



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0087196  
(43) 공개일자 2020년07월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B41J 2/11 (2006.01) B05B 12/06 (2006.01)  
B05B 12/18 (2018.01) B05B 7/00 (2006.01)  
B05B 7/12 (2006.01) B41J 2/175 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
B41J 2/11 (2013.01)  
B05B 12/06 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7016575
- (22) 출원일자(국제) 2018년11월13일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2020년06월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/060853
- (87) 국제공개번호 WO 2019/094979  
국제공개일자 2019년05월16일
- (30) 우선권주장  
62/585,449 2017년11월13일 미국(US)

- (71) 출원인  
옵토맥 인코포레이티드  
미국 뉴 멕시코 87109 앨버커키 엔.이. 싱어 블러바드 3911
- (72) 발명자  
크리스텐슨 커트 케이.  
미국 미네소타 55345 미네톤카 크라운 드라이브 14917  
렌 마이클 제이.  
미국 위스콘신 54017 뉴 리치몬드 97번 스트리트 1535  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
박장원

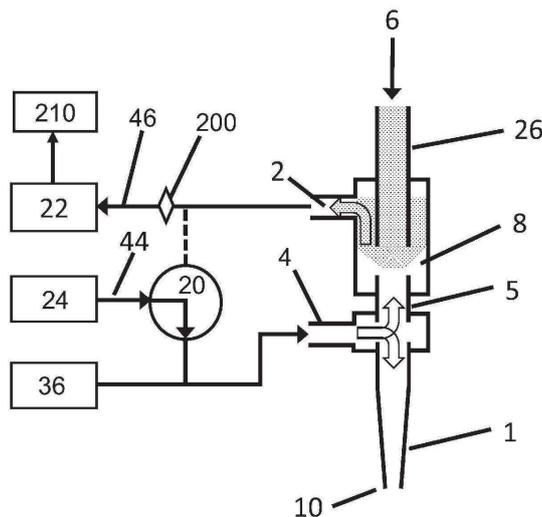
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 에어로졸 스트림의 셔터링

(57) 요약

공압 셔터링을 통해 기관 위에 적층되는 에어로졸 스트림을 제어하기 위한 방법과 장치가 기재되어 있다. 에어로졸 스트림은 장치의 인쇄 헤드 내에서 환형의 동시-유동 피복 가스에 의해 둘러싸이고 집속된다. 부스트 가스가 에어로졸이 인쇄되는 동안에 진공 펌프로 유동한다. 밸브가 부스트 가스를 적당한 시간에 피복 가스로 부가하고, 2개의 가스 중 일부는 에어로졸 중 적어도 일부분이 적층 노즐을 통과하지 않도록 에어로졸 유동 방향과 반대 방향으로 전환된다. 에어로졸 전부 또는 일부가 부스트 가스와 피복 가스의 상기 부분과 조합되고, 인쇄 헤드로부터 배출된다. 인쇄 헤드 유동 채널의 중앙에서의 가스 유동과 측면 근방에서의 가스 유동 간의 지연을 최소로 하는 데에 프리-피복 가스가 사용될 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

*B05B 12/18* (2018.02)  
*B05B 7/0012* (2013.01)  
*B05B 7/12* (2013.01)  
*B41J 2/175* (2013.01)

(72) 발명자

**폴슨 제이슨 에이.**

미국 아이오아 52402 세다르 라피드스 노스이스트  
러셀 드라이브 2935

**함레 존 데이비드**

미국 미네소타 55446 폴리마우스 45번 애버뉴 노스  
17515

**콘로이 채드**

미국 미네소타 55407 미네아폴리스 13번 애버뉴 사  
우스 4737

**펑 제임스 큐.**

미국 미네소타 55369 메이플 그로브 88번 플레이스  
노스 12537

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

에어로졸 제트 인쇄 시스템의 인쇄 헤드 내에서 에어로졸 유동을 제어하는 방법으로, 상기 방법은 에어로졸 유동이 오리지널 에어로졸 유동 방향으로 인쇄 헤드를 통과하는 단계; 피복 가스가 에어로졸 유동을 둘러싸는 단계; 에어로졸 유동과 피복 가스가 조합된 유동이 인쇄 헤드의 적층 노즐을 통과하는 단계; 부스트 가스를 피복 가스에 부가하여 피복-부스트 가스 유동을 형성하는 단계; 피복-부스트 가스 유동을 오리지널 에어로졸 유동 방향과 반대 방향으로 유동하는 제1 부분과, 오리지널 유동 방향으로 유동하는 제2 부분으로 분할하는 단계; 및 피복-부스트 가스 유동의 제1 부분이, 에어로졸 유동의 전환된 부분이 적층 노즐을 통과하지 못하게 방지하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
피복 가스의 유량과 에어로졸 유동의 유량이 대략적으로 일정하게 유지되는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,  
부스트 가스를 피복 가스에 부가하기 전에, 부스트 가스가 진공 펌프로 유동하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
증가 단계 후에 인쇄 헤드로부터 에어로졸 유동의 전환된 부분과 피복-부스트 가스 유동의 제1 부분을 포함하는 배기 유동을 추출하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,  
배기 유동을 추출하는 단계는 진공 펌프를 사용하여 배기 유동을 흡인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

#### 청구항 6

제4항 내지 제5항에 있어서,  
배기 유동의 유량이 유량 제어기에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

#### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,  
피복 가스의 유량과 부스트 가스의 유량이 하나 이상의 유량 제어기에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 8**

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

부가 단계 전의 에어로졸 유동의 유량과 부가 단계 전의 피복 가스의 유량을 더한 값이 피복-부스트 가스 유동의 제2 부분의 유량과 에어로졸 유동의 전환되지 않은 부분의 유량을 더한 값과 대략적으로 동일한 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 9**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

대략적으로 10 밀리초 미만으로 수행되는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 10**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

부스트 가스의 유량이 에어로졸 유동의 유량보다 큰 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

부스트 가스의 유량이 에어로졸 유동 유량의 약 1.2배와 에어로졸 유동 유량의 약 2배 사이인 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 12**

제10항 또는 제11항에 있어서,

에어로졸 유동의 전환된 부분이 에어로졸 유동 전체를 포함하여 에어로졸 유동이 적층 노즐을 통과하지 않는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 13**

제10항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

배기 유동의 유량이 대략적으로 부스트 가스의 유량과 동일한 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 14**

제10항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

에어로졸 유동의 전환되지 않은 부분 모두가 적층 노즐을 통해 인쇄 헤드를 빠져나가기 전에 부스트 가스를 진공 펌프로 직접 유동하게 전환시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 15**

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

방지 단계 전에 기계식 셔터로 에어로졸 유동을 차단시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 16**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

부스트 가스의 유량이 에어로졸 유동의 유량과 같거나 그 보다 작은 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

배기 유동의 유량이 부스트 가스의 유량보다 크게 설정되는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 18**

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

피복 가스로 에어로졸 유동을 둘러싸기 전에 프리-피복 가스로 에어로졸을 둘러싸는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

피복 가스로 에어로졸 유동을 둘러싸는 단계는 프리-피복 가스와 조합된 피복 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 20**

제18항 또는 제19항에 있어서,

피복 가스의 약 절반이 프리-피복 가스를 형성하는 데에 사용되는 것을 특징으로 하는 에어로졸 유동 제어 방법.

**청구항 21**

에어로졸 적층 장치로, 상기 장치는

에어로졸 공급원;

피복 가스 공급원;

부스트 가스 공급원;

진공 펌프;

상기 부스트 가스 공급원을 상기 피복 가스 공급원 또는 상기 진공 펌프에 연결하기 위한 밸브; 및

인쇄 헤드를 포함하고, 상기 인쇄 헤드는,

상기 에어로졸 공급원으로부터 에어로졸을 받아들이기 위한 에어로졸 유입구;

상기 피복 가스 공급원으로부터 피복 가스를 받아들이기 위한 피복 가스 유입구를 포함하며, 피복 가스로 에어로졸을 둘러싸게 구성되어 있는 제1 챔버;

상기 진공 펌프에 연결된 배기 가스 배출구를 포함하며, 상기 에어로졸 유입구와 상기 제1 챔버 사이에 위치하는 제2 챔버; 및

적층 노즐을 포함하며,

상기 피복 가스 유입구는 상기 부스트 가스가 공급원이 상기 피복 가스 공급원에 연결될 때 상기 부스트 가스 공급원으로부터 부스트 가스와 피복 가스의 조합된 가스를 받아들이고;

상기 제1 챔버는 상기 조합된 가스를 상기 에어로졸 유입구를 향해 유동하는 제1 부분과 상기 적층 노즐을 향해 유동하는 제2 부분으로 분할하게 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 에어로졸 적층 장치.

**청구항 22**

제21항에 있어서,

상기 배기 가스 배출구와 상기 진공 펌프 사이에 위치하는 제1 유량 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 적층 장치.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

상기 배기 가스 배출구와 상기 제1 유량 제어기 사이에 위치하는 필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 적층 장치.

**청구항 24**

제21항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 피복 가스 공급원과 상기 피복 가스 유입구 사이에 위치하는 제2 유량 제어기 및 상기 부스트 가스 공급원과 상기 밸브 사이에 위치하는 제3 유량 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 적층 장치.

**청구항 25**

제21항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 피복 가스 공급원으로 유입되는 가스의 유동이 상기 인쇄 헤드 내에서 에어로졸 유동 방향과 수직 방향인 것을 특징으로 하는 에어로졸 적층 장치.

**청구항 26**

제21항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서,

기계식 셔터를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 적층 장치.

**청구항 27**

제21항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 에어로졸 유입구와 상기 제2 챔버 사이에 위치하고, 프리-피복 가스 유입구를 포함하며, 프리-피복 가스로 에어로졸을 둘러싸게 구성되어 있는 제3 챔버를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 적층 장치.

**청구항 28**

제27항에 있어서,

상기 프리-피복 가스 유입구와 상기 피복 가스 공급원 사이에 연결되어 있으며, 피복 가스의 약 절반으로부터 프리-피복 가스를 형성하는 유동 분할기를 포함하는 것을 특징으로 하는 에어로졸 적층 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 출원은 2017년 11월 13일에 "내부 셔터링"이란 명칭으로 출원된 미국 가특허 출원 제62/585,449호의 우선권과 이익을 주장한다. 상기 출원의 명세서 및 특허청구범위는 참고로 본 명세서에 통합된다.

[0002] 본 발명은 에어로졸 스트림을 공압 셔터링하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 에어로졸 스트림은 액적 스트림, 고형 입자 스트림 또는 액적과 고형 입자로 이루어진 스트림일 수 있다.

**배경 기술**

[0003] 아래의 논의는 복수의 간행문과 참고문헌을 참고할 수 있음을 주목해야 한다. 본 명세서에서 이러한 간행물의 논의는 과학적 원리의 배경을 더 완벽하게 제공하기 위한 것이지, 이러한 간행물이 특허성을 결정하는 과정에서 종래 기술로 인정되는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0004] 에어로졸 제트 인쇄에서 에어로졸 유동을 셔터링하거나 전환하기 위한 전형적인 장치는 에어로졸 적층 노즐의 하류에 셔터링 기구를 사용하며, 일반적으로 이 기구를 수용하기 위해서는 적층 오리피스로부터 기관까지 작업 거리가 증가될 것이 요구된다. 작업 거리가 증가되면 노즐에서 기관까지의 거리가 최적으로 되지 않아 에어로졸 제트의 초점이 열화될 수 있다. 외부 셔터링 기구는 또한 캐비티 내부를 인쇄할 때 또는 실장된 부품을 포함하는 인쇄회로기판 같이 실질적으로 평탄한 면 위로 상향 돌출물이 나올 때 기계적으로 방해할 수 있다. 반면, 내부 셔터링은 적층 노즐의 오리피스 상류에서 인쇄 헤드의 내부에 이루어지며, 노즐에서 기관까지의 거리를 최소로 할 수 있으며, 이는 에어로졸 스트림의 집속 또는 시준을 최적으로 하는 데에 필요할 수 있다.

[0005] 에어로졸 제트 인쇄에서, 내부 및 외부 에어로졸 스트림 서터링은, 중실형 블레이드 또는 스폰-형 서터를 에어로졸 스트림 내에 위치시켜 입자들이 오리지널 유동 방향으로 유지하며 서터 표면 위에 충돌하게 하는 기계식 충격 서터를 사용하여 달성될 수 있다. 충격 서터들은 일반적으로 전압 펄스가 에어로졸 스트림의 경로 내에서 서터를 이동시키는 솔레노이드에 인가되는 전기기계식 구성을 사용한다. 충격 기반형 서터링은 서터가 에어로졸 스트림을 통과함에 따라 입자 스트림의 초점이탈(defocusing)을 야기할 수 있다. 충격 서터는 또한 과잉의 재료가 서터 표면 위에 축적되기 때문에 불필요한 재료가 적층되거나 유동 시스템을 오염시킬 수 있다. 이렇게 축적된 재료는 후에 제거되어야 한다. 충격 기반 서터링 방식은 서터 온/오프 시간이 2 ms 이하로 작을 수 있다. 또는, 에어로졸 스트림 서터링은 오리지널 유동 방향으로부터 에어로졸 스트림을 포집실로 또는 배기 포트로 전환하게 위해 공압 서터를 사용할 수도 있다. 공압 서터링은 비-충격 공정으로, 잉크가 축적될 수 있는 서터링 면이 존재하지 않는다. 인쇄, 전환(서터링) 그리고 특히 인쇄와 전환 사이에서 전이하는 중에, 잉크 축적을 최소로 하는 것이 공압 서터 디자인 측면에서 중요하다. 비-충격 서터링 방식은 고속 이동하는 에어로졸 스트림의 경우에서 서터 온/오프 시간이 10 ms 미만일 수 있다.

[0006] 공압 서터링의 단점은 온 오프 사이의 전이가 기계식 서터링에 비해 오래 걸린다는 것이다. 기존의 공압 서터링 방식은, 서터링 후 인쇄를 재개할 때, 에어로졸 스트림이 유동 셀의 하부를 통해 하향 전파되기 위해 필요로 하는 시간 또는 서터링이 시작될 때 세정 가스가 서터로부터 아래로 전파하기 위해 필요로 하는 시간으로 인해 긴 전환 시간(switching time)을 필요로 한다. 또한, 에어로졸의 턴-오프 및 턴-온이 갑작스럽게 이루어지지 않고 상당한 전이 시간을 갖는다. 가스가 층류 조건으로(비-난류 조건) 원통형 채널을 통해 전파할 때, 채널 축을 따른 유동의 중앙은 평균 유속의 2배로 이동하고, 벽의 따른 유동은 거의 속도가 제로이다. 이로 인해 채널 벽 근처에 에어로졸을 포함하는 기관으로의 전체 에어로졸 유동이 초기 유동보다 상당히 뒤쳐지는 포물선 유동 분포가 이루어진다. 이와 마찬가지로, 서터링할 때, 벽 근처에서 저속 이동하는 미스트가 기관에 도달할 때의 최종 턴-오프는 고속 이동하는 에어로졸 유동의 중앙이 세정 가스로 교체될 때로부터 실질적으로 지체된다. 이 효과는 초기 서터링 시간에 비해 "완전히 서터링된"(fully-shuttered) 시간을 상당히 증가시킨다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 따라서, 전환 및 서터링 전이 시간을 최소로 하는 내부 공압 에어로졸 유동 서터링 시스템에 대한 수요가 존재한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 본 발명의 일 실시형태는 에어로졸 제트 인쇄 시스템의 인쇄 헤드 내에서 에어로졸 유동을 제어하는 방법으로, 상기 방법은 에어로졸 유동이 오리지널 에어로졸 유동 방향으로 인쇄 헤드를 통과하는 단계; 피복 가스가 에어로졸 유동을 둘러싸는 단계; 에어로졸 유동과 피복 가스가 조합된 유동이 인쇄 헤드의 적층 노즐을 통과하는 단계; 부스트 가스를 피복 가스에 부가하여 피복-부스트 가스 유동을 형성하는 단계; 피복-부스트 가스 유동을 오리지널 에어로졸 유동 방향과 반대 방향으로 유동하는 제1 부분과, 오리지널 유동 방향으로 유동하는 제2 부분으로 분할하는 단계; 및 피복-부스트 가스 유동의 제1 부분이, 에어로졸 유동의 전환된 부분이 적층 노즐을 통과하지 못하게 방지하는 단계를 포함하는 에어로졸 유동 제어 방법이다. 피복 가스의 유량과 에어로졸 유동의 유량이 대략적으로 일정하게 유지되는 것이 바람직하다. 부스트 가스를 피복 가스에 부가하기 전에, 부스트 가스가 진공 펌프로 유동하는 것이 바람직하다. 이 방법은 증가 단계 후에 인쇄 헤드로부터 에어로졸 유동의 전환된 부분과 피복-부스트 가스 유동의 제1 부분을 포함하는 배기 유동을 추출하는 단계를 추가로 포함하는 것이 바람직하다. 배기 유동을 추출하는 단계는 진공 펌프를 사용하여 배기 유동을 흡인하는 단계를 포함하는 것이 바람직하다. 배기 유동의 유량이 유량 제어기에 의해 제어되는 것이 바람직하다. 피복 가스의 유량과 부스트 가스의 유량이 하나 이상의 유량 제어기에 의해 제어되는 것이 바람직하다. 부가 단계 전의 에어로졸 유동의 유량과 부가 단계 전의 피복 가스의 유량을 더한 값이 피복-부스트 가스 유동의 제2 부분의 유량과 에어로졸 유동의 전환되지 않은 부분의 유량을 더한 값과 대략적으로 동일한 것이 바람직하다. 이 방법은 대략적으로 10 밀리초 미만으로 수행되는 것이 바람직하다. 부스트 가스의 유량이 선택적으로 에어로졸 유동의 유량보다 큰 것이 바람직하고, 더 바람직하기로는 부스트 가스의 유량이 에어로졸 유동 유량의 약 1.2배와 에어로졸 유동 유량의 약 2배 사이이다. 필요에 따라서는, 에어로졸 유동의 전환된 부분이 에어로졸 유동 전체를 포함하여 에어로졸 유동이 적층 노즐을 통과하지 않게 한다. 선택적으로는, 배기 유동의 유량이 대략적으로 부스트 가스의 유량과 동일하게 설정된다. 이 방법은, 선택적으로는, 에어로졸 유동의 전환되지 않은 부분 모두가 적층 노즐을 통해 인쇄

헤드를 빠져나가기 전에 부스트 가스를 진공 펌프로 직접 유동하게 전환시키는 단계를 추가로 포함한다. 이 방법은, 선택적으로는, 방지 단계 전에 기계식 셔터로 에어로졸 유동을 차단시키는 단계를 추가로 포함한다. 부스트 가스의 유량이 에어로졸 유동의 유량과 같거나 그 보다 작을 수 있으며, 이 경우 배기 유동의 유량은 부스트 가스의 유량보다 크게 설정되는 것이 바람직하다. 이 방법은 피복 가스로 에어로졸 유동을 둘러싸기 전에 프리-피복 가스로 에어로졸을 둘러싸는 단계를 추가로 포함하고, 이에 의해 프리-피복 가스와 조합된 피복 가스를 포함하는 것이 바람직하다. 바람직하기로는, 피복 가스의 약 절반이 프리-피복 가스를 형성하는 데에 사용된다.

[0009] 본 발명의 다른 실시형태는 에어로졸 적층 장치로, 상기 장치는 에어로졸 공급원; 피복 가스 공급원; 부스트 가스 공급원; 진공 펌프; 상기 부스트 가스 공급원을 상기 피복 가스 공급원 또는 상기 진공 펌프에 연결하기 위한 밸브; 및 인쇄 헤드를 포함하고, 상기 인쇄 헤드는, 상기 에어로졸 공급원으로부터 에어로졸을 받아들이기 위한 에어로졸 유입구; 상기 피복 가스 공급원으로부터 피복 가스를 받아들이기 위한 피복 가스 유입구를 포함하며, 피복 가스로 에어로졸을 둘러싸게 구성되어 있는 제1 챔버; 상기 진공 펌프에 연결된 배기 가스 배출구를 포함하며, 상기 에어로졸 유입구와 상기 제1 챔버 사이에 위치하는 제2 챔버; 및 적층 노즐을 포함하며, 상기 피복 가스 유입구는 상기 부스트 가스가 공급원이 상기 피복 가스 공급원에 연결될 때 상기 부스트 가스 공급원으로부터 부스트 가스와 피복 가스의 조합된 가스를 받아들이고; 상기 제1 챔버는 상기 조합된 가스를 상기 에어로졸 유입구를 향해 유동하는 제1 부분과 상기 적층 노즐을 향해 유동하는 제2 부분으로 분할하게 구성되어 있는 에어로졸 적층 장치이다. 이 장치는, 상기 배기 가스 배출구와 상기 진공 펌프 사이에 위치하는 제1 유량 제어기를 포함하는 것이 바람직하고, 상기 배기 가스 배출구와 상기 제1 유량 제어기 사이에 위치하는 필터를 포함하는 것이 바람직하다. 이 장치는 상기 피복 가스 공급원과 상기 피복 가스 유입구 사이에 위치하는 제2 유량 제어기 및 상기 부스트 가스 공급원과 상기 밸브 사이에 위치하는 제3 유량 제어기를 포함하는 것이 바람직하다. 상기 피복 가스 공급원으로 유입되는 가스의 유동이 상기 인쇄 헤드 내에서 에어로졸 유동 방향과 수직 방향인 것이 바람직하다. 선택적으로, 이 장치는 기계식 셔터를 포함한다. 이 장치는 상기 에어로졸 유입구와 상기 제2 챔버 사이에 위치하고, 프리-피복 가스 유입구를 포함하며, 프리-피복 가스로 에어로졸을 둘러싸게 구성되어 있는 제3 챔버를 포함하는 것이 바람직하다. 상기 프리-피복 가스 유입구와 상기 피복 가스 공급원 사이에 연결되어 있으며, 피복 가스의 약 절반으로부터 프리-피복 가스를 형성하는 유동 분할기를 포함하는 것이 바람직하다.

[0010] 이하에서 첨부된 도면들을 참고하여 목적들, 이점들 및 신규 특징들 그리고 본 발명이 적용될 수 있는 추가의 범위를 상세하게 설명한다. 아래의 설명으로부터 통상의 기술자에게 더욱 명확해질 것이며, 또는 본 발명의 실시예에 의해 본 발명에 대해 학습할 수 있게 될 것이다. 첨부된 청구항에 특별하게 지시되어 있는 수단과 조합에 의해 본 발명의 목적 및 이점들이 실현되며 달성될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0011] 본 명세서에 통합되어 있으며, 명세서의 일부를 구성하는 첨부된 도면은 본 발명의 실시형태들의 실시를 설명하며, 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명한다. 도면들은 본 발명의 특정 실시형태를 설명하기 위한 목적인 것으로 본 발명을 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

도 1은 인쇄 장치 내에서의 유동 및 에어로졸 분포를 보여주는, 본 발명의 내부 공압 셔터링 시스템을 통합하고 있는 인쇄 헤드의 일 실시형태를 개략적으로 설명하는 도면이다.

도 2는 초기에 장치가 전환 구성으로 스위치 되었을 때, 도 1의 장치 내에서 유동 및 에어로졸 분포를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3은 인쇄 노즐을 통과한 에어로졸 유동이 정지하였을 때, 전환 구성에 있는 도 1의 장치 내에서의 유동 및 에어로졸 분포를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4는 인쇄 구성이 재개 하였을 때, 도 1의 장치 내에서의 유동 및 에어로졸 분포를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 5는 전이 셔터링 후 인쇄가 재개될 때, 도 1의 장치 내에서의 유동을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 6은 부분 셔터링 하는 중에(즉 부분 전환하는 중에) 도 1의 장치 내에서의 유동을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 7은 도 1의 장치 내의 에어로졸 유동 내에서 속도 분포를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 8은 프리-피복 가스를 채용하고 있는, 도 1의 장치와 유사한 장치 내의 에어로졸 유동 내에서 속도 분포를 개략적으로 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0012] 본 발명의 실시형태들은 직접적으로 기록된 전자장치용 이산 구조물의 에어로졸-기반 인쇄, 에어로졸 전달 분야, 또는 다양한 3차원 인쇄와 같은 분야에 사용되는 유체의 조직적인 서터링을 필요로 하는 공정에 적용될 수 있는 에어로졸 스트림 또는 피복된 에어로졸 스트림을 신속 서터링 하는 장치 및 방법이다. 다만, 이러한 공정으로 한정되지는 않는다. 유체 스트림은 액체 현탁액 내에 고히 입자, 액적 또는 이들의 조합된 물질을 포함할 수 있다. 본 명세서에 상호 교환적으로 사용되어 있듯이, "액적(droplet)" 또는 "입자(particle)"라는 용어는 액적, 현탁액 고히 입자가 있는 액체 또는 이들의 혼합물을 의미한다. 본 발명은 Aerosol Jet<sup>®</sup> 기술로 표면 위에 임의의 패턴을 인쇄하기 위해 에어로졸 스트림 내의 잉크 방울의 온-밋-오프 적층을 완전히 또는 부분적으로 제어할 수 있는 방법 및 장치를 제공한다.

[0013] 본 발명의 하나 이상의 실시형태에서, 공기역학적 집속으로 액상 잉크를 마스크리스 적층하는, 고-해상도용 장치에 내부 서터가 통합되어 있다. 이 장치는 일반적으로 액체를 미세한 마이크로액적으로 분무시켜 미스트(mist)를 발생시키기 위한 분무기를 포함한다. 그런 다음 분무된 미스트는 캐리어 가스 유동에 의해 에어로졸 미스트 스트림을 지향시키고 집속시키기 위한 적층 노즐로 운반된다. 이 장치는 또한 공정 파라미터들을 자동 제어하기 위한 제어 모듈 및 적층 노즐에 대하여 기관의 상대 모션을 일으키는 모션 제어 모듈을 포함하는 것이 바람직하다. 액상 잉크의 에어로졸화(aerosolization)는 초음파 분무기 또는 공압식 분무기의 사용을 포함하는 여러 방법에 의해 수행될 수 있다. 에어로졸 스트림은 수렴 채널이 있는 Aerosol Jet<sup>®</sup> 적층 노즐과 환형의 동시-유동 피복 가스를 사용하여 집속된다. 피복 가스는 에어로졸 스트림을 둘러싸서 채널 벽이 액상 잉크 액적과 직접 접촉하지 않도록 하며, 에어로졸 스트림이 수렴 노즐 채널을 통해 가속되었을 때 에어로졸 스트림을 더 작은 직경의 스트림으로 집속시킨다. 피복 가스에 둘러싸인 에어로졸 스트림은 적층 노즐을 빠져나가 기관과 충돌한다. 피복 가스가 있는 시준된 에어로졸 스트림의 고속 제트 유동은 직접-기록 인쇄를 위해 확장된 스탠드오프 거리로 고-정밀 재료 적층을 가능하게 한다. Aerosol Jet<sup>®</sup> 적층 헤드는 에어로졸 스트림을 노즐 오리피스 크기의 1/10 정도로 작게 집속할 수 있다. 적층 노즐이 고정된 상태에서 기관을 컴퓨터-제어 모션으로 압반(plate n)에 부착시킴으로써 잉크 패턴이 완료될 수 있다. 이와는 다르게, 기관 위치가 고정된 상태에서 적층 헤드가 컴퓨터 제어되어 이동할 수 있거나 또는 적층 헤드와 기관이 컴퓨터 제어를 받으며 상대 이동할 수 있다. Aerosol Jet 공정에 사용되는 에어로졸화 된 액체는 특정 재료를 위한 액상 분자 전구체, 미립자 현탁액 또는 전구체와 미립자의 일부 조합을 포함하는 임의의 액체 잉크 소재로 구성된다. 다만, 이들만으로 한정되는 것은 아니다. Aerosol Jet<sup>®</sup> 시스템과 본 발명의 내부 공압 서터 장치를 사용하여, 폭이 10 $\mu$ m 미만인 미세한 선들이 인쇄될 수 있다.

[0014] 본 발명의 내부 서터링의 일 실시형태를 포함하는 인쇄 헤드가 도 1에 도시되어 있다. 인쇄 헤드는 내부 미스트 스위칭 챔버(8)를 포함한다. 분무기에 의해 생성된 에어로졸 스트림(6)이 인쇄 헤드의 상부를 통해 유입되어 화살표로 표기한 방향으로 이동하는 것이 바람직하다. 미스트 유량(M)은 인쇄 및 에어로졸 스트림(6)의 전환 중에 정상 상태를 유지하는 것이 바람직하다. 인쇄하는 중에 에어로졸 스트림(6)이 상부로부터 인쇄 헤드로 유입되어 상부 미스트 튜브(26)를 통해 스위칭 챔버(8)로 이동하고, 그런 다음 중앙 미스트 튜브(5)를 통과하여 피복-부스트 챔버(9)로 이동하며, 하부 미스트 튜브(7)를 통과하여 적층 노즐(1)로 이동한 후 노즐 팁(10)을 빠져나간다. 피복-부스트 챔버(9)에서, 에어로졸 스트림(6)은 피복 유량 제어기(36)로부터 오는 피복 가스 유동(32)에 의해 에워싸인다. 바람직하기로는 압축 공기 실린더와 같은 가스 공급원으로부터 전달되어 유량 제어기(36)에 의해 제어되는, 유량이 S인 피복 가스 유동(32)은 피복-부스트 유입구(4)를 통해 인쇄 헤드로 도입되어 바람직하기로는 피복-부스트 챔버(9) 내에서 에어로졸 스트림 주위를 래핑하는 축대칭, 환형, 동시-유동 피복을 형성하여 하부 미스트 튜브(7)와 적층 노즐(1)의 벽들을 에어로졸 액적들의 충격으로부터 보호하는 것이 바람직하다. 피복 가스는 에어로졸 스트림을 집속시켜 소경 피치가 적층될 수 있도록 한다. 인쇄하는 중에, 삼방 밸브(20)는 부스트 유량 제어기(24)에서 오는 부스트 가스 유동(44)이 피복-부스트 챔버(9)로 도입되지 않고, 그 대신 인쇄 헤드를 우회하여 배기 유량 제어기(22)를 통해 시스템을 빠져나가게 하도록 구성되어 있다.

[0015] 도 2에 도시되어 있는 바와 같이, 에어로졸 유동의 서터링 또는 전환(diversion)을 완수하기 위해, 삼방 밸브(20)는, 압축 공기 실린더 같은 가스 공급원에 의해 공급되어 유량 제어기(24)를 통해 제어되는 것이 바람직한, 유량이 B인 부스트 가스 유동(44)이 피복 가스 유동(32)과 조합되어 피복-부스트 유입구(4)를 통해 인쇄 헤드로

도입되도록 절환한다. 배기 유동(46)이 배기 배출구(2)를 통해 인쇄 헤드를 빠져나가고, 에어로졸 스트림(6)이 중앙 미스트 튜브(5)로부터 멀어지게 전환시킨다. 조합된 피복 가스 유동(32)과 부스트 가스 유동(44)이 피복-부스트 유입구(4)를 통해 피복-부스트 챔버(9)로 도입될 때, 조합된 피복 가스 유동(32)과 부스트 가스 유동(44)은 위 방향(즉 에어로졸 스트림(6)이 유동하는 방향의 반대 방향)과 아래 방향의 양 방향으로 균등한 유동으로 또는 균등하지 않은 유동으로 분할된다. 조합된 피복 가스 유동(32)과 부스트 가스 유동(44)의 일부가 노즐 팁(10)을 향해 하향 이동할 때, 피복-부스트 챔버(9)와 적층 노즐 팁(10) 사이에서 에어로졸 입자들을 밀어 노즐 팁(10)을 통해 빠져나가게 한다.

[0016] 잔류 에어로졸이 노즐 팁(10)에서 비워진 후, 도 3에 도시되어 있는 바와 같이 인쇄가 차단된다. 잔류 에어로졸이 노즐 팁(10)에서 비워지는 시간은 가스 유량에 따라 달라질 수 있지만, 대략 5-50 밀리초가 소요될 수 있다. 적층 노즐(1) 내의 에어로졸 스트림이 비워지는 동안, 조합된 피복 가스 유동(32)과 부스트 가스 유동(44) 중 상향 이동하는 부분은 중앙 미스트 튜브(5) 내에서 잔류 에어로졸 스트림(6)을 배기 배출구(2)를 향해 위로 밀어 올린다. 에어로졸 스트림(6)은 계속해서 상부 미스트 튜브(26)를 빠져나가지만, 배기 배출구(2) 밖으로 전환된다. 유량이 E인 배기 배출구(2)로부터 나가는 배기 유동의 순량은 진공 펌프(210)에 의해 구동되고 배기 유량 제어기(22)에 의해 제어되는 것이 바람직하다. 진공 펌프는 대략 7 파운드 진공으로 작동되는 것이 바람직하다. 본 명세서 전반과 특허청구범위에 사용되어 있는, "진공 펌프"라는 용어는 진공 펌프 또는 임의의 다른 흡인 생성 장치를 의미한다. 유량 제어 기기들이 일반적으로 소형 오리피스 또는 소형 채널이 있는 밸브를 포함하는데, 이들 소형 오리피스 또는 소형 채널은 잉크가 있는 배기 유동이 이들을 통과할 때 오염되거나 심한 경우 손상될 수 있기 때문에, 배기 배출구(2)와 배기 유량 제어기(22) 사이에 미스트 입자 필터나 다른 여과 기구(200)가 설치되는 것이 바람직하다.

[0017] 도 4에 도시되어 있는 바와 같이, 인쇄 구성이 재개될 때, 부스트 가스와 배기 유동은 헤드를 통과하지 않고, 중앙 미스트 튜브(5) 내에서 상향 유동이 일어나지 않는다. 인쇄 구성에서, 삼방 밸브(20)는 부스트 가스 유동(44)이 인쇄 헤드를 우회하도록 절환된다. 피복 유량 제어기(36)는 피복 가스 유동(32)을 피복-부스트 유입구(4)로 계속해서 공급한다. 에어로졸 스트림(6)의 선행 예지는 내부 미스트 스위칭 챔버(8)를 통과하여 인쇄 헤드 아래로 실질적으로 포물선 유동 프로파일(48)을 재개하고, 먼저 중앙 미스트 튜브(5)를 채우고, 그런 다음 피복 가스 유동(32)에 의해 둘러싸이고, 그런 다음 동시-유동 에어로졸 스트림(6) 및 피복 가스 유동이 적층 노즐(1) 내로 유입되고 마지막으로 노즐 팁(10)을 통과한다. 전환으로부터 인쇄로 절환될 때, 에어로졸 스트림(6)은, 인쇄가 재개되기 전에 중앙 미스트 튜브(5), 피복-부스트 챔버(9) 및 적층 노즐(1)을 통해 하향 이동한다. 온/오프 지체를 최소로 하기 위해, 중앙 미스트 튜브(5) 및 하부 미스트 튜브(7)의 길이와 내경은 작은 것이 바람직하다. 전환 기능으로부터 인쇄 기능으로의 절환은 10 밀리초 만큼의 짧은 시간 내에 이루어질 수 있다. 인쇄로부터 전환으로의 절환은, 노즐 또는 오리피스 크기, 부스트 유량 및 피복 유량에 따라 달라지지만, 5 밀리초 정도로 짧은 시간 내에 이루어질 수 있다.

[0018] 미스트 스위칭 챔버(8)는 가능하면 에어로졸 스트림(6)이 미스트 스위칭 챔버(8)로부터 적층 노즐 팁(10)까지 이동해야 하는 거리와 상호 관련되는 미스트 유동 반응 시간을 최소로 하도록 노즐 팁(10)에 근접하게 위치하는 것이 바람직하다. 이와 유사하게, 유속을 증가시켜 내부 미스트 스위칭 챔버(8)로부터 노즐 팁(10)의 배출구까지 미스트가 이동하는 시간을 최소로 하기 위해, 중앙 미스트 튜브(5), 하부 미스트 튜브(7) 및 적층 노즐(1)의 내경은 최소로 하는 것이 바람직하다. 시스템 내에서 다양한 유동들의 유동 제어는 생산 공정에서 장시간 동안에 정밀한 유동을 제공하기 위해 도시되어 있는 바와 같은 유동 제어기를 사용하는 것이 바람직하다. 이와는 다르게, 저-비용 분야에는 오리피스-타입 또는 로터미터 유동 제어가 바람직할 수 있다. 또한, 시스템의 안정성을 최대로 하고, 전이 시간을 최소로 하기 위해, M 및 S는 각각이 인쇄 및 전환 모드 모두 중에 그리고 셔터링 전이 중을 포함하여 대략적으로 모든 시간에서 일정하게 유지되는 것이 바람직하다.

[0019] 셔터링 전이 시간을 최소로 하기 위해, 인쇄 헤드 내 압력은 인쇄, 셔터링 및 이 둘 사이의 전이 중에 일정하게 유지되는 것이 바람직하다. 노즐 채널(3) 내에서의 유동의 유량이 N이면,  $M+S+B=E+N$ 일 것이 바람직하다. 인쇄 모드에서,  $B=0$ 이고  $E=0$ 이어서,  $N=M+S$ 가 된다. 또한, 피복-부스트 챔버(9) 내부 압력은 셔터링 전이 시간을 최소로 하기 위해 일정하게 유지되는 것이 바람직하다. 이 압력은 노즐 팁(10)을 통과하는 총 유동에 의한 배압에 의해 결정되기 때문에, 노즐 팁(10)을 통과하는 순 유동은 모든 조업 모드들과 그 모드들 사이의 전이 중에 동일하게 유지되는 것이 바람직하다. 따라서, 셔터링을 완료하는 중에, E와 S는  $N=M+S$ 가 되도록 선택되는 것이 바람직하다. 셔터링 하는 중에,  $E+M+f(B+S)$ 이다. 여기서, f는 상향으로 전환되는 조합된 부스트 및 피복 유동의 비율이고,  $N=M+S=(1-f)(B+S)$ 이다. 장치 내 유동이 이들 조건을 만족시키면(즉 노즐을 빠져나가는 총 유량 N이 일정하게 되도록, 인쇄하는 중에 노즐 채널(3) 내 미스트의 유량 M이 실질적으로 전화하는 중에  $(1-f)B-fS$ 로 대

체된다.), 부스트 유동 B를 헤드를 통해 인쇄를 불가능하게 지향시킴으로써 노즐 채널(3) 내에서의 피복 가스 유동 스트림라인은 실질적으로 방해받지 않는다.

[0020] 완전하게 전환된 유동에 대해, 이 방정식을 풀면  $E=B$ 가 되고, 이에 따라 완전한 유동 전환을 위해  $E=B$ 가 되도록 배기 유량 제어기(22 및 24)가 설정되는 것이 바람직하다. 완전한 내부 셔터링 또는 에어로졸 유동의 전환을 보장하기 위해, 부스트 가스 유동(44)의 유량 B는 에어로졸 스트림(6)의 유량 M보다 큰 것이 바람직하는데, 대략 에어로졸 스트림(6)의 유량 M의 1.2-2배인 것이 바람직하며, 또한, 대부분의 적용에서 강건하고 완전하게 미스트를 절환하기 위해, B가 약 2M과 같은 것이 더 바람직하다.

[0021] 하나의 이론적 예시에서, 에어로졸 스트림(6)의 유량  $M=50$  sccm이고, 피복 가스 유동(32)의 유량 S가 55 sccm인 경우, 인쇄하는 중에 노즐 채널(3) 내에서의 유량(이에 따라 노즐 팁(10)을 빠져나가는 유량)은  $M+S=105$  sccm이다. 이 모드에서, 부스트 가스 유동(44)이 인쇄 헤드로 유입되지 않고 배기 배출구(2)를 통해 아무 것도 빠져나가지 않기 때문에,  $B=E=0$ 이다(실제로, 전술한 바와 같이, 안정성을 유지하기 위해, 유량 제어기(44)는 삼방 밸브(20)에 의해 유량 제어기(42)로 직동 유동하게 전환되는 유량을 100 sccm 제공하게 설정되고, 또한 진공 펌프(210)로 100 sccm 유동이 통과되게 설정된다). 완전한 전환이 소망되는 경우, 부스트 가스 유동(44)의 유량 B(그리고 위에서 도출한 바와 같이 배기 유동(46)의 유량 E)는 미스트 전환을 위해  $B=E=2M=100$  sccm이 되도록 선택되는 것이 바람직하다. 에어로졸 스트림을 전환 또는 셔터링 하는 중에, 총 유량이  $S+B=155$  sccm인 조합된 피복 및 부스트 유동은, 현재 미스트 스위칭 챔버(8) 내에서 전환되어 있는 에어로졸 스트림(6)(및 피복 가스 유동(32))을 대체하여,  $N=105$  sccm의 조합된 유동이 효과적으로 하부 미스트 튜브(7) 및 적층 노즐(1)을 통해 하향 유동하도록 피복-부스트 챔버(9) 내에서 분할된다. 배기 유량 제어기(22) 내에서 E가 100 sccm으로 설정되어 있기 때문에, 50 sccm으로 분할된 조합된 유동이 상향 유동하여 중앙 미스트 튜브(5)로부터 잔류하는 에어로졸 스트림(6)을 세정하고, 전환된 에어로졸 유동과 결합하는 미스트 스위칭 챔버(8)로 유입된다. 이에 따라 배기 배출구(2)를 빠져나가는 배기 유동(46)은 에어로졸 스트림 유량 M과 부스트 가스 유량 중 상향하는 부분 또는  $E=100$  sccm의 합과 같아지게 된다. 인쇄 헤드로 유입되는 총 유량( $M+B+S=205$  sccm)은 인쇄 헤드를 빠져나가는 총 유량( $N+E=205$  sccm)과 같다. 일반적으로, 균형 잡힌 유동은 피복-부스트 챔버(9) 내부 압력을 일정하게 하며, 이에 따라 셔터링 시간을 최소로 하면서 에어로졸 스트림의 터닝 온 및 오프(즉 셔터링)가 완료되게 된다.

[0022] 하이브리드 셔터링(Hybrid Shuttering)

[0023] 에어로졸 유동을 차단하기 위해 삽입된 기계식 셔터 위에 잉크가 쌓여 프린트 헤드의 공기역학적 표면 또는 기판을 탈락시키거나 오염시킬 수 있는 기계식 셔터링에 비해, 에어로졸 스트림을 배기 배출구(2)로 전환시킴에 따른 내부 공압 셔터링은 부작용 없이 장기간 동안 이루어질 수 있다. 내부 공압 셔터가 단독으로 또는 기계식 셔터링 같은 다른 셔터링 기법과 함께 사용되어 기계식 셔터 암의 상부에 잉크가 축적되는 것을 최소로 하면서 기계식 셔터링의 신속한 응답을 이용할 수 있다. 이 실시형태에서, 인쇄를 정지할 때 기계식 셔터가 작동되어 에어로졸 유동을 차단하게 된다. 전술한 바와 같은 공압 셔터링은 셔터링이 이루어지는 대부분의 시간에서 기계식 셔터(220)로부터 잉크가 멀어지게 전환시켜 기계식 셔터 상에서의 잉크 축적을 감소시키게 된다. 기계식 셔터의 작동이 신속함에 비해 공압 셔터는 매우 서서히 작동하기 때문에, 먼저 빠른 기계식 셔터가 차폐하고, 그런 다음 가능하면 신속하게 공압 셔터가 차폐하도록 하는 시점에서 공압 셔터가 작동되는 것이 바람직하다. 인쇄를 재개하기 위해, 공압 셔터가 먼저 개방되어 출력을 안정화시키고, 그런 다음 기계식 셔터(220)가 개방되는 것이 바람직하다. 기계식 셔터가 인쇄 헤드 내에 또는 심지어는 적층 노즐 외부 어디에도 위치할 수 있지만, 기계식 충격 셔터링은 에어로졸 스트림이 적층 노즐을 빠져나가는 곳 근방에서 이루어지는 것이 바람직하다.

[0024] 전이 셔터링(Transient Shuttering)

[0025] 본 발명의 다른 실시형태에서, 내부 셔터가, 에어로졸 유동의 전환이 인쇄 헤드 내에서의 에어로졸 분산이 평형으로 될 여유가 없을 정도로 충분히 짧은 시간 동안에 이루어지는 전이 셔터로 사용될 수 있다. 도 2는 부스트 가스 유동(44)을 피복-부스트 유입구(4)에 부가하고 배기 배출구(2)로부터 배기 유동(46) 끌어내도록 삼방 밸브(20)를 절환한 직후에 에어로졸 분포를 도시하고 있다. 피복-부스트 챔버(9) 내에 생성된 에어로졸 내 갭이 하부 미스트 튜브(7)를 통해 하향으로 그리고 중앙 미스트 튜브(5)를 통해 상향으로 확장한다.

[0026] 도 5에 도시되어 있는 바와 같이, 삼방 밸브(20)가 다시 부스트 가스 유동(44)을 전환시키기 위해 급격하게 절환될 때, 중앙 미스트 튜브(5) 내 미스트는 다시 피복-부스트 챔버(9)를 가로지르며 하향 이동하여 하부 미스트 튜브(7)로 유입된다. 에어로졸 유동 내 갭(71)이 10 ms 단위로 매우 짧을 수 있으며, 매우 신속하게 완전한 오프 그리고 완전한 온으로 전이가 이루어질 수 있다. 상향 이동하는 청정 가스가 중앙 미스트 튜브(5) 내에 잔류

하여 하향 유동이 복원될 때 상향 유동 패턴과 대칭으로 하향 유동한다. 즉, 상향 유동의 중심 근방에서의 고속이 도 2에 도시되어 있는 바와 같이 중앙 미스트 튜브(5) 내에서 세정 가스의 상향 벌지를 생성한 것과 같이, 복귀 미스트의 고속 중앙 유동이 벌지와 충돌하여 미스트가 중앙 미스트 튜브(5)로부터 나올 때 실질적으로 더 평탄한 미스트 선단을 생성하게 된다. 이에 따라, 전환이 시작될 때 피복-부스트 챔버(9) 내에서 세정 가스 유동에 의해 에어로졸 유동이 갑자기 절개되는 것과 같이, 인쇄를 재개할 때 에어로졸의 하향 유동의 선행 경계(leading boundary)가 피복-부스트 챔버(9) 내로 실질적으로 갑자기 들어가도록 재형성되어 기판에서 짧은 초기-투-완전한 턴-온 시간(initial-to-full turn-on time)을 생성하는 것이 바람직하다. 전환하는 중에 세정 가스의 선행 표면이 중앙 미스트 튜브(5)로부터 미스트 스위칭 챔버(8) 내로 유입되면, 세정 가스는 챔버 내에서 측 방향으로 분산된다. 에어로졸 유동이 재개되면, 세정 가스는 완전하게 중앙 미스트 튜브(5)로 복귀되지 않고, 미스트의 초기-투-완전한 턴-온 시간이 열화된다. 세정 가스의 미스트 스위칭 챔버(8) 내에서의 체류 시간은 튜브의 체적과 세정 가스의 상향 유량과의 관계에 의해 결정된다. 상향 유동을 느리게 하기 위해 적은 양의 상향 유동 예를 들어  $B=E=1.2M$ 이 사용되는 것이 일반적이다. 중앙 미스트 튜브(5)의 길이 또는 직경이 증가되어 중앙 튜브 내에서의 세정 가스의 체류 시간과 허용되는 전환의 체류를 증가시킬 수 있다. 각 점들 또는 선들이 근접해 있는 것과 같이 에어로졸 출력에서 인쇄 패턴의 갭이 짧을 때, 전이 서터링은 서터링 시간을 상당히 감소시키고, 서터링 품질을 개선시킨다.

[0027] 부분 서터링(Partial Shuttering)

[0028] 대량의 잉크를 출력하고 조대한 피처를 생성하는 데에는 많은 에어로졸 유량 M이 사용되고, 미세한 피처를 생성하는 데에는 적은 유량이 사용되는 것이 일반적이다. 동일한 패턴 내에 큰 피처와 미세한 피처를 인쇄하는 것이 종종 요망된다. 예를 들면, 유량 M을 일정하게 유지하면서, 패턴의 둘레를 그리는 데에는 미세한 빔을 사용하고, 둘레 내를 채우기 위해 조대한 빔이 사용된다. 도 6에 도시되어 있는 본 발명의 다른 실시형태에서, 인쇄하는 중에 미스트의 일부를 배기 배출구(2)로 전환시킴으로써 적층 노즐을 향하는 미스트 유량을 변경시키기 위해 에어로졸 스트림(6)을 부분적으로 전환시키는 데에 내부 셔터가 사용될 수 있다. 따라서 인쇄하는 중에도, 에어로졸 유동(6) 중 일부는 중앙 미스트 튜브(5) 내를 통과하고, 일부는 배기 포트(2) 밖으로 전환된다. 배기 유량 E, 부스트 가스 유량 B 및 미스트 유량 M 간의 균형을 변경시킴으로써 유효 미스트 유량과 인쇄되는 라인 폭이 변화될 수 있다. 완전하게 전환될 때, 부스트 가스 유량 B는 전술한 바와 같이 미스트 유량 M과 같거나 큰 것이 바람직하다. B가 M보다 작으면, 미스트 중 일부가 중앙 미스트 튜브(5) 아래로 이동하여 적층 노즐(1) 밖으로 이동하여 에어로졸은 부분 전환되게 된다.

[0029] 하나의 이론적 예시에서, 에어로졸 스트림의 절반이 전환되고 절반이 인쇄되는 것이 요망된다. 에어로졸 스트림(6)의 유량  $M=50$  sccm이고, 피복 가스(32) 유량 S가 55 sccm인 경우, 부분 서터링을 위해, 본 예시에서 부스트 가스 유동(44)의 유량  $B=1/2M=25$  sccm이 되도록 선택된다. 배기 유량 제어기(22)는  $E=65$  sccm으로 설정되어, 총 유량  $S+B=80$  sccm인 조합된 피복 및 부스트 유동이 피복-부스트 챔버(9) 내에서 균등하게 분할되어, 조합된 유동의 40 sccm이 하부 미스트 튜브(7)와 적층 노즐(1)을 통해 하향 유동하게 된다. 이에 따라 N은  $40$  sccm +  $(1/2M)=65$  sccm이고, 인쇄 헤드 내로 유입되는 총 유량( $50+55+25=130$  sccm)은 인쇄 헤드를 빠져나가는 총 유량( $64+65=130$  sccm)과 같게 된다. 또는, E가 75 sccm으로 설정될 수 있는데, 이 경우에는 조합된 부스트 및 피복 유동은 50 sccm이 상향 유동하고( $75-25=50$ 이므로), 30 sccm은 하향 유동한다. 따라서,  $N=30+25=55$  sccm이고, 유입 유동( $50+55+25=130$  sccm)은 유출 유동( $75+55=130$  sccm)과 같게 된다.  $E>B$ 인 부분 서터링에서, 시스템은 완전히 서터링된(205 sccm) 상태에서 발생하는 압력보다는 낮고, 통상적인 인쇄(105 sccm) 중에 발생하는 압력보다는 높은 압력(130 sccm)으로 평형화시킨다.

[0030] 일반적으로, 완전한 전환 또는 인쇄를 방지하는 미스트의 전이 서터링을 위해  $B>M$ 이 사용되고, 인쇄하는 중에 미스트 출력을 감소시키고 미세한 피처를 형성하기 위해  $B<M$  또는  $B=M$ 이 사용된다.  $B<M$ 인 각각의 B는 적층 노즐(1)을 빠져나가는 미스트가 달라지게 한다. 따라서 하나는  $B>M$ 이고 하나는  $B<M$ 인 부스트 유동의 적어도 두 레벨이 생성될 수 있다면, 미스트 유동의 완전한 전환과 감소 모두를 달성할 수 있다. 이는, 예를 들면, 부스트 유량 제어기(24)의 설정을 급격하게 변경시키거나 또는 제2의 부스트 유량 제어기를 채용함으로써 달성될 수 있다. 후자의 경우에서, 하나의 부스트 유량 제어기(MFC)는 예를 들어 미스트의 완전한 턴 오프를 위해  $2M$ 으로 설정될 수 있고, 다른 하나는 예를 들어 적층 노즐(1)을 빠져나가는 M의 분율을 줄이기 위해  $1/2M$ 으로 설정될 수 있다.

[0031] 유입 에어로졸 스트림(6) 유량 M을 변경시키는 것보다는 출력량과 라인 폭을 변경시키는 부분 전환의 사용이 바람직하다. 이는 배기 및 부스트 가스 유동이 대략 1초 미만에서 안정화될 수 있는 반면 M이 변할 때 분무기 출력이 안정화 되는 데에는 10초 보다 더 긴 시간이 필요하기 때문이다. 또는, 신속한 응답 시간으로 미스트 출력

을 변화시키기 위해 제2의 유동 스트림 또는 배출 유동을 분할하는 오리피스 및 제어 밸브가 사용될 수 있다.

[0032] 프리-피복 가스(Pre-Sheath Gas)

[0033] 바람직하게는 본 발명에서 수행된 에어로졸 제트 인쇄에서 통상적으로 채용되는 증류 조건에서, 원통형 튜브 내의 가스는, 튜브의 중앙에서의 속도가 평균 속도의 2배이고 튜브 벽 근방에서는 속도가 제로인 포물선의 속도 프로파일을 형성한다. 도 4는 미스트의 선행 에지가 이 포물선 유동 프로파일(48)을 따르는 전환 후에 재확립된 에어로졸의 유동을 도시하고 있다. 중앙 미스트 튜브(5) 벽 근방에서의 저속 이동 미스트와 중앙 미스트 튜브(5) 중앙의 고속 이동 미스트의 횡단 시간의 차이가 기관에서 에어로졸의 초기 턴-온과 완전한 턴-온 사이의 지연(delay)을 지배한다. 이론적으로는 중앙 튜브 벽 근방에서 제로-속도 미스트가 피복-부스트 챔버에 도달하는 데에는 무한대의 시간이 소요되지만, 실제로는 셔터가 개방된 후(즉 삼방 밸브(20)가 절환되었을 때) 고속 이동 미스트가 피복-부스트 챔버에 도달하는 데에 필요로 하는 시간의 약 2-3배가 지난 후에 실질적으로 완전한 출력이 달성된다. 도 7은 중앙 미스트 튜브(5) 내에서의 속도 분포(91) 및 하부 미스트 튜브(7) 내에서의 속도 분포(92)를 도시한다. 다음 2가지의 이유로 하부 튜브 내 미스트의 속도가 중앙 튜브 내 미스트의 속도보다 크다. 먼저, 피복 가스 유동(32)이 피복-부스트 챔버(9) 내에서 에어로졸 스트림(6)에 추가되어 바람직하기로는 미스트 주위로 축대칭, 환형 슬리브를 형성하기 때문이고, 둘째로는 하부 미스트 튜브(7) 내 미스트가 유동 중 고속 이동하는 부분인 중앙 유동에 국한되어 있기 때문이다. 따라서, 피복 가스 유동을 사용하면, 저속으로 이동하는 세정 피복 가스의 슬리브가 튜브 벽 근방에 있고; 에어로졸 자체는 가스 속도 프로파일의 고속 영역에 있다. 따라서 미스트 분포의 중앙과 에지가 하부 미스트 튜브(7)와 적층 노즐(1)을 횡단하는 데에 시간 차이가 상대적으로 작게 된다.

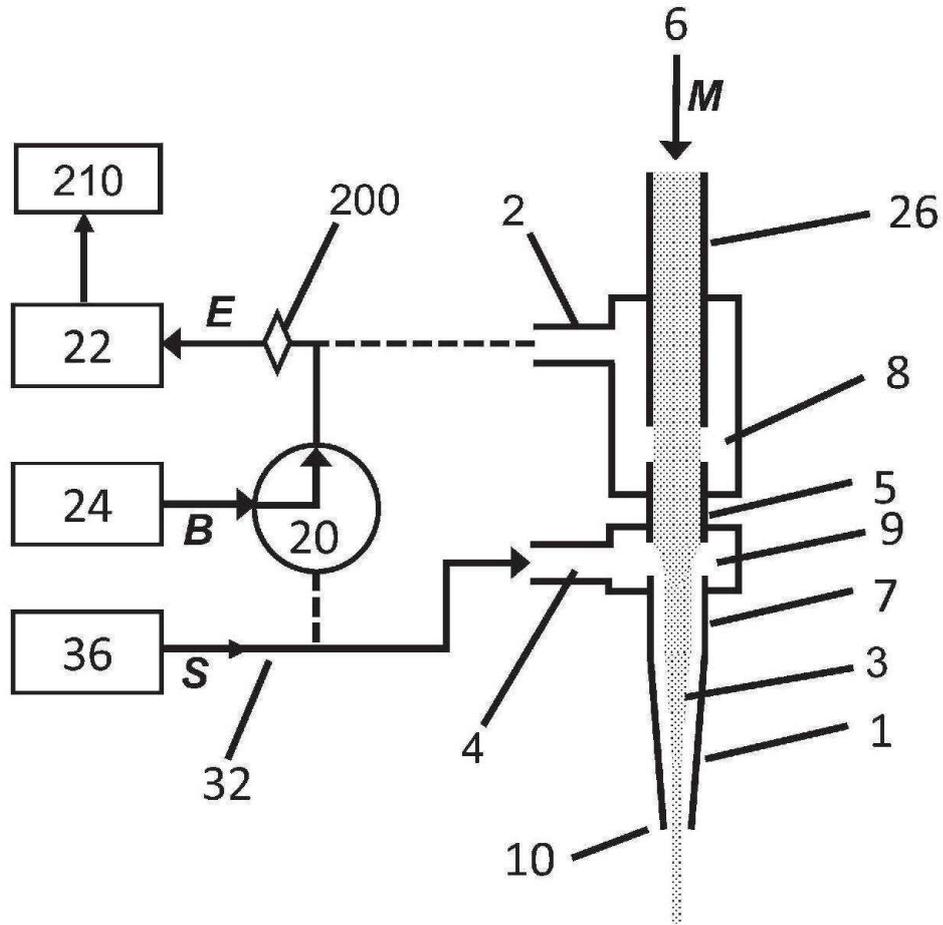
[0034] 이 이점으로 인해, 중앙 미스트 튜브(5) 벽 근방에서 저속 이동하는 미스트를 제거하기 위해, 미스트 스위칭 챔버(8) 및/또는 중앙 미스트 튜브(5) 내로 미스트가 유입되기 전에 미스트 스트림을 둘러싸는 "프리-피복(pre-sheath)"가 추가될 수 있다. 도 8은 프리-피복 입력 포트(94)를 통해 프리-피복 챔버(93)로 유입되어 바람직하기로는 에어로졸 스트림(6) 주위에 깨끗한 가스의 축대칭, 환형 슬리브를 형성하는 프리-피복 가스(95)를 도시하고 있다. 일부 실시형태에서, 전체 피복 유동의 대략 절반이 프리-피복 입력 포트(94)를 향하고, 나머지 절반은 피복-부스트 입력 포트(4)를 향한다. 피복 유동의 50%를 프리-피복 가스 유동에 공급함으로써 에어로졸 스트림의 초기 및 완전한 턴-온 사이의 지연을 약 80% 절감할 수 있다. 프리-피복 및 피복 유동이 피복-부스트 챔버(9) 내에서 재결합하기 때문에, 프리-피복 가스 유동을 채용할 때와 채용하지 않을 때에 기관 상에서의 적층 특성 사이에는 차이가 거의 없다.

[0035] 발명의 설명 및 특허청구범위에서, "약" 또는 "대략적으로"는 인용되어 있는 수치 양의 20% 범위 이내를 의미한다. 본 명세서에 사용되어 있는 단수 형태인 "a", "an" 및 "the"는 특별히 다르게 언급하지 않는 한은 복수 형태를 포함한다. 따라서, 예를 들어 "기능 그룹"(a functional group)은 하나 또는 그 이상의 기능 그룹을 가리키고, "그 방법"(the method)은 균등한 단계들 및 통상의 기술자가 이해 및 인지할 수 있는 방법들을 포함한다.

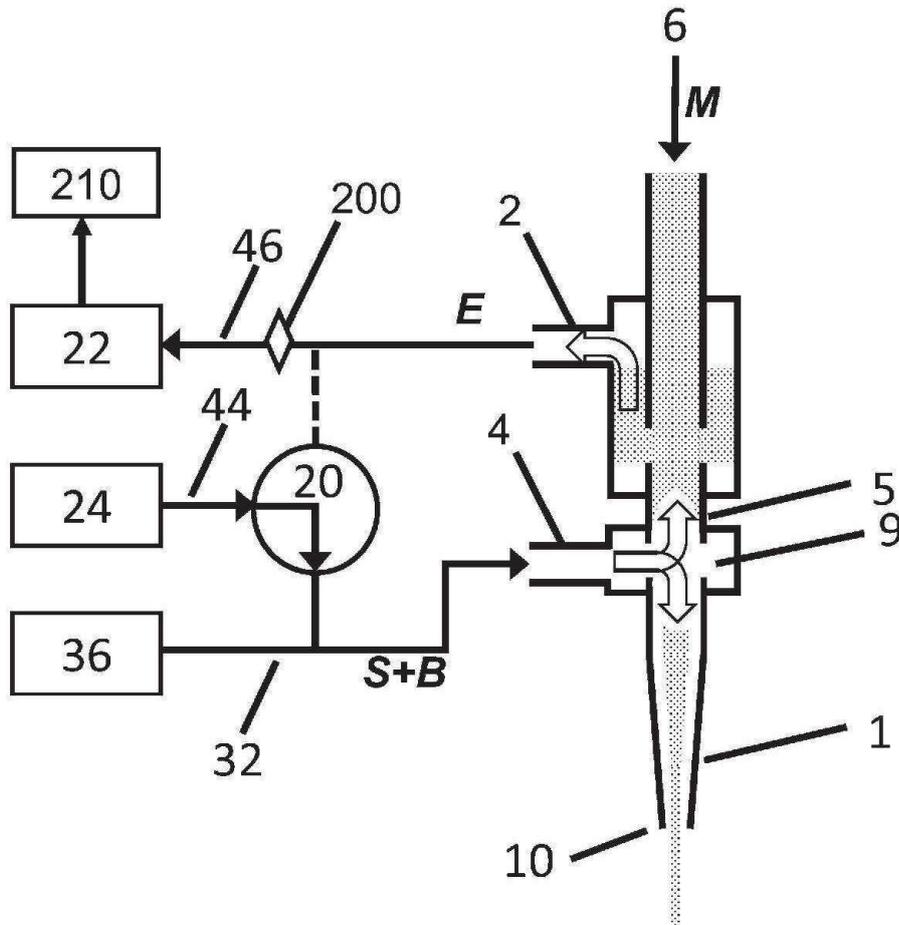
[0036] 특별히 개시된 실시형태들을 참고하여 본 발명을 자세하게 설명하였지만, 다른 실시형태들도 동일한 결과를 달성할 수 있다. 통상의 기술자에게는 본 발명의 변형 및 변조가 자명하며, 본 발명은 이러한 모든 변형과 균등물을 커버하는 것을 의도한다. 위에 인용되어 있는 모든 특허 및 간행물의 전체 개시 사항은 참고로 본 명세서에 통합된다.

도면

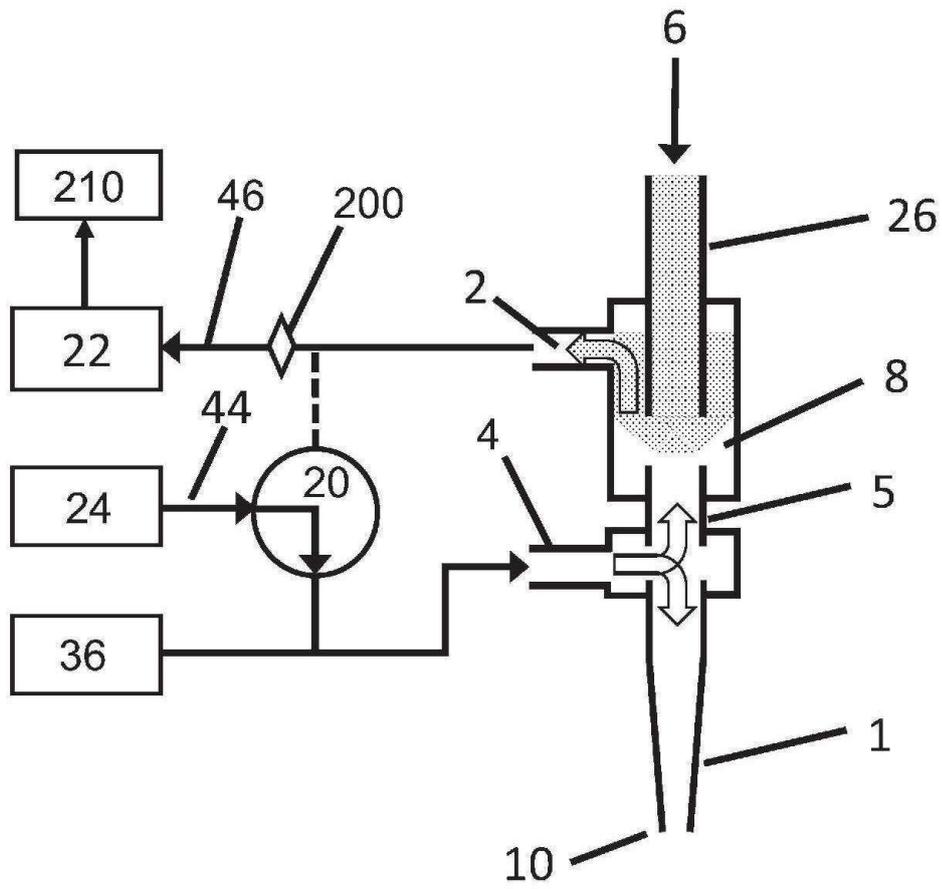
도면1



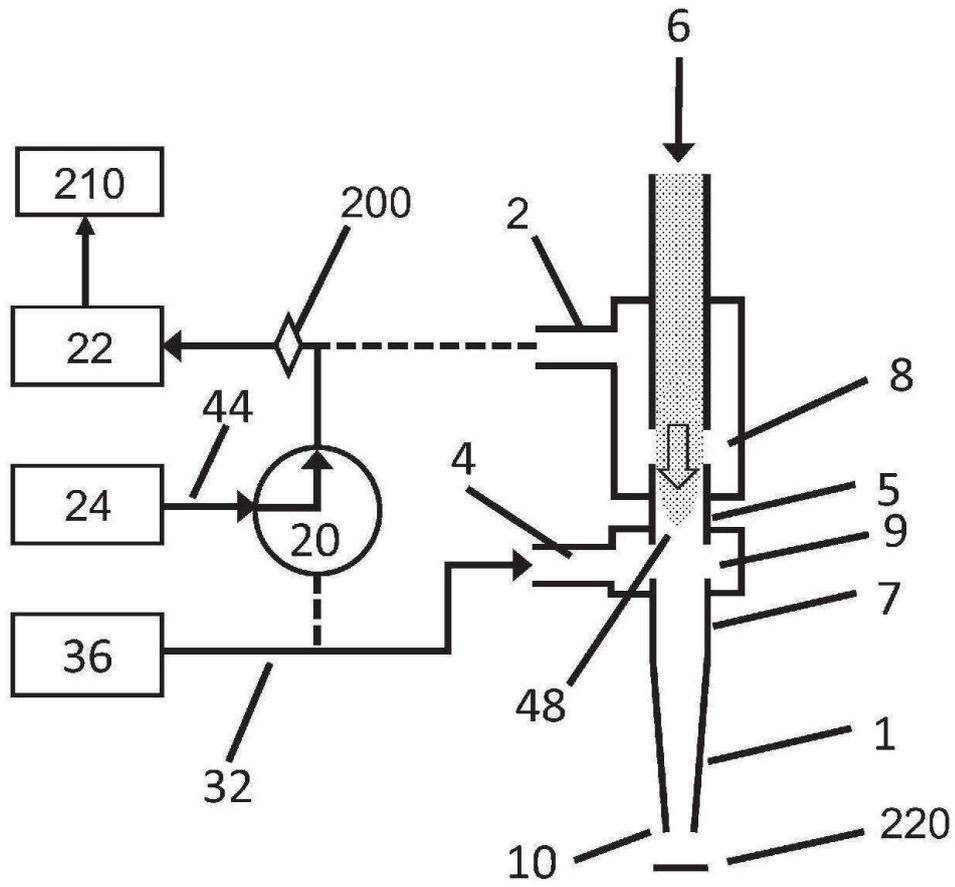
도면2



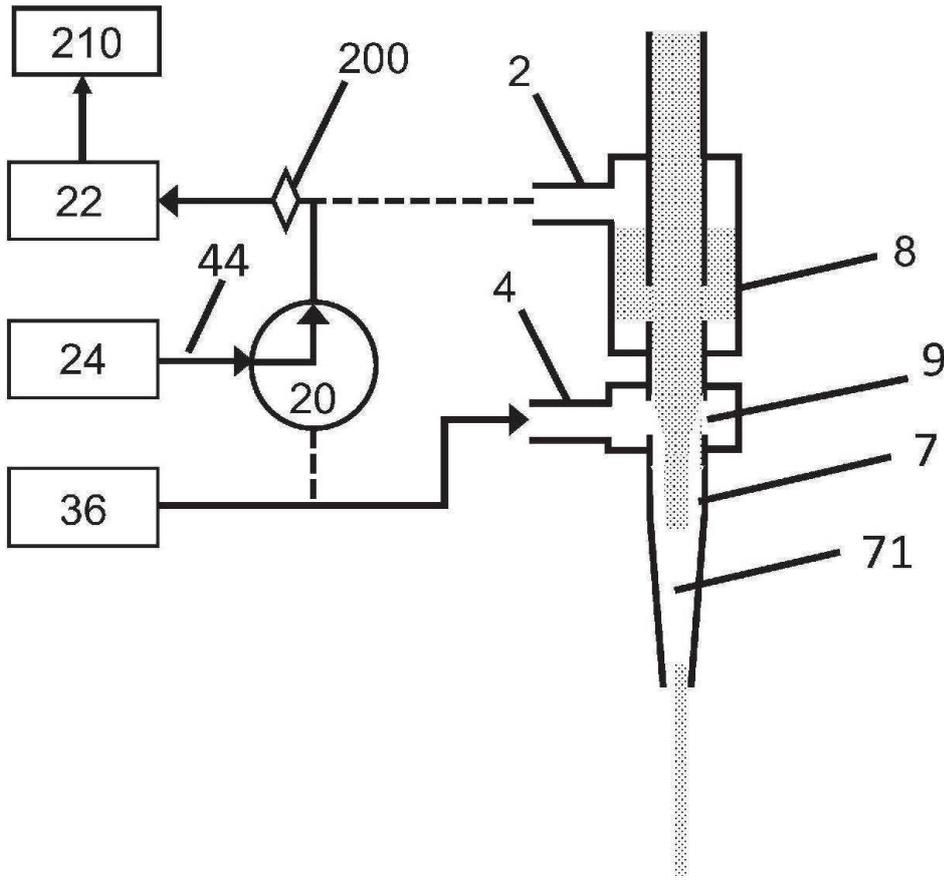
도면3



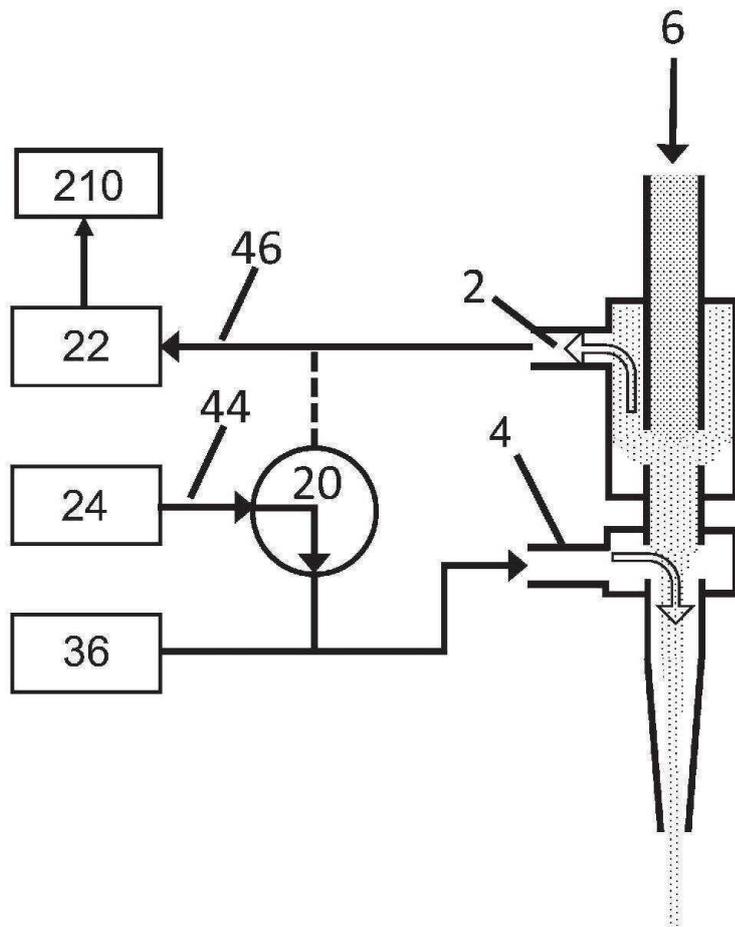
도면4



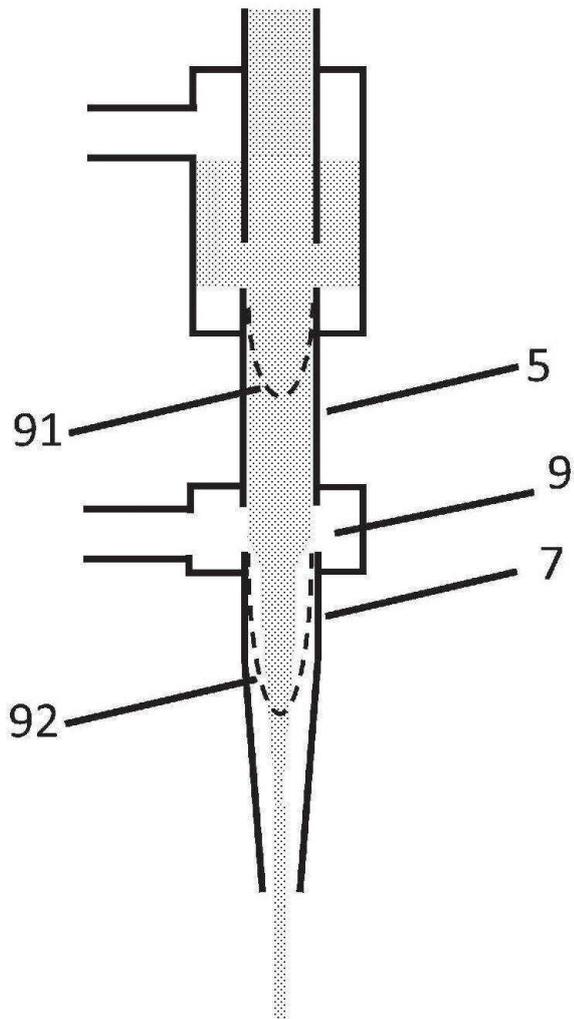
도면5



도면6



도면7



도면8

