

## (19) 대한민국특허청(KR)

### (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.

G02F 1/1335 (2006.01)

G02F 1/13 (2006.01)

(11) 공개번호

10-2006-0092958

(43) 공개일자

2006년08월23일

(21) 출원번호 10-2005-0092641

(22) 출원일자 2005년10월01일

(30) 우선권주장	11/123,502	2005년05월04일	미국(US)
	60/616,253	2004년10월05일	미국(US)

(71) 출원인  
애플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드  
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자  
상, 쿠안유안  
미국 95070 캘리포니아 사라토가 캐년 뷔 드라이브 21090  
맥퍼슨, 스티븐 에프.  
미국 94025 캘리포니아 멘로 파크 마데라 애브뉴 1008 아파트먼트#2

(74) 대리인 남상선

**심사청구 : 없음**

## (54) 잉크젯팅의 입자 시작화

**요약**

본 발명의 실시예들은 잉크젯 인쇄 시스템으로부터 배출된 입자들을 시작화하는 장치 및 방법에 관한 것이다. 입자 시작화 시스템은 잉크젯 인쇄 시스템과 통합되어, 배출된 잉크젯 입자들의 크기들 및 속도들을 측정할 수 있고 배출된 잉크젯 입자들의 궤적을 캡쳐 할 수 있다. 입자들의 크기들, 속도들, 및 궤적들의 측정된 정보는 잉크젯 인쇄 시스템의 배출 동작을 모니터링하고 제어하기 위해 잉크젯 인쇄 시스템으로 피드백된다. 이러한 피드백 제어로 인해, 크기들, 속도들, 및 궤적들의 균일성이 모니터링되고 개선될 수 있다.

**대표도**

도 3

**명세서****도면의 간단한 설명**

도 1은 잉크젯 인쇄 시스템의 예시적 실시예의 투시도.

도 2는 도 1의 잉크젯 인쇄 장치의 예시적 실시예의 측면도.

도 3은 본 발명의 장치의 일실시예를 도시하는 블록도.

도 4는 카메라, 입자 및 펄스 레이저 광의 상대적 위치들을 도시하는 다아이그램.

도 5는 입자의 시각화의 예시적 시간 시퀀스를 도시한 도면.

도 6은 제 1 레이저 및 제 2 레이저 펄스에서 행해진 입자(290)의 이미지들의 카메라 프레임을 개략적으로 도시한 도면.

#### ※ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 ※

121 : 시각화 시스템 제어기 200 : 잉크젯 인쇄 시스템

210 : 잉크젯 인쇄 모듈 630 : 입자 시각화 시스템

631 : 레이저 광 633 : 카메라

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 일반적으로 입자의 시각화에 관한 것이고, 더욱 상세하게는 평면 패널 디스플레이들에 대한 컬러 필터 장치들과 같은 전자 장치들의 형성 시 잉크젯 입자의 시각화를 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

평면 패널 디스플레이들(FPD)은 컴퓨터 단말기들, 시각적 오락용 시스템들, 및 셀룰러 전화, PDA등과 같은 개인용 전자 장치들에 대해 선택되는 디스플레이 기술이 되어왔다. 액정 디스플레이(LCD) 및 특히 능동 매트릭스형 액정 디스플레이(AMLCD)는 가장 광범위하게 이용되고 견고한 상업적으로 이용 가능한 FPD로써 병합되어 왔다. LCD 기술의 기본 요소는 컬러 필터인데, 상기 필터를 통해 광이 컬러의 시각적 출력력을 생성하도록 된다. 컬러 필터들은 전형적으로 레드, 그린 및 블루의 굑셀들로 구성되고, 컬러 필터링된 광의 개선된 해상도를 가져오는 불투명한(블랙) 매트릭스 내로 패턴식 또는 어레이로 분포된다.

염색, 리소그래피, 색소 분산, 및 전착과 같이 이러한 컬러 필터들을 생성하는 전형적인 방법들은 모두 세 개의 컬러들을 순차적으로 도입해야 하는 큰 문제점을 가지고 있다. 즉, 하나의 컬러를 갖는 광셀들의 제 1 세트는 일련의 단계들에 의해 생성되고, 세 개의 컬러들 모두에 적용하기 위해 그러한 프로세스는 두 번 더 반복되어야만 한다. 컬러 필터 생성에 적용 가능한 기술의 개선 가능 영역은 잉크젯과 같은 개선된 배출 장치들(dispensing device)의 도입이었다. 잉크젯 시스템을 사용함으로써, 그러한 모든 세개의 컬러들은 한번의 단계로 컬러 필터 매트릭스 내로 적용될 수 있고, 이에 의해 그러한 프로세스는 삼중으로 실행될 필요가 없게 된다.

잉크젯 기술의 사용에 있어 떠오르는 하나의 문제점은 착색제 형성화를 광셀로 일관되게 정확히 배출하는 것이다. 잉크젯에 의해 컬러 필터들 및 다른 장치들을 대량 생산함에 있어, 잉크젯 프로세스는 제품의 품질을 보증하기 위해 정확하게 정밀하게 수행되어야만 한다. 그러므로, 배출된 잉크젯 입자들의 일관성 및 정학성을 검증하고 개선하기 위한 개선된 장치 및 방법을 개발할 필요가 있다.

##### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 실시예들은 잉크젯 입자들 배출의 일관성을 검증하고 개선시키기 위해 배출된 잉크젯 입자들을 시각화하기 위한 장치 및 방법을 제공한다. 일실시예에서, 잉크젯 인쇄 장치는 하나 이상의 노즐들을 포함하는 하나 이상의 잉크젯 헤드, 기판 수용 표면을 구비하는 기판 지지대, 상기 하나 이상의 노즐 및 상기 기판 수용 표면 상으로 레이저가 향하도록 위치되는 레이저 광원, 및 시각화 장치를 포함한다.

다른 실시예에서, 잉크젯 인쇄 시스템의 잉크젯 입자들을 시각화하기 위한 장치는 시각화 장치 및 레이저 광원을 포함하는데, 상기 레이저 광원은 상기 레이저를 상기 잉크젯 인쇄 시스템의 잉크젯 입자들을 배출할 수 있는 하나 이상의 잉크젯 장치와 잉크젯 인쇄 시스템의 기판 지지대의 기판 수용 표면 사이로 향하도록 배치된다.

다른 일실시 예에서, 잉크젯 인쇄 장치는 잉크젯 인쇄 시스템, 기판 수용 표면을 구비하는 기판 지지대, 통합된 잉크젯 입자 시각화 시스템을 포함하고, 상기 통합된 입자 시각화 시스템은 배출된 잉크젯 입자들의 크기들 및 속도들을 측정하고 상기 배출된 잉크젯 입자들의 궤도들을 캡쳐하며, 상기 측정된 크기들 및 속도들과 상기 배출된 잉크젯 입자들의 캡쳐된 궤적들의 정보에 기초하여 잉크젯 인쇄 시스템으로 제어 신호를 송신한다.

다른 실시예에서, 잉크젯 입자의 크기들 및 속도들의 균일성을 개선하기 위한 방법은, 잉크젯 인쇄 시스템으로부터 배출된 잉크젯 입자들의 크기들, 속도들, 및 궤적들의 정보를 수집하기 위해 통합식 잉크젯 입자 시각화 모듈을 이용하는 단계, 및 상기 배출된 잉크젯 입자들의 크기들, 속도들, 및 궤적들의 수집된 정보에 의해 상기 잉크젯 인쇄 시스템을 제어하는 단계를 포함한다.

다른 실시예에서, 잉크젯 인쇄 시스템으로부터 배출된 잉크젯 입자들을 시각화하기 위한 방법은 잉크젯 인쇄 시스템으로부터 배출된 잉크젯 입자 쪽으로 레이저 광원의 제 1 펄스를 제 1 위치에 제공하는 단계, 상기 레이저 광원의 제 1 펄스에 의해 조명되는 잉크젯 입자의 제 1 이미지, 및 상기 레이저 광원의 제 1 펄스의 시간을 상기 제 1 위치에 기록하는 단계, 상기 제 1 위치에서 제 2 위치로 이동하는 잉크젯 입자들 쪽으로 레이저 광원의 제 2 펄스를 제공하는 단계, 및 상기 레이저 광원의 제 2 펄스에 의해 조명되는 잉크젯 입자의 제 2 이미지, 및 상기 레이저 광원의 제 2 펄스의 시간을 상기 제 2 위치에 기록하는 단계를 포함한다.

위에서 언급한 본 발명의 특징들이 자세히 이해될 수 있는 방식으로, 위에서 간략히 설명된 본 발명의 좀더 상세한 설명은 첨부된 도면을 참조하여 실시예들에서 이루어질 것이다. 그러나, 첨부된 도면들은 단지 본 발명의 전형적 실시예일 뿐이며, 본 발명의 범주를 제한하는 것으로 간주되어서는 안되고, 본 발명은 동일한 효과를 갖는 다른 실시예들도 허용한다.

### 발명의 구성 및 작용

착색제 형성을 꾹센로 일관되고 정밀하게 배출하기 위해서, 잉크젯 입자 크기, 입자 속도, 입자 궤적 및 랜딩 위치(landing position)는 전체 배출 프로세스를 통해 일관되고 정밀할 필요가 있다. 본 발명의 실시예들은 입자들 배출 프로세스 동안의 잉크젯 입자들의 크기들, 속도들(또는 속력), 및 궤적들을 시각화하기 위한 장치 및 방법을 설명한다. 배출된 잉크젯 입자들의 랜딩 위치들은 잉크젯 입자들의 궤적들로부터 결정될 수 있다. 본 발명의 실시예들은 입자들 배출 프로세스 동안의 잉크젯 입자들의 크기들, 속력들, 궤적들, 및 랜딩 위치들을 개선하기 위한 장치 및 방법을 개시한다.

도 1은 본 발명의 평면 패널 디스플레이들에서 컬러 필터들을 형성하기 위한 잉크젯 장치(10)의 예시적 실시예의 투시도이다. 도 1은 스테이지(310)를 포함하는 스테이지 배치 시스템(320)의 컴포넌트들을 도시한다. 도 1에 도시된 실시예에서, 스테이지(310)는 Y 방향으로 이동하고, 잉크젯 인쇄 모듈(210)의 잉크젯 헤드들(222, 224 및 226)은 X 방향으로 이동한다. 다른 실시예들에서, 스테이지(310)는 X 및 Y 방향들 모두로 이동할 수 있다. 하나 이상의 모터들을 구비하는 스테이지 이동 장치(332)(도 2에 도시됨)는 스테이지(310)를 X-축 방향으로 이동시키기 위해 이용될 수 있다. 예시적 실시예에서, 기판 스테이지(310)는 또한 적당한 스테이지 회전 장치(미도시됨)를 이용함으로써 회전될 수 있다. 스테이지(310)는 또한 기판(330) 및 그 위에 포함된 디스플레이 물체(들)을 잉크젯 인쇄 시스템(200)의 잉크젯 인쇄 모듈(210)로 정렬시키기 위해 기판(330)을 회전 및/또는 배향시키도록 회전될 수 있다.

스테이지(310)는 처리되는 기판 또는 기판들을 지지하기에 적당한 또는 적합한 임의의 크기일 수 있다. 예시적 실시예에서, 예를 들어 장치(10) 및 그 컴포넌트 부품은 예를 들어 5500cm<sup>2</sup> 이상의 치수를 갖는 기판을 처리할 수 있다. 장치(10) 및 그 컴포넌트 부품들은 임의의 크기를 갖는 기판들을 처리하도록 설계되고 적응될 수 있다.

도 1을 다시 참조하여, 처리 장치(10)는 또한 기판 스테이지(310)를 지지하고 본 예시적 실시예에서 상부 부분(322) 및 다수의 레그들(325)을 포함할 수 있는 스테이지 배치 시스템(320)을 포함한다. 각각의 레그는 스테이지(310)를 진동(처리 장치(10)가 놓여있는 플로어)로부터 분리시키기 위해 공기식 실린더 또는 다른 완충식 메커니즘을 포함할 수 있다. 스테이지 배치 시스템(320)은 스테이지 이동 장치(미도시됨)의 동작을 제어하기 위한 제어기(미도시됨)를 포함할 수 있다. 도 1에 도시된 기판(330)은 또한 임의의 개수의 디스플레이 물체들(335)을 포함할 수 있다.

도 1은 잉크젯 인쇄 시스템(200)의 잉크젯 인쇄 모듈(210), 및 잉크젯 인쇄 모듈(210)이 장착되는 잉크젯 인쇄 모듈 지지대(220)를 도시한다. 예시적 실시예에서, 잉크젯 인쇄 모듈(210)은 잉크젯 배치 장치(미도시됨)에 의해 잉크젯 인쇄 모듈 지지대(220)를 따라 이동 가능하다. 도 1의 실시예에서, 잉크젯 인쇄 모듈(210)은 세 개 이상의 잉크젯 장치들(222, 224 및 226)을 포함한다. 예시적 실시예에서, 각각의 잉크젯 장치(222, 224 및 226)는 예를 들어 레드, 그린, 블루와 같은 상이한 컬러 잉크, 및 사용되는 컬러에 따라 선택적으로는 선명한 잉크를 배출할 수 있다. 예를 들어, 제 1 잉크젯 장치는 레드 잉크를 배출할 수 있고, 제 2 잉크젯 장치는 그린 잉크를 배출할 수 있으며 제 3 잉크젯 장치는 블루 잉크를 배출할 수 있다. 다른 예시적 실시예에서, 임의의 하나 이상의 잉크젯 장치들은 동일한 컬러 잉크 또는 선명한 잉크를 배출할 수 있다. 세 개의 잉크젯들의 장치들로 통합하여 설명되었을지라도, 본 발명의 잉크젯 인쇄 모듈(210)과 장치(10)는 응용예 또는 장치(10)의 사용에 따라 임의의 개수의 잉크젯 장치들을 이용할 수 있다.

본 발명의 일실시예에서, 잉크젯 장치들(222, 224 및 226) 각각은 인쇄 동안에 서로 독립적으로 이동 가능하다. 이는, 기판 상에 두 개 이상의 패널을 인쇄할 때 유리할 수 있다. 잉크젯 장치들(222, 224 및 226) 각각은 잉크젯 헤드(미도시됨), 분리된 헤드 인터페이스 보드(미도시됨), 높이 조정 장치(미도시됨), 헤드 회전 액츄에이터 장치(미도시됨), 및 잉크통(미도시됨)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 잉크젯 헤드 각각은 각각의 헤드 회전 액츄에이터 장치에 의해 회전될 수 있다. 이러한 방법으로, 잉크젯 헤드가 기판 상의 디스플레이 물체에 대해 배향되는 피치 또는 각도가 인쇄 응용예에 따라 변화될 수 있다. 각각의 잉크젯 헤드는 다수의 노즐들, 예를 들어 128개의 노즐들을 구비할 수 있다. 입자들은 약 0.01KHz 내지 약 100KHz의 주파수들에서 배출된다. 입자들의 크기들은 약  $2\mu\text{m}$  내지 약  $100\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는다. 입자들의 속도들은 약  $2\text{m/s}$  내지 약  $12\text{m/s}$ 이다. 일실시예에서, 잉크젯 헤드들 각각, 또는 장치(10)에서의 사용에서 설명된 바와 같은 임의의 다른 잉크젯 헤드들은 Spectra SE128A, SX128, 또는 SM128 잉크젯 헤드 어셈블리일 수 있다. Spectra SE-128 잉크젯 헤드 어셈블리는 128개의 노즐들을 구비하는데, 상기 노즐 각각은 38 마이크로의 직경 및 508 마이크로의 인접 노즐들간의 간격을 갖는다. 상기 Spectra SE-128 잉크젯 헤드 어셈블리는 대략 25 내지 35 피코리터의 체적을 갖는 잉크 입자들을 배출할 수 있고, 대략 40KHz의 주파수에서 동작할 수 있다.

입자 시각화 시스템(630) 또한 도 1에 도시된다. 입자 시각화 시스템(630)은 잉크젯 장치들로부터 배출된 입자들의 영상들을 제공받는 입자 시각화 장치(633), 제어된 지속 기간 동안에 제어된 주파수에서 플래시하는 펄스 광(631), 이미지 분석기(아래에서 설명됨), 프로세서(아래에서 설명됨), 및 시각화 시스템 제어기(아래에서 설명됨)를 포함한다. 일실시예에서, 소량 입자 시각화 장치(633) 및 펄스 광(631)은 스테이지 배치 시스템(320)의 상부 부분(322)의 에지 근처에 위치된다. 잉크젯 장치들(222, 224 및 226)이 기판(330) 상에 입자들을 배출하기 전에, 상기 장치들은 입자들의 크기들, 속도들 및 궤적들을 검증하기 위해 입자들을 시각화 장치(633)와 펄스 광(631) 사이에 우선 "거터(gutter)"로 배출한다. 이러한 프로세스는 잉크젯 검증 프로세스로 불리운다. 일한 검증 프로세스 동안의 배출된 입자들은 시각화 장치(633)와 펄스 광(631) 사이 및 아래에 위치되는 수집 플레이트(미도시됨)에 의해 포함된다. 이러한 입자들의 크기들, 속도들, 및 궤적들이 프로세스 규정사항 내에 있다고 검증된 후, 잉크젯 장치들(222, 224 및 226)은 기판(330) 상에 입자들을 배출하도록 허용된다. 만일 배출된 입자들의 크기들, 속도들, 및 궤적들이 검증 프로세스 동안에 프로세스 규정사항 내에 있지 않다고 판명되면, 크기들, 속도, 및 궤적들이 규정 사항 내에 있게 될 때까지 잉크젯 장치들(222, 224 및 226)이 조정된다.

일실시예에서, 시각화 장치(633)는 전하 결합 장치(CCD: charge coupled device) 카메라이다. 입자 크기가 약  $2\mu\text{m}$  내지 약  $100\mu\text{m}$ 의 직경으로 너무 작기 때문에, 망원 줌 렌즈가 필요하다. 시각화 장치(633)는 입자 검출의 해상도를 증가시키기 위해 또한 고해상도, 예를 들어 적어도  $1024 \times 768$  필셀을 가져야 한다. 카메라는 또한 모터식 줌 및 포커스 장치(미도시됨)와 일체 성형될 수 있다. 다른 카메로 유형들 및/또는 해상도를 역시 이용될 수 있다. 일실시예에서, 카메라(633)는 구조물(635) 상에 장착되어 잉크젯 인쇄 모듈 지지대(220)에 결합된다. 상기 구조물(635)은 또한 잉크젯 인쇄 모듈 지지대(220)에 결합될 수 있다. 일실시예에서, 높이 및 장착 각도를 포함하여 시각화 장치(633)의 위치는 배출된 입자들의 궤적들과 정렬시키기 위해 조정될 수 있다. 다른 실시예에서, 시각화 장치(633)은 또한 현미경(미도시됨)을 포함하고, 상기 카메라는 현미경의 뷰파인더에서 획득된 이미지들을 기록하기 위해 현미경의 뷰파인더에 부착될 수 있다. 카메라(633)의 시야는 약  $0.1\text{ mm}$  내지 약  $5\text{ mm}$  이어야 하고, 카메라(633)의 심도는 입자들의 이미지들을 제공받기 위해 약  $0.05\text{ mm}$  내지 약  $5\text{ mm}$ 이어야 하며, 그 크기들은 약  $2\mu\text{m}$  내지 약  $100\mu\text{m}$  직경들이다.

광(631)은 연속적으로 생성된 플라잉 입자들을 조명하기 위해 나노 초의 펄스 레이저일 수 있다. 레이저 광은 더 신속하고 더 정확한 온/오프 제어 및 미세한 방향성으로 인한 바람직한 광원으로 선택된다. 신속하고 정확한 온/오프 제어는 이러한 응용예에서 중요하고, 레이저 빔들의 미세한 방향성은 입자들의 이미지들을 더 선명하게 만든다. 충분한 이미지 세기가 짧은 조면 펄스 내에서 달성되도록 보장하기 위해, 상대적으로 높은 전력의 펄스 레이저가 필요하다. 일실시예에서, 레이저 광의 전력은 약  $0.001\text{ mW}$  내지 약  $20\text{mW}$ 이다. 일실시예에서, 입자의 두 개의 이미지들이 하나의 이미지 프레임으로 획득되어, 제어된 구간 내에서 레이저 펄스를 두 번 발화(firing)시킴으로써 입자들의 속도를 계산하여 입자가 시야 외부로 이동하지 않게 된다. 두 개의 이미지들 사이의 거리는 제고되는 두 개의 펄스들 사이의 시간 동안에 이동되는 입자의 거리를

측정하기 위해 사용될 수 있다. 약 0.1mm 내지 약 5mm 사이의 시야를 갖는 카메라에서 캡쳐되는 약 8 m/s 사이의 속도로 이동하는 입자에 대해, 레이저 광(631)은 200 마이크로 초 시간 구간보다 작게 펄스화되는 것이 요구된다. 일실시예에서, 레이저 광(631)은 구조물(636) 상에 장착된다. 시각화 장치(633)와 레이저 광(631) 사이의 거리는 구조물(635) 또는 구조물(636)을 이동시킴으로써 조정될 수 있다.

도 2는 도 1의 처리 장치의 측면도이다. 도 2는 하나의 3-잉크젯 장치들(226)(잉크젯 장치들(222, 224)은 226 뒤쪽에 위치함)을 포함하는 잉크젯 인쇄 모듈(210), 잉크젯 인쇄 모듈 지지대(220), 스테이지(310), 베이스 프레임 구조물(320) 및 상기 베이스 프레임 구조물(320)의 상부 부분(322)과 두 개의 레그들(325)를 도시한다. 기판(330)은 스테이지(310) 상에 위치하고, 상기 스테이지는 스테이지 이동 장치(332)에 의해 지지된다. 입자 시각화 장치(630)의 시각화 장치, 또는 카메라(633)는 구조물(635) 상에 장착되고, 레이저 광(631)은 구조물(636) 상에 장착된다.

잉크젯 프로세스 동안에, 기판(330)은 잉크젯 장치들(222, 224 및 226) 아래로 Y-축 방향 이동된다. Y-축의 목표 위치에 일단 도달되면, 잉크젯 헤드 장치들(222, 224 및 226)은 잉크젯 인쇄 모듈 지지대(220) 상에서 X-축을 따라 이동하여, 기판(330) 상의 위치들 또는 소량 잉크의 위치들에 소량 잉크들을 증착시킴으로써 잉크 증착 동작을 수행하게 된다. 예를 들어, 스테이지(310) 및 기판(330)이 이동되는 속도는 대략 500mm/sec 내지 대략 1000mm/sec일 수 있다. 다른 속도/ 속도 범위가 이용될 수도 있다.

프로세스 동안에, 잉크젯 헤드 장치들(222, 224 및 226)은 노즐들을 통해 잉크젯 입자들을 배출한다. 일실시예에서, 잉크젯 인쇄 모듈(210)이 입자 시각화 시스템(630)을 통과할 때, 상기 모듈은 입자 시각화 시스템(630)의 제어 시스템(미도시됨)을 트리거링 한다. 도 3은 잉크젯 인쇄 시스템(200)과 잉크젯 입자 시각화 시스템(630)에 대한 제어 시스템(150)의 블록도이다. 입자 시각화 시스템(630)은 시각화 시스템 제어기(121), 카메라(또는 시각화 장치)(633), 레이저 광(631), 및 제어 소프트웨어(미도시됨)를 포함한다. 이미지 분석기(154) 및 프로세서(155)는 하나로 통합될 수 있다. 잉크젯 인쇄 시스템(200)은 잉크젯 인쇄 모듈(210)을 포함하고, 상기 모듈은 잉크젯 헤드 장치들(222, 224 및 226)과 입자 제어기(101)를 포함한다. 제어 시스템(150)은 이미지 분석기(154), 프로세서(155), 시각화 제어기(121), 입자 제어기(101) 및 관련된 소프트웨어를 포함한다.

잉크젯 처리 시스템은 잉크젯 발화 장치들(222, 224 및 226) 및 입자 제어기(101)를 포함한다. 입자 제어기(101)는 잉크젯 입자 발화 신호들을 제어 버스(111)를 통해 잉크젯 발화 장치들(222, 224 및 226)로 송신한다. 잉크젯 작동은 입자 제어기(101)에 의해 제어될 수 있다. 입자 제어기(101)는 잉크 인쇄 모듈(210)을 제어하기 위해, 제어 버스(113)를 통해 입자 시각화 시스템(630)의 프로세서(155)로부터 획득된 정보, 및 저장된 기판 이미지 데이터 파일(미도시됨)을 이용한다. 기판 이미지 데이터 파일은, 본 발명의 장치(10)에서 처리될 수 있는 임의의 주어진 기판에 대해 생성될 수 있고, 상기 기판에 대한 정보를 포함할 수 있다. 입자 제어기(101)는 임의의 잉크젯 장치들(222, 224 및 226)을 제어함으로써, 잉크젯 인쇄 모듈(210)을 제어하여 잉크 배출 또는 노즐 "젯팅(jetting)" 또는 "발화"를 제어할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 설명된 잉크젯 장치들은 노즐 "젯팅(jetting)" 또는 "발화" 동작을 수행할 수 있고, 이에 의해 대략 매 25 마이크로-초마다 동일한 노즐로부터 잉크 입자를 배출하게 된다. 만일 스테이지(310)가 500mm/sec의 속도로 이동될 수 있다면, 0.0125mm의 해상도가 잉크 증착 동작을 위해 기판 상에서 달성될 수 있다. 다른 잉크젯 주파수들 및/또는 해상도들이 이용될 수 있다.

입자 제어기(101)는 또한 입자 발화 신호 및 잉크젯 헤드 위치 신호를 제어 버스(112)를 통해 시각화 시스템(630)의 시각화 시스템 제어기(121)로 송신한다. 입자 발화 신호 잉크젯 헤드 배치 신호들을 이용하는 시각화 제어기(121)는 레이저 광(631)의 펄스들 및 시각화 장치(633)의 온 및 오프를 제어한다. 레이저 광(631)이 턴 온 될 때, 카메라(633)는 시야(FOV) 내에 있는 입자의 이미지들을 캡쳐한다. 일실시예에서, 시각화 시스템(633)은 연속적으로 생성된 플라잉 입자들을 조명하기 위해 나노초의 펄스 레이저를 이용한다. 충분한 이미지 세기가 짧은 조명 펄스 내에 달성되도록 보장하기 위해 고 전력 펄스 레이저가 필요하다.

시각화 시스템(630)은 고 해상도의 카메라를 이용할 수 있는데, 예를 들어 2mm의 시야를 보기 위해 예를 들어 적어도 1024×768 픽셀 해상도일 수 있다. 이는 픽셀 당 2 $\mu$ m의 픽셀 해상도를 발생시킬 것이다. 예를 들어 25 $\mu$ m의 직경을 갖는 원형 입자는 대략 12.5 직경의 픽셀들을 가질 것이다. 입자 직경의 1% 변이는 약 1/8 픽셀의 각 에지 배치 변화를 가져온다. 이러한 양의 입자 크기 변이는 Cognex Vision Pro 소프트웨어와 같은 시각화 소프트웨어에 의해 검출될 것이다. 2/3" 전하 결합 장치(CCD) 카메라와 같은 카메라(633)는 시각화 소프트웨어를 저장하는 이미지 분석기(154)에 연결된다. 상기 카메라는 레이저 광원(631)으로부터 90mm 이상의 작동 거리를 유지한다. 입자(290)와 같은 입자들은 카메라(633)로부터 예를 들어 0.12 mm의 심도 거리에 떨어진다. 심도는 광을 충분히 이용할 수 있다면 조리개에 의해 확장될 수 있다. 일반적으로, 작동 거리의 증가는 DOF를 증가시킬 것이고, 조리개(렌즈에 도달하는 광의 양)의 감소 역시 DOF를 증가시킬 것이다. 레이저 광은 입자들에 대해 정확하고 양호한 조명을 제공해야만 한다.

도 4는 카메라 렌즈, 입자(290), 및 레이저 광(631) 사이의 거리 관계를 도시한다. 카메라와 광원 사이의 거리가 작동 거리이다. 입자와 카메라 사이의 거리가 심도이다. 시야는 카메라가 캡쳐 할 수 있는 물체의 범위이다. 시야는 심도에 따라 달라진다. 심도가 커질수록 시야도 커질 것이다.

입자의 속도를 계산하기 위해, 동일한 입자(290)의 이중 노출은 두개의 노출들 사이의 시간 경과 동안에 이동된 입자의 거리를 측정함으로써 이루어질 수 있다. 거리는 입자의 이동에 비례하고, 찍은 사진 상에서 두 개의 입자 이미지들 사이의 거리로부터 계산될 수 있다. 입자의 속도는 두개의 노출들 사이의 거리를 두개의 노출들 사이의 시간 지연으로 나눔으로써 계산될 수 있다. 도 5는 잉크젯 인쇄 모듈(210), 카메라(633), 입자(290), 및 레이저 광(631) 사이의 시간 관계를 도시한다. 시간(0)에서, 잉크젯 인쇄 모듈(210)은 시각화 시스템(630)에 가까이 이동하여 시각화 시스템(630)을 트리거링 한다. 시간( $t_1$ ), 또는 트리거링 신호로부터의 지속 기간("A")에서, 입자(290)는 잉크젯 장치들(222, 224 및 226) 중 하나로부터 "발화"(또는 배출)된다. 시간( $t_2$ )에서, 레이저 광은 턴 온되고, 시간( $t_3$ )에서 레이저 광은 턴 오프된다. 입자(290)가 "발화"(또는 배출)되는 시간으로부터의 시간 경과("B") 이후에 발생하는  $t_2$ 에서  $t_3$  사이의 주기 동안에, 카메라(633)의 시야의 하부면에서 현재 가까운 제 2 입자 이미지가 찍힌다. 시간( $t_4$ )에서, 레이저 광은 다시 턴 온되고, 시간( $t_5$ )에서 레이저 광은 다시 턴 오프된다. 입자(290)가 "발화"되는 시간으로부터의 시간 경과("C") 이후에 발생하는  $t_4$ 에서  $t_5$  사이의 주기 동안에, 카메라(633)의 시야의 하부면에서 현재 가까운 제 2 입자 이미지가 찍힌다. 잉크젯 입자들이 8KHz 이상과 같은 고속으로 발화될 때 다중 입자들이 시야에 존재할 수 있다. 일실시예에서,  $t_2$ 에서  $t_3$ , 및  $t_4$ 에서  $t_5$ 의 온/오프 지속 기간들은 100나노초 이하이고, 바람직하게는 1000나노초 이하이다.

도 6은 제 1 레이저 펄스( $t_2$ 에서  $t_3$ )에서 캡쳐된 "D<sub>1</sub>" 입자(290), 및 제 2 레이저 펄스( $t_4$ 에서  $t_5$ )에서 캡쳐된 "D<sub>2</sub>" 입자(290)의 개략도이다. 만일 입자가 수직으로 하향으로 발화되지 않는다면, 상기 입자(290)는 또한 제 2 레이저 펄스에서 "D<sub>2</sub>"로써 캡쳐될 수 있다. 입자(290)의 속도는 두 개의 펄스들 사이의 거리를 두 개의 레이저 펄스(또는 C-B) 사이의 시간 경과로 나눔으로써 계산될 수 있다.

시스템은, 두 개 이상의 입자 이미지들이 하나의 프레임에 캡쳐되지 않도록 하기 위해 지속 기간들("A", "B" 및 "C")을 제어해야 한다. 예를 들어, 카메라가 2mm의 시야를 갖고 입자(290)가 8m/s의 속도로 이동할 때, 두 개의 노출들 사이의 시간 경과("C" 마이너스 "B")는 방정식(1)에 따라 25μs 이하여야 한다.

#### 두 개의 펄스들 사이의 시간 경과≤(시야)/(입자 속도) (1)

입자 속도가 전형적으로 약 2m/s 내지 약 12m/s이고, 시야가 약 0.1mm 내지 약 5mm이면, 두개의 노출들 사이의 시간 경과(C-B)는 5μs 내지 약 2500μs로 유지되어야 한다.

레이저 광이  $t_2$ 에서  $t_3$ , 및  $t_4$ 에서  $t_5$ 에서 온 일때의 주기들은 입자 이미지들의 선명성을 보장하도록 짧게 유지되어야 한다. 8m/s에서 이동하는 입자에 대해, 입자는 25ns 펄스 폭( $t_2$ 에서  $t_3$  사이의 시간 또는  $t_4$ 에서  $t_5$  사이의 시간)에 대해 0.2μs를 이동한다. 앞서 언급한 바와 같이, 예를 들어 2mm의 시야에 대해 1024×768 픽셀을 갖는 고 해상도의 카메라에 대해, 픽셀 해상도는 픽셀 당 2μs이다. 이미지 내의 움직임으로 인한 0.2μm의 불선명(blur)은 픽셀 크기보다 상당히 작게 된다. 펄스 폭은 픽셀 크기의 10% 이하로 입자가 이동하도록 보장하기 위해 짧게 유지되어야 한다.

#### 펄스 폭<(10% 픽셀 해상도)/(입자 속도) (2)

입자 속도가 약 2m/s 내지 약 12m/s이고, 픽셀 해상도가 픽셀 당 2μm이면, 펄스 폭은 입자 속도에 따라서 방정식 (2)에 의해 약 10ns 내지 약 2500ns 이하여야 한다. 일실시예에서, 펄스 폭, 또는  $t_2$ 에서  $t_3$ , 및  $t_4$ 에서  $t_5$ 의 온/오프 지속 기간은 1000나노초 이하이고 바람직하게는 100나노초 이하이다.

펄스 폭의 정확한 제어 및 레이저 광의 온-오프 제어를 달성하여, 정확하게 제어될 수 있는 나노초 레이저가 선호된다. 또한, 레이저 광은 입자들이 찍혀지고 펄스 폭이 너무 짧지 않도록 허용하기 위해 충분한 조명을 제공해야만 한다.

몇 개의 입자들이나 또는 얼마나 자주 시스템이 배출된 입자들을 모니터링하느냐에 따라, 카메라 이미지 프레임 주파수가 조정될 수 있다. 일실시예에서, 카메라(633)의 프레임 주파수는 30Hz이다. 그러나, 더 높은 프레임 주파수들을 갖는 카메

라들 역시 이용될 수 있다. 입자 크기는 입자의 영역에 기초하여 계산될 수 있다. 이러한 크기는 직경 측정으로 변환될 수 있다. 또한, 입자의 궤적은 도 6에 도시된 바와 같이 카메라에 의해 캡쳐될 수 있다. 이미지 분석 툴을 사용하여, 입자 크기, 속도, 위치가 1%의 정확성까지 측정될 수 있다. 시장에서 이용가능한 시스템들은 본 발명의 실시예들의 정확도(+ 3%)를 달성할 수 없다.

본 발명은 플라잉 입자를 조명하기 위해 지속 기간 내 매우 좁은 펄스 레이저(너비 내에서 나노초까지)를 이용한다. 그러므로 캡쳐된 입자는 최소 불선명 또는 이미지 왜곡을 가지므로, 그 크기는  $\leq + 1\%$ 로의 좀 더 정확하게 결정될 수 있다. 또한, 이러한 기술을 이용하는 측정 프로세스는 한 입자씩 진행되고 평균 값이 아니다. 그러므로, 입자의 통계적 형성이 획득될 수 있고, 입자 크기를 제어하고 균일한 성능 또는 다른 성능 속성들(예를 들어, 입자 품질 개선)을 위해 이용될 수 있다. 입자 형성은 입자들의 입자 크기 및 속도를 제어하기 위해 노즐들로부터 잉크젯 입자 생성기 전자 장치로 피드백된다. 이러한 즉각 피드백 매커니즘으로 인해 시스템은 시간 함수로써 입자 크기 및 속도의 균일성을 개선시키고 이에 의해 절려 떨터 시스템 배출의 균일성을 증가시키게 된다.

입자 시각화 장치(633) 및 펄스 광(631)이 스테이지 배치 시스템(320)의 상부 부분(322)의 예지 부근에 위치되는 것으로 설명되었을지라도, 입자들이 기판(330) 상에 배출되기 이전에 배출 입자들의 크기들, 속도들, 및 궤적들을 검증하고 제어하는 것이 허용된다. 입자 시각화 장치(633) 및 펄스 광(631)은 또한 기판(330)의 잉크젯 동안의 입자 시각화를 허용하기 위한 다른 위치들에 위치될 수 있다.

전술한 내용이 본 발명의 실시예들을 언급하는 반면, 본 발명의 다른 실시예들이 본 발명의 기본적 사상을 벗어나지 않으면서 가능하고, 본 발명의 범주는 다음의 청구항들에 의해서만 결정된다.

### 발명의 효과

따라서, 배출된 잉크젯 입자들의 일관성 및 정확성을 검증하고 개선하기 위한 개선된 장치 및 방법이 제공된다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

하나 이상의 노즐을 포함하는 하나 이상의 잉크젯 헤드;

기판 수용 표면을 구비하는 기판 지지대;

상기 하나 이상의 노즐과 상기 기판 수용 표면 사이로 레이저가 향하도록 배치된 레이저 광원; 및

시각화 장치

를 포함하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 시각화 장치는 상기 레이저 광원으로부터 광을 수신하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광원은, 잉크젯 입자(droplet)가 상기 기판 수용 표면에 위치된 기판과 상기 하나 이상의 노즐 사이를 이동할 때, 상기 하나 이상의 노즐로부터 배출된(dispensed) 잉크젯 입자에 레이저가 향하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 시각화 장치는 적어도 1024×768 픽셀 해상도를 갖는 고 해상도의 전하 결합 장치 카메라인 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광원은 나노초(nanosecond) 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 레이저 광원의 전력은 약 0.001 mW 내지 약 20 mW 인 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 7.

제 1 항에 있어서,

상기 잉크젯 인쇄 장치는,

이미지 분석기;

상기 레이저 광원과 상기 시각화 장치를 제어하는 시각화 시스템 제어기; 및

프로세서 - 상기 시각적 광원, 상기 시각화 장치, 상기 이미지 분석기, 상기 시각화 시스템 제어기, 및 상기 프로세서는, 잉크젯 입자들의 크기들 및 속도들을 측정할 수 있고 잉크젯 입자들의 궤적 또한 캡처할 수 있는 입자 시각화 시스템을 형성함 -

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 입자 시각화 시스템은 잉크젯 입자들의 궤적들로부터 기판 지지대의 기판 수용 표면 상에서 기판들 상으로의 잉크젯 입자들의 랜딩 위치들(landing positions)을 결정할 수 있는 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

### 청구항 9.

제 7 항에 있어서,

상기 잉크젯 인쇄 장치는 입자 제어기 및 상기 입자 제어기에 의해 제어되는 하나 이상의 잉크젯 헤드를 더 포함하고, 상기 입자 제어기는 상기 입자 시각화 시스템으로부터 크기들, 속도들, 궤적들 및 랜딩 위치들의 입자 정보를 수신하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

### 청구항 10.

잉크젯 인쇄 시스템의 잉크 입자들을 시각화하기 위한 장치로서,

시각화 장치; 및

상기 잉크젯 인쇄 시스템의 잉크젯 입자들을 배출할 수 있는 하나 이상의 잉크젯 장치와 상기 잉크젯 인쇄 시스템의 기판 지지대의 기판 수용 표면 사이로 레이저가 향하도록 배치되는 레이저 광원

을 포함하는 잉크 입자들의 시각화 장치.

### 청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 시각화 장치는 상기 레이저 광원으로부터 광을 수신하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 잉크 입자들의 시각화 장치.

### 청구항 12.

제 10 항에 있어서,

상기 레이저 광원은, 잉크젯 입자가 상기 기판 수용 표면에 위치된 기판과 상기 하나 이상의 노즐 사이를 이동할 때, 상기 하나 이상의 노즐로부터 배출된 잉크젯 입자에 레이저가 향하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 잉크 입자들의 시각화 장치.

### 청구항 13.

제 10 항에 있어서,

상기 시각화 장치는 고 해상도의 전하 결합 장치 카메라인 것을 특징으로 하는 잉크 입자들의 시각화 장치.

### 청구항 14.

제 10 항에 있어서,

상기 레이저 광원은 나노초 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는 잉크 입자들의 시각화 장치.

### 청구항 15.

제 10 항에 있어서,

이미지 분석기;

상기 시각화 장치 및 상기 레이저 광원을 제어하는 시각화 시스템 제어기; 및

프로세서 - 상기 시각적 광원, 상기 시각화 장치, 상기 이미지 분석기, 상기 시각화 시스템 제어기, 및 상기 프로세서는, 잉크젯 입자들의 크기들 및 속도들을 측정할 수 있고 잉크젯 입자들의 궤적 또한 캡쳐할 수 있는 입자 시각화 시스템을 형성함 -

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크 입자들의 시각화 장치.

### 청구항 16.

제 15 항에 있어서,

상기 입자 시각화 시스템은 상기 입자 시각화 시스템에 의해 캡쳐된 잉크젯 입자들의 궤적들로부터 기판 지지대의 기판 수용 표면 상에서 기판들 상으로의 잉크젯 입자들의 랜딩 위치들을 결정할 수 있는 것을 특징으로 하는 잉크 입자들의 시각화 장치.

### 청구항 17.

제 15 항에 있어서,

상기 잉크젯 인쇄 시스템의 하나 이상의 잉크젯 장치는 입자 제어기에 의해 제어되고, 상기 입자 제어기는 상기 입자 시각화 시스템으로부터 크기들, 속도들, 궤적들 및 랜딩 위치들의 입자 정보를 수신하는 것을 특징으로 하는 잉크 입자들의 시각화 장치.

### 청구항 18.

잉크젯 인쇄 시스템;

기판 수용 표면을 구비하는 기판 지지대;

배출된 잉크젯 입자들의 크기들 및 속도들을 측정하고, 상기 배출된 잉크젯 입자들의 궤적들을 캡쳐하며, 상기 배출된 잉크젯 입자들의 측정된 크기들과 속도들, 및 캡쳐된 궤적들의 정보에 기초하여 제어 신호들을 잉크젯 인쇄 시스템으로 송신하는, 통합된 잉크젯 입자 시각화 시스템

을 포함하는 잉크젯 인쇄 장치.

### 청구항 19.

제 18 항에 있어서,

상기 잉크젯 인쇄 시스템은,

잉크젯 인쇄 모듈;

상기 배출된 잉크젯 입자들의 측정된 크기들과 속도들, 및 캡쳐된 궤적들의 정보에 기초하여 상기 잉크젯 인쇄 모듈을 제어하는 잉크젯 입자 제어기 - 상기 정보는 상기 통합된 잉크젯 입자 시각화 시스템에 의해 수집됨 -

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 20.

제 18 항에 있어서,

상기 잉크젯 인쇄 모듈은 하나 이상의 컬러 잉크를 배출할 수 있는 하나 이상의 잉크젯 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 21.

제 18 항에 있어서,

상기 잉크젯 입자 시각화 모듈은,

시각화 장치;

레이저 광원;

상기 레이저 광원 및 상기 시각화 장치를 제어하는 시각화 시스템 제어기;

이미지 분석기; 및

프로세서

를 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 22.

제 21 항에 있어서,

상기 시각화 장치는 고 해상도의 전하 결합 장치 카메라인 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 23.

제 21 항에 있어서,

상기 레이저 광원은 나노초 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는 잉크젯 인쇄 장치.

#### 청구항 24.

잉크젯 입자 크기들 및 속도들의 균일성을 증가시키기 위한 방법으로서,

배출된 잉크젯 입자들의 크기들, 속도들 및 궤적들의 정보를 잉크젯 인쇄 시스템으로부터 수집하기 위해, 통합된 잉크젯 입자 시각화 모듈을 이용하는 단계; 및

상기 배출된 잉크젯 입자들의 크기들, 속도들, 및 궤적들의 수집 정보에 의해 상기 잉크젯 인쇄 시스템을 제어하는 단계를 포함하는 잉크젯 입자의 균일성 증가 방법.

### **청구항 25.**

제 24 항에 있어서,

상기 배출된 잉크젯 입자들의 크기들, 속도들, 및 궤적들은 나노초 레이저 광원을 이용함으로써 수집되고,

배출된 잉크젯 입자들 중 적어도 하나의 입자의 크기들, 속도, 및 궤적을 결정하기 위해서 상기 배출된 잉크젯 입자들 중 적어도 하나에 대한 적어도 두개의 이미지들을 캡쳐링하도록 상기 배출된 잉크젯 입자들 중 적어도 하나가 상기 시각화 장치의 전방에서 이동할 때, 상기 레이저 광원은 상기 배출된 잉크젯 입자들 중 적어도 하나에 대한 적어도 두 개의 노출들을 생성하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자의 균일성 증가 방법.

### **청구항 26.**

제 24 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 배출된 잉크젯 입자들은 약 2m/s 내지 약 12m/s의 속도로 이동하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자의 균일성 증가 방법.

### **청구항 27.**

제 24 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 배출된 잉크젯 입자들의 직경 크기들은 약  $2\mu\text{m}$  내지 약  $10\mu\text{m}$  인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자의 균일성 증가 방법.

### **청구항 28.**

제 25 항에 있어서,

상기 적어도 두 개의 노출들 사이의 시간 경과는 약  $5\mu\text{s}$  내지 약  $2500\mu\text{s}$ 인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자의 균일성 증가 방법.

### **청구항 29.**

제 25 항에 있어서,

상기 적어도 두 개의 노출들의 노출 시간들은 1000 나노초 미만인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자의 균일성 증가 방법.

### **청구항 30.**

제 25 항에 있어서,

상기 시각화 장치는 고 해상도의 전하 결합 장치 카메라인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자의 균일성 증가 방법.

### 청구항 31.

제 25 항에 있어서,

상기 나노초 레이저 광원의 전력은 약 0.001 mW 내지 약 20 mW 인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자의 균일성 증가 방법.

### 청구항 32.

잉크젯 인쇄 시스템으로부터 배출된 잉크젯 입자들을 시각화하기 위한 방법으로서,

잉크젯 인쇄 시스템으로부터 배출된 잉크젯 입자 쪽으로 레이저 광원의 제 1 펄스를 제 1 위치에 제공하는 단계;

상기 레이저 광원의 제 1 펄스에 의해 조명되는 잉크젯 입자의 제 1 이미지, 및 상기 레이저 광원의 제 1 펄스의 시간을 상기 제 1 위치에 기록하는 단계;

상기 제 1 위치에서 제 2 위치로 이동하는 잉크젯 입자들 쪽으로 상기 레이저 광원의 제 2 펄스를 제공하는 단계; 및

상기 레이저 광원의 제 2 펄스에 의해 조명되는 잉크젯 입자의 제 2 이미지, 및 상기 레이저 광원의 제 2 펄스의 시간을 상기 제 2 위치에 기록하는 단계

를 포함하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

### 청구항 33.

제 32 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 이미지들로부터 잉크젯 입자의 크기들을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

### 청구항 34.

제 32 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 이미지들과 상기 레이저 광원의 제 1 및 제 2 펄스들의 기록된 시간들로부터 잉크젯 입자의 속도를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

### 청구항 35.

제 32 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 이미지들과 상기 레이저 광원의 제 1 및 제 2 펄스들의 기록된 시간들로부터 잉크젯 입자의 궤적을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

### 청구항 36.

제 32 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 이미지들과 상기 레이저 광원의 제 1 및 제 2 펄스들의 기록된 시간들로부터 잉크젯 입자의 랜딩 위치들을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

### 청구항 37.

제 32 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 이미지들은 적어도  $1024 \times 768$  픽셀 해상도를 갖는 고 해상도의 전하 결합 장치 카메라인 시각화 장치에 의해 기록되는 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

### 청구항 38.

제 32 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 펄스들을 제공하는데 이용되는 상기 레이저 광원은 나노초 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

### 청구항 39.

제 32 항에 있어서,

상기 레이저 광원의 전력은 약  $0.001 \text{ mW}$  내지 약  $20 \text{ mW}$  인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

### 청구항 40.

제 32 항에 있어서,

상기 제 1 펄스 및 제 2 펄스 주기들은  $1000 \text{ ns}$  미만인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

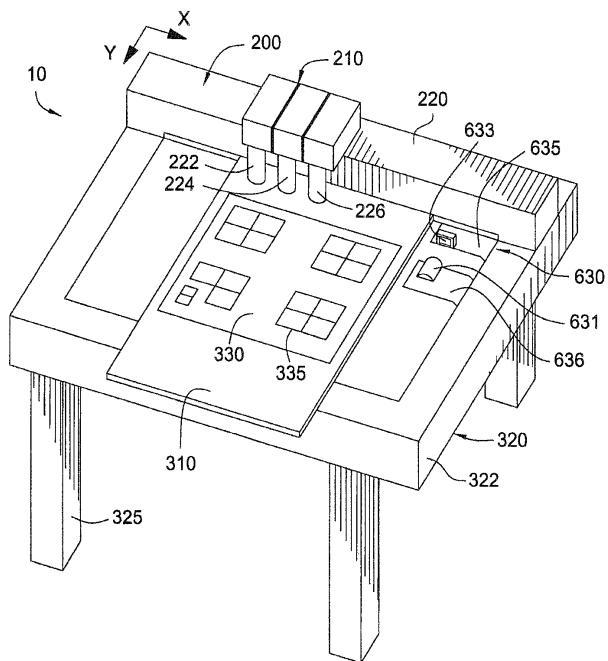
### 청구항 41.

제 32 항에 있어서,

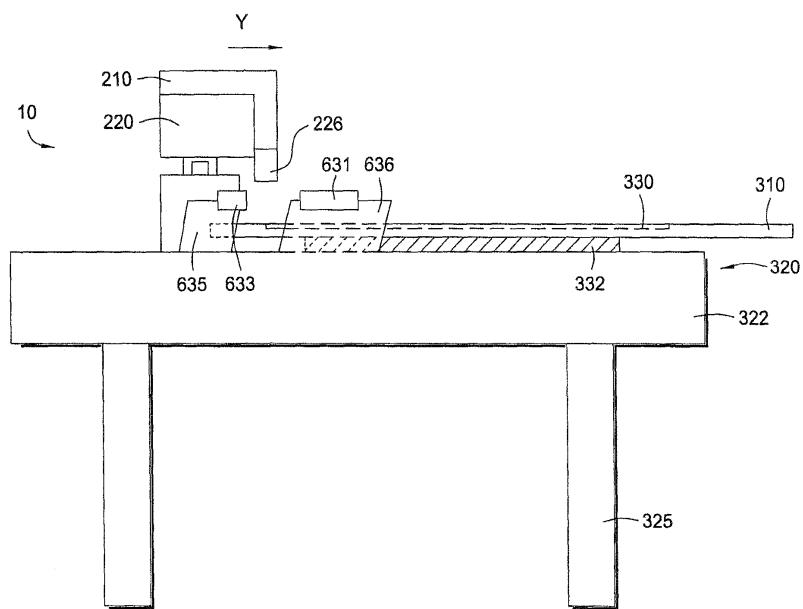
상기 제 1 펄스의 시간과 상기 제 2 펄스의 시간 사이의 지속 기간은 약  $5\mu\text{s}$  내지 약  $2500 \mu\text{s}$  인 것을 특징으로 하는 잉크젯 입자들의 시각화 방법.

**도면**

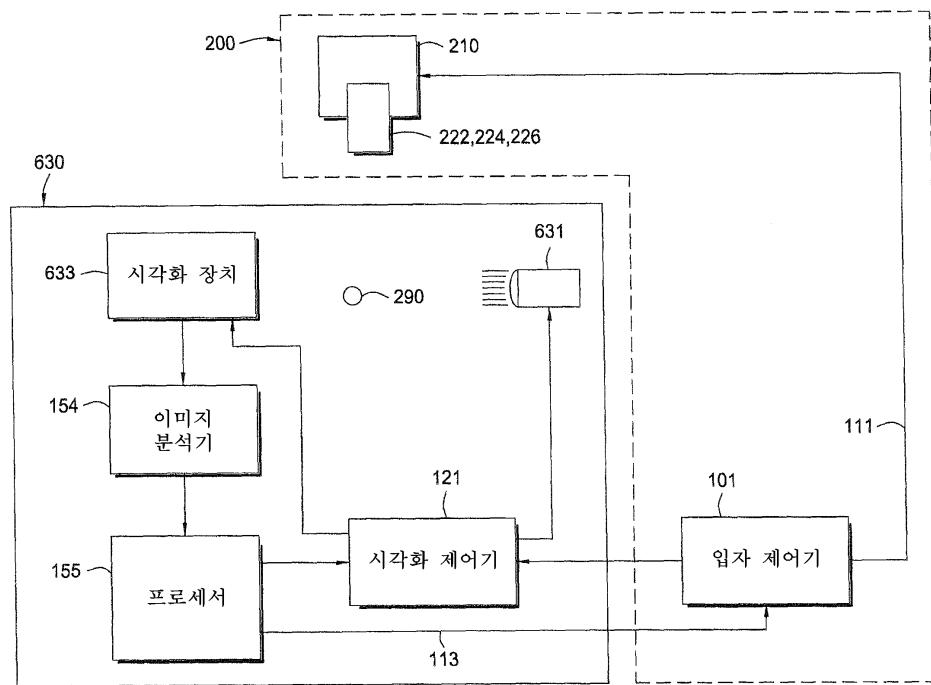
도면1



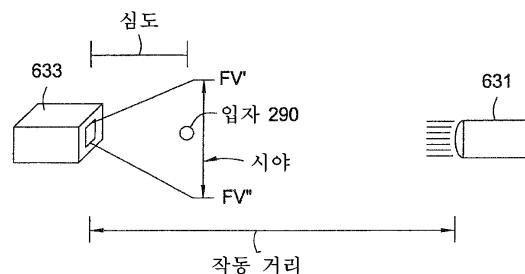
도면2



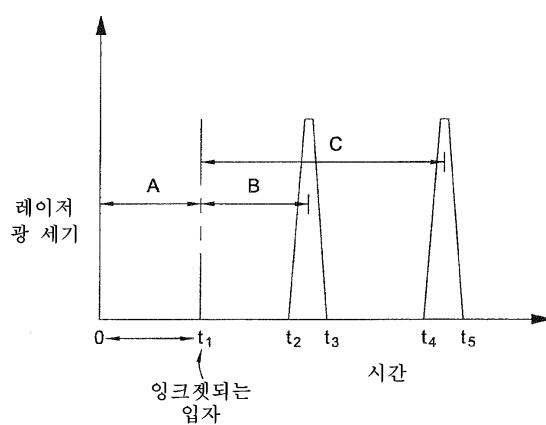
도면3



도면4



도면5



도면6

