



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0144922
(43) 공개일자 2024년10월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/90 (2006.01) G01N 21/88 (2006.01)
G01N 21/958 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/9027 (2013.01)
G01N 21/8806 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7025906
(22) 출원일자(국제) 2023년02월07일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년07월31일
(86) 국제출원번호 PCT/US2023/012458
(87) 국제공개번호 WO 2023/154256
국제공개일자 2023년08월17일
(30) 우선권주장
63/307,931 2022년02월08일 미국(US)
63/316,763 2022년03월04일 미국(US)

(71) 출원인
암젠 인크
미국 캘리포니아 91320-1799, 사우전드 오크, 원
암젠 센터 드라이브
(72) 발명자
피어슨 토마스 클라크
미국, 캘리포니아 91320-1799, 사우전드 오크스,
메일 스태프 28-5-에이, 원 암젠 센터 드라이브,
씨/오 암젠 인크.
밀튼 그레이엄 에프.
미국, 캘리포니아 91320-1799, 사우전드 오크스,
메일 스태프 28-5-에이, 원 암젠 센터 드라이브,
씨/오 암젠 인크.
(74) 대리인
특허법인한얼

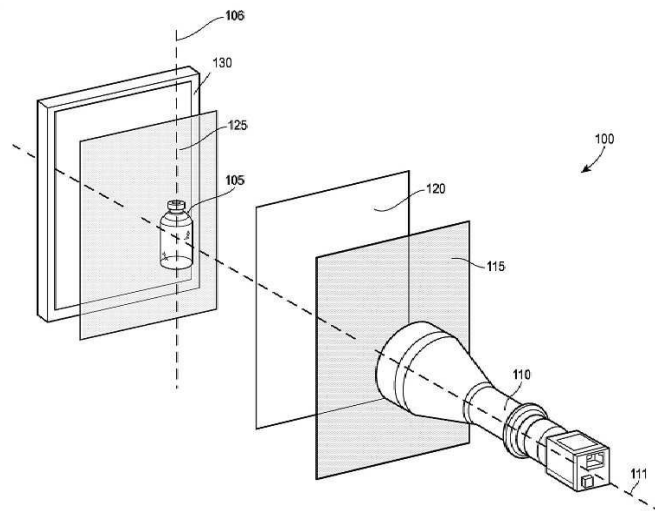
전체 청구항 수 : 총 31 항

(54) 발명의 명칭 액체 의약품 용기의 시각적 검사 시스템

(57) 요약

자동화된 시각적 검사(AVI) 시스템은, 검사 대상을 통과하는 광학 축을 갖는 적어도 하나의 프로파일 뷰 이미지; 광학 축과 축방향으로 정렬된 근위 편광화 필름; 광학 축과 축방향으로 정렬된 액정 디바이스; 광학 축과 축방향으로 정렬된 원위 편광화 필름; 및 원위 편광화 필름을 향해서 조명을 방출하도록 배향되는 적어도 하나의 광원을 포함할 수 있다. 대안적 또는 부가적으로, AVI 시스템은, 용기의 측벽을 통해서 용기에 들어오는 광학 축을 갖는 프로파일 뷰 이미지; 및 용기의 중심 축과 동축적으로 정렬되고, 용기의 아래에 위치하며, 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향되는 링 라이트를 포함할 수 있다. 또한, AVI 시스템은 중심 축과 동축적으로 정렬되고 용기의 바닥부를 관찰하도록 배향된 바닥부 이미지를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

G01N 21/8851 (2013.01)

G01N 21/958 (2013.01)

G01N 2021/8848 (2013.01)

G01N 2021/8854 (2013.01)

G01N 2021/8887 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

자동화된 시각적 검사 시스템으로서,

적어도 부분적으로 반투명한 검사 대상을 통과하는 광학 축을 갖는 프로파일 뷰 이미지로서, 상기 검사 대상은 상기 프로파일 뷰 이미지로부터 제1 거리에 위치하는, 프로파일 뷰 이미지;

상기 프로파일 뷰 이미지로부터 제2 거리에 위치하고 상기 광학 축에 직각으로 배향되는, 상기 광학 축과 축방향으로 정렬된 근위 편광화 필름으로서, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리보다 짧은, 근위 편광화 필름;

상기 프로파일 뷰 이미지로부터 제3 거리에 위치하고 상기 근위 편광화 필름에 평행하게 배향되는, 상기 광학 축과 축방향으로 정렬된 액정 디바이스로서, 상기 제3 거리는 상기 제2 거리보다 길고 상기 제1 거리보다 짧은, 액정 디바이스;

상기 프로파일 뷰 이미지로부터 제4 거리에 위치하고 상기 근위 편광화 필름 및 상기 액정 디바이스에 평행하게 배향되는, 상기 광학 축과 축방향으로 정렬된 원위 편광화 필름으로서, 상기 제4 거리는 상기 제1 거리보다 긴, 원위 편광화 필름; 및

상기 원위 편광화 필름을 향해서 조명을 방출하도록 배향되는 광원을 포함하는, 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 검사 대상은 용기인, 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 용기는 바이알, 주사기, 또는 카트리지를 포함하는 그룹으로부터 선택되는, 시스템.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 용기의 중심 축과 동축적으로 정렬되고, 상기 용기의 아래에 위치하며, 상기 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향되는 링 라이트를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 중심 축과 동축적으로 정렬되고 상기 용기의 바닥부를 관찰하도록 배향되는 바닥부 이미지를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

용기 회전 메커니즘, 또는 검사 대상의 각각의 프로파일의 적어도 일부를 관찰하도록 각각의 광학 축과 평행하게 배향되는 하나 이상의 추가적인 프로파일 뷰 이미지 중 적어도 하나를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 하나 이상의 추가적인 프로파일 뷰 이미지는 4개의 프로파일 뷰 이미지로 구성되는, 시스템.

청구항 8

적어도 부분적으로 반투명한 검사 대상을 이미지화하는 방법으로서,

광원으로부터 조명을 방출하는 단계;

원위 편광화 필름을 사용하여 상기 광원으로부터 방출된 조명을 편광화하는 단계;

상기 편광화된 조명을 상기 검사 대상의 적어도 일부를 통해서, 이어서 액정 디바이스를 통해서, 그리고 이어서 근위 편광화 필름을 통해서 통과시키는 단계; 및

프로파일 뷰 이미지로 상기 검사 대상의 하나 이상의 이미지를 캡처하는 단계로서, 상기 프로파일 뷰 이미지는 상기 검사 대상의 측면과 교차되는 광학 축을 갖는, 단계

를 포함하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 검사 대상은 용기인, 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 용기는 바이알, 주사기, 또는 카트리지를 포함하는 그룹으로부터 선택되는, 방법.

청구항 11

제7항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 프로세서로, 상기 용기의 하나 이상의 이미지를 분석하여 상기 용기 및/또는 상기 용기의 내용물과 연관된 적어도 하나의 결함을 검출하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 결함은 상기 용기 내의 입자 또는 섬유를 포함하는, 방법.

청구항 13

자동화된 시각적 검사 시스템으로서,

용기의 측면을 통해서 용기에 들어오는 광학 축을 갖는 프로파일 뷰 이미지로서, 상기 용기는 적어도 부분적으로 반투명한, 프로파일 뷰 이미지;

상기 용기의 중심 축과 동축적으로 정렬되고, 상기 용기의 아래에 위치하며, 상기 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향되는 링 라이트; 및

상기 용기를 지지 및/또는 고정하기 위한 유지 수단

을 포함하는, 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

용기 회전기, 또는 용기의 각각의 프로파일의 적어도 일부를 관찰하도록 각각의 광학 축과 평행하게 배향되는 하나 이상의 추가적인 프로파일 뷰 이미지 중 적어도 하나를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 하나 이상의 추가적인 프로파일 뷰 이미지는 4개의 프로파일 뷰 이미지로 구성되는, 시스템.

청구항 16

제13항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 중심 축과 동축적으로 정렬되고 상기 용기의 바닥부를 관찰하도록 배향되는 바닥부 이미지를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 17

제13항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로파일 뷰 이미지로부터 제2 거리에 위치하고 상기 광학 축에 직각으로 배향되는, 상기 광학 축과 축방향으로 정렬된 근위 편광화 필름으로서, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리보다 짧은, 근위 편광화 필름;

상기 프로파일 뷰 이미지로부터 제3 거리에 위치하고 상기 근위 편광화 필름에 평행하게 배향되는, 상기 광학 축과 축방향으로 정렬된 액정 디바이스로서, 상기 제3 거리는 상기 제2 거리보다 길고 상기 제1 거리보다 짧은, 액정 디바이스;

상기 프로파일 뷰 이미지로부터 제4 거리에 위치하고 상기 근위 편광화 필름 및 상기 액정 디바이스에 평행하게 배향되는, 상기 광학 축과 축방향으로 정렬된 원위 편광화 필름으로서, 상기 제4 거리는 상기 제1 거리보다 긴, 원위 편광화 필름; 및

상기 원위 편광화 필름을 향해서 조명을 방출하도록 배향되는 광원

을 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 18

제13항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

용기 회전기를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 19

적어도 부분적으로 반투명하고 액체 샘플을 유지하는 용기를 이미지화하는 방법으로서,

상기 용기를 링 라이트로 조명하는 단계로서, 상기 링 라이트는 상기 용기의 중심 축과 동축적으로 정렬되고, 상기 용기의 아래에 위치하며, 상기 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향되는, 단계;

프로파일 뷰 이미지로 하나 이상의 프로파일 뷰 이미지를 캡처하는 단계로서, 상기 프로파일 뷰 이미지는 상기 용기의 측면을 통해서 상기 용기에 들어오는 광학 축을 갖는, 단계; 및

상기 중심 축과 동축적으로 정렬되고 상기 용기의 바닥부를 관찰하도록 배향되는 바닥부 이미지로 하나 이상의 바닥부 이미지를 캡처하는 단계

를 포함하는, 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

하나 이상의 프로세서로, 상기 용기의 하나 이상의 프로파일 뷰 이미지를 분석하여 상기 용기 및/또는 상기 용기의 내용물과 연관된 적어도 하나의 결함을 검출하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 적어도 하나의 결함은 상기 용기 내의 입자 또는 섬유를 포함하는, 방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 적어도 하나의 결함은 손상된 용기 셸을 포함하는, 방법.

청구항 23

제19항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 프로세서로, 상기 용기의 하나 이상의 바닥부 이미지를 분석하여 상기 용기 및/또는 상기 용기의 내용물과 연관된 적어도 하나의 결함을 검출하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 적어도 하나의 결함은 상기 용기 내의 입자 또는 섬유를 포함하는, 방법.

청구항 25

제19항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 프로세서로, 상기 용기의 하나 이상의 프로파일 뷰 이미지를 분석하여 상기 용기 및/또는 상기 용기의 내용물과 연관된 적어도 하나의 결함을 분류하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 용기 및/또는 상기 용기의 내용물과 연관된 상기 적어도 하나의 결함은 상기 용기 내의 입자, 상기 용기 내의 섬유, 또는 손상된 용기 셸 중 하나로서 분류되는, 방법.

청구항 27

제19항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 프로세서로, 상기 용기의 하나 이상의 바닥부 이미지를 분석하여 상기 용기 및/또는 상기 용기의 내용물과 연관된 적어도 하나의 결함을 분류하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 용기 및/또는 상기 용기의 내용물과 연관된 상기 적어도 하나의 결함은 상기 용기 내의 입자 또는 상기 용기 내의 섬유로서 분류되는, 방법.

청구항 29

제19항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 프로세서로, 상기 용기의 하나 이상의 프로파일 뷰 이미지를 분석하여 상기 용기를 합격 또는 불량으로 분류하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 30

제19항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 프로세서로, 상기 용기의 하나 이상의 바닥부 이미지를 분석하여 상기 용기를 합격 또는 불량으로 분류하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 31

제19항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 용기는 바이알인, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 일반적으로 액체 의약품 용기를 검사하기 위한 시각적 검사 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 액체를 의도적으로 교반하지 않고 액체 의약품 용기/병을 이미지화하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 제조된 의약품에 대한 품질 관리 절차와 같은 특정 상황에서, 샘플(예를 들어, 유체 샘플)에 다양한 입자(예를 들어, 단백질 응집체 또는 파편)가 있는지 검사할 필요가 있다. 적용 가능한 품질 표준에 따라, 특정 샘플의 적합성 여부는 샘플 내에 포함된 원치 않는 입자의 수 및/또는 크기와 같은 메트릭(metric)에 따라 달라질 수 있다. 샘플이 허용할 수 없는 메트릭을 갖는 경우, 이는 불량 처리되어 폐기될 수 있다.

[0003] 마찬가지로, 관련 용기(예를 들어, 바이알, 카트리지, 주사기, 병, 썬 등)에 다양한 결함(예를 들어, 바이알 썬의 파손, 용기의 균열 등)이 있는지 검사할 필요가 있다. 다양한 결함(예를 들어, 입자의 존재, 용기의 바닥부에 있는 입자의 존재, 용기 내 제품의 표면에 부유하는 입자의 존재, 용기 결함, 제품 결함 등)을 검출하기 위해 다양한 검사 시스템(예를 들어, 수동화 또는 자동화된 시각적 검사 시스템 등)이 사용되는 경우가 있다.

[0004] 일반적으로 의약품의 상업적 생산과 연관된 양을 처리하기 위해서, 입자 및 용기 검사 작업이 점점 더 자동화되고 있다. 그러나, 자동화된 검사 시스템은, 시스템이 복잡하지 않으면서, 양호한 입자 측정 및 용기 충실도를 달성하기 위한 다양한 장벽을 극복하는 데 어려움이 있었다. 예를 들어, 액체 의약품은 유리 바이알 내에 담겨 유통되는 경우가 많다. 이러한 유리 바이알에 이물질 및 바이알 썬 크립트 결함이 있는지 검사하는 것은, 관련 자동화된 시각적 검사(AVI) 공정에서 가장 어려운 과제 중 하나이다. 공지된 AVI 시스템에서는 어려운 이유 중 하나는, 입자를 안정적으로 검출하기 위해서 액체를 교반할 필요가 있다는 것이다. 교반을 필요로 하는 AVI 시스템은, 특히, 유체 특성 및 관련 액체의 충전 수준에 따라 크게 달라진다.

[0005] 액체로 충전된 바이알 내의 입자를 검출하기 위한 하나의 공지된 방법은, 예를 들어 바이알을 고속(예를 들어, 1000 내지 3000 RPM)으로 회전시키는 단계, 및 바이알 회전 시 일련의 이미지를 캡처하는 단계를 포함한다. 무거운 입자는 원심력에 의해 바이알의 측벽 내부 표면으로 떨어져 나올 수 있다. 백 라이트를 통해 바이알에 조명 이 비추지는 동안, 이미저(imager)로부터 획득한 일련의 이미지에서 입자의 실루엣이 검출될 수 있다. 바이알 이 회전하는 동안 적어도 하나의 고정 이미저로부터 획득된 일련의 이미지에 기초하여 바이알의 전체 원주를 검사할 수 있다.

[0006] 다른 예로서, 액체로 충전된 바이알 내의 입자를 검출하는 또 다른 방법은, 바이알을 회전시키는 단계, 및 바이알의 회전을 갑자기 정지시키는 단계(즉, "회전 정지" 방법)를 포함한다. 이어서, 유체가 여전히 움직이고 있는 동안, 다수의 이미지가 바이알로부터 캡처된다. 회전 정지 방법에서는, 바이알의 후속 이미지와 연관된 이미지 데이터를, 예를 들어, 바이알의 선행 이미지와 연관된 각각의 이미지 데이터와 비교하여, 입자의 존재 그리고 선택적으로 입자의 시계열 궤적을 추론할 수 있다.

[0007] 액체로 충전된 바이알 내의 입자를 검출하기 위한 이러한 공지된 기술은 관련 액체를 의도적으로 교반한 후에 결함을 검출하는 데 효과적일 수 있다. 그러나, 각 방법은 바이알 회전 속도, 바이알 회전 검출율, 바이알 내의 액체의 유체 점도, 바이알 내의 제품 충전 수준, 바이알 내의 액체의 유체 표면 장력 등과 같은 여러 매개변수에 따라 크게 달라진다. 또한, 관련 바이알의 잘못된 불량 처리가, 회전 속도, 감속율, 유체 점도, 충전 수준, 유체 표면 장력, 기포, 유리의 표면 결함, 바이알의 목부에 형성된 액체의 액적(droplet), 관련 AVI 시스템 내의 다른 이미저 스테이션으로부터 반사된 광 등과 같은 매개변수에 의해서 생성될 수 있다.

[0008] 바이알 내의 액체를 교반하면 일부 입자의 검출이 개선될 수 있지만, 액체를 과다하게 교반하면, 바이알 내의 기포 형성, 바이알의 목부(neck)에 균열처럼 보이는 유체 액적의 형성 등과 같은 교반 이벤트가 발생할 수 있다. 적어도 부분적으로, 새로운 제품에 대한 회전 및 검사 매개변수를 최적화하는 데 필요한 시간으로 인해서, 액체로 충전된 바이알 내의 입자를 검출하기 위한 공지된 기술은 다품종 소량(high mix - low volume: HMLV) 생산 환경(예를 들어, 임상 작업, 소량의 제품 배치(batch) 등)에는 적합하지 않다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0009] 본원에 설명된 실시형태는 액체 제품의 용기(예를 들어, 의약품 병, 바이알, 병 등)에 대한 통상적인 시각적 검사 기법을 개선하는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명을 구현하는 시스템은, 병 내의 액체를 의도적으로 교반하지 않는 자동화된 시각적 검사(AVI) 시스템을 사용하여 2차원(2D) 이미지를 캡처함으로써 액체를 포함하는 병의 이미지화를 제공한다.
- [0010] 본원에 설명된 바와 같이, AVI 시스템은 적어도 부분적으로 반투명한 검사 대상(예를 들어, 용기, 병, 바이알, 주사기, 카트리지 등)을 통과하는 광학 축을 갖는 프로파일 뷰 이미지를 포함할 수 있다. 검사 대상은 프로파일 뷰 이미지로부터 제1 거리에 위치한다. AVI 시스템은 또한, 프로파일 뷰 이미지로부터 제2 거리에 위치하고 광학 축에 직각으로 배향되는, 광학 축과 축방향으로 정렬된 근위 편광화 필름을 포함할 수 있다. 제2 거리는 제1 거리보다 짧다. AVI 시스템은, 프로파일 뷰 이미지로부터 제3 거리에 위치하고 근위 편광화 필름에 평행하게 배향되는, 광학 축과 축방향으로 정렬된 액정 디바이스를 추가로 포함할 수 있다. 제3 거리는 제2 거리보다 길고 제1 거리보다 짧다. AVI 시스템은 또한, 프로파일 뷰 이미지로부터 제4 거리에 위치하고 근위 편광화 필름 및 액정 디바이스에 평행하게 배향되는, 광학 축과 축방향으로 정렬된 원위 편광화 필름을 추가로 포함할 수 있다. 제4 거리는 제1 거리보다 길다. AVI 시스템은 또한 원위 편광화 필름을 향해서 조명을 방출하도록 배향된 광원을 포함할 수 있다.
- [0011] 검사 대상을 이미지화하기 위한 컴퓨터 구현 방법은 광원으로부터 조명을 방출하는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 또한 원위 편광화 필름을 사용하여 광원으로부터 방출된 조명을 편광화하는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 편광화된 조명을 액정 디바이스를 통해서 그리고 근위 편광화 필름을 통해서 검사 대상을 향해 전송하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 방법은 또한 프로파일 뷰 이미지로 검사 대상의 측면의 이미지를 캡처하는 단계를 추가로 포함할 수 있고, 프로파일 뷰 이미지는 검사 대상의 측면과 교차하는 광학 축을 갖는다.
- [0012] 대안적 또는 부가적으로, 자동화된 시각적 검사(AVI) 시스템은 용기의 측면을 통해서 용기에 들어오는 광학 축을 갖는 프로파일 뷰 이미지를 포함할 수 있다. 용기는 적어도 부분적으로 반투명일 수 있다. AVI 시스템은 또한, 용기의 중심 축과 동축적으로 정렬되고, 용기의 아래에 위치하며, 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향되는 링 라이트(ring light)를 포함할 수 있다.
- [0013] AVI 시스템은 용기를 지지 및/또는 고정하기 위한 유지 수단을 추가로 포함할 수 있다. 본원에 설명되는 바와 같이, AVI 시스템은 또한 중심 축과 동축적으로 정렬되고 용기의 바닥부를 관찰하도록 배향된 바닥부 이미지를 포함할 수 있다. 대안적 또는 부가적으로, AVI 시스템은 이미지의 광학 축을 용기 및/또는 관련 광원의 중심 축에 대해서 재배향시키기 위한 광학 축 재배향 기구를 포함할 수 있다.
- [0014] 액체 샘플을 유지하는 용기를 이미지화하기 위한 컴퓨터 구현 방법은 링 라이트로 용기를 조명하는 단계를 포함할 수 있고, 링 라이트는 용기의 중심 축과 동축적으로 정렬되고, 용기의 아래에 위치하며, 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향된다. 방법은 또한 프로파일 뷰 이미지로 프로파일 뷰 이미지를 캡처하는 단계를 포함할 수 있고, 프로파일 뷰 이미지는 용기의 측면과 교차되게 용기에 들어오는 광학 축을 가지며, 용기는 적어도 부분적으로 반투명하다.
- [0015] 캡처된 이미지에 기초하여 다품종 소량 생산 환경 또는 다른 제조 환경에서의 용기(예를 들어, 바이알, 주사기, 카트리지 등) 내의 이물질 또는 섬유 및/또는 다른 결함(예를 들어, 크립트 손상, 슐 파손 등)을 검사하기 위한 신규 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 당업자라면, 본원에 설명된 도면이 예시의 목적으로 포함되고 본 개시 내용을 제한하지 않는다는 것을 이해할 것이다. 도면은 반드시 실제 축척으로 작성된 것은 아니며, 대신에 본 개시 내용의 원리를 설명하는 데 중점을 둔다. 일부 경우에, 설명된 구현예의 이해를 용이하게 하기 위해서, 설명된 구현예의 다양한 양태가 과장되거나 확대되어 도시될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 도면에서, 여러 도면 전반에 걸쳐 유사한 참조 부호는 일반적으로 기능적으로 유사하고/하거나 구조적으로 유사한 구성요소를 나타낸다.

도 1a 및 도 1b는 검사 대상의 대향 측면 상에 그리고 이미지와 광원 사이에 편광화 광학 요소를 갖는 예시적인 자동화된 시각적 검사 시스템의 다양한 예시를 도시한다.

도 1c는 일반적인 액정 디바이스의 다양한 상태를 도시한다.

도 2는 용기의 측벽을 통해서 용기에 들어오는 광학 축을 갖는 이미지와 함께, 용기의 중심 축과 동축적으로 위치하고 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향된 링 라이트를 갖는 다른 예시적인 자동화된 시각적 검사 시스템을 도시한다.

도 3은 중심 축에 동축적인 광학 축을 갖고 용기의 바닥부를 관찰하도록 배향되는 바닥부 이미지와 함께, 도 1a, 도 1b 및 도 2의 시스템들을 조합하는 추가적이고 예시적인 자동화된 시각적 검사 시스템을 도시한다.

도 4는 도 3의 시스템과 함께, 도 1a 및 도 1b의 복수의 시스템들을 조합하는 또 다른 추가적이고 예시적인 자동화된 시각적 검사 시스템을 도시한다.

도 5a 내지 도 5c는 도 1 내지 도 4의 임의의 시각적 검사 시스템과 같은 시각적 검사 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 다양한 예시적인 용기 유형을 도시한다.

도 6은 자동화된 시각적 검사(AVI)를 위한 하나 이상의 신경망의 학습 및/또는 사용과 관련된 본원에 설명된 다양한 기술을 구현할 수 있는 예시적인 시스템의 단순화된 블록도이다.

도 7은 도 1a 및 도 1b 또는 도 2의 AVI 시스템과 유사할 수 있는 AVI 시스템을 제공하는 예시적인 방법을 도시한다.

도 8은 도 2, 도 3, 또는 도 4의 AVI 시스템과 유사할 수 있는 AVI 시스템을 제공하는 예시적인 방법을 도시한다.

도 9a 및 도 9b는 도 3 또는 도 4의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 예시적인 용기의 저면도를 도시한다.

도 10a 및 도 10b는 도 3 또는 도 4의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 다른 예시적인 용기의 저면도를 도시한다.

도 11a 및 도 14b는 도 1 내지 도 4의 임의의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 예시적인 용기의 프로파일 도면을 도시한다.

도 15는 도 1 내지 도 4 및 도 6의 시스템을 사용하여 용기 내의 결함을 검출하기 위한 예시적인 자동화된 시각적 검사 방법을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 앞서 소개되고 이하에서 더 구체적으로 설명되는 다양한 개념은 여러 방식 중 임의의 방식으로 구현될 수 있고, 설명된 개념은 임의의 특정 구현 방식에 제한되지 않는다. 구현예의 예가 예시의 목적으로 제공된다.

[0018] 본 개시 내용의 자동화된 시각적 검사(AVI) 시스템은 용기 내부에 액체 제품을 포함하는 용기(예를 들어, 도 5c의 바이알(505c), 도 5b의 카트리지(505b), 도 5a의 주사기(505a) 등)의 검사와 관련된 복잡성을 감소시킨다. 예를 들어, 본 개시 내용의 AVI 시스템은, 용기 회전 속도, 용기 감속률, 용기 내 제품의 유체 점도, 용기 내 제품의 충전 수준, 용기 내 제품의 표면 장력, 용기 내 기포, 용기 유리(또는 플라스틱 등)의 표면 결함, 용기의 목부 영역에 형성되는 액체의 액적, 관련 AVI 시스템 내의 다른 이미지 스테이션으로부터 반사된 광과 같은 변수를, 제거하지는 못하더라도, 감소시킬 수 있다. 주로 AVI 시스템을 참조하여 실시형태가 본원에 설명되지만, 다양한 양태가 수동 시각적 검사 시스템에도 적용될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0019] 본 개시 내용의 AVI 시스템은 공지된 시스템에 비해 관련 검사 공정의 처리 속도를 증가시킬 수 있다. 부가적 또는 대안적으로, AVI 시스템은 새로운 제품에 대한 자동화된 검사 레시피를 설정하는 데 필요한 시간을 줄일 수 있어, 다품종 소량 생산 시나리오(예를 들어, 임상 작업, 소량의 제품 배치 등)에서 특히 이러한 AVI 시스템이 유용하다. 본원의 특정 실시형태에 설명된 바와 같이, 용기 내의 액체 제품을 의도적으로 교반하지 않으면서 바이알 또는 다른 용기의 이미지를 캡처하면, 관련 검사 레시피를 최적화할 때 다양한 유체 특성들로 인해 발생하는 복잡성을 사실상 제거할 수 있다.

[0020] 도 1a 및 도 1b는 검사 대상(105)의 대향 측면 상에 그리고 이미지(110)와 광원(130) 사이에 편광화 광학 요소들(115, 125)을 갖는 예시적인 자동화된 시각적 검사(AVI) 시스템(100)의 다양한 예시를 도시한다. "이미지"는 카메라(예를 들어, CCD 카메라) 단독, 또는 하나 이상의 외부 광학 구성요소(예를 들어, 렌즈, 거울 등)를 포함하는 카메라일 수 있다. 본원에 사용되는 바와 같이, 이미지의 "광학 축"에 대한 언급은, 광학 축이 검사되는 대상(예를 들어, 용기)을 통과하는 영역 내의 이미지의 광학 경로의 축을 지칭한다. 따라서, 예를 들어, 거울을

사용하면, 이미저 자체가 중심 축에 평행하게 연장되는 방향을 향하고 있더라도, 이미저의 "광학 축"이 용기의 중심 축에 직각일 수 있다. 다수의 거울이 용기 주위에 배치되어, 단일 이미저(110)의 전체 화각 내에서 용기의 다양한 뷰를 조합할 수 있다.

[0021] AVI 시스템(100)은, 적어도 부분적으로 반투명한 검사 대상(105)을 통과하는 광학 축(111)을 갖는 프로파일 뷰 이미저(110)를 포함할 수 있다. 도 1a 및 도 1b에는 검사 대상(105)이 바이알인 것이 도시되어 있지만, 대신에 다른 유형의 반투명 또는 부분 반투명 용기(예를 들어, 주사기(505a), 카트리지(505b) 등), 또는 용기 이외의 대상이 검사 대상(105)이 될 수 있다. 검사 대상(105)은 프로파일 뷰 이미저(110)로부터 제1 거리에 위치한다. AVI 시스템(100a, 100b)은 또한, 프로파일 뷰 이미저(110)로부터 제2 거리에 위치하고 광학 축(111)에 직각으로 배향되는, 광학 축(111)과 축방향으로 정렬된 근위 편광화 필름(115)을 포함할 수 있다. 제2 거리는 제1 거리보다 짧다. AVI 시스템(100a, 100b)은, 프로파일 뷰 이미저(110)로부터 제3 거리에 위치하고 근위 편광화 필름(115)에 평행하게 배향되는, 광학 축(111)과 축방향으로 정렬된 액정 디바이스(120)를 추가로 포함할 수 있다. 제3 거리는 제2 거리보다 길고 제1 거리보다는 짧다. AVI 시스템(100a, 100b)은 또한, 프로파일 뷰 이미저(110)로부터 제4 거리에 위치하고 근위 편광화 필름(115) 및 액정 디바이스(120)에 평행하게 배향되는, 광학 축(111)과 축방향으로 정렬된 원위 편광화 필름(120)을 추가로 포함할 수 있다. 제4 거리는 제1 거리보다 길다. AVI 시스템(100a, 100b)은 또한 원위 편광화 필름(125)을 향해서 조명을 방출하도록 배향된 광원(130)을 포함할 수 있다. 광원(130)은 적어도 하나의 백라이트, 각도형 라이팅 등을 포함할 수 있다. 본원에 사용되는 바와 같이, 상대적인 용어 "근위" 및 "원위"는 이미저(예를 들어, 프로파일 뷰 이미저(110))에 대한 간격을 나타낸다.

[0022] 본원에 사용되는 바와 같이, 특정 기준 축과 "축방향으로 정렬된" 대상에 대한 언급은, 기준 축이 대상과 교차하거나 대상을 통과하도록 이러한 대상이 위치하는 것을 의미한다. 특히 AVI 시스템(100a, 100b)과 관련하여, 근위 편광화 필름(115), 액정 디바이스(120), 검사 대상(105), 및 원위 편광화 필름(125)이 프로파일 뷰 이미저(110)의 광학 축(111)과 축방향으로 정렬되기 때문에, 광원(130)으로부터 방출되는 광은, 프로파일 뷰 이미저(110)에 의해서 수용되기 전에, 원위 편광화 필름(125), 검사 대상(105), 액정 디바이스(120), 및 근위 편광화 필름(115)을 통과한다. 일부 실시형태에서, 이미저(110)는 "프로파일 뷰" 이미저가 아니다. 예를 들어, 요소(110, 115, 및 120)는 샘플을 포함하는 웰(well) 아래에 위치할 수 있고, 요소(125 및 130)는 웰 위에 위치할 수 있다(또는 그 반대일 수 있음).

[0023] 그러나, AVI 시스템(100a, 100b)은, 도 1a 및 도 1b에 도시된 구성을 사용할 경우, 바이알 또는 다른 용기 내 입자를 검사하는 데 특히 유용할 수 있다. 프로파일 뷰 이미저(110)가 수평으로 배향되어 도시되어 있지만, 대신에 이미저(110)가 위쪽 또는 아래쪽으로 틸팅되어, 프로파일 뷰 이미저(110)의 광학 축(111)이 이미징되는 용기(105)의 중심 축(106)에 직각이 되지 않도록 할 수 있다. 예를 들어, 관련 광학 축(111)이 도 1a 및 도 1b에 도시된 광학 축(111)에 대해서 약간 위쪽 또는 약간 아래쪽을 향하도록, 프로파일 뷰 이미저(110)와 유사한 다수의 이미저가 다양한 "고도(elevation)" 각도로 배향될 수 있다. 이는, 예를 들어, 복수의 2차원 이미지로부터 용기(105) 및 그 내용물의 복합적인 3차원 이미지를 생성하는 데 특히 유용할 수 있다.

[0024] (도 13a 및 도 13b와 관련하여) 도 14a 및 도 14b에 도시된 바와 같이, 섬유(1409a, 1409b)의 검출에서 편광화된 필름(115 및 125)이 유용할 수 있다. 이미저(110)는, 광원(130)에 전원이 공급되고 액정 디바이스(120)에 전원이 공급되지 않을 때, 도 14a 및 도 14b의 이미지(1400a, 1400b)를 획득할 수 있다. 이미저(110)는 광원(130) 및 액정 디바이스(120) 모두에 전원이 공급되지 상태에서 도 13a 및 도 13b의 이미지(1300a, 1300b)를 획득할 수 있다.

[0025] 도 1b는, 유입 측에서 편광화 필터(125c)를 제거하고 원위 편광화 필름(125)을 광원(130)의 전방에 위치시킴으로써, 바이알(105)이 원위 편광화 필름(125)과 액정 디바이스(120) 사이에 위치하고, (각각 액정 디바이스(100c)에 전원을 공급하지 않거나 공급함으로써) 편광화 효과를 켜거나 끌 수 있도록 하여 필터링된 이미지와 필터링되지 않은 이미지 모두를 캡처할 수 있도록 하는 액정 디바이스(100c)의 변형예를 도시한다. 따라서, AVI 시스템(100a, 100b)은 기계적 부품 없이 편광화를 전자적으로 온/오프할 수 있다.

[0026] 크립프의 결함 및 용기 유리 내 균열에 대한 검사와 같은 다른 유형의 검사는 편광화 필터가 해당 위치에 있으면 부정적인 영향을 받을 수 있다. 따라서, 액정 디바이스(120)는 편광화 필터를 신속하게 온오프할 수 있어, 최소한의 이미지로 관련 검사를 빠른 속도로 수행할 수 있다(즉, 전원이 공급된 액정 디바이스(120)를 사용하여 이미지를 획득할 수 있고, 전원이 공급되지 않은 액정 디바이스(120)를 사용하여 다른 이미지를 획득할 수 있음).

[0027] 도 1c는 일반적으로 구성된 편광화 디바이스(100c)를 도시하고, 기능을 도시한다. 디바이스(100c)는 액정 셀

(120c)의 각 측면에 두 개의 편광화 필름(115c, 125c)을 가지며, 원위 편광화 필름(125c)은 근위 편광화 필름(115c)과 90°의 위상차를 갖는다. 전하(156c)는 액정을 정렬하고 디바이스(100c)에 들어올 때와 동일한 광의 편광을 유지하도록 한다. 전원이 공급되지 않으면, 결정(crystal)은 광을 원위 편광화 필름(125c)으로부터 회전시켜 근위 편광화 필름(115c)과 동일한 위상이 되게 한다. 다시 말해서, 액정 디바이스(100c)에 전원이 공급되지 않으면, 디바이스는 광을 90도 회전시킨다. 반면, 액정 디바이스(100c)에 전원이 공급되면, 결정이 정렬되고, 광을 회전시키지 않는다. 일반적인 액정 디바이스(100c)가 셀(120c)의 양 측에 편광화 필름(115c, 125c)을 포함함에 따라, 디바이스(100c)는 "전자 셔터(electronic shutter)"로서 사용될 수 있다. 이는, 전원이 공급되지 않으면 광을 통과시키고, 전원이 공급되면 광을 차단할 수 있다 특히, AVI 시스템(100) 1A 및 1B는, 필터(125c)를 제거하고 원위 편광화 필름(125)과 함께 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같이 재배치한 액정 디바이스(120c)의 실시형태를 나타낼 수 있다. 액정 디바이스(100c)는 트위스티드 네마틱(twisted nematic: TN) 디바이스로 예시되어 있지만, 디바이스(100c)는 임의의 적합한 셀(120c)(예를 들어, 스멕틱 셀(smectic cell), 콜레스테릭 셀(cholesteric cell) 등)을 포함할 수 있다.

[0028] AVI 시스템(100a, 100b)은, 편광화된 광이 섬유(예를 들어, 도 14a 및 도 14b의 섬유(1409a, 1409b))와 같은 특정 유형의 결합의 검출을 개선하는 적용예에서 특히 유용하다. 다른 한편으로, 액정 디바이스(120)에 전원이 공급되지 않을 경우, 다른 유형의 결합(예를 들어, 썸 크립프 내의 결합 또는 바이알 유리의 균열 등)이 배경 노이즈(예를 들어, 기포, 액적 등)에 대해 명암비가 떨어질 수 있다. 광원으로부터 방출되는 광과 이미저(110)에 들어오는 광 사이의 편광화 각도는 액정 디바이스(120)를 사용하여 0도와 90도 편광화 사이에서 스위칭될 수 있다.

[0029] 도 2는, 링 라이트(240)의 중심 축(241)이 용기(205)의 중심 축(206)과 동축적으로 정렬되고 용기(205)의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향되는, 다른 예시적인 AVI 시스템(200)을 도시한다. 도 2(그리고 도 3 및 도 4)에는 용기(205)가 바이알인 것이 도시되어 있지만, 대신에 용기(205)는 다른 유형의 반투명 또는 부분 반투명 용기(예를 들어, 주사기(505a), 카트리지(505b), 바이알(505c) 등)일 수 있다. 프로파일 뷰 이미저(210)는 용기(205)의 측벽(212)을 통해 용기(205)에 들어오는 광학 축(211)을 갖는다. AVI 시스템(200)은 용기(205)를 지지 및/또는 고정하기 위한 유지 수단(도 2에 미도시)을 추가로 포함할 수 있다. 가능한 유지 수단에 대해서는 이하에서 더 구체적으로 설명한다.

[0030] 본원에 사용되는 바와 같이, 특정 기준 축과 "동축적으로 정렬된" 대상에 대한 언급은, 대상의 축(예를 들어, 그 중심 축(206))이 기준 축과 실질적으로 정렬되도록(실질적으로 동일하도록) 대상이 위치하는 것을 의미한다. 특히, 용기(205)의 중심 축(206)과 동축적으로 정렬된 링 라이트(240)의 중심 축(241)을 갖는 AVI 시스템(200)과 관련하여, 링 라이트(240)로부터 방출되는 광은 용기(205)의 바닥부 및 그 둘레 주위에 걸쳐 균일하게 투사될 수 있다.

[0031] AVI 시스템(200)은 바이알 크립프 파손 결함을 검출하는 데 특히 적합하다. 실제로, 일반적으로 바닥부 이미저(예를 들어, 도 3의 바닥부 이미저(335))를 위해서 설정되는 링 라이팅(240)은, 우측 라이트(240)에 전원이 공급된 상태에서 프로파일 뷰 이미저(210)로부터 이미지(예를 들어, 도 12a 및 도 12b의 이미지(1200a, 1200b))를 획득할 때 크립프를 검사하는 데 있어서 특히 유용하다. 특히, 파손 결함(1109a, 1109b)은, 통상적인 AVI 설정을 사용할 때 크립프(1208a, 1208b)에서 검출하기 가장 어려운 결함 중 하나이다. 예를 들어, 통상적인 시각적 검사 시스템은 용기 썸에서의 음영 차이로 인해서 용기의 잘못된 불량 처리가 발생할 수 있다(즉, 썸 음영 차이는 통상적인 AVI 시스템에서는 손상 결함으로서 나타날 수 있음). AVI 시스템(200)은 이러한 종류의 잘못된 불량 처리를 줄일 수 있다.

[0032] 크립프 검출에 대한 동일한 장점(예를 들어, 검사 속도, 결함 선명도 등) 중 일부는 입자 검사에도 적용된다. 예를 들어, 용기 내의 액체를 의도적으로 교반하지 않는 AVI 시스템은 새로운 용기 유형 및/또는 새로운 제품에 대한 AVI 시스템 설정을 단순화할 수 있다. 또한, 용기 내의 액체를 의도적으로 교반하지 않는 AVI 시스템은 입자 검출을 위해서 입자 움직임에 의존하지 않는다. 이는, 측면 프로파일 뿐만 아니라 용기의 바닥부를 통해서 여러 각도에서 용기를 검사할 때(예를 들어, 도 3의 AVI 시스템(300)) 특히 유리하다. AVI 시스템(200)의 다른 이점(예를 들어, 광 및 명암의 더 낮은 변동)은 정지 입자의 식별을 개선할 수 있다.

[0033] 도 3은, 도 1a, 및 도 2의 시스템을 조합하고, 용기(305)의 중심 축에 동축적으로 정렬되고 용기(305)의 바닥부를 관찰하도록 배향되는 광학 축(336)을 갖는 바닥부 이미저(335)를 추가로 부가하는, 추가적인 AVI 시스템(300)의 예를 도시한다. 교반을 하지 않는 경우, 대부분의 입자는 바이알의 바닥부에 가라앉는 경향이 있으며, 바닥부 이미저(335)로부터 획득한 이미지에서 양호한 명암비를 나타낸다. 프로파일 뷰 이미저(310)를 사용하여

섬유 및 부유 입자뿐만 아니라, 균열, 유리 내의 다른 결함, 및 크립프 영역을 검사할 수 있다.

[0034] AVI 시스템(300)은, AVI 공정에서 병목 현상을 일으킬 수 있는 바이알(305)의 회전이 필요없기 때문에(즉, 가속, 사진 촬영, 감속이 필요없음), 회전 기반의 검사보다 더 신속하게 검사할 수 있다. AVI 시스템(300)은 병목 현상 문제를 경감할 수 있으며, 실시간 AVI에 더 가까워질 수 있다. 또한, AVI 시스템(300)은, 다양한 유형의 유체/용기에 대해 어떤 교반 속도가 과다한지를 결정하기 위해 실험할 필요가 없기 때문에, 설정/프로그래밍을 더 빠르게 할 수 있다. AVI 시스템(300)의 정확도는 회전 기반 기술을 포함하는 방법과 매우 유사할 수 있다. AVI 시스템(300)은 예를 들어 액체 제품을 포함하는 바이알 내에서 유리 및 금속 입자뿐만 아니라 섬유를 검출할 수 있다.

[0035] AVI 시스템(300)은 용기(305)를 지지 및/또는 고정하기 위한 유지 수단(345)(예를 들어, 용기를 서서히 회전시킬 수 있는 유리 판, 캐러셀(carousel), 스타휠(starwheel), 또는 로봇 아암 등)을 포함할 수 있다. 또한, 유지 수단(345)은 이하에서 더 구체적으로 설명되는 광학 축 재배향 기구로서 기능할 수 있다. 서로 다른 라이팅 구성(예를 들어, 백라이트(330) 및 링 라이트(340))으로 조합된 두 개의 이미저(310, 335)는 자동화된 시각적 검사 시스템(300)에서 요구되는 대부분의 검사를 수행할 수 있다. 더 적은 수의 이미저 그리고 교반 및 유체 이동 필요성의 제거는, 일반적으로 HMLV 작업의 요건인 새로운 제품의 설정 및 특성화 시간을 단축하는 데 도움을 준다. 이러한 AVI 시스템(300)의 구성을 사용하는 대상 검출은 양호한 성공률로 입자 및 크립프 결함 모두를 검출하는 것으로 확인되었다. 결과에 따르면, 검출률은 300 um 금속 입자의 경우 94%, 1000 um 금속의 경우 100%, 유리 입자의 경우 85%, 그리고 섬유의 경우 92%로서 수동 검사의 검출률보다 높았으며, 이들 모두에서 잘못된 불량 처리(즉, 양호한 샘플을 결함을 갖는 것으로 분류하는 것)는 없었다. 이에 비해, 통상적인 AVI 장비는 검사를 수행하기 위해서 10개 이상의 서로 다른 이미지를 조합하여 교반할 필요가 있을 수 있다.

[0036] 도 4는 AVI 시스템(300)과 유사한, 그러나 추가적인 프로파일 뷰 이미지를 사용하는 또 다른 추가적인 AVI 시스템(400)의 일 예를 도시한다. AVI 시스템(200) 또는 AVI 시스템(300)에서, 바이알 크립프 손상 검사와 같은 일부 검사 공정에서는, 모든 프로파일 관점에서 용기 둘레 주위의 이미지를 획득할 수 있도록 바이알을 서서히 회전시킬 필요가 있다. 이로 인해 검사 공정이 상당히 느려질 수 있다. 그러나, 도 4에서와 같이 5개의 프로파일 뷰 이미저(410)를 배치하면, 용기(405)를 전혀 회전시킬 필요 없이, 전체 용기(405)를 검사할 수 있다. 따라서, 복수의 프로파일 뷰 이미저(410)에 의해 일련의 이미지를 획득할 수 있고, 각 이미저(410)는 용기에 대해 서로 다른 광학 축을 갖는다.

[0037] 도 4는 5개의 이미저(410)를 용기(405)의 둘레 주위에 배치함으로써 용기(405)를 회전시킬 필요성을 경감한 특정 실시형태를 도시한다. 용기(405)의 둘레 주위 또는 72도마다 촬영된 5개의 이미지는, 용기 측벽(412) 상의 입자 및 균열 또는 칩에 대해서 용기(405)를 전체적으로 검사하기에 충분하다. 그러나, 다른 실시형태는 더 많거나(예를 들어, 6개) 더 적은(예를 들어, 4개) 프로파일 뷰 이미저(410)를 포함할 수 있다. 다수의 거울을 용기(405) 주위에 배치하여, 단일 이미저(410)의 전체 화각 내에서 용기(405)의 다양한 뷰를 조합할 수 있다.

[0038] 도 4에 도시된 바와 같이, AVI 시스템(400)은 또한 용기(405) 및 링 라이트(440)의 중심 축과 동축적으로 정렬되고 용기(405)의 바닥부를 관찰하도록 배향된 바닥부 이미저(435)를 포함할 수 있다.

[0039] 시스템(400)은 측벽(412)에 대한 광학 축의 배향을 변경하기 위해 광학 축 재배향 기구(고유 배향 광학 축을 각각 갖는, 복수의 이미저(410))을 포함할 수 있다. 광학 축 재배향 기구(고유 배향 광학 축을 각각 갖는, 복수의 이미저(410))는 용기 회전기를 포함할 수 있다. 대안적 또는 부가적으로, 광학 축 재배향 기구는, 용기(405)의 둘레 주위에서 용기의 측벽을 통과하는 각각의 광학 축을 각각 갖는 복수의 프로파일 뷰 이미저(410)를 포함할 수 있다.

[0040] 도 5a 내지 도 5c는, 특정 의약품 맥락에서, 도 1a 및 도 1b의 시각적 검사 시스템(100a, 100b), 도 2의 시각적 검사 시스템(200), 도 3의 시각적 검사 시스템(300), 또는 도 4의 시각적 검사 시스템(400)에 의해서 이미지화되는 샘플로서 사용될 수 있는 다양한 유형의 용기 예를 도시한다. 먼저 도 5a를 참조하면, 예시적인 주사기(505a)는 중공형 배럴(502), 플랜지(504), 배럴(502)의 내부에서 이동 가능한 유체 씰을 제공하는 플런저(506), 및 주사기 바늘(도 5a에 미도시)을 덮기 위한 바늘 차폐부(508)를 포함한다. 예를 들어, 배럴(502) 및 플랜지(504)는 유리 및/또는 플라스틱으로 형성될 수 있고, 플런저(506)는 고무 및/또는 플라스틱으로 형성될 수 있다. 바늘 차폐부(508)는 주사기(505a)의 솔더(510)에 의해서 갭(512)만큼 분리된다. 주사기(505a)는 배럴(502) 내에서 그리고 플런저(506) 위에서 액체(예를 들어, 의약품)(514)을 수용한다. 일반적으로, 액체(514)의 상단부는 메니스커스(516)를 형성하고, 그 위에는 공기 갭(518)이 있다.

- [0041] 다음으로 도 5b를 참조하면, 예시적인 카트리지(505b)는 중공형 배럴(522), 플랜지(524), 배럴(522)의 내부에서 이동 가능한 유체 씬을 제공하는 피스톤(526), 및 루어 록(luer lock)(528)을 포함한다. 예를 들어, 배럴(522), 플랜지(524), 및/또는 루어 록(528)은 유리 및/또는 플라스틱으로 형성될 수 있고, 피스톤(526)은 고무 및/또는 플라스틱으로 형성될 수 있다. 카트리지(505b)는 배럴(522) 내에서 그리고 피스톤(526) 위에서 액체(예를 들어, 의약품)(530)을 수용한다. 일반적으로, 액체(530)의 상단부는 메니스커스(532)를 형성하고, 그 위에는 공기 갭(534)이 있다.
- [0042] 다음으로 도 5c를 참조하면, 예시적인 바이알(505c)은 중공형 본체(542) 및 목부(544)를 포함하고, 이 둘 사이의 전이부는 솔더(546)를 형성한다. 바이알(505c)의 바닥부에서, 본체(542)가 힐(heel)(548)로 전이된다. 크립프(550)는 바이알(505c)의 상단부에서 유체 씬을 제공하는 스톱퍼(도 5c에 미도시)를 포함하고, 플립 캡(552)이 크립프(550)를 덮는다. 예를 들어, 본체(542), 목부(544), 솔더(546), 및 힐(548)은 유리 및/또는 플라스틱으로 형성될 수 있고, 크립프(550)는 금속으로 형성될 수 있으며, 플립 캡(552)은 플라스틱으로 형성될 수 있다. 바이알(505c)은 본체(542) 내에서 액체(예를 들어, 의약품)(554)를 포함할 수 있다. 일반적으로, 액체(554)의 상단부는 메니스커스(556)(예를 들어, 본체(542)가 비교적 큰 직경을 갖는 경우, 매우 약간 곡선화된 메니스커스)를 형성하고, 그 위에는 공기 갭(558)이 위치한다. 다른 실시형태에서는, 액체(554) 대신에 고체 재료가 바이알(505c) 내에 충전될 수 있다.
- [0043] 도 6은 하나 이상의 신경망 또는 다른 머신 러닝(ML) 시스템의 학습(그리고 가능한 경우 검증 및/또는 인증) 및/또는 사용과 관련된 다양한 기술을 구현할 수 있는 예시적인 시스템(600)의 단순화된 블록도이다. 시스템(600)은 비-ML AVI 시스템을 테스트/인증하기 위해서 사용될 수도 있다. ML 시스템 이외에 또는 그 대안으로서, 시스템(600)은 ML을 사용하지 않고 대신에 정해진 규칙(예를 들어, 빈 바이알, 적은 충전, 많은 충전 등)을 사용하는 "컴퓨터 비전" 알고리즘을 포함할 수 있다.
- [0044] 도 6은 시스템(600)이 하나 이상의 신경망(들)을 구현하는 실시형태를 도시한다. 일단 학습되고 인증되면, 신경망(들)은 생산 공정에서 용기 및/또는 그러한 용기의 내용물과 관련된 결함(예를 들어, 도 9a 내지 도 14b에 도시된 결함)을 검출하기 위해서 사용될 수 있다. 의학적인 상황에서, 예를 들어, 신경망(들)은 주사기, 카트리지, 약병 또는 다른 용기 유형과 관련된 결함(예를 들어, 용기의 손상된 크립프/씬, 균열, 굽힘, 얼룩, 구성요소 누락 등)을 검출하고/하거나 용기 내의 액체 또는 동결 건조된 의약품과 관련된 결함(예를 들어, 섬유, 금속 입자, 및/또는 다른 이물질 입자의 존재, 제품 컬러의 변경 등)을 검출하기 위해서 사용될 수 있다. 본원에 사용된 바와 같이, "결함 검출"은 결함(또는 특정 결함 카테고리)을 나타내거나 나타내지 않는 용기 이미지의 분류를 지칭할 수 있고/있거나, 실시형태에 따라 용기 및/또는 그 내용물이 결함이 있는 것으로 간주되는지 여부와 관련된 특정 대상 또는 특징(예를 들어, 입자 또는 균열)의 검출을 지칭할 수 있다.
- [0045] 시스템(600)은 컴퓨터 시스템(604)에 통신 가능하게 커플링된 시각적 검사(VIS) 시스템(602)을 포함한다. VIS(602)는, 샘플(예를 들어, 유체 또는 동결 건조 물질을 갖는 용기)의 디지털 이미지를 캡처하도록 구성된, 하드웨어(예를 들어, 이송 메커니즘, 광원(들), 이미지(들) 등) 뿐만 아니라, 펌웨어 및/또는 소프트웨어를 포함한다. VIS(602)는 예를 들어 도 1 내지 도 4를 참조하여 본원에 각각 설명된 임의의 AVI 시스템(100a, 100b, 200, 300, 400)을 포함할 수 있거나, 일부 다른 적합한 시스템일 수 있다.
- [0046] 설명을 용이하게 하기 위해서, 시스템(600)은 VIS(602)로부터의 용기 이미지를 사용하여 하나 이상의 AVI 신경망을 학습 및 검증한 다음, 학습/검증된 신경망(들)을 사용하여 AVI/결함 검출을 수행하는 것으로 본원에 설명된다. 그러나, 반드시 그럴 필요가 없다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 시스템(600)은, VIS(602) 대신에 또는 이외에, 여러 다양한 시각적 검사 시스템에 의해서 생성된 용기 이미지를 사용하여 학습 및/또는 검증을 수행할 수 있다. 또한, 학습/검증은 다른 시스템에 의해서 수행될 수 있고, 이어서 시스템(600)은 (예를 들어, 상업적 생산 중에) 학습된 신경망(들)을 사용할 수 있다. 일부 실시형태에서, 학습 및/또는 검증을 위해서 사용되는 용기 이미지의 일부 또는 전부는, 상업적 라인 장비 스테이션(예를 들어, 광학기기, 조명 등)의 중요 양태를 근접하게 복제하는 하나 이상의 오프라인 (예를 들어, 실험실 기반의) "모방 스테이션"을 사용하여 생성되고, 그에 따라 상업적 라인 장비의 과도한 중단 시간을 유발하지 않으면서 학습 및/또는 검증 라이브러리를 확장한다.
- [0047] VIS(602)는 많은 수의 용기 각각을 순차적으로 이미지화할 수 있다. 이를 위해서, VIS(602)는, 이미지화를 위한 적절한 위치로 각 용기를 연속적으로 이동시킨 다음, 용기의 이미지화가 완료되면 용기를 멀리 이동시키는 직교 로봇, 캐러셀, 스타휠 및/또는 임의의 다른 유지 수단과 같은 유지 수단을 포함할 수 있거나, 이와 함께 동작할 수 있다. 도 6에 도시하지는 않았지만, VIS(602)는 컴퓨터 시스템(604)과의 통신을 가능하게 하는 통신 인터페

이스 및 프로세서를 포함할 수 있다. 다른 실시형태(예를 들어, 실험실 기반 설정(lab-based setup))에서, VIS(602)는 더 단순한 유지 수단(예를 들어, 유리 판에 의해서 덮인 홀을 갖는 스테이지)을 포함한다.

[0048] 컴퓨터 시스템(604)은 일반적으로 VIS(602)의 동작을 제어/자동화하고, 이하에서 더 설명되는 바와 같이, VIS(602)에 의해서 캡처된/생성된 이미지를 수신하여 처리하도록 구성될 수 있다. 컴퓨터 시스템(604)은 본원에 설명된 동작을 수행하도록 특별히 프로그래밍된 범용 컴퓨터일 수 있거나, 특수 목적의 컴퓨팅 장치일 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 시스템(604)은, 사용자 인터페이스(606), 처리 유닛(610), 및 메모리 유닛(614)을 포함한다. 그러나, 일부 실시형태에서, 컴퓨터 시스템(604)은, 동일 장소에 위치하거나 서로 멀리 떨어진 두 개 이상의 컴퓨터를 포함한다. 이러한 분산형 실시형태에서, 처리 유닛(610) 및 메모리 유닛(614)과 관련하여 본원에 설명된 동작은 다수의 처리 유닛들 및/또는 메모리 유닛들 사이에서 분할될 수 있다.

[0049] 처리 유닛(610)은 하나 이상의 프로세서를 포함하며, 각 프로세서는, 본원에 설명된 바와 같은 컴퓨터 시스템(604)의 일부 또는 모든 기능을 실행하도록 메모리 유닛(614)에 저장된 소프트웨어 명령어를 실행하는 프로그래밍 가능 마이크로프로세서일 수 있다. 처리 유닛(610)은, 예를 들어, 하나 이상의 그래픽 처리 유닛(GPU) 및/또는 하나 이상의 중앙 처리 유닛(CPU)을 포함할 수 있다. 대안적 또는 부가적으로, 처리 유닛(610)의 프로세서 중 일부는 다른 유형의 프로세서(예를 들어, 주문형 집적 회로(ASIC), 필드 프로그래밍 가능 게이트 어레이(FPGA) 등)일 수 있으며, 본원에 설명된 바와 같은 컴퓨터 시스템(604)의 기능의 일부가 하드웨어로 대안적으로 구현될 수 있다.

[0050] 메모리 유닛(614)은, 하나 이상의 휘발성 및/또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 임의의 적합한 메모리 유형 또는 유형들이, 읽기 전용 메모리(ROM), 랜덤 액세스 메모리(RAM), 플래시 메모리, 솔리드 스테이트 드라이브(SSD), 하드 디스크 드라이브(HDD) 등과 같은 메모리 유닛(614)에 포함될 수 있다. 종합적으로, 메모리 유닛(614)은, 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션, 그러한 애플리케이션에 의해 수신되는/사용되는 데이터, 및 그러한 애플리케이션에 의해 출력되는/생성되는 데이터를 저장할 수 있다.

[0051] 메모리 유닛(614)은 다양한 모듈의 소프트웨어 명령어를 저장하고, 이러한 명령어는, 처리 유닛(610)에 의해서 실행될 때, 하나 이상의 AVI 신경망을 학습, 검증, 및/또는 인증하기 위한 다양한 기능을 수행한다. 구체적으로, 도 6의 예시적인 실시형태에서, 메모리 유닛(614)은 AVI 신경망 모듈(616), 및 시각적 검사 시스템(VIS) 제어 모듈(620)을 포함한다. 다른 실시형태에서, 메모리 유닛(614)은 모듈(616, 620) 중 하나 이상을 생략할 수 있고/있거나 하나 이상의 부가적인 모듈을 포함할 수 있다. 부가적 또는 대안적으로, 모듈(616, 620) 중 하나, 일부 또는 모두는 상이한 컴퓨터 시스템(예를 들어, 하나 이상의 유선 및/또는 무선 통신 네트워크를 통해서 컴퓨터 시스템(604)에 커플링된 원격 서버)에 의해서 구현될 수 있다. 또한, 모듈(616 및 620) 중 임의의 하나의 기능이 상이한 소프트웨어 애플리케이션들 및/또는 컴퓨터 시스템들 사이에서 분할될 수 있다. 단지 일 예로서, 컴퓨터 시스템(604)이 하나 이상의 AVI 신경망의 학습 및 사용을 위해서 웹 서비스에 접속하는 실시형태에서, AVI 신경망 모듈(616)의 소프트웨어 명령어가 원격 서버에 저장될 수 있다.

[0052] AVI 신경망 모듈(616)은, 하나 이상의 AVI 신경망을 학습하기 위해서 이미지 라이브러리(640)에 저장된 이미지를 사용하는 소프트웨어를 포함한다. 이미지 라이브러리(640)는 메모리 유닛(614), 또는 근거리 또는 원격 메모리(예를 들어, 원격 라이브러리 서버에 커플링된 메모리 등)에 저장될 수 있다. 학습 이외에, 모듈(616)은, 예를 들어, 가능하게는 이하에서 설명되는 바와 같이 특정 예비 처리를 이미지에서 수행한 후에, VIS(602)(또는 다른 시각적 검사 시스템)에 의해서 새롭게 획득된 이미지를 신경망(들)에 적용함으로써, 학습된 AVI 신경망(들)을 구현/실행할 수 있다. 여러 실시형태에서, 모듈(616)에 의해서 학습 및/또는 실행된 AVI 신경망(들)은 전체 이미지를 분류하거나(예를 들어, 결함 대 결함 없음, 또는 전반적인 크립 손상 또는 크립 결함과 같은 특정 유형의 결함의 존재 또는 부재 등), 이미지 내의 대상을 검출(예를 들어, 용기 이미지 내의 기포가 아닌 이물질 대상의 위치를 검출)하거나, 이들의 일부 조합(예를 들어, 이미지를 분류하는 하나의 신경망, 및 대상 검출을 수행하는 다른 신경망)일 수 있다. 본원에 사용된 바와 같이, 문맥에서 보다 구체적인 사용이 명시되어 있지 않는 한, "대상 검출"은, 이미지 내의 대상(예를 들어, 입자, 섬유 등)의 특정 위치를 식별하고/하거나 더 큰 대상의 특징(예를 들어, 손상된 크립 또는 썬, 주사기 또는 카트리지 몸통 상의 균열 또는 칩 등)의 특정 위치를 식별하는 기술을 넓게 지칭하고, 예를 들어 용기 이미지 또는 이미지 부분(예를 들어, 픽셀별 분류)의 세그먼트화를 수행하는 기술 또는 대상을 식별하고 이러한 대상 주위에 경계 상자(또는 다른 경계 형상)를 위치하는 기술을 포함할 수 있다.

[0053] AVI 신경망(들)이 용기 결함을 검출하는 실시형태에서, 결함은 임의의 적합한 용기 특징(들)과 관련될 수 있다. 도 5a 내지 도 5c의 예시적인 용기를 참조하면, 예를 들어, AVI 신경망 모듈(616)에 의해서 구현된 특정 AVI 신

경망은, 배럴(502), 배럴(522), 또는 본체(542)에 균열 또는 스트레인이 있는지, 플랜지(504 또는 524)가 변형되어 있는지, 바늘 차폐부(508)가 적절하게 위치해 있지 않은지, 플런저(506) 또는 피스톤(526)에 임의의 결함이 있는지, 루어 록(528)에 임의의 결함이 있는지, 크립프(550)가 적절히 위치해 있고/있거나 임의의 결함(손상)이 있는지, 플립 캡(552)이 적절히 위치해 있고/있거나 임의의 결함이 있는지 여부 등을 검출할 수 있다.

[0054] 모듈(616)은 상업적 생산 중에 검증, 인증, 및/또는 검사를 위해서 학습된 AVI 신경망(들)을 실행할 수 있다. 하나의 실시형태에서, 예를 들어, 모듈(616)은 AVI 신경망(들)을 학습 및 검증하기 위해서만 사용되고, 이어서 학습된 신경망(들)은 (예를 들어, 모듈(616)과 유사한 다른 모듈을 사용하여) 상업적 생산 중의 인증 및 검사를 위해서 다른 컴퓨터 시스템으로 전달된다. AVI 신경망 모듈(616)이 다수의 신경망을 학습/실행하는 일부 실시형태에서, 모듈(616)은 각 신경망을 위한 별도의 소프트웨어를 포함한다.

[0055] 도 3, 도 4에 대해서 전술한 바와 같이, 바닥부 이미지(345, 435)를 위한 링 라이트(340, 440)는 바이알 셸 크립프 결함(예를 들어, 도 12a 및 도 12b의 바이알 셸 크립프 결함(1209))을 검사하는 데 특히 유용하다. 예를 들어 용기마다 총 100개의 이미지를 13개의 용기에서 캡처하여, 총 1300개의 이미지를 얻을 수 있다. AVI 신경망 학습은, 예를 들어 휘도 조정, 수직 미러링, 노이즈 부가, 및 이미지 기울이기 뿐만 아니라 경계 상자 기울이기 등을 통해 관련 학습 이미지를 보강한 후 6개의 바이알로부터의 이미지에 대해 수행될 수 있다(즉, 학습 세트가 5배로 늘어날 수 있음). 일반적으로, 딥 러닝을 사용하여 이미지 내의 결함을 검출할 수 있다. 이전에 학습된 AVI 신경망(들)을 사용하면, 새로운 제품에 대한 자동화된 검사 레시피의 설정에 필요한 시간을 더 단축할 수 있다. 본 개시 내용의 AVI 신경망은, 최신 딥 러닝 기술(예를 들어, 도 6의 AVI 시스템 신경망 모듈(616))을 사용하여, 임상 작업 또는 소량의 제품 배치와 같은 다품종 소량 생산 시나리오를 위해 구현될 수 있다.

[0056] 일부 실시형태에서, VIS 제어 모듈(620)은, 인간의 개입이 거의 없이 또는 전혀 없이 용기 이미지를 생성할 수 있도록 VIS(602)의 동작을 제어/자동화한다. VIS 제어 모듈(620)은, 명령 또는 다른 전자 신호를 해당 이미저에 송신(예를 들어, 제어 라인에 펄스를 생성하는 등)함으로써 해당 이미저가 용기 이미지를 캡처하도록 할 수 있다. VIS(602)는 캡처된 용기 이미지를 컴퓨터 시스템(604)에 전송할 수 있고, 이러한 컴퓨터 시스템은 로컬 처리를 위해서 이러한 이미지를 메모리 유닛(614)에 저장할 수 있다. 대안적인 실시형태에서, VIS(602)는 로컬 제어될 수 있고, 이러한 경우에 VIS 제어 모듈(620)은 본원에 설명된 것보다 적은 기능(예를 들어, VIS(602)로부터 이미지 검색만을 처리하는 기능)을 가질 수 있거나, 전체가 메모리 유닛(614)으로부터 생략될 수 있다.

[0057] 도 7은 AVI 시스템의 예시적인 동작 방법(700)이다. AVI 시스템은 예를 들어 도 1a 및 도 1b의 AVI 시스템(100a, 100b)과 유사할 수 있다. 방법은, 적어도 부분적으로 반투명한 검사 대상(예를 들어, 바이알(105))을 통과하는 광학 축(111)을 갖는 프로파일 뷰 이미지(110)를 제공하는 단계를 포함할 수 있고, 검사 대상은 프로파일 뷰 이미지로부터 제1 거리에 위치한다(블록(702)). 프로파일 뷰 이미지(110)의 화각은, 예를 들어 전체 검사 대상 또는 그 일부만을 포함하는, 원하는 검사 대상의 이미지(예를 들어, 이미지(1100a), 이미지(1200a), 이미지(1300a), 이미지(1400a) 등)를 획득하도록 구성될 수 있다. 또한, 방법(700)은 프로파일 뷰 이미지(110)로부터 제2 거리에 위치하고 광학 축(111)에 직각으로 배향되는, 광학 축(111)과 축방향으로 정렬된 근위 편광화 필름(115)을 제공하는 단계를 포함할 수 있고, 제2 거리는 제1 거리보다 짧다(블록(704)). 방법(700)은 프로파일 뷰 이미지(110)로부터 제3 거리에 위치하고 근위 편광화 필름(115)에 평행하게 배향되는, 광학 축(111)과 축방향으로 정렬된 액정 디바이스(120)를 제공하는 단계를 추가로 포함할 수 있고, 제3 거리는 제2 거리보다 길고 제1 거리보다 짧다(블록(708)). 또한, 방법(700)은 프로파일 뷰 이미지(110)로부터 제4 거리에 위치하고 근위 편광화 필름(115) 및 액정 디바이스(120)에 평행하게 배향되는, 광학 축(111)과 축방향으로 정렬된 원위 편광화 필름(125)을 추가로 포함할 수 있고, 제4 거리는 제1 거리보다 길다(블록(710)). 방법(700)은 원위 편광화 필름을 향해서 조명을 방출하도록 배향된 광원(130)을 포함할 수 있다(블록(712)).

[0058] 도 8은 AVI 시스템(800)의 예시적인 동작 방법(800)이다. AVI 시스템은 예를 들어 도 2의 AVI 시스템(200)과 유사할 수 있다. 방법(800)은 용기(205)의 측면을 통해서 용기(예를 들어, 바이알(205))에 들어오는 광학 축(211)을 갖는 프로파일 뷰 이미지(210)를 제공하는 단계를 포함할 수 있고, 용기는 적어도 부분적으로 반투명하다(블록(802)). 프로파일 뷰 이미지(210)의 화각은, 예를 들어 전체 검사 대상 또는 그 일부만을 포함하는, 원하는 검사 대상의 이미지(예를 들어, 이미지(1100a), 이미지(1200a), 이미지(1300a), 이미지(1400a) 등)를 획득하도록 구성될 수 있다. 또한, 방법(800)은 용기(205)의 중심 축(206)과 동축적으로 정렬되고, 용기의 아래에 위치하며, 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향되는 링 라이트(240)를 제공하는 단계를 포함할 수 있다(블록(804)). 방법(800)은, 본원의 다른 부분에 설명된 바와 같이, 용기를 지지 및/또는 고정하기 위한 유지 수

단(245)을 제공하는 단계를 추가로 포함할 수 있다(블록(806)).

- [0059] 도 9a 및 도 9b는 도 3(또는 이미저(335, 445 등)와 유사한 방식으로 배향된 바닥부 이미저를 추가한 도 4)의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 예시적인 용기(906)의 저면도의 이미지(900a, 900b)(후자는 확대도임)를 도시한다. 바닥부 이미지(900a, 900b)는 용기(여기에서 바이알)의 바닥부를 통해서 이미지화된 1000 μm 의 금속 입자(907)를 나타낸다.
- [0060] 도 10a 및 도 10b는 도 3(또는 이미저(335 등)와 유사한 방식으로 배향된 바닥부 이미저를 추가한 도 4)의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 다른 예시적인 용기(1006)의 저면도의 이미지(1000a, 1000b)(후자는 확대도임)를 도시한다. 바닥부 이미지(1006a, 1006b)는 용기(바이알)의 바닥부를 통해서 이미지화된 300 μm 의 금속 입자(1007)를 나타낸다.
- [0061] 도 11a 및 도 11b는 도 1 내지 도 4의 임의의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 예시적인 용기(1108)의 프로파일 도면의 이미지(1100a, 1100b)(후자는 확대도임)를 도시한다. 프로파일 뷰 이미지(1100a, 1100b)는 용기(바이알)의 측벽을 통해서 이미지화된 섬유(1109)를 나타낸다. 섬유의 명암비는, 편광화 필름(예를 들어, 도 1a에 배치된 바와 같은 편광화 필름(115, 125))을 사용함으로써 개선된다.
- [0062] 도 12a 및 도 12b는 도 1 내지 도 4의 임의의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 다른 예시적인 용기(1208)의 프로파일 도면의 이미지(1200a, 1200b)(후자는 확대도임)를 도시한다. 프로파일 뷰 이미지(1108a, 1108b)는 손상된 크립트(1209)를 도시하고, 도 11b의 상자는 프로파일 뷰 이미저(110) 및 오프 상태의 액정 디바이스(120)로부터의 이미지(1200a, 1200b)에 대해서 (예를 들어, AVI 신경망 모듈(516)에 의해서) 수행된 대상 검출의 출력/결과를 나타낸다.
- [0063] 도 13a 및 도 13b는 편광화 효과 없이(예를 들어, 액정 디바이스(120)가 온 상태) 도 1 내지 도 4의 임의의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는 추가적인 예시적 용기(1308b)의 프로파일 도면의 이미지(1300a, 1300b)(후자는 확대도임)를 도시한다. 바이알의 목부에 형성되는 유체 액적이 이미지에 포함된 경우(예를 들어, 도 13a의 이미지), 관련 AVI 시스템은 유체 액적의 연부를 예를 들어 관련 용기의 균열로서 잘못 인식할 수 있다.
- [0064] 도 14a 및 도 14b는 도 1 내지 도 4의 임의의 시스템을 사용하여 검사될 수 있는, 도 13a 및 도 13b에서와 동일한 예시적인 용기(1408a, 1408b)의 동일한 프로파일 도면의 이미지(1400a, 1400b)(후자는 확대도임)를 도시한다. 편광화 필터를 사용하면, 주변에 대한 섬유(1409)의 명암비가 주변에 대한 섬유(1309)의 명암비보다 더 높다. AVI 시스템의 신경망 또는 다른 이미지 처리는, 도 13a 및 도 13b의 이미지(1300a, 1300b)를 사용하여 섬유(1309)를 검출하는 것보다, 도 14a 및 도 14b의 이미지(1400a, 1400b)를 사용하여 섬유(1409)를 검출할 가능성이 더 높다.
- [0065] 도 15는 용기(예를 들어, 주사기(505a), 카트리지(505b), 바이알(505c) 등) 내의 결함(예를 들어, 입자(907), 입자(1007), 손상된 필(1109), 섬유(1209), 섬유(1309) 등)을 검출하기 위한 자동화된 시각적 검사 방법(1500)의 일 예를 도시한다. 방법(1500) 중 적어도 일부는 예를 들어 도 1 내지 도 4 및 도 6의 시스템 중 임의의 하나를 사용하여 구현될 수 있다. 방법(1500)은, 용기 아래에 위치하고, 용기의 중심 축과 동축적으로 정렬되며, 용기의 바닥부를 향해서 광을 방출하도록 배향된 링 라이트(예를 들어, 요소(240, 340, 또는 440))로 용기를 조명하는 단계를 포함할 수 있다(블록(1502)). 또한, 방법(1500)은 용기의 측벽을 통해서 용기에 들어오는 광학 축을 갖는 프로파일 뷰 이미저(예를 들어, 이미저(110, 210, 310, 또는 410))를 사용하여 용기의 프로파일의 하나 이상의 프로파일 뷰 이미지를 캡처하는 단계를 포함할 수 있다(블록(1504)). 프로파일 뷰 이미저의 화각은 원하는 검사 대상의 이미지(예를 들어, 이미지(1100a), 이미지(1200a), 이미지(1300a), 이미지(1400a) 등)를 획득하도록 구성될 수 있다.
- [0066] 방법(1500)은 용기의 중심 축과 동축적으로 정렬된 바닥부 이미저(예를 들어, 이미저(335 또는 435))를 사용하여 용기의 바닥부의 하나 이상의 바닥부 이미지를 캡처하는 단계를 추가로 포함할 수 있다(블록(1508)). 바닥부 이미저의 화각은 원하는 용기의 이미지(예를 들어, 이미지(900a), 이미지(1000a) 등)를 획득하도록 구성될 수 있다.
- [0067] 또한, 방법(1500)은 하나 이상의 프로세서(예를 들어, AVI 신경망 모듈(616)을 실행할 때 도 6의 처리 유닛(610))를 사용하여, 용기의 하나 이상의 프로파일 뷰 이미지(예를 들어, 이미지(1100a), 이미지(1200a), 이미지(1300a), 이미지(1400a) 등) 및/또는 하나 이상의 바닥부 이미지(예를 들어, 이미지(900a), 이미지(1000a) 등)를 분석하여 결함을 검출하는 단계를 포함할 수 있다(블록(1510)). 프로세서(들)는 결함을 검출하기 위한 하나 이상의 머신 러닝 모델(예를 들어, 분류 및/또는 대상 검출 모델(들))을 구현할 수 있다. 예를 들어, 프로세

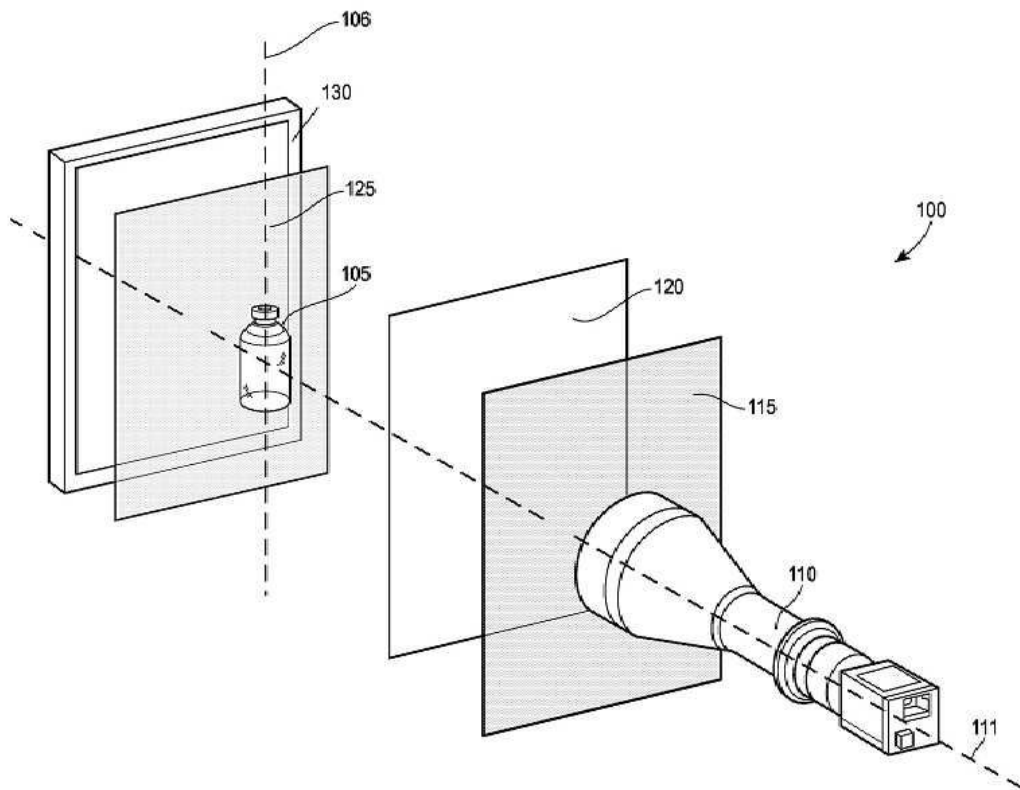
서(들)는 용기를 "합격" 또는 "불량 처리"로 분류하기 위한 분류 모델을 구현할 수 있다. 부가적 또는 대안적으로, 프로세서(들)는 특정 결함 유형을 분류하기 위한 다수의 머신 러닝 모델(예를 들어, 결함을 용기 내의 섬유로 분류하기 위한 제1 머신 러닝 모델, 결함을 용기 내의 비섬유 입자로 분류하기 위한 제2 머신 러닝 모델, 결함을 크립트 손상으로 분류하기 위한 제3 머신 러닝 모델 등)을 구현할 수 있다.

[0068] 예시적인 실시형태를 통해 시스템, 방법, 장치 및 그 구성요소에 대해 설명하였지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 상세한 설명은 단지 예시적인 것으로 간주되어야 하며, 모든 가능한 실시형태를 기술하는 것이 불가능한 것은 아니지만, 비실용적이기 때문에 본 발명의 모든 가능한 실시형태를 기술하지는 않는다. 현재 기술 또는 본 발명을 정의하는 청구범위의 범주에 여전히 포함될 수 있는 본 특허의 출원일 이후에 개발되는 기술을 사용하여 여러 대안적인 실시형태가 구현될 수 있다.

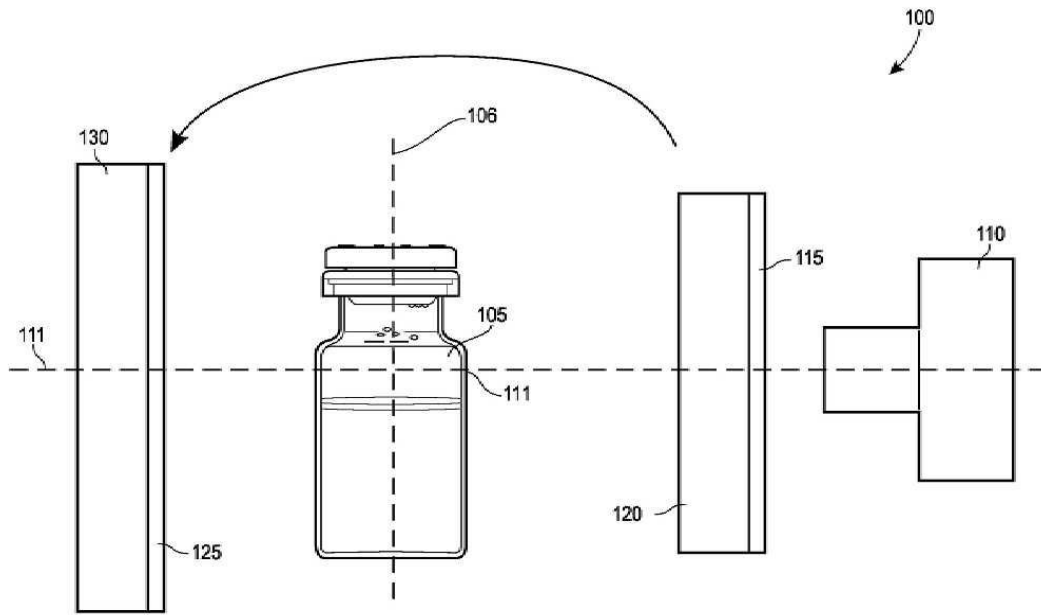
[0069] 당업자라면, 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서, 진술한 실시형태에 대한 매우 다양한 수정, 변경, 및 조합이 이루어질 수 있으며, 그러한 수정, 변경, 및 조합이 본 발명의 개념의 범위에 포함되는 것으로 간주되어야 한다는 것을 이해할 것이다.

도면

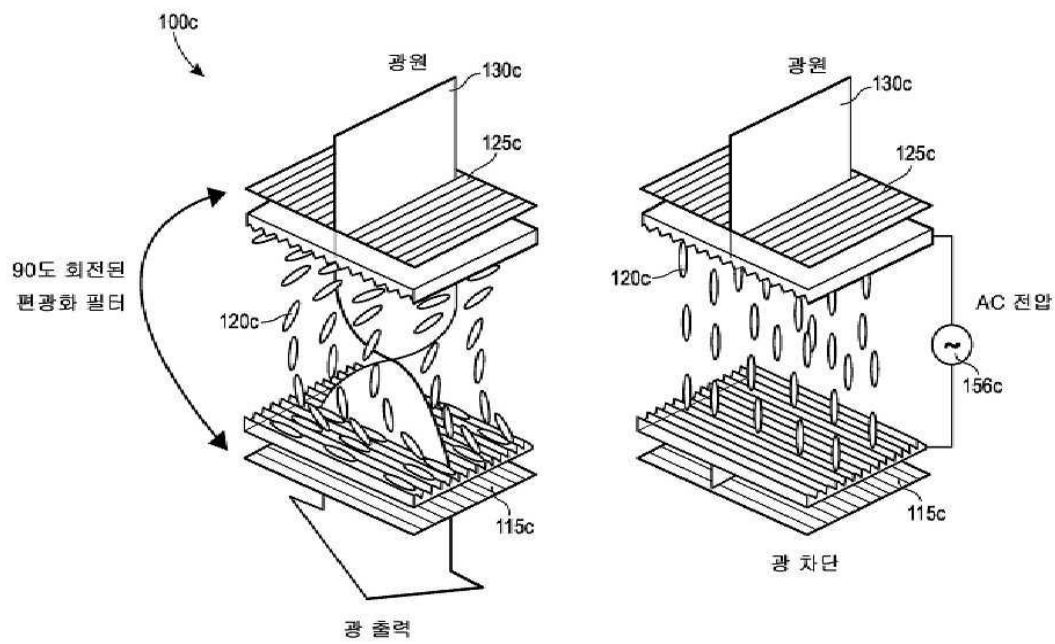
도면1a



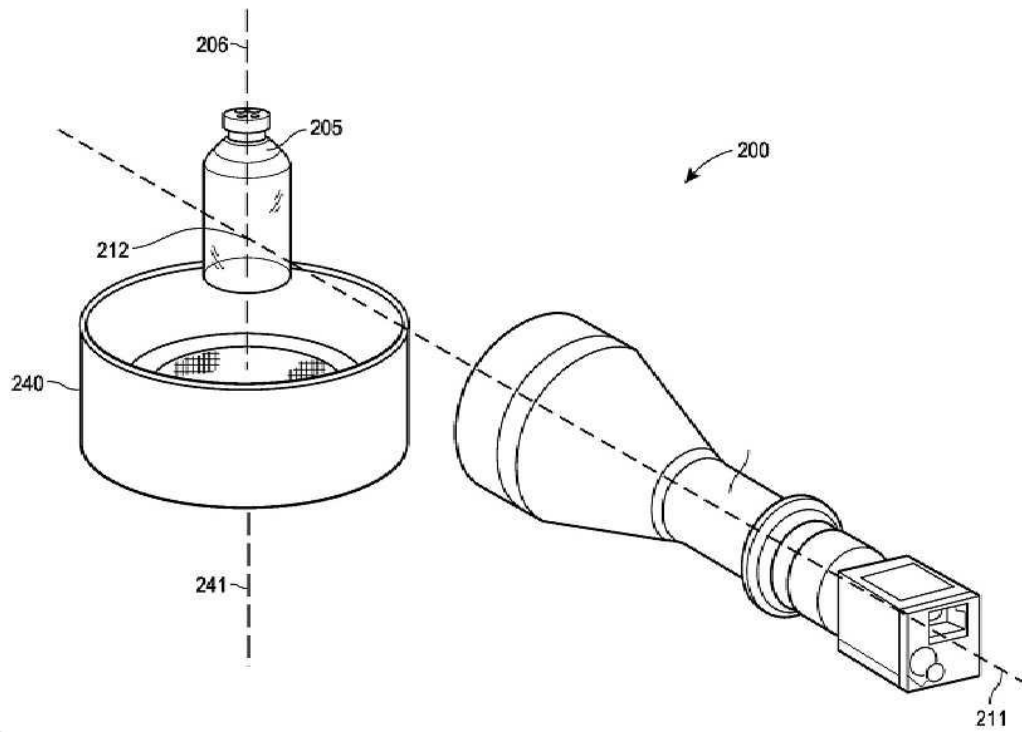
도면1b



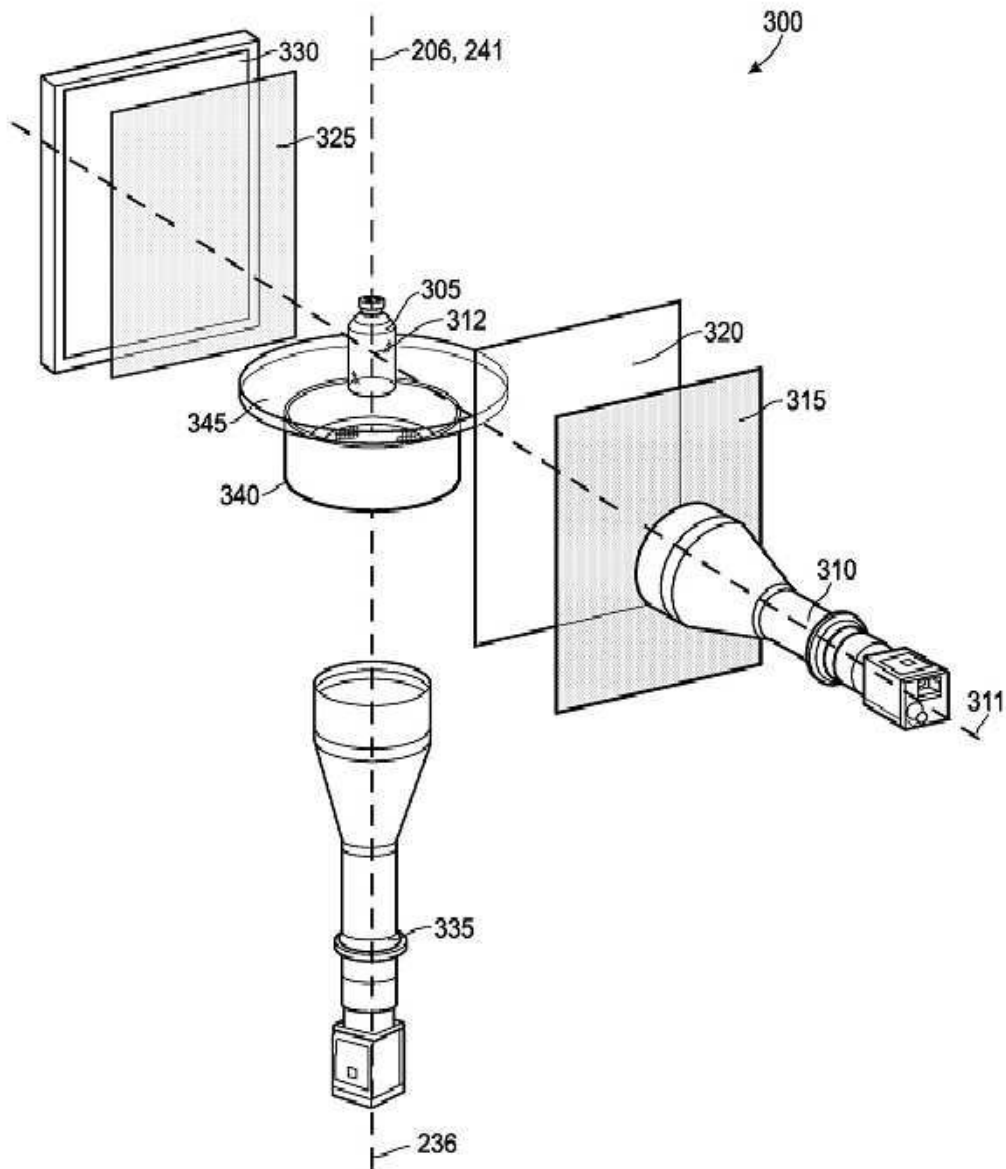
도면1c



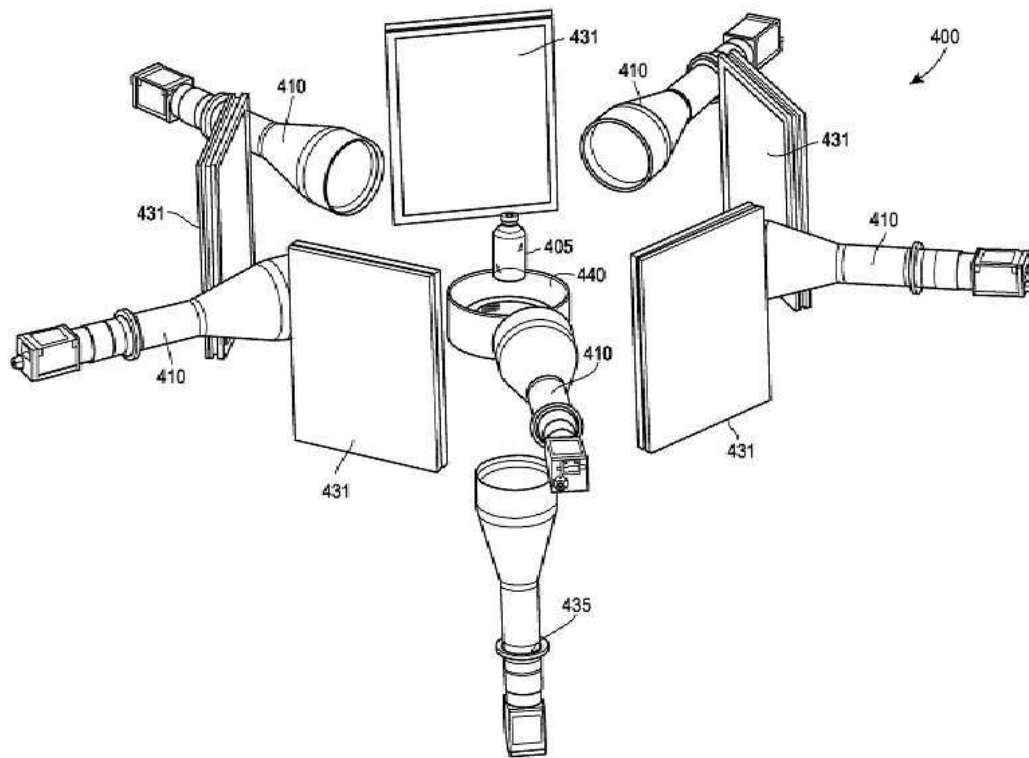
도면2



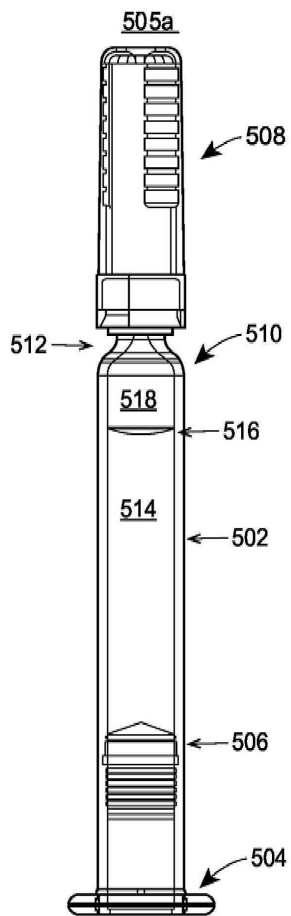
도면3



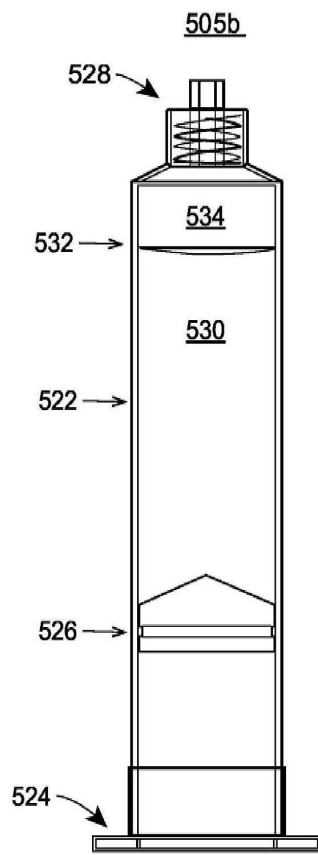
도면4



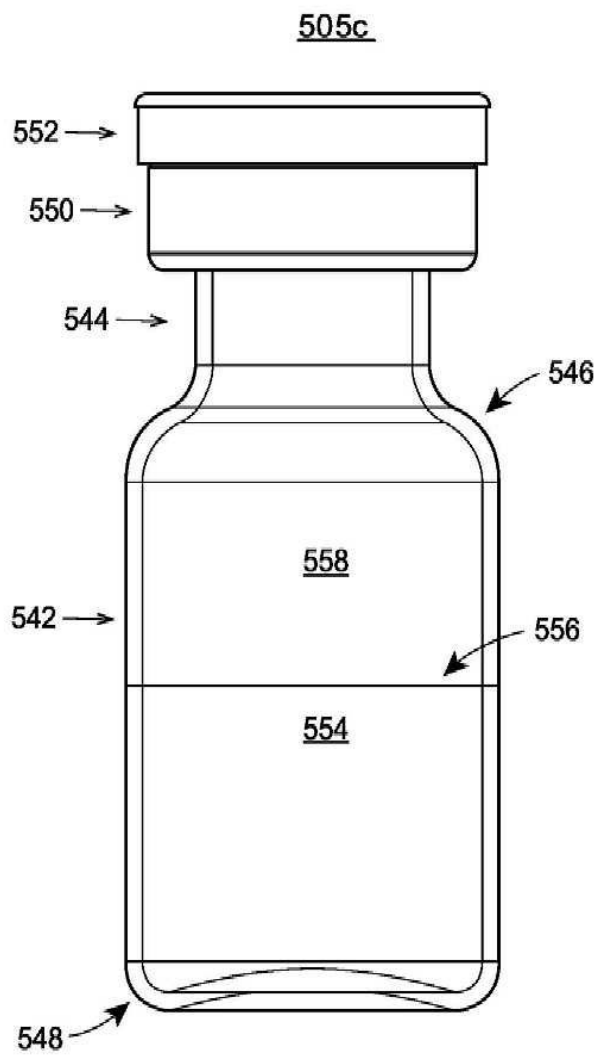
도면5a



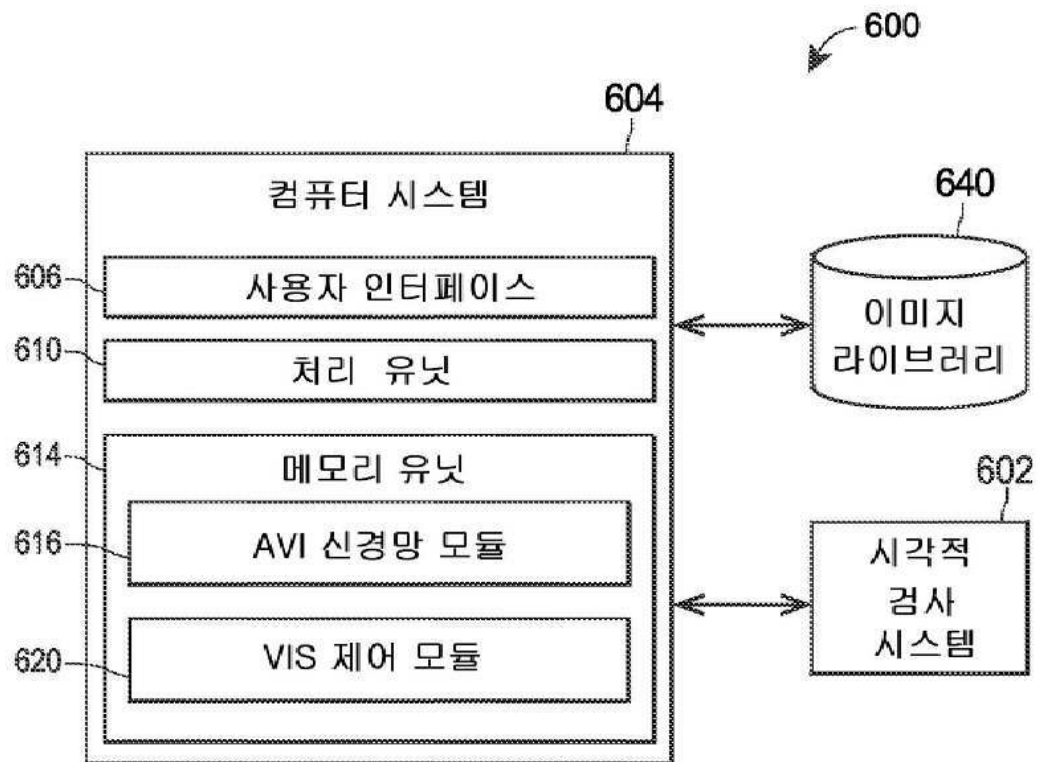
도면5b



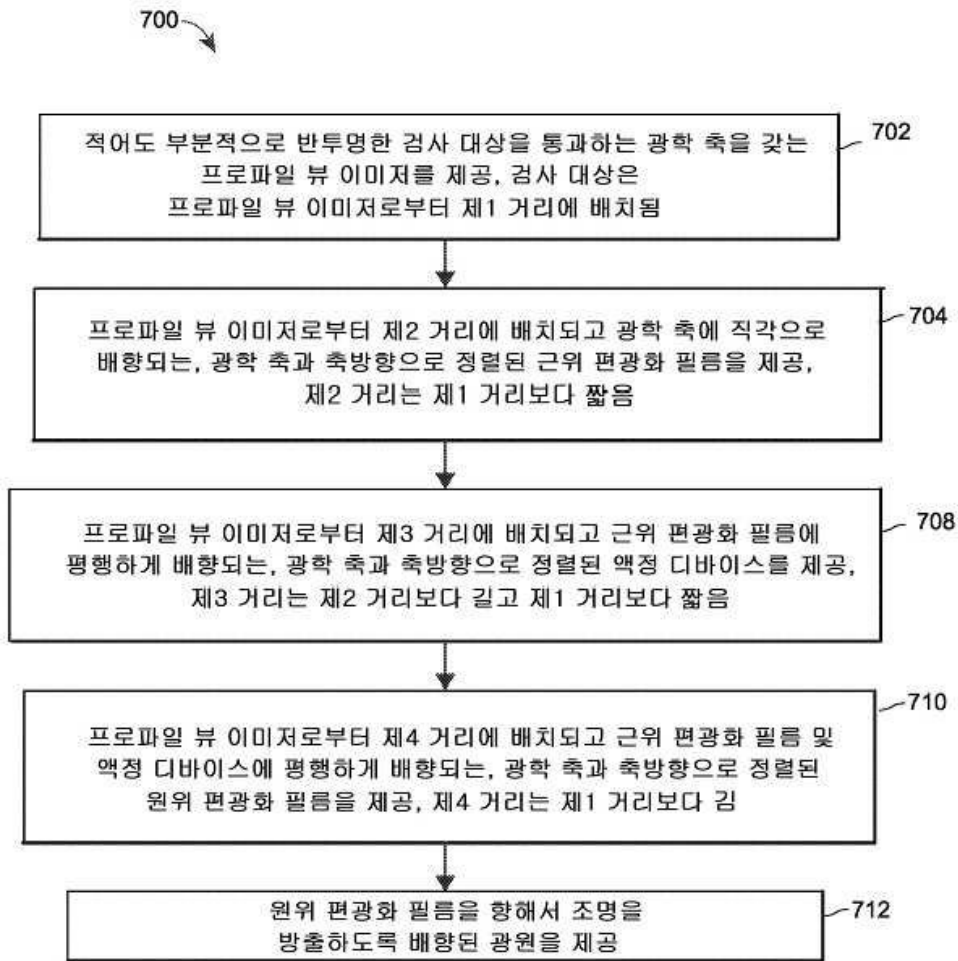
도면5c



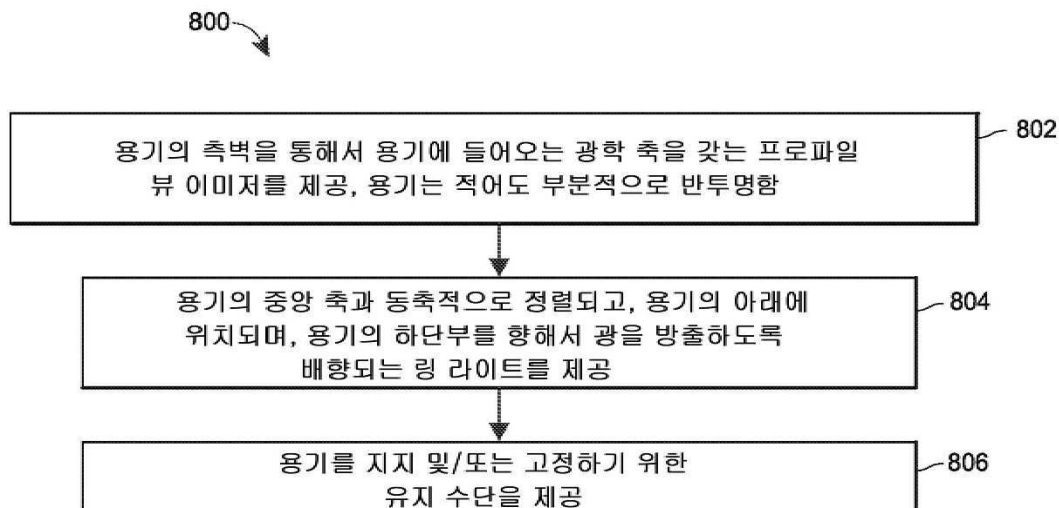
도면6



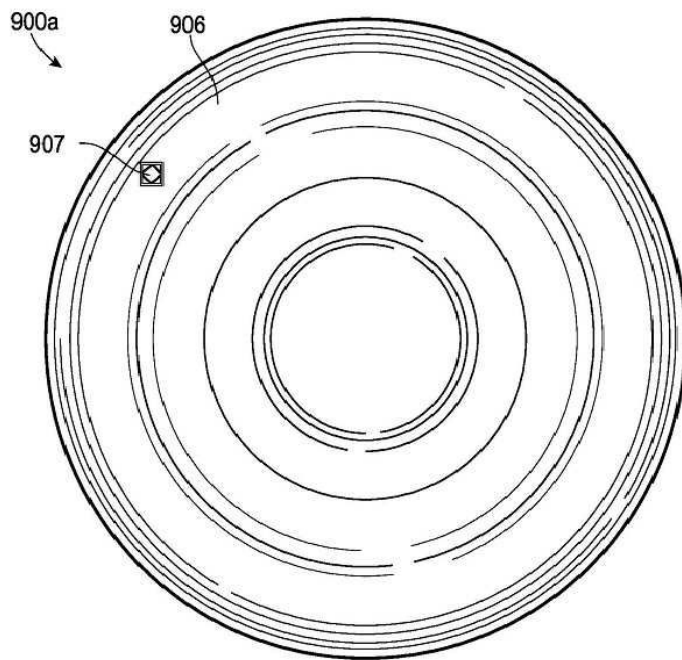
도면7



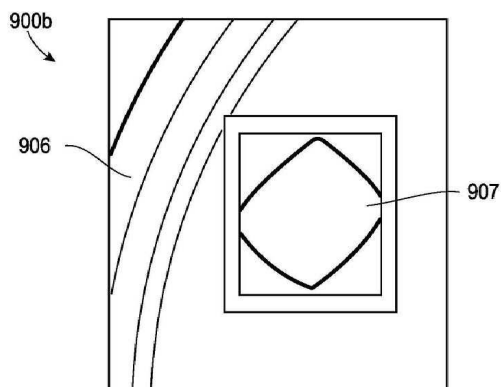
도면8



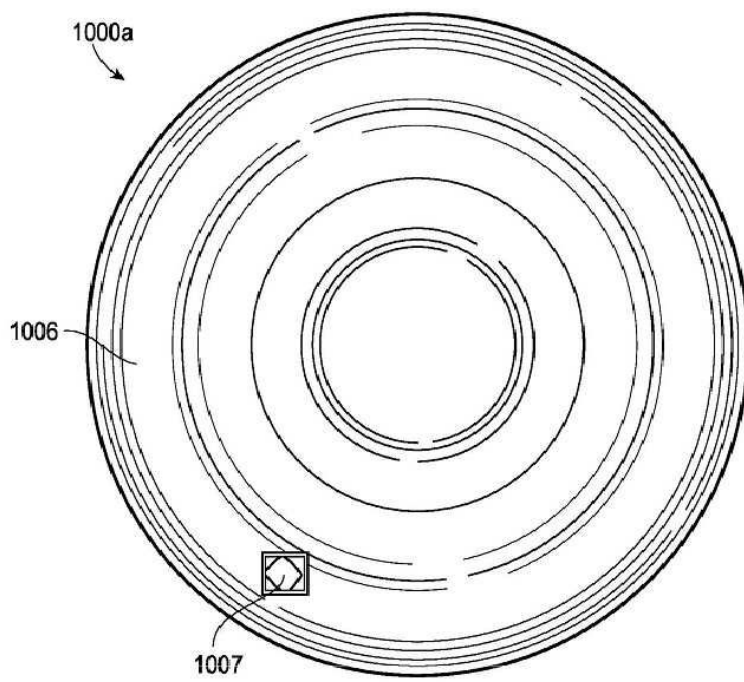
도면9a



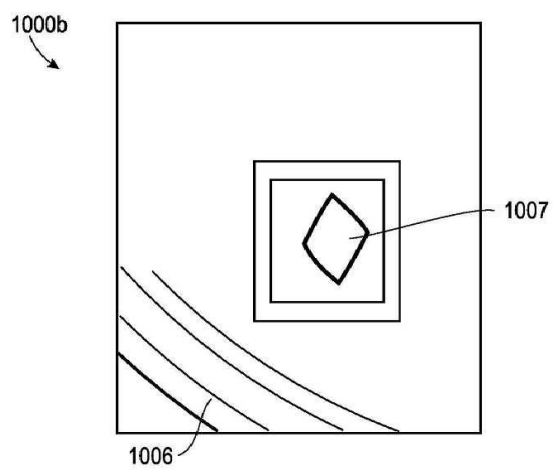
도면9b



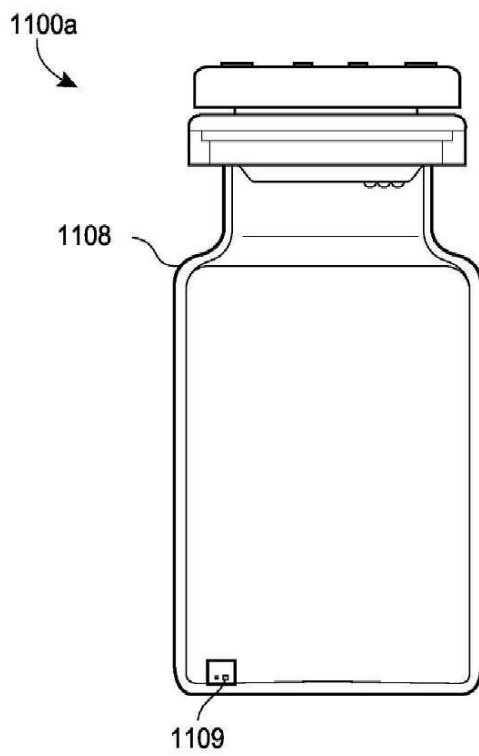
도면10a



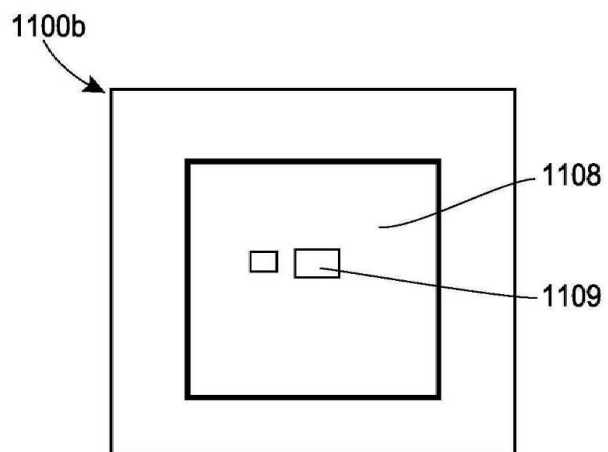
도면10b



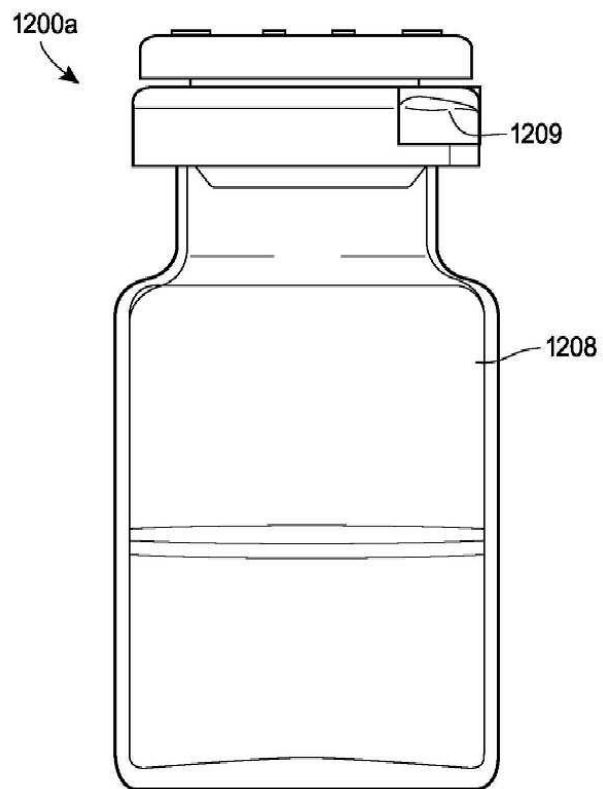
도면11a



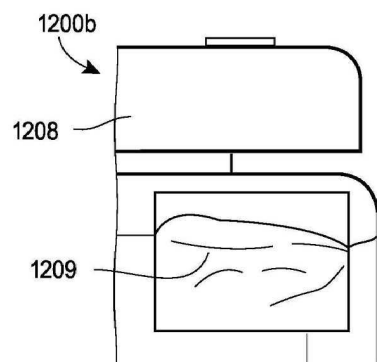
도면11b



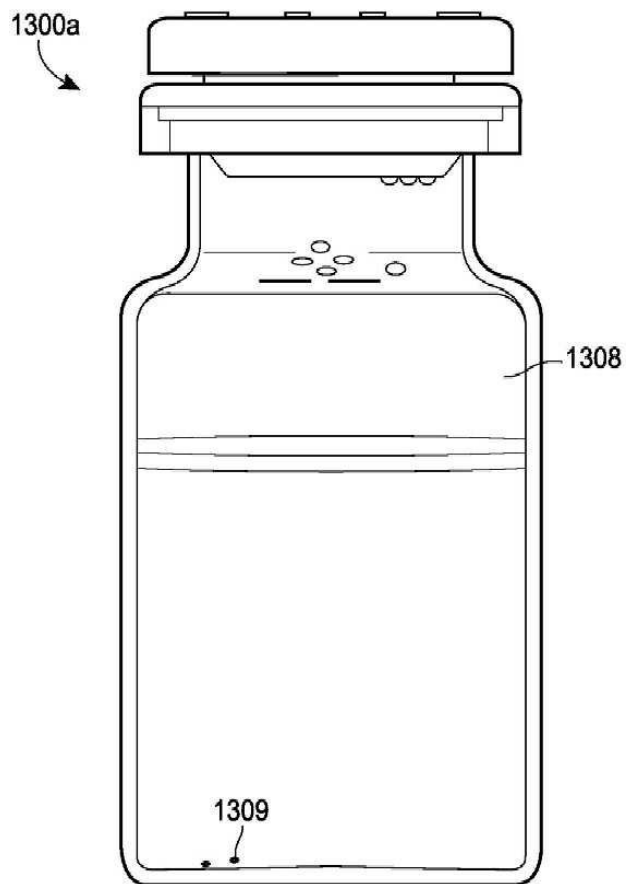
도면 12a



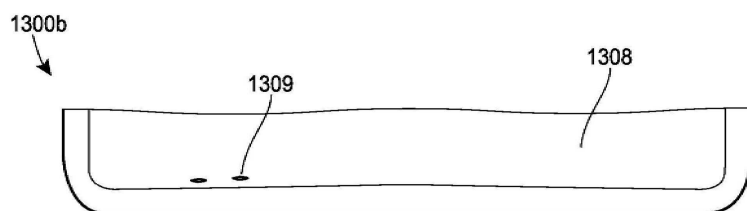
도면 12b



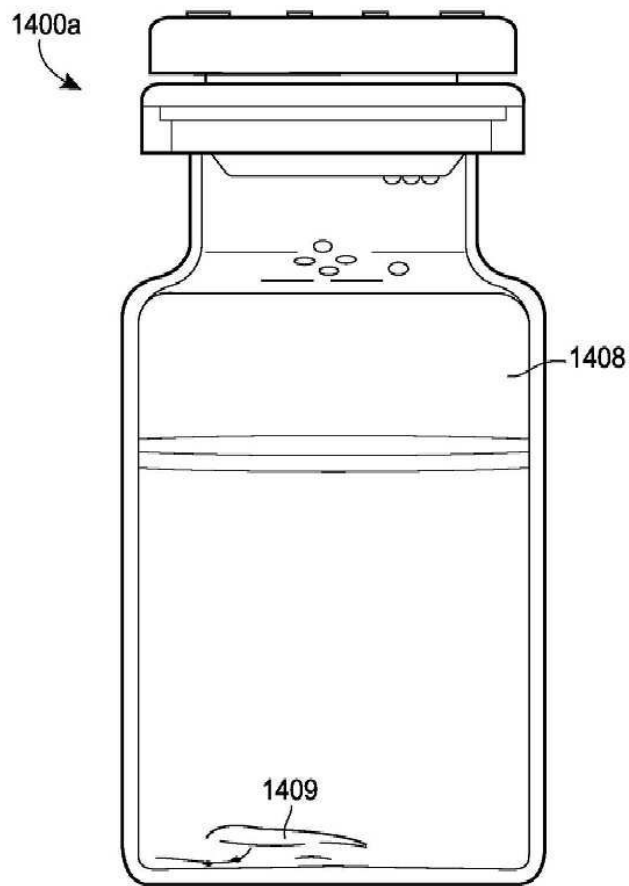
도면13a



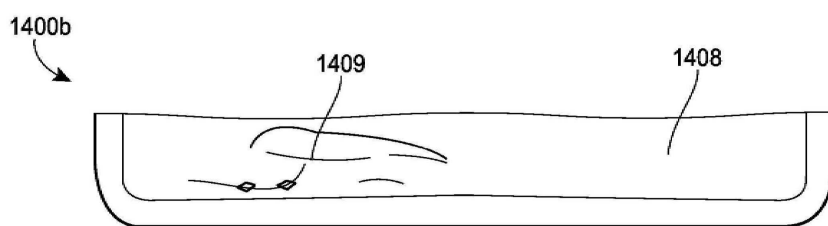
도면13b



도면14a



도면14b



도면15

1500

