



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월14일
(11) 등록번호 10-1212824
(24) 등록일자 2012년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7014324
(22) 출원일자(국제) 2005년11월21일
심사청구일자 2010년09월15일
(85) 번역문제출일자 2007년06월22일
(65) 공개번호 10-2007-0089198
(43) 공개일자 2007년08월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/042127
(87) 국제공개번호 WO 2006/057957
국제공개일자 2006년06월01일
(30) 우선권주장
60/630,384 2004년11월23일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2004293443 A*
W02000031416 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엔테그리스, 아이엔씨.
미국 01821-4600 매사추세츠주 빌러리카 콩코드
로드 129
(72) 발명자
라베르디에르 맥
미국 매사추세츠주 01880 웨이크필드 브로드웨이
149
셰드론 제임스
미국 매사추세츠주 02184 브레인트리 마그놀리아
스트리트 104
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
신정건, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 41 항

심사관 : 박문철

(54) 발명의 명칭 가변 흡 위치 토출 장치용 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예들은 펌프의 장치 내 용적을 줄이기 위한 시스템과 방법을 제공한다. 특히, 본 발명의 실시예들은 토출 펌프 및/또는 이송 펌프에서 장치 내 잔류량을 줄이기 위해 흡 위치를 결정하기 위한 시스템 및 장치에 관한 것이다. 다이어프램의 대한 흡 위치는 토출 펌프 및/또는 이송 펌프에서의 챔버의 용적이 장치 내 용적을 최소화시키면서 토출 사이클의 각종 단계를 수행하기에 충분한 유체를 포함하도록 선택될 수 있다. 추가적으로, 다이어프램의 흡 위치는 양변위의 유효 범위를 최적화시키기 위해 선택될 수 있다.

(72) 발명자

고넬라 조지

미국 매사추세츠주 01463 페퍼렐 엘리엇 스트리트 24

가쉬개 이라주

미국 매사추세츠주 01752 말보러 로버트 로드 104

매군 폴

미국 뉴햄프셔주 03054 메리맥 사라 드라이브 20

킹 티모시 제이

미국 매사추세츠주 01776 서드베리 올드 랭카스터 로드 136

특허청구의 범위

청구항 1

펌핑 시스템으로서,

최대 가용 용적을 갖고, 토출 챔버 내에서 이동 가능한 토출 다이어프램을 포함하는 토출 펌프와,

상기 토출 다이어프램을 이동시키는 토출 모터와,

상기 토출 펌프 및 상기 토출 모터에 결합된 펌프 컨트롤러

를 포함하고,

상기 펌프 컨트롤러는 상기 토출 펌프의 최대 가용 용적보다 충전되는 프로세스 유체의 양이 적도록 토출 펌프를 충전시키기 위해 토출 챔버 내의 토출 다이어프램을 이동시켜 토출 펌프 홈 위치에 도달하도록 토출 펌프를 제어하는 작동이 가능하되, 상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동하였을 때 상기 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양은 상기 토출 펌프의 최대 가용 용적보다 적으면서 토출 용적을 포함하고, 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 용적은 토출 펌프에 대하여 토출 사이클 동안의 최대 가용 용적이며, 상기 토출 펌프 홈 위치는 하나 이상의 토출 작동 파라미터에 기초하여 상기 펌프 컨트롤러에 의해 결정되고,

상기 펌프 컨트롤러는 토출 펌프로부터 상기 토출 용적의 프로세스 유체를 토출하기 위해 토출 펌프를 제어하는 작동이 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 토출 펌프의 상류에 있는 필터와,

상기 토출 펌프의 상류에 있는 입구 밸브와,

상기 필터의 하류에 있는 퍼지 밸브와,

상기 토출 펌프의 하류에 있는 출구 밸브

를 더 포함하는 펌핑 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 토출 펌프의 상류에 위치한 이송 펌프와,

상기 토출 펌프의 상류와 이송 펌프의 하류에 있는 필터와,

상기 이송 펌프의 상류에 있는 입구 밸브와,

상기 이송 펌프와 상기 필터 사이에 있는 격리 밸브와,

상기 필터와 상기 토출 펌프 사이에 있는 배리어 밸브와,

상기 토출 펌프의 상류에 있는 퍼지 밸브와,

상기 토출 펌프의 하류에 있는 출구 밸브

를 더 포함하는 펌핑 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 펌프 컨트롤러는 퍼지 용적의 프로세스 유체를 퍼지시키도록 토출 펌프를 제어하기 위해 추가로 작동 가능하며, 상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동되었을 때 상기 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양은 적어도 토출 용적에 퍼지 용적을 더한 용적인 것인 펌핑 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 펌프 컨트롤러는,

토출 펌프를 부분적으로 충전시키기 이전에 토출 다이어프램을 하드 스톱(hard stop) 위치로 이동시키도록 토출

펌프를 제어하기 위해, 그리고

토출 모터를 대응하는 스텝 수만큼 역회전시킴으로써 토출 다이어프램을 하드 스톱 위치에서 토출 펌프 홈 위치로 이동시키도록 토출 펌프를 제어하기 위해

더 작동 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 토출 펌프는 상기 토출 모터의 위치를 표시하기 위한 위치 센서를 더 포함하는 것인 펌핑 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 위치 센서는 선형 인코더인 것인 펌핑 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 위치 센서는 로터리 인코더인 것인 펌핑 시스템.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 펌프 컨트롤러는 상기 토출 다이어프램을 제1 위치에서 토출 펌프 홈 위치로 이동시키도록 토출 모터를 제어하기 위해 더 작동 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 펌프 컨트롤러는 위치 센서로부터의 피드백에 기초하여 토출 다이어프램을 홈 위치에서 정지시키기 위해 더 작동 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 토출 펌프의 상류에 위치하는 이송 펌프를 더 포함하고, 상기 이송 펌프는 이송 펌프의 이송 챔버 내에서 이동 가능한 이송 다이어프램을 포함하며,

상기 펌프 컨트롤러는 이송 펌프에 연결되고, 프로세스 유체에 압력을 가하여 토출 펌프에 프로세스 유체를 공급하도록 이송 펌프를 제어하기 위해 작동 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 펌프 컨트롤러는 이송 펌프를 프로세스 유체의 양만큼 부분적으로 충전시키기 위해 이송 다이어프램을 이송 펌프 홈 위치로 이동시키도록 이송 펌프를 제어하기 위해 더 작동 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 펌프 컨트롤러는 통기 용적의 프로세스 유체를 통기시키기 위해 이송 펌프를 제어하도록 더 작동 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 이송 다이어프램이 이송 펌프 홈 위치에 있는 경우 이송 펌프의 프로세스 유체의 양은 토출 용적, 통기 용적, 및 퍼지 용적과 적어도 동일한 것인 펌핑 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 토출 다이어프램이 상기 토출 펌프 홈 위치에 있는 경우에 상기 토출 펌프의 프로세스 유체의 양은 사용자에 의해 특정된 사용자 특정 용적과 적어도 동일한 것인 펌핑 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 펌프 컨트롤러는,

사용자가 특정한 사용자 특정 용적을 수용하기 위해, 그리고

토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치에 있을 때 상기 토출 펌프에 충전되는 프로세스 유체의 양을 결정하도록 상기 사용자 특정 용적에 예러 용적을 추가하기 위해 더 작동 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 17

제1항에 있어서, 이송 챔버 내에서 이동 가능한 이송 다이어프램을 포함하고 상기 토출 펌프의 상류에 위치하는 이송 펌프를 더 포함하며, 상기 이송 펌프는 최대 가용 용적을 갖고,

상기 펌프 컨트롤러는 이송 펌프에 접속되고, 상기 펌프 컨트롤러는

프로세스 유체에 압력을 가하여 토출 펌프에 프로세스 유체를 공급하도록 이송 펌프를 제어하며,

이송 펌프에 대한 사용자 특정 용적을 수용하고,

상기 이송 펌프의 최대 가용 용적보다 적은 이송 펌프의 프로세스 유체의 양을 충전할 수 있는 이송 펌프 홈 위치를 결정하기 위해 상기 사용자 특정 용적에 예러 용적을 추가하도록 작동 가능한 것인 펌핑 시스템.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 토출 펌프 홈 위치는 토출 다이어프램의 유효 대역을 이용하기 위해 선택되는 것인 펌핑 시스템.

청구항 19

펌프 시스템에서 프로세스 유체의 장치 내 잔류량(hold-up volume)을 줄이기 위한 방법으로서,

하나 이상의 토출 작동 파라미터에 기초하여, 최대 가용 용적을 갖는 토출 펌프에 대한 토출 펌프 홈 위치를 토출 펌프에 연결된 펌프 컨트롤러에 의해 결정하는 것,

상기 펌프 컨트롤러에 의해 상기 토출 펌프의 토출 다이어프램을 상기 토출 펌프 홈 위치까지 이동시키도록 상기 토출 펌프를 제어하는 것,

상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동하였을 때 상기 토출 펌프를 일정 양의 프로세스 유체로 충전시키는 것으로서, 상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동하였을 때 상기 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양은 상기 토출 펌프의 최대 가용 용적보다 적으면서 토출 용적을 포함하고, 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 용적은 토출 펌프에 대하여 토출 사이클 동안의 최대 가용 용적인 것, 그리고

토출 펌프에서 나온 상기 토출 용적의 프로세스 유체를 웨이퍼로 토출하는 것으로서, 토출 용적의 일부는 웨이퍼로 토출되며, 상기 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 토출 펌프의 프로세스 유체의 양은 적어도 상기 프로세스 유체의 토출 용적인 것

을 포함하는 것인 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 토출 펌프에서 나온 퍼지 용적의 프로세스 유체를 퍼지하는 것을 더 포함하는 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동되었을 때 상기 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양은 적어도 토출 용적에 퍼지 용적을 더한 용적인 것인 방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 퍼지 용적의 프로세스 유체를 퍼지하는 것은, 토출 이전에 토출 사이클에서 이루어지는 것인 방법.

청구항 23

제19항에 있어서, 토출에 후속하여 토출 사이클에서 프로세스 유체의 퍼지가 이루어지는 것인 방법.

청구항 24

제19항에 있어서, 상기 토출 펌프의 상류에 위치한 이송 펌프를 이송 펌프 홈 위치까지 충전시키는 것을 더 포함하며, 상기 이송 펌프는 최대 가용 용적을 갖고, 상기 이송 펌프 홈 위치는 이송 펌프의 최대 가용 용적보다 적은 프로세스 유체의 양에 대응하며, 상기 이송 펌프 홈 위치에 대응하는 이송 펌프의 프로세스 유체의 양은 적어도 상기 프로세스 유체의 토출 용적인 것인 방법.

청구항 25

제24항에 있어서, 통기 용적의 프로세스 유체를 통기시키는 것을 더 포함하며, 이송 펌프 홈 위치에 대응하는 이송 펌프의 프로세스 유체의 양은 적어도 통기 용적에 토출 용적을 더한 용적인 것인 방법.

청구항 26

제25항에 있어서, 토출 펌프로부터 퍼지 용적의 프로세스 유체를 퍼지시키는 것을 더 포함하며, 상기 이송 펌프 홈 위치에 대응하는 이송 펌프의 프로세스 유체의 양은 적어도 통기 용적에 토출 용적을 더하고 퍼지 용적을 더한 용적인 것인 방법.

청구항 27

제26항에 있어서, 토출 펌프에서 재흡입 용적의 프로세스 유체를 재흡입하는 것을 더 포함하며, 상기 이송 펌프 홈 위치에 대응하는 이송 펌프의 프로세스 유체의 양은 적어도 통기 용적에 토출 용적과 퍼지 용적을 더하고 재흡입 용적을 뺀 용적인 것인 방법.

청구항 28

제19항에 있어서, 토출 다이어프램의 유효 범위에 기초하여 토출 펌프 홈 위치를 결정하는 것을 더 포함하는 방법.

청구항 29

컴퓨터 명령어 세트를 포함하는 컴퓨터 프로그램을 갖는 펌프 컨트롤러의 컴퓨터 판독 가능 매체로서,
상기 펌프 컨트롤러가

하나 이상의 토출 작동 파라미터를 수신하고,

상기 하나 이상의 토출 작동 파라미터에 기초하여 최대 가용 용적을 갖는 토출 펌프에 대한 토출 펌프 홈 위치를 결정하며,

토출 펌프를 일정 양의 프로세스 유체로 충전시키기 위해 토출 펌프에서 토출 다이어프램을 이동시켜 토출 펌프 홈 위치에 도달하도록 토출 펌프를 안내하되 상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동하였을 때 상기 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양은 상기 토출 펌프의 최대 가용 용적보다 적으면서 토출 용적을 포함하고, 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 용적은 토출 펌프에 대하여 토출 사이클 동안의 최대 가용 용적이 되도록 하며,

토출 펌프로부터 상기 토출 용적의 프로세스 유체를 토출할 수 있게 토출 펌프를 안내할 수 있도록,

상기 컴퓨터 명령어 세트는 펌프 컨트롤러의 프로세서에 의해 실행 가능한 명령을 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 컴퓨터 명령어 세트는 퍼지 용적의 프로세스 유체를 퍼지하기 위해 토출 펌프를 안내하도록 실행 가능한 명령을 더 포함하며, 상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동되었을 때 상기 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양은 적어도 토출 용적에 퍼지 용적을 더한 용적인 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 31

제29항에 있어서, 상기 컴퓨터 명령어 세트는,

토출 펌프에 프로세스 유체를 충전시키기 이전에 토출 다이어프램을 하드 스톱 위치로 이동시키도록 토출 펌프

를 안내하고,

상기 토출 펌프에 프로세스 유체를 상기 양만큼 충전할 수 있게 토출 다이어프램을 하드 스톱 위치에서 토출 펌프 홈 위치로 이동시키도록 토출 펌프를 안내하기 위해

실행 가능한 명령을 더 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 32

제29항에 있어서, 상기 컴퓨터 명령어 세트는 토출 다이어프램을 제1 위치에서 토출 펌프 홈 위치로 이동시키도록 토출 모터를 제어하기 위해 실행 가능한 명령을 더 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 33

제32항에 있어서, 상기 컴퓨터 명령어 세트는,

토출 펌프에서 위치 센서로부터의 피드백을 수신하고,

상기 위치 센서로부터의 피드백에 기초하여 토출 다이어프램을 토출 펌프 홈 위치에서 정지시키기 위해 실행 가능한 명령을 더 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 34

제29항에 있어서, 상기 컴퓨터 명령어 세트는,

프로세스 유체에 압력을 가하여 토출 펌프에 프로세스 유체를 공급하도록 상기 토출 펌프의 상류에 위치한 이송 펌프를 안내하고,

이송 다이어프램을 이송 펌프 홈 위치로 이동시켜 이송 펌프에 일정 양의 프로세스 유체를 충전시키도록 이송 펌프를 안내하기 위해 실행 가능한 명령을 더 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 35

제34항에 있어서, 상기 컴퓨터 명령어 세트는 통기 용적의 프로세스 유체를 통기시키도록 이송 펌프를 안내하기 위해 실행 가능한 명령을 더 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 36

제35항에 있어서, 이송 다이어프램이 이송 펌프 홈 위치에 있는 경우, 이송 펌프에서의 프로세스 유체의 양은 토출 용적에 통기 용적과 퍼지 용적을 더한 용적과 적어도 동일한 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 37

제29항에 있어서, 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치에 있는 경우, 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양은 적어도 사용자 특정 토출 펌프 용적과 동일한 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 38

제37항에 있어서, 토출 작동을 위한 하나 이상의 토출 작동 파라미터는 사용자 특정 토출 펌프 용적을 포함하며, 상기 컴퓨터 명령어 세트는,

상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동되었을 때 상기 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양에 대응하는 토출 펌프 홈 위치를 결정하도록 상기 사용자 특정 토출 펌프 용적에 예러 용적을 추가하기 위해 실행 가능한 명령을 더 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 39

제34항에 있어서, 상기 토출 펌프의 상류에 위치한 이송 펌프의 이송 다이어프램이 이송 펌프 홈 위치에 있는 경우, 이송 펌프의 프로세스 유체의 양은 적어도 사용자 특정 이송 펌프 용적과 동일한 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 40

제39항에 있어서, 상기 토출 작동을 위한 하나 이상의 토출 작동 파라미터는 상기 토출 펌프의 상류에 위치한 이송 펌프에 대하여 사용자 특정 이송 펌프 용적을 포함하며, 상기 컴퓨터 명령어 세트는,

상기 토출 다이어프램이 토출 펌프 홈 위치로 이동되었을 때 상기 토출 펌프에서의 프로세스 유체의 양에 대응하는 토출 펌프 홈 위치를 결정하도록 상기 사용자 특정 이송 펌프 용적에 예러 용적을 추가하기 위해 실행 가능한 명령을 더 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 41

제29항에 있어서, 상기 컴퓨터 명령어 세트는 토출 다이어프램의 유효 범위를 이용하여 토출 펌프 홈 위치를 결정하기 위해 실행 가능한 명령을 더 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 펌핑 시스템(pumping system)에 관한 것이며, 보다 구체적으로 말하면 토출 펌프(disense pump)에 관한 것이다. 보다 더 구체적으로 말하면, 본 발명의 실시형태는 토출 펌프의 장치 내 잔류량(hold-up volume)을 줄이기 위한 시스템 및 방법을 제공한다.

배경기술

[0002] 반도체 제조 장치용 토출 시스템은 웨이퍼 상에 정량의 유체를 토출시키도록 설계되어 있다. 1단계 시스템(one-phase system)에서 유체는 토출 펌프로부터 필터를 통해 웨이퍼로 토출된다. 2단계 시스템(two-phase system)에서 유체는 토출 펌프로 유입되기 전에 여과 단계에서 여과된다. 이 유체는 그 다음 토출 단계에서 웨이퍼에 직접 토출된다.

[0003] 어느 경우든, 토출 펌프는 통상적으로 특정 용적의 유체를 저장하는 챔버와, 이 챔버에서 나온 유체를 밀어내는 가동 다이어프램을 구비한다. 토출 이전에, 토출 작동 동안 요구되는 유체의 용적에 무관하게 챔버의 최대 용적을 사용할 수 있도록 다이어프램은 통상적으로 위치 설정된다. 따라서 예컨대, 10mL의 토출 펌프에서, 상기 챔버는 각각의 토출에 단지 3mL의 유체만을 필요로 할 경우라도 10.5mL 혹은 11mL의 유체를 저장하게 될 것이다(10mL 토출 펌프는 10mL의 최대 예상 토출을 완료하기에 충분한 유체가 존재하는 것을 보장하기 위해 약간 더 큰 챔버를 구비할 것이다). 각각의 토출 사이클에 있어서, 챔버는 그것의 최대 용량(예컨대, 펌프에 따라 10.5mL 혹은 11mL)으로 충전될 것이다. 이것은 3mL 토출의 경우 토출에 사용되지 않는 적어도 7.5mL의 "장치 내 잔류량"(펌프에 예컨대, 10.5mL 챔버를 구비하는 경우)이 존재하는 것을 의미한다.

[0004] 2단계 토출 시스템에서, 장치 내 잔류량이 증가하게 되는데, 그 이유는 2단계 시스템은 장치 내 잔류량을 갖는 이송 펌프를 사용하기 때문이다. 이송 펌프가 10.5mL 용량을 갖지만 각각의 토출 작동 동안 토출 펌프로 단지 3mL의 유체를 공급할 필요가 있는 경우, 이송 펌프는 사용되지 않은 7.5mL의 장치 내 잔류량을 가질 것이며, 상기 예에서 전체 토출 시스템에서 사용되지 않은 장치 내 잔류량이 15mL에 이른다.

[0005] 장치 내 잔류량은 몇 가지의 문제점을 안고 있다. 첫 번째 문제점은 여분의 화학 폐기물을 발생시킨다는 점이다. 토출 시스템에 최초 주입될 때, 토출 펌프 및/또는 이송 펌프에 여분의 용적을 충전시키기 위해서는 토출 작동에 사용되는 것보다 많은 여분의 유체를 필요로 한다. 장치 내 잔류량은 또한 토출 시스템을 물로 씻어낼 때 폐기물을 발생시킨다. 장치 내 잔류량이 증가하기 때문에 화학 폐기물의 문제점이 악화된다.

[0006] 장치 내 잔류량과 관련한 두 번째 문제점은 유체 정체(stagnation)가 발생한다는 점이다. 화학 물질은 교질화, 결정화, 탈가스화, 분리 등이 발생할 염려가 있다. 또한, 이러한 문제점은 특히 소량 토출 장치에서 장치 내 잔류량이 더 클수록 더 심각해진다. 유체 정체는 토출 작동에 불리한 여러 가지 영향을 미칠 수 있다.

[0007] 대량의 장치 내 잔류량을 갖는 시스템은 반도체 제조 공정에서 신규의 화학 물질의 테스트에 대하여 또 다른 단점을 나타낸다. 대부분의 반도체 제조 공정에서 화학 물질은 고가(예컨대, 리터당 수천 달러)이기 때문에, 신규의 화학 물질은 소량 배치(batch)로 웨이퍼 상에서 테스트된다. 반도체 제조업자들은 유체의 장치 내 잔류량과, 다단 펌프를 사용하여 토출 테스트를 행함으로써 유발되는 비용을 낭비하는 것을 원치 않기 때문에, 예컨대 주사기를 사용하여 소량의 테스트용 화학 물질을 토출하는 것에 의존해왔다. 이것은 부정확하고, 시간 소모적이며, 실제 토출 공정을 나타내지 않는 잠재적으로 위험한 공정이다.

발명의 상세한 설명

- [0008] 본 발명의 실시형태들은 종래의 펌핑 시스템과 방법의 단점을 없애거나 적어도 실질적으로 줄일 수 있는 유체 펌핑 시스템 및 방법을 제공한다. 본 발명의 일 실시형태는 토출 챔버 내에서 이동 가능한 토출 다이어프램을 구비한 토출 펌프와 이 토출 펌프에 결합된 펌프 컨트롤러를 포함하는 펌핑 시스템을 제공한다. 일 실시형태에 따른 펌프 컨트롤러는 토출 펌프를 부분적으로 충전시키기 위해 토출 챔버 내의 토출 다이어프램을 이동시켜 토출 펌프 홈 위치에 도달하도록 토출 펌프를 제어하기 위해 작동할 수 있다. 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 가용 용적은 토출 펌프의 최대 가용 용적 미만인 반면 토출 사이클 동안 토출 펌프에 대한 최대 가용 용적이다. 토출 펌프 홈 위치는 토출 작동을 위한 하나 이상의 파라미터에 기초하여 선택된다. 일 실시예에 따르면, 펌핑 시스템은 토출 펌프의 상류에 있는 필터와, 토출 펌프의 상류에 있는 입구 밸브와, 필터의 하류에 있는 퍼지 밸브와, 토출 펌프의 하류에 있는 출구 밸브를 포함할 수 있다.
- [0009] 본 발명의 또 다른 실시형태는 이송 챔버 내에서 이동 가능한 이송 다이어프램을 구비하는 이송 펌프와, 토출 챔버 내에서 이동 가능한 토출 다이어프램을 구비하는 이송 펌프의 하류에 있는 토출 펌프와, 이송 펌프와 토출 펌프를 제어하기 위해 이송 펌프와 토출 펌프에 결합된 펌프 컨트롤러를 포함하는 다단 펌핑 시스템을 제공한다. 예를 들어, 펌핑 시스템은 토출 펌프의 상류에 위치한 이송 펌프와, 토출 펌프의 상류와 이송 펌프의 하류에 있는 필터와, 이송 펌프의 상류에 있는 입구 밸브와, 이송 펌프와 상기 필터 사이에 있는 격리 밸브와, 필터와 상기 토출 펌프 사이에 있는 배리어 밸브와, 토출 펌프의 상류에 있는 퍼지 밸브와, 토출 펌프의 하류에 있는 출구 밸브 포함할 수 있다.
- [0010] 토출 펌프는 이 토출 펌프가 토출 챔버 내에 유지할 수 있는 유체의 최대 용적이 되는 최대 가용 용적을 가질 수 있다. 컨트롤러는 토출 펌프를 부분적으로 충전시키기 위해 토출 챔버 내의 토출 다이어프램을 이동시켜 토출 펌프 홈 위치에 도달하도록 토출 펌프를 제어할 수 있다. 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 토출 펌프에서의 유체를 유지하기 위한 가용 용적은 토출 펌프의 최대 가용 용적 미만인 반면 토출 사이클 동안 토출 펌프에 대한 최대 가용 용적이다. 토출 펌프에 의해 유지되는 유체량을 특정 토출 사이클 동안 토출 펌프에 의해 요구되는 양(혹은 최대 가용 용적에서 다소 감소한 다른 양)으로 줄임으로써, 유체의 장치 내 잔류량이 감소된다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 실시형태는 펌프의 장치 내 잔류량을 줄이기 위한 방법을 제공하며, 이 방법은 프로세스 유체에 압력을 가하여, 토출 사이클 동안 토출 펌프를 토출 펌프 홈 위치에 이르도록 부분적으로 충전시키는 단계와, 일정 토출량의 프로세스 유체를 토출 펌프로부터 웨이퍼로 드리핑(dripping)하는 단계를 포함한다. 상기 토출 펌프는, 토출 펌프의 최대 가용 용적 미만인 반면 토출 사이클 동안 토출 펌프에 대한 최대 가용 용적인 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 가용 용적을 갖는다. 토출 펌프의 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 가용 용적은 적어도 토출 용적이다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 실시형태는 펌프를 제어하기 위한 컴퓨터 프로그램 제품이 저장되는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함한다. 상기 컴퓨터 프로그램 제품은 프로세서에 의해 실행될 수 있는 컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 소프트웨어 명령을 포함한다. 컴퓨터 명령어 세트는 토출 펌프를 부분적으로 충전시키기 위해 토출 다이어프램을 이동시켜 토출 펌프 홈 위치에 도달하도록 토출 펌프를 안내하고, 일정 토출량의 프로세스 유체를 토출 펌프로부터 토출하도록 토출 펌프를 안내하기 위해 실행 가능한 명령을 포함할 수 있다. 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 토출 펌프의 가용 용적은 토출 펌프의 최대 가용 용적 미만인 반면 토출 사이클 동안 토출 펌프에 대한 최대 가용 용적이다.
- [0013] 본 발명의 실시형태들은 펌프(단단 혹은 다단 펌프)의 장치 내 잔류량을 감소시켜 프로세스 유체의 정체를 감소시킴으로써 종래의 펌프 시스템 및 방법에 비해 장점을 제공한다.
- [0014] 본 발명의 실시형태들은 사용되지 않은 프로세스 유체의 낭비를 작은 용량으로 줄이고 또 테스트 토출을 감소시킴으로써 또 다른 장점을 제공한다.
- [0015] 본 발명의 실시형태들은 정체된 유체(stagnant fluid)를 더욱 효과적으로 분출시킴으로써 또 다른 장점을 제공한다.
- [0016] 본 발명의 실시형태는 펌프 다이어프램을 유효 범위로 최적화함으로써 또 다른 장점을 제공한다.
- [0017] 본 발명과 그 장점들은 동일한 구성에 대해 동일한 참조 부호가 병기되어 있는 첨부 도면과 함께 이하의 설명을 참조함으로써 보다 완전하게 이해할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 펌핑 시스템을 개략적으로 도시한 도면이고,
- [0019] 도 2는 다단 펌프를 개략적으로 도시한 도면이며,
- [0020] 도 3a 내지 도 3g는 각종 작동 단계들 동안 다단 펌프의 일 실시형태를 개략적으로 도시한 도면이고,
- [0021] 도 4a 내지 도 4c는 다양한 레시피(recipe)로 운전되는 펌프의 홈 위치를 개략적으로 도시한 도면이며,
- [0022] 도 5a 내지 도 5k는 토출 사이클의 각종 작동 단계들 동안 다단 펌프의 또 다른 실시형태를 개략적으로 도시한 도면이고,
- [0023] 도 6은 사용자 인터페이스를 개략적으로 도시한 도면이며,
- [0024] 도 7은 다단 펌프의 장치 내 잔류량(hold-up volume)을 줄이기 위한 방법의 일 실시형태를 도시한 흐름도이고,
- [0025] 도 8은 단단 펌프(single-stage)를 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0026] [실시예]
- [0027] 본 발명의 양호한 실시형태들은 도면에 도시되고, 유사한 도면 부호는 각종 도면의 유사하거나 동일한 구성 요소를 언급하기 위해 사용된다.
- [0028] 본 발명의 실시형태들은 펌프의 장치 내 잔류량을 줄이기 위한 시스템 및 방법을 제공한다. 보다 상세하게는, 본 발명의 실시형태들은 토출 펌프 및/또는 이송 펌프에서 장치 내 잔류량을 줄이기 위해 홈 위치를 결정하기 위한 시스템 및 방법을 제공한다. 다이어프램의 홈 위치는, 토출 펌프 및/또는 이송 펌프에서 챔버의 용적이 장치 내 잔류량을 최소화 하면서 토출 사이클의 각종 단계를 실행하기에 충분한 유체를 수용하도록 선택될 수 있다. 추가적으로, 다이어프램의 홈 위치는 정변위의 유효 범위를 최적화하도록 선택될 수 있다.
- [0029] 도 1에는 펌핑 시스템(10)이 개략적으로 도시되어 있다. 펌핑 시스템(10)은 유체를 웨이퍼(25) 상으로 토출시키기 위해 함께 작동하는 유체 공급원(15), 펌프 컨트롤러(20) 및 다단("멀티 스테이지") 펌프(100)를 포함할 수 있다. 다단 펌프(100)의 작동은, 다단 펌프(100)에 내장되거나 또는 제어 신호, 데이터 혹은 다른 정보를 통신하기 위한 하나 이상의 통신 링크를 경유하여 다단 펌프(100)에 연결될 수 있는 펌프 컨트롤러(20)에 의해 제어될 수 있다. 펌프 컨트롤러(20)는 다단 펌프(100)의 작동을 제어하기 위한 제어 명령어 세트(30)를 포함하는 컴퓨터 판독 가능 매체(27)(예컨대, RAM, ROM, 플래쉬 메모리, 광디스크, 자기 드라이브 혹은 다른 컴퓨터 판독 가능 매체)를 포함할 수 있다. 프로세서(35)(예컨대, CPU, ASIC, RISC 혹은 다른 프로세서)는 상기 명령을 실행할 수 있다. 도 1의 실시형태에서, 컨트롤러(20)는 통신 링크(40, 45)를 매개로 다단 펌프(100)와 통신한다. 상기 통신 링크(40, 45)는 네트워크(예컨대, 이더넷, 무선 네트워크, 광대역 네트워크, 디바이스넷 네트워크 혹은 해당 분야에서 공지되거나 혹은 개발된 다른 네트워크), 버스(예컨대, SCSI 버스) 혹은 다른 통신 링크일 수 있다. 펌프 컨트롤러(20)는, 이 펌프 컨트롤러(20)가 다단 펌프(100)와 통신하는 것을 허용하기 위한 적합한 인터페이스(예컨대, 네트워크 인터페이스, I/O 인터페이스, 아날로그-디지털 컨버터 및 다른 부품)를 포함할 수 있다. 펌프 컨트롤러(20)는 프로세서, 메모리, 인터페이스, 디스플레이 장치, 주변 장치 혹은 다른 컴퓨터 부품을 포함하는 당업계에 공지된 다양한 컴퓨터 부품을 포함할 수 있다. 펌프 컨트롤러(20)는 다단 펌프가 저점성 유체(즉, 5센티포아즈 미만) 혹은 다른 유체를 포함하는 유체를 정확하게 토출할 수 있도록 다단 펌프 내의 다양한 밸브와 모터를 제어한다. 도 1은 다단 펌프의 예를 이용하는데 반하여 펌핑 시스템(10)은 또한 단단 펌프를 사용할 수 있다는 것에 주목해야 한다.
- [0030] 도 2에는 다단 펌프(100)가 개략적으로 도시되어 있다. 다단 펌프(100)는 이송단 부분(105)과 개별 토출단 부분(110)을 포함한다. 유체 흐름의 관점에서, 이송단 부분(105)과 토출단 부분(110) 사이에 배치되는 것은 프로세스 유체로부터 불순물을 여과하기 위한 필터(120)이다. 예컨대, 입구 밸브(125), 격리 밸브(130), 배리어 밸브(135), 퍼지 밸브(140), 통기 밸브(145) 및 출구 밸브(147)를 포함하는 다수의 밸브들이 다단 펌프(100)를 통해 흐르는 유체를 제어할 수 있다. 토출단 부분(110)은 토출단(110)에서 유체의 압력을 결정하는 압력 센서(112)를 더 포함할 수 있다.
- [0031] 이송단(105) 및 토출단(110)은 다단 펌프(100) 내의 유체를 펌핑하기 위한 롤링 다이어프램 펌프를 포함할 수 있다. 이송단 펌프(150) ["이송 펌프(150)"]는 예컨대, 유체를 수집하기 위한 이송 챔버(155), 이송 챔버(155)

내에서 이동하여 유체를 변위시키는 이송단 다이어프램(160), 이송단 다이어프램(160)을 이동시키는 피스톤(165), 리드 스크류(170), 및 이송 모터(175)를 포함한다. 리드 스크류(170)는 너트, 기어 혹은 모터에서 나온 에너지를 리드 스크류(170)로 전달하기 위한 다른 기구를 통해 이송 모터(175)에 체결된다. 일 실시형태에 따르면, 이송 모터(175)는 너트를 회전시키고, 그 다음 이 너트는 리드 스크류(170)를 회전시켜 피스톤(165)이 작동하도록 한다. 토출단 펌프(180) ["토출 펌프(180)"]는 이와 유사하게 토출 챔버(185), 토출단 다이어프램(190), 피스톤(192), 리드 스크류(195), 및 토출 모터(200)를 포함할 수 있다. 다른 실시형태에 따르면, 이송단(105)과 토출단(110)은 각각 공압 작동식 펌프, 유압 펌프 혹은 다른 펌프를 비롯하여 다양한 다른 펌프들을 각각 포함할 수 있다. 이송단을 위한 공압 작동식 펌프와 스텝 모터 구동식 토출 펌프를 이용하는 다단 펌프의 일례는 본 명세서에서 전적으로 참조하는 미국 특허 출원 제11/051,576호에 개시되어 있다.

[0032] 이송 모터(175)와 토출 모터(200)는 임의의 적합한 모터일 수 있다. 일 실시형태에 따르면, 토출 모터(200)는 위치 센서(203)를 구비한 영구자석 동기 모터("PMSM")이다. PMSM은 모터(200), 다단 펌프(100)에 내장된 컨트롤러, 혹은 별도의 펌프 컨트롤러(예컨대, 도 1에 도시된 바와 같음)에 위치한 자기장 중심형 제어(Field-Oriented Control: "FOC")를 이용하는 디지털 신호 프로세서("DSP")에 의해 제어될 수 있다. 예를 들어, 펌프 컨트롤러는 상기 토출 다이어프램을 제1 위치에서 토출 펌프 홈 위치로 이동시키도록 토출 모터를 제어하기 위해 더 작동 가능할 수 있다. 위치 센서(203)는 모터(200) 위치의 실시간 피드백용 인코더(예컨대, 미세 선형 회전 위치 인코더)일 수 있다. 위치 센서(203)의 사용은 피스톤(192)의 위치의 정확하고 반복 가능한 제어를 제공하여, 토출 챔버(185)의 유체 운동의 정확하고 반복 가능한 제어를 달성하게 된다. 예컨대, 2000 선형 인코더를 사용함으로써 0.045도 회전까지 정확하게 측정하고 제어하는 것이 가능할 수 있다. 추가적으로, PMSM은 약간의 진동이 있는 상태로 또는 진동 없이 저속으로 작동할 수 있다. 이송 모터(175)는 또한 PMSM 혹은 스텝 모터라도 좋다.

[0033] 다단 펌프(100)의 밸브는 개폐되어 다단 펌프(100)의 여러 부품으로의 유체 흐름을 허용 혹은 제한하게 된다. 일 실시형태에 따르면, 이들 밸브들은 압력 혹은 진공의 인가 여부에 따라 개폐되는 공압 작동식(즉, 가스 구동) 다이어프램 밸브일 수 있다. 그러나 본 발명의 다른 실시형태에서는 임의의 적합한 밸브가 사용될 수 있다.

[0034] 작동시, 다단 펌프(100)의 토출 사이클은 준비 단계, 토출 단계, 충전 단계, 예비 여과 단계, 여과 단계, 통기 단계, 퍼지 단계 및 정적 퍼지 단계를 포함할 수 있다. 밸브 개폐의 지연을 고려하여 추가의 단계들이 또한 포함될 수 있다. 다른 실시형태에 따르면, 토출 사이클[즉, 다단 펌프(100)가 웨이퍼로의 토출을 준비하는 시점과 다단 펌프(100)가 이전의 토출 이후에 웨이퍼로의 토출을 다시 준비하는 시점 사이의 일련의 단계]은 단계들을 더 필요로 하거나 덜 필요로 할 수 있고, 또 각종 단계들은 다른 순서에 따라 실행될 수 있다. 이송 단계 동안, 입구 밸브(125)는 개방되고 이송단 펌프(150)는 이송 챔버(155)로 유체를 흡입하기 위해 이송단 다이어프램(160)을 이동(당김)시킨다. 일단 충분한 양의 유체가 이송 챔버(155)로 충전되었다면, 입구 밸브(125)는 폐쇄된다. 여과 단계 동안, 유체를 이송 챔버(155)로부터 옮기기 위해 이송단 펌프(150)는 이송단 다이어프램(160)을 이동시킨다. 격리 밸브(130)와 배리어 밸브(135)를 개방하여, 유체가 필터(120)를 통해 토출 챔버(185)로 유동하게 한다. 일 실시형태에 따르면, 필터(120)에 압력이 증가하도록 격리 밸브(130)가 먼저 개방될 수 있고(예컨대, "예비 여과 단계"), 그 다음 유체가 토출 챔버(185)로 유동하도록 배리어 밸브(135)가 개방될 수 있다. 또한, 이송 펌프(150)는 토출 펌프(180)가 수축되기 이전에 유체에 압력이 가해지도록 할 수 있기 때문에 압력 증가를 초래하게 된다.

[0035] 통기 단계의 초기에, 격리 밸브(130)는 개방되고, 배리어 밸브(135)는 폐쇄되며, 통기 밸브(145)는 개방된다. 또 다른 실시형태에서, 배리어 밸브(135)는 통기 단계 동안 개방 상태로 남고 통기 단계의 말단에서 폐쇄될 수 있다. 이송단 펌프(150)는, 유체를 통기부 밖으로 강제시킴으로써 개방된 통기 밸브(145)를 통해 필터(120)로부터 기포를 제거하도록 유체에 압력을 인가한다. 이송단 펌프(150)는 통기가 예정된 속도로 일어나도록 제어될 수 있으며, 더 긴 통기 시간과 더 느린 통기 속도를 허용함으로써, 통기 폐기물의 양을 정확하게 제어하도록 한다.

[0036] 퍼지 단계의 초기에, 격리 밸브(130)는 폐쇄되고, 배리어 밸브(135)는 그것이 통기 단계에서 개방되어 있었던 경우 폐쇄되며, 통기 밸브(145)는 폐쇄되고, 퍼지 밸브(140)는 개방된다. 토출 펌프(180)는 토출 챔버(185) 내의 유체에 압력을 가한다. 이 유체는 다단 펌프(100)로부터 방출되거나 유체 공급 펌프 혹은 이송 펌프(150)로 복귀될 수 있다. 정적 퍼지 단계 동안, 토출 펌프(180)는 정지되지만 퍼지 밸브(140)는 퍼지 단계 동안 증가한 압력을 경감시키도록 개방 상태로 남게 된다. 퍼지 단계 혹은 정적 퍼지 단계 동안 제거된 임의의 과도한 유체는 다단 펌프(100)로부터 방출되거나(예컨대, 유체 공급원으로 복귀 혹은 폐기됨) 혹은 이송단 펌프(150)로 재

순환될 수 있다. 준비 단계 동안, 모든 밸브는 폐쇄될 수 있다.

- [0037] 토출 단계 동안, 출구 밸브(147)는 개방되고 토출 펌프(180)는 토출 챔버(185) 내의 유체에 압력을 가한다. 출구 밸브(147)는 토출 펌프(180)보다 더 천천히 제어에 반응할 수 있기 때문에, 출구 밸브(147)를 먼저 개방하고, 약간의 예정된 시간 이후에 토출 모터(200)를 시동할 수 있다. 이는 토출 펌프(180)가 부분적으로 개방된 출구 밸브(147)를 통해 유체를 밀어내지 못하도록 해준다. 다른 실시형태들에 있어서, 펌프는 출구 밸브(147)가 개방되기 이전에 시동될 수 있거나 또는 출구 밸브(147)는 개방될 수 있으며, 토출은 토출 펌프(180)에 의해 동시에 개시될 수 있다.
- [0038] 유체를 되돌림으로써 토출 노즐 내의 과도한 유체를 제거하는 추가의 재흡입(suckback) 단계가 실행될 수 있다. 재흡입 단계 동안, 출구 밸브(147)는 폐쇄될 수 있고, 출구 노즐로부터 과도한 유체를 빨아들이기 위해 2차 모터 혹은 진공을 사용할 수 있다. 그 대안으로, 출구 밸브(147)는 개방 상태로 남을 수 있고, 토출 모터(200)는 유체를 토출 챔버로 되돌리기 위해 역회전될 수 있다. 재흡입 단계는 웨이퍼 상으로 과도한 유체가 드리핑되는 것을 방지하는 것을 돕는다.
- [0039] 도 3a 내지 도 3g에는, 다단 펌프(100)가 장치 내 잔류량을 보상하지 않는 각종 작동 단계 동안의 다단 펌프(100)가 개략적으로 도시되어 있다. 예를 들면, 토출 펌프(180)와 이송 펌프(150)는 각각 20mL의 최대 허용 용량을 지니며, 토출 프로세스는 4mL 유체를 토출시키고, 통기 단계는 0.5mL의 유체를 통기시키며, 퍼지 단계(정적 퍼지 포함)는 1mL의 유체를 퍼지시키고, 재흡입 용적은 1mL인 것으로 가정한다. 준비 단계 동안(도 3a 참조), 유입 밸브(125), 통기 밸브(145), 퍼지 밸브(140) 및 출구 밸브(147)가 폐쇄되어 있는 반면, 격리 밸브(130)와 배리어 밸브(135)는 개방된다. 토출 펌프(180)는 그것의 최대 용적(예컨대, 19mL)(즉, 최대 용적에서 이전의 사이클로부터 퍼지된 1mL를 뺀 용적)에 근접하게 될 것이다. 토출 단계 동안(도 3b 참조), 격리 밸브(130), 배리어 밸브(135), 퍼지 밸브(140), 통기 밸브(145) 및 입구 밸브(125)는 폐쇄되고 출구 밸브(147)는 개방된다. 토출 펌프(180)는 소정량의 유체(예컨대, 4mL)를 토출한다. 진술한 실시예에 있어서, 토출 단계의 말단에서, 토출 펌프(180)는 15mL의 용적을 가질 것이다.
- [0040] 재흡입 단계 동안(도 3c 참조), 토출 단계 중에 토출된 약간의 유체(예컨대, 1mL)는 토출 노즐을 청소하기 위해 토출 펌프(180)로 다시 흡입될 수 있다. 이것은 예컨대, 토출 모터를 역회전시킴으로써 행해질 수 있다. 다른 실시형태에 따르면, 추가 1mL의 유체가 진공이나 다른 펌프에 의해 토출 노즐로부터 제거될 수 있다. 1mL가 토출 펌프(180)로 재흡입되는 예를 사용하면, 재흡입 단계 이후에, 토출 펌프(180)는 16mL의 용적을 가질 것이다.
- [0041] 이송 단계에서(도 3d 참조), 출구 밸브(147)는 폐쇄되고 입구 밸브(125)는 개방된다. 종래 시스템에서 이송 펌프(150)는 이송 펌프의 최대 용량(예컨대, 20mL)에 이르도록 유체를 충전시켰다. 여과 단계 동안, 입구 밸브(125)는 폐쇄되고 격리 밸브(130)와 배리어 밸브(135)는 개방된다. 이송 펌프(150)는 필터(120)를 통해 유체를 이송 펌프(150) 밖으로 밀어내어 유체가 토출 펌프(180)로 유입되도록 한다. 종래 시스템에서, 토출 펌프(180)는 이 단계 동안 그것의 최대 용량(예컨대, 20mL)으로 충전된다. 토출 단계와 이전의 예를 지속하는 동안, 이송 펌프(150)는 토출 펌프(180)가 16mL(재흡입 단계 말단에서의 용적)으로부터 20mL[토출 펌프(180)의 최대 용적]로 충전되도록 4mL의 유체를 옮긴다. 이에 따라 이송 펌프(150)에 16mL의 용적이 남게 될 것이다.
- [0042] 통기 단계 동안(도 3f 참조), 배리어 밸브(135)는 폐쇄 혹은 개방될 수 있고 통기 밸브(145)는 개방된다. 이송 펌프(150)는 필터(120)에 축적된 과도한 유체 혹은 기포를 통기 밸브(145) 밖으로 강제시키기 위해 소정량의 유체(예컨대, 0.5mL)를 이동시킨다. 따라서 통기 단계의 말단에서, 상기 예의 경우 이송 펌프(150)에는 15.5mL의 용적이 남아 있게 된다.
- [0043] 토출 펌프(180)는 퍼지 단계 동안(도 3g 참조) 개방된 퍼지 밸브(140)를 통해 소량(예컨대, 1mL)의 유체를 퍼지시킬 수 있다. 유체는 폐기되거나 재순환될 수 있다. 퍼지 단계의 말단에서, 다단 펌프(100)는 19mL의 토출 펌프를 갖추고 준비 단계로 되돌아간다.
- [0044] 도 3a 내지 도 3g의 예에 있어서, 토출 펌프(180)는 토출 단계 동안에 4mL(4mL 중 1mL는 재흡입에서 회수) 그리고 퍼지 단계 동안에 1mL, 즉 단지 5mL의 유체를 사용한다. 이와 유사하게, 이송 펌프(150)는 여과 단계에서 토출 펌프(180)를 재충전시키기 위해 4mL(토출 단계 동안에 재충전을 위한 4mL에 재흡입 동안 회수된 1mL를 빼고 퍼지 단계 동안에 재충전을 위한 1mL를 더함) 그리고 통기 단계에서 0.5mL를 단지 사용한다. 이송 펌프(150)와 토출 펌프(180) 양자는 이들의 최대 가용 용적(예컨대, 각각 20mL)으로 충전되기 때문에, 상대적으로 큰 장치 내 잔류량이 존재한다. 예컨대, 이송 펌프(150)는 15.5mL의 장치 내 잔류량을 가지며, 토출 펌프(180)

0)는 합류된 30.5mL의 장치 내 잔류량을 위해, 15mL의 장치 내 잔류량을 갖는다.

[0045] 유체가 재흡입 단계 동안 토출 펌프로 재흡입되지 않을 경우, 장치 내 잔류량은 약간 감소한다. 이 경우, 토출 펌프(180)는 토출 단계 동안 4mL, 그리고 퍼지 단계 동안 1mL, 여전히 5mL의 유체를 사용한다. 그러나 전술한 예에서 사용되는 이송 펌프(150)는 재흡입 동안 회수되지 않는 1mL의 유체를 재충전해야 한다. 그 결과 이송 펌프(150)는 여과 단계 동안 5mL 유체로 토출 펌프(180)를 재충전해야 할 것이다. 이 경우, 이송 펌프(150)는 14.5mL의 장치 내 잔류량을 가질 것이며, 토출 펌프(180)는 15mL의 장치 내 잔류량을 가질 것이다.

[0046] 본 발명의 실시형태들은 장치 내 잔류량을 감소시킴으로써 폐기되는 유체를 감소시킨다. 본 발명의 실시형태에 따르면, 이송 펌프 및 토출 펌프의 흡 위치는, 토출 펌프의 유체 용량이 소정 "레시피"(즉, 예컨대, 토출 속도, 토출 시간, 퍼지 용적, 통기 용적을 포함하는, 토출 작동에 영향을 미치는 일련의 인자 혹은 토출 작동에 영향을 미치는 다른 인자), 소정의 최대 레시피 혹은 일련의 소정 레시피를 취급하기에 충분하도록 정의될 수 있다. 이때, 펌프의 흡 위치는 소정 사이클 동안 최대 가용 용적을 갖는 펌프의 위치로 정의된다. 예컨대, 흡 위치는 토출 사이클 동안 최대 가용 용적을 부여하는 다이어프램 위치일 수 있다. 펌프의 흡 위치에 대응하는 가용 용적은 통상적으로 펌프의 최대 가용 용적 미만이 될 것이다.

[0047] 전술한 예를 사용하면, 토출 단계에서 4mL의 유체를 사용하고, 퍼지 단계에서 1mL를, 통기 단계에서 0.5mL를, 그리고 재흡입 단계에서 1mL의 유체를 회수하는 소정 레시피에 있어서, 토출 펌프에 의해 필요한 최대 용적은,

수학식 1

[0048]
$$V_{Dmax} = V_D + V_P + e_1$$

[0049] 여기서, V_{Dmax} = 토출 펌프에 의해 요구되는 최대 용적

[0050] V_D = 토출 단계 동안 토출된 용적

[0051] V_P = 퍼지 단계 동안 퍼지된 용적

[0052] e_1 = 토출 펌프에 적용되는 에러 용적

[0053] 그리고 이송 펌프(150)에 필요한 최대 용적은,

수학식 2

[0054]
$$V_{Fmax} = V_D + V_P + V_V - V_{재흡입} + e_2$$

[0055] 여기서, V_{Fmax} = 이송 펌프에 의해 요구되는 최대 용적

[0056] V_D = 토출 단계 동안 토출된 용적

[0057] V_P = 퍼지 단계 동안 퍼지된 용적

[0058] V_V = 통기 단계 동안 통기된 용적

[0059] $V_{재흡입}$ = 재흡입 단계 동안 회수된 용적

[0060] e_2 = 토출 펌프에 적용되는 에러 용적

[0061] 에러 용적을 적용하지 않고 전술한 예를 사용하는 것으로 가정하면, $V_{Dmax} = 4 + 1 = 5\text{mL}$ 이고, $V_{Fmax} = 4 + 1 + 0.5 - 1 = 4.5\text{mL}$ 이다. 토출 펌프(180)가 재흡입 동안 유체를 회수하지 않는 경우, $V_{재흡입}$ 항은 0으로 설정되거나 없어질 수 있다. e_1 과 e_2 는 영(0), 소정 용적(예컨대, 1mL), 계산된 용적 혹은 다른 에러 인자일 수 있다. e_1 과 e_2 (이전의 예에서 0으로 가정함)는 동일한 값이거나 상이한 값일 수 있다.

[0062] 도 3a 내지 도 3g를 다시 참조하면, 준비 단계(도 3a 참조) 동안 $V_{Dmax} = 5\text{mL}$ 과 $V_{Fmax} = 4.5\text{mL}$ 의 예를 사용하는 경우, 토출 펌프(180)는 4mL의 용적을 가질 것이고 이송 펌프(150)는 0mL의 용적을 가질 것이다. 토출 단계(도 3b 참조) 동안 토출 펌프(180)는 4mL의 용적을 토출하고 재흡입 단계 동안(도 3c 참조) 1mL를 회수한다. 이송

단계(도 3d) 동안, 이송 펌프(150)는 4.5mL를 재충전한다. 여과 단계(도 3e 참조) 동안, 이송 펌프(150)는 4mL의 유체를 옮겨 토출 펌프(180)에 5mL 유체가 충전되도록 해준다. 추가적으로, 통기 단계 동안, 이송 펌프(150)는 0.5mL의 유체를 통기시킬 수 있다(도 3f 참조). 토출 펌프는 퍼지 단계(도 3g 참조) 동안 1mL의 유체를 퍼지하여 준비 단계로 복귀시킬 수 있다. 이러한 예에서, 이송 단계와 토출 단계의 모든 유체가 이동할 때 장치 내 잔류량이 존재하지 않는다.

[0063] 여러 가지의 상이한 토출 레시피로 사용되는 펌프에서, 토출 펌프 및 이송 펌프의 홈 위치는 최대 레시피를 취급할 수 있는 홈 위치로서 선택될 수 있다. 아래의 표 1은 다단 펌프에 대한 예시적인 레시피를 제공한다.

표 1

	레시피 2	레시피 3
이름	주요 토출 1	주요 토출 2
토출 속도	1.5mL/초	1mL/초
토출 시간	2초	2.5초
최종 용적	3mL	2.5mL
퍼지	0.5mL	0.5mL
통기	0.25mL	0.25mL
예비토출 속도	1mL/초	0.5mL/초
예비토출 용적	1mL	0.5mL

[0065] 전술한 실시형태들에 있어서, 재흡입 동안 유체가 회수되지 않는 것으로 가정하였다. 또한, 소량의 유체가 토출 챔버로부터 토출되는 예비 토출 사이클이 존재하는 것으로 가정하였다. 예비 토출 사이클은 예컨대, 노즐을 세척하기 위해 약간의 유체가 토출 노즐을 통과하도록 강제하기 위해 사용될 수 있다. 일 실시형태에 따르면, 토출 펌프는 예비 토출과 주요 토출 사이에서 재충전되지 않는다. 이 경우,

수학식 3a

$$V_D = V_{DPre} + V_{DMain}$$

[0067] 여기서, V_{DPre} = 예비 토출량

[0068] V_{DMain} = 주요 토출량

[0069] 따라서 토출 다이어프램의 홈 위치는 4.5(3 + 1 + 0.5)mL의 용적을 위해 설정될 수 있고, 이송 펌프의 홈 위치는 4.75(3 + 1 + 0.5 + 0.25)mL로 설정될 수 있다. 이러한 홈 위치를 이용하면, 토출 펌프(180)와 이송 펌프(150)는 레시피 1과 레시피 2를 위한 충분한 용량을 가질 것이다.

[0070] 또 다른 실시형태에 따르면, 토출 펌프 혹은 이송 펌프의 홈 위치는 작동 레시피 혹은 사용자 정의 위치에 기초하여 변할 수 있다. 사용자가 펌프에 필요한 최대 용적을 변경하기 위해 레시피를 조절하는 경우 또는 펌프가 토출 작동 동안 신규한 작동 레시피로 조절되는 경우, 즉 4mL 유체를 필요로 하도록 레시피 2를 변경시킴으로써, 토출 펌프(혹은 이송 펌프)는 수동으로 혹은 자동으로 조절될 수 있다. 예컨대, 토출 펌프 다이어프램 위치는 토출 펌프의 용량을 3mL에서 4mL로 변경시키기 위해 이동할 수 있고, 여분의 1mL의 유체가 토출 펌프에 추가될 수 있다. 사용자가 더 적은 용적의 레시피를 특정하면, 즉 단지 2.5mL의 유체를 필요로 하도록 레시피 2를 변경하면, 토출 펌프는 토출이 실행될 때까지 대기할 수 있고 또 신규의 더 낮은 요구 용량으로 재충전될 수 있다.

[0071] 이송 펌프 혹은 토출 펌프의 홈 위치는 또한 다른 문제를 보상하며, 특정 펌프의 유효 범위를 최적화하도록 조정될 수 있다. 특정 펌프 다이어프램에 대한 최대 및 최소 범위(예컨대, 롤링 엣지 다이어프램, 플랫 다이어프램 혹은 다른 공지 기술의 다이어프램)는, 다이어프램이 예컨대, 신장 혹은 압축하기 시작할 수 있기 때문에 다이어프램을 구동하기 위해 가변 용적이 될 수 있거나 혹은 힘에 대해 비선형이 될 수 있다. 펌프의 홈 위치는 큰 유체 용량을 위한 응력 위치로 혹은 큰 유체 용량이 요구되지 않는 낮은 응력 위치로 설정될 수 있다. 응력 문제를 처리하기 위해, 다이어프램의 홈 위치는 다이어프램이 유효 범위 내에 위치되도록 조절될 수 있다.

[0072] 일례로서, 10mL 용량을 지닌 토출 펌프(180)는 2 내지 8mL 유효 범위를 지닐 수 있다. 상기 유효 범위는 다이어프램이 충분한 하중을 겪지 않게 되는 토출 펌프의 선형 영역으로서 정의될 수 있다.

- [0073] 도 4a 내지 도 4c에는 2mL 내지 8mL 사이에서 6mL의 유효 범위를 지닌, 10mL 펌프에 대한 토출 다이어프램[예컨대, 도 2의 토출 다이어프램(190)]의 홈 위치를 설정하는 세 가지 예들이 개략적으로 도시되어 있다. 이러한 예에서, 0mL는 토출 펌프가 10mL의 허용 용량을 갖도록 해주는 다이어프램 위치를 나타내고, 10mL 위치는 토출 펌프가 0mL 용량을 갖도록 해주는 다이어프램 위치를 나타내는 데 주목해야 한다. 다시 말해서, 0mL 내지 10mL 스케일은 변위된 용적을 언급한다.
- [0074] 도 4a에는 6mL 비응력 유효 범위(예컨대, 2mL 내지 8mL)를 갖는 펌프에 대해 $V_{DMax} = 3mL$ 최대 용적과 $V_{DMax} = 1.5mL$ 최대 용적을 갖는 레시피로 운전되는 펌프에 대한 홈 위치들이 개략적으로 도시되어 있다. 이 예에서, 토출 펌프의 다이어프램은 토출 펌프의 용적이 5mL(도면 부호 205로 표시)가 되도록 설정될 수 있다. 이것은 응력을 초래하는 0mL 내지 2mL 혹은 8mL 내지 10mL 대역의 사용을 필요로 하지 않으면서 3mL의 토출 공정을 위해 충분한 용적을 제공한다. 이러한 예에서, 2mL의 다소 적은 용적의 유효성이 적은 대역(즉, 펌프가 낮은 가용 용적을 갖게 되는 다소 유효성이 적은 대역)이 펌프에 대한 최대의 V_{DMax} 에 추가되어 홈 위치가 $3mL + 2mL = 5mL$ 이 된다. 따라서 이 홈 위치는 펌프의 비응력 유효 대역이라고 간주할 수 있다.
- [0075] 도 4b에는 제2 예가 개략적으로 도시되어 있다. 이러한 제2 예에서, 토출 펌프는 8mL의 최대 용적 토출 공정과 3mL의 최대 용적 토출 공정에서 운전된다. 이 경우, 다소 유효성이 적은 대역이 사용되어야 한다. 따라서 다이어프램 홈 위치는 양쪽 공정에 대해 8mL의 최대 가용 용적(도면 부호 210으로 표시)을 제공하도록 설정될 수 있다(즉, 8mL의 유체를 허용하는 위치에 설정될 수 있다). 이 경우, 더 적은 용적의 토출 공정은 유효 범위 내에서 전적으로 발생할 수 있다.
- [0076] 도 4b의 예에 있어서, 홈 위치는 다소 적은 용적의 유효성이 적은 대역(즉, 펌프가 거의 비워질 때 발생하는 유효성이 적은 대역)을 이용하도록 선택된다. 다른 실시형태들에 있어서, 홈 위치는 다소 큰 용적의 유효성이 적은 대역에 있을 수 있다. 그러나, 이는, 낮은 용적의 토출 중 일부가 유효성이 적은 대역에서 발생할 것이고, 도 4b의 예에서 약간의 장치 내 잔류량이 존재할 것이라는 것을 의미한다.
- [0077] 도 4c의 제3 예에서, 토출 펌프는 9mL의 최대 용적 토출 공정과 4mL의 최대 용적 토출 공정에서 운전된다. 다시, 이러한 공정의 일부는 유효성이 적은 범위에서 일어날 것이다. 이러한 예에서 토출 다이어프램은 9mL의 최대 가용 용적(예컨대, 도면 부호 215로 표시)을 제공하기 위한 홈 위치로 설정될 수 있다. 전술한 바와 같이 동일한 홈 위치가 각 레시피에 사용될 경우, 4mL 토출 공정의 일부는 유효성이 적은 범위 내에서 발생할 것이다. 다른 실시형태들에 따르면, 홈 위치는 더 적은 토출 공정을 위해 유효 대역으로 리셋될 수 있다.
- [0078] 상기 실시형태에서, 펌프에서 유효성이 적은 대역의 사용을 예방하도록 더 적은 용적의 토출 공정을 위한 약간의 장치 내 잔류량이 존재한다. 상기 펌프는, 이 펌프가 유동 정확도가 덜 중요한 더 큰 용적의 토출 공정 동안 단지 유효성이 적은 대역을 사용하도록 설정될 수 있다. 이러한 특징은 i) 좀 더 높은 정확성을 가진 적은 용적과, ii) 좀 더 낮은 정확성을 가진 큰 용적의 조합을 최적화시키는 것을 가능하게 해준다. 그 다음 유효 범위는 소망하는 장치 내 잔류량과 균형을 이룰 수 있다.
- [0079] 도 2를 참조하여 설명한 바와 같이, 토출 펌프(180)는 위치 센서(203)(예컨대, 로터리 인코더)를 구비한 토출 모터(200)를 포함할 수 있다. 위치 센서(203)는 리드 스크류(195)의 위치의 피드백을 제공할 수 있으며, 이에 따라 리드 스크류(195)의 위치는 리드 스크류가 다이어프램을 변위시킴에 따라 토출 챔버(185)의 특정 가용 용적에 대응할 것이다. 그 결과, 펌프 컨트롤러는 토출 챔버 내의 용적이 적어도 V_{DMax} 가 되도록 리드 스크류의 위치를 선택할 수 있다.
- [0080] 또 다른 실시형태에 따르면, 홈 위치는 사용자에게 의해 선택되거나 혹은 사용자에게 의해 프로그램될 수 있다. 예컨대, 그래픽 사용자 인터페이스 혹은 다른 인터페이스를 사용함으로써, 사용자는 다만 펌프에 의해 다양한 토출 공정 혹은 액티브 토출 공정을 수행하기에 충분한 사용자 선택형 용적을 프로그램할 수 있다. 일 실시형태에 따르면, 사용자 선택한 용적이 $V_{토출} + V_{퍼지}$ 미만일 경우, 에러가 재발할 수 있다. 펌프 컨트롤러[예컨대, 펌프 컨트롤러(20)]는 사용자 특정 용적에 여러 용적을 추가할 수 있다. 예컨대, 사용자가 사용자 특정 용적으로서 5cc를 선택할 경우, 펌프 컨트롤러(20)는 에러를 고려하기 위해 1cc를 추가할 수 있다. 따라서 펌프 컨트롤러는 6cc의 대응하는 가용 용적을 갖는 토출 펌프(180)에 대한 홈 위치를 선택할 것이다.
- [0081] 홈 위치는 펌프 컨트롤러(20) 혹은 내장형 컨트롤러에 저장될 수 있는, 대응하는 리드 스크류 위치로 전환될 수 있다. 위치 센서(203)로부터의 피드백을 사용하여, 여과 사이클의 말단에서 토출 펌프(180)가 토출 펌프(180)의 홈 위치(즉, 토출 사이클에 대해 최대 가용 용적을 갖는 토출 펌프의 위치)에 있도록, 토출 펌프(180)는 정

확하게 제어될 수 있다. 이송 펌프(150)는 위치 센서를 사용하는 것과 유사한 방법으로 제어될 수 있다.

[0082] 또 다른 실시형태에 따르면, 토출 펌프(180) 및/또는 이송 펌프(150)는 위치 센서 없이 스텝 모터에 의해 구동될 수 있다. 스텝 모터의 각 스텝 혹은 카운트는 다이어프램의 특정 변위에 대응할 것이다. 도 2의 예를 사용함으로써, 토출 모터(200)의 각 카운트는 특정한 양만큼 토출 다이어프램(190)을 변위시킬 것이며, 이에 따라 토출 챔버(185)로부터 특정량의 유체를 옮긴다. $C_{\text{완전행정D}}$ 는, 토출 챔버(185)가 그것의 최대 용적(예컨대, 20mL)을 갖게 되는 위치로부터 0mL[즉, 토출 다이어프램(190)을 그것의 최대 운동 범위에 걸쳐 이동시키기 위한 카운트의 수]로 토출 다이어프램을 변위시키기 위한 카운트의 수이고, C_P 가 V_P 를 변위시키기 위한 카운트의 수이며, C_D 가 V_D 를 변위시키기 위한 카운트의 수인 경우, 스텝 모터(200)의 홈 위치는 다음의 식으로 될 수 있다. 즉,

수학식 3b

[0083] $C_{\text{홈D}} = C_{\text{완전행정D}} - (C_P + C_D + C_{e1})$

[0084] 여기서, C_{e1} 는 에러 용적에 대응하는 카운트의 수이다.

[0085] 이와 유사하게, 만약 $C_{\text{완전행정F}}$ 는, 토출 챔버(155)가 최대 용적(예컨대, 20mL)을 갖는 위치로부터 0mL로 토출 다이어프램을 변위시키기 위한 카운트의 수[즉, 토출 다이어프램(160)을 토출 다이어프램의 최대 운동 범위에 걸쳐 이동시키기 위한 카운트의 수]이고, C_S 가 토출 펌프(180)에서 회수된 $V_{\text{재흡입}}$ 에 대응하는 이송 모터(175)에서의 카운트의 수이며, C_V 가 V_V 를 변위시키기 위한 이송 모터(175)에서의 카운트의 수인 경우, 이송 모터(175)의 홈 위치는 다음의 식으로 될 수 있다. 즉,

수학식 4

[0086] $C_{\text{홈F}} = C_{\text{완전행정F}} - (C_P + C_D - C_S + C_{e2})$

[0087] 여기서, C_{e2} 는 에러 용적에 대응하는 카운트의 수이다.

[0088] 도 5a 내지 도 5k에는 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른 다단 펌프(500)에 대한 여러 단계들이 개략적으로 도시되어 있다. 일 실시형태에 따른 다단 펌프(500)는 이송단 펌프(501)("이송 펌프(501)"), 토출단 펌프(502)("토출 펌프(502)"), 필터(504), 입구 밸브(506), 및 출구 밸브(508)를 포함한다. 입구 밸브(506)와 출구 밸브(508)는 3방향 밸브일 수 있다. 후술하는 바와 같이, 이는 입구 밸브(506)가 입구 밸브 및 격리 밸브로서 사용될 수 있게 해주고 그리고 출구 밸브(508)가 출구 밸브와 퍼지 밸브 양자로서 사용될 수 있게 해준다.

[0089] 이송 펌프(501)와 토출 펌프(502)는 모터 구동 펌프(예컨대, 스텝 모터, 브러쉬리스 DC 모터 혹은 다른 모터)일 수 있다. 이송 펌프(501)와 토출 펌프(502)에 대한 모터 위치는 도면 부호 510, 512로 각각 도시되어 있다. 모터 위치는 각 펌프의 이송 챔버 혹은 토출 챔버에서 이용 가능한 대응하는 유체량에 의해 표시되어 있다. 도 5a 내지 도 5k의 예에서, 각 펌프는 20cc의 최대 가용 용적을 갖는다. 각 단계에 있어서, 유체 운동은 화살표로 표시되어 있다.

[0090] 도 5a에는 준비 단계에 있는 다단 펌프(500)가 개략적으로 도시되어 있다. 이 예에서, 이송 펌프(501)는 7cc의 가용 용적을 제공하는 모터 위치를 가지며, 토출 펌프(502)는 6cc의 가용 용적을 제공하는 모터 위치를 갖는다. 토출 단계(도 5b에 도시 참조) 동안, 토출 펌프(502)의 모터는 출구 밸브(508)를 통해 5.5cc 유체를 옮기도록 운전한다. 토출 펌프는 재흡입 단계(도 5c 참조) 동안 0.5cc의 유체를 회수한다. 퍼지 단계(도 5d 참조) 동안 토출 펌프(502)는 출구 밸브(508)를 통해 1cc의 유체를 옮긴다. 퍼지 단계 동안, 토출 펌프(502)의 모터는 하드 스톱(즉, 0cc의 가용 용적)으로 구동될 수 있다. 이것은 모터가 후속 단계에서 적합한 스텝 수로 복귀된다는 것을 보장해준다.

[0091] 통기 단계(도 5e 참조)에서, 이송 펌프(501)는 필터(504)를 통해 소량의 유체를 밀어낼 수 있다. 토출 펌프 지연 단계(도 5f 참조) 동안, 이송 펌프(501)는 토출 펌프(502)가 재충전되기 이전에 유체를 토출 펌프(502)로 밀어내기 시작할 수 있다. 이것은 유체를 약간 압축시켜 토출 펌프(502)를 충전시키는 것을 보조하며 필터(504) 내에 부압이 생기는 것을 방지한다. 과도한 유체는 출구 밸브(508)를 통해 제거될 수 있다.

[0092] 여과 단계(도 5g 참조) 동안, 출구 밸브(508)는 폐쇄되고 유체는 토출 펌프(502)를 충전시킨다. 도시된

예에서, 6cc의 유체는 이송 펌프(501)에 의해 토출 펌프(502)로 이동된다. 이송 펌프(501)는 토출 모터가 정지한 후(예컨대, 도 5h의 이송 지연 단계에 도시된 바와 같이) 지속적으로 유체에 압력을 가한다. 도 5h의 예에서, 이송 펌프(501)에는 약 0.5cc의 유체가 잔존한다. 일 실시형태에 따르면, 이송 펌프(501)는 도 5i에 도시된 바와 같이 하드 스톱(즉, 0cc의 가용 용적)으로 구동될 수 있다. 이송 단계(도 5j 참조) 동안, 이송 펌프(501)는 유체로 재충전되고 다단 펌프(500)는 준비 단계(도 5k 및 도 5a 참조)로 복귀한다.

[0093] 도 5a 내지 도 5k의 예에서, 퍼지 단계는 토출 펌프(502)를 하드 스톱으로 이동하기 위해 도 2의 실시형태와 같이 통기 단계 이후라기보다는 재흡입 단계 직후에 이루어진다. 토출 용적은 5.5cc이며, 재흡입 용적은 0.5cc이고, 퍼지 용적은 1cc이다. 단계의 시퀀스에 기초하여, 토출 펌프(502)에 의해 요구되는 최대 용적은 다음의 식으로 될 수 있다. 즉,

수학식 5

[0094]
$$V_{DMax} = V_{토출} + V_{퍼지} - V_{재흡입} + e_1$$

[0095] 만약 토출 펌프(502)가 스텝 모터를 이용할 경우, 특정 수의 카운트는 V_{DMax} 의 변위를 초래할 것이다. V_{DMax} 에 대응하는 카운트의 수를 갖는 하드 스톱 위치(예컨대, 0 카운트)로 모터를 복귀시킴으로써, 토출 펌프는 V_{DMax} 의 가용 용적을 가질 것이다.

[0096] 이송 펌프(501)에 있어서, $V_{통기}$ 는 0.5cc이며, 이송 펌프(501)를 하드 스톱으로 이동하기 위해 0.5cc의 추가의 에러 용적이 존재한다. 수학식 2에 따르면:

[0097]
$$V_{FMax} = 5.5 + 1 + 0.5 - 0.5 + 0.5$$

[0098] 이러한 예에서, V_{FMax} 는 7cc이다. 이송 펌프(501)가 스텝 모터를 사용하는 경우, 이 스텝 모터는 재충전 단계 동안 7cc에 대응하는 카운트의 수의 하드 스톱 위치로부터 복귀될 수 있다. 이러한 예에서, 이송 펌프(501)는 최대 20cc 중 7cc를 사용하였고 토출 펌프(502)는 최대 20cc 중 6cc를 사용하였기 때문에 장치 내 잔류량 중 27cc를 절약하게 된다.

[0099] 도 6에는 사용자 특정 용적을 유입하기 위한 사용자 인터페이스(600)가 개략적으로 도시되어 있다. 도 6의 예에서, 사용자는 현장(602)에서 사용자 특정 용적 즉, 10.000mL를 입력시킬 수 있다. 에러 용적이 사용자 특정 용적에 추가될 수 있기 때문에 (예컨대, 1mL) 토출 펌프의 홈 위치는 11mL의 대응하는 가용 용적을 갖는다. 도 6은 토출 펌프에 대한 사용자 선택 용적의 설정만을 단지 도시하고 있지만, 다른 실시형태들에서 사용자는 또한 이송 펌프에 대한 용적을 선택할 수 있다.

[0100] 도 7에는 장치 내 잔류량을 줄이기 위한 펌프 제어 방법의 일 실시형태가 개략적으로 도시되어 있다. 본 발명의 실시형태들은 예컨대, 이송 펌프와 토출 펌프를 제어하기 위해 컴퓨터 프로세서에 의해 실행 가능하게 프로그램된 소프트웨어로서 실시될 수 있다.

[0101] 단계 702에서, 사용자는 예컨대, 토출 용적, 퍼지 용적, 통기 용적, 토출 펌프 및/또는 이송 펌프에 대한 사용자 특정 용적을 포함하고, 다중 토출 사이클을 포함할 수 있는, 토출 작동을 위해 하나 이상의 파라미터 및 다른 파라미터를 입력한다. 이 파라미터들은 상이한 토출 사이클에 대한 다양한 레시피를 위한 파라미터를 포함할 수 있다. 펌프 컨트롤러[예컨대, 도 1의 펌프 컨트롤러(20)]는 사용자 특정 용적, 토출 용적, 퍼지 용적 혹은 토출 사이클과 관련된 다른 파라미터에 기초하여 토출 펌프의 홈 위치를 결정할 수 있다. 추가적으로, 홈 위치의 선택은 토출 다이어그램의 유효 운동 범위에 기초하여 좌우될 수 있다. 이와 유사하게, 펌프 컨트롤러는 이송 펌프 홈 위치를 결정할 수 있다.

[0102] 이송 단계 동안, 이송 펌프는 프로세스 유체로 충전되도록 제어될 수 있다. 일 실시형태에 따르면, 이송 펌프는 이송 펌프의 최대 용량으로 충전될 수 있다. 또 다른 실시형태에 따르면, 이송 펌프는 이송 펌프 홈 위치로 충전될 수 있다(단계 704). 통기 단계 동안, 이송 펌프는 통기 용적을 갖는 유체를 통기하기 위해 추가로 제어될 수 있다(단계 706).

[0103] 여과 단계 동안, 이송 펌프는 토출 펌프가 토출 펌프의 홈 위치에 도달할 때까지 토출 펌프를 충전시키기 위해 프로세스 유체에 압력을 가하도록 제어된다. 토출 펌프를 부분적으로 충전시키기 위해(즉, 토출 펌프의 최대 가용 용적 미만인 가용 용적까지 토출 펌프를 충전시키기 위해) 토출 펌프가 홈 위치로 도달할 때까지, 토출 펌프 내의 토출 다이어그램이 이동된다(단계 708). 토출 펌프가 스텝 모터를 사용하는 경우, 토출 다이어그램은

먼저 하드 스톱으로 이동될 수 있고 스텝 모터는 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 카운트의 수로 역회전될 수 있다. 토출 펌프가 위치 센서(예컨대, 로터리 인코더)를 사용하는 경우, 다이어프램의 위치는 이 위치 센서로부터의 피드백을 사용하여 제어될 수 있다.

[0104] 이어서 토출 펌프는 소량의 유체를 퍼지시키도록 지시될 수 있다(단계 710). 토출 펌프는 소정량(예컨대 토출 용적)의 유체를 토출하기 위해 추가로 제어될 수 있다(단계 712). 토출 펌프는 소량의 유체를 재흡입하기 위해 추가로 제어될 수 있고 또는 유체는 또 다른 펌프, 진공 혹은 다른 적합한 기구에 의해 토출 노즐로부터 제거될 수 있다. 도 7의 단계들은 상이한 순서로 실행될 수 있고 희망에 따라 그리고 필요에 따라 반복될 수 있다는 것에 주목해야 한다.

[0105] 단단 펌프에 관하여 서두에 언급하였지만, 본 발명의 실시형태들은 또한 단단 펌프(single-stage pump)에서 사용될 수 있다. 도 8에는 단단 펌프(800)의 일 실시형태가 개략적으로 도시되어 있다. 단단 펌프(800)는 토출 펌프(802)와, 프로세스 유체로부터 불순물을 여과하기 위해 토출 펌프(802)와 토출 노즐(804) 사이에 있는 필터(820)를 포함한다. 다수의 밸브는 예컨대, 퍼지 밸브(840)와 출구 밸브(847)를 포함하는 단단 펌프(800)를 통과하는 유체 흐름을 제어할 수 있다.

[0106] 토출 펌프(802)는 예컨대, 유체를 수집하기 위한 토출 챔버(855), 토출 챔버(855) 내에서 이동하여 유체를 변위시키는 다이어프램(860), 토출단 다이어프램(860)을 이동시키는 피스톤(865), 리드 스크류(870), 및 토출 모터(875)를 포함한다. 리드 스크류(870)는 너트, 기어 혹은 모터에서 나온 에너지를 리드 스크류(870)로 전달하기 위한 다른 기구를 통해 토출 모터(875)에 체결된다. 일 실시형태에 따르면, 토출 모터(875)는 너트를 회전시키고, 이 너트는 그 다음 피스톤(865)이 작동하도록 리드 스크류(870)를 회전시킨다. 다른 실시형태에 따르면, 토출 펌프(802)는 공압 작동식 펌프, 유압 펌프 혹은 다른 펌프를 포함하는 다양한 다른 펌프들을 각각 포함할 수 있다.

[0107] 토출 모터(875)는 임의의 적합한 모터일 수 있다. 일 실시형태에 따르면, 토출 모터(875)는 위치 센서(880)를 구비한 영구자석 동기 모터("PMSM")이다. PMSM은 모터(875), 펌프(800)에 내장된 컨트롤러, 혹은 별도의 펌프 컨트롤러(예컨대, 도 1에 도시된 바와 같음)에 위치한 자기장 중심형 제어(FOC)를 이용하는 디지털 신호 프로세서(DSP)에 의해 제어될 수 있다. 위치 센서(880)는 모터(875) 위치의 실시간 피드백용 인코더(예컨대, 미세 선형 회전 위치 인코더)일 수 있다. 위치 센서(880)의 사용은 토출 펌프(802)의 위치의 정확하고 반복 가능한 제어를 제공한다.

[0108] 단단 펌프(800)의 밸브는 개폐되어 단단 펌프(800)의 여러 부분들로의 유체 흐름을 허용 혹은 제한하게 된다. 일 실시형태에 따르면, 이들 밸브들은 압력 혹은 진공의 인가 여부에 따라 개폐되는 공압 작동식(즉, 가스 구동) 다이어프램 밸브일 수 있다. 그러나 본 발명의 다른 실시형태에서는 임의의 적합한 밸브를 사용할 수 있다.

[0109] 작동시, 단단 펌프(800)의 토출 사이클은 준비 단계, 여과/토출 단계, 통기/퍼지 단계 및 정적 퍼지 단계를 포함할 수 있다. 밸브 개폐의 지연을 고려하여 추가의 단계들이 또한 포함될 수 있다. 다른 실시형태에 따르면, 토출 사이클[즉, 단단 펌프(800)가 웨이퍼로의 토출을 준비하는 시점과 단단 펌프(800)가 이전의 토출 이후에 웨이퍼로의 토출을 다시 준비하는 시점 사이의 일련의 단계]은 단계들을 더 필요로 하거나 덜 필요로 할 수 있고 또 각종 단계들이 다른 순서에 따라 실행될 수 있다.

[0110] 이송 단계 동안, 입구 밸브(825)는 개방되고 토출 펌프(802)는 토출 챔버(855)로 유체를 흡인하기 위해 다이어프램(860)을 이동(예컨대, 당김)시킨다. 일단 충분한 양의 유체가 토출 챔버(855)로 충전되었다면, 입구 밸브(825)는 폐쇄된다. 토출/여과 단계 동안, 펌프(802)는 유체를 토출 챔버(855)로부터 옮기기 위해 다이어프램(860)을 이동시킨다. 출구 밸브(847)가 개방되어, 유체가 필터(820)를 통해 노즐(804) 밖으로 유동하게 한다. 출구 밸브(847)는 펌프(802)가 토출을 시작하기 전후에 혹은 토출 시작과 동시에 개방될 수 있다.

[0111] 퍼지/통기 단계의 초기에, 퍼지 밸브(840)는 개방되고 출구 밸브(847)는 폐쇄된다. 토출 펌프(802)는 유체에 압력을 가하여, 개방된 퍼지 밸브(840)를 통해 유체를 이동시킨다. 이 유체는 단단 펌프(800)로부터 방출되거나 유체 공급 혹은 토출 펌프(802)로 복귀할 수 있다. 정적 퍼지 단계 동안, 토출 펌프(802)는 정지되지만 퍼지 밸브(840)는 퍼지 단계 동안 증가한 압력을 경감시키도록 개방 상태로 남게 된다.

[0112] 유체를 되돌림으로써, 토출 노즐 내의 과도한 유체를 제거하는 추가의 재흡입 단계가 실행될 수 있다. 재흡입 단계 동안, 출구 밸브(847)는 폐쇄될 수 있고, 출구 노즐(804)로부터 과도한 유체를 빨아들이기 위해 2차 모터 혹은 진공을 사용할 수 있다. 그 대안으로, 출구 밸브(847)는 개방 상태로 남을 수 있고, 토출 모터(875)는 유

체를 토출 챔버로 되돌리기 위해 역회전될 수 있다. 재흡입 단계는 웨이퍼 상으로 과도한 유체가 드리핑되는 것을 방지하는 것을 돕는다.

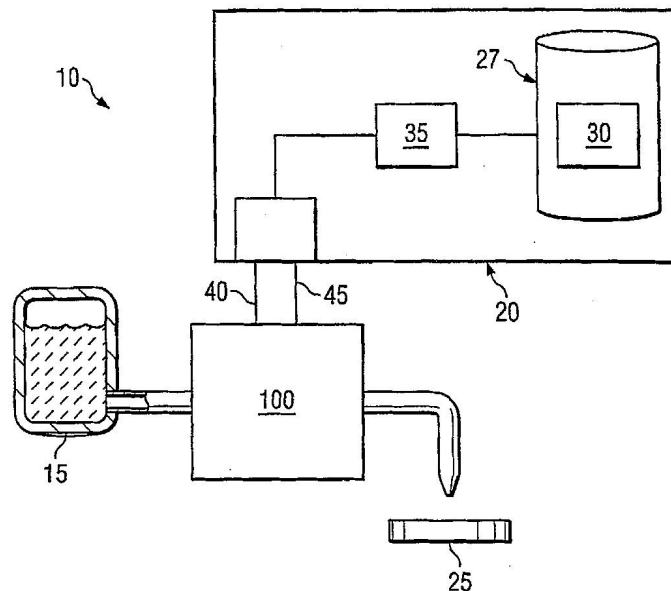
[0113] 토출 사이클의 다른 단계들도 또한 실행될 수 있으며, 단단 펌프는 전술한 순서대로 전술한 단계를 수행하는 것으로만 제한되지 않는다는 것에 주목해야 한다. 예컨대, 토출 모터(875)가 스텝 모터일 경우, 이송 단계 이전에 모터를 하드 스톱에 위치시키는 소정의 단계가 추가될 수 있다. 더욱이, 조합된 단계들(예컨대, 퍼지/통기 단계)이 별도의 단계들로서 수행될 수 있다. 다른 실시형태에 따르면, 펌프는 재흡입 단계를 실시하지 않을 수 있다. 추가적으로, 단단 펌프는 상이한 구성을 채택해도 좋다. 예컨대, 단단 펌프는 필터를 포함하지 않을 수 있거나 혹은 퍼지 밸브를 구비하는 대신 출구 밸브(147)를 위한 역지 밸브를 지닐 수 있다.

[0114] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 충전 단계 동안, 토출 펌프(802)는 홈 위치에서 충전될 수 있기 때문에 토출 챔버(855)는 토출 사이클의 단계들 각각을 수행하기 위해 충분한 용적을 가지게 된다. 전술한 주어진 예에 있어서, 홈 위치에 대응하는 가용 용적은 적어도 토출 용적에 퍼지 용적(즉, 퍼지/통기 단계와 정적 퍼지 단계 동안 방출되는 용적)을 합친 용적일 수도 있다. 토출 챔버(855)로 회수된 임의의 재흡입 용적은 토출 용적과 퍼지 용적으로부터 공제될 수 있다. 단단 펌프와 마찬가지로, 홈 위치는 하나 이상의 레시피 혹은 사용자 특정 용적에 기초하여 결정될 수 있다. 토출 펌프 홈 위치에 대응하는 가용 용적은 토출 펌프의 최대 가용 용적 미만이며, 토출 사이클 동안 토출 펌프에 대한 최대 가용 용적이다.

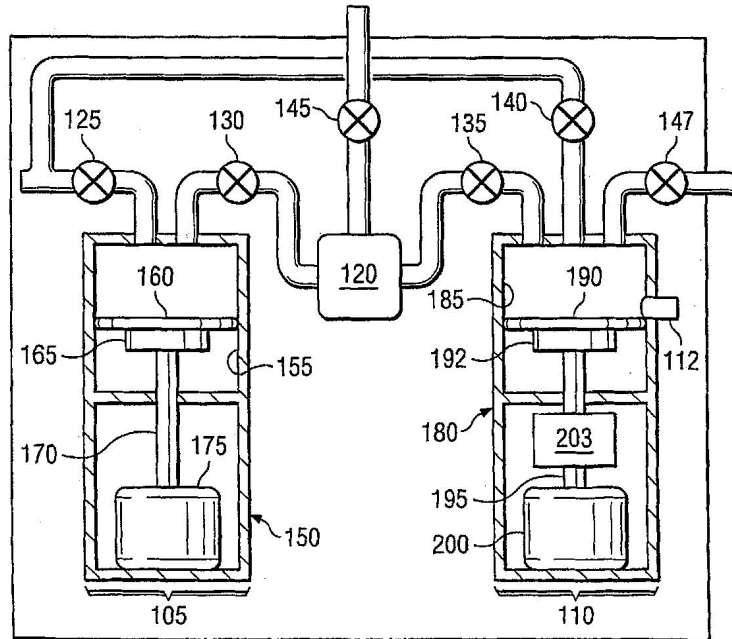
[0115] 본 발명은 특정 실시형태를 참조하여 설명하였지만, 이 실시형태들은 예시적인 것으로 본 발명의 영역은 이러한 실시형태들에만 한정되지 않는다는 것으로 이해되어야 한다. 전술한 실시예에 대해 많은 변형, 변경, 추가 및 개량이 가능할 수 있다. 이러한 변형, 변경, 추가 및 개량은 아래의 청구의 범위에 기재된 바와 같이 본 발명의 영역에 속하는 것으로 이해되어야 한다.

도면

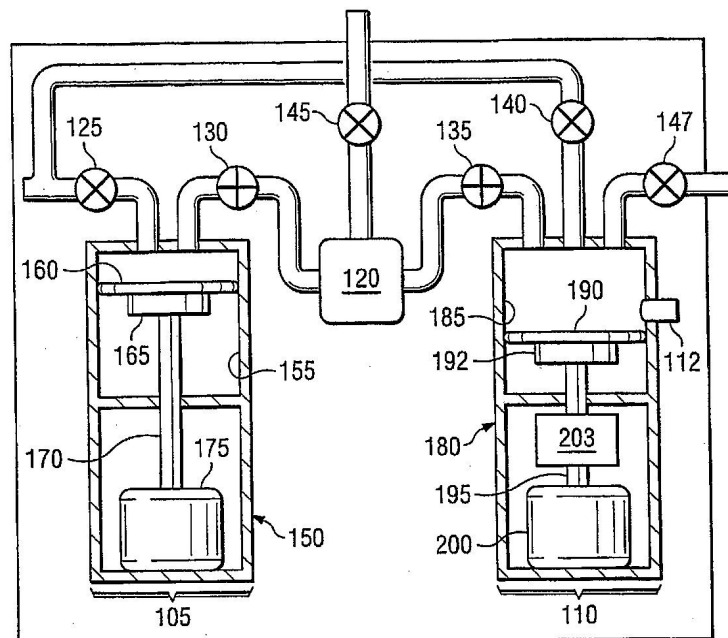
도면1



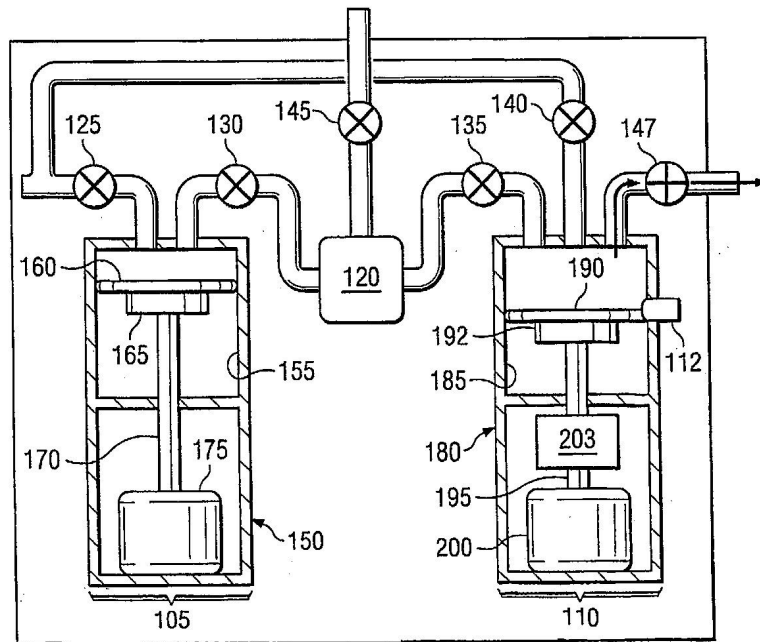
도면2



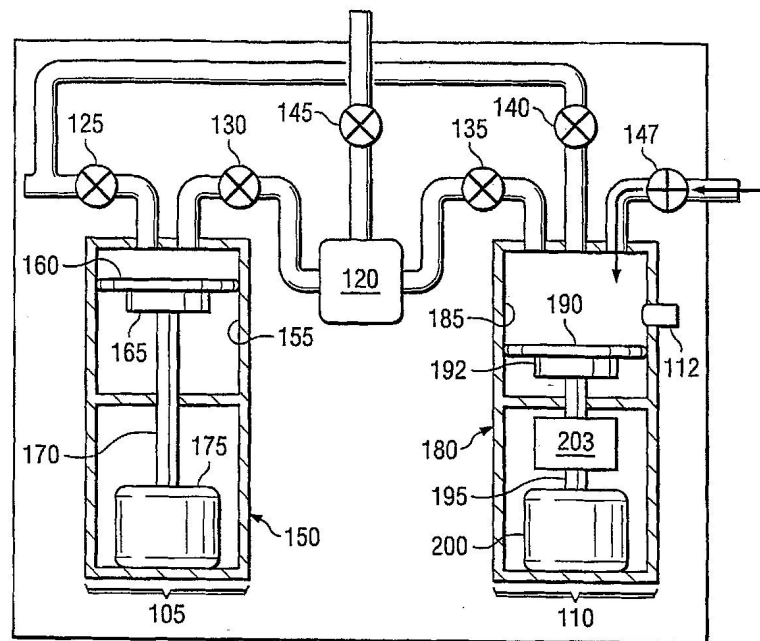
도면3a



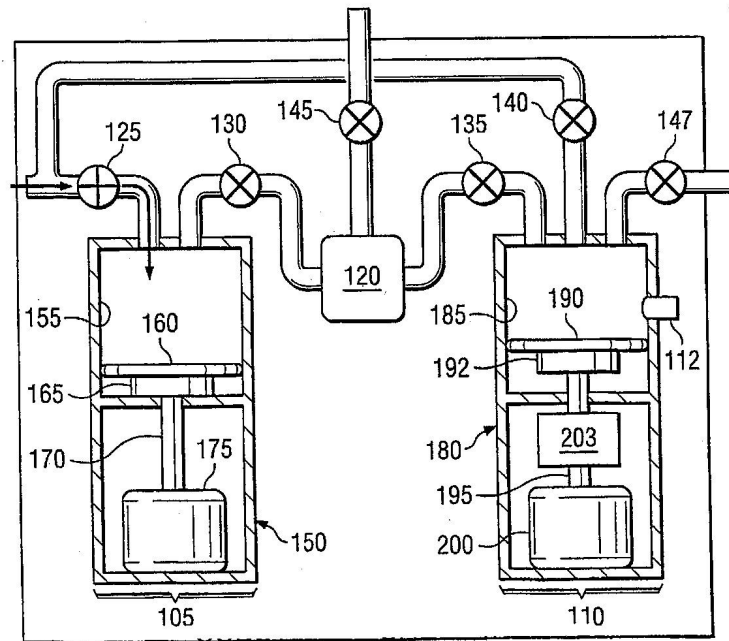
도면3b



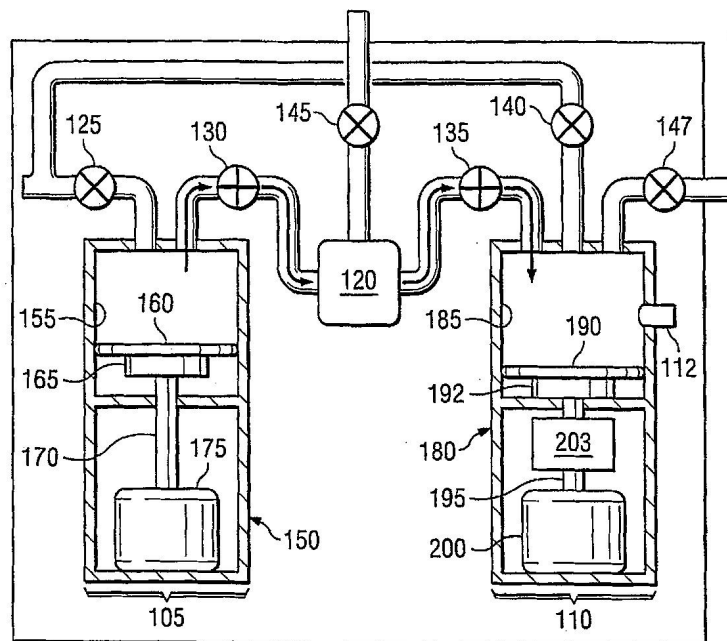
도면3c



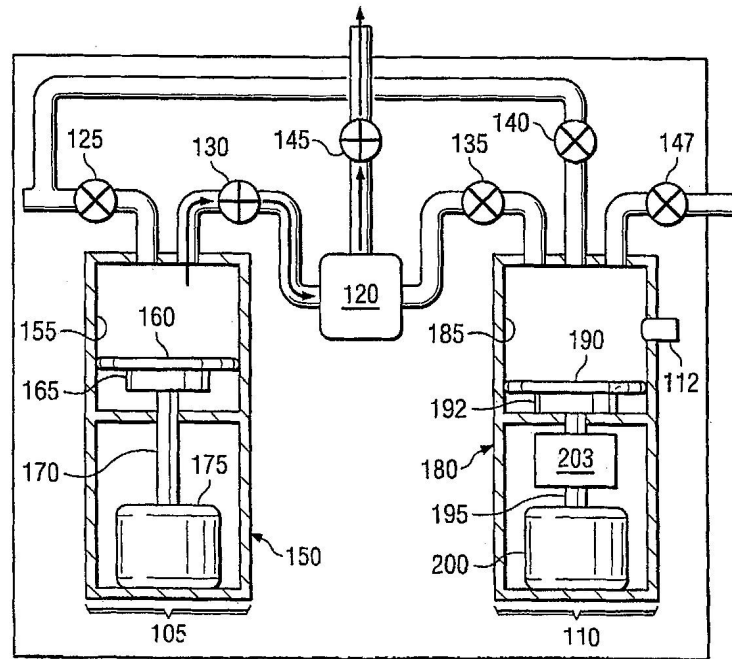
도면3d



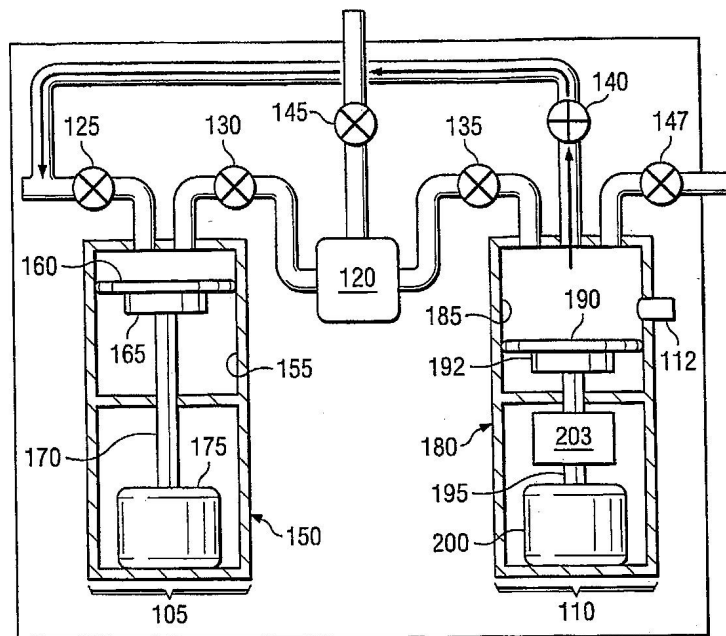
도면3e



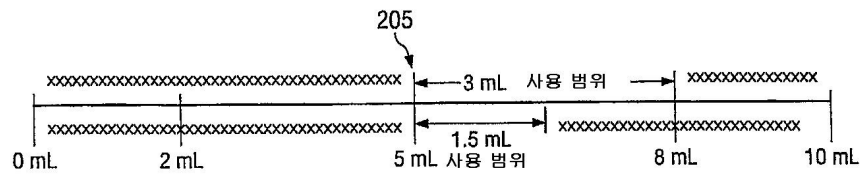
도면3f



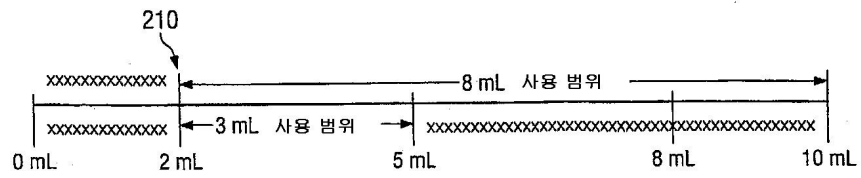
도면3g



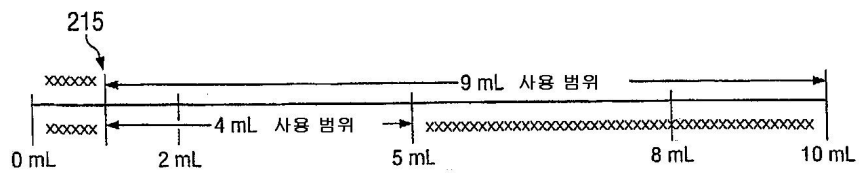
도면4a



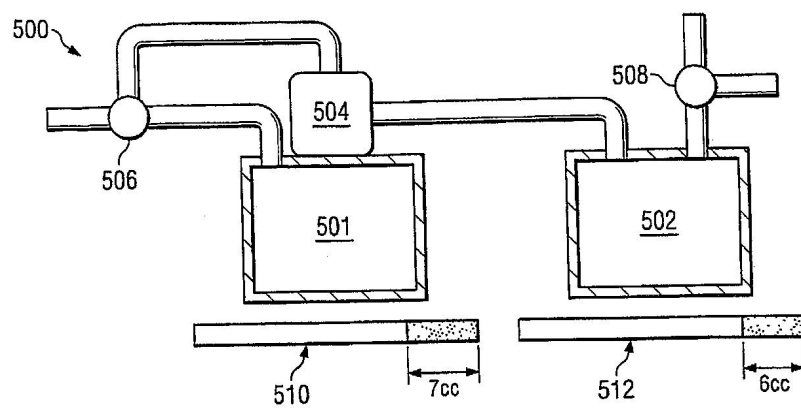
도면4b



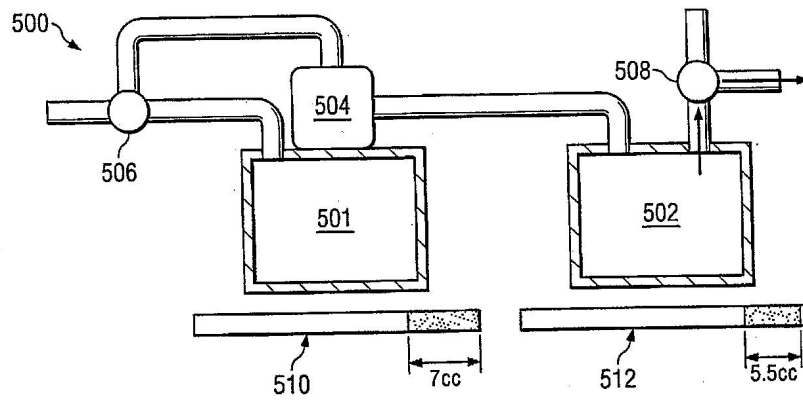
도면4c



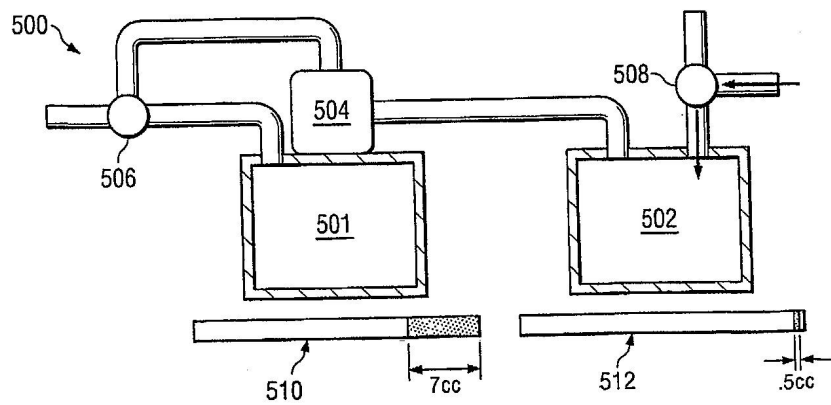
도면5a



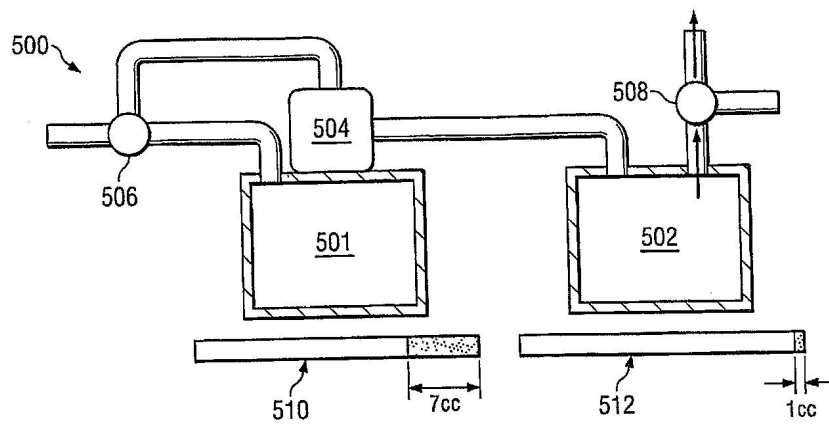
도면5b



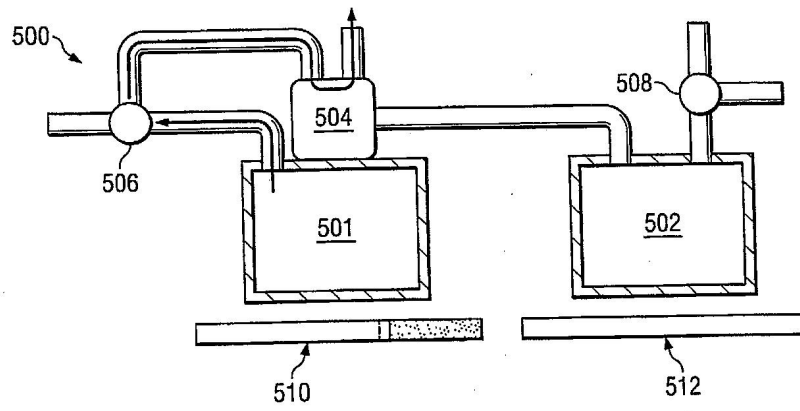
도면5c



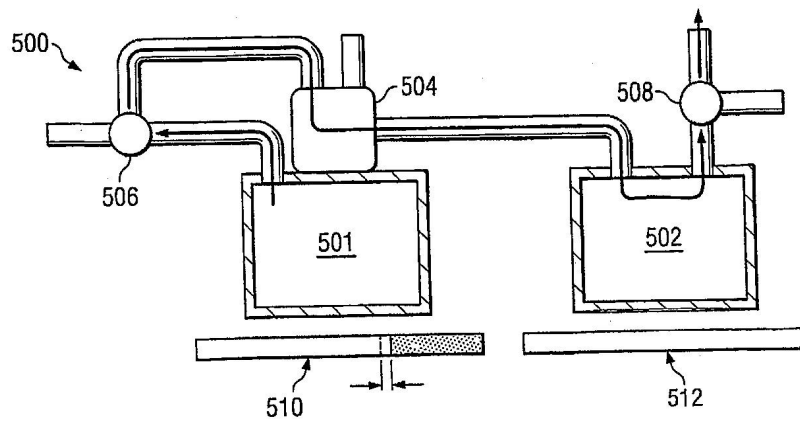
도면5d



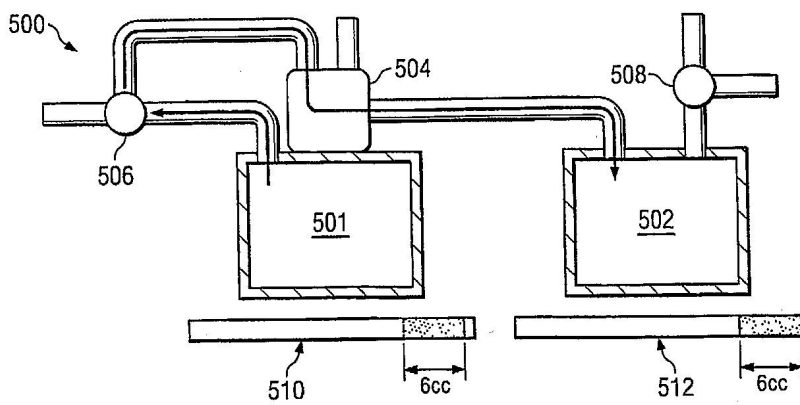
도면5e



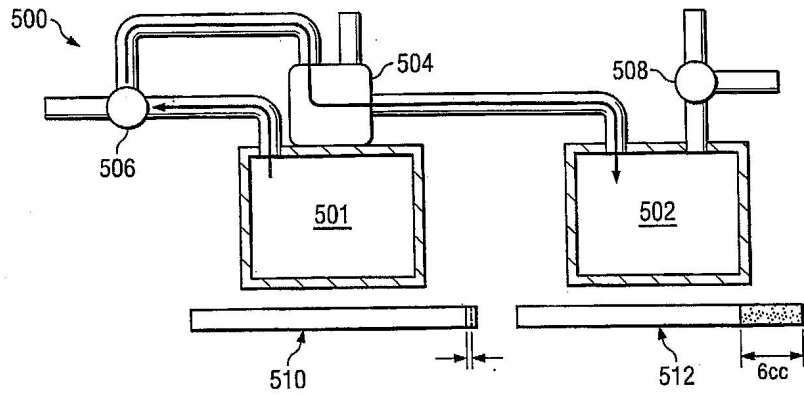
도면5f



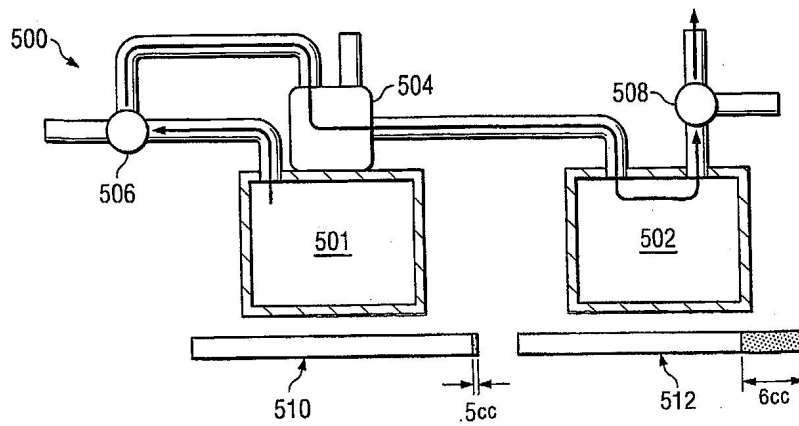
도면5g



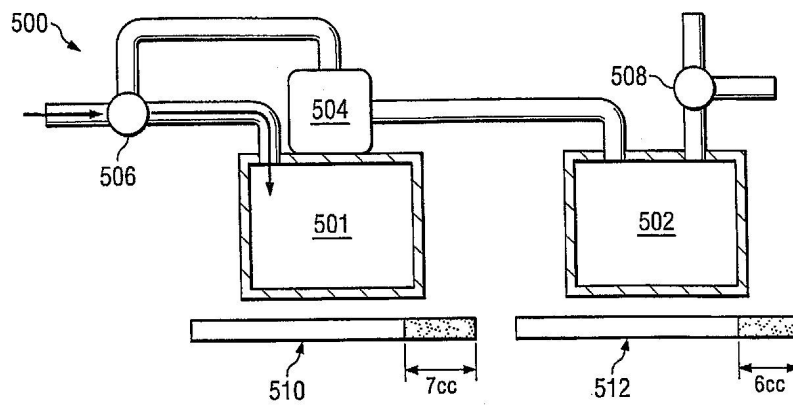
도면5h



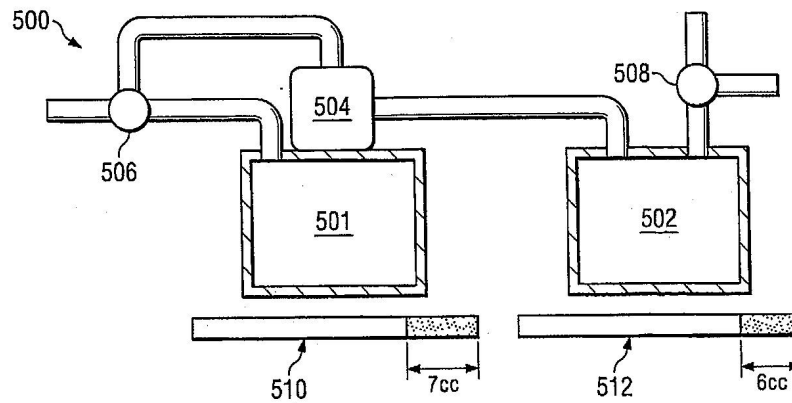
도면5i



도면5j



도면5k



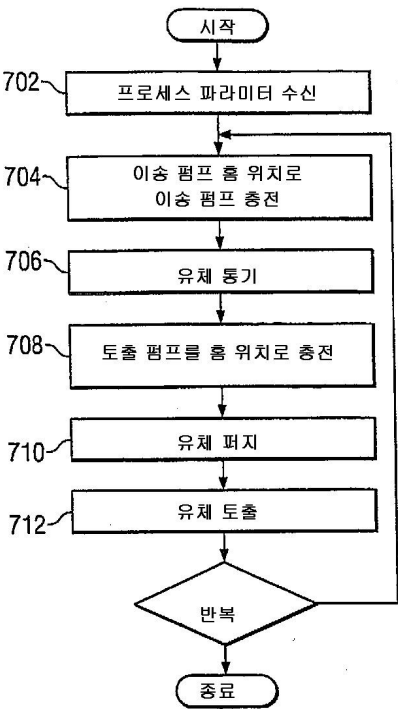
도면6

600

시스템 프로그래밍 COM1: IntelliGen Mini™

시스템 이름 :	필터 압력 세트 : 5.000 (PSI)
트리거 모드 : 엣지	유체 점도 : 4.000 (cP)
마스터 리셋	폐쇄
P: 4.500	압력 계산 0.88 psi 재생
I: 0.300	
D: 40.000	
I한계: 0.200	오프셋 : 52
퍼지 밸브 용적 : 0.050 (mL)	이득 : 208
퍼지 밸브 오버 : 0.010 (mL)	mL 당 라인 DC : 9400
시리얼 번호	uL 당 스텝 Stp : 0.940
펌프 ID: 00000000	장치 내 잔류량
보드 ID: 00000000	현재 : 6.200 mL
설정	총 : 10.000 (mL) 602
	EEPROM 리셋
	신규 펌웨어 플래쉬

도면7



도면8

