(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월12일
(11) 등록번호 10-2800920
(24) 등록일자 2025년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/54 (2018.01) *C23C 14/18* (2006.01)
C23C 14/24 (2006.01) *C23C 14/26* (2006.01)
C23C 14/56 (2006.01) *H01M 4/04* (2006.01)
H01M 4/1395 (2010.01)
(52) CPC특허분류
C23C 14/541 (2013.01)
C23C 14/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7039193
(22) 출원일자(국제) 2022년04월11일
심사청구일자 2024년02월21일
(85) 번역문제출일자 2023년11월14일
(65) 공개번호 10-2023-0170951
(43) 공개일자 2023년12월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/024225
(87) 국제공개번호 WO 2022/225731
국제공개일자 2022년10월27일
(30) 우선권주장
63/177,491 2021년04월21일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160087910 A*
KR1020160142363 A*
KR1020190039139 A*
KR1020100091984 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엘리베이티드 머티어리얼스 저머니 게엠베하
독일 알체나우 지멘스슈트라쎄 100 (우: 63755)
(72) 발명자
하인츠, 타마라
독일 63776 묌브리스 봄부르크슈트라쎄 5아
반게르트, 슈테판
독일 36396 슈타이나우 자이덴뢰테르슈트라쎄 6
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹

전체 청구항 수 : 총 17 항 심사관 : 정석환

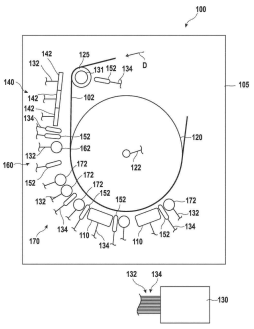
(54) 발명의 명칭 **재료 증착 장치, 기판 상에 재료를 증착하는 방법, 및 재료 증착 시스템**

(57) 요 약

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치가 제공된다. 재료 증착 장치는 프로세싱 드럼 – 프로세싱 드럼은 프로세싱 드럼 상에서 기판을 프로세싱하는 동안 기판 온도를 제어하도록 구성된 냉각기를 가짐 –; 기판을 프로세싱 드럼 쪽으로 안내하는 롤러; 롤러와 프로세싱 드럼 사이의 자유 스팬 영역에서 기판을 가열하

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



도록 포지셔닝된 제1 히터 조립체; 프로세싱 드럼 상에 지지되는 동안 기판을 가열하도록 포지셔닝된 제2 히터 조립체; 제2 히터 조립체의 하류에 기판 수송 경로를 따라 제공되는 적어도 하나의 증착 소스; 기판 수송 속도와 상관관계가 있는 속도 신호를 제공하는 기판 속도 센서; 및 적어도 제1 히터 조립체를 제어하도록 구성된 속도 신호에 대한 입력을 갖는 제어기를 포함한다.

(52) CPC특허분류
C23C 14/24 (2013.01)
C23C 14/26 (2013.01)
C23C 14/562 (2013.01)
C23C 14/568 (2013.01)
H01M 4/0423 (2013.01)
H01M 4/1395 (2013.01)
Y02E 60/10 (2020.08)

(72) 발명자
마니코트 콜라라트, 수레쉬
인도 560048 벵갈루루 카르나타카 마하데바푸라 화이트필드 로드 브리가데 메트로폴리스 이705

차카라바르티 라마사미,람고팔
미국 95129 캘리포니아 새너제이 노워크 드라이브 4281 아파트먼트 #더블유105

명 세 서

청구범위

청구항 1

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치로서,

프로세싱 드럼(processing drum) - 상기 프로세싱 드럼은 상기 프로세싱 드럼 상에서 기판을 프로세싱하는 동안 기판 온도를 제어하도록 구성된 냉각기를 가짐 - ;

상기 기판을 상기 프로세싱 드럼 쪽으로 안내하는 롤러(roller);

상기 롤러와 상기 프로세싱 드럼 사이의 자유 스팬(free-span) 영역에서 상기 기판을 가열하도록 포지셔닝(position)된 제1 히터(heater) 조립체;

상기 기판이 상기 프로세싱 드럼 상에 지지되는 동안 상기 기판을 가열하도록 포지셔닝된 제2 히터 조립체;

상기 제2 히터 조립체의 하류에 기판 수송 경로를 따라 제공되는 적어도 하나의 증착 소스(source);

기판 수송 속도와 상관관계가 있는 속도 신호를 제공하는 기판 속도 센서; 및

상기 속도 신호에 기초하여 상기 기판을 제1 기판 온도로부터 제2 기판 온도로 가열하도록 상기 제1 히터 조립체를 제어하도록 구성된 상기 속도 신호에 대한 입력을 갖는 제어기를 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 히터 조립체의 하류에 상기 기판 수송 경로를 따라 제공되는 제1 온도 센서를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 제2 히터 조립체의 하류에 상기 기판 수송 경로를 따라 제공되는 제2 온도 센서를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 4

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 제1 히터 조립체와 상기 제2 히터 조립체 사이에 상기 기판을 가열하도록 포지셔닝된 전이 히터 조립체를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 전이 히터 조립체의 하류에 상기 기판 수송 경로를 따라 제공되는 전이 온도 센서를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 전이 온도 센서의 신호에 따라 상기 전이 히터 조립체를 제어하도록 상기 전이 온도 센서의 신호에 대한 입력을 갖는 전이 히터 제어기를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 7

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

증착 속도 신호에 대한 입력을 갖는 제2 히터 제어기를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 8

제6 항에 있어서,

증착 속도 신호에 대한 입력을 갖는 제2 히터 제어기를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 9

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 냉각기는 상기 프로세싱 드럼과 상기 기판 사이에 냉각 가스를 안내하는 가스 쿠션(cushion)에 의해 제공되는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 10

제6 항에 있어서,

상기 냉각기는 상기 프로세싱 드럼과 상기 기판 사이에 냉각 가스를 안내하는 가스 쿠션에 의해 제공되는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 11

제8 항에 있어서,

상기 냉각기는 상기 프로세싱 드럼과 상기 기판 사이에 냉각 가스를 안내하는 가스 쿠션에 의해 제공되는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치.

청구항 12

증발된 재료를 기판 상에 증착하는 방법으로서,

상기 기판을 롤러로부터 프로세싱 드럼 쪽으로 안내하는 단계;

기판 속도 센서에 의해 기판 속도 신호를 측정하는 단계;

상기 기판 속도 신호에 기초하여, 상기 롤러와 상기 프로세싱 드럼 사이의 상기 기판을 제1 기판 온도로부터 제2 기판 온도로 가열하도록 제1 히터 조립체를 제어하는 단계; 및

증착 속도에 기초하여 상기 프로세싱 드럼 상의 상기 기판을 가열하도록 제2 히터 조립체를 제어하는 단계를 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하는 방법.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 제1 히터 조립체로 상기 기판을 가열한 후 제1 온도 센서에 의해 제1 기판 온도 신호를 측정하는 단계; 및

상기 기판이 상기 프로세싱 드럼 상에 지지되어 있는 동안 그리고 상기 제2 히터 조립체로 상기 기판을 가열하기 전에 제2 온도 센서에 의해 제2 기판 온도 신호를 측정하는 단계를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하는 방법.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 제1 기판 온도 신호와 상기 제2 기판 온도 신호 간의 크기 차이에 따라 전이 히터 조립체로 상기 기판을 가열하는 단계를 더 포함하는,

증발된 재료를 기판 상에 증착하는 방법.

청구항 15

재료 증착 시스템으로서,

프로세싱하는 동안 기판을 지지하기 위한 프로세싱 드럼;

상기 프로세싱 드럼의 상류에 있는 기판 안내 롤러;

상기 롤러와 상기 프로세싱 드럼 사이에 제공되는 제1 히터 조립체; 및

제12 항에 따른 방법의 각 단계의 수행을 제어하는 제어기를 포함하는,

재료 증착 시스템.

청구항 16

삭제

청구항 17

제15 항에 있어서,

기판 속도를, 제1 기판 온도로부터 제2 기판 온도로 상기 기판을 가열하기 위한 상기 제1 히터 조립체의 전력 밀도와 상관시키기 위해 룩업 테이블(lookup table)이 상기 제어기의 메모리에 저장되는,

재료 증착 시스템.

청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 룩업 테이블 내의 값들의 이중선형 보간을 제공하는,

재료 증착 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 개시내용의 실시예들은 특히 진공 챔버(chamber)에서의 열 증발에 의한 기판 코팅(coating)에 관한 것이다. 본 개시내용의 실시예들은 추가로 특히 배터리(battery)들의 제조를 위한, 기판 상에 증발된 재료의 재료 증착에 관한 것이다. 본 개시내용의 실시예들은 기판을 예열하기 위한 재료 증착 장치를 위한 하나 이상의 가열 조립체들, 기판 상에 재료를 증착하기 위한 방법, 및 재료 증착 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] [0002] 기판 상에 증착하기 위한 다양한 기술들, 예를 들어 화학 기상 증착(CVD) 및 물리적 기상 증착(PVD)이 알려져 있다. 높은 증착 속도들로 증착하기 위해, 열 증발이 PVD 프로세스로 사용될 수 있다. 열 증발의

경우, 예를 들어 기판 상에 증착될 수 있는 증기를 생성하기 위해 소스 재료가 가열된다. 가열된 소스 재료의 온도를 높이면 증기 농도가 증가하여, 높은 증착 속도들을 촉진할 수 있다. 높은 증착 속도들을 달성하기 위한 온도는 온도의 함수로서의 증기압과 같은 소스 재료의 물리적 특성들, 및 용융점과 같은 기판의 물리적 한계치들에 따라 달라진다.

[0003] [0003] 증발에 의해 금속, 예를 들어, 리튬을 가요성 기판 상에, 예를 들어, 흑연 포일(foil) 또는 구리 기판 상에 증착하는 것은 Li-배터리들과 같은 배터리들의 제조에 사용될 수 있다. 예를 들어, 리튬 층이 배터리의 애노드(anode)를 생성하기 위해 얇은 가요성 기판 상에 증착될 수 있다. 애노드 층 스택(stack) 및 캐소드(cathode) 층 스택을 조립한 후, 선택적으로 이들 사이에 전해질 및/또는 분리막을 두고, 제조된 층 배열체가 롤링(roll)되거나 또는 다른 방식으로 적층되어 Li-배터리를 생성할 수 있다.

[0004] [0004] 기판 프로세싱 중에 열팽창으로 인해 기판, 예를 들어, 포일 또는 웹(web)에 주름들이 생길 수 있다. 포일의 퍼짐(spreading) 특히 포일의 갑작스런 퍼짐은 포일 상에 주름들을 도입할 수 있다. 이러한 주름들은 증착된 층 또는 층들의 품질의 저하를 유발할 수 있다.

[0005] [0005] 따라서, 위의 문제점들을 적어도 부분적으로 극복할 수 있는 개선된 재료 증착 장치, 개선된 증착 방법, 및 개선된 프로세싱 시스템을 제공하는 것이 바람직하다.

발명의 내용

[0006] [0006] 이상에 비추어 볼 때, 독립 청구항들에 따른 재료 증착 장치, 기판 상에 재료를 증착하는 방법, 및 재료 증착 시스템이 제공된다. 추가적인 특징들, 양태들, 세부사항들, 및 구현들은 상세한 명세서, 도면들, 및 종속 청구항들에 설명되어 있다.

[0007] [0007] 실시예에 따르면, 증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치가 제공된다. 이 재료 증착 장치는 프로세싱 드럼(processing drum) – 프로세싱 드럼은 이 프로세싱 드럼 상에서 기판을 프로세싱하는 동안 기판 온도를 제어하도록 구성된 냉각기를 가짐 – ; 기판을 프로세싱 드럼 쪽으로 안내하는 롤러(roller); 롤러와 프로세싱 드럼 사이의 자유 스팬(free-span) 영역에서 기판을 가열하도록 포지셔닝(position)된 제1 히터(heater) 조립체; 프로세싱 드럼 상에 지지되는 동안 기판을 가열하도록 포지셔닝된 제2 히터 조립체; 제2 히터 조립체의 하류에 기판 수송 경로를 따라 제공되는 적어도 하나의 증착 소스(source); 기판 수송 속도와 상관관계가 있는 속도 신호를 제공하는 기판 속도 센서; 및 적어도 제1 히터 조립체를 제어하도록 구성된 속도 신호에 대한 입력을 갖는 제어기를 포함한다.

[0008] [0008] 실시예에 따르면, 증발된 재료를 기판 상에 증착하는 방법이 제공된다. 이 방법은 기판을 롤러로부터 프로세싱 드럼 쪽으로 안내하는 단계; 기판 속도 신호를 측정하는 단계; 및 기판 속도 신호에 따라 롤러와 프로세싱 드럼 사이의 제1 히터 조립체를 사용하여 기판을 가열하는 단계를 포함한다.

[0009] [0009] 실시예에 따르면, 재료 증착 시스템이 제공된다. 이 시스템은 프로세싱 중에 기판을 지지하기 위한 프로세싱 드럼; 프로세싱 드럼의 상류에 있는 기판 안내 롤러; 롤러와 프로세싱 드럼 사이에 제공되는 제1 히터 조립체; 및 프로세서, 및, 프로세서에 의해 실행될 때, 본 발명의 실시예들에 따른 방법의 수행을 유발하는 명령어들을 저장하는 메모리를 포함하는 제어기를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] [00010] 본 개시내용의 위에 인용된 특징들이 상세히 이해될 수 있도록, 위에서 간략하게 요약된 본 개시내용의 보다 구체적인 설명이 실시예들을 참조하여 이루어질 수 있다. 첨부된 도면들은 본 개시내용의 실시예들에 관한 것이며, 이하에서 설명된다.

도 1은 본 명세서에 설명된 실시예들에 따른 재료 증착 장치의 개략도를 도시한다.

도 2는 본 명세서에 설명된 실시예들에 따른 증착 시스템 내의 히터를 위한 제어기의 개략도를 도시한다.

도 3은 본 명세서에 설명된 실시예들에 따른 방법의 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] [00011] 이제 본 개시내용의 다양한 실시예들을 상세히 참조할 것이며, 그 중 하나 이상의 예들이 도면들에 예시되어 있다. 도면들에 대한 다음 설명 내에서, 동일한 참조 번호들은 동일한 컴포넌트들을 지칭한다. 일반적

으로, 개별 실시예들에 대한 차이점들만이 설명된다. 각각의 예는 본 개시내용을 설명하기 위해 제공되며, 본 개시내용의 제한으로 의미되지 않는다. 또한, 하나의 실시예의 일부로서 예시되거나 또는 설명된 특징들은 또 다른 실시예를 생성하기 위해 다른 실시예들에 대해 또는 다른 실시예들과 함께 사용될 수 있다. 본 설명은 그러한 수정들 및 변형들을 포함하는 것으로 의도된다.

[0012] [00012] 본 명세서에 제공된 실시예들은 증발에 의한 박막 코팅, 특히 진공 챔버에서의 박막 코팅에 관한 것이다. 예를 들어, 코팅될 재료는 증발될 재료에 고유한 온도까지 가열된다. 일반적으로, 더 높은 온도들에서 더 높은 증발 속도들이 제공될 수 있다.

[0013] [00013] 본 개시내용의 실시예들은 열로 인한 기판, 즉 포일 또는 웹과 같은 가요성 기판의 퍼짐을 감소시킨다. 주름들을 감소시켜 기판 상의 박막 증착의 품질을 향상시킬 수 있다. 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 하나 이상의 온도 제어 존(zone)들이 제공된다. 특히, 저전력 제어 존과 같은 제1 온도 제어 존이 제공된다. 제1 온도 제어 존에는 기판의 속도 의존적 가열이 제공된다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 기판, 예를 들어, 흑연 포일의 속도 의존적 예열이, 기판이 프로세싱 드럼과 접촉하기 전에 제공될 수 있다. 제1 온도 제어 존은 자유 스팬 영역에 제공될 수 있다. 자유 스팬 영역은 프로세싱 드럼에 인접한 롤러와 프로세싱 드럼 사이의 기판 안내 영역일 수 있다.

[0014] [00014] 본 개시내용의 실시예에 따르면, 증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치가 제공된다. 재료 증착 장치는 프로세싱 드럼 상에서 기판을 프로세싱하는 동안 기판 온도를 제어하도록 구성된 냉각기를 갖는 프로세싱 드럼, 기판을 프로세싱 드럼 쪽으로 안내하는 롤러, 롤러와 프로세싱 드럼 사이의 자유 스팬 영역에서 기판을 가열하도록 포지셔닝된 제1 히터 조립체, 프로세싱 드럼 상에서 지지되는 동안 기판을 가열하도록 포지셔닝된 제2 히터 조립체, 제2 히터 조립체의 하류에 기판 수송 경로를 따라 제공되는 적어도 하나의 증착 소스, 기판 수송 속도와 상관관계가 있는 속도 신호를 제공하는 기판 속도 센서, 및 적어도 제1 히터 조립체를 제어하도록 구성된 속도 신호를 위한 입력을 갖는 제어기를 포함한다.

[0015] [00015] 또한, 증발 시스템들, 및 증발기를 포함하는 재료 증착 장치들에서, 증발된 재료는 증발된 재료보다 낮은 온도를 갖는 시스템 컴포넌트들의 표면들 상에서 응축될 것이다. 기판의 열 코팅의 경우, 기판은 증발된 재료가 기판 상에 증착되거나 또는 코팅되어 기판 상에 얇은 층을 형성할 수 있도록 더 낮은 온도를 포함한다. 그러나, 기판의 온도와 코팅될 재료의 온도 간의 차이가 큰 경우, 생성된 얇은 층 또는 막은 예를 들어 찢어지는 것과 같이 손상될 수 있거나, 또는 기판 및/또는 재료의 표면 상에 주름들을 생성할 수 있다.

[0016] [00016] 도 1은 본 명세서에 설명된 임의의 다른 실시예와 조합될 수 있는 본 명세서에 설명된 실시예들에 따른 재료 증착 장치를 예시적으로 도시한다. 재료 증착 장치(100)는 진공 챔버(105)를 포함할 수 있다. 진공 챔버에는 진공이 제공될 수 있다. 예를 들어, 재료 증착 장치는 진공 챔버에 진공을 제공하기 위한 진공 펌프를 포함할 수 있다.

[0017] [00017] 본 명세서에서 사용되는 바와 같은 "진공"이라는 용어는 진공 압력이 예를 들어 10 mbar 미만인 기술적 진공의 의미로 이해될 수 있다. 전형적으로, 본 명세서에 설명되는 바와 같이 진공 챔버 내의 압력은 10^{-4} mbar 내지 약 10^{-8} mbar, 보다 전형적으로 10^{-4} mbar 내지 약 10^{-7} mbar, 및 훨씬 더 전형적으로 약 10^{-5} mbar 내지 약 10^{-6} mbar일 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 진공 챔버들 내의 총 압력은 약 10^{-4} mbar 내지 약 10^{-7} mbar 범위일 수 있다. 따라서, 진공 챔버는 "진공 증착 챔버", 즉, 진공 증착을 위해 구성된 진공 챔버일 수 있다.

[0018] [00018] 본 명세서에 설명된 임의의 다른 실시예와 조합될 수 있는 실시예들에 따르면, 재료 증착 장치는 증착 소스 조립체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 증착 소스 조립체는 하나 이상의 증발 소스들을 포함하는 증발 소스 조립체일 수 있다. 본 개시내용의 실시예들은 증착 소스들, 특히 증착 프로세스에 의해 기판으로 에너지가 전달되는 물리적 기상 증착(PVD) 소스들과 관련된다. 높은 증착 속도들의 경우, 증발 소스들이 특히 유용할 수 있다. 따라서, 다음 설명에서는 증발 소스들을 참조하도록 한다. 다른 증착 소스들, 특히 기판으로 에너지를 전달하는 증착 소스들도 또한 본 개시내용의 실시예들에 활용될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0019] [00019] 본 개시내용 전체에 걸쳐 사용되는 바와 같은 "증발 소스 조립체"라는 용어는 하나 이상의 증발 소스들을 포함하는 조립체, 유닛 또는 장치로 이해될 수 있다. 따라서, 증발 소스 조립체와 관련하여 본 명세서에서 논의되는 특징들은 그에 상응하여 단일 증발 소스에도 또한 적용될 수 있다. 예를 들어, 증발 소스 조립체에는 하나의 증발 소스만이 포함될 수 있다. 이러한 경우들에서, 증발 소스 조립체는 증발 소스로 지칭될 수 있다.

본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 2 개 이상의 증발 소스들이 증발 소스 조립체 내에 제공될 수 있다.

[0020] [00020] 증발 소스 조립체는 증발된 재료를 기판(102) 쪽으로 제공하도록 구성된다. 증발 소스 조립체는 진공 챔버(105) 내에 제공될 수 있거나, 또는 적어도 부분적으로 진공 챔버(105) 내에 제공될 수 있다. 증발 소스 조립체는 기판에 재료를 제공하기 위해 기판 수송 방향(D)을 따라 배치될 수 있다.

[0021] [00021] 증발 소스 조립체는 2 개 이상의 증발 소스들을 포함할 수 있다. 2 개의 증발 소스들(110)이 도 1에 도시되어 있다. 예를 들어, 증발 소스 조립체는 기판 상에 재료를 증착하기 위한 제1 증착 영역을 갖는 제1 증발 소스, 및 기판 상에 재료를 증착하기 위한 제2 증착 영역을 갖는 제2 증발 소스를 포함할 수 있다.

[0022] [00022] 본 명세서에 설명된 임의의 다른 실시예와 조합될 수 있는 실시예들에 따르면, 재료 증착 장치는 프로세싱 드럼(120)을 포함할 수 있다. 프로세싱 드럼은 기판(102)을 수송하도록 구성될 수 있다. 기판(102)은 프로세싱 드럼(120) 주위에 배열될 수 있다. 프로세싱 드럼(120)은 도 1에 예시적으로 도시된 바와 같은 코팅 드럼일 수 있다. 코팅 드럼은 곡면 드럼 표면을 포함할 수 있다. 프로세싱 드럼은 원주 방향 또는 기판 수송 방향으로 증발 소스(110)를 지나 곡선 드럼 표면 상에서 기판(102)을 이동시키도록 구성될 수 있다.

[0023] [00023] 본 명세서에 설명된 임의의 다른 실시예와 조합될 수 있는 실시예들에 따르면, 증발 소스 조립체는 기판에 증착될 재료를 제공할 수 있다. 증착 소스 조립체는 재료를 증발시키기에 적합한 온도를 재료에 제공함으로써 증착될 재료가 증발될 수 있는 하나 이상의 도가니들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 증착될 재료는 예를 들어 금속, 특히 리튬, 금속 합금들, 및 주어진 조건들 하에서 기체상을 갖는 다른 기화 가능한 재료들 등을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예들에 따르면, 추가적으로 또는 대안적으로, 재료는 마그네슘(Mg), 이테르븀(Yb) 및 리튬 플루오르화물(LiF)을 포함할 수 있다.

[0024] [00024] 또한, 증발 소스 조립체의 증발 소스는 분배기를 포함할 수 있다. 분배기는 증발된 재료를 분배할 수 있다. 재료는 예를 들어, 도가니가 입구 개구부를 통해 분배기에 연결됨으로써 분배기 내에 제공될 수 있다. 분배기는 하나 이상의 개구부들을 가질 수 있다. 증착될 증발된 재료는 개구부들을 통해 분배기를 빠져나갈 수 있다. 소스 재료는 개구부들을 통해 연장되는 복수의 노즐(nozzle)들에 의해 기판(102) 상에 증착될 수 있다. 즉, 증발 소스는 증발된 재료를 기판에 제공하기 위한 하나 이상의 노즐들을 포함할 수 있다. 증착될 재료는 예를 들어 복수의 노즐들에 의해 기판에 분사될 수 있다.

[0025] [00025] 예를 들어, 기판은 가요성 웹 또는 포일일 수 있고, 재료 증착 장치는 롤-투-롤(roll-to-roll) 증착 장치일 수 있다. 코팅 드럼은 도 1의 지면(paper plane)에 수직인 길이 방향으로 연장되는 원통형일 수 있다. 프로세싱 드럼은 이동 가능할 수 있는데, 즉 코팅 드럼은 중심 축 주위로 회전될 수 있다. 프로세싱 드럼은 시계 방향 또는 시계 반대 방향으로 이동되거나 또는 회전될 수 있다. 프로세싱 드럼은 증착 중에 방향을 변경할 수 있는데, 예를 들어, 증착 중에 프로세싱 드럼이 시계 방향으로 회전되면, 회전 방향이 시계 반대 방향으로 또는 그 반대로 변경될 수 있다.

[0026] [00026] 본 명세서에 설명된 임의의 다른 실시예와 조합될 수 있는 실시예들에 따르면, 재료 증착 장치는 프로세싱되지 않은 기판을 제공하기 위한 기판 제공부(provision) 또는 언와인딩 롤(unwinding roll)(도 1에 도시되지 않음)을 포함할 수 있다. 기판 제공부 또는 언와인딩 롤은 이동될 수 있는데, 즉, 기판이 기판 제공부 또는 언와인딩 롤로부터 언롤링(unroll)될 수 있도록 회전될 수 있다. 추가적으로, 재료 증착 장치는 기판 상으로의 재료의 증착이 이루어진 후에 프로세싱된 기판을 취하기 위한 기판 수용 롤을 포함할 수 있다. 기판 수용 롤은 이동될 수 있는데, 즉, 기판 수용 롤은 프로세싱된 기판을 취하기 위해 회전될 수 있다. 기판 수용 롤 및 기판 제공부 또는 언와인딩 롤은 동일한 방향으로 회전될 수 있는데, 즉, 두 개의 롤들은 모두 시계 방향으로 회전될 수 있거나 또는 기판 제공부 또는 언와인딩 롤은 반대 방향들로 회전될 수 있는데, 즉, 하나의 롤은 시계 방향으로 회전되고 다른 롤은 반시계 방향으로 회전될 수 있거나 또는 그 반대의 경우도 마찬가지이다. 예를 들어, 기판은 언와인딩 롤과 수용 롤 사이에 "스팬"될 수 있고, 증발된 재료를 수용하기 위해 증발 소스 조립체 위로 안내될 수 있다. 예를 들어, 기판에는 정의된 및/또는 제어된 힘들이 제공될 수 있다. 기판 텐셔너(tensioner)가 제공될 수 있다.

[0027] [00027] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 프로세싱 드럼은 가스 쿠션(cushion) 프로세싱 드럼일 수 있다. 가스 쿠션 코팅 드럼은 드럼의 표면과 기판 사이에 냉각 가스를 제공한다. 예를 들어, 드럼 및 냉각 가스는 실온 미만의 온도로 냉각될 수 있다. 기판으로부터 열이 제거되어, 재료가 증착되는 얇은 포일 또는 웹을 손상시키지 않고 더 높은 증착 속도들을 허용할 수 있다.

[0028] [00028] 가스 쿠션 롤러의 경우, 가스 출구들의 제1 하위 그룹, 즉, 개방형 가스 출구들이 프로세싱 드럼의 웹 안내 구역에 제공될 수 있다. 가스 출구들의 제2 하위 그룹, 즉, 폐쇄 가스 출구들은 웹 안내 구역 외부에 제공된다. 가스가 호버(hover) 쿠션을 형성하는 데 필요한 웹 안내 구역에서만 가스가 방출되고, 웹과 겹치지 않는 구역으로 가스가 직접 방출되지 않거나 거의 방출되지 않기 때문에, 가스의 낭비가 감소될 수 있고 및/또는 펌프 시스템 상의 부담(strain)을 줄이면서 더 나은 진공 상태가 유지될 수 있다.

[0029] [00029] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 가스 출구들의 하위 그룹들에 추가적으로 또는 대안적으로, 프로세싱 드럼의 외부 표면이 미세 다공성 표면으로 코팅될 수 있다. 미세 다공성 표면은 소량의 냉각 가스가 프로세싱 드럼 내부로부터 프로세싱 드럼의 표면으로 흐르도록 허용할 수 있다. 냉각 가스는 프로세싱 드럼과, 그 위에 재료를 증착하기 위해 프로세싱 드럼 위로 안내되는 웹 또는 포일 사이에 가스 쿠션을 형성할 수 있다.

[0030] [00030] 본 명세서에 설명된 임의의 다른 실시예와 조합될 수 있는 실시예들에 따르면, 기판은 얇은 기판, 예를 들어 포일 또는 웹일 수 있다. 코팅될 기판은 50 ㎛ 이하, 특히 20 ㎛ 이하, 또는 심지어 10 ㎛ 이하의 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 금속 포일 또는 가요성 금속 코팅 포일이 기상 증착 장치에서 코팅될 수 있다. 일부 구현들에서, 기판(102)은 흑연 포일 또는 구리 포일 또는 두께가 30 ㎛ 미만, 예를 들어 10 ㎛ 이하인 얇은 알루미늄 포일이다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, Cu-포일들 또는 Al-포일들과 같은 금속 포일들은 5 ㎛ 내지 20 ㎛의 두께를 가질 수 있다. 흑연 포일들은, 예를 들어, 위에서 설명된 바와 같이, 적어도 하나의 측면 상에서, 특히 양쪽 측면들 상에서 흑연 코팅 흑연-실리콘 코팅 또는 거의 순수한 Si 코팅을 갖는 금속 포일을 포함할 수 있다. 코팅은 예를 들어 20 ㎛ 내지 50 ㎛일 수 있다.

[0031] [00031] 얇은 두께의 기판은, 기판이 상이한 열 부하를 갖는 상이한 존(zone)들에서 급격한 온도 변화들에 직면하게 될 결과를 산출하는데, 즉, 기판은 빠르게 가열되고 이 경우 기판은 팽창하고 또한 빠르게 냉각되어 기판은 수축하게 된다. 이러한 급격한 온도 변화들은 장력, 응력들 및 스트레칭(stretching)을 유발하여, 기판에 손상 및/또는 주름들을 유발한다.

[0032] [00032] 도 1은 재료 증착 장치(100) 또는 대응하는 프로세싱 시스템을 도시한다. 재료 증착 장치(100)는 진공 챔버(105)를 포함한다. 프로세싱 드럼(120)은 진공 챔버(105)에 제공된다. 기판(102), 예를 들어, 흑연 포일과 같은 가요성 웹 또는 포일이 기판(102)을 프로세싱하기 위해 프로세싱 드럼(120) 위로 안내된다. 기판(102)은 롤러(125)를 통해 기판 수송 방향(D)을 따라 안내된다. 롤러는 기판을 프로세싱 드럼(120) 쪽으로 안내한다. 기판은 프로세싱 드럼(120) 상에서 프로세싱된다. 예를 들어, 하나 이상의 증발 소스들(110)은 프로세싱 드럼(120) 상의 기판 안내 경로를 따라 제공될 수 있다. 도 1은 2 개의 증발 소스들(110)을 도시한다. 증발 소스들은 기판 상에 재료를 증착할 수 있다. 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 특히 리튬 함유 막이 흑연 기판과 같은 기판 상에 증착될 수 있다.

[0033] [00033] 기판의 온도 변화들이 제어되지 않으면 기판 상에 증착된 박막이 열화되게 하는 주름들이 발생할 수 있다. 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 기판 상의 주름들의 발생을 감소시키도록 기판 온도를 제어하기 위해 전용 가열 존들에 히터들이 제공된다.

[0034] [00034] 하나 이상의 제1 히터들(142)을 포함하는 제1 히터 조립체(140)가 제공된다. 제1 히터 조립체는 제1 가열 존을 제공한다. 제1 가열 존 또는 제1 히터 조립체는 각각 롤러(125)와 프로세싱 드럼(120) 사이의 기판(102)의 자유 스팬 영역에 제공된다. 제1 히터 조립체의 각각의 제1 히터는 제어 라인(line)들(132)에 의해 제어기(130)에 연결된다.

[0035] [00035] 하나 이상의 제2 히터들(162)을 포함하는 제2 히터 조립체(160)가 제공된다. 제2 히터 조립체는 제2 가열 존, 예를 들어, 제1 가열 존과 제3 가열 존 사이의 전이 가열 존을 제공한다. 제3 가열 존은 하나 이상의 제3 히터들(172)을 포함하는 제3 히터 조립체(170)에 의해 제공될 수 있다. 제3 가열 존은 고전력 가열 존일 수 있다. 고전력 가열 존은 하나 이상의 증발 소스들(110)에 인접한다. 또한, 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 롤러 히터(131)가 제공될 수 있다. 롤러 히터는 롤러의 표면을 가열하도록 구성된다. 기판은 롤러(125)에 의해 안내되는 동안 롤러 히터에 의해 가열된다.

[0036] [00036] 본 개시내용 전반에 걸쳐 사용되는 바와 같이 "히터 조립체"라는 용어는 하나 이상의 히터들을 포함할 수 있는 조립체, 유닛 또는 장치로 이해될 수 있다. 예를 들어, 가열 조립체는 적어도 하나의 히터를 포함할 수 있거나, 또는 2 개 이상의 히터들을 포함할 수 있다.

[0037] [00037] 본 개시내용 전반에 걸쳐 사용되는 바와 같이 "히터"는 흑연 히터일 수 있다. 흑연 히터들은, 예를 들

어 500 ℃ 내지 1800 ℃ 또는 심지어 그 초과의 범위의 온도들인 높은 작동 온도들 및 기판 상에서 높은 전력 밀도를 구현할 수 있도록 허용하는 예를 들어 0.8 내지 0.9 또는 그 초과의 범위의 높은 방사율을 제공하기 때문에 유리하다. 가열 요소는 또한 기판 방향으로 전력을 집중시키기 위해 방사선 차폐들을 포함할 수도 있다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 히터는 광 소스를 포함하거나 또는 광 소스일 수 있다. 광 소스의 파장은 특히 가열될 기판에 따라 적외선(IR) 내지 자외선(UV)에 이르기까지 다양할 수 있다. 일부 기판 재료들은 UV에 민감할 수 있다. 다른 기판 재료들은 IR에 민감할 수 있다.

[0038] [00038] 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 복수의 온도 센서들(152)이 제공된다. 온도 센서들(152)은 기판 수송 경로를 따라 분포된다. 특히, 온도 센서는 가열 존의 시작부와 상관관계가 있을 수 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 온도 센서는 가열 존의 단부와 상관관계가 있을 수 있다. 온도 센서는, 열전대 또는 고온계, 즉, 기판의 열 복사를 측정하는 온도 센서일 수 있다. 온도 센서들(152)은 신호 라인들(134)을 통해 제어기(130)에 연결될 수 있다. 신호 라인들(134)은 제어기(130)에 온도 신호를 제공한다. 예를 들어, 하나 이상의 전이 온도 센서들이 전이 가열 존에 제공될 수 있고, 여기서 온도 의존적 기판 가열이 제공된다.

[0039] [00039] 본 개시내용의 실시예들은 구체적인 온도 제어 특성들을 갖는 가열 존들을 제공한다. 특히, 프로세싱 드럼(120) 내의 롤러(125) 사이에 제공되는 제1 가열 존은 속도 의존적 가열 존이다. 프로세싱 드럼(120) 또는 롤러(125)에 제공될 수 있는 기판 속도 센서는 신호 라인(122)을 통해 속도 신호를 제공한다. 신호 라인(122)은 도 1의 프로세싱 드럼(120)에 도시되어 있다. 그러나, 신호 라인(122)은 또한 롤러(125)에 또는 재료 증착 장치(100)의 다른 포지션(position)에도 제공될 수 있다. 예를 들어, 기판 속도는 재료 증착 시스템의 언와인딩 스풀(spool), 재료 증착의 와인딩 스풀, 또는 재료 증착 시스템 내의 다른 포지션에 제공될 수 있다.

[0040] [00040] 제3 가열 존 또는 고전력 가열 존에는 일정한 가열, 즉 일정한 전력 모드가 제공되거나, 또는 증발 속도에 따른 가열이 제공될 수 있다. 특히, 제3 가열 존에서의 온도 제어는 기판 속도와 무관하며, 기판 온도는 또한 기판이 프로세싱 드럼(120) 상에 제공되는 동안 기판의 정지 상태에서 제어될 수도 있다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 제3 가열 존은 증발 속도, 즉, 증발 소스들에 의해 기판 쪽으로 제공되는 에너지에 따라 제어될 수 있다. 제3 히터들(172)이 증발 소스들(110)에 인접하여, 예를 들어 증발 소스들의 상류에, 증발 소스들 사이에, 및/또는 증발 소스들의 하류에 제공되어, 증발 소스들과 비교하여 기판에 동일한 가열을 제공함으로써, 재료 증착 동안 기판의 급격한 온도 변화가 감소되거나 또는 회피될 수 있다.

[0041] [00041] 제2 가열 존 또는 전이 가열 존은 제1 가열 존과 제3 가열 존 사이에 제공된다. 제2 가열 존은 기판이 프로세싱 드럼, 예를 들어, 냉각 가스 쿠션 드럼과 접촉하기 직전에 제공될 수 있다. 제2 가열 존은 온도 제어가 제1 가열 존 이후의 기판 온도에 따르는 온도 의존적 가열 존이다. 추가적으로, 제2 가열 존의 온도 제어는 제3 가열 존의 온도에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 도 1은 속도 의존적 제1 온도 존 이후의 개선된 온도 제어를 위해 제1 가열 존과 제2 가열 존 사이에 있는 2 개의 온도 센서들을 도시한다.

[0042] [00042] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 롤러(125)와 프로세싱 드럼(120) 사이의 자유 스팬 영역에서 기판의 온도 제어는 속도 의존적 제어를 이용하는 제1 온도 존에 의해 제공되고, 부분적으로 온도 의존적 제어를 이용하는 제2 온도 존에 의해 제공될 수 있다. 제1 가열 존의 속도 의존적 제어는 롤러(125)와 제2 가열 존 사이의 기판 온도의 지속적인 증가를 허용할 수 있게 한다. 제2 가열 존은 증착 영역의 최종 온도까지 온도를 상승시킨다. 특히, 기판 온도는 기판이 프로세싱 드럼과 접촉하기 전에 최종 증착 온도까지 상승된다. 제2 가열 존은 온도에 의존적이다. 제2 가열 존, 즉, 전이 가열 존은 부분적으로 자유 스팬 영역에 제공될 수 있고 부분적으로 드럼 상에 제공될 수 있다. 특히, 제2 가열 존은 제1 가열 존 이후의 기판 온도를 재료 증착을 위한 기판 온도까지 기판 가열하기에 적합한 에너지를 제공한다. 제3 가열 존 또는 고전력 가열 존은 기판이 프로세싱 드럼과 접촉하는 동안 기판 온도를 프로세싱 온도에서 유지한다.

[0043] [00043] 예를 들어, 롤러(125)는 기판을 실온으로부터 30 ℃ 내지 50 ℃의 제1 온도, 예를 들어 약 40 ℃까지 가열할 수 있다. 롤러는 롤러 히터(131)에 의해 기판을 가열할 수 있다. 제1 가열 존 내의 하나 이상의 제1 히터들은 기판을 제1 온도로부터 60 ℃ 내지 80 ℃의 제2 온도, 예를 들어, 약 70 ℃까지 가열한다. 제1 가열 존 내의 제1 히터들의 히터 제어는 속도 의존적인데, 즉, 기판 속도에 따라 달라진다. 증착 중의 기판 온도, 즉, 70 ℃ 내지 90 ℃의 제3 온도, 예를 들어 약 80 ℃의 경우, 제2 가열 존, 즉, 전이 가열 존 내의 하나 이상의 제2 히터들은 기판을 가열하여 제1 가열 존의 단부에서의 제2 온도와 기판 프로세싱을 위한 제3 온도의 온도 차이를 제공한다. 특히, 제3 온도는 기판이 프로세싱 드럼과 접촉하기 전에 제공될 수 있다. 기판은 제3 가열 존에서, 즉, 기판이 프로세싱 드럼과 접촉하는 동안 제3 온도에서 유지된다.

[0044] [00044] 본 개시내용의 실시예들은 가스 쿠션 드럼과 같은 프로세싱 드럼 상에서 기판, 예를 들어, 포일의 온도 제어를 위한 하나 이상의 제어기들 및/또는 하나 이상의 제어 알고리즘들을 제공한다. 기판이 프로세싱 드럼과 접촉한 후, 기판 온도는 정지 상태에서도, 특히 웹 속도에 관계없이, 본질적으로 일정하게 유지된다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 흑연 포일은 박막, 예를 들어 리튬 함유 박막으로 코팅될 수 있다. 본 개시내용의 실시예들에 따른 존들에서의 온도 제어는 기판의 열 팽창을 제어하여, 주름들의 발생을 감소시킨다.

[0045] [00045] 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 기판이 프로세싱 드럼과 접촉하기 전에 기판의 속도 의존적 예열이 제공된다. 실시예에 따르면, 증발된 재료를 기판 상에 증착하기 위한 재료 증착 장치가 제공된다. 재료 증착 장치는 프로세싱 드럼 상에서 기판을 프로세싱하는 동안 기판 온도를 제어하도록 구성된 냉각기를 갖는 프로세싱 드럼, 및 기판을 프로세싱 드럼 쪽으로 안내하는 롤러를 포함한다. 제1 히터 조립체는 롤러와 프로세싱 드럼 사이의 자유 스팬 영역에서 기판을 가열하도록 포지셔닝된다. 제2 히터 조립체는 프로세싱 드럼 상에 지지되는 동안 기판을 가열하도록 포지셔닝된다. 적어도 하나의 증착 소스는 제2 히터 조립체의 하류에 기판 수송 경로를 따라 제공된다. 재료 증착 장치는 기판 수송 속도와 상관관계가 있는 속도 신호를 제공하는 기판 속도 센서, 및 적어도 제1 히터 조립체를 제어하도록 구성된 속도 신호를 위한 입력을 갖는 제어기를 포함한다. 일부 실시예들에 따르면, 프로세싱 드럼(120), 예를 들어 냉각된 코팅 드럼의 온도를 측정하기 위한 센서가 제공될 수 있다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 제어기는 속도 신호, 기판 온도 및 증착 속도에 대한 입력을 가질 수 있고, 제어기는 적어도 제1 히터 조립체를 제어하도록 구성될 수 있다.

[0046] [00046] 따라서, 실시예들은 프로세싱 드럼 상에서 기판, 예를 들어, 포일의 열 팽창을 감소시킨다. 주름들은 감소되거나 또는 회피될 수 있다. 증착을 위한 기판 온도, 예를 들어 리튬 코팅을 위한 기판 온도는 기판이 프로세싱 드럼, 예를 들어, 냉각 프로세싱 드럼과 접촉하기 전에 도달한다. 자유 스팬 영역의 히터들, 특히 제1 히터 조립체의 히터들은 기판 속도에 의존하는 온도 제어 방식을 갖는다. 기판으로부터의 작은 열 방출에 비추어 볼 때, 예를 들어 400 W/m^2 내지 5 kW/m^2 범위의 낮은 전력 값들이 제1 히터 조립체에 의해 제공될 수 있다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 웹 속도는 1 m/분 이상 및/또는 12 m/분 이하일 수 있다.

[0047] [00047] 기판이 프로세싱 드럼에 접촉하기 전에 기판 온도를 더 개선시키기 위해, 전이 히터 조립체가 제공된다. 전이 히터 조립체는 제1 히터 조립체 이후의 온도와 증착 온도의 온도 차이에 기초한 제어 방식을 가지고 있다. 특히, 증착을 위한 온도는 기판이 프로세싱 드럼에 접촉하기 전에 도달한다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 기판의 온도 제어는 제3 가열 존에서의 기판 속도와 무관하다. 특히, 프로세싱 드럼은 냉각 프로세싱 드럼이다. 따라서, 기판에 공급되는 열 에너지와 냉각 프로세싱 드럼에 의해 소산되는 열 에너지의 비율은 기판 속도에 독립적인 평형을 갖도록 제공될 수 있다. 따라서, 제2 히터 조립체의 가열 전력은 증착 속도, 즉, 제어기에 제공되는 증착 속도 신호에 따른 제어 방식에 따라 제공될 수 있다.

[0048] [00048] 도 2는 본 개시내용의 실시예들에 따른 제어 루프(200)를 도시한다. 제어 루프(200)는 특히 기판 속도에 의존하는 입력을 갖는 제1 가열 존에 대해 활용된다. 제어 루프(200)는 다른 가열 존들에 대해 추가적으로 사용될 수 있으며, 여기서 외부 입력은 본 개시내용의 실시예들에 따라 설명된 바와 같이 온도에 독립적일 수 있다.

[0049] [00049] 스위치(201)는 자동화 제어기(232)와 수동 제어기(234) 사이를 전환시키기 위해 제공된다. 자동화 제어기 또는 수동 제어기는 폐쇄 히터 제어기(210)에 신호를 제공한다. 폐쇄 히터 제어기(210)는 히터(214)에 신호를 제공하는 루프 제어기(212)를 포함한다. 고온계 또는 열전대와 같은 온도 센서(216)는 루프 제어기에 피드백을 제공한다. 따라서, 히터에 대한 폐쇄 루프 제어가 제공된다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 폐쇄 히터 제어(210)가 히터들 각각에 대해 제공될 수 있다. 대안적으로, 히터들 중 2 개 이상의 히터가 공통의 폐쇄 히터 제어부를 가질 수도 있다.

[0050] [00050] 제어 출력(202)은 제어 루프(200)에 의해 제공된다. 도 2는 기판(204)을 개략적으로 도시하고 있다. 기판(204)은 제어 루프(200)에 대한 외부 제어 특성을 제공한다. 외부 파라미터(220)는 제어 루프(200)를 위해 제공된다. 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 외부 파라미터(220)는 제1 히터 조립체의 제어를 위한 기판 속도이다. 기판 속도 센서가 제공될 수 있다. 기판 속도 센서는 제어기의 입력에서 제공되는 속도 신호를 제공한다. 제어기는 기판 속도 센서로부터의 신호에 기초하여 제1 히터 조립체를 제어한다. 외부 파라미터는 예를

들어, 자동화 제어기(232)에 제공된다.

[0051] [00051] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 자유 스팬 히터들(142)의 경우, 외부 파라미터(220)는 추가적으로 또는 대안적으로 기판 유형 및 기판 속도에 의해 영향을 받는 교란 함수일 수 있다. 예를 들어, 이러한 수정된 교란에 대해 작동하고 폐쇄 루프 제어기(210)의 설정값들을 변경하는 자동화 제어기(232)의 룩업 테이블(lookup table)에 기초한 보간 함수가 존재할 수 있다.

[0052] [00052] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 외부 파라미터(220)가 증착 속도 및/또는 증발 소스들에 대해 제공되는 전력인 제어 루프(200)는, 프로세싱 드럼 상에 지지되는 동안 기판을 가열하도록 포지셔닝된 제2 히터 조립체의 제어를 위해 제공될 수 있다.

[0053] [00053] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 추가적으로, 증착 속도는 증발 장치(110)로부터 판독될 수 있으며, 이는 다양한 방법들에 의해 측정될 수 있다. 이러한 제어는 외부 파라미터(220)를 캐스케이드(cascade)하고 자동 제어기에 영향을 미쳐 폐쇄 루프 제어기(210)의 설정값들을 조정하고 히터(172)에 대한 제어 출력(202)을 수정할 수 있다.

[0054] [00054] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 외부 파라미터(220)가 제1 온도 및 제2 온도(또는 온도 차이)인 제어 루프(200)는, 제1 히터 조립체와 제2 히터 조립체 사이에서 기판을 가열하도록 포지셔닝된 전이 히터 조립체의 제어를 위해 제공될 수 있다.

[0055] [00055] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 증착 장치 및/또는 재료 증착 시스템, 예를 들어 진공 증착 시스템은 도 1 및 도 2에 예시적으로 도시된 바와 같이 하나 이상의 제어기들을 포함할 수 있다. 하나 이상의 제어기들은 본 명세서에 설명된 바와 같이 신호들을 수신하기 위한 입력들을 갖는 공통 제어기일 수 있거나, 또는 서로 연결된 복수의 제어기들일 수도 있으며, 여기서 단일 제어기가 개별 히터에 할당될 수 있다. 제어기(들)는 하나 이상의 히터들, 기판 속도 센서 및 하나 이상의 온도 센서들에 연결될 수 있다. 제어기 또는 제어기들 각각은 중앙 프로세싱 유닛(CPU), 메모리 및 예를 들어 지원 회로들을 포함한다. 온도 제어 및/또는 기판 프로세싱의 제어를 용이하게 하기 위해, CPU는 다양한 챔버들 및 서브 프로세서들을 제어하기 위해 산업 환경에서 사용될 수 있는 임의의 형태의 범용 컴퓨터 프로세서 중 하나일 수 있다. 메모리는 CPU에 결합된다. 메모리 또는 컴퓨터 판독 가능 매체는 랜덤 액세스 메모리, 판독 전용 메모리, 하드 디스크, 또는 로컬 또는 원격의 임의의 다른 형태의 디지털 스토리지(storage)와 같이 쉽게 사용할 수 있는 하나 이상의 메모리 디바이스들일 수 있다. 지원 회로들은 종래의 방식으로 프로세서를 지원하기 위해 CPU에 결합될 수 있다. 이러한 회로들에는 캐시(cache), 전력 공급기들, 클록(clock) 회로들, 입력/출력 회로부 및 관련 서브 시스템들 등이 포함된다. 일반적으로 온도 제어 명령어들 및/또는 기판 프로세싱 명령어들은 전형적으로 레시피(recipe)로 알려진 소프트웨어 루틴으로 메모리에 저장된다. 소프트웨어 루틴은 또한 CPU에 의해 제어되는 하드웨어로부터 원격으로 로케이팅(locate)된 제2 CPU(도시되지 않음)에 의해 저장 및/또는 실행될 수 있다. 소프트웨어 루틴은, CPU에 의해 실행될 때, 범용 컴퓨터를, 본 개시내용의 실시예들에 따른 하나 이상의 입력 특성들에 기초하여 기판 온도 및/또는 기판 프로세싱, 예를 들어 히터 전력, 증착 전력 등을 제어하는 특정 목적 컴퓨터(제어기)로 변환한다. 본 개시내용의 방법 및/또는 프로세스는 소프트웨어 루틴으로 구현되는 것으로 논의되지만, 본 명세서에 개시된 방법 단계들 중 일부는 소프트웨어 제어기에 의해서 뿐만 아니라 하드웨어에서도 수행될 수 있다. 따라서, 본 발명은 컴퓨터 시스템 상에서 실행되는 바와 같은 소프트웨어로 구현될 수 있고, 애플리케이션(application) 특정 집적 회로 또는 다른 유형의 하드웨어 구현으로서 하드웨어로, 또는 소프트웨어와 하드웨어의 조합으로 구현될 수 있다. 제어기는 본 개시내용의 실시예들에 따른 증발된 재료를 기판 상에 증착하는 방법 및/또는 기판을 프로세싱하는 방법을 실행하거나 또는 수행할 수 있다.

[0056] [00056] 이러한 제어 방법들을 구현하기 위한 연관된 인간-기계 인터페이스(HMI) 또는 시각화 및 레시피 기능이 존재할 수 있다. 시각화는 작업자가 기판(202) 및 기판의 원하는 온도와 관련된 파라미터들을 지정할 수 있게 한다. 또한 시각화는 단순화된 제어 방식을 위한 선택 대역일 수 있는 레시피 파라미터들을 보유할 수 있으며, 레시피는 기판 유형, 증착 속도, 드럼 속도, 드럼 온도 등과 같은 몇 가지 선택 파라미터들에 따라 모든 파라미터들을 내부적으로 조정한다.

[0057] [00057] 일 실시예에 따르면, 증발된 재료를 기판 상에 증착하는 방법이 제공된다. 도 3에 도시된 바와 같이, 이 방법은 동작(302)에 의해 도시되는 바와 같이 기판을 롤러로부터 프로세싱 드럼 쪽으로 안내하는 단계를 포함한다. 동작(304)에 의해 예시되는 바와 같이, 기판 속도 신호가 측정된다. 기판은 도 3의 동작(306)에 의해 도시되는 바와 같이, 기판 속도 신호에 따라 롤러와 프로세싱 드럼 사이의 제1 히터 조립체로 가열된다.

[0058] [00058] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 기판은 증착 속도에 의존하는 제2 히터 조립체를 사용하여 프로세싱 드럼 상에서 가열된다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 이 방법은 제1 히터 조립체로 기판을 가열한 후 제1 기판 온도 신호를 측정하는 단계, 및 기판이 프로세싱 드럼 상에 지지되는 동안 그리고 제2 히터 조립체로 기판을 가열하기 전에 제2 기판 온도 신호를 측정하는 단계를 더 포함한다. 기판은 제1 기판 온도 신호와 제2 기판 온도 신호 간의 차이에 따라 전이 히터 조립체로 가열될 수 있다.

[0059] [00059] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 룩업 테이블이 제어기의 메모리에 저장될 수 있다. 또한, 기판 상에 증발된 재료를 증착하는 방법은 룩업 테이블에 기초하여 히터에 대한 제어 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 룩업 테이블은 기판 속도의 함수로서의 전력 밀도를 기초로 할 수 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 히터 온도, 예를 들어, 제1 히터 조립체의 히터의 히터 온도는 기판 상에 제공된 전력 밀도의 함수로서 제공될 수 있다. 따라서, 히터 온도는 기판 속도의 함수로서 제공될 수 있다. 또 다른 구현들에 따르면, 룩업 테이블은 상이한 기판 재료들, 예를 들어 흑연 기판 또는 구리 기판에 대해 제공될 수 있다.

[0060] [00060] 예를 들어, 룩업 테이블은 각각 기판 속도 또는 프로세싱 드럼의 속도에 대한 값들, 및 전력 밀도에 대한 값들을 제공할 수 있다. 대안적으로, 전력 밀도는 히터 온도로 대체될 수 있다. 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 룩업 테이블의 값들에 대해 이중선형 보간이 제공될 수 있다. 예를 들어, 기판 속도의 제1 값 및 제2 기판 속도의 제2 값에 대해 선형 보간이 제공될 수 있다. 이러한 보간된 기판 속도들은 각각 히터 온도에 대한 전력 밀도 값에 대한 추가 선형 보간을 위해 활용될 수 있다.

[0061] [00061] 본 명세서에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 또 다른 실시예들에 따르면, 히터 조립체들의 다양한 히터들을 제어하기 위한 제어 신호들은 본 명세서에 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 범용 프로세서, 디지털 신호 프로세서(DSP), 애플리케이션 특정 집적 회로(ASIC), 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA) 또는 다른 프로그래머블 논리 디바이스들(PLD), 개별 게이트 또는 트랜지스터 로직, 개별 하드웨어 컴포넌트들, 또는 이들의 조합으로 구현되거나 또는 수행될 수 있다. 범용 프로세서는 마이크로프로세서일 수 있지만, 대안적으로, 프로세서는 상업적으로 이용 가능한 임의의 프로세서, 제어기, 마이크로제어기, 또는 상태 머신일 수도 있다. 프로세서는 또한 컴퓨터 그래픽들 및 이미지 프로세싱에 전형적으로 사용되는 것들과 같은 그래픽들 프로세싱 유닛(GPU)일 수도 있다. 프로세서는 또한 컴퓨팅 디바이스들의 조합, 예를 들어, DSP와 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서들, DSP 코어(core)와 결합된 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 임의의 다른 그러한 구성으로 구현될 수도 있다.

[0062] [00062] 소프트웨어로 구현된 경우, 해당 기능들은 컴퓨터 판독 가능 매체에 하나 이상의 명령어들 또는 코드(code)로서 저장되거나 또는 전송될 수 있다. 소프트웨어는, 소프트웨어, 펌웨어, 미들웨어, 마이크로코드, 하드웨어 설명 언어, 또는 다른 방식으로 지칭되는지 여부에 관계없이, 명령어들, 데이터, 또는 이들의 임의의 조합을 의미하는 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 컴퓨터 판독 가능 매체들은 컴퓨터 저장 매체들 및 통신 매체들, 예를 들어, 컴퓨터 프로그램을 한 장소에서 다른 장소로 전송하는 것을 용이하게 하는 임의의 매체를 모두 포함한다. 프로세서는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체들에 저장된 소프트웨어 모듈들의 실행을 포함하여, 버스 및 일반 프로세싱을 관리할 책임이 있을 수 있다.

[0063] [00063] 소프트웨어 모듈은 단일 명령어, 또는 다수의 명령어들을 포함할 수 있으며, 여러 상이한 코드 세그먼트들에 걸쳐, 상이한 프로그램들 간에, 그리고 다수의 저장 매체들에 걸쳐 분산될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체들은 다수의 소프트웨어 모듈들을 포함할 수 있다. 소프트웨어 모듈들은, 프로세서와 같은 장치에 의해 실행될 때, 프로세싱 시스템이 다양한 기능들을 수행하게 하는 명령어들을 포함한다. 소프트웨어 모듈들은 전송 모듈 및 수신 모듈을 포함할 수 있다. 소프트웨어 모듈은 훈련되도록 구성될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 복수의 측정된 온도들에 기초한 훈련 데이터를 수신할 수 있고, 훈련 데이터로부터 제어 데이터를 제공하도록 훈련될 수 있다.

[0064] [00064] 본 개시내용의 실시예들에 따라 온도 제어를 제공하는 소프트웨어는 머신 러닝 모델(machine learning model)을 포함할 수 있다. CNN 모델과 같은 머신 러닝 모델을 훈련시키기 위해, 머신 러닝 모델에 훈련 데이터가 제공되어 출력을 생성한다. 머신 러닝 모델은 전형적으로 머신 러닝 모델이 데이터를 프로세싱하는 방법에 영향을 미치는 초기화 파라미터들 세트를 갖는다. 훈련 데이터는 전형적으로 실측 자료(ground truth)(예를 들어, 알려진 값) 분류를 갖는다. 출력은 전형적으로 이 실측 자료를 기준으로 평가된다. 이러한 평가의 결과는 머신 러닝 모델의 파라미터를 조정하거나 또는 업데이트하는 데 사용될 수 있으므로, 이후 실행될 때, 머신 러

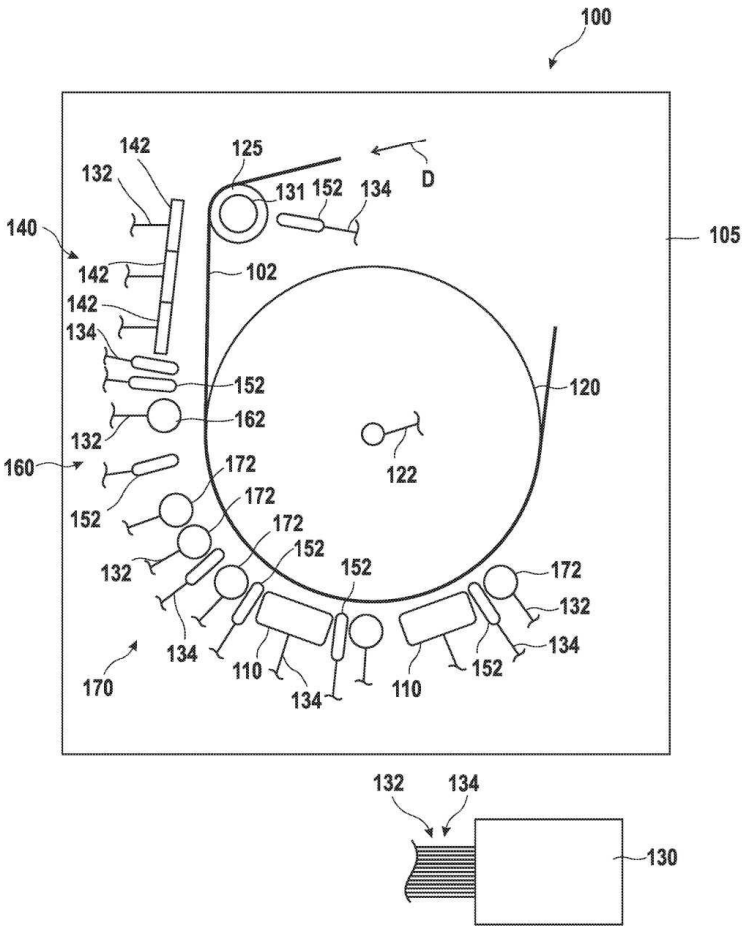
닝 모델은 더 정확한 출력을 생성할 수 있다. 충분히 훈련되면, 머신 러닝 모델은 머신 러닝 모델을 훈련시키는 데 사용된 데이터와 동일한 형식의 입력을 받아들이고, 해당 입력에 기초하여 출력을 생성한다. 하나 이상의 히터 조립체들의 히터들의 온도 제어를 수행하는 데 사용되는 CNN 모델들은 레이블(label)이 지정된 이미지들로 구성된 훈련 데이터를 사용하여 훈련된다. 훈련 데이터는 하나 이상의 히터 조립체들의 히터들에 대한 다양한 제어 신호들로 인해 발생하는 진공 프로세싱 시스템의 상이한 로케이션(location)들에서의 기판 온도들일 수 있다.

[0065] [00065] 본 개시내용의 실시예들은 다음 장점들 중 하나 이상을 제공한다. 기판 온도는 기판의 주름들, 특히 프로세싱 드럼 상의 기판의 주름들을 감소시키기 위해 조정되는 기판 속도 및/또는 증착 속도와 같은 다양한 동작 조건들에 대해 설정될 수 있다. 기판 온도는 기판 속도에 기초하여 자유 스팬 영역에서 조정되고, 온도 차이에 따라 전이 영역에서 조정되고, 증착 속도(또는 증착 소스의 출력) 및 기판 지지체, 예를 들어 냉각 프로세싱 드럼의 냉각 전력에 따라 프로세싱 드럼 상에서 조정될 수 있다.

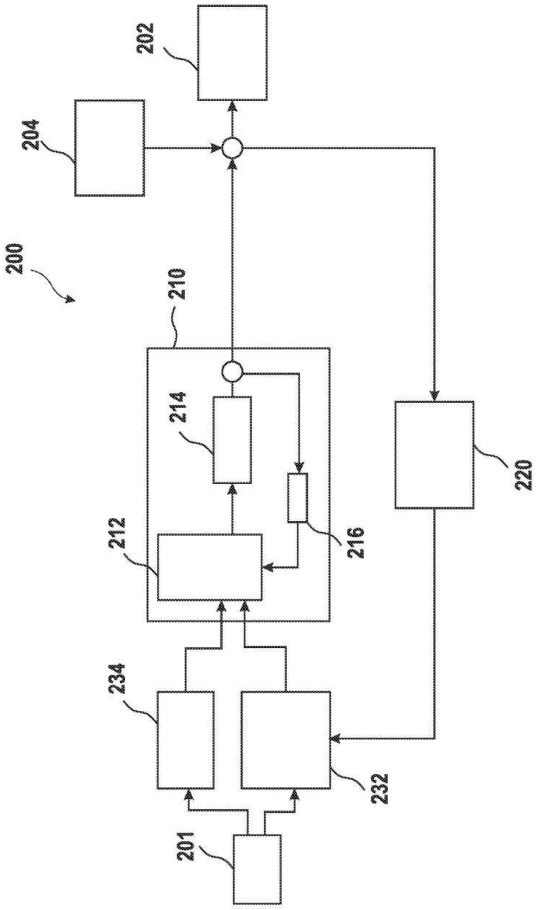
[0066] [00066] 전술한 바가 본 개시내용의 실시예들에 관한 것이지만, 본 개시내용의 다른 그리고 추가적인 실시예들이, 본 개시내용의 기본적인 범위를 벗어나지 않으면서 안출될 수 있고, 그 범위는 다음의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

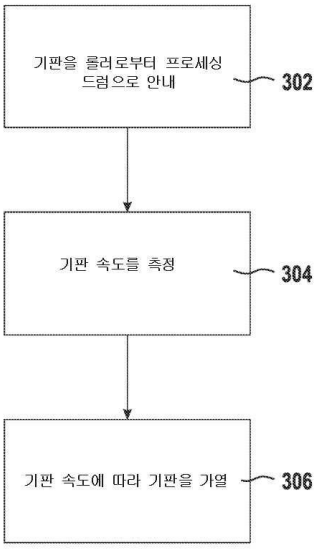
도면1



도면2


202
204
200
210
214
220
212
216
234
232
201

도면3


기판을 롤러로부터 프로세싱 드럼으로 안내
302
기판 속도를 측정
304
기판 속도에 따라 기판을 가열
306