있다. 엔지니어는 테스트 프로그램, 테스트 장비 또는 테스트 셋업 조건 문제로 인해 데이터 결과가 유효한지 또는 무효한지를 결정하기 위해, 단지 결과를 보기만 하면 된다.

주목할 사항으로서, 지금까지 현재 가장 실용적이고 바람직한 것으로 고려되는 실시예에 관련하여 본 발명을 설명했지만, 본 발명은 개시된 실시예에 한정되지 않고, 첨부된 청구항의 정신 및 범위 내에 포함되는 다양한 변형 및 등가의 구성을 망라하는 것으로 의도된다.

도면의 간단한 설명

도면에서, 동일한 참조 부호들은 동일한 소자들을 나타낸다.

도 1A 및 1B는 본 발명의 일 실시예가 구현될 수 있는 컴퓨터 시스템을 개략적으로 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 반도체 디바이스에 대해 제조 특성화 리포트 데이터를 발생시키기 위해 수행되는 단계들의 흐름도이다.

도 3은 도 2에 나타낸 흐름도부터 WET 데이터 세트를 수집한 후에 행해지는 구체적인 단계를 나타낸 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 유효 측정치를 식별하기 위해 특성화 테스트로부터의 측정 결과를 분석하는 데에 수행되는 단계를 나타낸 흐름도이다.

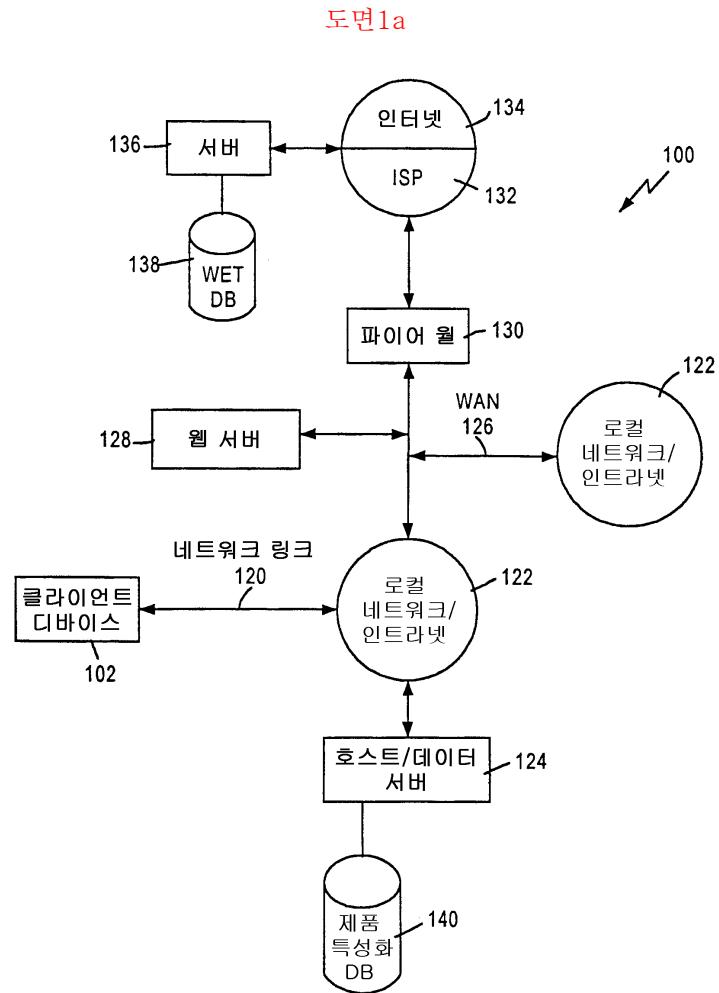
도 5는 특성화 리포트를 발생시키기 위해 수행되는 단계를 나타낸 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 특성화 테스트 결과와 측정된 전기 테스트 결과를 비교하기 위해 클라이언트 워크스테이션에서 사용자에게 제시되는 그래픽 리포트를 나타낸다.

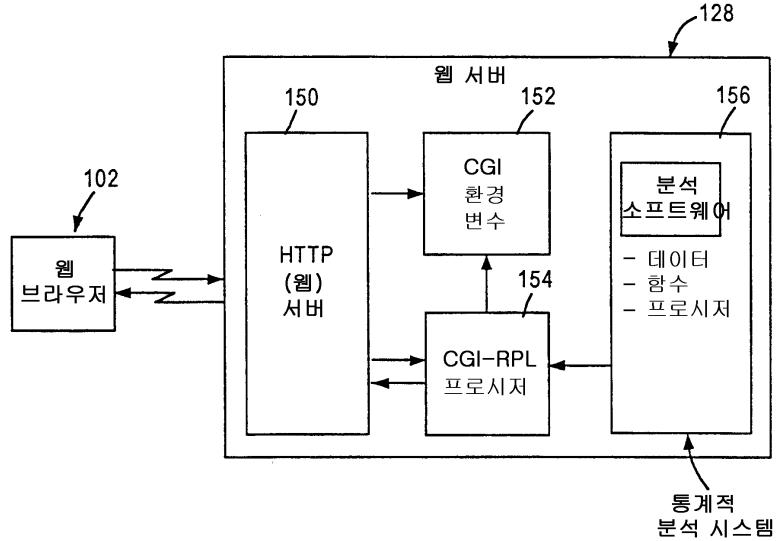
도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 제품 특성화 루틴을 실행하기 위해 클라이언트 워크스테이션 상에서 실행될 수 있는 브라우저 소프트웨어의 디스플레이를 나타낸다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 발생되는 추천(proposed) 제품 데이터 시트를 나타낸다.

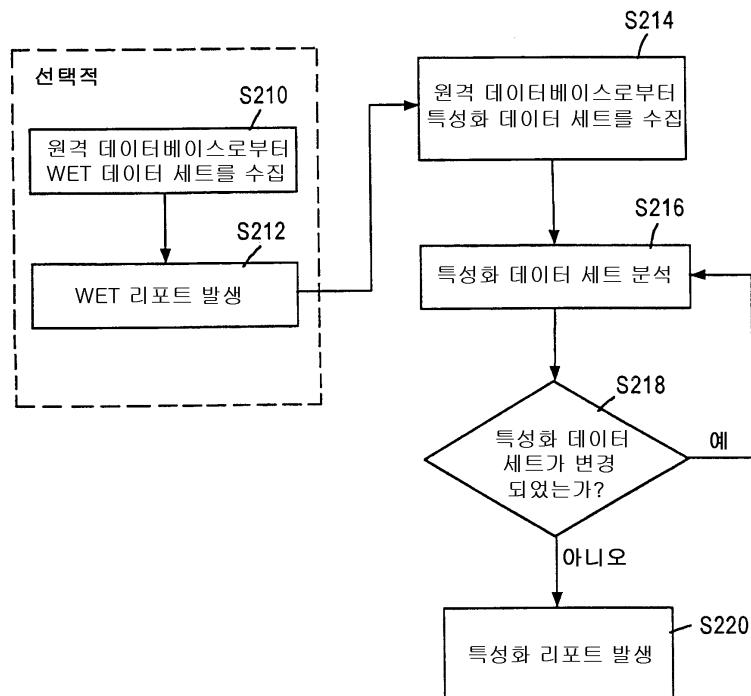
도면



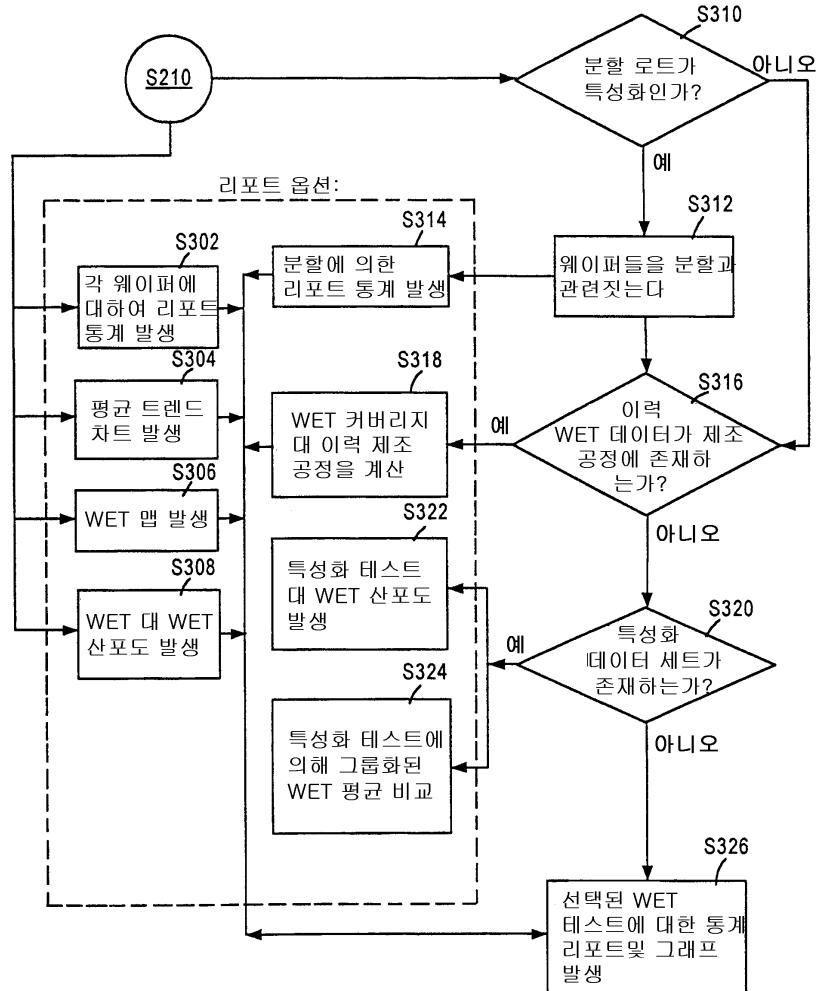
도면1b



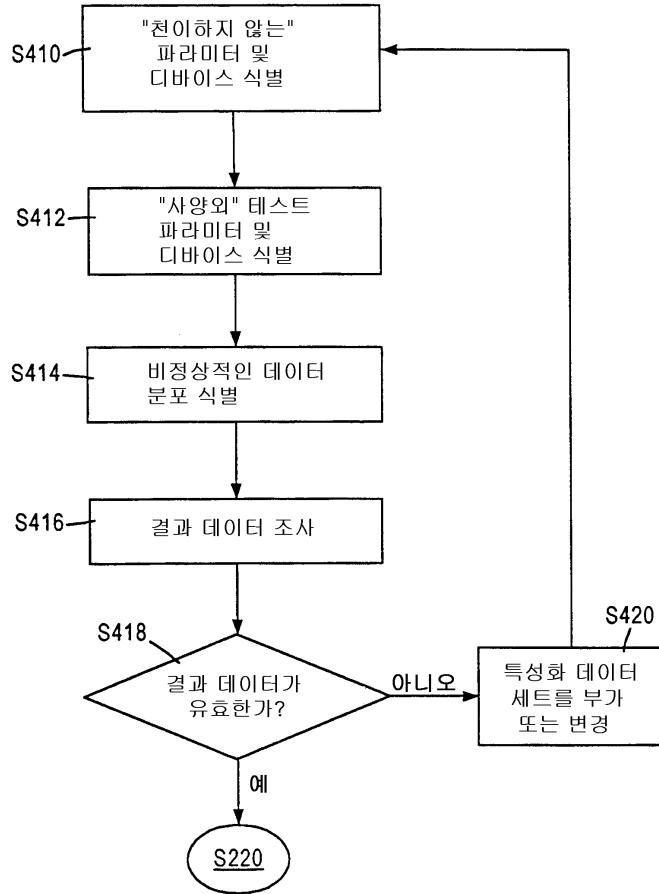
도면2



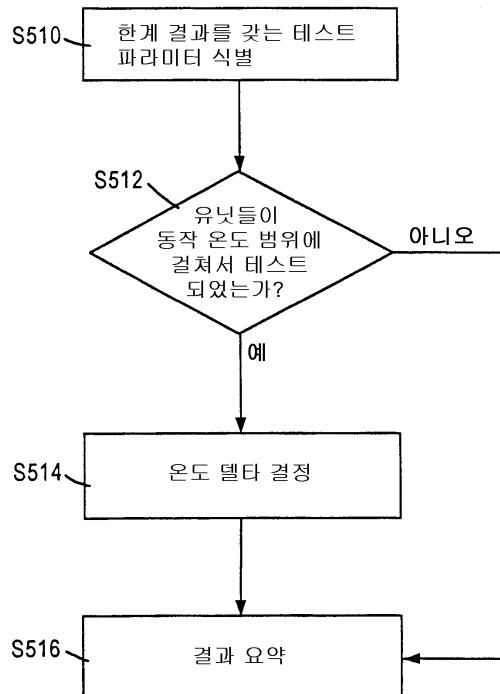
도면3



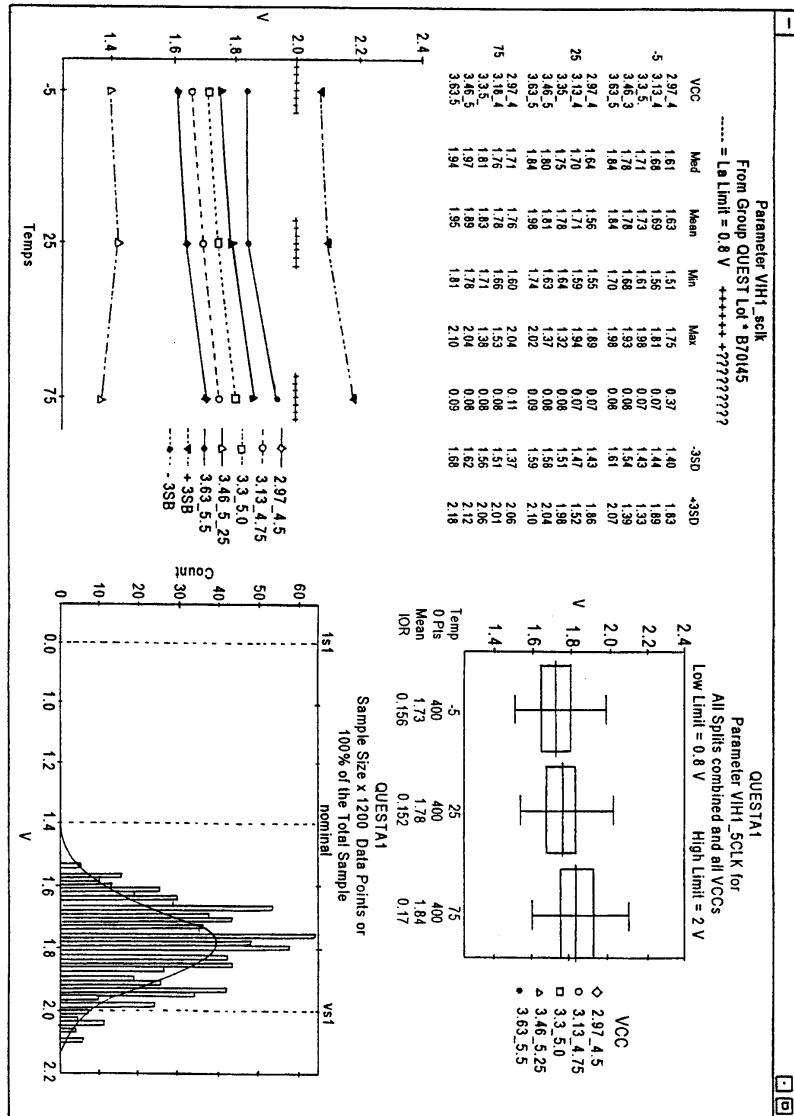
도면4



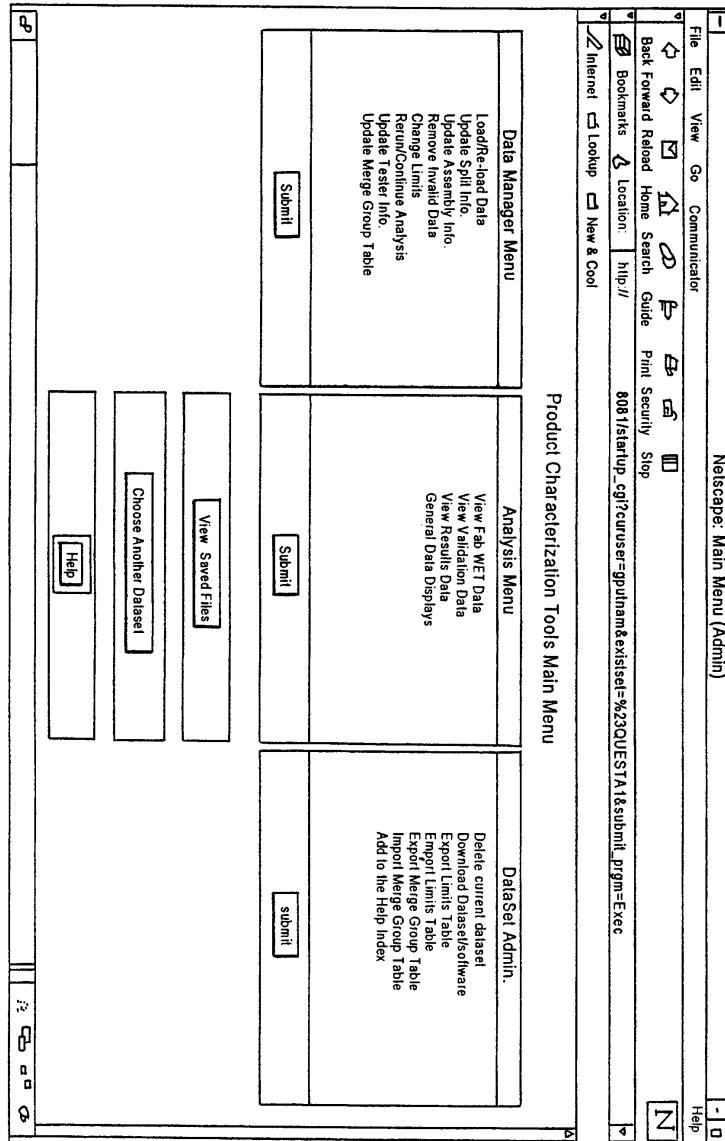
도면5



도면6



도면7



도면8

Char Data Tables

Page 1

DS_PARAM	ORIGINAL DS_LOW	TYPICAL				ORIGINAL DS_HIGH	UNITS
		DS_LOW	DS_HIGH	DS_TYPICAL	DS_MEDIAN		
1	C1_1	1.5	1.0	2.52	10.00	ns	
2	C1_3	1.5	1.0	2.56	10.00	ns	
3	C3_1	0.0	0.0	5.37	8.00	ns	
4	C3_3	0.0	0.0	5.43	8.00	ns	
5	C4_1	-3.0	0.51	2.00	2.00	ns	
6	C4_3	-3.0	0.52	2.00	2.00	ns	
7	C5_1	1.5	1.3	2.76	10.00	ns	
8	C5_3	1.5	1.3	2.75	10.00	ns	
9	C6_BWE_1	1.5	0.6	1.96	9.00	ns	
10	C6_BWE_3	1.5	0.5	1.93	9.00	ns	
11	C6_GWE_1	1.5	0.7	2.18	9.00	ns	
12	C6_GWE_3	1.5	0.8	2.17	9.00	ns	
13	C7_1	1.5	1.3	2.59	7.00	ns	
14	C7_3	1.5	1.1	2.65	7.00	ns	
15	C8_1	1.5	1.3	2.74	7.00	ns	
16	C8_3	1.5	1.2	2.78	7.00	ns	