

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. *C03B 29/02* (2006.01) (45) 공고일자 2006년10월24일
 (11) 등록번호 10-0638414
 (24) 등록일자 2006년10월18일

(21) 출원번호	10-2001-7000516	(65) 공개번호	10-2001-0053512
(22) 출원일자	2001년01월12일	(43) 공개일자	2001년06월25일
번역문 제출일자	2001년01월12일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1999/015852	(87) 국제공개번호	WO 2000/02824
국제출원일자	1999년07월13일	국제공개일자	2000년01월20일

(81) 지정국 국내특허 : 중국, 일본, 대한민국,

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

(30) 우선권주장 09/115,112 1998년07월13일 미국(US)

(73) 특허권자 에이케이티 가부시키가이샤
 일본 오사카후 도요나카시 핫토리고토부키쵸 5쵸메 133반치(우:561-0857)

(72) 발명자 비어, 임마뉴엘
 미국 캘리포니아 샌에제이 비아 비코 7162 (우:95129)

웬,듀오얀
 미국95112캘리포니아샌에제이사우쓰8스트리트540룸2

조하,에이탄
 미국95014캘리포니아쿠퍼티노클리포드코트6652

콜락,마크,엠.
 미국94122캘리포니아샌프란시스코19애브뉴1369

(74) 대리인 남상선

심사관 : 정석우

(54) 기판 조작 챔버에서의 기판 지지대의 가열 방법 및 열적기판 조작 장치

요약

서셉터와 같은 기판 지지대를 가열하는 기술은 서셉터내의 제 1 및 제 2 가열 소자를 위한 각각의 최종 온도 결정점을 설정하는 것을 포함한다. 가열 소자들의 온도는 예정된 가열 속도에 기초해서 각각의 최종 온도 결정점까지 올려진다. 제 1 및 제 2 가열 소자의 온도는 가열 소자들의 온도가 그 각각의 최종 온도 결정점까지 오르는 동안 제 1 및 제 2 가열 소자의 온도차가 예정된 값을 초과하지 않도록 제어된다. 온도 제어는 제 1 및 제 2 가열 소자의 잠정 결정점을 정하는 것을 포함하

는데, 더 높은 가열 성능을 가진 가열 소자의 잠정 결정점은 다른 가열 소자의 잠정 결정점의 현재 값과 예정된 값에 의존한다. 제 1 및 제 2 가열 소자의 온도는 예정된 지연 시간 동안 그 각각의 잠정 온도 결정점을 향하여 올려진다. 지연 시간의 끝에, 새로운 잠정 결정점이 정해질 수 있고 제 1 및 제 2 가열 소자 중 적어도 하나의 온도가 그 각 최종 결정점에 가까워질 때까지 처리가 반복될 수 있다. 상대적으로 높은 듀티사이클(duty cycle)이 얻어질 수 있는데, 그것은 또한 기판 지지대가 변형될 가능성을 줄여준다.

대표도

도 2

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 기판 조작(handling) 및 처리 챔버에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 상기 챔버내의 기판 지지대 가열에 관한 것이다.

배경기술

유리 기판은 특히 능동 매트릭스(active matrix) 텔레비전과 컴퓨터 디스플레이와 같은 응용 분야에 사용되고 있다. 각각의 유리 기판은 백만 개 이상의 박막 트랜지스터를 포함하는 다중 디스플레이 모니터들을 형성할 수 있다.

유리 기판은, 예를 들어, 550mm X 650mm 과 같은 크기를 가질 수 있다. 그러나 추세는 기판상에 보다 많은 디스플레이가 형성되고 또한 보다 대형의 디스플레이들이 생산되도록 하기 위해 650mm X 830mm 보다 대형인 기판으로 변모하고 있다. 기판 크기가 대형화되면서 더욱 우수한 성능의 처리 시스템이 요구된다.

대형 유리 기판들의 처리에는, 예를 들어, 화학 기상 증착(CVD) 처리, 물리 기상 증착(PVD) 처리, 또는 에칭 처리 등을 포함하는 다수의 순차적인 단계들의 수행이 수반된다. 유리 기판 처리 시스템은 상기 처리들을 수행하기 위해 하나 이상의 처리 챔버를 포함한다.

플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD)은 기판 위에 전자 물질층을 증착시키기 위한 유리 기판의 처리시에 광범위하게 사용되는 또 다른 처리이다. PECVD 처리에서, 기판은 한 쌍의 평행 전극판이 장착된 진공 증착 챔버내에 위치된다. 기판은 일반적으로 하부 전극으로서의 역할을 하는 서셉터 상에 장착된다. 반응 가스의 흐름이 상부 전극으로서의 역할을 하는 가스 유입 메니폴드(manifold)를 통해 증착 챔버로 공급된다. 반응 가스에서 플라즈마를 발생시키기에 충분한 RF 전력을 생성하는 무선 주파수(RF) 전압이 상기 2개의 전극 사이에 인가된다. 플라즈마는 반응가스를 분해시키고 원하는 물질의 층을 기판 표면 위에 증착시킨다. 다른 전자 물질의 추가층은 또 다른 반응 가스를 챔버에 유입시킴으로써 이전의 층위에 증착될 수 있다. 각각의 반응 가스는 원하는 물질층의 증착을 야기하는 플라즈마에 영향을 미친다.

대형 유리 기판들의 처리와 관련된 일부 문제들은 대형 유리 기판들의 독특한 열 특성으로 인해 발생한다. 예를 들어, 유리의 상대적으로 낮은 열 전도성은 기판을 균일하게 가열하거나 냉각시키는 것을 더 곤란하게 만든다. 특히, 어떤 넓고 얇은 기판의 가장자리 부근에서의 열 손실은 기판 중심부 부근보다 높은 경향이 있는데, 이는 기판 양단의 비균일한 변화를 야기한다. 그러므로 크기와 관련된 유리 기판의 열적 특성은 처리된 기판 표면의 여러 부분에서 생성된 전자 부품들로부터 균일한 특성을 얻기를 더욱 어렵게 만든다. 게다가, 기판의 빠르고 균일한 가열과 냉각은 좋지 않은 열 전도성의 결과로 더욱 어렵고, 그 때문에 높은 수율을 얻는데 어려움이 있다.

대형 기판 양단의 보다 균일한 온도를 얻기 위하여, 다중의 가열 소자를 가진 서셉터들이 사용된다. 예를 들어, 일부 서셉터들은 내부 및 외부 가열 소자들을 포함한다. 그러나 다중 가열 소자의 사용은 종종 서셉터가 가열될 때 변형되는 것을 야기한다. 변형의 한 이유는 내부와 외부 가열 소자 사이에서 발생할 수 있는 온도 차이다. 온도 차 또는 캡이 너무 커지면, 서셉터에서의 열 스트레스는 서셉터의 변형을 야기하며 일부 경우에는 파손까지 야기한다.

발명의 상세한 설명

일반적으로, 본 발명의 일 양태에서, 기판 지지대 가열 방법은 기판 지지대의 제 1 및 제 2 가열 소자를 위한 각각의 최종 온도 결정점을 설정하는 것을 포함한다. 제 1 및 제 2 가열 소자의 온도 차는 초기에 그 차가 예정된 값을 초과하는 경우,

상기 소정 값(ΔT) 미만으로 만들어진다. 다음 가열 소자들의 온도는, 이때, 예정된 가열 속도(R)에 기초하여 각각의 최종 온도 결정점(T_{F1}, T_{F2})으로 상승된다. 게다가, 제 1 및 제 2 가열 소자의 온도는, 가열 소자들의 온도가 그 각각의 최종 온도 결정점까지 상승되는 동안, 제 1 및 제 2 가열 소자들의 온도차가 예정된 값(ΔT)을 초과하지 않도록 제어된다.

일반적으로, 가열 소자들의 최종 온도 결정점은 동일할 필요는 없다. 가열 소자들의 온도 제어는 제 1 가열 소자를 위한 제 1 잠정 온도 결정점을 정하는 것과 제 2 가열 소자를 위한 제 2 잠정 온도 결정점을 정하는 것을 포함한다. 제 2 잠정 결정점은 제 1 잠정 결정점의 현재 값과 예정된 값(ΔT)에 의존한다. 다음 제 1 및 제 2 가열 소자의 온도는 예정된 지연 시간 동안 각각의 잠정 온도 결정점을 향해 상승된다. 지연 시간의 마지막에, 새로운 잠정 결정점들이 정해질 수 있고, 상기 처리는 제 1 및 제 2 가열 소자 중 적어도 하나의 온도가 그 각각의 최종 결정점의 예정된 양 내에 있을 때까지 반복된다.

일부 실시예에서, 제 2 가열 소자용으로 사용되는 제 2 잠정 값은 제 1 잠정 결정점의 현재 값에 예정된 값(ΔT)을 합한 값으로 설정된다. 제 1 잠정 결정점의 값은 제 1 가열 소자의 현재 온도와 예정된 가열 속도(R)에 의존될 수 있다. 예를 들어, 제 1 잠정 결정점은 제 1 가열 소자의 현재 온도와 예정된 가열 속도(R) 값의 합과 같도록 설정될 수 있다.

본 발명의 또 다른 국면에서, 기판 조작 장치는 기판 처리 챔버와 상기 챔버내에 배치된 기판 지지대를 포함한다. 기판 지지대는 기판 지지대를 가열하기 위한 제 1 및 제 2 가열 소자와 이전 기술들에 따라 가열 소자들의 온도를 제어하는 제어기를 포함한다.

일부 실시예에서, 제 1 및 제 2 가열 소자는 각각 기판에 내장된 내부와 외부 가열 소자이다. 게다가, 가열 소자들은 다른 가열 성능을 가질 수도 있다. 예를 들어 한 실시예에 의하면, 제 2 가열 소자는 제 1 가열 소자의 가열 성능보다 더 큰 가열 성능을 가진다.

여기에 설명된 기술들은 단지 두 개의 가열 소자를 가진 기판 지지대로 제한되지 않는다. 오히려, 이 기술들은 두 개 이상의 가열 소자나 두 개 이상의 가열 지역을 가진 기판 지지대의 가열에 적용될 수 있다.

또한, 다양한 실시예에서, 소자 가열을 위한 하나 이상의 최종 온도 결정점, 예정된 가열 속도(R) 및 예정된 값(ΔT)은 사용자에 의해 선택될 수 있고, 이에 의해 상이한 시스템이나 구성을 위하여 쉽게 조정될 수 있는 탄력적인 기술이 제공된다.

다양한 실시예들은 하기의 하나 이상의 장점을 포함한다. 각각의 가열 소자들을 위한 잠정 온도 결정점들이 증가하는 속도는, 예를 들어, 가열 소자들의 성능의 제한 내에서 예정된 가열 속도(R)만큼 높게 설계된다. 가열 소자들이 현재 잠정 결정점에 다가갈 때마다, 잠정 결정점들은 증가될 수 있어 비교적 높은 듀티 사이클(duty cycle)을 유지한다. 가열 소자들간의 제한된 온도 간격을 유지하고 잠정 온도 결정점을 최종 결정점 쪽으로 증가시키는 것은 더 큰 가열 성능을 가진 가열 소자로부터 더 낮은 가열 성능을 가진 가열 소자로의 열 전달을 야기한다. 그러므로 더 큰 가열 성능을 가진 가열 소자는 자신만의 가열을 위하여 사용될 때보다 더 높은 듀티 사이클에서 작동한다. 다시 말하면, 더 높은 성능을 가진 가열 소자의 전력은 더 낮은 가열 성능을 가진 가열 소자 근처의 기판 지지대 영역의 온도를 증가시키기 위해 사용된다.

또한, 잠정 온도 결정점 간의 차이를 예정된 값으로 제한함으로써, 가열 소자들 간의 온도차가 예정된 값(ΔT)을 초과할 가능성은 줄어든다. 예정된 값(ΔT)이 주의 깊게 선택된다면, 이것은 다시, 기판 지지대의 변형 또는 파손의 가능성을 상당히 감소시킨다.

다른 특징이나 이점들은 아래의 상세한 설명, 도면 및 청구 범위로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 예시적인 열 증착 챔버를 도시한다.

도 2는 도 1의 챔버에 대한 예시적인 기판 지지대를 도시한다.

도 3은 도 2의 기판 지지대 위에 위치한 유리 기판을 도시한다.

도 4는 본 발명에 따른 도 2의 기판 지지대의 온도를 제어하는 제어 시스템을 도시한다.

도 5A와 5B는 발명에 의해 도 2의 기판 지지대를 가열하는 방법을 도시하는 흐름도이다.

실시예

도 1에 의하면, 플라즈마-강화 화학 기상 증착 장치(10)는 상부 벽(14)을 관통하는 개구와 상기 개구내에서 제 1 전극으로서의 역할을 하는 가스 유입 메니폴드(16)를 갖는 증착 챔버를 포함한다. 선택적으로, 상부 벽(14)은 상기 상부 벽의 내부 측면에 인접하는 전극과 결착될 수 있다. 판의 형태로 된 서셉터와 같은 기판 지지대는, 챔버(12)안에서 가스 유입 메니폴드(16)에 평행하게 연장된다. 서셉터(18)는 알루미늄으로 이루어지며 알루미늄 산화물층으로 코팅될 수도 있다. 서셉터 내에는 제 1 또는 내부 가열 소자(46)와 제 2 또는 외부 가열 소자가 내장되어 있는데(도 2), 이것들은, 예를 들면, 가열 코일로 구성될 수 있다. 어떤 실시예에서, 가열 소자(46,48)는 서셉터 또는 다른 기판 지지대와 열적으로 접촉되어 있는 한, 서셉터(18)에 내장될 필요는 없다.

가열 소자들(46,48)의 가열 성능이 같을 수도 있지만, 일 실시예에서는, 내부 가열 소자(46)는 상대적으로 낮은 가열 성능을 가지는 반면, 외부 가열 소자(48)가 상대적으로 높은 가열 성능을 가진다. 예를 들면, 예시된 실시예에서, 약 40 킬로와트(KW)가 외부 가열 소자(48)에 공급되고, 약 20 킬로와트(KW)가 내부 가열 소자(46)에 공급된다. 외부 가열 소자(48)에 더 많은 전력을 공급함으로써 서셉터(18)의 외부 경계 근처에서 흔히 더 크게 발생하는 열 손실을 보상하는데 도움이 될 수 있다. 그러나 또 다른 실시예에서, 내부 가열 소자(46)가 외부 가열 소자보다 더 많은 전력을 공급받을 수 있고, 내부와 외부 가열 소자(46,48)의 역할이 바뀔 수 있다. 가열 소자(46,48)에 다른 가열 성능을 공급하기 위해, 상이한 전력원이 사용될 수 있다. 선택적으로, 공통의 전력원이 사용될 수 있고, 가열 소자들을 다른 물질로 형성함으로써 가열 소자(46,48)의 가열 성능을 다르게 만들 수 있다. 더 큰 가열 성능을 공급하기 위한 가열 소자의 선택은, 다른 것들 중에서, 가열 소자들(46,48)이 가열하려고 하는 서셉터(18) 위의 각 영역의 크기에 달려있다. 어느 경우에든, 유리의 열특성이나 이러한 기판의 크기 때문에, 650mm x 830mm 이상의 치수를 가지는 유리 기판을 처리하는데 있어서 서로 다른 가열 성능을 갖는 가열 소자들(46,48)을 제공하는 것은 특히 중요할 수 있다.

서셉터(18)는 제 2 전극으로 사용되도록 접지되며 챔버(12) 하부벽(22)을 통해 수직으로 연장되는 샤프트(20)(도 1)의 단부에 장착된다. 샤프트(20)는 서셉터(18)가 가스 유입 메니폴드(16)를 향하고 멀어지게 수직 운동을 할 수 있도록 수직으로 움직일 수 있다.

부상(lift-off) 판(24)은 서셉터(18)와 챔버(12)의 하부벽(22) 사이에서 실질적으로 서셉터에 평행하게 수평으로 연장되며 수직으로 이동가능하다. 부상 펀들(26)은 부상 판(24)으로부터 수직으로 상향 돌출된다. 부상 펀들(26)은 서셉터(18)의 부상 홀(28)을 통하여 연장될 수 있도록 위치되고 서셉터의 두께보다 약간 긴 길이를 가진다. 도 1에는 단지 2개의 부상 펀들(26)만이 도시되었지만, 부상 판(24)의 둘레에는 추가의 부상 펀들이 간격을 두고 위치할 수 있다.

가스 배출구(30)가 챔버(12) 측벽(32)을 통해 연장되며 챔버 배기 시스템(미도시)에 연결되어 있다. 가스 흡인판(42)은 가스 유입 메니폴드(16)로 연장되어 있고 가스 스위칭 네트워크를 통하여 다양한 가스 소스들(미도시)과 연결된다. 가스 유입 메니폴드(16)는 RF 전원(36)에 연결된다. 기판(38)을 로드-락 도어(load-lock door)를 통하여 증착 챔버(12)로 운반하기 위해서 이송 메커니즘(미도시)이 제공될 수 있고, 여기서 기판은 서셉터(18) 위로 이송될 수 있다(도 1 및 도 3). 이송 메커니즘은 챔버로부터 처리된 기판을 제거하는데도 사용된다.

기판(38)을 서셉터(18) 위로 이송하기 이전에, 서셉터는 원하는 온도, 예를 들면 약 400°C로, 예열된다. 하기에 보다 더 상세하게 설명되는 바와 같이, 컴퓨터나 다른 프로세서와 같은 온도 제어기(50)(도 4)가 가열 소자(46,48)의 온도를 제어한다. 제어기(50)는 소프트웨어로 프로그램되고 아래에서 설명되는 기능을 수행하도록 구성된다. 열전대(52)가 가열 소자(46,48)의 온도를 측정하기 위하여 사용될 수 있으며 그러한 정보가 제어기에 전달되도록 제어기(50)에 연결된다.

상기 소프트웨어는 사용자가 내부와 외부의 가열 소자(46,48)의 온도에 대한 최종 결정값(T_{F1}, T_{F2})을 포함하는, 여러개의 변수값을 입력할 수 있도록 해준다. 사용자가 정의한 변수값들은, 예를 들면, 키보드(54) 또는 제어기(50)에 연결된 다른 입력 장치를 사용하여 입력될 수 있다. 가열 소자(46,48)의 최종 결정값(T_{F1}, T_{F2})은 서로 다를 수 있다. 다른 결정값을 제공하는 것은, 아래에서 더 자세히 설명되는 바와 같이, 서셉터(18)의 한 영역에서 다른 영역으로의 열흐름이 더 정밀하게 제어되도록 한다. 그러한 열흐름은 유리 기판의 큰 크기와 상대적으로 빈약한 열특성을 보상해 주는데 바람직할 수 있다.

또한, 소프트웨어는 가열 소자(46,48)의 온도가 증가하는 근사 속도(°C/minute)를 정의하는 가열 속도 값(R)을 사용자가 선택할 수 있도록 해준다. 일 실시예에서, R은 분당 10°C로 정해진다. 소프트웨어의 인터로크(interlock)는 R의 값이 시스템을 과열시키거나 손상시키도록 사용되는 것을 방지한다. 만약 사용자가 선택한 R의 값이 최대값을 초과한다면, 시스템이 정지되거나 속도(R)의 최대 디폴트값이 사용될 수 있다.

일부 실시예에, 사용자는 또한 내부 가열 소자(46)의 측정 온도(T_1)와 외부 가열 소자(48)의 측정 온도(T_2)간의 차(ΔT)의 최대 허용 값을 입력한다. 그러나 다른 실시예에선 ΔT 값은 소프트웨어에서 미리 정해지고 사용자에 의해 정의되지 않는다. 어느 경우에든, ΔT 값은 서셉터(18)를 가열하기 전에 정해진다. 일 실시예에서, 비록 서셉터(18)의 특별한 구조나 수행될 처리에 따라 다른 값이 사용될 수도 있지만, ΔT 값은 20°C로 정해진다. 사용자가 정의한 값은 메모리(56)에 저장된다.

도 5A와 5B에 의하면, 일단 사용자가 최종 결정점(T_{F1}, T_{F2})과 가열 속도(R)를 포함하는 사용자-정의 변수값을 입력하면, 이들 값들은 메모리(56)에서 판독된다(단계 100). ΔT 값이 사용자에 의해 정해졌다면, 그것은 메모리로부터 검색될 수도 있다. 다양한 불리언 타입(Boolean-type)과 다른 변수들이 초기화 된다(단계 102). 예를 들어, 불리언 플래그(Boolean flag)(F)가 "풀스(false)"로 초기화된다. 내부 가열 소자(46)의 온도가 최종 결정점(T_{F1}) 아래로 미리 정해진 양(T_S)보다 더 낮다면, 다시 말해 $T_1 < T_{F1} - T_S$ 라면, 플래그 F의 상태는 트루(true)로 바뀐다. 예를 들면 일 실시예에서, 예정된 양(T_S)은 5°C이다. 그러므로 최종 결정점(T_{F1})이 400°C로 정해진 경우, 내부 가열 소자(46)의 온도가 395°C보다 낮다면 플래그 F는 트루로 바뀐다. 부가하여, ΔT 의 값이 사용자에 의해 정해지지 않는다면, ΔT 의 값 역시 단계(102)에서 초기화 된다.

그 다음, 내부 가열 소자(46)의 온도(T_1) 또는 외부 가열 소자(48)의 온도(T_2) 중의 하나가 각각의 최초 결정점(T_{F1}, T_{F2})의 이상인지를 결정된다(단계 104). 시스템이 먼저 켜지면, 가열 소자들(46,48) 모두는 통상 그 최종 결정점보다 아래일 것이다. 그러나 단계(104)에서의 결정이 긍정적이라면, 양쪽 가열 소자(46,48)는 정지된다(단계 106). 제어기(50)는 예정된 시간, 예를 들면 30초를 기다리고(단계 108), 다음 온도(T_1, T_2)를 확인하기 위해 단계(104)로 돌아간다. 제어기(50)는 양쪽 가열 소자들(46,48)이 각각의 최종 결정점(T_{F1}, T_{F2}) 아래가 될 때까지 단계(104-108)에 의해 형성된 루프의 순환을 계속한다. 다음 제어기(50)는 가열 소자(46,48)에 이용할 수 있는 전력을 형성함으로써 가열 소자(46,48)를 초기화 한다(단계 110).

다음, 제어기(50)는 가열 소자들(46,48)의 현재 온도(T_1, T_2) 사이의 차가 최대 허용가능한 차 ΔT 를 초과하지 않는 것을 확실히 하기 위해 예열 준비 단계를 실행한다. 그래서, $T_1 - T_2$ 의 값이 ΔT 값을 초과하는지에 대한 결정이 내려진다(단계 112). 상기 값이 ΔT 를 초과하지 않는다면, 다시 말해 내부와 외부 가열 소자(46,48)의 온도차가 너무 크지 않다면, 제어기(50)는, 아래에서 설명하는 바와 같이, 서셉터(18)의 온도를 원하는 최종 결정점까지 상승시키는 예비 서셉터 가열 과정을 수행한다.

반면, 단계(112)에서, $T_1 - T_2$ 이 ΔT 를 초과하는 것으로 결정되면, 보다 가열된 가열 소자, 예를 들어 외부 가열 소자(48)는, 꺼지고 나머지 가열 소자(46)는 가열된다. (단계 114). 단계(114) 동안,

$$T_{1(INT)} = T_1 + [(R) \times (\text{minute})]$$

관계에 있는 내부 가열 소자 (46)의 온도에 대한 잠정 결정점($T_{1(INT)}$)은 설정된다.

이에 부가하여, 단계(114_동안 내부 가열 소자(46)는 R의 값보다 크게 최대로 가열될 수 있다. 예를 들어 일 실시예에서, 내부 가열 소자(46)는 R의 값의 두 배인 최대 속도로 가열되는 것이 허용된다. 물론, 이 단계 동안 내부 가열 소자가 가열되는 실제 속도는 가열 소자의 물리적 성능에 의해 제한될 수 있다. 다음 제어기(50)는 예정된 지연 시간이 경과되길 기다린다(단계 116). 예정된 지연은, 예를 들면, 30초일 수 있다. 지연 시간 동안, 내부 가열 소자(46)의 온도는 $T_{1(INT)}$ 의 현재 값을 초과할 수 없다. 지연 시간의 끝에, 제어기(50)는 $T_1 - T_2$ 의 값이 ΔT 의 값을 초과하는지를 결정하기 위해 단계(112)로

돌아간다. 제어기는 내부 가열 소자(46)의 온도(T1)와 외부 가열 소자(48)의 온도(T2)의 차이가 ΔT 를 초과하지 않을 때 까지 단계(112-116)에 의해 형성된 루프의 실행을 계속한다. 다음, 제어기(50)는 서셉터(18)의 온도를 원하는 최종 결정 점까지 상승시키는 예비 서셉터 가열 과정을 수행한다.

비록 제어기(50)에 의해 수행되는 알고리즘이 가열 소자들 간의 온도차가 ΔT 를 초과하지 않도록 도와주지만, ΔT 미만이고 영이 아닌 가열 소자들 간의 온도 간격을 유지하는 것은 서셉터(18) 영역 사이에서 서셉터가 보다 빠르고 보다 효율적으로 가열될 수 있는 열흐름을 발생시킨다. 그러므로 아래에서 더욱 상세히 설명하는 바와 같이, 예를 들어, 더 높은 가열 성능의 외부 가열 소자(48)는 내부 가열 소자(46)에 의한 가열을 증대시키는데 사용될 수 있다.

일반적으로, 아래에서 설명되는 바와 같이, 예비 서셉터 가열 과정은, 가열 소자(46,48)의 온도차를 ΔT 값보다 작게 유지하면서, 서셉터(18)가 최종 온도까지 사용자에 의해 선택된 속도 R에 기초하여 가능한 한 빨리 가열될 수 있도록 설계된다. 양쪽 가열 소자들이 켜지고(단계 118) 내부 가열 소자(46)의 온도(T_1)가 $T_{F1} - T_S$ 보다 작거나 외부 가열 소자(48)의 온도(T_2)가 $T_{F2} - T_S$ 보다 작은지에 관하여 결정이 이루어진다(단계 120). 양 가열 소자들(46,48)이 각각의 최종 결정점에 가깝다면, 다시 말해 단계(120)에서의 결정이 부정적이라면, 양 가열 소자들에 대한 잠정 결정점($T_{1(INT)}$ 과 $T_{2(INT)}$)은 서셉터(18)가 그 최종 결정점까지 가열되도록 하기 위해 각각의 최종 결정점(T_{F1}, T_{F2})으로 설정된다(단계 140). 이때 예비 서셉터 가열 과정이 완결되고, 제어기(50)는 서셉터 온도를 원하는 수준으로 유지하도록 가열 소자(46,48)를 제어할 것이다.

반대로, 단계(120)에서의 결정이 긍정적이라면, 다시 말해 적어도 가열 소자들(46,48)중 하나의 온도만이라도 그 각각의 최종 결정점과 가깝지 않다면, 내부 가열 소자(46)의 온도(T_1)가 $T_{F1} - T_S$ 보다 작은지에 관하여 결정이 내려진다(단계 124). 결정이 부정으로 대답된다면, 다시 말해, 내부 가열 소자(46)의 온도가 최종 결정점(T_{F1})에 가깝다면, 플래그(F)는 "풀스"로 클리어(clear) 되고 내부 가열 소자(46)의 잠정 결정점($T_{1(INT)}$)이 최종 결정점(T_{F1})으로 설정된다(단계 126).

단계(124)에서의 결정이 긍정으로 대답된다면, 다시 말해, 내부 가열 소자(46)의 온도(T_1)가 최종 결정점(T_{F1})과 가깝지 않다면, 플래그(F)는 "트루"로 정해진다(단계 128). 부가하여, 내부 가열 소자(46) 온도에 대한 잠정 결정점($T_{1(INT)}$)은 내부 가열 소자의 현재 온도(T_1)에 부가되는 가열 속도(R) 값과 같도록 정해지는데(단계 130), 다시 말하면, $T_{1(INT)} = T_1 + [R \times \text{minute}]$.

알고리즘이 단계(126) 또는 단계들(128-130) 중 어느 쪽을 따르는지에 관계없이, 제어기(50)는 세 가지 조건이 만족되는지에 대한 결정을 수행한다(단계 132). 첫째, 플래그 F는 반드시 "트루"로 정해져야 하는데, 다시 말하면, 내부 가열 소자(46)의 온도(T_1)는 반드시 최종 결정점보다 적어도 T_S 만큼은 작아야 한다는 것이다. 둘째, 외부 가열 소자(48)의 온도(T_2)도 역시 최종 결정점보다 상당히 낮게, 다시 말하면, $T_2 < T_{F2} - T_S$ 가 되어야한다. 셋째, ΔT 와 내부 가열 소자(46)를 위해 정해진 현재 잠정 결정점($T_{1(INT)}$)의 합은 반드시 외부 가열 소자의 최종 결정점(T_{F2})보다 작게, 다시 말하면 $\Delta T + T_{1(INT)} < T_{F2}$ 가 되어야한다. 이 마지막 조건은, 알고리즘이 단계(136)로 진행되는 경우, 외부 가열 소자(48)가 최종 결정점(T_{F2})을 오버슛(overshoot)하는 것을 방지하도록 도와준다.

이들 세 가지 조건 중 하나 이상이 만족하지 않는다면, 외부 가열 소자(48)의 잠정 결정점($T_{2(INT)}$)은 최종 결정점(T_{F2})과 같도록 정해진다(단계 134). 다음 제어기(50)는 예정된 지연 시간이 경과하기를 기다린다(단계 138). 다른 지연들은 어떤 상황들에 적절하겠지만, 예정된 지연은, 예를 들어, 육십초일 수 있다. 지연 시간의 마지막에, 제어기(50)는 단계(120)로 돌아간다.

한편, 단계(132)에서 세 가지 조건이 모두 만족된다면, 외부 가열 소자(48)의 잠정 결정점($T_{2(INT)}$)은, 단계(136)에서 나타난 바와 같이,

$$T_{2(INT)} = T_{1(INT)} + \Delta T$$

에 따라 결정된다.

다음 제어기(50)는 예정된 지연 시간이 경과되기를 기다린다(단계 138). 다른 지연들이 어떤 상황들에 적절하겠지만, 예정된 지연은, 예를 들어, 육십초일 수 있다. 지연 시간의 마지막에, 제어기(50)는 단계(120)로 돌아간다.

일반적으로, 단계(138)의 지연 시간 동안, 내부 가열 소자(46)의 온도(T_1)는 $T_{1(INT)}$ 의 현재 값을 초과해서는 안 되며, 외부 가열 소자(48)의 온도(T_2)는 $T_{2(INT)}$ 의 현재 값을 초과해서는 안 된다. $T_{1(INT)}$ 와 $T_{2(INT)}$ 의 값을 단계(136)의 식에서 표현되듯이 서로 관련되게 만듦으로써, 가열 소자들(46,48)의 온도(T_1 , T_2) 간의 차이가 너무 커질 가능성은 크게 감소된다. 따라서, 서셉터(18)는 사용자에 의해 선택된 속도(R)에 근거하고, 이와 동시에, 서셉터 파손 가능성을 상당히 감소시키는 방식으로 최종 온도까지 가열될 수 있다.

제어기(50)는, 잠정 결정점($T_{1(INT)}$, $T_{2(INT)}$)이 각각 T_{F1} , T_{F2} 와 같게 정해질 수 있도록, 양 가열 소자(46,48)의 온도(T_1 , T_2)가 각각의 최종 결정점(T_{F1} , T_{F2})에 가까워질 때까지, 단계(120-138)에 의해 형성된 루프 실행을 계속한다. 일단 가열 소자들(46,48)이 각각의 최종 결정점 T_{F1} , T_{F2} 에 도달하면, 예비 서셉터 가열 과정은 완성되고, 제어기(50)는 서셉터 온도를 원하는 최종 온도로 유지시키기 위하여 가열 소자들(46,48)을 제어한다. 이때 가열되고 처리되기 위해 기판은 서셉터(18) 위로 이송될 수 있다.

비록 실제의 가열 속도가 가열 소자의 가열 성능이나 다른 요인들에 의해 제한될 수 있지만, 각 가열 소자(46,48)의 잠정 온도 결정점이 증가되는 속도는 사용자에 의해 선택되는 속도(R)만큼 되도록 설계된다. 가열 소자들(46,48)이 현재 잠재 결정점들에 접근할 때마다, 잠정 결정점들은 증가되고, 그것에 의해 상대적으로 높은 듀티사이클(duty cycle)을 유지한다. 가열 소자들(46,48) 간의 제한된 온도 간격을 유지하면서 끊임없이 잠정 온도 결정점을 증가시키는 것은 더 높은 가열 성능을 가진 가열기(예를 들면, 외부 가열 소자(48))에서 더 낮은 가열 성능을 가진 가열기(예를 들면, 내부 가열 소자(46))로의 열 전달을 야기한다. 그러므로 더 높은 가열 성능을 가진 가열 소자는 자신의 가열만을 위하여 사용될 때의 듀티사이클을 보다 더 높은 듀티사이클로 작동 된다. 바꾸어 말하면, 더 높은 성능을 가진 가열 소자의 전력은 더 낮은 성능을 가진 가열 소자 근처의 서셉터 영역의 온도를 증가시키기 위해 사용된다.

더욱이, 위에서 언급된 실시예가 두 개의 가열 소자를 가진 기판 지지대를 설명하였으나, 앞의 기술은 둘 이상의 가열 소자를 갖는 기판 지지대를 가열하는 데에도 역시 사용될 수 있다. 그러한 구조에서는, 가장 저온의 가열 소자를 제외한 모든 가열 소자는 위에서 설명된 외부 가열 소자처럼 취급될 수 있으며, 가장 저온의 가열 소자와 각각의 다른 가열 소자 중 하나의 온도차는 예정된 ΔT 값을 초과하지 않는다.

더구나, 앞의 기술은, 가열 플래튼(heating platen)과 같이, 서셉터 외의 기판 지지대와 관련하여 사용될 수 있고, PECVD 외의 기술을 사용하는 기판 조작 시스템에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 기술은 기판이 가열되는 많은 종류의 기판 조작 시스템에 포함될 수 있다. 이 기술은 예열 챔버(pre-heating chamber)이나 로드락 챔버(load lock chamber)와 같이, 처리 챔버(process chamber) 이외에서도 기판 지지대의 온도를 제어하는데 사용될 수 있다. 게다가, 위에서 설명된 기술은 유리 이외의 물질로 만들어진 기판을 위한 기판 지지대를 가열하기 위하여 사용될 수 있다.

다른 실시예는 청구범위 내에서 도출될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

삭제

청구항 2.

삭제

청구항 3.

삭제

청구항 4.

삭제

청구항 5.

삭제

청구항 6.

삭제

청구항 7.

삭제

청구항 8.

삭제

청구항 9.

삭제

청구항 10.

삭제

청구항 11.

삭제

청구항 12.

삭제

청구항 13.

삭제

청구항 14.

삭제

청구항 15.

삭제

청구항 16.

삭제

청구항 17.

삭제

청구항 18.

삭제

청구항 19.

삭제

청구항 20.

삭제

청구항 21.

삭제

청구항 22.

삭제

청구항 23.

삭제

청구항 24.

삭제

청구항 25.

삭제

청구항 26.

삭제

청구항 27.

삭제

청구항 28.

삭제

청구항 29.

서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역 각각의 온도를 각각 제 1 최종 온도 및 제 2 최종 온도로 제어 가능하게 증가시키는 가열 장치로서,

서셉터;

열을 공급하도록 상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역에 각각 접속되는 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자;

제 1 결정점 온도값과 제 2 결정점 온도값을 저장하는 메모리; 및

상기 제 1 가열 소자의 온도가 상기 제 1 결정점 온도보다 낮은지 여부에 따라 상기 제 1 가열 소자에 전력을 결합시키고, 상기 제 2 가열 소자의 온도가 상기 제 2 결정점 온도보다 낮은지 여부에 따라 상기 제 2 가열 소자에 전력을 결합시키기 위해, 상기 메모리에 저장되는 상기 제 1 결정점 온도와 제 2 결정점 온도의 값을 설정하는 제어기를 포함하며,

상기 제어기는 상기 제 1 결정점 온도가 상기 제 1 최종 온도에 도달할 때까지 상기 제 1 결정점 온도의 저장된 값을 주기적으로 증가시키며,

상기 제어기가 상기 제 1 결정점 온도를 증가시킬 때마다, 상기 제어기는 상기 제 2 결정점 온도가 상기 제 2 최종 온도에 도달할 때까지 상기 제 2 결정점 온도를 상기 제 1 결정점 온도의 현재 값과 예정된 온도 융셋 값의 합으로 설정하는, 가열 장치.

청구항 30.

제 29 항에 있어서,

상기 제어기가 상기 제 1 결정점 온도를 증가시킬 때마다, 상기 제어기는 상기 제 1 결정점 온도를 상기 제 1 가열 소자의 현재 온도와 예정된 가열 속도의 값의 합으로 설정하는 것을 특징으로 하는 가열 장치.

청구항 31.

제 29 항에 있어서,

상기 제 1 가열 소자와 상기 제 2 가열 소자 각각의 온도들 간의 차가 초기에 예정된 양을 초과하는 경우, 상기 차가 상기 예정된 양보다 작아질 때까지, 상기 제어기는 상기 가열 소자들 중 더 가열된 것을 차단시키는 것을 특징으로 하는 가열 장치.

청구항 32.

제 29 항에 있어서,

상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역은 각각 내부 영역 및 외부 영역인 것을 특징으로 하는 가열 장치.

청구항 33.

서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역 각각의 온도들을 각각 제 1 최종 온도 및 제 2 최종 온도로 제어가능하게 증가시키는 가열 장치로서,

서셉터;

열을 공급하도록 상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역에 각각 결합되는 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자;

제 1 결정점 온도값과 제 2 결정점 온도값을 저장하는 메모리; 및

상기 제 1 가열 소자의 온도가 상기 제 1 결정점 온도보다 낮은지 여부에 따라 상기 제 1 가열 소자에 전력을 결합시키고, 상기 제 2 가열 소자의 온도가 상기 제 2 결정점 온도보다 낮은지 여부에 따라 상기 제 2 가열 소자에 전력을 결합시키기 위해, 상기 메모리에 저장되는 상기 제 1 결정점 온도와 제 2 결정점 온도의 값을 설정하는 제어기를 포함하며,

상기 제어기는 상기 제 1 결정점 온도가 상기 제 1 최종 온도에 도달할 때까지, 상기 제 1 결정점 온도를 상기 제 1 가열 소자의 현재 온도 값과 예정된 가열 속도 값의 합으로 주기적으로 설정함으로써 상기 서셉터의 제 1 영역의 온도를 증가시키는, 가열 장치.

청구항 34.

제 33 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 제 2 결정점 온도가 상기 제 2 최종 온도에 도달할 때까지, 상기 제 2 결정점 온도를 상기 제 1 결정점 온도의 현재 값과 예정된 온도 융셋 값의 합으로 주기적으로 설정하는 것을 특징으로 하는 가열 장치.

청구항 35.

제 34 항에 있어서,

상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역은 각각 내부 영역 및 외부 영역인 것을 특징으로 하는 가열 장치.

청구항 36.

서셉터의 제 1 영역과 제 2 영역의 각각의 온도를 제어가능하게 증가시키는 가열 장치로서,

서셉터;

열을 공급하도록 상기 서셉터의 제 1 영역과 제 2 영역에 각각 결합되는 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자; 및

상기 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자를 작동 및 차단시키는 제어기를 포함하며,

상기 제 1 가열 소자와 제 2 가열 소자간의 온도차가 초기에 예정된 온도 융셋 값보다 큰 경우, 상기 제어기는 상기 제 1 가열 소자와 제 2 가열 소자의 온도들 간의 차가 상기 온도 융셋 값으로 감소될 때까지 상기 가열 소자들 더 차가운 것을 작동시키고 다른 가열 소자는 차단시키고,

상기 제 1 가열 소자와 제 2 가열 소자의 온도들 간의 차가 상기 온도 융셋 값 또는 그보다 작은 값으로 감소된 이후, 상기 제어기는 상기 제 1 가열 소자와 제 2 가열 소자 모두를 작동시키는, 가열 장치.

청구항 37.

제 36 항에 있어서,

상기 제어기가 상기 가열 소자들을 작동시킨 이후, 상기 제어기는 상기 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자가 예정된 원하는 가열 속도를 초과하지 않는 각각의 가열 속도로 가열되게 하며, 상기 제어기가 상기 가열 소자들 중 하나만을 작동시키는 시간 동안, 상기 제어기는 상기 하나의 가열 소자가 상기 예정된 원하는 가열 속도 보다 큰 가열 속도로 가열되게 하는 것을 특징으로 하는 가열 장치.

청구항 38.

최종 온도로 서셉터를 제어가능하게 가열하는 가열 장치로서,

서셉터;

열을 공급하도록 상기 서셉터에 결합되는 가열 소자;

결정점 온도 값을 저장하는 메모리; 및

상기 메모리에 저장된 결정점 온도의 값을 설정하고 상기 가열 소자의 온도가 상기 결정점 온도보다 작은지 여부에 따라 상기 가열 소자에 전력을 결합시키는 제어기를 포함하며,

상기 제어기는 상기 결정점 온도가 상기 최종 온도에 도달할 때까지, 상기 결정점 온도를 상기 가열 소자의 현재 온도와 예정된 가열 속도의 값의 합으로 주기적으로 설정함으로써 상기 서셉터의 온도를 증가시키는, 가열 장치.

청구항 39.

서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역의 각각의 온도를 각각 제 1 최종 온도 및 제 2 최종 온도로 제어가능하게 증가시키는 방법으로서,

열을 공급하기 위해 상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역에 각각 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자를 결합시키는 단계;

제 1 결정점 온도 및 제 2 결정점 온도를 저장하는 단계;

상기 제 1 가열 소자의 온도가 상기 제 1 결정점 온도보다 작은지 여부에 따라 상기 가열 소자에 전력을 결합시키는 단계;

상기 제 2 가열 소자의 온도가 상기 제 2 결정점 온도보다 작은지 여부에 따라 상기 제 2 가열 소자에 전력을 결합시키는 단계;

상기 제 1 결정점 온도가 상기 제 1 최종 온도에 도달할 때까지, 상기 제 1 결정점 온도의 저장된 값을 주기적으로 증가시키는 단계;

상기 제 2 결정점 온도가 상기 제 2 최종 온도에 도달할 때까지, 상기 제 2 결정점 온도의 저장된 값을 상기 제 1 결정점 온도의 현재 값과 예정된 온도 옵셋 값의 합으로 주기적으로 설정하는 단계

를 포함하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 40.

제 39 항에 있어서,

상기 제 1 결정점 온도의 저장된 값을 주기적으로 증가시키는 단계는, 상기 제 1 결정점 온도를 상기 제 1 가열 소자의 현재 온도와 예정된 가열 속도 값의 합으로 주기적으로 설정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 41.

제 39 항에 있어서,

상기 제 1 가열 소자와 제 2 가열 소자 각각의 온도 간의 차가 초기에 예정된 양을 초과하는 경우, 상기 차가 상기 예정된 양보다 작아질 때까지, 가열 소자들중 더 가열된 것을 차단시키는 것을 특징으로 하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 42.

제 39 항에 있어서,

상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역은 각각 내부 영역 및 외부 영역인 것을 특징으로 하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 43.

서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역 각각의 온도를 제 1 최종 온도 및 제 2 최종 온도로 제어가능하게 증가시키는 방법으로서,

열을 공급하기 위해 상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역에 각각 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자를 결합시키는 단계;

상기 제 1 결정점 온도와 제 2 결정점 온도를 저장하는 단계;

상기 제 1 가열 소자의 온도가 상기 제 1 결정점 온도보다 낮은지 여부에 따라 상기 제 1 가열 소자에 전력을 결합시키는 단계;

상기 제 2 가열 소자의 제 2 온도가 상기 제 2 결정점 온도보다 낮은지 여부에 따라 상기 가열 소자에 전력을 결합시키는 단계; 및

상기 제 1 결정점 온도가 상기 제 1 최종 온도에 도달할 때까지, 상기 제 1 결정점 온도를 상기 제 1 가열 소자의 현재 온도와 예정된 가열 속도의 값의 합으로 주기적으로 설정하는 단계

를 포함하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 44.

제 43 항에 있어서,

상기 제 2 결정점 온도가 상기 제 2 최종 온도에 도달할 때까지, 상기 제 2 결정점 온도를 상기 제 1 결정점 온도의 현재 값과 예정된 온도 옵셋 값의 합으로 주기적으로 설정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 45.

제 43 항에 있어서,

상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역은 각각 내부 영역 및 외부 영역인 것을 특징으로 하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 46.

서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역 각각의 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법으로서,

열을 공급하기 위해 상기 서셉터의 제 1 영역 및 제 2 영역 각각에 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자를 결합시키는 단계;

상기 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자의 온도들 간의 차가 초기에 예정된 온도 옵셋 값 보다 큰 경우, 상기 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자의 온도들 간의 차가 상기 온도 옵셋 값으로 감소될 때까지, 가열 소자들 중 보다 차가운 것을 동작시키고 다른 가열 소자는 차단시키는 단계; 및

상기 제 1 가열 소자와 제 2 가열 소자의 온도들 간의 차가 상기 온도 옵셋 값 또는 그보다 작은 값으로 감소된 이후, 상기 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자 모두를 동작시키는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 47.

제 46 항에 있어서,

상기 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자 모두를 동작시키는 단계는, 예정된 원하는 온도 가열 속도를 초과하지 않지 않는 각각의 가열 속도로 상기 제 1 가열 소자 및 제 2 가열 소자가 가열되도록 제어하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

청구항 48.

서셉터의 온도를 최종 온도로 제어가능하게 증가시키는 방법으로서,

열을 공급하기 상기 서셉터에 가열 소자를 결합시키는 단계;

결정점 온도값을 저장하는 단계;

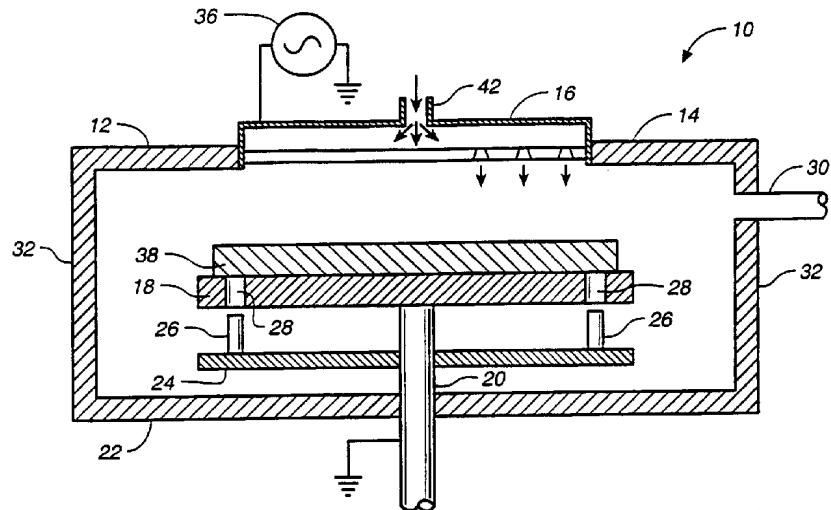
상기 가열 소자의 온도가 상기 결정점 온도 이하인지 여부에 따라 상기 가열 소자에 전력을 결합시키는 단계; 및

상기 결정점 온도가 상기 최종 온도에 도달할 때까지, 상기 결정점 온도를 상기 가열 소자의 현재 온도와 예정된 가열 속도의 값의 합으로 주기적으로 설정하는 단계

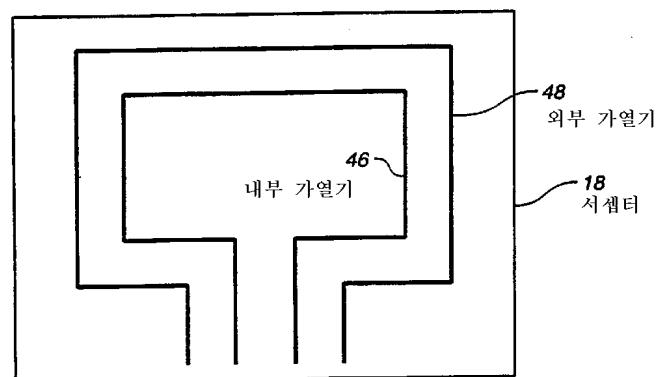
를 포함하는 온도를 제어가능하게 증가시키는 방법.

도면

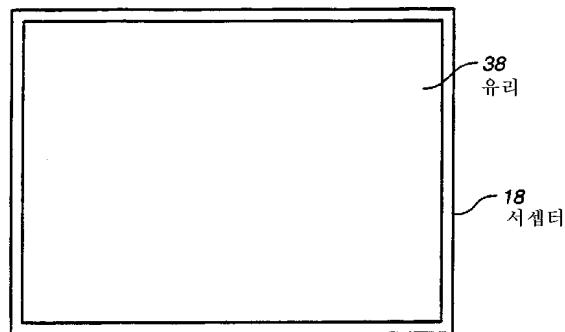
도면1



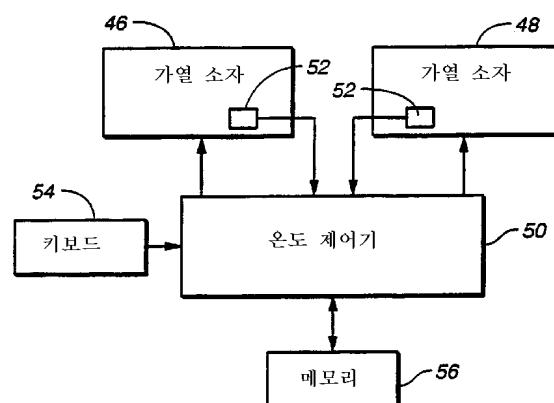
도면2



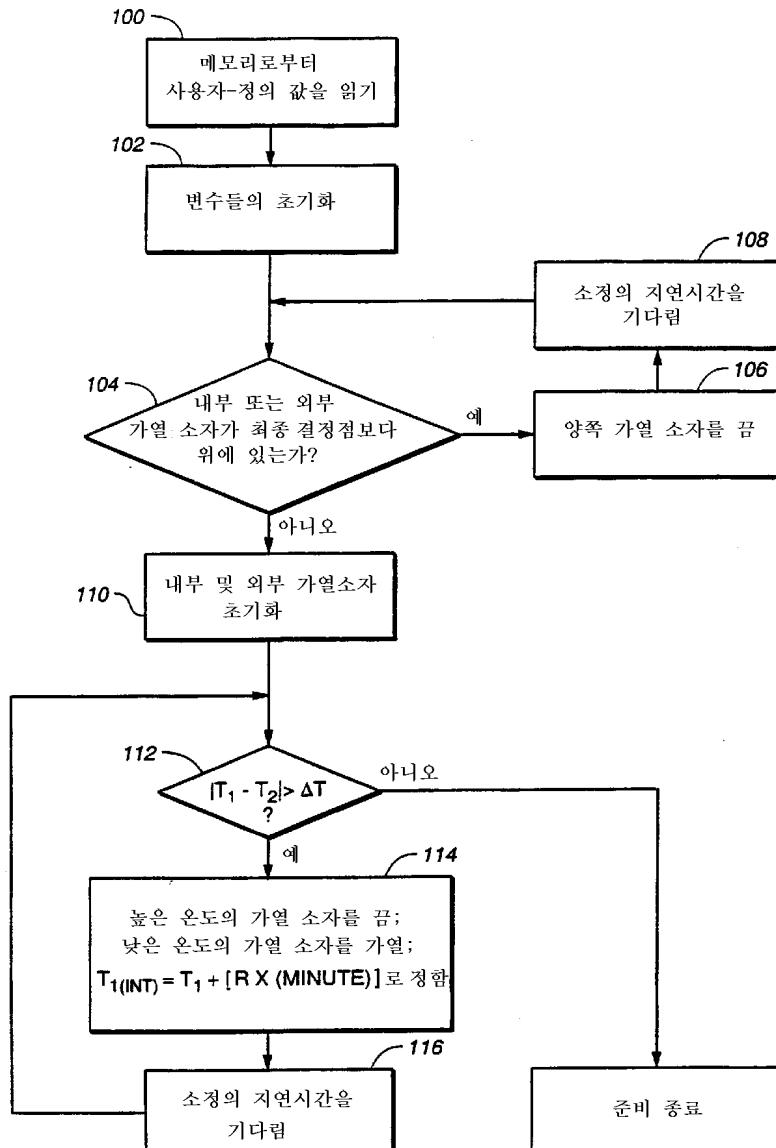
도면3



도면4



도면5a



도면5b

