(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0166487
(43) 공개일자 2024년11월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03B 17/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03B 17/064 (2013.01)
C03B 17/067 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7030873
(22) 출원일자(국제) 2023년03월03일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년09월12일
(86) 국제출원번호 PCT/US2023/014464
(87) 국제공개번호 WO 2023/177540
국제공개일자 2023년09월21일
(30) 우선권주장
63/320,330 2022년03월16일 미국(US)

(71) 출원인
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자
(72) 발명자
창 시유안
미국 뉴욕 14830 코닝 웨스트 1스트 스트리트 220 아파트먼트 204
드 안젤리스 길버트
미국 뉴욕 14858 린들리 클렌데닝 로드 823
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

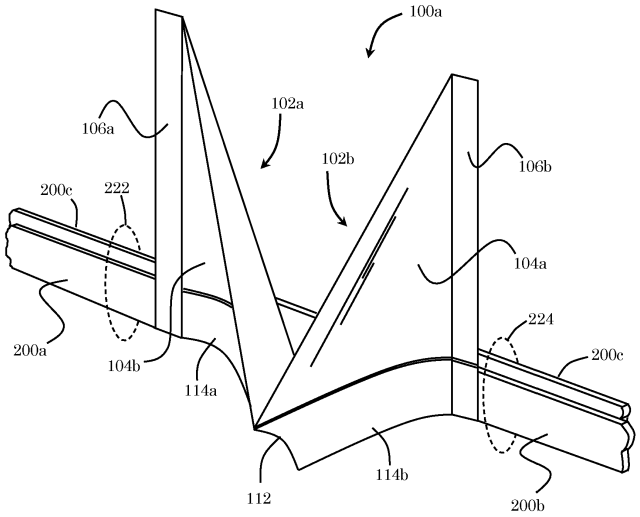
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 **직접 가열 에지 디렉터 어셈블리**

(57) 요 약

성형 몸체 및 그에 부착된 직접 전기 가열 에지 디렉터 어셈블리를 갖는 성형 장치를 포함하는 유리 제조 장치로서, 상기 에지 디렉터 어셈블리는 상기 성형 몸체로부터 용융 유리의 유동을 지향시키도록 구성된다. 상기 에지 디렉터 어셈블리는 그에 연결되며 전류를 수신하도록 구성된 복수의 버스 바 어셈블리들을 포함한다. 상기 전류는 3상 전류일 수 있다. 상기 버스 바 어셈블리들은 세 개의 직교 축들을 따라 상기 버스 바 어셈블리들의 이동을 지지하는 3축 지지 어셈블리들에 의해 지지된다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

허 춘홍 첼시

미국 뉴욕 14845 홀스헤즈 세인트 앤드류스 드라이브 146

이사자 후안 카밀로

미국 뉴욕 14830 코닝 오논다가 스트리트 141

코카툴룸, 불런트

미국 뉴욕 14845 홀스헤즈 세인트 앤드류스 드라이브 130

란스베리 티모시 엘

미국 뉴욕 14891 왓킨스 글렌 밴다이크 로드 3449

이경진

충청남도 천안시 서북구 불당 19로 200 #114-1801

펑 가오주

미국 뉴욕 14845 홀스헤즈 린허스트 애비뉴 602

웰스 앤드류 보스

미국 뉴욕 14845 홀스헤즈 큐 비스타 이스트 드라이브 221

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 수렴 성형 표면 및 제2 수렴 성형 표면을 포함하는 성형 몸체로서, 상기 제1 수렴 성형 표면 및 상기 제2 수렴 성형 표면은 상기 성형 몸체의 하단 에지를 따라 결합되는, 상기 성형 몸체;

상기 성형 몸체의 제1 단부에 배치된 에지 디렉터 어셈블리로서, 상기 에지 디렉터 어셈블리는 상기 제1 수렴 성형 표면과 접촉하는 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 수렴 성형 표면과 접촉하며 에지 부분 결합부를 따라 상기 제1 에지 디렉터에 결합된 제2 에지 디렉터를 포함하는, 상기 에지 디렉터 어셈블리;

상기 제1 에지 디렉터에 결합된 제1 버스 바 어셈블리;

상기 제2 에지 디렉터에 결합된 제2 버스 바 어셈블리;

상기 에지 부분 결합부에서 상기 에지 디렉터 어셈블리에 결합된 제3 버스 바 어셈블리;를 포함하며, 그리고

상기 제1, 제2, 및 제3 버스 바 어셈블리들은 상기 에지 디렉터 어셈블리에 교류 전류를 공급하도록 구성된 전력 공급장치에 전기적으로 연결된, 유리 성형 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 에지 디렉터는 두꺼워진 제1 하단 에지 부분을 포함하고, 상기 제2 에지 디렉터는 두꺼워진 제2 하단 에지 부분을 포함하며, 상기 두꺼워진 제1 하단 에지 부분은 상기 에지 부분 결합부에서 상기 두꺼워진 제2 하단 에지 부분에 결합되는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1 버스 바 어셈블리는 상기 두꺼워진 제1 하단 에지 부분에 결합된 제1 물질로 형성된 제1 버스 바 및 상기 제1 물질과 다른 제2 물질로 형성되고 상기 제1 버스 바에 결합된 제2 버스 바를 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 제2 버스 바 어셈블리는 상기 제1 물질로 형성되며 상기 두꺼워진 제2 하단 에지 부분에 결합된 제3 버스 바, 및 상기 제2 물질로 형성되고 상기 제3 버스 바에 결합된 제4 버스 바를 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 5

청구항 3 또는 4에 있어서,

상기 제3 버스 바 어셈블리는 상기 에지 부분 결합부에 결합된 상기 제1 물질로 형성된 중앙 버스 바, 상기 중앙 버스 바에 결합된 제1 분기 버스 바, 및 상기 중앙 버스 바에 결합된 제2 분기 버스 바를 포함하며, 상기 제1 분기 버스 바는 상기 중앙 버스 바에 결합된 상기 제1 물질로 형성된 제1 버스 바 세그먼트 및 상기 제1 버스 바 세그먼트에 결합된 상기 제1 물질과 다른 제2 물질로 형성된 제2 버스 바 세그먼트를 포함하며, 상기 제2 분기 버스 바는 상기 중앙 버스 바에 결합된 상기 제1 물질로 형성된 제3 버스 바 세그먼트 및 상기 제3 버스 바 세그먼트에 결합된 상기 제2 물질로 형성된 제4 버스 바 세그먼트를 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제1 버스 바 어셈블리, 상기 제2 버스 바 어셈블리, 및 상기 제3 버스 바 어셈블리의 상기 제1 물질과 상기 제2 물질 사이의 계면은 둘러싸는 변형 가능한 내화성 절연 재료 내에 위치하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 7

청구항 3 내지 6 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 에지 디렉터는 상기 제1 물질로 형성된 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 8

청구항 3 내지 7 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 물질은 백금을 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 9

청구항 3 내지 8 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 물질은 니켈을 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 10

청구항 1 내지 9 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 에지 부분 결합부는 상기 성형 몸체의 상기 하단 에지 아래에 있는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 11

청구항 1 내지 10 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 버스 바 어셈블리 및 상기 제2 버스 바 어셈블리는 각각 제1 3축 지지 어셈블리 및 제2 3축 지지 어셈블리에 의해 지지되며, 상기 제1 3축 지지 어셈블리 및 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 세 개의 직교 축들을 따라 각각의 상기 버스 바 어셈블리의 이동을 지지하도록 각각 구성된 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제1 3축 지지 어셈블리 및 상기 제2 3축 지지 어셈블리의 각각은 각각의 상기 제1 버스 바 어셈블리 및 상기 제2 버스 바 어셈블리의 기울기를 수용하도록 구성된 기울기 가능한 스테이지를 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 13

청구항 11 또는 12에 있어서,

상기 제1 3축 지지 어셈블리 및 상기 제2 3축 지지 어셈블리의 각각은 스프링을 사용하여 각각 상기 제1 버스 바 어셈블리 및 상기 제2 버스 바 어셈블리를 지지하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

상기 제1 3축 지지 어셈블리는 상기 제3 버스 바 어셈블리의 제1 부분을 지지하며, 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 상기 제3 버스 바 어셈블리의 제2 부분을 지지하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 제1 3축 지지 어셈블리는 상기 제1 분기 버스 바를 지지하며, 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 상기 제2 분기 버스 바를 지지하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 16

청구항 1 내지 15 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 에지 디렉터 어셈블리는 상기 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 에지 디렉터에 결합된 엔드 캡(end cap)을 포함하며, 상기 엔드 캡은 상기 성형 몸체의 상기 제1 단부 위에 배치되는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 17

청구항 1 내지 16 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 버스 바 어셈블리, 상기 제2 버스 바 어셈블리, 또는 상기 제3 버스 바 어셈블리 중의 적어도 하나는 이를 통해 냉각 유체를 전달하도록 구성된 냉각 채널을 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 냉각 채널은 냉각 유체 소스와 유체 연통하는 중공(hollow) 튜브를 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 중공 튜브는 상기 제1 물질과 접촉하지 않는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 20

청구항 1 내지 19 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 전력 공급장치는 상기 에지 디렉터 어셈블리에 3상 진폭 및 위상 가변 전류를 공급하도록 구성된 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 21

청구항 20에 있어서,

3상의 상기 전력 공급장치의 제1 위상은 상기 제1 버스 바 어셈블리에 연결되며, 3상의 상기 전력 공급장치의 제2 위상은 상기 제2 버스 바 어셈블리에 연결되며, 3상의 상기 전력 공급장치의 제3 위상은 상기 제3 버스 바 어셈블리에 연결되는 것을 특징으로 하는 유리 성형 장치.

청구항 22

제1 수렴 성형 표면 및 상기 제1 수렴 성형 표면 반대편의 제2 수렴 성형 표면을 포함하는 성형 몸체, 및 상기 성형 몸체의 제1 단부에 배치된 에지 디렉터 어셈블리에 용융 유리를 공급하는 단계로서, 상기 에지 디렉터 어셈블리는 상기 제1 수렴 성형 표면과 접촉하는 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 수렴 성형 표면과 접촉하는 제2 에지 디렉터를 포함하며, 상기 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 에지 디렉터는 외향(outward-facing) 표면을 각각 포함하는, 상기 용융 유리를 공급하는 단계;

상기 성형 몸체의 상기 수렴 성형 표면들 및 상기 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 에지 디렉터의 상기 외향 표면들 위로 상기 용융 유리를 유동시키는 단계;

상기 에지 디렉터 어셈블리를 통해 전류를 흘려줌으로써 상기 에지 디렉터 어셈블리를 가열하는 단계; 및

상기 성형 몸체의 하단 에지로부터 상기 용융 유리를 인발하는 단계;를 포함하는 유리 제품을 성형하는 방법.

청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 전류는 3상 전류를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

청구항 23에 있어서,

제1 버스 바 어셈블리가 상기 제1 에지 디렉터에 결합되며;

제2 버스 바 어셈블리가 상기 제2 에지 디렉터에 결합되며;

제3 버스 바 어셈블리가 상기 제1 에지 디렉터를 상기 제2 에지 디렉터에 결합시키는 결합 에지에 결합되며; 그리고

상기 방법은 상기 제1 버스 바 어셈블리에 상기 3상 전류의 제1 위상을 공급하는 단계, 상기 제2 버스 바 어셈블리에 상기 3상 전류의 제2 위상을 공급하는 단계, 및 상기 제3 버스 바 어셈블리에 상기 3상 전류의 제3 위상을 공급하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

청구항 23에 있어서,

상기 3상 전류의 적어도 하나의 위상의 진폭 또는 위상 각도를 변경하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

청구항 24에 있어서,

상기 제1 위상의 진폭은 상기 제2 위상의 진폭 또는 상기 제3 위상의 진폭 중의 적어도 하나와 다른 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

청구항 24에 있어서,

상기 전류의 진폭 및 위상은 상기 전류의 주파수와는 무관한 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

청구항 23 내지 27 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 버스 바 어셈블리 및 상기 제2 버스 바 어셈블리를 제1 3축 지지 어셈블리 및 제2 3축 지지 어셈블리로 각각 지지하는 단계를 더 포함하며, 상기 제1 3축 지지 어셈블리 및 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 세 개의 직교 축들을 따라 각각의 상기 버스 바 어셈블리의 이동을 지지하도록 각각 구성된 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

청구항 28에 있어서,

상기 제1 3축 지지 어셈블리는 상기 제3 버스 바 어셈블리의 제1 부분을 지지하며, 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 상기 제3 버스 바 어셈블리의 제2 부분을 지지하는 것을 특징으로 하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] <관련 출원들에 대한 상호-참조>

[0002] 본 출원은 2022년 3월 16일 출원된 미국 예비 출원 일련번호 제63/320,330호의 35 U.S.C. § 119하의 우선권의 이익을 주장하며, 그 내용은 전체로서 참조로 본 명세서에 통합된다.

[0003] 본 발명은 유리 제조 장치, 특히 성형 몸체 및 이에 부착되며 성형 몸체로부터 용융 유리의 유동을 제어하도록

구성된 전기 가열 에지 디렉터들을 포함하는 성형 정치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 유리 제조 공정들은 일반적으로 용융된 재료를 유리 시트와 같은 유용한 최종 제품으로 형성하는 데 사용되는 장치를 포함한다. 유리 시트 생산은 두서너 가지 예를 들면, 플로트 공정, 압연 공정 및 퓨전 공정 등 여러 가지 다른 형태를 취할 수 있다. 특히 퓨전 공정에서 용융 재료(이하 용융 유리라고 함)는 성형 몸체에 제공되고, 용융 유리 리본으로서 그로부터 아래로 인발된다. 용융 유리 리본은 냉각되어 유리 리본을 형성하며, 이는 나중에 사용하기 위해 감겨지거나 개별 유리 시트로 분리될 수 있다. 인발 공정 동안 표면 장력으로 인해 용융 유리 리본의 리본이 측면으로 수축되어 이후 냉각된 유리 리본과 그로부터 얻은 유리 제품(들)의 폭이 줄어든다. 측면 수축으로 인해 용융 유리 리본의 에지들이 두꺼워져 "비드(bead)"라고 알려진 것을 생성된니다. 측면 수축을 완화하고 비드의 형성을 제어하기 위해, 본 명세서에서 "에지 디렉터(edge director)"라고 하는 장치들이 성형 몸체에 설치되어, 성형 몸체를 효과적으로 길게 하고 리본의 측면 수축으로 인한 폭 손실에 대응한다.

[0005] 성형 몸체는 내화성 세라믹 재료로 형성될 수 있지만, 에지 디렉터들은 일반적으로 금속이며 성형 몸체의 단부들에 부착된다. 용융 유리가 에지 디렉터들의 표면 위로 유동하면서 용융 유리의 온도는 용융 유리의 액상선 온도 아래로 떨어질 수 있으며 용융 유리는 에지 디렉터들의 에지를 따라 결정화될 수 있다. 본 명세서에서 유리화(devitrification) 또는 "데빗(devit)"이라고 하는 이러한 결정 성장은 유리 리본에 결함들을 일으키고 안정적인 비드 발달을 방해할 수 있다. 데빗을 완화하는 효과적인 방법이 요구된다.

발명의 내용

[0006] 따라서, 본 발명의 제1 태양에서, 제1 수렴 성형 표면 및 제2 수렴 성형 표면을 포함하는 성형 몸체를 포함하는 유리 성형 장치가 기술되며, 상기 제1 수렴 성형 표면 및 상기 제2 수렴 성형 표면은 상기 성형 몸체의 하단 에지를 따라 결합된다. 상기 유리 성형 장치는, 상기 성형 몸체의 제1 단부에 배치된 에지 디렉터 어셈블리를 더 포함하며, 상기 에지 디렉터 어셈블리는 상기 제1 수렴 성형 표면과 접촉하는 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 수렴 성형 표면과 접촉하며 에지 부분 결합부(edge portion joint)를 따라 상기 제1 에지 디렉터에 결합된 제2 에지 디렉터를 포함한다. 상기 유리 성형 장치는 상기 제1 에지 디렉터에 결합된 제1 버스 바 어셈블리, 상기 제2 에지 디렉터에 결합된 제2 버스 바 어셈블리, 상기 에지 부분 결합부에서 상기 에지 디렉터 어셈블리에 결합된 제3 버스 바 어셈블리를 더 포함한다. 상기 제1, 제2, 및 제3 버스 바 어셈블리들은 상기 에지 디렉터 어셈블리에 교류 전류를 공급하도록 구성된 전력 공급장치에 전기적으로 연결된다.

[0007] 제2 태양에서, 상기 제1 태양의 상기 제1 에지 디렉터는 두꺼워진 제1 하단 에지 부분을 포함할 수 있고, 상기 제2 에지 디렉터는 두꺼워진 제2 하단 에지 부분을 포함할 수 있으며, 상기 두꺼워진 제1 하단 에지 부분은 상기 에지 부분 결합부에서 상기 두꺼워진 제2 하단 에지 부분에 결합된다.

[0008] 제3 태양에서, 상기 제2 태양의 상기 제1 버스 바 어셈블리는 상기 두꺼워진 제1 하단 에지 부분에 결합된 제1 물질로 형성된 제1 버스 바 및 상기 제1 물질과 다른 제2 물질로 형성되고 상기 제1 버스 바에 결합된 제2 버스 바를 포함할 수 있다.

[0009] 제4 태양에서, 상기 제3 태양의 상기 제2 버스 바 어셈블리는 상기 제1 물질로 형성되며 상기 두꺼워진 제2 하단 에지 부분에 결합된 제3 버스 바, 및 상기 제2 물질로 형성되고 상기 제3 버스 바에 결합된 제4 버스 바를 포함할 수 있다.

[0010] 제5 태양에서, 상기 제3 또는 4 태양의 상기 제3 버스 바 어셈블리는 상기 에지 부분 결합부에 결합된 상기 제1 물질로 형성된 중앙 버스 바, 상기 중앙 버스 바에 결합된 제1 분기 버스 바, 및 상기 중앙 버스 바에 결합된 제2 분기 버스 바를 포함할 수 있으며, 상기 제1 분기 버스 바는 상기 중앙 버스 바에 결합된 상기 제1 물질로 형성된 제1 버스 바 세그먼트 및 상기 제1 버스 바 세그먼트에 결합된 상기 제1 물질과 다른 제2 물질로 형성된 제2 버스 바 세그먼트를 포함하며, 상기 제2 분기 버스 바는 상기 중앙 버스 바에 결합된 상기 제1 물질로 형성된 제3 버스 바 세그먼트 및 상기 제3 버스 바 세그먼트에 결합된 상기 제2 물질로 형성된 제4 버스 바 세그먼트를 포함한다.

[0011] 제6 태양에서, 상기 제1 버스 바 어셈블리, 상기 제2 버스 바 어셈블리, 및 상기 제3 버스 바 어셈블리의 상기 제1 물질과 상기 제2 물질 사이의 계면은 둘러싸는(surrounding) 변형 가능한 내화성 절연 재료 내에 위치될 수 있다.

[0012] 제7 태양에서, 상기 제3 내지 제6 태양 중의 어느 하나의 상기 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 에지 디렉터는 상기 제1 물질로 형성될 수 있다.

[0013] 제8 태양에서, 상기 제3 내지 제7 태양 중의 어느 하나의 상기 제1 물질은 백금을 포함할 수 있다.

[0014] 제9 태양에서, 상기 제3 내지 제8 태양 중의 어느 하나의 상기 제2 물질은 니켈을 포함할 수 있다.

[0015] 제10 태양에서, 상기 제1 내지 제9 태양 중의 어느 하나의 상기 에지 부분 결합부는 상기 성형 몸체의 상기 하단 에지 아래에 위치될 수 있다.

[0016] 제11 태양에서, 상기 제1 내지 제10 태양 중의 어느 하나의 상기 제1 버스 바 어셈블리 및 상기 제2 버스 바 어셈블리는 각각 제1 3축 지지 어셈블리 및 제2 3축 지지 어셈블리에 의해 지지될 수 있으며, 상기 제1 3축 지지 어셈블리 및 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 세 개의 직교 축들을 따라 각각의 상기 버스 바 어셈블리의 이동을 지지하도록 각각 구성된다.

[0017] 제12 태양에서, 상기 제11 태양의 상기 제1 3축 지지 어셈블리 및 상기 제2 3축 지지 어셈블리의 각각은 각각의 상기 제1 버스 바 어셈블리 및 상기 제2 버스 바 어셈블리의 기울기를 수용하도록 구성된 기울기 가능한 스테이지를 포함할 수 있다.

[0018] 제13 태양에서, 상기 제11 또는 제12 태양의 상기 제1 3축 지지 어셈블리 및 상기 제2 3축 지지 어셈블리의 각각은 스프링을 사용하여 각각 상기 제1 버스 바 어셈블리 및 상기 제2 버스 바 어셈블리를 지지할 수 있다.

[0019] 제14 태양에서, 상기 제11 태양의 상기 제1 3축 지지 어셈블리는 상기 제3 버스 바 어셈블리의 제1 부분을 지지할 수 있으며, 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 상기 제3 버스 바 어셈블리의 제2 부분을 지지할 수 있다.

[0020] 제15 태양에서, 상기 제14 태양의 상기 제1 3축 지지 어셈블리는 상기 제1 분기 버스 바를 지지할 수 있으며, 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 상기 제2 분기 버스 바를 지지할 수 있다.

[0021] 제16 태양에서, 상기 제1 내지 제15 태양 중의 어느 하나의 상기 에지 디렉터 어셈블리는 상기 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 에지 디렉터에 결합된 엔드 캡을 포함할 수 있으며, 상기 엔드 캡은 상기 성형 몸체의 상기 제1 단부 위에 배치될 수 있다.

[0022] 제17 태양에서, 상기 제1 내지 제16 태양 중의 어느 하나의 상기 제1 버스 바 어셈블리, 상기 제2 버스 바 어셈블리, 또는 상기 제3 버스 바 어셈블리 중의 적어도 하나는 이를 통해 냉각 유체를 전달하도록 구성된 냉각 채널을 포함할 수 있다.

[0023] 제18 태양에서, 상기 제17 태양의 상기 냉각 채널은 냉각 유체 소스와 유체 연통하는 중공(hollow) 튜브를 포함할 수 있다.

[0024] 제19 태양에서, 상기 제18 태양의 상기 중공 튜브는 상기 제1 물질과 접촉하지 않을 수 있다.

[0025] 제20 태양에서, 상기 제1 내지 제19 태양 중의 어느 하나의 상기 전력 공급장치는 상기 에지 디렉터 어셈블리에 3상 진폭 및 위상 가변 전류를 공급하도록 구성될 수 있다.

[0026] 제21 태양에서, 상기 제20 태양의 3상의 상기 전력 공급장치의 제1 위상은 상기 제1 버스 바 어셈블리에 연결될 수 있으며, 3상의 상기 전력 공급장치의 제2 위상은 상기 제2 버스 바 어셈블리에 연결될 수 있으며, 3상의 상기 전력 공급장치의 제3 위상은 상기 제3 버스 바 어셈블리에 연결될 수 있다.

[0027] 제22 태양에서, 유리 제품을 성형하는 방법이 개시되며, 상기 방법은 제1 수렴 성형 표면 및 상기 제1 수렴 성형 표면 반대편의 제2 수렴 성형 표면을 포함하는 성형 몸체, 및 상기 성형 몸체의 제1 단부에 배치된 에지 디렉터 어셈블리에 용융 유리를 공급하는 단계를 포함하며, 상기 에지 디렉터 어셈블리는 상기 제1 수렴 성형 표면과 접촉하는 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 수렴 성형 표면과 접촉하는 제2 에지 디렉터를 포함하며, 상기 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 에지 디렉터는 외향(outward-facing) 표면을 각각 포함한다. 상기 방법은 상기 성형 몸체의 상기 수렴 성형 표면들 및 상기 제1 에지 디렉터 및 상기 제2 에지 디렉터의 상기 외향 표면들 위로 상기 용융 유리를 유동시키는 단계, 상기 에지 디렉터 어셈블리를 통해 전류를 흘려줌으로써 상기 에지 디렉터 어셈블리를 가열하는 단계, 및 상기 성형 몸체의 하단 에지로부터 상기 용융 유리를 인발하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0028] 제23 태양에서, 상기 제22 태양의 상기 전류는 3상 전류를 포함할 수 있다.

[0029] 제24 태양에서, 제1 버스 바 어셈블리가 상기 제1 에지 디렉터에 결합되며, 제2 버스 바 어셈블리가 상기 제2 에지 디렉터에 결합되며, 제3 버스 바 어셈블리가 상기 제1 에지 디렉터를 상기 제2 에지 디렉터에 결합시키는 결합 에지에 결합되며, 그리고 상기 방법은 상기 제1 버스 바 어셈블리에 상기 3상 전류의 제1 위상을 공급하는 단계, 상기 제2 버스 바 어셈블리에 상기 3상 전류의 제2 위상을 공급하는 단계, 및 상기 제3 버스 바 어셈블리에 상기 3상 전류의 제3 위상을 공급하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0030] 제25 태양에서, 상기 제23 태양의 상기 3상 전류의 적어도 하나의 위상의 진폭 또는 위상 각도를 변경하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0031] 제26 태양에서, 상기 제24 태양의 상기 제1 위상의 진폭은 상기 제2 위상의 진폭 또는 상기 제3 위상의 진폭 중의 적어도 하나와 다를 수 있다.

[0032] 제27 태양에서, 상기 제24 태양의 상기 전류의 진폭 및 위상은 상기 전류의 주파수와는 무관할 수 있다.

[0033] 제28 태양에서, 상기 제23 내지 제27 태양 중의 어느 하나의 상기 제1 버스 바 어셈블리 및 상기 제2 버스 바 어셈블리를 제1 3축 지지 어셈블리 및 제2 3축 지지 어셈블리로 각각 지지하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 제1 3축 지지 어셈블리 및 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 세 개의 직교 축들을 따라 각각의 상기 버스 바 어셈블리의 이동을 지지하도록 각각 구성될 수 있다.

[0034] 제29 태양에서, 상기 제28 태양의 상기 제1 3축 지지 어셈블리는 상기 제3 버스 바 어셈블리의 제1 부분을 지지할 수 있으며, 상기 제2 3축 지지 어셈블리는 상기 제3 버스 바 어셈블리의 제2 부분을 지지할 수 있다.

[0035] 앞서 언급한 일반적인 설명과 다음의 상세한 설명은 모두 본 명세서에 개시된 실시예들의 본질과 특성을 이해하기 위한 개요 또는 뼈대를 제공하도록 의도된 실시예들을 제시한다. 첨부된 도면들은 추가적인 이해를 제공하기 위해 포함되었으며 본 명세서에 통합되어 그 일부를 구성한다. 도면들은 본 발명의 다양한 실시예를 설명하며, 설명과 함께 그 원리 및 작동을 설명한다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명에 따른 예시적 유리 제조 장치의 개략도이다.

도 2는 에지 디렉터 어셈블리의 일부와 버스 바 어셈블리를 보여주는 예시적 성형 몸체의 단면 사시도이다.

도 3은 성형 몸체 없이 도시된, 예시적 에지 디렉터 어셈블리 및 버스 바 어셈블리들의 사시도이다.

도 4는 버스 바 어셈블리들에 부착된 냉각 장치들을 보여주는 예시적 에지 디렉터 어셈블리 및 버스 바 어셈블리들의 다른 사시도이다.

도 5는 에지 디렉터 어셈블리 및 버스 바 어셈블리들을 보여주는 예시적 성성 장치의 입면 단면도이다.

도 6은 버스 바 어셈블리들을 지지하기 위한 3축 지지 어셈블리의 단면도이다.

도 7은 도 6의 3축 지지 어셈블리의 부분 단면도이다.

도 8은 에지 디렉터 어셈블리에 전원을 공급하기 위한 예시적 전원 공급 회로의 개략도이다.

도 9는 도 9에 도시된 회로의 단순화된 등가 회로이다.

도 10은 성형 몸체 없이 도시되고 단일 전기적 위상에 의해 가열되도록 구성된 다른 예시적 에지 디렉터 어셈블리 및 버스 바 어셈블리들의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이제 본 개시의 실시예들에 대한 참조가 상세히 이루어 질 것이며, 그 예들은 첨부 도면들을에 도시된다. 가능하면 언제나, 도면들 전체에 걸쳐 동일한 참조 번호들이 동일하거나 유사한 부분들을 지칭하기 위해 사용된다. 그러나, 본 개시 내용은 많은 상이한 형태들로 구현될 수 있으며, 본 명세서에서 설명한 실시예들로 제한되는 것으로 간주되서는 안된다.

[0038] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 "약"은 양, 크기, 제형, 매개변수, 및 기타 양 및 특성이 정확하지 않고 정확할 필요도 없지만, 근사치일 수 있거나 및/또는 더 큰 또는 더 작을 수 있으며, 필요에 따라 공차, 변환 인자, 반올림, 측정 오차 등, 및 당업자에게 공지된 기타 인자를 반영한다.

[0039] 범위들은 본 명세서에서 "약" 하나의 특정 값, 및/또는 "약" 다른 특정 값으로 표현될 수 있다. 그러한 범위가 표현될 때, 다른 실시예는 하나의 특정 값으로부터 다른 특정 값을 포함한다. 유사하게, 값들이, 예를 들어 선행사 "약"을 사용하여 근사치들로 표현될 때, 상기 특정 값은 다른 실시예를 형성함을 이해할 것이다. 각각의 범위들의 종점들은 다른 종점과 관련하여 그리고 다른 종점과는 독립적으로 모두 중요하다는 것이 추가로 이해될 것이다.

[0040] 본 명세서에서 사용되는 방향 용어들 - 예를 들어, 위로, 아래로, 오른쪽, 왼쪽, 앞, 뒤, 상단, 바닥- 은 단지 도시된 대로의 도면들을 참조하여 만들어지며, 절대적인 방향을 의미하는 것으로 의도되지는 않는다.

[0041] 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 본 명세서에 설명된 임의의 방법은 그 단계들이 특정 순서로 수행될 필요가 있는 것으로 해석되는 것이라고 의도되지 않으며, 임의의 장치에서 특정 배향들이 요구되는 것으로도 해석되지 않는다. 따라서, 방법 청구항은 실제로 그 단계들에 뒤따르는 순서를 실제로 언급하지 않거나, 또는 임의의 장치 청구항이 개별 구성 요소들에 대한 순서 또는 배향을 실제로 언급하지 않는 경우, 또는 단계들이 특정 순서로 제한되거나 또는 장치의 구성 요소들에 대하여 특정 순서 또는 배향이 언급되지 않는 것을 청구항들 또는 설명에서 특별히 언급되지 않는 경우, 어떤 점에서도 순서 또는 배향이 추론되는 것을 결코 의도한 것은 아니다. 이는 다음을 포함하여 해석에 대한 임의의 가능한 비-표현적 기초를 유지한다: 단계들의 배열, 작동 흐름, 구성 요소들의 순서 또는 구성 요소들의 방향과 관련된 논리 문제들; 문법적 구성 또는 구두점에서 파생된 평범한 의미; 및 명세서에 기술된 실시예들의 수 또는 유형.

[0042] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 단수 형태들 "a", "an", 및 "the"는 문맥이 명시적으로 달리 지시하지 않는 한 복수의 기준들을 포함한다. 따라서, 예를 들어, "a" 구성 요소에 대한 언급은 문맥이 달리 명시적으로 지시하지 않는 한 2 개 이상의 그러한 구성 요소들을 갖는 양태들을 포함한다.

[0043] "예시적인(exemplary)", "예시(example)"라는 단어 또는 이들의 다양한 형태는 예, 예 또는 예시로서 제공되는 것을 의미하기 위해 본 명세서에서 사용된다. 본 명세서에서 "예시적인" 또는 "예시"로 설명된 임의의 양태 또는 디자인은 다른 양태들 또는 디자인들에 비해 선호되거나 유리한 것으로 해석되어서는 안된다. 또한, 예시들은 명확성과 이해의 목적으로만 제공되며, 개시된 주제 또는 본 개시의 관련 부분을 어떤 방식으로든 제한하거나 한정하려는 것이 아니다. 다양한 범위의 무수한 추가들 또는 대안적인 예시들이 제시될 수 있었지만, 간결함을 위해 생략되었음을 이해할 수 있다.

[0044] 본 명세서에 사용된 바와 같이, "포함하는(comprising)" 및 "포함하는(including)"이라는 용어들, 및 이들의 변형들은 달리 표시되지 않는 한 동의어로 해석되고 제한이 없는 것으로 해석되어야 한다. 포함하거나 포함하는 과도기 구절들 뒤에 오는 요소들의 목록은 비배타적 목록이므로 목록에 구체적으로 언급된 요소들 외의 요소들도 존재할 수 있다.

[0045] 본 명세서에 사용된 용어 "실질적인(substantial)", "실질적으로(substantially)" 및 이들의 변형들은 설명된 피쳐가 값 또는 설명과 동일하거나 대략 동일하다는 것을 나타내도록 의도된다. 예를 들어, "실질적으로 평면인" 표면은 평면 또는 거의 평면인 표면을 나타내기 위한 것이다. 더욱이, "실질적으로"는 두 값이 동일하거나 거의 동일함을 나타내기 위한 것이다. 일부 실시예들에서, "실질적으로"는 서로 약 10% 이내, 예를 들어 서로 약 5% 이내, 또는 서로 약 2% 이내의 값을 나타낼 수 있다.

[0046] 본 명세서에서 사용된 바와 같이 내화성 재료는 다결정, 다상(polyphasic), 무기, 다공성, 이종이며 538℃를 초과하는 온도에 노출되는 장치 또는 시스템의 구성 요소로 적합한 비금속 무기 재료이다. 예를 들어, 내화성 재료에는 알루미늄, 실리콘, 마그네슘, 칼슘, 이트륨 및 지르코늄의 산화물이 포함될 수 있지만 이에 국한되지 않는다. 내화성 재료에는 바인더 재료가 포함될 수 있다.

[0047] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이 전기 버스(예: 버스 바, 버스 바 섹션, 버스 바 세그먼트 등)는 전력 공급장치와 부하 사이에 전류를 전달하도록 설계된 고체의 단단한 금속 부재를 지칭한다. 이와 대조적으로, 본 명세서에 설명된 크기의 전류를 전달하도록 설계된 케이블은 전기적으로 절연된 재킷 재료 내에 포함된 복수의 감긴(예: 나선형으로 감긴) 금속 도체(와이어)들을 포함한다.

[0048] 도 1에 도시된 것은 예시적인 유리 제조 장치(10)이다. 유리 제조 장치(10)는 용융 용기(14)를 포함하는 유리 용융로(12)를 포함한다. 용융 용기(14) 외에도, 유리 용융로(12)는 선택적으로 원료를 가열하고 원료를 용융 재료, 이하에서 용융 유리로 변환하도록 구성된 가열 요소(예: 연소 버너 및/또는 전극)들과 같은 하나 이상의 추가 구성 요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 용융 용기(14)는 전기적으로 부스트된 용융 용기일 수 있으며, 여기서 에너지는 연소 버너와 직접 가열을 통해 원료에 추가되고, 여기서 전류가 원료를 통과하고, 전류는 원료에

줄 가열을 통해 에너지를 추가한다.

[0049] 유리 용융로(12)는 용융 용기로부터의 열 손실을 줄이는 다른 열 관리 장치(예: 열 절연 구성 요소)들을 포함할 수 있다. 유리 용융로(12)는 원료를 유리 용융물로 용융시키는 것을 용이하게 하는 전자 및/또는 전기 기계 장치를 포함할 수 있다. 유리 용융로(12)는 지지 구조체(예: 지지 섀시, 지지 부재 등) 또는 기타 구성 요소를 포함할 수 있다.

[0050] 용융 용기(14)는 내화성 재료, 예를 들어 알루미나 또는 지르코니아를 포함하는 내화성 세라믹 재료로 형성될 수 있지만, 내화성 세라믹 재료는 이트륨(예: 이트리아, 이트리아 안정화 지르코니아, 이트륨 인산염), 지르콘($ZrSiO_4$) 또는 알루미나-지르코니아-실리카 또는 심지어 크롬 산화물과 같은 다른 내화성 재료를 포함할 수 있으며, 이는 선택적으로 또는 임의의 조합으로 사용될 수 있다. 일부 예에서, 용융 용기(14)는 내화성 세라믹 벽돌들로 구성될 수 있다.

[0051] 유리 용융로(12)는 유리 제품, 예를 들어 유리 리본을 제조하도록 구성된 유리 제조 장치의 구성 요소로서 통합될 수 있지만, 유리 제조 장치는 제한 없이 유리 막대, 유리 튜브, 유리 엔벨로프(예: 조명 장치용 유리 엔벨로프, 예: 전구) 및 유리 렌즈와 같은 다른 유리 제품을 형성하도록 구성될 수 있다. 일부 예들에서, 유리 용융로(12)는 슬롯 드로우 장치, 플로트 배쓰 장치, 다운 드로우 장치(예: 퓨전 다운 드로우 장치), 업 드로우 장치, 프레싱 장치, 롤링 장치, 튜브 드로잉 장치 또는 본 발명으로부터 이익을 얻을 수 있는 다른 유리 제조 장치를 포함하는 유리 제조 장치에 포함될 수 있다. 예를 들어, 도 1은 유리 리본을 퓨전 드로잉하여 개별 유리 시트로 후속 처리하거나 유리 리본을 스풀에 롤링하기 위한 퓨전 다운 드로우 유리 제조 장치(10)의 구성 요소로서 유리 용융로(12)를 개략적으로 도시한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 퓨전 드로잉은 성형 몸체의 기울어진, 예를 들어 수렴하는 측면 표면들 위로 용융 유리를 유동하게 하는 것을 포함하며, 여기서 용융 재료의 결과적이 스트림들은 성형 몸체의 바닥에서 합쳐지거나 "퓨전(fuse)"되어 유리 리본을 형성한다.

[0052] 유리 제조 장치(10)은 선택적으로 용융 용기(14)의 상류에 위치한 상류 유리 제조 장치(16)를 포함할 수 있다. 일부 예들에서, 상류 유리 제조 장치(16)의 일부 또는 전체가 유리 용융로(12)의 일부로 통합될 수 있다.

[0053] 도 1에 도시된 바와 같이, 상류 유리 제조 장치(16)는 원료 저장빈(18), 원료 전달 장치(20), 및 원료 전달 장치(20)에 연결된 모터(22)를 포함할 수 있다. 원료 저장빈(18)은 화살표(26)로 표시된 바와 같이 하나 이상의 공급 포트를 통해 유리 용융로(12)의 용융 용기(14)로 공급될 수 있는 원료(24)를 저장하도록 구성될 수 있다. 원료(24)는 일반적으로 하나 이상의 유리 성형 금속 산화물과 하나 이상의 조절제를 포함한다. 일부 예들에서, 원료 전달 장치(20)는 모터(22)에 의해 구동되어 원료 저장빈(18)에서 용융 용기(14)로 미리 정해진 양의 원료(24)를 전달할 수 있다. 다른 예들에서, 모터(22)는 원료 전달 장치(20)에 전원을 공급하여 용융 유리의 유동 방향에 대해 상대적으로 용융 용기(14)의 하류에서 감지된 용융 유리의 수준을 기준으로 제어된 속도로 원료(24)를 도입할 수 있다. 용융 용기(14) 내의 원료(24)는 그 후 가열되어 용융 유리(28)를 형성할 수 있다. 일반적으로 원료는 입자, 예를 들어 다양한 "모래"로 용융 용기에 부가된다. 원료(24)는 또한 이전의 용융 및/또는 성형 작업들으로부터의 스크랩 유리(즉, 컬릿)를 포함할 수 있다. 연소 버너를 사용하여 용융 공정을 시작할 수 있다. 전기적으로 부스트된 용융 공정에서, 원료의 전기 저항이 연소 버너에 의해 충분히 감소되면, 전기 부스트(electrically boost)는 원료와 접촉하도록 위치된 전극들 사이에 전기적 전위를 발전시킴으로써 시작할 수 있으며, 이를 통해 원료를 통한 전류를 형성하고, 원료는 일반적으로 용융 상태로 들어가거나 용융 상태에 있게 된다.

[0054] 유리 제조 장치(10)는 또한 용융 유리(28)의 유동 방향에 대해 유리 용융로(12)의 하류에 위치한 하류 유리 제조 장치(30)를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 하류 유리 제조 장치(30)의 일부는 유리 용융로(12)의 일부로서 통합될 수 있다. 예를 들어, 아래에서 논의되는 제1 연결 도관(32) 또는 하류 유리 제조 장치(30)의 다른 부분들은 유리 용융로(12)의 일부로서 통합될 수 있다.

[0055] 하류 유리 제조 장치(30)은 용융 용기(14)의 하류에 위치하고 전술한 제1 연결 도관(32)을 통해 용융 용기(14)에 연결된 청징(fining) 용기(34)와 같은 제1 컨디셔닝 챔버를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 용융 유리(28)는 제1 연결 도관(32)을 통해 용융 용기(14)에서 청징 용기(34)로 중력 공급될 수 있다. 따라서 제1 연결 도관(32)은 용융 용기(14)로부터 청징 용기(34)로의 용융 유리(28)의 유동 경로를 제공한다. 그러나, 다른 컨디셔닝 챔버들이 용융 용기(14)의 하류, 예를 들어 용융 용기(14)와 청징 용기(34) 사이에 위치할 수 있다. 일부 실시예에서, 컨디셔닝 챔버는 용융 용기와 청징 챔버 사이에 사용될 수 있다. 예를 들어, 1차 용융 용기로부터의 용융 유리는 2차 용융(컨디셔닝) 용기에서 추가로 가열되거나, 청징 챔버에 들어가기 전에 2차 용융 용기에서 1차

용융 용기의 용융 유리의 온도보다 낮은 온도로 냉각될 수 있다.

[0056] 버블들이 다양한 기술을 통해 용융 유리(28)에서 제거될 수 있다. 예를 들어, 원료(24)는 가열되면 화학적 환원 반응을 겪고 산소를 방출하는 산화 주석과 같은 다가 화합물(즉, 청징제)들을 포함할 수 있다. 다른 적합한 청징제로는, 제한 없이, 비소, 안티몬, 철 및/또는 세륨을 포함할 수 있지만, 비소와 안티몬은 독성으로 인해 일부 응용 분야에서 환경적 이유로 사용이 권장되지 않을 수 있다. 청징 용기(34)는 예를 들어 용융 용기 내부 온도보다 높은 온도로 가열되고, 그리하여 청징제를 화학적 환원을 위한 충분한 반응 온도로 가열한다. 용융 유리에 포함된 하나 이상의 청징제의 온도-유도 화학적 환원에 의해 생성된 산소는 용융 공정 중에 생성된 가스 버블들 내로 확산될 수 있다. 이어서 부력이 증가한 확대된 가스 버블들은 청징 용기 내의 용융 유리의 자유 표면으로 올라간 후, 예를 들어 자유 표면 위의 대기와 유체 연통하는 배출 튜브를 통해 청징 용기로부터 배출된다.

[0057] 하류 유리 제조 장치(30)은 또한 다른 컨디셔닝 챔버, 예를 들어 혼합 장치(36), 예를 들어 교반 용기를 더 포함할 수 있으며, 이는 청징 용기(34)로부터의 하류로 유동하는 용융 유리를 혼합하기 위한 것이다. 혼합 장치(36)는 균일한 유리 용융물 조성을 제공하는 데 사용될 수 있으며, 따라서 청징 용기에서 나오는 용융 유리 내에 존재할 수 있는 화학적 및/또는 열적 불균일성을 감소시킨다. 도시된 바와 같이, 청징 용기(34)는 제2 연결 도관(38)을 통해 혼합 장치(36)에 결합될 수 있다. 따라서, 용융 유리(28)는 제2 연결 도관(38)을 통해 청징 용기(34)에서 혼합 장치(36)로 중력 공급될 수 있다. 일반적으로, 혼합 장치(36) 내의 용융 유리는 자유 표면을 포함하며, 자유(예를 들어, 기체) 부피(free volume)는 자유 표면과 혼합 장치 상단 사이로 확장된다. 혼합 장치(36)는 용융 유리(28)의 유동 방향에 대해 청징 용기(34)의 하류에 도시되어 있지만, 혼합 장치(36)는 다른 실시예에서 청징 용기(34)의 상류에 위치할 수 있다. 하류 유리 제조 장치(30)는 복수의 혼합 장치, 예를 들어 청징 용기(34)의 상류의 혼합 장치와 청징 용기(34)의 하류의 혼합 장치를 포함할 수 있다. 사용시, 복수의 혼합 장치는 동일한 설계일 수도 있고, 서로 다른 설계일 수도 있다. 본 명세서에 공개된 하나 이상의 용기 및/또는 도관은 용융 재료의 혼합 및 후속 균질화를 더욱 촉진하기 위해 그 안에 배치된 정적 혼합 날개들을 포함할 수 있다.

[0058] 하류 유리 제조 장치(30)는 혼합 장치(36)의 하류에 위치한 전달 용기(40)와 같은 다른 컨디셔닝 챔버를 더 포함할 수 있다. 전달 용기(40)는 출구 도관(44)을 통해 성형 몸체(42)로의 용융 유리(28)의 일정한 유동을 제공하기 위해 축적기 및/또는 유동 제어기 역할을 할 수 있다. 전달 용기(40) 내의 용융 유리는 일부 실시예에서 자유 표면을 포함할 수 있으며, 여기서 자유 부피는 자유 표면에서 전달 용기의 상단까지 위쪽으로 확장된다. 도시된 바와 같이, 혼합 장치(36)는, 제3 연결 도관(46)을 통해 전달 용기(40)에 결합될 수 있으며, 여기서 용융 유리(28)는 제3 연결 도관(46)을 통해 혼합 장치(36)로부터 전달 용기(40)로 중력 공급될 수 있다.

[0059] 하류 유리 제조 장치(30)는 또한 유리 제품, 예를 들어 유리 리본을 형성하도록 구성된 성형 장치(48)을 포함할 수 있다. 따라서, 성형 장치(48)는 오버플로우 다운-드로우 장치와 같은 다운-드로우 장치를 포함할 수 있으며, 여기서 출구 도관(44)은 용융 유리(28)를 전달 용기(40)로부터 성형 몸체(42)의 입구 도관(50)으로 전달하도록 배치된다. 퓨전 다운-드로우 유리 제조 장치의 성형 몸체는 성형 몸체의 상부 표면에 배치된 트로프(trough, 52)와, 성형 몸체의 바닥 에지(루트, 58)를 따라 인발 방향(56)으로 수렴하는 반대편의 수렴 성형 표면(54)들을 포함할 수 있다. 전달 용기(40), 출구 도관(44) 및 입구 도관(50)을 통해 성형 몸체 트로프(52)로 전달된 용융 유리는 트로프(52)의 벽들을 오버플로우하고 용융 유리의 분리된 유동으로 수렴 성형 표면(54)을 따라 내려간다. 용융 유리의 분리된 유동은 루트(58)의 아래에서 루트를 따라 합쳐져 용융 유리 리본을 생성하는데, 이 리본은 예컨대 중력 및 반대 방향으로 회전하는 풀링 롤(62)들에 의해서 용융 유리 리본에 하향 장력을 가함으로써 루트(58)로부터 인방 방향(56)으로 인발된다. 적용된 하향 장력과 용융 유리의 온도는 용융 유리가 냉각되고 용융 유리의 점도가 증가함에 따라 유리 리본의 치수를 제어하는데 사용될 수 있다. 따라서, 용융 유리 리본은 점성 상태로부터 점탄성 상태로, 탄성 상태로 점도 전이를 거치며, 유리 리본(60)에 안정적인 치수 특성을 부여하는 기계적 특성을 얻는다. 그런 다음 유리 리본(60)은 스코어링(scoring)되고, 이어서 예컨대 유리 시트(64)들과 같이 더 짧은 길이들로 나눠질 수 있다. 대안적으로, 유리 리본(60)은 스풀링될 수 있다. 유리 리본 스코어링 장치(66)은 스코어링 도구(68), 유리 리본의 반대쪽에서 스코어링 도구와 마주보게 위치한 백킹 바(70)(예: 앤빌(anvil)), 및 스코어링 작업 중에 유리 리본의 이동을 제어하기 위해 유리 리본의 표면에 적용될 수 있는 하나 이상의 노징(nosing) 부재(72)를 포함할 수 있다. 유리 리본 스코어링 장치(80)은 인발 속도로 인발 방향을 따라 수직으로 이동할 수 있는 갠트리(gantry)(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 유리 시트들은 로봇(74)에 의해 유리 리본으로부터 제거될 수 있다. 예를 들어, 로봇(74)은 스코어에서 유리 리본을 구부려, 유리 리본이 스코어를 따라 분리되어 유리 시트를 형성하게 할 수 있다.

[0060] 임의의 하나 이상의 연결 도관(32, 38, 46), 청징 용기(34), 혼합 장치(36), 전달 용기(40), 출구 도관(44) 또

는 입구 도관(50)을 포함하는 하류 유리 제조 장치(30)의 구성 요소는 귀금속으로 형성될 수 있다. 적합한 귀금속에는 백금, 이리듐, 로듐, 오스뮴, 루테늄 및 팔라듐, 또는 이들의 합금들로 구성된 그룹에서 선택된 백금족 금속이 포함된다. 예를 들어, 유리 제조 장치의 하류 구성 요소는 중량 기준으로 약 70%에서 약 90%의 백금과 중량 기준으로 약 10%에서 약 30%의 로듐을 포함하는 백금-로듐 합금으로 형성될 수 있다.

[0061] 성형 장치(48)는 또한 인클로저(enclosure, 80)를 더 포함할 수 있으며, 여기서 성형 몸체(42)는 인클로저 내에 배치된다. 인클로저(80)는 유리 리본이 점도 전이를 거치는 동안 유리 리본에 대한 제어된 열 환경을 유지하는 데 도움이 되도록 구성된다. 인클로저(80)는 단일 인클로저일 수도 있고 여러 부분들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 인클로저(80)는 성형 몸체(42)를 수용하는 상부 부분과 하나 이상의 하부 부분을 포함할 수 있다. 종종 수평으로 미끄러질 수 있는(도시되지 않음) 도어들 및/또는 게이트들이 상기 상부 부분과 하부 부분 사이에 제공될 수 있어, 예를 들어 가열된 공기(예: 굴뚝 효과) 또는 냉각기 하류 장비에 의해서 생성되는 상향 기류로부터 상부 부분의 환경이 냉각되는 것을 줄일 수 있다.

[0062] 인클로저(80)는 탄화규소, 알루미나 및 지르콘과 같은 내화 재료로 형성될 수 있지만, 추가적으로 또는 대안적으로 금속 구성 요소(예: 다양한 강철 빔들, 트러스, 벽 패널 등) 및 인클로저 내의 열 환경을 추가로 제어하도록 구성된 내화 단열 패널을 포함할 수 있다. 인클로저(80)는 또한 인클로저 내부에, 예를 들어 인클로저의 벽을 따라 배열된 복수의 열 요소(82)들, 예를 들어 가열 및/또는 냉각 요소들을 포함할 수 있으며, 이는 성형 몸체와 그 안의 용융 유리를 가열하고, 성형 몸체로부터 인발된 유리 리본을 냉각한다. 가열 요소들은 코일 및/또는 막대(로드) 형태의 전기 저항 가열 요소들일 수 있다. 냉각 요소들은 냉각 유체가 흐르는 냉각 튜브를 포함할 수 있다. 성형 몸체(42)에 의해 형성된 유리 제품(예: 유리 리본)은 인클로저(80)를 통해 하향 인발되고, 복수의 열 요소에 의해 생성된 미리 결정되고 신중하게 제어된 온도 프로파일에 의해 조절되며, 온도 프로파일은 유리 리본의 형상에 영향을 줄 수 있는 유리 리본의 잔류 응력을 줄이도록 선택된다.

[0063] 용융 유리(28)가 수렴 성형 표면(54) 위로 흐르고 성형 몸체(42)의 루트(58)로부터 하강하면, 용융 유리는 인발 방향(56)에 직교하는 방향으로 측면으로 수축한다. 이 측면 수축은 성형 몸체(42)에서 인발된 유리 리본의 폭을 감소시킨다. 측면 수축을 완화하기 위해, 제1 에지 디렉터 어셈블리(100a)가 성형 몸체의 제1 단부에서 성형 몸체(42)에 부착되고, 제2 에지 디렉터 어셈블리(100b)가 성형 몸체(42)의 제2 단부에서 성형 몸체(42)에 부착된다. 에지 디렉터 어셈블리(100a, 100b)들은 수렴 성형 표면(54)들의 표면적을 증가시키고 루트(58)의 길이를 효과적으로 연장하여 측면 수축에 대응할 수 있다. 에지 디렉터 어셈블리(100a, 100b)들은 각각 성형 몸체의 길이의 적어도 일부를 따라 연장되는 한쌍의 쟁기 공유-형상 부재들을 포함한다. 각각의 에지 디렉터 어셈블리(100a, 100b)는 성형 몸체의 반대쪽에 위치한 두 개의 반대되는 에지 디렉터들을 구성되어, 총 두 개의 에지 디렉터 어셈블리들과 네 개의 에지 디렉터들이 된다. 성형 몸체의 반대쪽에 있는 한 쌍의 반대 에지 디렉터들은 성형 몸체의 단부에서 서로 부착되어 에지 디렉터 어셈블리를 형성한다. 따라서 하나의 에지 디렉터 어셈블리(100a)는 성형 몸체의 입구 단부(용융 유리가 입구 도관(50)으로부터 성형 몸체로 들어오는 곳)에 위치하고, 제2 에지 디렉터 어셈블리(100b)는 성형 몸체의 반대쪽 단부에 위치된다. 이하에서 성형 몸체(42)의 제1 단부에 위치한 단일 에지 디렉터 어셈블리(100a)에 대한 설명을 제공하며, 성형 몸체의 반대쪽 제2 단부에 위치한 제2 에지 디렉터 어셈블리는 제1 에지 디렉터 어셈블리와 실질적으로 유사할 수 있다는 것을 이해한다.

[0064] 도 2는 제1 에지 디렉터 어셈블리(100a)(에지 디렉터 어셈블리의 단일 에지 디렉터만 도시됨)를 묘사하는 성형 몸체(42)의 일 단부의 사시도이며, 반면 도 3은 명확성을 위해 성형 몸체를 제거한 한 쌍의 대향하는 에지 디렉터들을 도시하는 에지 디렉터 어셈블리(100a)의 사시도이다. 정확히 말해서, 에지 디렉터 어셈블리(100a)는 제1 수렴 성형 표면(54a)에 대해 배치된 제1 에지 디렉터(102a)와 제2 수렴 성형 표면(54b)에 대해 배치된 제2 에지 디렉터(102b)를 포함한다. 제1 에지 디렉터(102a)는 제1 수렴 성형 표면(54a)과 접촉하고 제1 곡선형 외향 표면(104a)을 포함하는 반면, 제2 에지 디렉터(102b)는 제2 수렴 성형 표면(54b)과 접촉하고 제2 곡선형 외향 표면(104b)을 포함한다. 제1 및 제2 에지 디렉터(102a, 102b)들은 또한 각각 성형 몸체(42)(예: 수렴 성형 표면(54))에 대해 약 90도로 연장되는 댐(106a, 106b)들을 추가로 포함할 수 있다. 댐(106a, 106b)들은 에지 디렉터 어셈블리 너머로 용융 유리가 오버플로우되는 것을 방지한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 댐(106a, 106b)들은 성형 몸체(42)의 입구 단부 위에 위치한 엔드 캡(108)의 일부를 형성할 수 있다.

[0065] 제1 및 제2 곡선형 외향 표면(104a, 104b)들은, 예를 들어 절두원뿔형(frustoconical) 표면들일 수 있다. 안쪽을 향하고, 성형 몸체의 중앙을 향하는 대향하는 제1 및 제2 에지 디렉터(102a, 102b)들의 에지들은 예를 들어 용접에 의해 결합되어 루트(58) 아래에 위치한 결합 에지(112)를 형성한다. 제1 및 제2 에지 디렉터(102a, 102b)들의 제1 및 제2 하단 에지 부분(114a, 114b)들은, 예를 들어 에지 디렉터들에 추가 재료를 라미네이팅(예: 용접)함으로써 두꺼워질 수 있으므로 각 에지 디렉터의 하단 에지 부분이 각각의 해당 에지 디

렉터의 나머지 상부 부분보다 더 두껍다. 결합 에지(112)는 두꺼워진 제1 및 제2 하단 에지 부분(114a, 114b)들을 포함할 수 있다. 즉, 결합 에지(112)는 각 에지 디렉터들의 두꺼워진 하단 에지 부분들의 교차에 의해 형성될 수 있다.

[0066] 용융 유리가 성형 몸체(42) 아래로 그리고 제1 및 제2 에지 디렉터(102a, 102b)들의 상기 외향 표면(104a, 104b)들 위로 유동함에 따라, 용융 유리의 온도가 감소하고 점도가 증가한다. 모든 유리들은 하나 이상의 결정질 화합물에 대해 불안정하다. 적절한 온도 전이가 주어지면 유리가 결정화된다. 핵생성 및 결정 성장이 요구된다. 핵생성의 동역학은 유리의 작은 영역을 형성하는 자유 에너지 및 해당 영역으로의 그리고 해당 영역으로부터의 원자들의 이동을 포함한다. 일부 임계 크기를 넘어서면 계면 에너지는 중요하지 않게 되고 결정 성장은 계면 확산 공정을 통해 진행될 수 있다. 이 공정의 두 부분의 동역학은 과냉각(T_L-T)의 정도에 의존하며, 여기서 T_L은 용융 유리의 액상선 온도를 나타내고 T는 현재 용융 유리 온도이다. 액상선 온도는 용융물이 그 위에서 액체 상태를 유지하는 온도이며 결정들이 용융물과 공존할 수 있는 최대 온도를 나타낸다. 두 경우 모두 과냉각이 증가함에 따라 증가하는 열역학적 구동력과 과냉각이 증가함에 따라 감소하는 확산 항의 경쟁적 특성으로 인해 T_L 아래의 온도에서 최대 핵생성 및 결정 성장 속도가 발생한다. 용융 유리의 온도가 재료의 액상선 온도 아래로 떨어지고 용융 유리가 해당 온도에서 충분한 시간 동안 머무르면 결정화가 발생할 수 있다.

[0067] 유리에서 결정들의 우연적 또는 제어되지 않은 형성은 유리화로 알려져 있으며, 결정 성장은 종종 "데빗(devit)"이라고 한다. 데빗은 유리의 광학적 및 기계적 특성에 해로울 수 있다. 일부 유리에서, 핵생성 및 결정 성장 속도 곡선들이 거의 일치하여, 광범위한 온도 범위에 걸쳐 균일한 핵생성 및 결정 성장이 일어날 수 있다. 보다 안정적인 유리들에서는, 액상선 온도에서 높은 점도와 낮은 확산 계수의 조합으로 균일한 핵생성에 대한 우려를 없애준다. 그러나, 불균일한 핵생성은 불순물 입자들 또는 기타 불연속성이 존재하는 표면들에서 발생할 수 있다. 따라서, 용융 유리-에지 디렉터 계면에서의 긴 체류 시간 및 용융 유리의 액상선 온도보다 낮아질 수 있는 온도의 조합으로 인해 에지 디렉터들에 데빗이 축적될 수 있으며, 특히 에지 디렉터들의 하부(예: 하단) 에지들과 댐들의 하부 부분들을 따라 축적될 수 있다. 액상선 온도보다 높은 온도로 데빗을 가열하면 데빗이 용융 유리의 용액으로 다시 들어가거나 형성되지 않도록 할 수 있다.

[0068] 열 소자(82), 예를 들어 저항 가열 소자들은 성형 몸체 루트(58) 근처에 성형 몸체(42)의 중간 부분을 따라 배치되고, 성형 몸체(42)의 루트(58)를 가열하도록 배열될 수 있다. 이러한 가열 소자들은 루트를 따라 데빗을 방지하는 데 효과적인 것으로 나타났다. 그러나, 에지 디렉터 어셈블리들은 인클로저(80)의 단부 벽들에 가장 가까운 성형 몸체의 단부들에서 성형 몸체의 가장 차가운 부분들 근처에 배치되고, 다양한 가열 장치가 방사 가열을 통해 에지 디렉터들을 가열하는 데 사용되었지만, 이러한 가열 장치는 제한이 있으며, 그 중 가장 중요한 것은 가열 소자들의 효과적인 배치 및 방사 효과를 방해할 수 있는 성형 몸체 단부들 근처의 다른 성형 장비의 집중이다. 이러한 다른 장치는 열을 에지 디렉터들로, 특히 데빗 형성에 가장 취약한 에지 디렉터들의 하부 에지들로 지향시키는 것을 어렵게 만들고 데빗을 방지하는 데 전적으로 효과적이지 못하다. 데빗은 유리 리본에 결함을 일으키고 안정적인 리본 에지(비드) 발달을 방해할 수 있다. 데빗은 또한 측면 수축 완화를 방해할 수 있고, 그리하여 리본의 가늘어짐(attenuation)이 증가하고 사용 가능한 리본 폭을 감소시킬 수 있다. 또한, 결정 성장이 계속되도록 허용되면 데빗 조각들이 엣지 디렉터들에서 떨어져 나와 유리 리본에 끌려들어 내부에 결함을 형성할 수 있다.

[0069] 에지 디렉터들의 복사 가열에 의해 제기된 가짜들을 극복하기 위해 버스 바 어셈블리들이 에지 디렉터 어셈블리에 부착되고, 버스 바 어셈블리들은 에지 디렉터 어셈블리를 통해, 특히 두꺼워진 하단 에지 부분들을 통해 전류를 유도하도록 구성된다. 제1 버스 바 어셈블리(200a)는 제1 에지 디렉터(102a)의 두꺼워진 제1 하단 에지 부분(114a)에 부착되고, 제2 버스 바 어셈블리(200b)는 제2 에지 디렉터(102b)의 두꺼워진 제2 하단 에지 부분(114b)에 부착된다. 제3 버스 바 어셈블리(200c)는 제1 및 제2 에지 디렉터(102a, 102b)들 사이의 결합 에지(112)(예: 결합 에지(112)의 뒷면)에 부착되고, 보다 구체적으로는 두 개의 대향하는 두꺼워진 하단 에지 부분(114a, 114b)들의 교차점에 부착된다.

[0070] 도 4에서 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 제1 버스 바 어셈블리(200a)는 제1 금속으로 형성된 제1 버스 바(202a)와 제2 금속으로 형성된 제2 버스 바(204a)를 포함한다. 제1 버스 바(202a)의 제1 단부(206a)는 용접과 같은 방법으로 제1 에지 디렉터(102a)의 두꺼워진 제1 하단 에지 부분(114a)에 결합될 수 있다. 제1 버스 바(202a)는 제1 에지 디렉터(102a)와 동일한 금속으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 제1 금속은 백금을 포함할 수 있다. 제1 금속은 중량 기준으로 약 70% 내지 약 90%의 백금과 중량 기준으로 약 10% 내지 약 30%의 로듐을 포함하는 백금-로듐 합금과 같은 백금 합금으로 형성될 수 있다. 그러나, 예를 들어 루테늄, 팔라듐, 오스뮴, 이

리듐 또는 이들의 합금(예를 들어 백금 또는 로듐 중 하나 또는 둘 모두와 합금된)과 같은 다른 백금족 금속들은 대안적으로 또는 추가로 사용될 수 있다. 이러한 응용 분야들에서 유용할 수 있는 다른 고온 금속들에는 일반적으로 합금 금속으로서 몰리브덴, 티타늄, 텅스텐 또는 탄탈륨이 포함될 수 있다. 제1 버스 바(202a)의 제2 단부(208a)는 예컨대 용접에 의해 제2 버스 바(204a)의 제1 단부(210a)에 결합될 수 있다. 제1 에지 디렉터(102a)로부터 이격되고, 후술하는 바와 같이 인클로저(80) 외부에 완전히 또는 지배적으로 배치된 제2 버스 바(204a)는 제1 버스 바(202a)에 비해 내열성이 낮은 제2 금속(예: 제1 금속과 다른 금속)으로 형성될 수 있으며, 예를 들어 니켈, 구리, 은, 이들의 합금, 또는 기타 관련된 작동 온도들 및 예상되는 통전 용량(current carrying capacity)에 적합한 금속으로 형성될 수 있다. 달리 명시되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 제1 금속 및 제2 금속은 적어도 제1 버스 바(202a) 및 제2 버스 바(204a)와 관련하여 설명된 제1 및 제2 금속을 지칭한다. 제1 버스 바(202a)와 제2 버스 바(204a)의 결합은 제1 버스 바(202a)와 제2 버스 바(204a) 사이에, 예를 들어 제1 버스 바 어셈블리(200a)의 제1 금속과 제2 금속 사이에 제1 경계(212a)를 형성한다.

[0071] 마찬가지로, 제2 버스 바 어셈블리(200b)는 제1 금속으로 형성된 제3 버스 바(202b)와 제2 금속으로 형성되고 제1 버스 바 어셈블리(200a)와 유사하게 배열된 제4 버스 바(204b)를 포함한다. 제3 버스 바(202b)의 제1 단부(206b)는 제2 에지 디렉터(102b), 예를 들어 두꺼워진 제2 하단 에지 부분(114b)에 결합되고, 제3 버스 바(202b)의 제2 단부(208b)는 제4 버스 바(204b)의 제1 단부(210b)에 결합된다. 제3 버스 바(202b)와 제4 버스 바(204b)의 결합은 제3 버스 바(202b)와 제4 버스 바(204b) 사이에, 예를 들어 제3 버스 바(202b)의 제1 금속과 제4 버스 바(204b)의 제2 금속 사이에 제2 경계(212b)를 형성한다. 제3 버스 바(202b)는 제2 에지 디렉터(102b)와 동일한 금속, 예를 들어 제1 버스 바(202a)와 동일한 제1 금속으로 형성될 수 있고, 반면에 제2 에지 디렉터(102b)와 이격된 제4 버스 바(204b)는 제2 버스 바(204a)와 동일한 제2 금속으로 형성될 수 있다.

[0072] 제3 버스 바 어셈블리(200c)는 제1 에지 디렉터(102a)와 제2 에지 디렉터(102b)(예를 들어, 두꺼워진 제1 및 제2 하단 에지 부분(114a, 114b)들의 교차점) 사이의 접합된 에지(112)에 예컨대 용접에 의해 결합된 중앙 버스 바(214)를 포함한다. 제1 분기 버스 바(216a)와 제2 분기 버스 바(216b)는 중앙 버스 바(214)로부터 바깥쪽으로 확장되고, 용접과 같은 방법으로 여기에 접합된다. 예를 들어, 제1 분기 버스 바(216a)와 제2 분기 버스 바(216b)는 중앙 버스 바(214)에 직교하는 것과 같이 반대 방향으로 확장될 수 있지만 다른 각도도 고려된다. 즉, 제1 분기 버스 바(216a)는 제2 분기 버스 바(216b)로부터 180도 각도로 배열될 수 있다. 예를 들어, 중앙 버스 바(214), 제1 분기 버스 바(216a) 및 제2 분기 버스 바(216b)는 "T"자 형상을 형성할 수 있다. 중앙 버스 바(214)는 제1 금속, 예를 들어 제1 버스 바(202a)의 제1 금속으로 형성될 수 있다. 제1 분기 버스 바(216a)는 또한 제1 버스 바 세그먼트(218a) 및 제2 버스 바 세그먼트(220a)를 포함할 수 있으며, 제1 버스 바 세그먼트(218a)는 제1 금속을 포함하고 제2 버스 바 세그먼트(220a)는 제2 금속을 포함할 수 있다. 제1 버스 바 세그먼트(218a)는 일 단부에서 중앙 버스 바(214)에, 반대쪽 단부에서 제2 버스 바 세그먼트(220a)에 용접과 같은 방법으로 결합된다. 제1 버스 바 세그먼트(218a)와 제2 버스 바 세그먼트(220a)의 결합은 제1 버스 바 세그먼트(218a)와 제2 버스 바 세그먼트(220a) 사이에, 예를 들어 제1 금속과 제2 금속 사이에 제3 경계(212c)를 형성한다.

[0073] 마찬가지로, 제2 분기 버스 바(216b)는 제1 금속을 포함하는 제3 버스 바 세그먼트(218b)와 제2 금속을 포함하는 제4 버스 바 세그먼트(220b)를 포함할 수 있으며, 여기서 제3 버스 바 세그먼트(218b)는 일 단부에서 중앙 버스 바(214)에, 반대쪽 단부에서 제4 버스 바 세그먼트(220b)에 용접과 같은 방법으로 결합된다. 제3 버스 바 세그먼트(218b)와 제4 버스 바 세그먼트(220b)의 결합은 제3 버스 바 세그먼트(218b)와 제4 버스 바 세그먼트(220b) 사이에, 예를 들어 제1 금속과 제2 금속 사이에 제4 경계(212d)를 형성한다.

[0074] 따라서, 에지 디렉터 어셈블리(100a), 제1 버스 바 어셈블리(200a), 제2 버스 바 어셈블리(200b), 및 제3 버스 바 어셈블리(200c)는 용접과 같은 방법으로 결합되어 성형 몸체(42)에 부착된 단일의 직접 가열 어셈블리(300)를 형성할 수 있다. 도 3 및 도 4에 도시되지 않았지만, 직접 가열 어셈블리(300)은 엔드 캡(108)을 포함할 수 있다.

[0075] 도 5를 참조하면, 성형 몸체(42) 및 에지 디렉터 어셈블리(100a)(및 에지 디렉터 어셈블리(100b))가 인클로저(80) 내에 위치하는 반면, 제1 버스 바 어셈블리(200a), 제2 버스 바 어셈블리(200b), 및 제3 버스 바 어셈블리(200c)는 인클로저(80)의 개구부를 통해 에지 디렉터 어셈블리(100a)로부터 확장될 수 있고 인클로저(80) 내부에서 인클로저(80) 외부로 확장되어 전원 공급장치에 대한 연결을 용이하게 할 수 있다. 즉, 제1 버스 바 어셈블리(200a), 제2 버스 바 어셈블리(200b) 및 제3 버스 바 어셈블리(200c)의 각각의 적어도 일부는 인클로저(80)의 개구부를 통해 인클로저 외부의 환경으로 확장될 수 있다. 제1 버스 바 어셈블리(200a) 및 제3 버스 바 어셈블리(200c)의 제1 분기 버스 바(216a)의 적어도 일부는 성형 몸체(42)로부터 바깥쪽으로, 예를 들어 각각의

수렴 성형 표면에 직교하도록 확장되는 버스 바의 쌍(222)으로 배열될 수 있다. 마찬가지로, 제2 버스 바 어셈블리(200b) 및 제3 버스 바 어셈블리(200c)의 제2 분기 버스 바(216b)의 적어도 일부는 성형 몸체(42)에서 바깥쪽으로 예를 들어 제1 버스 바 어셈블리(200a) 및 제1 분기 버스 바(216a)의 반대 방향으로, 예를 들어 대향하는 수렴 성형 표면에 직교하도록 확장되는 버스 바의 쌍(224)로 배열될 수 있다. 따라서, 제1 버스 바 쌍(222)은 제1 에지 디렉터(102a)(예: 제1 버스 바 어셈블리(200a) 및 제1 분기 버스 바(216a)의 일부들)로부터 확장될 수 있고, 제2 버스 바 쌍(224)은 제2 에지 디렉터(102b)로부터 확장될 수 있다. 각각의 버스 바 쌍들이 이를 통해 확장되는 개구부들은 버스 바 쌍(222, 224)들이 예를 들어 세 개의 직교 축들을 따라 이동할 수 있도록 크기가 조정된다.

[0076] 예를 들어 인클로저(80)의 내부, 예를 들어 인클로저(80)의 상부 및 그 안의 성형 몸체가 가열되는 동안 인클로저(80) 내부의 온도 변화들은 성형 몸체(42)의 치수 변화들을 일으킬 수 있다. 즉, 성형 몸체는 인클로저의 온도 변화들의 결과로서, 계획된 온도 변화(예: 유리 제조 공정의 시작 또는 종료) 또는 계획되지 않은 온도 변화(예: 전력 손실)의 결과로서 열 팽창 및/또는 수축을 겪을 수 있다. 에지 디렉터 어셈블리들이 성형 몸체에 부착되고 그리고 각각의 에지 디렉터들이 함께 결합되어 단일 구조를 형성할 수 있기 때문에, 예를 들어 열 팽창 또는 수축으로 인한 성형 몸체의 이동은 인클로저에 대해 직접 가열 어셈블리(300), 그리고 보다 구체적으로는 관련된 버스 바 어셈블리들의 연관된 이동을 일으킬 것이다. 버스 바 어셈블리들이 제약을 받아 성형 몸체와 함께 움직일 수 없는 경우, 성형 몸체, 에지 디렉터 어셈블리들 및/또는 버스 바 어셈블리들에 응력이 가해질 수 있다. 버스 바 어셈블리들이 성형 몸체와 함께 움직일 수 없는 경우, 에지 디렉터 어셈블리들, 버스 바 어셈블리들 또는 성형 몸체 중 하나 이상이 손상될 수 있다. 따라서, 이를 통해 버스 바 쌍들이 확장되는 개구부는 변형 가능한 절연 재료(230), 예를 들어 버스 바들의 이동을 수용할 수 있는 내화성 절연 재료로 채워질 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 변형 가능한 절연 재료는 에지 디렉터 어셈블리에 의해 눌리면 물러나지만 압력이 완화되면 원래 위치로 되돌아가는 절연 재료이다. 예를 들어, 변형 가능한 절연 재료는 버스 바 어셈블리가 확장되는 인클로저 개구부 내에 삽입되고 개구부들에서 버스 바들을 둘러싸는 내화성 울(예: 섬유질 내화성 재료)을 포함할 수 있지만, 절연 재료가 그 주위에 배치된 버스 바들의 수평 및/또는 수직 이동을 변형하거나 그렇지 않으면 수용할 수 있는 다른 형태의 내화성 절연 재료가 사용될 수 있다.

[0077] 또한, 각 버스 바 쌍(222, 224)들은 3개의 상호 직교 축 중 임의의 하나를 따라 에지 디렉터 어셈블리들의 이동을 수용하도록 구성된 3축 지지 어셈블리에 의해 지지될 수 있다. 예를 들어, 제1 버스 바 쌍(222)은 제1 3축 지지 어셈블리(240a)에 의해 지지될 수 있고 제2 버스 쌍(224)은 제2 3축 지지 어셈블리(240b)에 의해 지지될 수 있다. 도 6은 제1 3축 지지 어셈블리(240a)를 도시하는데, 제2 3축 지지 어셈블리(240b)는 제1 3축 지지 어셈블리(240a)와 유사하거나 동일할 수 있다는 것을 이해한다. 각 3축 지지 어셈블리는 서로 직교하는 3개의 축(예: X, Y 및/또는 Z 축)들을 따라 이동하도록 구성될 수 있으며, 3축 지지 어셈블리들은 버스 바 어셈블리들을 인클로저(80)를 위한 건물 강철 및/또는 지지 강철 구조와 같은 적합한 구조적 지지체에 결합시킨다. 예를 들어, 3축 지지 어셈블리들은 스테이지들로 배열된 선형 슬라이드들을 포함할 수 있다. 제1 및 제2 3축 지지 어셈블리(240a, 240b)들의 3개 축은, 예를 들어 2개의 직교 수평 축(예: X 및 Y)들과 X 축과 Y 축 모두에 직교하는 수직 축(Z)을 따라 배열될 수 있다. 도 6을 참조하면, 제1 3축 지지 어셈블리(240a)는 베이스(242), 제1 레일(244), 제1 스테이지(246)을 포함할 수 있으며, 제1 스테이지(246)는 레일(244)을 따라 제1 방향으로, 예를 들어, 교차점에 점과 함께 X로 지정되고 그리고 +/-Y 방향으로 더 지정된 바와 같이 도 6의 페이지로 들어가거나 나오는 방향으로 슬라이드되도록 구성된다. 제1 3축 지지 어셈블리(240a)는 또한 제2 레일(250)을 따라 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로, 그리고 +/-X로 표시된 화살표로 더 지정된 제2 방향으로 슬라드되도록 구성된 제2 스테이지(248)를 포함할 수 있다. 제1 3축 지지 어셈블리(240a)는 제2 스테이지(248)에 결합된 프레임(252)을 더 포함할 수 있으며, 프레임(252)은 +/- X 및 +/-Y 축에 직교하는 +/- Z축을 따라 제1 버스 바 쌍(222)과 맞물리고 지지하도록 구성된 스프링 로드 크래들(예: 요크 또는 기타 결합 장치)의 쌍을 지지한다. 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 3축 지지 어셈블리(240a)의 제1 크래들(256a)은 제1 버스 바 어셈블리(200a)를 지지할 수 있고, 제2 크래들(256b)은 제3 버스 바 어셈블리(200c)의 일부를 지지할 수 있다. 그런 다음 제1 및 제2 크래들(256a 및 256b)들은 크래들들에 결합된 각각의 버스 바들의 무게를 지지하고 상쇄하는 데 사용되는 제1 및 제2 스프링(258a, 258b)들에 의해 지지될 수 있다.

[0078] 제1 및 제2 3축 지지 어셈블리(240a, 240b)들은 기울기 기능을 포함할 수 있다. 작동 중에 때때로 성형 몸체(42)를 기울여, 예를 들어, 성형 몸체를 그의 길이 방향(종 방향) 축을 중심으로 회전시켜 성형 몸체의 대향하는 수렴 성형 표면들 위로 용융 유리의 유동을 조정할 필요가 있을 수 있다. 에지 디렉터 어셈블리들이 성형 몸체에 부착되어 있고 그리고 버스 바 어셈블리들이 성형 몸체로부터 바깥쪽으로(예를 들어, 성형 몸체의 종방향 회전 축에 직교) 확장되어 있기 때문에, 버스 바 어셈블리들은 성형 몸체가 회전할 때 반드시 기울어진다. 3축

지지 어셈블리들은 에지 디렉터 어셈블리 또는 성형 몸체에 응력을 가하지 않고 성형 몸체에 의해 버스 바 어셈블리들 상에 가하는 기울기 각도를 수용하도록 구성될 수 있다. 따라서, 3축 지지 어셈블리들에는 기울기 기능이 제공될 수 있다. 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 3축 지지 어셈블리(240a)의 제1 및 제2 스프링(258a, 258b)들은 힌지(262)에 의해 프레임(252)에 결합된 플랫폼(260)에 결합되어 크래들(256a, 256b)들의 기울기를 용이하게 할 수 있다. 그러나, 기울기 기능을 제공하기 위한 다른 메커니즘이 사용될 수 있다. 제1 3축 지지 어셈블리(240a)에는 나사산 조정 스크류(264)가 제공될 수 있다. 조정 스크류에는 플랫폼(260) 및 크래들(256a, 256b)의 정확하고 반복 가능한 기울기 이동을 제공하기 위한 버니어 스케일(vernier scale)이 제공될 수 있다. 버스 바 어셈블리들은 그들 각각의 3축 지지 어셈블리들과 전기적으로 절연된다. 예를 들어, 크래들(256a 및 256b)들은 전기 절연 재료로 형성될 수 있고 및/또는 크래들과 각각의 버스 바(들) 사이에 비전도성 재료를 포함할 수 있다.

[0079] 이전에 언급된 바와 같이, 인클로저(80)는 성형 몸체(42)와 그 안의 용융 유리를 용융 유리의 원하는 성형 점도에 상응하는 온도로 유지하기 위한 복수의 열 요소들이 제공된 온도 제어 인클로저이다. 이러한 온도들은 성형 몸체(42)를 수용하는 인클로저의 상부 부분들에서 1000℃를 초과할 수 있다. 따라서, 이러한 고온에 노출된 버스 바 어셈블리(200a, 200b, 200c)들의 일부는 고온 내성 재료, 예를 들어 백금(예: 백금-로듐과 같은 백금 합금들)을 포함하는 재료들로 형성될 수 있다. 반면, 이러한 온도들에서 더 멀리 배치된 버스 바 어셈블리(200a, 200b, 200c)들의 일부는 니켈을 포함하는 재료들과 같이 고온에 덜 내성이 있는(예: 낮은 용융 온도) 재료로 형성될 수 있다. 이러한 덜 온도 내성 구성 요소를 안전한 작동 온도 범위 내에 유지하기 위해, 이러한 구성 요소들은 적극적으로 냉각될 수 있다. 따라서, 제2 버스 바(204a), 제4 버스 바(204b), 제2 버스 바 세그먼트(220a) 및 제4 버스 바 세그먼트(220b)는 여기에 결합된 냉각 요소(232)들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 냉각 요소(232)들은 냉각 유체를 이를 통해 전달하도록 그리고 제2 버스 바(204a), 제4 버스 바(204b), 및 제2 및 제4 버스 바 세그먼트(220a, 220b)의 온도를 낮추도록 구성된 냉각 튜브들을 포함할 수 있다. 적합한 냉각 유체는 물일 수 있지만 다른 냉각 유체를 사용할 수도 있다. 냉각 요소(232)들은 해당 버스 바 어셈블리들에 클램핑될 수 있지만 일반적으로 냉각 튜브와 각각의 버스 바 어셈블리 사이에 양호한 열 전도를 얻기 위해 제자리에 용접된다.

[0080] 버스 바 어셈블리들은 버스 바 어셈블리들(예: 제2 버스 바(204a), 제4 버스 바(204b), 및 제1 및 제2 버스 바 세그먼트(218a, 220a)들)을 포함하는 제2 재료가 성형 인클로저 내부의 고온 환경에 노출되지 않도록 배열될 수 있다. 성형 몸체(42) 내로 그리고 성형 몸체로부터 유동되는 용융 유리는 고온에 있기 때문에 용융 유리의 구성 성분, 예를 들어 보론은 용융 유리로부터 주변 환경으로 증발할 수 있으며, 여기서 휘발된 구성 성분은 차가운 표면에 응축될 수 있다. 버스 바 어셈블리들, 특히 버스 바 어셈블리들의 냉각된 부분들에서 휘발성 물질의 응축을 방지하기 위해, 버스 바 어셈블리들은 버스 바 어셈블리들의 제1 재료(예: 백금 함유 재료)와 냉각된 제2 재료(예: 니켈 함유 재료) 사이의 경계가 인클로저(80) 내부의 내부 환경 외부에 배치되도록 배열될 수 있다. 예를 들어, 제1 재료와 제2 재료 사이의 경계는 절연 내화 재료, 예를 들어 변형 가능한 내화 절연 재료 내부에 배치될 수 있다. 냉각 튜브(232)들의 일부는 변형 가능한 절연 재료 내로 확장될 수 있지만 인클로저 내부에 노출되지는 않는다.

[0081] 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 버스 바 어셈블리(200a)는 제1 에지 디렉터(102a)의 두꺼워진 제1 하단 에지 부분(114a)에 결합되고, 제2 버스 바 어셈블리(200b)는 제2 에지 디렉터(102b)의 두꺼워진 제2 하단 에지 부분(114b)에 결합되고, 제3 버스 바 어셈블리(200c)(예: 중앙 버스 바(214))는 제1 및 제2 에지 디렉터(102a, 102b) 모두의 두꺼워진 제1 및 제2 하단 에지 부분(114a, 114b)들에 결합되며, 여기서 두 개의 에지 디렉터들은 결합 에지(112)에서 함께 결합된다. 즉, 에지 디렉터 어셈블리(100)는 네 개의 전류 경로를 통해 전류를 공급받으며, 두 개의 전류 경로는 제1 및 제2 버스 바 어셈블리(200a, 200b)들을 포함하고, 두 개의 전류 경로는 제3 버스 바 어셈블리(200c)의 제1 및 제2 분기 버스 바(216a, 216b)를 포함한다.

[0082] 제1 버스 바 어셈블리(200a) 및 제2 버스 바 어셈블리(200b)는 제1 버스 바 어셈블리(200a) 및 제2 버스 바 어셈블리(200b), 그리고 따라서 에지 디렉터 어셈블리(100)에 전류를 공급하도록 구성된 전원 공급장치에 전기적으로 연결된다. 전원 공급장치는 3상 전류를 공급하며, 이 3상은 본 명세서에서 위상 A, 위상 B, 위상 C로 지정된다. 제1 버스 바 어셈블리(200a)에는 제1 전류 위상(예: 위상 A, B 또는 C)이 공급되고, 제2 버스 바 어셈블리(200b)에는 제1 버스 바 어셈블리(200a)에 공급된 제1 전류 위상과 다른 제2 전류 위상이 공급되고, 제3 버스 바 어셈블리(200c)에는 제1 버스 바 어셈블리(200a) 및 제2 버스 바 어셈블리(200b)에 공급된 전류 위상과 다른 나머지 전류 위상이 공급된다. 설명의 목적이지 제한이 아닌 목적으로, 제1 버스 바 어셈블리(200a)에 공급되는 전류 위상은 위상 A로 지정되고, 제2 버스 바 어셈블리(200b)에 공급되는 전류 위상은 위상 C로 지정되고, 제3

버스 바 어셈블리(200c)에 공급되는 전류 위상은 위상 B로 지정된다.

[0083] 전원 공급장치(250)의 위상 A는 전원 공급장치(250)와 제2 버스 바(204a) 사이에 연결된 제1 전원 케이블(252)를 통해 제1 버스 바 어셈블리(200a)의 제2 버스 바(204a)에 공급된다. 전원 공급장치(250)의 위상 C는 전원 공급장치(250)와 제4 버스 바(204b) 사이에 연결된 제2 전원 케이블(254)를 통해 제4 버스 바(204b)에 공급된다. 위상 B는 제3 전원 케이블(256)을 통해 제1 분기 버스 바(216a)에 연결되고 제4 전원 케이블(258)을 통해 제2 분기 버스 바(216b)에도 연결된다. 예를 들어, 제3 전원 케이블(256)은 제2 버스 바 세그먼트(220a)에 연결될 수 있고, 제4 전원 케이블(258)은 제4 버스 바 세그먼트(220b)에 연결될 수 있다.

[0084] 전류가 공급되면, 에지 디렉터 어셈블리(100)는 줄(Joule) 가열에 의해 가열된다. 이러한 가열 방식은 에지 디렉터가 에지 디렉터 외부의 하나 이상의 가열 요소로부터의 복사에 의해 가열되는 방식을 통해서 보다는, 에지 디렉터 어셈블리를 통과하는 전류가 에지 디렉터 어셈블리 자체를 저항적으로(resistively) 가열하기 때문에 직접 가열(direct heating)이라고 지칭한다. 즉, 에지 디렉터 어셈블리의 가열은 에지 디렉터의 금속을 통과하는 전류와 그 금속의 전기 저항의 결과로 발생한다. 그리고, 제1, 제2, 및 제3 버스 바 어셈블리(200a, 200b 및 200c)가 에지 디렉터 어셈블리의 두꺼워진 제1 및 제2 하단 에지 부분(114a, 114b)들에 연결되기 때문에 하단 에지 부분들은 에지 디렉터 어셈블리의 다른 부분들보다 더 높은 온도로 가열될 수 있으며, 그에 따라 데빗이 축적될 가능성이 가장 높은 에지 디렉터들의 영역으로 열을 지향시킨다.

[0085] 에지 디렉터 어셈블리(100a)는 적합한 전력 시스템, 예를 들어 전력 시스템(400)으로부터 교류(AC)를 공급받을 수 있다. 예를 들어, 전력 시스템은 변압기(404), 예를 들어 △:△(델타:델타) 변압기의 1차 측을 공급하는 전원 공급장치(402)를 포함할 수 있다. 변압기(404)의 2차 측은 플로팅 Y 부하, 예를 들어 도 8에 도시된 바와 같이 전기 저항으로 표시된 에지 디렉터 어셈블리(100a)에 연결된다. 전원 공급장치와 부하는 모두 전기적으로 접지되지 않는다.

[0086] 전력 시스템은 디지털 전원 공급장치(402), 예를 들어 Pacific Power Source AFX 3000 시리즈 전원 공급장치를 사용할 수 있다. 디지털 전원 공급장치는 정확한 파형으로 고전력 출력을 생성할 수 있으며, 다수의 병렬형 모듈들을 포함할 수 있으며, 각각은 예를 들어 최대 정격 3상 또는 단상 전류 출력을 광범위한 전압, 예를 들어 약 5볼트에서 약 120볼트 교류(Vac) 범위에 걸쳐 생성할 수 있다. 120-300 Vac 사이의 전압의 경우 출력은 전류 제한될 수 있다.

[0087] 본 명세서에서 설명된 전원 공급장치는 사인파 모양의 출력 파형을 제공할 수 있다. 또한, 전원 공급장치는 디지털 입력 파일로 정의할 수 있는 파형들을 생성할 수 있다. 출력 주파수는 전압 제한 없이 약 15헤르츠(Hz)에서 약 1200Hz 범위 내에 있을 수 있으며, 일부 전압 제한이 있는 경우 최대 약 3000Hz까지일 수 있다.

[0088] 전기 전력 시스템은 3상 저항 히터로서 작동될 수 있고, 여기서 에지 디렉터 어셈블리들 자체가 가열 요소 역할을 하므로, 에지 디렉터 어셈블리의 대향하는 측들(예: 우측 및 좌측 에지 디렉터들)에서 소모되는 실제 전력은 같거나 직접 제어될 수 있다. 그러나, 실제 응용은 3개의 버스 바 어셈블리들을 통한 실제 전력이 일반적으로 같지 않음을 보여주었다. 이러한 부하들이 명시적으로 실제라고 가정하면(예: $Z_{Pt} = R+j0$), 전류 조건은 옴의 법칙의 저항 형태에서 파생될 수 있다.

[0089] $$P_{L-Pt} = P_{R-Pt} \quad (1)$$

[0090] $$k^2 R_{L-Pt} i_a^2 = k_2 R_{R-Pt} i_c^2 \quad (2)$$

[0091] $R_{L-Pt} = R_{R-Pt}$이면, 그 때는

[0092] $$i_a = i_c. \quad (3)$$

[0093] 여기서 아래 첨자 L-Pt 및 R-Pt는 에지 디렉터 어셈블리의 우측 및 좌측 에지 디렉터를 나타내고 i_a 및 i_c는 각각 위상 A 및 위상 C의 개별 위상 전류를 나타낸다. 이 회로는 도 9에 도시된 바와 같이, 부하 임피던스를 변압기의 1차 측에 반영함으로써 단순화될 수 있다. 위상 임피던스들은 Z_a, Z_b 및 Z_c로 표시된다.

[0094] 전력 시스템은 불균형하다고 가정하므로 입력 전압들에서 발생하는 전류들은 메시 분석을 사용하여 찾을 수 있다. 위상 전류 i_a, i_b 및 i_c는 노드 n에서 키르호프 전류 법칙(Kirchoff's Current Law)을 적용하여 메시 전류 I_1 및 I_2에 따라 작성될 수 있다(도 9 참조).

[0095] $i_a = I_1$ (4)

[0096] $i_b = I_2 - I_1$ (5)

[0097] $i_c = -I_2$ (6)

[0098] 메시에서 각 루프에 키르호프 전압 법칙(Kirchoff's Voltage Law)을 적용하면 I_1과 I_2에 대한 행렬 방정식이 생성된다. $i_a = I_1$ 및 $i_c = -I_2$가 독립적이라는 점을 감안하면, 방정식 3에서와 같이 제어되어야 할 부하들이 위상 A 및 위상 C에 할당되도록 회로가 설계될 수 있다,

[0099] $$\begin{bmatrix} (Za + Zb) & -Zb \\ -Zb & (Zb + Zc) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{an} - V_{bn} \\ V_{bn} - V_{cn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

[0100] 여기서 Z는 소스들, 라인들 및 부하들과 같은 회로 요소들에 의해 정의된 임피던스 행렬이고, I는 메시 전류들의 벡터이며, V는 위상들 간의 차동 전압이다. 즉,

[0101] $ZI = V.$ (8)

[0102] 변수 Z, I 및 V는 위상 변수들로 정의될 수 있다. 예를 들어,

[0103] $V_{an} = V_{an} \angle \Phi V_{an}$ (9)

[0104] 여기서 Φ_{an}은 위상각이고 V_{an}은 위상 크기이다. i_a와 i_c를 방정식 7에 대입하면, 방정식 (10)을 생성한다.

[0105] $$\begin{bmatrix} (Z_a\angle\varphi_{Za} + Z_b\angle\varphi_{Zb}) & -Z_b\angle\varphi_{Zb} \\ -Z_b\angle\varphi_{Zb} & (Z_b\angle\varphi_{Zb} + Z_c\angle\varphi_{Zc}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a\angle\varphi_{ia} \\ -i_c\angle\varphi_{ic} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{an}\angle\varphi_{Van} - V_{bn}\angle\varphi_{Vbn} \\ V_{bn}\angle\varphi_{Vbn} - V_{cn}\angle\varphi_{Vcn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

[0106] 기존의 3상 전력 시스템에서, 전압 크기들과 위상 각도들은 일반적으로 도시 공공사업인 전력 소스에 의해 고정되므로 사용자는 이들을 거의 변경할 수 없다. 균형 잡힌 3상 시스템들에서는 전압 입력, 부하 임피던스 및 위상 전류들이 모두 동일하여 분석을 간단하게 한다. 그러나, 현재의 불균형 시스템(크기와 위상 각도가 다를 수 있는)에서, 디지털 전원 공급장치는 위상 전압 크기들 V_{an}, V_{bn} 및 V_{cn}과 위상 각도들 Φ_{an}, Φ_{bn} 및 Φ_{cn}을 제어할 수 있는 기능을 제공하기 때문에 이는 두 개의 방정식과 잠재적으로 여섯 개의 알려지지 않은 변수들을 갖는 미결정 문제가 된다.

[0107] 전압 V 및 임피던스 Z 행렬들이 완전히 정의되어 있고, 즉 모든 크기와 위상이 알려져 있는 경우, 메시 전류 I_1 및 I_2는 방정식 (11)에 의해 결정될 수 있다.

[0108] $I = V/Z$ (11)

[0109] 일단 메시 전류들이 알려지면 위상 전류 i_a, i_b 및 i_c도 결정될 수 있다. 전압은 임의로 특정될 수 있으므로, 전압 입력 정의를 조정함으로써 위상 전류를 원하는 값으로 구동하여, 주파수와 무관하게 시스템의 가변 진폭 3상 사인파 제어로 결과되는 제어 시스템이 구현될 수 있다.

[0110] 전원 공급장치(402)에는 컨트롤러(406),예를 들어 비례-적분(proportional-integral; PI) 컨트롤러가 포함될 수 있다. 제어 매개변수들은 밸런스 제어 매개변수를 포함할 수 있다. 제어 매개변수들은 바이어스 제어 매개변수를 포함할 수 있다. 제어 매개변수들은 레벨 제어 매개변수를 더 포함할 수 있다. 각 제어 매개변수는 사용자-정의 설정점과 해당 제어 매개변수의 현재 값 사이의 차이인 오류 함수와 연관될 수 있다. 해당 오류 함수는 해당 오류 함수와 연관된 제어 매개변수의 값을 조정하는 데 사용할 수 있다.

[0111] 예시적인 컨트롤러(406)는 다음과 같이 구성될 수 있다. 이하의 컨트롤러 설명의 경우, 위상 A가 기본 기준으로 사용되고, 다른 위상은 위상 A에 대해 제어된다.

[0112] 도 8-9를 참조하면, 밸런스 제어의 목적은 우측 및 좌측 저항성 부하들 R_{R-Pt} 및 R_{L-Pt}(예를 들어, 에지 디렉터 어셈블리의 대향하는 에지 디렉터) 사이의 전력 밸런스를 관리하는 것이며, 이는 $|i_a| = |i_c|$를 의미한다. 따라서,

밸런스 함수 $\triangle i_{bal}$은 위상 전류 i_a와 i_c 간의 차이로 정의될 수 있다.

[0113] 사용자 정의 밸런스 제어 설정점 $\triangle i_{bal,setpt}$가 주어지면, 전력 밸런스에 대한 오차 함수 ε_{bal}은 밸런스 제어 설정점과 밸런스 함수 $\triangle i_{bal}$ 간의 차이로 정의될 수 있다.

[0114] 비례-적분(PI) 제어 방식을 사용하여 오차 함수 u_{bal}에 비례하는 전력 밸런스제어 매개변수가 개발될 수 있다. 메시 전류들과 위상 전류들 간의 관계인 $I_1 = i_a$ 및 $I_2 = -i_c$의 경우, 전력 밸런스 제어 매개변수 u_{bal}을 위상 전압에 반대칭적으로 적용할 수 있다.

[0115] 바이어스 함수 $\triangle i_{bias}$가 위상 전류 i_a에 대해 위상 전류 i_b의 크기를 제어하기 위해 사용될 수 있다. 즉, A 및 B 위상 전류들 간의 차이이다.

[0116] 밸런스 제어 개발과 유사하게 오차 함수 ε_{bias}가 사용자-정의 바이어스 설정점과 바이어스 함수 사이의 차이(예: A, B 위상 전류 차이)로서 도입될 수 있다. 다시 말해서, 비례-적분(PI) 제어 방식을 사용하여 바이어스 제어 매개변수 u_{bias}가 2차 이득 함수 b_1을 통해 밸런스 오차 함수와 바이어스 함수에 비례하여 개발될 수 있다. 바이어스 제어는 밸런스 제어와 병렬로 적용될 수 있다.

[0117] 밸런스 및 바이어스 제어를 기반으로 레벨 제어 매개변수를 사용하여 위상 A의 전류 크기, $|i_a|$를 조절할 수 있다.

[0118] 레벨 제어 매개변수의 개발은 밸런스 및 바이어스 제어와 유사하게 진행된다. 레벨 제어는 위상 A의 전류 크기를 조절하는 것을 포함한다. 전력 시스템은 3상 연속 전도 시스템이기 때문에 하나의 위상을 변경하면 모든 위상의 전력 분배에 영향을 미친다. 여기서 레벨 오차 함수 ε_{level}은 위상 A 전류의 크기, $|i_a|$와 사용자-정의 레벨 설정점 L_{setpt} 사이의 차이이다.

[0119] 연관된 PI 레벨 제어 매개변수 u_{level}은 이어서 제2 2차 이득 함수 b_2를 통해 레벨 오차 함수에 비례한다. 이 경우, 레벨 제어 u_{level}은 모든 위상들에 동시에 작용하고, 밸런스 및 바이어스 제어 매개변수들이 수렴한 경우 특정 전력 비율을 유지한다. 따라서, 레벨 제어 매개변수 u_{level}을 사용하여 마스터 전압 이득 매개변수, k_V를 조정할 수 있다.

[0120] 상기 설명된 시스템에서 사용되는 전원 공급장치는 정상 상태 출력 응답을 생성하는 데 사용될 수 있다. 본 명세서에서 논의되는 제어 방식은 시스템을 원하는 작동 조건으로 구동하고 외부 교란이 있는 경우 해당 조건을 유지하도록 설계된다. 전력 시스템과 관련된 동역학은 전력 공급장치 내부에서 처리될 수 있으며, 사용자에게는 입력 명령만 남겨둔다. PI 컨트롤러는 로컬 안정성만 제공하므로 초기 전압 조건들은 수동으로 지정되어야 하며 제어를 작동시키기 전에 제어된 평형 조건에 상당히 가까워야 한다.

[0121] 전원 공급장치는 이 제어 방식을 달성하는 데 사용할 수 있는 내장 기능을 포함할 수 있거나, 이러한 기능을 외부에 적용할 수 있다. 어떤 경우든 제어는 소프트웨어를 통해 구현된 제어 매개변수를 사용하여 적합한 컨트롤러에 의해 수행될 수 있다. PI 컨트롤러는 밸런스, 바이어스 및 레벨 제어 매개변수들을 통해 버스 바 어셈블리들에 공급되는 전류를 제어하기 위한 특성, 회로, 논리, 수단 또는 지침을 포함할 수 있다. 컨트롤러는 프로세서가 실행하면 전원 공급장치의 작동을 용이하게 하는 컴퓨터 판독 및 실행 가능 명령어를 저장하는 비일시적 메모리에 통신적으로 결합된 프로세서를 포함한다.

[0122] 작동 전압 및 전류 한계들은 전원 출력의 각 위상에 대해 지정될 수 있다. 기본 제어 방법은 출력이 이러한 한계들 중 하나에 근접함에 따라 결정될 수 있다. 입력 위상 전압이 지정된 작동 한계보다 큰 전류를 발생시키는 경우 해당 위상은 전류 제어 모드에서 작동될 수 있으며, 여기서 위상 전압은 지정된 한계 전류를 생성하도록 내부적으로 조절될 수 있다.

[0123] 이를 달성하기 위해 컨트롤러의 튜닝이 시작되기 전에 위상 전류 한계를 명시적으로 정의할 수 있다. 그런 다음 전류 한계에 도달할 때까지 각 위상 전압에 비례 제어를 적용할 수 있다. 각 위상이 그의 전류 한계까지 구동되면 새로운 전압을 전압 설정점 변수에 할당할 수 있다. 컨트롤러는 전류 한계에 도달할 때까지 전압을 증가시키고, 결과 전류가 위상 전류 한계를 초과하면 전원 공급장치가 자동으로 전압을 줄일 수 있다.

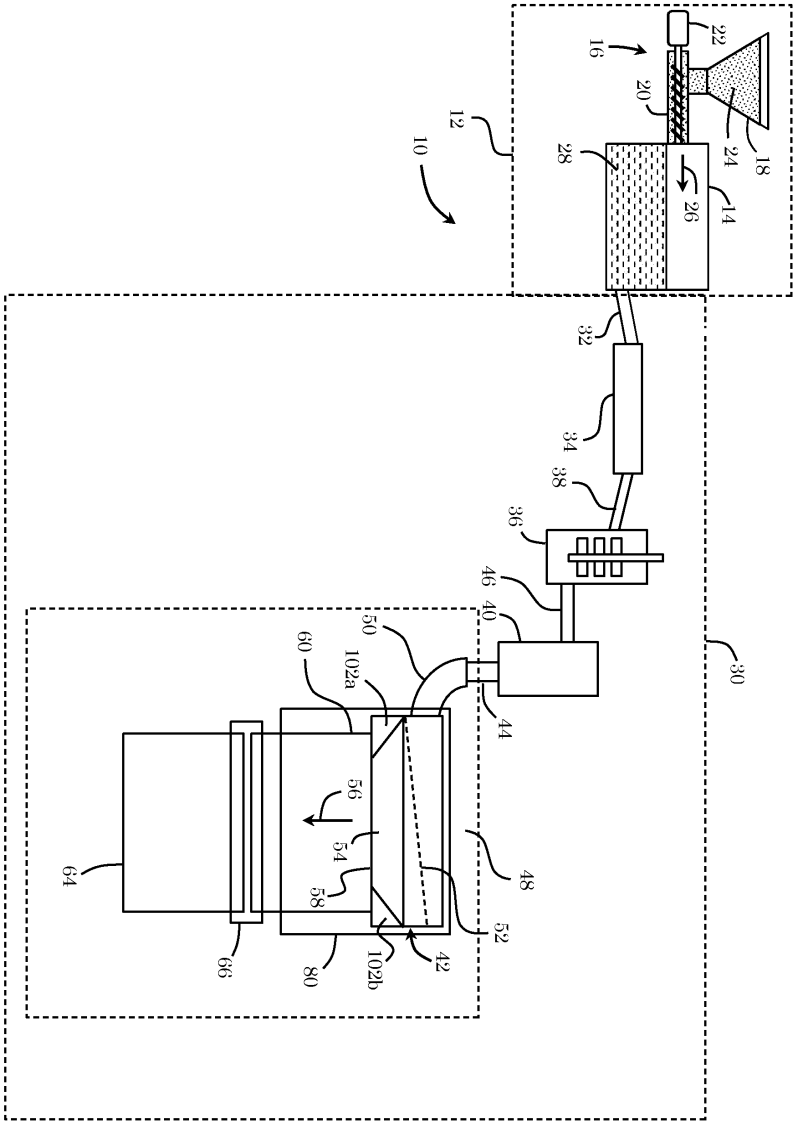
[0124] 앞의 개시 내용은 직접 가열된 에지 디렉터 어셈블리의 3상 실시예를 강조했지만, 단일 전기적 위상을 사용한

직접 가열도 고려된다. 예를 들어, 도 10은 제3 버스 바 어셈블리가 없는 에지 디렉터 어셈블리(100a)의 실시예를 도시한다. 따라서, 단일 위상 전류는 제1 및 제2 에지 디렉터(102a, 102b)를 통해, 보다 구체적으로는 제1 하단 에지 부분(114a)와 제2 하단 에지 부분(114b)을 통해 제1 버스 바 어셈블리(200a)와 제2 버스 바 어셈블리(200b) 사이에 설정될 수 있다.

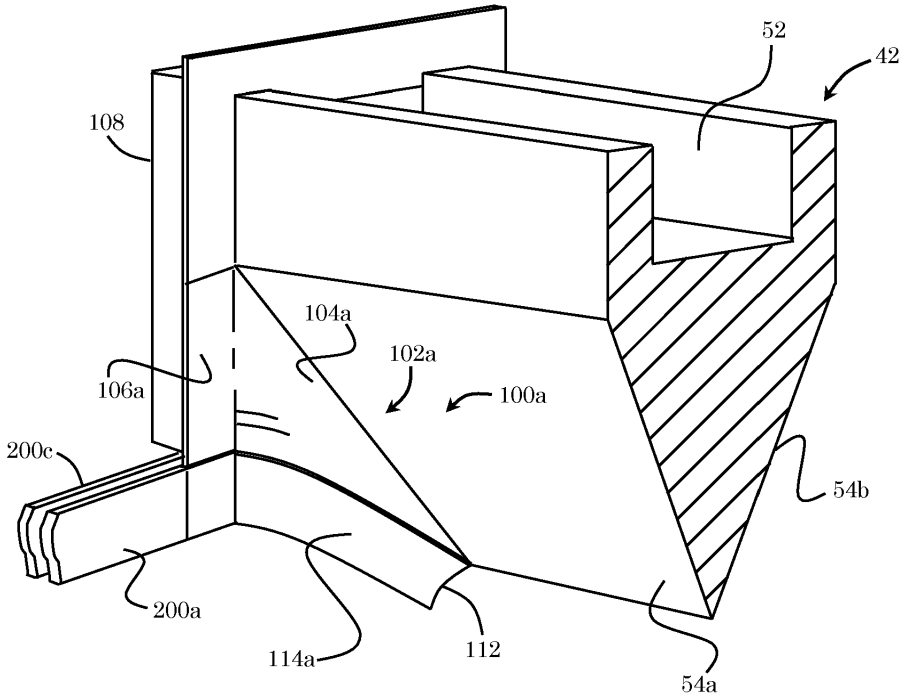
[0125] 통상의 기술자는 본 발명의 실시예들에 다양한 수정 및 변형이 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않고 이루어질 수 있음을 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명은 첨부된 청구항들 및 그 등가물의 범위 내에 있는 한 이러한 수정 및 변형을 포괄하도록 의도된다.

도면

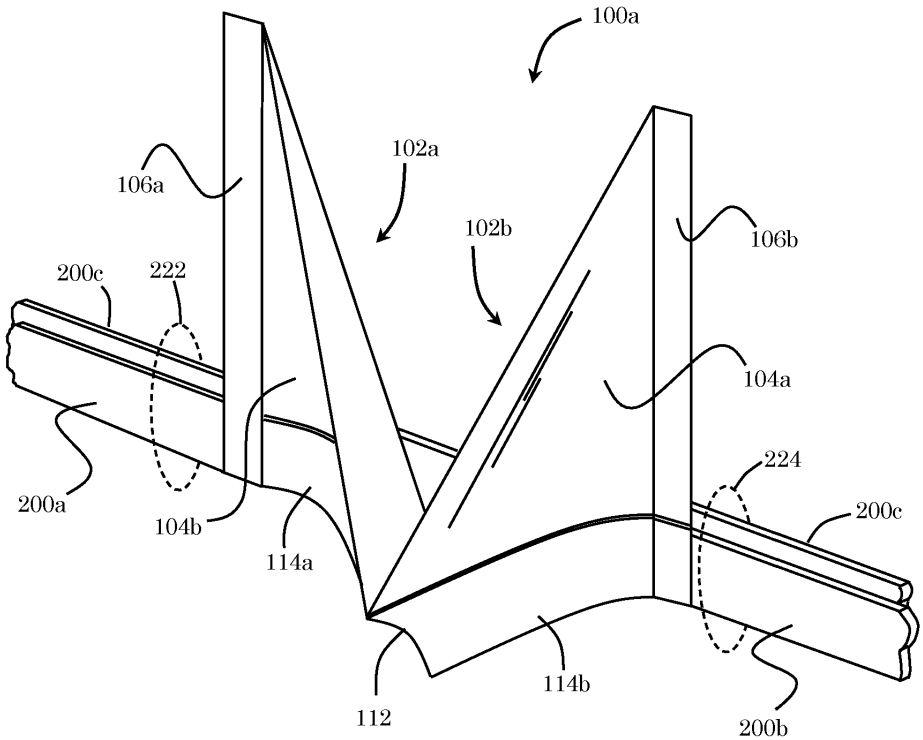
도면1



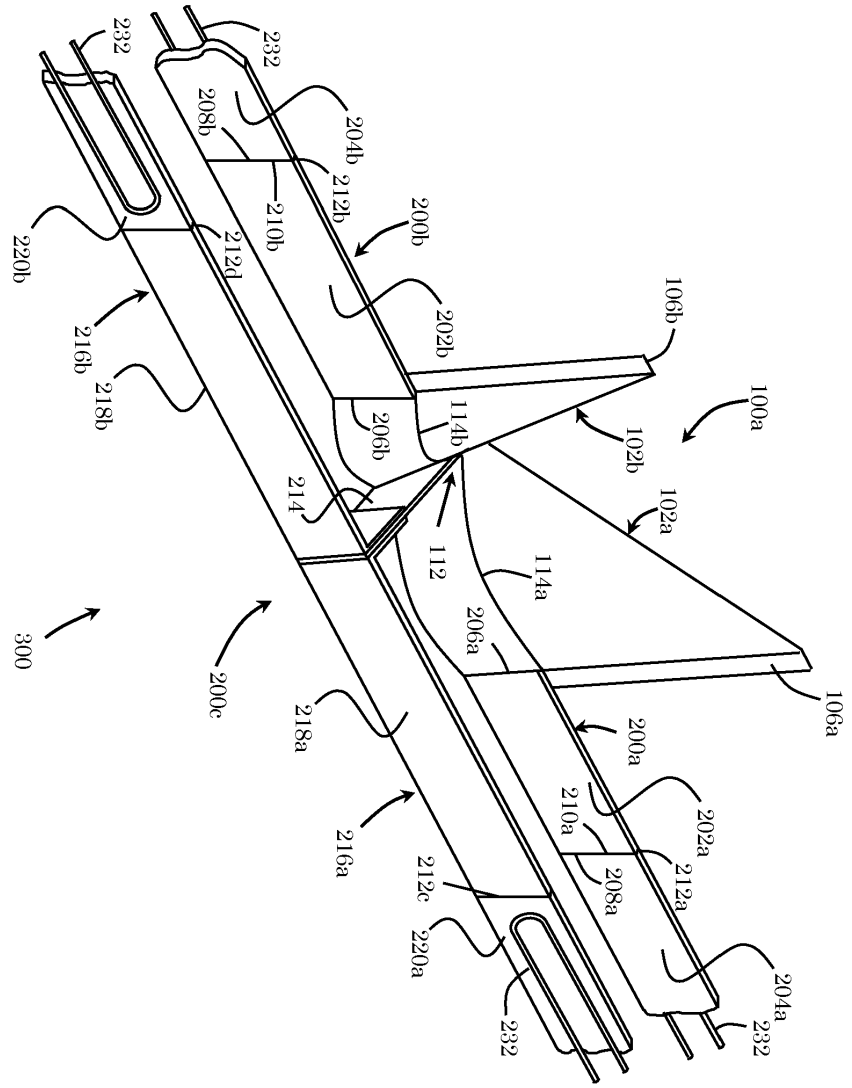
도면2


52
42
108
104a
102a
106a
100a
200c
54b
200a
114a
112
54a

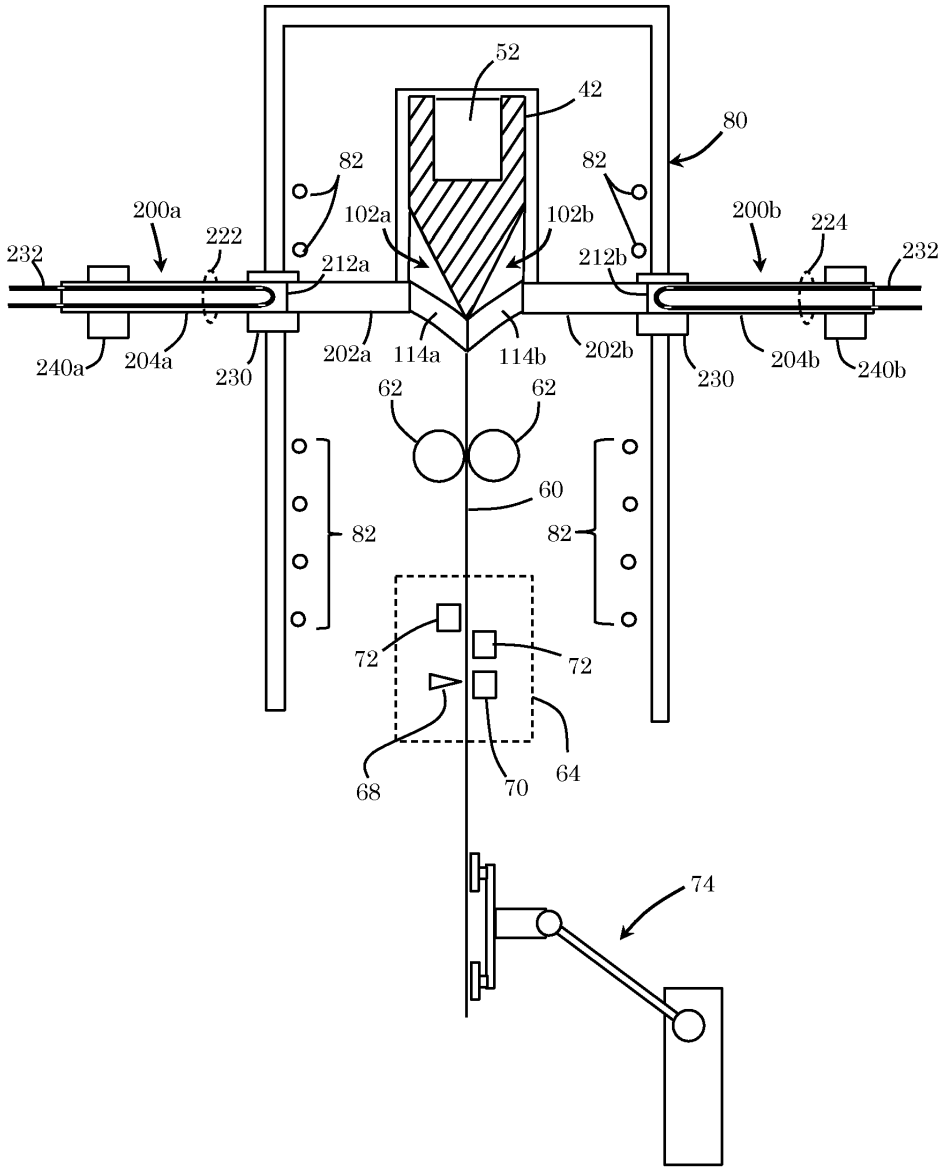
도면3


100a
102a
106a
102b
106b
200c
222
104a
224
200a
104b
114a
200c
114b
112
200b

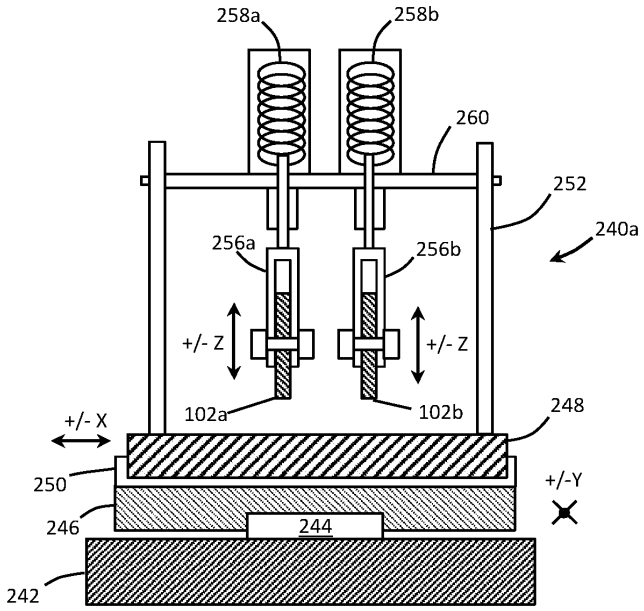
도면4


232
232
208b
204b
212b
210b
200b
220b
212d
202b
106b
216b
218b
206b
114b
100a
102b
214
102a
112
114a
206a
300
200c
106a
200a
218a
210a
202a
216a
212c
208a
212a
220a
204a
232
232

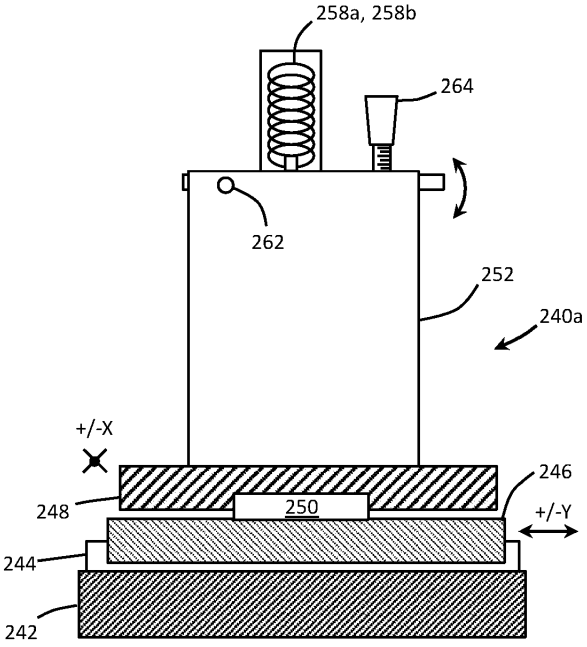
도면5


52
42
80
82
82
200a
102a
102b
200b
224
222
232
212a
212b
232
240a
204a
230
202a
114a
114b
202b
230
204b
240b
62
62
60
82
82
72
72
68
70
64
74

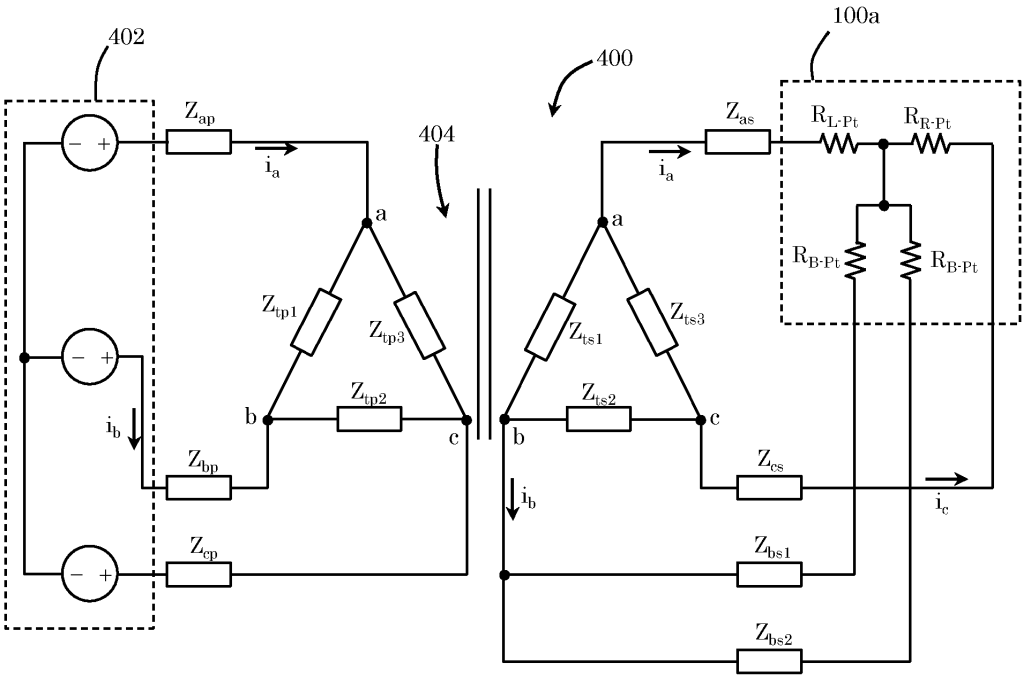
도면6


258a
258b
260
252
240a
256a
256b
+/- Z
+/- Z
102a
102b
248
+/- X
250
+/-Y
246
244
242

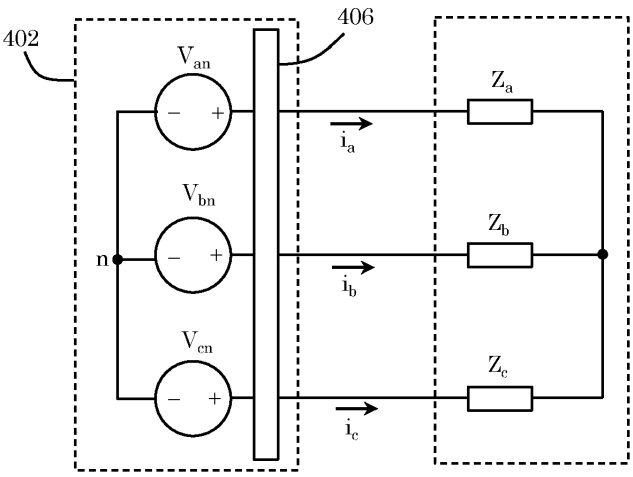
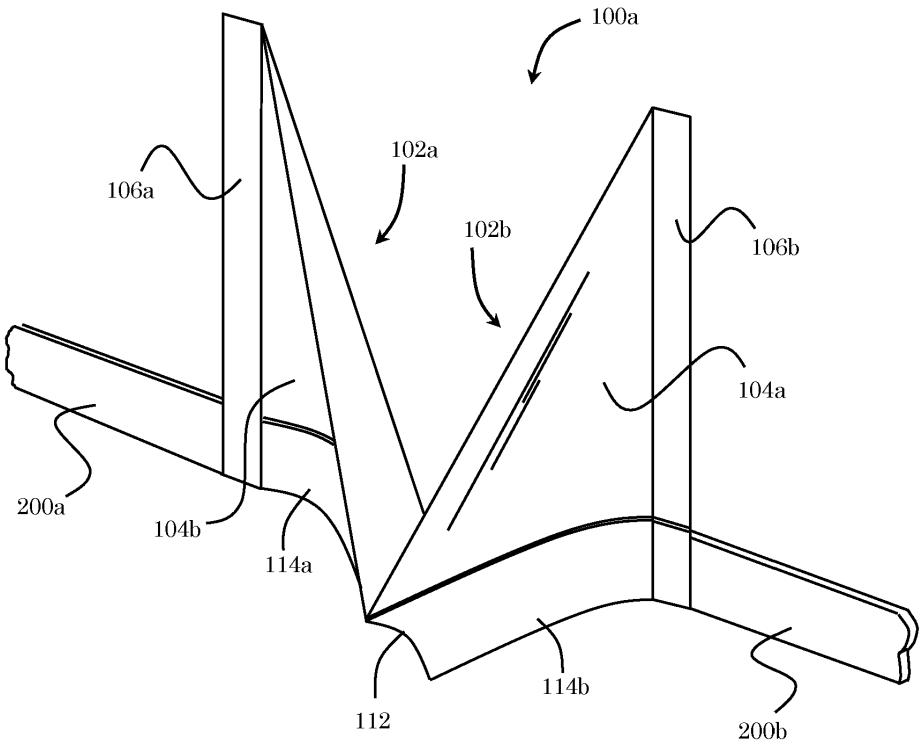
도면7


258a, 258b
264
262
252
240a
+/-X
248
250
246
+/-Y
244
242

도면8


402
400
100a
404
Zap
ia
Zas
RL-Pt
RR-Pt
RB-Pt
RB-Pt
a
a
Ztp1
Ztp3
Zts1
Zts3
Ztp2
Zts2
b
c
b
c
ib
Zbp
Zcs
ic
Zcp
Zbs1
Zbs2

도면9


402
406
Van
Za
ia
Vbn
Zb
n
ib
Vcn
Zc
ic

도면10