



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월05일
(11) 등록번호 10-0755295
(24) 등록일자 2007년08월29일

(51) Int. Cl.

G05D 23/24(2006.01)

(21) 출원번호 10-2001-7000633
(22) 출원일자 2001년01월15일
심사청구일자 2004년07월09일
번역문제출일자 2001년01월15일
(65) 공개번호 10-2001-0071917
공개일자 2001년07월31일
(86) 국제출원번호 PCT/US1999/015846
국제출원일자 1999년07월14일
(87) 국제공개번호 WO 2000/04582
국제공개일자 2000년01월27일
(30) 우선권주장
60/092,720 1998년07월14일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP05276008

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 30 항

(73) 특허권자

델타 디자인, 인코포레이티드

미합중국, 캘리포니아 92064, 포웨이, 크로스웨이
트 씨클 12367

(72) 발명자

존스, 토마스피.

미국오하이오주43081웨스터빌, 그린메도우스트라이
브노스8377

터너, 조나단이.

미국오하이오주43081웨스터빌, 그린메도우스트라이
브노스8377

말리노스키, 마크에프.

미국오하이오주43081웨스터빌, 그린메도우스트라이
브노스8377

(74) 대리인

허진석

심사관 : 송병준

(54) 전력 중속 피드백을 사용한 전자소자 제어

(57) 요약

소자 온도를 제어하는 방법이, 소자 전력 소모량에 관련된 파라미터를 측정하고 이 파라미터를 활용하여 소자 온도를 제어한다. 이는 열 교환기, 전력 모니터, 및 열 교환기의 온도 설정을 제어하는 회로를 포함하는 시스템에 의해 달성될 수 있다. 이 회로는 전력 수준, 열 교환기 온도, 및 설정점을 입력신호들로서 이용한다. 따라서 이 시스템은 칩 내에 또는 칩에 연결된 온도 감지 소자들을 필요로 하지 않으며, 패키지가 아닌 소자의 온도에 응답하며, 대량의 칩 제조를 위해 사용될 수 있으며, 온도 감지를 위해 소자의 상당히 넓은 표면 영역을 필요로 하지 않으며, 칩 전력 프로파일들을 필요로 하지 않는다. 두드러진 특징으로서, 본 시스템은 최소의 오버슈트 또는 언더슈트로써 설정점이 유지되게 해 준다.

(56) 선행기술조사문헌

JP09264647
US05569950 A1
US 4713612 A
US 4881591 A

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르기즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 남아프리카

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 짐바브웨

EA 유라시아특허 : , 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

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

OA OAPI특허 : , 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니비사우

특허청구의 범위

청구항 1

검사 중인 소자의 온도를 열 제어기 및 열 교환기를 가지고 제어하는 방법에 있어서:

검사 중에 상기 소자의 순간 전력 소모량을 측정하는 단계와;

검사 중에 상기 소자의 온도를 조절하기 위해 상기 소자에 의한 상기 측정된 순간 전력 소모량을 사용하는 상기 열 제어기를 가지고 상기 열 교환기를 제어하는 단계를 구비하되,

상기 열 교환기가 상기 소자와 전도성 접촉을 하고 있는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 소자가 칩인 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 열 교환기가 상기 소자와 전도성 커플링이 되어 있으며, 상기 소자의 온도를 조절하기 위해 상기 열 교환기가 상기 소자에 의한 상기 측정된 순간 전력 소모량의 변화에 응답하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 열 교환기는 히터와 히트 싱크를 구비하며, 상기 히트 싱크는 상기 소자의 온도가 소정의 설정점 온도 아래에 온도를 초과할 때 상기 소자로부터 열을 제거하며, 상기 소정의 설정점 근처로 상기 소자를 유지하도록 열을 선택적으로 도입하기 위해 상기 소자에 의한 상기 측정된 순간 전력 소모량을 기반으로 하여 상기 히터가 제어되는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 순간 전력 소모량을 측정하는 단계가, 상기 소자가 측정되는 동안에 상기 소자에 제공된 전류를 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 6

검사 중인 소자의 온도를 열 제어기 및 열 교환기를 가지고 제어하는 방법에 있어서:

프로그램 가능한 전력 공급기에 의해 검사 중의 소자에 공급되는 전력에 대응하는 실시간 데이터를 받아들이는 단계와;

검사 중에 상기 소자의 온도를 조절하기 위해 상기 받아들인 실시간 데이터를 사용하는 상기 열 제어기를 가지고 상기 열 교환기를 제어하는 단계를 구비하되,

상기 열 교환기가 상기 소자와 전도성 접촉을 하고 있는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 받아들인 데이터가 아날로그 신호이며, 상기 온도 제어 방법이:

검사 중의 상기 소자에 의해 사용된 전력을 나타내는 전력 신호를 생성하기 위해 상기 받아들인 데이터를 처리하는 단계와;

상기 전력 신호를 데이터 획득 소자에 공급하는 단계와;

상기 데이터 획득 소자에 의해 상기 전력 신호를 샘플링하는 단계와;

상기 데이터 획득 소자로부터 상기 샘플링된 전력 신호를 컴퓨터로 공급하는 단계;

를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 소자가 칩인 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 열 교환기가 상기 전자 소자와 전도성 커플링이 되어 있으며, 상기 소자의 온도를 조절하기 위해 상기 열 교환기가 상기 받아들인 실시간 데이터의 변화에 응답하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 열 교환기는 히터와 히트 싱크를 구비하며, 상기 히트 싱크는 상기 소자의 온도가 소정의 설정점 온도 아래에 온도를 초과할 때 상기 소자로부터 열을 제거하며, 상기 소정의 설정점 근처로 상기 소자를 유지하도록 열을 선택적으로 도입하기 위해 상기 받아들인 실시간 데이터를 기반으로 하여 상기 히터가 제어되는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 11

제6항에 있어서, 상기 받아들인 실시간 데이터가, 상기 소자가 측정되는 동안에 상기 소자에 제공된 전류의 측정치를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 12

검사 중의 소자의 온도를 제어하기 위한 시스템에 있어서,

검사 중에 상기 소자에 의한 순간 전력 소모량을 측정하기 위한 측정 소자와;

상기 소자와 전도성 접촉을 하는 열 교환기와;

검사 중에 상기 소자의 온도를 조절하기 위해 상기 소자에 의한 상기 측정된 순간 전력 소모량을 이용함으로써 상기 열 교환기를 제어하는 열 제어기;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 측정 소자가 상기 소자의 전력 사용량을 모니터링하는 모니터를 구비하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 모니터가 전체 전력 사용량을 모니터링하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 15

제12항에 있어서, 상기 측정 소자가:

하나 또는 그 이상의 전력 공급기들에 의해 상기 소자에 공급되는 전류를 모니터링하는 적어도 하나의 전류 측정 소자와;

하나 또는 그 이상의 전력 공급기들에 의해 상기 소자에 공급되는 전압을 모니터링하는 적어도 하나의 전압 측정 소자와;

상기 적어도 하나의 전류 측정 소자 및 상기 적어도 하나의 전압 측정 소자에 커플링되며, 모니터링된 전류 및 전압으로부터 전력 사용량 신호를 생성하는 모니터링 회로;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 16

제12항에 있어서,

검사 중의 상기 소자에 전력을 공급하고 검사 중의 상기 소자에 의해 사용되는 전력에 대한 정보를 포함하는 데이터 신호를 공급하는 프로그램 가능한 전력 공급기와;

상기 프로그램 가능한 전력 공급기에 커플링되며, 상기 프로그램 가능한 전력 공급기로부터 데이터 신호를 받아들임으로써 검사 중의 상기 소자에 의해 사용되는 전력에 대한 데이터를 획득하는 데이터 획득 소자;

를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 프로그램 가능한 전력 공급기 및 데이터 획득 소자 사이에 설치되는 모니터링 회로를 더 구비하며, 상기 모니터링 회로가 상기 프로그램 가능한 전력 공급기로부터의 데이터 신호를 받아들이고 전력 사용량 신호를 상기 데이터 획득 소자에 공급하기 적합하도록 만들어지고, 검사 중의 상기 소자가 칩인 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 데이터 획득 소자와 통신가능하게 커플링되며 디지털 저장 매체와 표시 장치를 포함하는 컴퓨터를 더 구비하며, 상기 컴퓨터가 상기 데이터 획득 소자로부터 디지털 전력 사용량 신호를 받아들이고, 상기 디지털 전력 사용량 신호로부터의 정보를 상기 디지털 저장 매체에 저장하고, 상기 표시 장치 상에 상기 디지털 전력 사용량 신호로부터의 정보를 표시하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 19

제12항에 있어서, 검사 중의 상기 반도체 소자를 고정하며, 상기 소자가 상기 열 교환기와 전도성 접촉을 하고 상기 열 교환기의 설정이 상기 열 제어기에 의해 결정되는 동안 상기 소자의 검사를 가능하게 해주는 검사 헤드를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 열 교환기가 상기 반도체 소자의 제1 검사 동안에 상기 소자를 제1 온도 또는 그 근처로 유지시키고 그 다음 상기 소자의 제2 검사 동안에 상기 소자를 제2 온도 또는 그 근처로 유지시키도록, 상기 열 제어기가 상기 열 교환기를 제어하기에 적합하도록 만들어진 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 21

전자 소자가 전력 공급 신호 및 검사 유발 신호를 공급받고, 상기 전자 소자의 온도가 온도 제어 장치에 의해 능동적으로 제어되는 시스템에서, 상기 소자의 온도를 소정의 설정점 온도 근처로 유지시키는 방법에 있어서,

상기 소자가 검사되는 동안에 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력에서의 변화를 결정하는 단계와;

상기 소자가 검사되는 동안에 상기 소자의 온도를 상기 소정의 설정점 온도 근처로 유지하기 위해 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력에서의 변화에 대응하여 상기 소자에 열을 가하거나 그로부터 열을 제거하는 단계;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 온도 유지 방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 전자 소자가 칩인 것을 특징으로 하는 온도 유지 방법.

청구항 23

제21항에 있어서, 상기 온도 제어 장치가 상기 전자 소자와 전도성 커플링이 된 열 교환기를 구비하며, 상기 열 교환기가 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력의 변화에 응답하는 것을 특징으로 하는 온도 유지 방법.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 열 교환기는 히터와 히트 싱크를 구비하며, 상기 히트 싱크는 상기 소자의 온도가 소정의 설정점 온도 아래에 온도를 초과할 때 상기 소자로부터 열을 제거하며, 상기 소정의 설정점 근처로 상기 소자를 유지하도록 열을 선택적으로 도입하기 위해 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력의 변화를 기반으로 하여

상기 히터가 제어되는 것을 특징으로 하는 온도 유지 방법.

청구항 25

제21항에 있어서, 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력에서의 변화를 결정하는 단계가, 상기 소자가 검사되는 동안 상기 소자에 제공된 전류를 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 유지 방법.

청구항 26

전자 소자가 전력 공급 신호 및 검사 유발 신호를 공급받고, 상기 소자의 온도가 검사 중에 소정의 설정점 온도 근처로 유지되게 하는 시스템에 있어서,

상기 소자가 검사되는 동안에 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력의 변화를 결정하는 측정 소자와;

상기 소자의 온도를 상기 소정의 설정점 온도 근처로 유지하기 위해 상기 측정 소자에 의해 결정된, 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력의 변화에 대응하여 상기 소자가 검사되는 동안에 상기 소자에 열을 가하거나 그로부터 열을 제거하는 온도 제어 장치;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 전자 소자가 칩인 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 28

제26항에 있어서, 상기 소자가 검사되는 동안에 상기 측정 소자가 상기 소자에 제공된 전류를 측정하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 29

제26항에 있어서, 상기 온도 제어 장치가 상기 전자 소자와 전도성 커플링이 된 열 교환기를 구비하며, 상기 열 교환기가 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력의 변화에 응답하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 열 교환기는 히터와 히트 싱크를 구비하며, 상기 히트 싱크는 상기 소자의 온도가 소정의 설정점 온도 아래 온도를 초과할 때 상기 소자로부터 열을 제거하며, 상기 소정의 설정점 근처로 상기 소자를 유지하도록 열을 선택적으로 도입하기 위해 상기 전자 소자에 의해 소모된 전력의 변화를 기반으로 하여 상기 히터가 제어되는 것을 특징으로 하는 시스템.

명세서

기술 분야

<1> 본 출원서는, 여기에 충분히 설명된 바와 같이 편입되는, 1998년 7월 14일에 출원된 이전의 가출원 번호 60/092,720으로부터의 우선권을 주장한다.

<2> 본 발명은 일반적으로 온도 제어 분야에 관한 것으로, 특히 전력 종속 피드백(power following feedback)을 사용하여 전자소자들의 온도 제어를 제공하는 개선된 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

<3> 본 발명은 소자가 작동 또는 검사되는 동안에 전자 소자의 온도를 일정한 설정점 온도 또는 그 근처로 유지하는 온도 제어 시스템들에 관한 것이다. 일정 온도 또는 일정에 가까운 온도로 가장 잘 작동되는 전자 소자들에 대한 두 개의 예들은 패키징된 집적 칩(packaged integrated chips) 및 패키징되지 않은 드러난 칩(unpackaged bare chips)이다.

<4> 칩 온도를 일정한 설정점 근처로 유지하는 것은, 칩의 작동 또는 검사 도중에 칩의 전력 소모(power dissipation)가 일정하거나 적은 범위에서 변한다면, 그다지 어려운 것이 아니다. 이러한 경우를 다루는 방법은 고정된 열저항을 통해 고정 온도에 있는 열 질량체에 칩을 커플링시키는 것이다. 그러나 칩의 작동 또는 검사

도중에 칩의 순간 전력 소모가 위, 아래로 큰 범위로 변한다면, 이 때에는 칩 온도를 일정한 설정점 근처로 유지하는 것이 매우 어려워진다.

- <5> 넓게 변화하는 칩의 전력 소모에 의해 발생하는 칩 온도 변동에 응답하기 위해 다양한 온도 강제 시스템들이 사용된다. 피드백(feedback) 방법들은 변화하는 온도를 감지하기 위해 일반적으로 사용된다. 통상적인 접근 방식에는 칩 패키지 또는 칩 자체에 탑재된 열전쌍 등의 온도 감지 소자의 사용이 포함된다. 또 다른 접근 방식에는 열 다이오드(thermal diode)와 같은 온도 감지 소자를 칩 회로 내에 집적해 넣는 것이 포함된다. 이러한 열 감지 소자는 칩 온도 변화를 감지하고 온도 강제 시스템을 적절히 조절하는 데 사용된다.
- <6> 온도 감지 소자들의 사용에는 몇 가지 문제점이 따른다. 패키징된 칩들의 경우에는, 외부에 탑재된 열전쌍이, 패키지 내부에서의 칩의 온도가 아닌, 패키지 표면의 온도를 표시할 것이다. 상당한 전력 소모 수준에서, 이러한 온도 차이는 검사결과에 중요하게 될 것이다. 칩 자체에 집적된 온도 센서들의 사용은 이러한 문제점을 겨냥하나, 다른 논쟁점들도 제기한다. 칩 제조업자들이 칩 상에 온도 센서들을 집적해 넣는 것이 통상적인 일은 아니다. 심지어는 그렇다고 해도, 각 칩의 온도 센서는 독특한 캘리브레이션 요건들을 가지게 될 것이다. 상기 현재의 모든 문제점들은 대략의 칩 제조에도 해당되는 것이다.
- <7> 자동 검사 핸들링 장비(automated test handling equipment) 내에 포함되는 열전쌍 탐침들(thermocouple probes) 등의 임시 온도 센서들은 이들 논쟁점들의 몇몇을 겨냥할 수 있다. 그러나, 패키지 온도 대 다이 온도 문제는 여전히 남아있을 것이다. 또한, 임시 온도 센서의 신뢰성은 대량의 칩 제조 검사 결과에 중요한 영향을 미치는 오차를 도입한다. 더욱이, 온도 제어에 이용될 수 있는 표면이 임시 온도 센서에 대해 필요한 표면과 같아서, 문제를 더 복잡하게 한다.
- <8> 따라서, 패키지 없이, 전자 소자의 온도에 응답할 수 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법에 대한 필요성이 대두되었다. 대량의 칩 제조에 간편히 사용될 수 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법에 대한 추가적인 필요성도 존재한다. 신뢰성 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법에 대한 추가적인 필요성도 존재한다. 전자 소자의 상당한 표면 영역을 필요로 하지 않는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법에 대한 추가적인 필요성도 존재한다. 칩 내에 집적되거나 임시로 칩에 접촉되어야 할 온도 감지 소자들을 필요로 하지 않는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법에 대한 추가적인 필요성도 존재한다. 칩 전력 프로파일들을 수집, 유지, 및 적용해야 할 필요성이 없을 뿐 아니라 이러한 과제들을 자동 검사 장비, 온도 강제 시스템 및 검사 소프트웨어에서 실행하는 능력을 필요로 하지 않는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법에 대한 추가적인 필요성도 존재한다.
- <9> 본 발명은 위에 설명된 문제점의 하나 또는 그 이상의 영향을 극복하거나 적어도 경감시키기 위해 안출된 것이다.

발명의 상세한 설명

- <10> 본 발명에 따르면, 전자 소자들에 대해 이전에 개발된 온도 제어에 결부된 단점들과 문제점들을 실질적으로 제거하거나 경감하는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법이 제공된다.
- <11> 본 발명의 장점은, 패키지 없이, 전자 소자의 온도에 응답할 수 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법을 제공한다는 것이다.
- <12> 본 발명의 또 다른 장점은, 대량의 칩 제조에 간편히 사용될 수 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법을 제공한다는 것이다.
- <13> 본 발명의 추가적 이점은, 신뢰성 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법을 제공한다는 것이다.
- <14> 본 발명의 또 다른 장점은, 패키지 온도의 임시 모니터링을 위해 전자소자의 상당한 표면 영역을 필요로 하지 않는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법을 제공한다는 것이다.
- <15> 본 발명의 또 다른 이점은, 대량 제조 시의 온도 조절을 위해 칩 내에 집적되거나 임시로 칩에 연결되어야 할 온도 감지 소자들을 필요로 하지 않는다는 것이다.
- <16> 본 발명의 또 다른 이점은, 칩 전력 프로파일들을 수집, 유지, 및 적용해야 할 필요성이 없을 뿐 아니라 칩 전력 프로파일들을 수집하고 적용하기 위한 자동 검사 장비, 온도 강제 시스템 및 검사 소프트웨어에서의 능력을 필요로 하지 않는다는 것이다.
- <17> 간단히 말해서, 본 발명의 일 측면에 따르면, 소자의 온도를 제어하는 방법이 제공된다. 이 방법은 소자에 의한 전력 소모량에 관련된 파라미터를 측정하고 이 측정된 파라미터를 상기 소자의 온도를 제어하는 데 활용하는 단

계를 포함한다. 파라미터의 측정 및 온도 제어는 동시에 발생한다. 이 파라미터는 소자의 온도 이외의 것이며, 관련 전력 소모량은 신호 연결들에 대립하는 전력 연결을 통하여 소자에 의해 소모된 전력이다.

<18> 간단히 말해서, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 소자의 실시간 온도를 계산하는 방법이 제공된다. 이 방법은, 소자의 실시간 전력 사용량을 측정하고, 소자의 실시간 온도를 위해 사용될 수 있는 수치를 결정함에 있어서 소자의 측정된 실시간 전력 사용량을 이용하는 단계를 포함한다. 이 전력 사용량은 신호 연결들에 대립하는 하나 또는 그 이상의 전력 연결들을 통하여 소자에 의해 사용된 전력에 관련된 것이다.

<19> 간단히 말해서, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 소자에 커플링된 온도 강제 시스템을 포함하는 시스템에서 소자의 온도를 제어하는 방법이 제공된다. 이 방법은, 소자의 전력 소모량을 모니터링하고, 소자의 모니터링된 전력 소모량에 부분적으로 기초하여 온도 강제 시스템의 온도를 조절하고, 온도 강제 시스템으로 소자 온도를 제어하는 단계를 포함한다. 이 전력 소모량은 하나 또는 그 이상의 전력 공급기들에 의해 소자에 공급된 전력에 관한 것이다.

<20> 간단히 말해서, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 소자의 온도를 제어하는 시스템이 제공된다. 이 시스템은, 소자에 의한 전력 사용량에 관련된 파라미터를 측정하는 측정소자와, 소자에 커플링되기에 적합하도록 만들어진 열 교환기와, 열 교환기의 설정을 결정하기 위한 열 제어기를 포함한다. 이 설정은 소자에 의한 전력 소모량에 관련된 측정된 파라미터를 사용함으로써 부분적으로 결정된다. 열 제어기는 측정소자에 커플링되어 이와 동시에 작동한다. 이 파라미터는 소자의 온도 이외의 것이며, 관련 전력 소모량은 신호 연결들에 대립하는 전력 연결을 통하여 소자에 의해 소모된 전력이다.

<21> 간단히 말해서, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 소자의 온도를 제어하는 시스템이 제공된다. 이 시스템은, 소자에 의한 전력 소모량에 관련된 파라미터를 측정하는 구조와, 소자에 의한 전력 소모량에 관련된 측정된 파라미터에 부분적으로 기초하여 소자의 온도를 제어하는 구조를 포함한다. 소자에 의한 전력 소모량에 관련된 파라미터의 측정과 소자의 온도 제어는 동시에 발생한다. 이 파라미터는 소자의 온도 이외의 것이며, 관련 전력 소모량은 신호 연결들에 대립하는 전력 연결을 통하여 소자에 의해 소모된 전력이다.

<22> 간단히 말해서, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 검사 중의 반도체 소자에 대해 사용하기 위한 데이터 생성 시스템이 제공된다. 이 데이터 생성 시스템은, 프로그램 가능한 전력 공급기와, 데이터 획득 소자를 포함한다. 프로그램 가능한 전력 공급기는, 검사 중의 반도체 소자에 전력을 공급하고 검사 중의 상기 반도체 소자에 의해 사용되는 전력에 대한 정보를 포함하는 데이터 신호를 공급하기 위한 것이다. 데이터 획득 소자는, 프로그램 가능한 전력 공급기로부터 나오는 데이터 신호를 받아들임으로써 검사 중의 반도체 소자에 의해 사용되는 전력에 대한 데이터를 획득하기 위한 것이다.

<23> 간단히 말해서, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 검사 중의 반도체 소자에 대해 사용하기 위한 데이터 생성 방법이 제공된다. 이 방법은 프로그램 가능한 전력 공급기로부터 데이터 신호를 지속적으로 공급하는 단계를 포함한다. 이 데이터 신호는 프로그램 가능한 전력 공급기에 의해 검사 중의 반도체 소자로 공급되는 전력에 대한 실시간 정보를 포함한다. 이 방법은, 데이터 획득 소자에서, 프로그램 가능한 전력 공급기로부터 나온 데이터 신호를 지속적으로 받아들이는 단계를 더 포함한다.

<24> 간단히 말해서, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 검사 중의 반도체 소자에 대해 사용하기 위한 온도 제어 시스템이 제공된다. 이 온도 제어 시스템은, 측정소자와, 열 교환기와, 열 제어기와, 검사 헤드를 포함한다. 측정소자는 검사 중의 반도체 소자에 의한 전력 소모량에 관련된 파라미터를 측정하기 위한 것이다. 이 파라미터는 반도체 소자의 온도 이외의 것이며, 관련 전력 소모량은 신호 연결들에 대립하는 전력 연결을 통하여 반도체 소자에 의해 소모된 전력이다. 열 교환기는 반도체 소자에 커플링하기에 적합하도록 만들어진 것이다. 열 제어기는 열 교환기의 설정을 결정하기 위한 것으로서, 이 설정은 소자에 의한 전력 소모량에 관련된 측정된 파라미터를 사용함으로써 부분적으로 결정된다. 열 제어기는 측정소자에 커플링되어 이와 시간적으로 동시에 작동한다. 검사 헤드는, 반도체 소자가 열 교환기와 전도성 접촉을 하고 열 교환기의 설정이 열 제어기에 의해 결정되는 동안 반도체 소자의 검사를 가능하게 해준다.

실시예

<37> 본 발명에 대해 위에 언급한 것 및 기타 측면들은, 첨부도면과 함께 판단될 경우, 실시예의 설명으로부터 더 명백해질 것이다. 도면들은 본 발명의 실시예를 도시한다. 도면에서, 동일 구성요소들은 동일 참조번호로 나타내었다.

<38> 삭제

<39> 1. 핵심 이론

<40> 소자가 검사될 경우, 특정한 온도에서 검사가 행해질 필요가 있는데, 이 특정 온도는 설정점으로 알려져 있다. 검사 중의 소자("DUT")라고도 불리우는 상기 소자는 통상적으로 서로 다른 몇 개의 설정점들에서 검사되며 각 설정점에서 그 성능이 기록된다. DUT의 성능은 흔히 주어진 하나의 설정점에서 최대 작동 주파수, f_{\max} 로서 측정된다. DUT는 통상적으로 낮은 온도들에서는 더 빠르며(높은 f_{\max}), 높은 온도들에서는 더 느리다(낮은 f_{\max}). 더 높은 f_{\max} 는 더 나은 성능의 DUT, 따라서 더 값비싼 DUT를 나타낸다.

<41> 주어진 설정점을 유지하기는 점점 더 어려워져 가고 있다. 그 이유 중의 하나는 검사 중에 발생하는 DUT의 자체-발열이다. DUT는 검사 중에 전력을 끌어오기 때문에 자체-발열한다. 만약 검사 진행 동안에 DUT가 설정점으로 유지되지 못한다면, 이는 뜨거워질 것이며, 위에 지적인 바와 같이, DUT의 성능은 열화될 것이다. 이러한 현상은 DUT의 성능에 대한 나쁜 평가를 낳게 되는데, 왜냐하면 만약 온도가 원하는 낮은 온도에서 유지되었다더라면 성능이 더 나아졌을 것이기 때문이다. 그러면 동일한 소자라도 더 높은 가격에 팔릴 수 있게 될 것이다. 소자가 가격은 더 빠른 소자에 대해 통상적으로 지수함수적으로 비례하여 높아진다. 따라서, 당연히 나쁘게 평가된 성능을 수용해야만 하는 제조업자에게는 이 충격이 크게 된다.

<42> 영향을 받는 소자들의 수는 자체-발열에 따른 온도 증가에 역시 지수함수적으로 비례하게 관련된다. 도 8이 지적하는 바와 같이, 주어진 다수 소자들의 성능 분포는 통상적으로 어떤 중심 주파수에 대해 정규 분포를 이룬다. 도 8에서 최우측 곡선에 대해 이 중심 주파수는 대략 450MHz이다. 본 예에서, 고성능 소자들은 480MHz 또는 그 이상의 f_{\max} 를 가진 것으로 여겨진다.

<43> 만약 설정점이 유지될 수 있다면, 그 때에는 480MHz의 오른쪽의 꼬리에 있는 맨 오른쪽 곡선의 모든 소자들은 고성능 소자들이 될 것이다. 그러나, 자체-발열 때문에 설정점이 유지될 수 없다면, 그 때에는 곡선이 이동하여 예컨대 맨 왼쪽 곡선을 이룰 것이다. 본 예에서, 소자의 실제 접합점 온도는 20℃까지 증가할 것으로 여겨지는데, 이는 성능면에서 대략 4%의 감소 결과를 가져올 것이다. 따라서, 이러한 로트(lot)의 소자들의 분포는 왼쪽으로 이동하며, 대략 432MHz(450의 4%=18)를 중심으로 위치하게 된다. 이렇게 이동된 곡선은 맨 왼쪽 곡선에 의해 표시된다. 그러나, 고성능 소자는 여전히 480MHz 또는 그 이상의 f_{\max} 를 가질 것이 요구된다. 따라서 곡선의 고성능 영역은 분포의 꼬리쪽으로 더 이동하게 된다. 곡선 아래의 면적으로부터 명백히 알 수 있듯이, 고성능 소자들의 수는 이제 지수함수적으로 비례하여 적어진다.

<44> 이 문제는 더 악화될 수 있다. 산업계의 동향은 소자로 하여금 더 높은 주파수들에서 동작하고 더 좁은 면적을 차지하게 하는 방향으로 가고 있다. 이는 소자가 더 많은 전력을 사용하게 하며, 더 큰 전력 스파이크(spikes) 또는 전이(transition)를 갖게 하며, 자신들이 생성하는 열을 발산시키는 능력은 더 줄이게 한다.

<45> 많은 반도체들은 상보적 금속 산화물 반도체("CMOS") 기술을 활용한다. CMOS의 특성 중의 하나는 그것이 상태를 스위칭할 때 전력면에서 큰 스파이크를 초래한다는 것이다. 더 나아가, CMOS 소자가 더 빠른 속도로 동작함에 따라, 소자는 통상적으로 더 빨리 그리고 더 자주 스위칭하게 될 것이다. 이는 더 많은 전력을 필요로 할 것이며, 순간 전력 소모면에서 크고 빠른 변화로 귀착될 것이다. 따라서, 더 많은 열이 생성될 것이다.

<46> 이 상황은 소자들의 사이즈와 열 질량 감소에 의해 악화된다. 이는 소자의 열이 발산 또는 확산할 수 있는 "공간"을 더 적게 만드는 결과를 초래한다. 최종 결과는 자체-발열에 따른 DUT 온도의 더 큰 변동이며 DUT 성능에 대한 나쁜 평가가 증가한다는 것이다.

<47> 그들에 개선점을 주기는 하지만, 대류 시스템은 효과가 없는 것으로 증명되었다. 도 5를 참조하면, 소자 내의 접합점 온도와 소자에 의해 인출된 전력의 견지에서 분석될 경우, 강제 공기 시스템의 성능을 보여준다. 소자에 의해 인출된 전력이 증가할수록, 원하는 설정점으로부터의 접합점 온도 편이도 증가한다. 알 수 있는 바와 같이, 몇몇 전이점들에서 이 편이는 20℃를 넘는다.

<48> 대류 시스템을 능가하는 잠재적 이점을 제공하기는 하지만, 전도 시스템도 효과가 없는 것으로 증명되었다. 도 6을 참조하면, 플립 칩(flip chip) 소자에 대한 단순한 전도 시스템의 성능이 도시된다. 소자에 의해 인출된 전력이 증가할수록, 온도도 대략 60℃의 공칭 온도(nominal temperature)를 초과하게 증가한다.

- <49> 진실한 해법은 DUT의 온도를 신속히 감지할 능력과 DUT의 온도 변화에 신속하고 효과적으로 응답할 능력을 필요로 한다.
- <50> 본 출원에서 설명한 바와 같이, 두 개의 요건은 개시된 발명에 의해 언급된다. 이들은 새롭게 개발된 전력-종속 피드백 기술을 이용하여 DUT 온도를 신속하게 결정하는 메커니즘을 제공한다. 이 개시는 또한 DUT의 자체-발열을 신속하고 효과적으로 상쇄하도록 응답할 수 있는 히트 소스/싱크(포괄적으로, 열 교환기{"Hx"})를 제공한다. 도 7을 참조하면, 결정된 DUT 온도에 대한 급속 응답에 의해 부분적으로 달성된 DUT 온도에서의 감소된 오버슈트(overshoot)가 도시된다. 이 응답은 DUT에 대한 전력을 역상(reverse image)으로 반영하는 열 교환기 온도에 의해 보여진다.
- <51> 열 컨디셔닝을 변화시킬 필요 없이 그리고 검사 프로그램 융통성을 제한하는 열 컨디셔닝 없이 검사 시퀀스들(test sequences)을 최적화시킬 수 있도록, DUT 온도를 결정하기 위해 사용되는 열-종속 피드백 방법도 실시간으로 작동한다는 이점을 가진다. 주된 특성은 전력 측정으로부터 DUT 온도를 추출할 수 있게 해주는 단순화된 공식을 개발하고 사용하는 것이다.
- <52> DUT의 전체 전력 사용량을 측정, 소위 계산하는 것이 바람직하지만, 이것이 항상 필요한 것은 아닐 것이라는 것이 본 개시의 견지에서 관련 기술업계의 통상의 지식인에게 자명할 것이다. 명백히, 전력의 일부가 추산되거나 무시될 수 있는 실시예들이 있다. 예컨대 제한없이 만약 소자의 모든 전력 동요(fluctuation)가 특정 전압 또는 전력 공급기로 격리되어 있거나, 만약 특정 전력 공급기가 소자에 상대적으로 적은 양의 전력을 공급한다면, 이러한 일은 발생할 것이다.
- <53> 더 나아가, 전력 공급을 모니터링하는 것은 전력 사용량을 모니터링하는 간편한 방법인데, 그 이유는 DUT로부터 연결이 제거되고 자체-발열에서의 실제 변화가 발생하기 전에 이 방법이 순간 전력 동요를 감지하기 때문이다. 이러한 전력 동요들은 증가하거나 감소될 수 있으며 자체-발열에서의 증가 또는 감소를 일으킬 수 있다. 그러나, 본 기술업계의 통상의 지식인은 전력, 전류, 및/또는 전압을 모니터링하는 다른 방법들이 있음을 이해할 것이다.
- <54> 2. 전력 종속 시스템(Power Following System)
- <55> 도 1a는 본 발명의 일 실시예를 도시한다. 모니터링 회로(10)는 검사 중 또는 작동하고 있는 전자 소자(미도시)에 전력을 공급하는 하나 또는 그 이상의 전력 공급기들(15)로부터 사용되는 전력 사용량을 모니터링한다. 만약 복수의 전력 공급기들(15)이 있을 경우, 모니터링 회로(10)는 합산하여 전체 전력 사용량을 구한다. 전기 접속점(16)은 모니터링 회로(10)를 각 전력 공급기(15)에 연결시킨다. 전기 접속점(16)은, 전자 소자를 통해 흐르는 전류의 전압 상(voltage image) 및 전자소자가 작동 또는 검사될 때의 전압 수준과 같은, 전자 소자의 전력 사용량 표시를 모니터링 회로(10)에 제공한다. 전기 접속점들(16)은 전자 소자들을 검사하기 위해 사용되는 자동 검사장비의 전력 공급기들에서 쓸모가 있다. 모니터링 회로(10)는 전력 사용량 신호(20)(전력 사용량 값을 나타내는 전압)를 열 제어 회로(25)로 보낸다.
- <56> 주어진 칩 설정점 온도 또는 설정점 온도(30)를 나타내는 신호, 및 강제 시스템 표면 온도 또는 강제 시스템 표면 온도(32)를 나타내는 신호를 바탕으로, 열 제어 회로(25)는 전역 사용량 신호(20)를 온도 제어 신호(35)로 변형시킨다. 열 제어 회로(25)는 온도 제어 신호(35)를 열 교환기 온도 제어기(40)로 보내준다. 열 교환기 온도 제어기(40)는 전력 증폭기를 가진 열 교환기 전력 공급기(미도시)를 포함하고 있으며, 열 교환기 전력 공급기의 출력 전류를 조절함으로써 검사 또는 작동 중의 전자 소자를 위해 열 교환기(45)에 대한 온도를 제어한다. 결과적으로 나타나는 열 교환기의 온도는 강제 시스템 표면 온도(32)이다.
- <57> 도 1b를 참조하면, 열 제어 회로(25)가 열 제어 보드(27) 상에 존재한다. 열 제어 보드(27)는, 또한 다른 부품들보다도, 제1 정밀 일정 전류 소스(28)와 제2 정밀 일정 전류 소스(29)를 포함한다. 제1 정밀 일정 전류 소스(28)는 열 제어 보드(27)로부터 나오는 정밀한 일정 전류를 열 교환기(45) 내의 가변 저항 소자("RTD")로 보낸다. 이 RTD는 강제 시스템 표면 온도에 응답하여 강제 시스템 표면 온도(32)를 나타내는 전압을 출력한다. 강제 시스템 표면 온도 저압(33)은 열 제어 회로(25)로 피드백되어 들어간다. 제1 정밀 일정 전류 소스(28)를 열 교환기(45)의 밖에 두는 것은 열 교환기가 더 쉽게 교체될 수 있다는 점에서 이점을 제공한다.
- <58> 제2 정밀 일정 전류 소스(29)는 DUT에 정밀 일정 전류를 보낼 수 있다. 열 교환기(45)는 아래의 온도 제어 유닛 단원에서 더 자세히 설명된다.
- <59> 본 발명은 존즈(Jones) 등에 의해 공동-계류된 가특허출원 U.S.S.N. 60/092,715에 설명된 기술들 및 장치와 연

계하여 사용될 수 있다.

- <60> 관련 기술분야의 통상의 지식인은 쉽게 이해할 수 있듯이, 본 개시 및 통합된 개시의 견지에서, 전체 시스템의 기능들은 다양한 기술들로써 구현될 수 있다. 여기에서 전자 회로들은 모니터링 회로 및 열 제어 회로에 대해 개시되지만, 전류, 전압, 온도 및 전력을 나타내는 신호들을 생성하는 등의 다른 것을 위한 것뿐만 아니라 이들 기능들을 위해서도 다른 구현례들이 가능하다.
- <61> 본 발명의 일 측면에 따르면, 여기에 개시된 기능은 하드웨어, 소프트웨어, 및/또는 그 양자에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 도구들은 C++와 같은 고급 프로그래밍 언어, 중급 및 저급 언어들, 어셈블리어, 응용에 특정되거나 소자에 특정된 언어들을 제한없이 포함하는 어떤 적당한 언어에 의해서도 작성될 수 있다. 이러한 소프트웨어는 486 또는 펜티엄과 같은 일반 목적 컴퓨터, 응용에 특정된 하드웨어 부분, 또는 기타 적당한 장치에서 실행될 수 있다.
- <62> 로직 회로에 이산적인 하드웨어 부품들을 사용하는 데 덧붙여서, 원하는 로직이 ASIC(application specific integrated circuit) 또는 기타 소자에 의해 실행될 수도 있다. 이 기술은 아날로그 회로, 디지털 회로, 또는 그 양자의 조합을 사용할 수 있다. 또한 이 시스템은 커넥터, 케이블 등 업계에서 잘 알려진 다양한 하드웨어 부품들을 포함할 수 있을 것이다. 더욱이, 본 기능의 적어도 일부는, 자기매체, 자기-광학 매체, 및 광학 매체와 같은, 본 발명에 따라 실행하기 위해 정보-처리 장치를 프로그래밍하는 데 사용되는 컴퓨터 판독가능 매체(컴퓨터 프로그램 제품이라고도 불리운다)에서 구체화될 수도 있다. 또한, 이 기능은 정보 또는 기능을 전송하는 데 사용되는 전송 파형과 같은 컴퓨터 프로그램 제품들 또는 컴퓨터 판독가능 매체에서 구체화될 수도 있다.
- <63> 더 나아가, 본 개시내용을 통해, 본 발명이 다양한 다른 분야들, 응용례들, 산업들, 및 기술들에 적용될 수 있다는 것이 본 기술분야의 통상의 지식인에게 자명할 것이다. 본 발명은 온도가 모니터링되거나 제어되어야만 하는 어떠한 전력인가 시스템과도 함께 제한 없이 사용될 수 있다. 여기에는 반도체 제조, 검사, 및 작동에 관련된 많은 다른 공정들 및 응용례들이 포함된다.
- <64> 이에 덧붙여, 바람직한 실시예는 전력 공급기에서 DUT로 공급된 전력을 계산 또는 모니터링한다. DUT에 있는 하나 또는 그 이상의 전력 연결들을 통해, 통상적으로 이 전력이 DUT 상에 일종의 전력 수준 또는 그리드(grid)로 제공된다. 이는 어떠한 신호에도 고유한 전력과는 구별되어야 한다. 명백히, 소자에 대한 어떠한 신호 연결이라도 이는 예컨대 클럭 신호와 같은 특정 전력의 신호를 받아들이도록 디자인된다. 그러나, 바람직한 실시예가 모니터링하는 전력은 전력 공급기에서 전력 연결들로 제공되는 전력이며, 신호 연결에 공급될 수 있는 신호에 고유한 전력이 아니다. 위에서 사용되는 전력 공급기는 소자를 작동시키기 위해 특정 전압의 전기적 전력을 제공할 수 있는 표준 산업 소자를 참고하면 된다. 하지만, 본 발명의 기술들이 전력 신호, 클럭 신호 및 데이터 신호를 제한없이 포함하는 어떤 신호에도 적용될 수 있다는 것이 명백하다. 이들 기술들은 비표준 전력 공급기들에도 적용될 수 있을 것이다.
- <65> 3. 모니터링 회로 합산 기능
- <66> 도 2는, 전자 소자가 복수의 전력 소자들(15)로부터 전력을 공급받는 본 발명의 일 실시예에서 모니터링 회로(10)의 계산 기능을 도시하는 블록 다이어그램이다. 각각의 전기적 연결(16)(도 2에는 미도시, 도 1a 참조)은 전류(210) 및 전압 신호들(215)을 그에 대응되는 전력 공급기(15)(도 2에는 미도시, 도 1a 참조)에서 모니터링 회로(10)로 보내준다. 각각의 전류 및 전압신호(210, 215)는 각각의 제1 증폭기(220)를 통과하는데, 여기에서 증폭되고, 광-대역 잡음과 신호의 고주파수 성분들을 제거하는 저역 통과 필터(225)로 들어간다. 전류 및 전압 신호들(210, 215)은 각각의 전류 또는 전압의 값들을 나타내는 전압들의 형태를 가질 수 있다.
- <67> 시스템의 열적 성분들은, 검사 중의 전자 소자에 공급된 전력이 응답하는 것(예컨대, 나노초)보다, 더 늦게(예컨대, 밀리초) 응답한다. 따라서, 전류 및 전압 신호들(210, 215)의 고주파수 성분들은 값을 늘리는 데 기여하지 않는다. 전류 및 전압신호들(210, 215)의 고주파수 성분들을 제거하는 것은 전류 및 전압신호들(210, 215)의 대역폭을 제어 회로의 나머지 것의 대역폭에 정합시켜 주고 온도 제어를 안정화시키는 과제를 단순화시켜 준다.
- <68> 그 다음, 특정 전력 공급기에 대한 전류 및 전압신호들(210, 215)은 제1 적산회로(multiplying circuit; 230)를 함께 통과하는데, 이 회로는 상기 특정 전력 공급기에 대한 전력 사용량을 계산하기 위해 전류 및 전압신호들(210, 215)을 이용한다.
- <69> 모든 전력 공급기에 대해, 모니터링 회로(10)는 전류 및 전압신호들(210, 215)로부터의 전력 사용량을 계산하기 위해 다음 수학적 식 1을 이용한다.

- <70> [수학식 1]
- <71> $P = I * V$
- <72> 여기서:
- <73> - P는 와트 단위의 전력 사용량이고,
- <74> - I는 암페어 단위의 전류 신호이고,
- <75> - V는 볼트 단위의 전압 신호이다.
- <76> 만약 전력 공급기(15)가 전자 소자에 의해 끌려온 전류의 전압 상(voltage image)을 제공한다면, 전압 상 신호의 볼트-대-암페어 관계를 설명하는 스케일링 인자(scaling factor)가 필요하다. 만약 전자 소자가 검사된다면, 전력 공급기의 특성부터 전자 소자를 검사하기 위해 사용되는 (또한 작동 또는 검사 중의 전자 소자에 전력을 공급하는) 자동 검사장비까지 스케일링 인자가 추출된다. 예를 들어, 슬림버거의 VHCDPS의 스케일링 인자는 1.0이며, 그 반면에 슬림버거의 HCDPS의 스케일링 인자는 0.87이다. 이 스케일링 인자는, 볼트 단위의 신호를 암페어 단위의 대응 전류값으로 변환할 수 있게끔, 모니터링 회로에서 활용가능하게 만들어진다.
- <77> 스케일링 인자는 실험에 입각하여 다음 공식으로 결정된다.
- <78> 스케일링 인자 = 신호 볼트 / 측정된 암페어 값
- <79> 이는, 실제 전류 및 신호 볼트값을 동시에 측정하고 나서 측정된 암페어값으로 볼트값을 나눴으로써 행해질 수 있다. 어떤 실시예에서는 하나 또는 그 이상의 특정 전류 출력값을 설정하고 나서 신호 볼트값을 측정하는 것이 가능하다.
- <80> 모든 제1 적산 회로들(230)로부터 나오는 출력은 단일 합산 회로(235)를 통과하는데, 이는 모든 전력 공급기들로부터의 전력 사용량을 합산하여 전력 사용량 신호(20)를 만든다. 전력 사용량 신호(20)는 그 값을 나타내는 볼트 단위의 형태를 가질 수 있으며, 모니터링 회로를 떠나서 전력 사용량 신호(20)로서 열 제어 회로로 들어가기 전에, 제2 증폭기(240)를 통과한다.
- <81> 4. 열 제어 회로
- <82> 도 3은 본 발명의 열 제어 회로를 도시하는 블록 다이어그램이다. 검사되거나 작동 중인 전자 소자의 온도는 다음 수학식 2를 이용하여 결정될 수 있다:
- <83> [수학식 2]
- <84> 칩 온도 = $K_{\theta} * P_{ed} + T_{fss}$.
- <85> 여기서,
- <86> - 칩 온도(℃)는 그 전력 소모량으로부터 추출된 칩 온도를 나타낸다.
- <87> - K_{θ} 는 전자 소자와 열 교환기 사이의 매질(또는, 소자 자체의 꼭대기에 열 확산기들(spreaders), 리드들(lids) 또는 기타 소자들이 부착된 경우에는 매질들)의 열 저항과 온도 강제 시스템의 가능출력으로부터 추출되는 상수값(℃/와트)이다.
- <88> - P_{ed} (와트)는 모니터링 회로(10)(도 1a 참조)로부터 얻어지는 전력 사용량 신호(20)에서 반영되는, 전체 전력 사용량이다.
- <89> - T_{fss} (℃)는 시스템 표면 강제 온도이며 열 제어 시스템 표면에 삽입된 온도 센서에 의해 측정되는, 칩과 접촉하는 매질의 절대온도이다.
- <90> K_{θ} 는 DUT와의 접촉 시 열 제어 시스템의 일반 효율로부터 추출되기도 한다. 예컨대, 실온보다 꽤 높은 설정점 온도에서, DUT 손실은 이에 비례하여 그 주변에 열을 빼앗기고, 열 제어 시스템은 온도를 낮추는 것보다 DUT 온도를 높이기 위해 더 힘껏 작동해야만 한다. DUT 자체-발열에 응답하는 열 제어 시스템의 관점에서, 전체 효과는 상온 설정점에서 작동하는 DUT와 열 교환기 사이에서의 낮은 열 저항과 같다. 마찬가지로, 실온보다 꽤 낮은 설정점 온도들에서, DUT는 그 주변으로부터 열을 얻고, 열 제어 시스템은 온도를 올리는 것보다 온도를 낮추기 위해 더 힘껏 작동해야만 한다. DUT 자체-발열에 응답하는 열 제어 시스템의 관점에서, 전체 효과는 상온 설정

점에서 작동하는 DUT와 열 교환기 사이에서의 높은 열 저항과 같다. 양쪽 경우에서, K_{θ} 는 전력 급증(power excursion) 동안에 DUT의 주위 환경에 대한 열 전달 효과를 반영하도록 조절된다.

<91> K_{θ} 는 매질의 유효 또는 미세-조정된 열 저항으로 여겨질 수 있다. 서로 다른 매질의 열 저항이 표준 화학 참고 서적들(예컨대, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 77th Edition; David R. Lide, Editor-in-Chief)에 제시되어 있지만, 실내 습도, 압력, 및 온도 등의 인자들이 실제 열 저항에 영향을 줄 수 있다. 열 저항은 검사의 물리적 구성에 의해서도 영향받을 수 있다. K_{θ} 를 결정하기 위해 매질의 예견되는 열 저항값을 조절하는 캘리브레이션 과정(calibration process)을 이용하고 그 결과가 개선되었는지의 여부를 확인할 수 있다. 캘리브레이션 과정의 또 다른 장점은 이것이 설정점 온도의 함수로서 DUT에서 열 제어 시스템으로 가는 열 전달의 "효율 인자(efficiency factor)"를 자동적으로 설명할 것이라는 점이다.

<92> 위에서 설명한 바와 같이, K_{θ} 는 다양한 변수들의 효과들을 하나의 항으로 통합시키는 장점을 제공한다. 바람직한 실시예에서, K_{θ} 는 주어진 응용례, 즉 DUT의 종류에 대해 최적화될 필요만이 있을 뿐이며, 그 다음에 동일한 종류의 많은 다른 소자들을 검사하는 데 사용될 수 있다. 또한, K_{θ} 의 하나의 현실적인 효과는, 온도 강제 시스템(도 7 참조)의 온도로서 소자의 모니터링된 전력 소모량을 반영함에 있어서, K_{θ} 는 그 반영된 상대 크기를 확대하거나 축소한다는 것이다.

<93> 열 합산 회로(330)에서, 온도 제어 신호(35)는 다음 식을 이용하여 결정된다:

<94> [수학식 3]

$$\text{<95> } V_{tcs} = d(V_{sp} - ((V_{k-\theta} * V_{Ped}) + (V_{fss} - V_{IRO}) / V_{\alpha})) / dt,$$

<96> 여기서,

<97> - V_{tcs} 는 온도 제어 신호이다.

<98> - V_{sp} 는 전자 소자에 대한 설정점 온도를 나타내는 전압인 설정점 온도 전압(375)이다.

<99> - $V_{k-\theta}$ 는 K_{θ} 값을 나타내는 전압(315)이다. K_{θ} 값은 디지털 아날로그 변환기로 입력되는데, 이는 입력값에 대응하는 전압을 생성시킨다.

<100> - V_{Ped} 는 모니터링 회로(10)(도 1a 참조)로부터 얻어지며 DUT에 의해 소모된 와트수를 나타내는 전체 전력 사용량 신호(20)이다.

<101> - V_{fss} 는 디지털 아날로그 변환에 의해 생성되며 강제 시스템 표면 온도를 나타내는 강제 시스템 표면 온도 전압(32)이다.

<102> - V_{IRO} (345)는 디지털 아날로그 변환에 의해 생성되는 전압으로서 이는 열 제어 보드(27) 내의 제1 정밀 일정 전류 소스(28)로부터 나오는 정밀 일정 전류에 0°C의 열 교환기에 있는 가변 저항소자에 의해 나타난 저항값을 곱하여 얻어진 값과 같은 전압을 나타낸다. 열 교환기 내에 삽입된 온도 센서가 캘리브레이션될 때 이는 결정될 수 있다.

<103> - V_{α} (360)는 디지털 아날로그 변환에 의해 생성되는 전압으로서 이는 열 교환기 내의 가변 저항소자의 저항 대 온도 곡선의 기울기를 나타낸다. 열 교환기 내에 삽입된 온도 센서가 캘리브레이션될 때 이는 결정될 수 있다.

<104> 도 3을 참조하면, 모니터링 회로(10)(도 3에서는 미도시)에서 나오는 전력 사용량 신호(20)가 제3 증폭기(310)를 통과함으로써 열 제어 회로(25)로 들어간다. 여기로부터, 전력 사용량 신호(20)는 제2 적산 회로(320)를 통과하는데 여기서 신호는 $V_{k-\theta}$ (315)와 곱해져 제1 변형(modified) 신호를 생성한다. 이어서, 변형된 전력 사용량 신호는 제4 증폭기(325)를 통과하고 여기에서 열 합산 회로(330)로 들어간다. 강제 시스템 표면 온도를 나타내는 전압 V_{fss} (32)도 제5 증폭기(335)를 통과함으로써 열 제어 회로(25)로 들어간다. 여기에서부터, V_{fss} (32)는 캘리브레이션된 V_{fss} 를 위해 V_{fss} (32)로부터 V_{IRO} (345)를 감산하는 감산 회로(340)로 들어간다. 캘리브레이션된 V_{fss} 는 제6 증폭기(350)를 통과하고 제산 회로(divisional circuit; 335)로 들어가는데, 여기서 캘리브레이션된

V_{fsst} 가 V_{α} (360)에 의해 나누어진다. $(V_{fsst} - V_{IR0})/V_{\alpha}$ 를 나타내는 결과는 제7 증폭기(365)를 통과하며 이 곳 으로부터 열 합산 회로(330)를 통과한 후, 여기서 변형된 전력 사용량 신호와 합산되어 그 합을 산출해낸다. 이 합산량은 차분 회로(또는 감산회로)(375)를 통과하는데, 이는 설정점 온도 전압(370)에서 이 합산량을 빼서 결과 신호를 만들어낸다. 이 신호는 순간 온도오차(instantaneous temperature error)를 나타낸다.

<105> 이 결과 신호는 미분 회로(380)를 통과하는데 여기서 결과 신호의 시간에 대한 미분이 행해지고 평탄하게 된다. 이 미분 신호는 온도 제어 신호 V_{cs} (35)로서 열 제어 회로를 떠나기 전에 제6 증폭기(390)에 의해 증폭된다.

<106> 미분 회로(380)는 열 제어 회로(25)의 전체 제어 구역을 대표한다. 이 부분이 순간 신호 레벨(instantaneous signal level)에 대한 회로의 응답 시간을 결정해주는 곳이다. 미분 회로(380)에 의해 특징지워지긴 하지만, 제어 회로(25)는 PI형 제어 루프로서 설명될 수 있는데 그 이유는 제어 회로(25)에 비례 및 적분 이득단이 있기 때문이다.

<107> 다른 실시예들에서는, 예컨대 주문형 시스템을 고안하거나 구입가능한 서보 제어기(servo controller)를 사용함으로써 진정한 PID 제어를 이용할 수 있다. 이러한 시스템은 연속 램핑(continuous ramping), s-커브 프로파일링, 최소 오버슈트 및 언더슈트를 위한 서보 튜닝 및 개선된 페루프 제어 안정성과 같은 능력을 추가한다. 사용되는 특정 제어기에 의존하여, PID 제어기는 온도 신호 및 전력 신호를 일종의 열 위치 신호(thermal position signal)로 변환할 필요가 있을 수 있으며, 이를 상업적인 서보모터 제어기로 패드백하여 넣어줄 필요가 있을 수 있다. 몇몇 제어기들은 후단(back end)에서 어떤 변환을 하여야 할 필요가 있을 수 있다. 이러한 보기들에서 지적하는 바와 같이, 요구되는 제어기능들은 아날로그 및/또는 디지털 회로들에 의해 수행될 수 있다.

<108> 5. 그래프 예

<109> 도 4는 본 발명의 전력 종속 온도 제어법의 일례를 도시하는 그래프이다. 이 그래프는, 전자 소자에 의해 사용된 전력량(420)에서 변동량(swings)이 더 넓어져도 전자 소자(410)의 온도가 꽤 일정하게 유지될 수 있다는 것을 도시해 준다.

<110> 6. 검사 제어 및 온도 결정

<111> 개시부분에서 설명된 바와 같이, 제어 시스템은 DUT 온도를 주어진 공차 이내로 특정 설정점이 되게 유지한다. 따라서, 제어 시스템은 DUT 온도에 대한 어떤 정보를 가져야만 한다. 직접 온도 종속법과 같은 어떤 제어 시스템은 반복된 DUT 온도 정보를 필요로 한다. 설정점으로부터의 편이를 제어하는 전력 종속법과 같은 다른 제어 시스템은 반복된 DUT 온도 정보를 필요로 하지 않으나 온도 유지 조작이 시작된 시점을 알아야만 한다.

<112> 일 실시예에서, 전력 종속 조작은 DUT가 설정점 온도에 도달한 후에 시작된다. 이 정보는, 예컨대 침잠 타이머가 종료하고 난 이후에 간접적으로 결정될 수 있다. 예를 들어, 이는 열 구조를 모니터링함으로써 직접적으로 결정될 수도 있다. 열 구조들은 시초 DUT 온도를 제공하기 위해 사용될 수 있으며, 이들이 적절히 캘리브레이션된다면 이들은 검사 전반에 걸쳐 모니터링될 수도 있다. 본 발명의 일 실시예는, 전력 종속 온도 제어방법을 시작하기 전에 시초 DUT 온도를 결정하기 위해, 열 구조들을 모니터링한다.

<113> 특정 형태의 DUT의 전력 종속 온도 제어를 위해 특성화 및 확인(characterization and validation) 조작이 수행된다. 이 조작은 다이(die) 온도 정보를 활용한다. 만약 통계적으로 적절한 샘플 집합이 캘리브레이션 과정 중에 진정한 다이 온도 정보로 얻어진다면, 대량 제조 및 검사를 하는 동안에 다이 내에 온도 검출소자를 둘 필요가 없다.

<114> 본 발명의 실시예들은 온도를 제어하고 검사 시퀀스(sequence)를 제어하기 위해 개별적인 제어 구획들을 포함할 수도 있다. 도 9를 참조하면, DUT(134)와 모두 연결되고 연통되어 있는 검사 제어 시스템(130)과 온도 제어 시스템(132)을 도시하는 포괄적인 고-수준 블록 다이어그램이 보여진다. 이러한 개시는 주로 온도 제어 시스템(132)을 설명하는 데 관련된 것이었다. 온도 제어 시스템(132)이 DUT 온도를 제어하는 동안에 검사 제어 시스템(130)은 DUT(134)에 대해 적절한 검사들을 수행한다.

<115> 이들 두 개의 제어 시스템들(130, 132)은 서로 연통될 필요가 있거나 아니면 그들의 기능들을 조정할 필요가 있다. 온도 제어 시스템(132) 또는 검사 제어 시스템(130)은 열 구조를 모니터링할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 검사 제어 시스템(130)은 DUT(134)의 열 구조를 모니터링하며, DUT 온도를 표시하는 온도 제어 시스템(132)으로 스케일된(scaled) 전압과 같은 신호를 보낸다. 도 9는 검사 제어 시스템(130)과 온도 제어 시스템(132) 사이의 점선으로써 이러한 실시예의 연통로를 보여준다. 이 제어 시스템들의 실시예 및 그들의 구성은 상당히 변할 수 있다. 일 실시예에서, 두 개의 제어 시스템들(130, 132)은 분리되어 있으며 직접적인 연통이 되어

있지 않다. 제어 시스템들(130, 132)의 모두는 그들의 기능을 조정하기 위해 필요한 DUT 온도 정보를 얻도록 DUT(134)를 모니터링한다. 두 번째 실시예에서, 두 개의 제어 시스템들(130, 132)은 완전히 통합되어 있다.

<116> 7. 데이터 획득

<117> 위에 설명된 전력 종속 시스템이 활용하는 정보는 DUT의 전력 인출에 대한 정보이다. 설명된 일 실시예에서, 이 정보는, 도 1a에 도시된 바와 같이, 전류 및 전압 신호들의 스케일된 전압 상(scaled voltage image)이다. 이 신호들은 도 1a의 전력 공급기(들)(15)에 의해 공급된다. 이 정보는, 데이터 생성 시스템을 써서, 다른 목적을 위해 이용될 수 있도록 만들어질 수도 있다. 이러한 데이터 생성 시스템은 그래프 플롯(plots of graphs)의 형태 등의 전력 정보를 표시할 수 있으며, 그에 기초하여 다양한 응용례를 위해 계산을 수행하고, 성능 및 효율을 모니터링하고, 몇몇 가능한 상황을 지정하기 위해 데이터를 저장한다. 다양한 데이터 생성 시스템들이 도 10a 내지 10c에 보여진다.

<118> 도 10a를 참조하면, DUT(134)에 전력을 공급하는 전력 공급기(15)가 보여진다. 이 전력 공급기는 프로그램 가능한 전력 공급기인 것이 바람직하다. 전력 공급기(15)로부터 나오는 전류 및 전압 신호들의 스케일된 전압 상들과 같은 전력 정보를 받아들이며, 더 일반적으로는 데이터 획득 소자로 불리우는 데이터 획득 카드(136)도 보여진다. 어떤 실시예에서는, 도 1a의 모니터링 회로(10)가 받아들이는 정보와 같은 정보를 데이터 획득 카드(136)가 받아들일 수 있다. 이 신호(도 1a에서, 전력 공급기(15)를 연결점(16)을 거쳐 모니터링 회로(10)에 연결시킴)는 업계에 알려진 다양한 방법에 의해 데이터 획득 카드(136)로 공급될 수 있는데, 이 방법에는 모니터링 회로(10)로 가는 선을 분기하거나 데이터 획득 카드(136)를 데이지 체이닝(daisy-chaining)하는 방법이 제한없이 포함된다.

<119> 도 10c를 참조하면, 모니터링 회로는 전력 공급기(15)와 데이터 획득 카드(136)의 사이에 설치되는 것이 바람직하다. 그러면, 데이터 획득 카드(136)는 모니터링 회로(10)로부터 전력 사용량 신호(20)를 받아들인다. 이 실시예에서, 데이터 획득 카드(136)는, 계산 자체를 실행하거나 계산을 실행하는 기타 소자 또는 프로세서에 의존함 없이 직접 전력 사용량 신호(20)를 획득한다. 전력의 스케일된 전압 상들인, 다양한 전력 사용량 신호들(20)이 도 4(Chip Power), 도 5(Actual Pwr), 도 6(Power Mon), 및 도 7(Power to DUT)에 보여진다. 이 그림들에서 신호들은 데이터 획득 카드들(136)에 의해 획득된다.

<120> 데이터 획득 카드(136)는 아날로그 및/또는 디지털 회로를 활용할 수 있다. 바람직하기로는, 데이터 획득 카드(136)가 다중 채널들을 가진 아날로그 대 디지털 변환기를 포함한다. 일 실시예는 데이터 획득 카드(136)를 위해 내셔널 인스트루먼트즈(National Instruments)사에 의해 만들어진 모델 번호 PCI-6031E의 구입가능한 보드를 사용한다.

<121> 데이터 획득 카드(136)는, 샘플률(sampling rate) 및 기타 파라미터들을 설정하는 등의 다양한 제어 기능들을 수행할 수도 있다. 그러나, 바람직한 실시예에서는, 데이터 획득 카드(136)가 또 다른 제어기로 데이터를 보내준다. 도 10b 및 10c의 각각에서, 제어기로서 기능할 뿐 아니라 데이터 획득 카드(136)에 다양한 수치들을 설정해주는 일반 목적의 개인용 컴퓨터("PC"; 138)가 보여진다. 일 실시예에서, PC(138)는 데이터 획득 카드(136)로부터 디지털화된 데이터를 받아들이고 PC(138)는 그 데이터를 가지고 다양한 서비스들 및 기능들을 실행할 수 있다. 일 실시예에서, 데이터는 예컨대 하드 디스크, 플로피 디스크, 광학 디스크, ZIP 디스크, 또는 베르누이(Bernoulli) 드라이브 등의 디지털 저장 매체에 저장될 수 있다. 또한 데이터는 전송되어, 컴퓨터 스크린 등의 표시장치에 표시되거나, 처리된다. 다른 실시예들은 또한 아날로그 장비를 포함하는 추가적인 프로세서들 또는 장비를 포함할 수 있는데, 이는 상기 데이터를 활용한다.

<122> 바람직하기로는, PC(138)가 펜티엄 프로세서를 포함하고 윈도우 NT 운영 시스템을 사용한다. PC(138)과 데이터 획득 카드(136) 사이에는 다양한 통신 카드들 및 프로토콜들이 사용될 수 있는데, 이에는 UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter), URT(Universal Receiver Transmitter), 및 RS-232 표준이 제한 없이 포함된다.

<123> 바람직한 실시예에서, 데이터 획득 카드(136)는 또한 다양한 다른 정보를 획득하는데, 이에는 DUT 온도 정보, 열 교환기 전력 정보, 냉각제 시간당 유량, 및 유체 입력 및 출력 온도들이 제한 없이 포함된다.

<124> 8. 온도 제어 유닛

<125> 도 11은 본 발명에 따른 시스템(110)의 일반적인 다이어그램을 보여준다. 도시된 바와 같이, 사용자는 작업자 인터페이스 패널(112)에서 시스템(110)을 작동시킨다. 작업자 인터페이스 패널(112)은 시스템 제어기(114)에 대한 인터페이스로서의 역할을 한다. 시스템 제어기(114)는 열 제어 챔버(116) 내에 수용되어 있으며 열 교환기

(120)와 액체 냉각 및 재순환 시스템(122)을 제어한다.

- <126> 열 교환기(120)가 히터와 히트 싱크(heat sink)를 포함하는 것이 바람직하다. 그러나, 다른 방식의 열 교환기들도 가능하다. 히트 싱크는 그를 통해 액체가 펌핑되는 챔버를 포함하는 것이 바람직하다. 다른 방식의 히트 싱크들도 가능하다. 열 전도도가 충분히 높다면 액체를 쓰지 않는 히트 싱크들, 또는 히트 싱크 시스템들도 쓸 수 있다. 특히, 펠티어 소자 등의 고체 히트 싱크들은 온도 및 온도 구배를 제어하기 위해 자신의 재질을 통과하는 전기신호를 사용하는 것으로 본 기술분야에서 알려져 있다. 히트 싱크는 동의어로서 열 전달 유닛으로도 칭해질 수 있는데, 이로써 히트 싱크가 열 공급원으로서도 작용할 수 있다는 사실에 주의를 집중시킨다.
- <127> 열 교환기(120)의 히터는, 처음 두 층 사이에는 히터 트레이스(trace)가 있고 마지막 두 층 사이에는 RTD 트레이스가 있는, 3층 공동-소성 알루미늄 나이트라이드(aluminum nitride) 히터 기관인 것이 바람직하다. 히터 트레이스는 발열을 제공하고 RTD 트레이스는 온도 정보를 제공한다. 두 개의 트레이스들은 알루미늄 나이트라이드 층들의 열 전도도에 기인하여 본질적으로 동일한 열적 위치에 있지만 전기적으로는 절연되어 있다.
- <128> 히터, 히트 싱크 또는 기타 소자의 온도를 논의함에 있어서, 소자 상의 단일 점의 온도가 논의되고 있음을 이해하여야 한다. 이는, 통상적인 히터, 또는 히트 싱크 또는 기타 소자가 그 표면을 따라서 온도 구배(temperature gradient)를 가지게 될 것이라는 사실로부터 당연한 것이다. 히터의 경우, 온도 구배의 존재는 발열 성분이 히터의 일부만을 차지한다는 사실에 부분적으로 기인한다.
- <129> 액체 냉각 및 재순환 시스템(122)은 붐 암(boom arm; 118)을 통해 열 교환기(120), 구체적으로 히트 싱크로 액체를 공급한다. 또한, 붐 암(118)은 시스템 제어기(114)에서 히터로 제어신호들을 전해준다.
- <130> 검사 헤드(121)는 열 교환기(120) 아래에 위치하기 적합하도록 제작된다. 검사 헤드(121)는, 칩과 같이 검사 중에 있는 소자(device under test; "DUT")에 짝이 맞도록 사용되는, 검사 소켓을 포함하는 것이 바람직하다. 그 다음, DUT의 검사가 검사 헤드(121)를 통해 실행될 수 있으며, DUT의 온도는 검사 중에 통제될 수도 있다. 온도 통제 동안에, DUT는 열 교환기(120)와 전도성 접촉을 하는 것이 바람직하다.
- <131> 9. 변형 및 이익
- <132> 본 발명의 실시예들은, 전력 보상의 영향을 시간에 대해 조절하기 위해, 전력 사용량 신호(20) 또는 다른 곳에 대한 시간 지연 또는 필터링을 포함할 수 있다. 이는, 예컨대 큰 세라믹 기관 또는 기타 대형 열적 히트 싱크의 영향을 상쇄하거나, 고주파 전력 신호의 영향을 제거함 없이 이를 평균화하는 데 사용될 수 있다. 테스터들(testers) 및 마이크로프로세서들이 더 빨라질수록 시간 지연 및 필터링은 더 중요해진다.
- <133> 다른 실시예들은 테스터 인터페이스 보드 또는 DUT 자체에 대한 큰 바이패스 캐퍼시턴스(bypass capacitance)를 보상하기도 한다. 바이패스 캐퍼시턴스는, 유도성 부하 또는 물리적 거리 때문에 전력 공급기가 충분히 빨리 재충전할 수 없는 순간 전하(instantaneous charge)를 공급하는 데 사용된다. 바이패스 캐퍼시턴스가 증가함에 따라, 전력 공급 신호와 DUT 자체-발열 사이의 시간이 감소할 것이다.
- <134> 상기한 실시예는 아날로그 디자인 기술들을 사용하지만, 이를 디지털 방식으로 실행하기 위한 본 발명의 대체 실시예에서는 디지털 신호 프로세서와 소프트웨어가 사용될 수 있다.
- <135> 본 발명의 이익은 패키지지 않고 전자 소자의 온도에 응답할 수 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법을 제공하는 것을 포함한다. 본 발명의 추가적 이익은 대량의 칩 제조에 간편히 사용될 수 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법을 제공한다는 것이다. 본 발명의 추가적 이익은 신뢰성 있는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법을 제공한다는 것이다.
- <136> 본 발명의 추가적 이익은, 시스템이 전도를 위한 표면 영역을 필요로 하지 않더라도, 소자 온도를 감지하기 위한 전자 소자의 상당한 표면 영역을 필요로 하지 않는 전자 소자용 온도 제어 장치 및 방법을 제공한다는 것이다. 본 발명의 또 다른 이익은, 칩 내에 집적되거나 임시로 칩에 연결되어야 할 온도 감지 소자들에 대한 필요성이 없다는 것이다.
- <137> 본 발명의 또 다른 이익은, 칩 전력 프로파일들을 수집, 유지, 및 적용해야 할 필요성이 없을 뿐 아니라 칩 전력 프로파일들을 수집하고 적용하는 자동 검사 장비, 온도 강제 시스템 및 검사 소프트웨어에서의 능력에 대한 필요성도 없다는 것이다.
- <138> 본 발명의 원리들, 바람직한 실시예들, 및 작동 모드들 이 앞의 명세서에서 설명되었다. 본 발명은 개시된 특정 형태들로 제한되는 것으로 해석되어서는 안 되는데, 그 이유는 이들이 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로

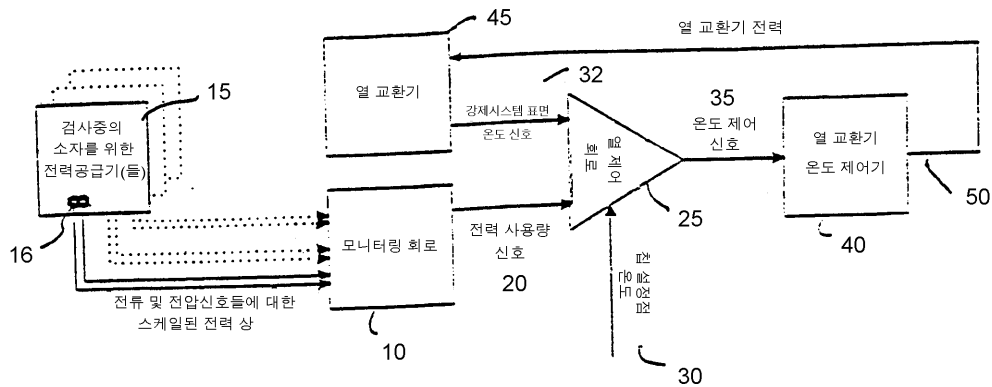
여겨지기 때문이다. 더욱이, 본 발명의 정신 및 범위를 이탈하지 않고 본 기술업계의 통상의 지식인에 의해 변형과 변화가 만들어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

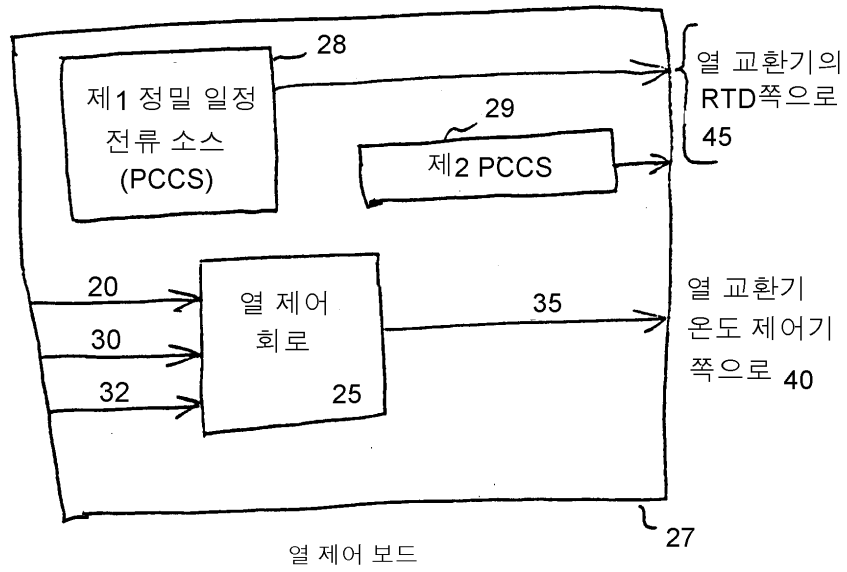
- <25> 도 1a는 본 발명의 일 실시예를 도시하는 블록 다이어그램이다.
- <26> 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 열 제어 보드의 몇몇 주요 부품들을 도시하는 블록 다이어그램이다.
- <27> 도 2는 본 발명의 일 실시예의 전력 연산 및 모니터링 회로를 도시하는 블록 다이어그램이다.
- <28> 도 3은 본 발명의 일 실시예의 열 제어 회로를 도시하는 블록 다이어그램이다.
- <29> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 중속 온도 제어의 결과들을 도시하는 그래프이다.
- <30> 도 5는 강제 공기 시스템의 성능을 도시하는 그래프이다.
- <31> 도 6은 단순한 전도 시스템의 성능을 도시하는 그래프이다.
- <32> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 중속 온도 제어의 성능을 도시하는 그래프를 포함한다.
- <33> 도 8은 소자 로트(lot)의 성능 분포에 대해 자체-발열을 제어하는 것과 제어하지 않는 것의 효과를 도시하는 그래프를 포함한다.
- <34> 도 9는 검사 제어 시스템, 온도 제어 시스템, 및 소자 사이의 상호 관계를 보여주는 고수준 블록 다이어그램이다.
- <35> 도 10a 내지 10c는 소자 전력 정보의 획득 및 사용을 보여주는 고수준 블록 다이어그램이다.
- <36> 도 11은 열 제어 유닛을 도시한다.

도면

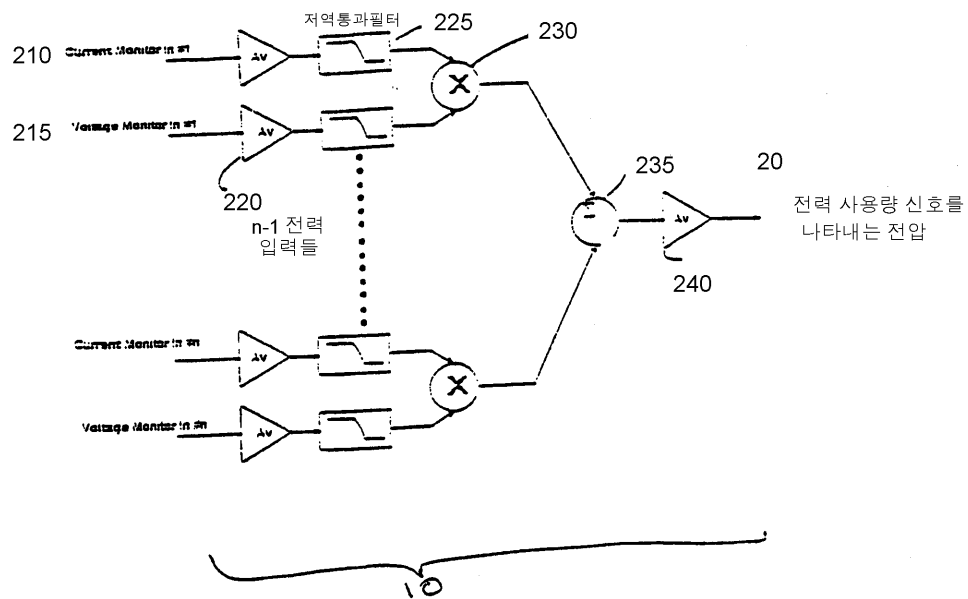
도면1a



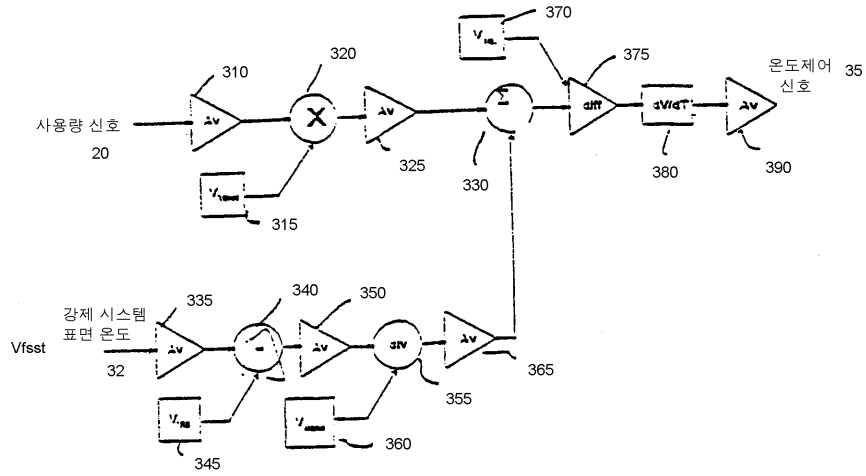
도면1b



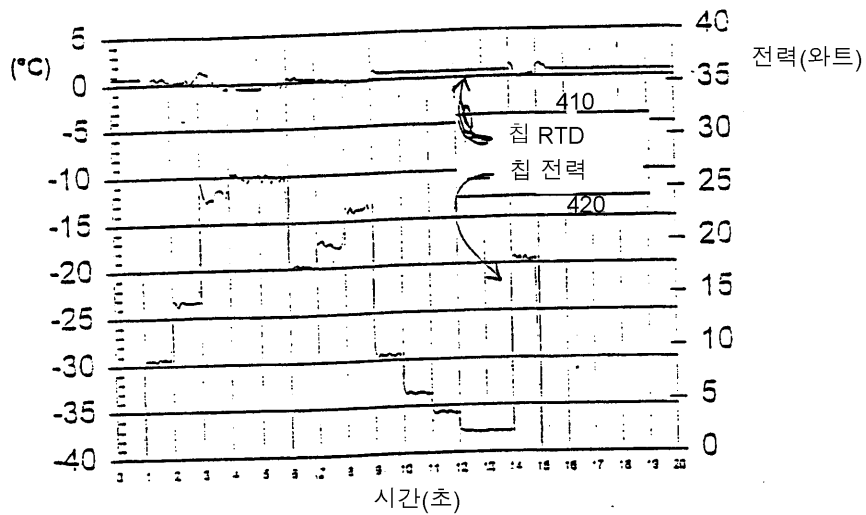
도면2



도면3



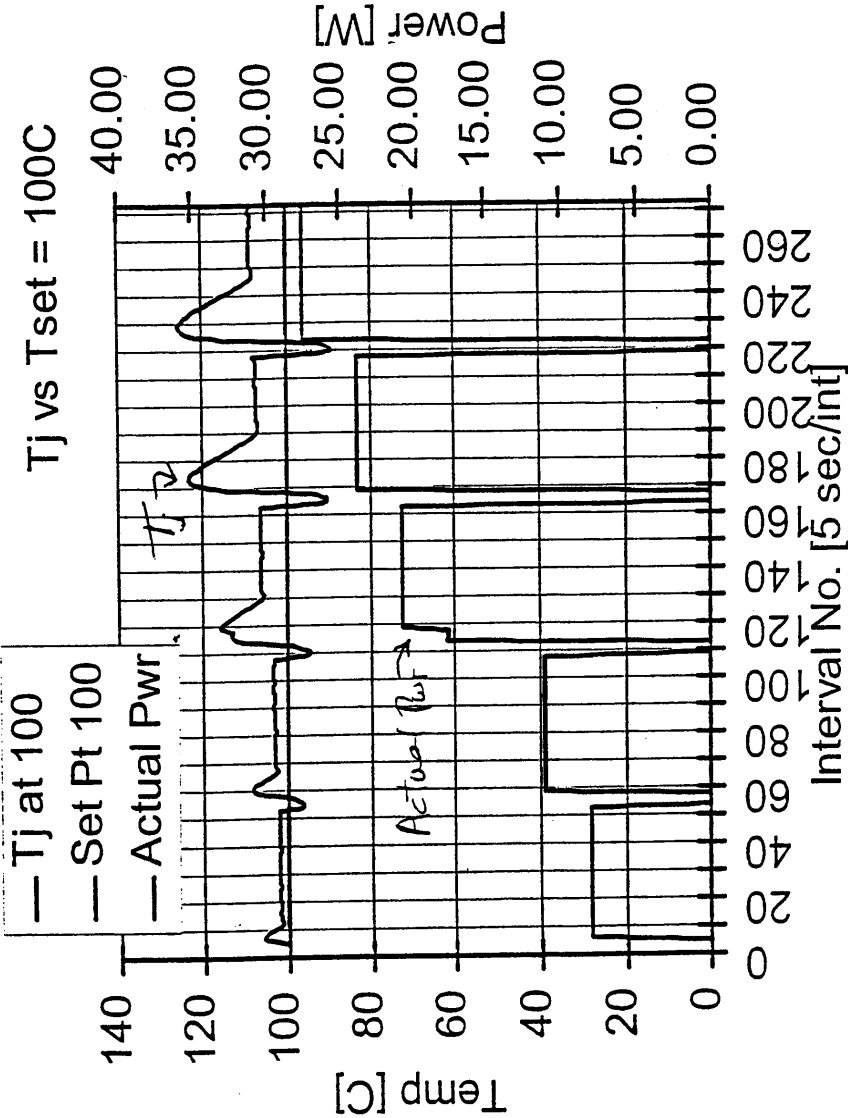
도면4



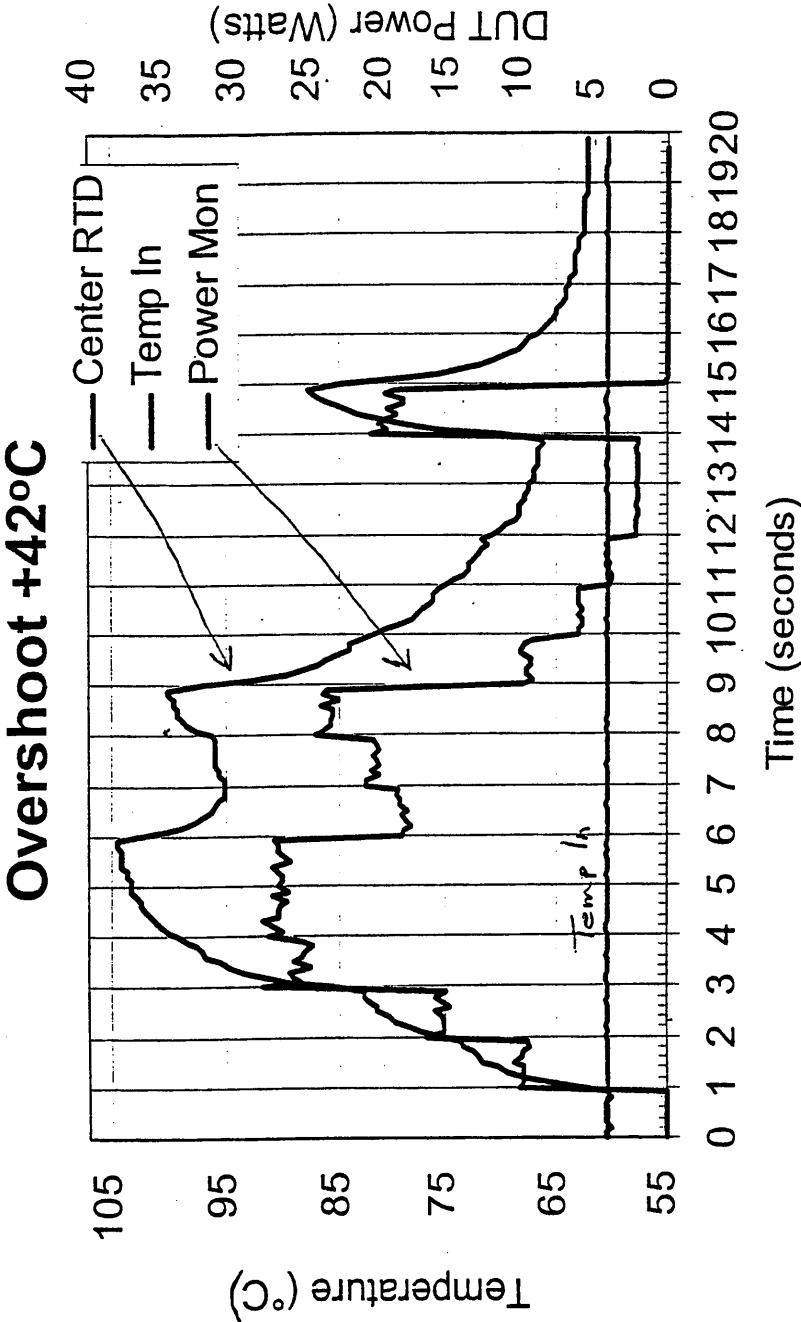
검사 조건들:

- 목표 칩 - 저항성 발열 다이 및 삽입된 RTD를 가지는 열 검사 소자, 플라스틱 기판에 본딩된 플립 칩
- 다이 사이즈 1.06 제곱 센티미터
- $\theta_{d-h} \sim 0.4 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$

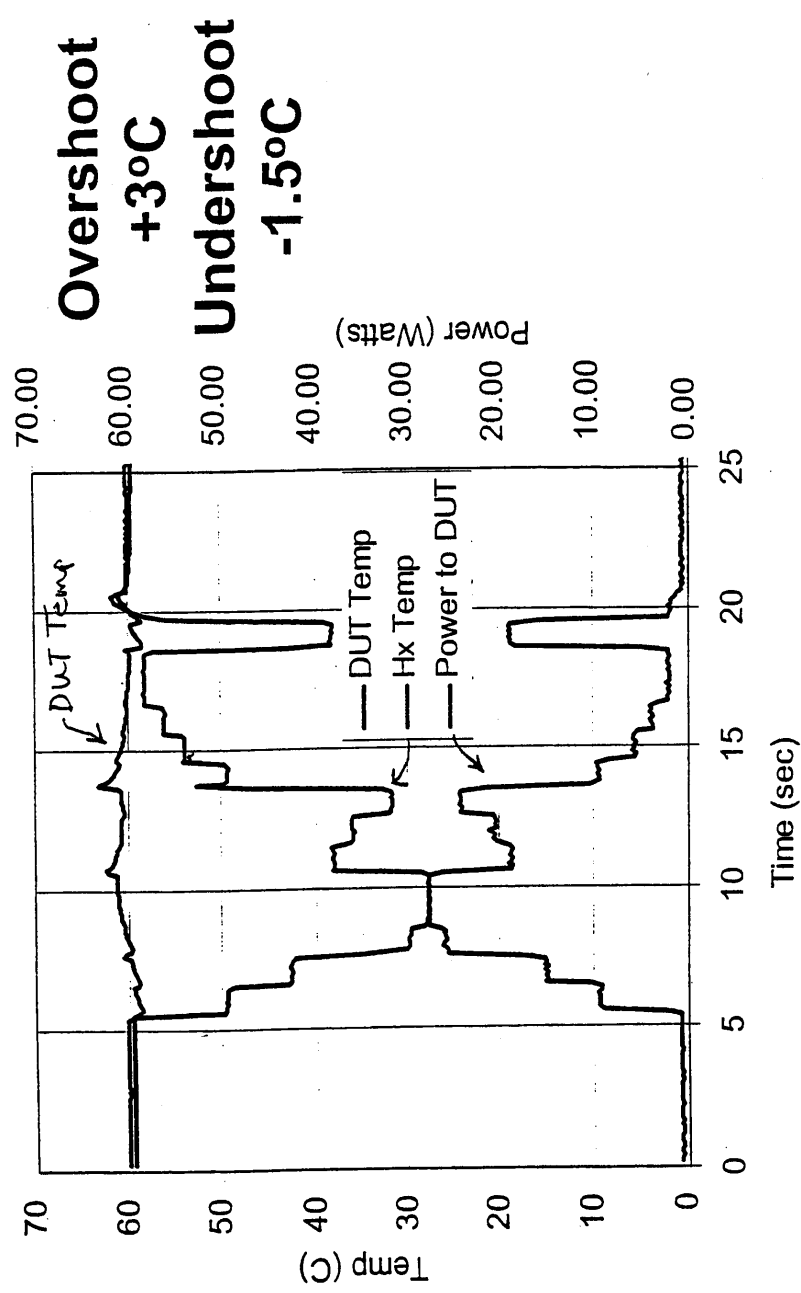
도면5



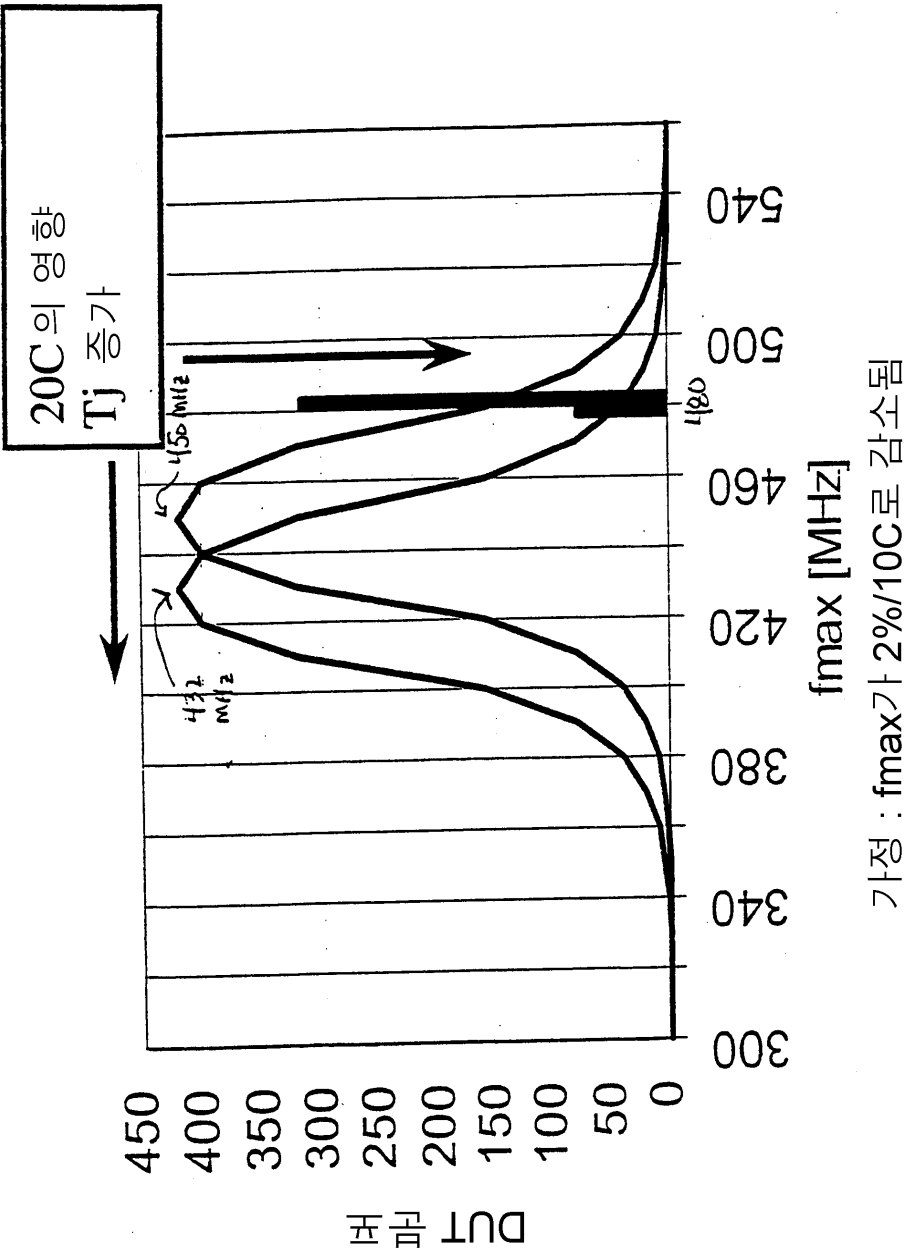
도면6



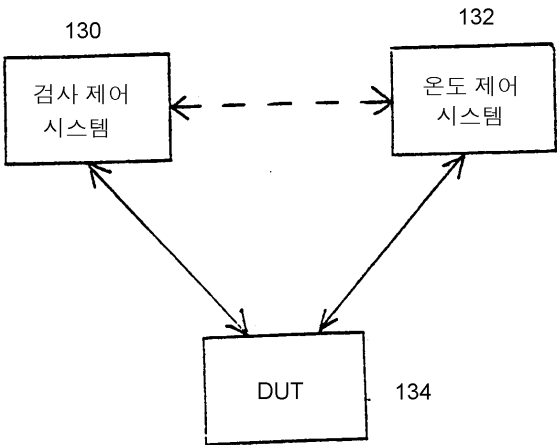
도면7



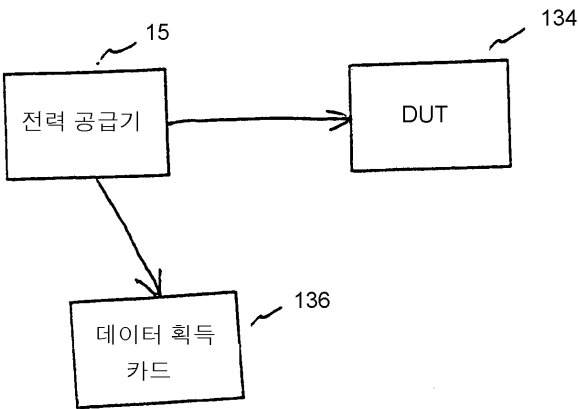
도면8



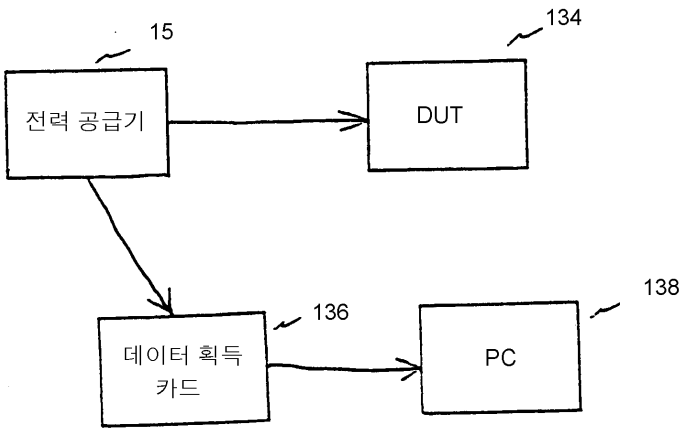
도면9



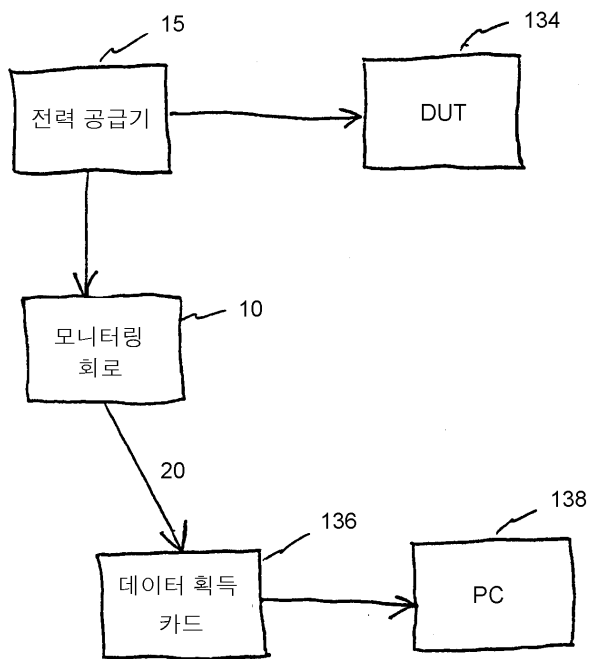
도면10a



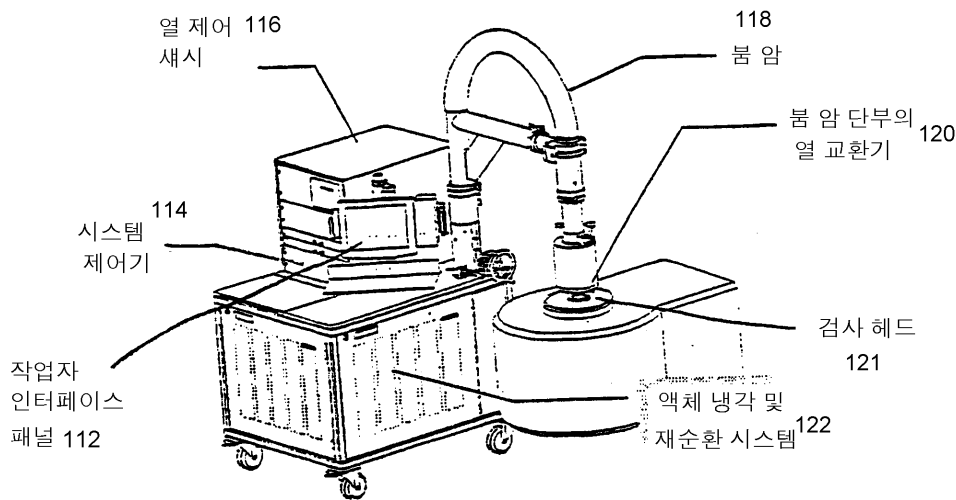
도면10b



도면10c



도면11



110