



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년11월26일  
(11) 등록번호 10-2733729  
(24) 등록일자 2024년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06K 7/10 (2006.01) B65D 25/20 (2006.01)  
C09D 11/52 (2014.01) G06F 3/16 (2018.01)  
G06K 19/02 (2006.01) G06K 19/067 (2006.01)  
G06K 19/07 (2006.01) G06K 19/077 (2006.01)  
G06Q 10/08 (2024.01) H04W 4/18 (2023.01)  
H04W 4/80 (2018.01)  
(52) CPC특허분류  
G06K 7/10297 (2013.01)  
B65D 25/20 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2024-7010328(분할)  
(22) 출원일자(국제) 2019년08월02일  
심사청구일자 2024년03월27일  
(85) 번역문제출일자 2024년03월27일  
(65) 공개번호 10-2024-0045377  
(43) 공개일자 2024년04월05일  
(62) 원출원 특허 10-2023-7025616  
원출원일자(국제) 2019년08월02일  
심사청구일자 2023년07월26일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2019/044862  
(87) 국제공개번호 WO 2020/033254  
국제공개일자 2020년02월13일  
(30) 우선권주장  
62/716,741 2018년08월09일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20090267761 A1

(73) 특허권자  
라이텐, 인코포레이티드  
미국 95134-2303 캘리포니아주 샌호세 베이테크  
드라이브 145  
(72) 발명자  
스토웰 마이클 더블유  
미국 94086 캘리포니아주 쉐니베일 키퍼 로드 933  
스위트 비  
레닝 브루스  
미국 94086 캘리포니아주 쉐니베일 키퍼 로드 933  
스위트 비  
(74) 대리인  
특허법인코리어나

전체 청구항 수 : 총 30 항

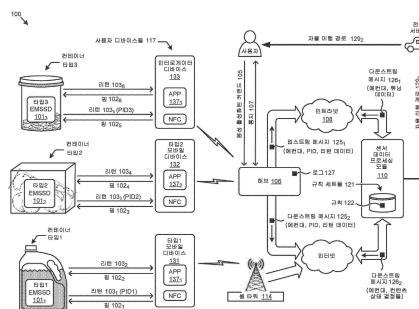
심사관 : 윤석채

(54) 발명의 명칭 전자기 상태 감지 디바이스들

(57) 요약

방법들은 애플리케이션을 다운로드하기 위한 사용자 디바이스로부터의 요청을 수신하는 단계 및 그 요청에 응답하여 애플리케이션에 대한 액세스를 제공하는 단계를 포함한다. 애플리케이션은 제 1 전자기 방사를 송신하고, 제품 패키징에 부착되는 전자기 상태 감지 디바이스(EMSSD)로부터, 제 1 전자기 방사 리턴 신호를 수신하(뒷면에 계속)

대표도



도록 구성된다. 제 1 전자기 방사 리턴 신호는, 제품 식별 코드를 포함하는 제 1 정보를 인코딩하는 전자기 방사 신호를 생성하기 위해 EMSSD 에 의해 트랜스듀싱된다. 애플리케이션은 또한, 제품 식별 코드에 기초하여 선택되는 규칙을 적용하고; 규칙에 기초하여 튜닝되는 제 2 전자기 방사 펄스를 송신하고; EMSSD 로부터, 제품 패키징 내의 콘텐츠에 관련된 제 2 정보를 인코딩하는 제 2 전자기 방사 리턴 신호를 수신하고; 그리고 사용자 디바이스로부터, 제 2 정보의 일부분을 업스트림 컴퓨팅 디바이스로 전송하도록 구성된다.

(52) CPC특허분류

*C09D 11/52* (2013.01)

*G06K 19/02* (2013.01)

*G06K 19/0675* (2013.01)

*G06K 19/0723* (2013.01)

*G06K 19/07758* (2013.01)

*G06K 7/10386* (2013.01)

*G06Q 10/087* (2023.01)

*H04W 4/185* (2013.01)

*H04W 4/80* (2018.02)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

네트워크 허브로서,

트랜시버;

하나 이상의 프로세서; 및

기계-판독가능 코드를 저장하는 메모리로서, 상기 기계-판독가능 코드는 하나 이상의 프로세서들에 의해 실행될 때 상기 네트워크 허브로 하여금,

컨테이너 근처에서 하나 이상의 전자기 펄스를 방출하라는 명령을 모바일 디바이스로 전송하고;

상기 모바일 디바이스로부터, 상기 컨테이너 상에 배치되고 상기 하나 이상의 전자기 펄스에 응답하는 탄소-기반 공진부와 연관된 리턴 신호에 관한 정보를 수신하는 단계로서, 상기 리턴 신호는 상기 컨테이너 내의 아이템의 하나 이상의 특성을 나타내는 주파수를 갖는, 상기 리턴 신호에 관한 정보를 수신하고;

상기 컨테이너 내의 상기 아이템의 레벨 또는 수량이 임계치 미만임을 나타내는 하나 이상의 특성에 기초하여 상기 아이템을 보충하라는 통지를 생성하고;

상기 네트워크 허브와 연관된 사용자로부터, 상기 통지에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 아이템을 보충하라는 요청을 수신하고;

온라인 배달 서비스에서 인터넷을 통해, 상기 요청에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 사용자에게 다른 아이템의 배달 주문을 전송하는 것을 포함하는 동작들을 수행하도록 하는, 상기 메모리를 포함하는 네트워크 허브.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 요청은 상기 모바일 디바이스로부터 수신되는 네트워크 허브.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 통지는 상기 아이템의 수량, 품질, 만료 일자, 리필 일자, 리필 카운트, 로트 (lot) 번호, 화학 조성 또는 농도 중 하나 이상을 나타내는 네트워크 허브.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 기계-판독가능 코드의 실행은, 상기 네트워크 허브로 하여금, 상기 아이템의 상기 수량, 상기 품질, 상기 만료 일자, 상기 리필 일자, 상기 리필 카운트, 상기 로트 번호, 상기 화학 조성 또는 상기 농도 중 하나 이상을 저장하는 로그를 유지하도록 하는, 네트워크 허브.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 명령은 상기 컨테이너 근처에서 방출되는 상기 하나 이상의 전자기 펄스의 주파수 또는 주파수 범위를 나타내는 네트워크 허브.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 나타내진 상기 주파수 또는 주파수 범위는 상기 컨테이너 상에 배치된 상기 탄소-기반 공진부의 공진 주파수에 적어도 부분적으로 기초하는 네트워크 허브.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 특성은 상기 아이템의 제품 ID 를 나타내는 네트워크 허브.

#### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 특성은 상기 아이템의 온도를 나타내는 네트워크 허브.

#### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 특성은 상기 컨테이너 내의 분석물의 존재 또는 부재를 나타내는 네트워크 허브.

#### 청구항 10

제1항에 있어서, 상기 통지는 가청 (audible) 경고를 포함하는 네트워크 허브.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 가청 경고는 상기 네트워크 허브와 연관된 음성 어시스턴트에 의해 상기 사용자에게 제공되는 자연어를 포함하는 네트워크 허브.

#### 청구항 12

제1항에 있어서, 상기 통지는 이메일 또는 텍스트 메시지를 통해 상기 사용자에게 제공되는 네트워크 허브.

#### 청구항 13

제1항에 있어서, 상기 요청은 상기 네트워크 허브와 연관된 음성 어시스턴트에 의해 상기 사용자로부터 수신된 가청 명령인 네트워크 허브.

#### 청구항 14

제13항에 있어서, 상기 가청 명령은 상기 음성 어시스턴트에 의해 상기 사용자에게 제공되는 자연어를 포함하는 네트워크 허브.

#### 청구항 15

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 전자기 펄스는 상기 사용자와 연관된 팬트리에서 방출되고 상기 아이템은 부패하기 쉬운 식품을 포함하는 네트워크 허브.

#### 청구항 16

제15항에 있어서, 상기 하나 이상의 특성은 상기 부패하기 쉬운 식품의 수량, 상기 부패하기 쉬운 식품의 만료 일자, 상기 부패하기 쉬운 식품 주변의 가스 농도 또는 상기 부패하기 쉬운 식품의 온도를 나타내는 네트워크 허브.

#### 청구항 17

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 전자기 펄스는 상기 사용자와 연관된 의약품 상자에서 방출되고 상기 아이템은 약물을 포함하는 네트워크 허브.

#### 청구항 18

제17항에 있어서, 상기 하나 이상의 특성은 상기 약물의 수량, 상기 약물의 만료 일자, 상기 약물의 리필 일자, 상기 약물의 리필 횟수, 상기 약물의 로트 (lot) 번호, 상기 약물의 화학 조성 또는 상기 약물의 농도 중 하나 이상을 나타내는 네트워크 허브.

#### 청구항 19

제1항에 있어서, 상기 리턴 신호의 주파수는 상기 컨테이너 상에 배치된 상기 탄소-기반 공진부에 적어도 부분적으로 기초하는 네트워크 허브.



## 청구항 20

네트워크 허브와 연관된 하나 이상의 프로세서에 의해 수행되는 방법으로서,

상기 방법은:

컨테이너 근처에서 하나 이상의 전자기 펄스를 방출하라는 명령을 모바일 디바이스로 전송하는 단계;

상기 모바일 디바이스로부터, 상기 컨테이너 상에 배치되고 상기 하나 이상의 전자기 펄스에 응답하는 탄소-기반 공진부와 연관된 리턴 신호에 관한 정보를 수신하는 단계로서, 상기 리턴 신호는 상기 컨테이너 내의 아이템의 하나 이상의 특성을 나타내는 주파수를 갖는, 상기 리턴 신호에 관한 정보를 수신하는 단계;

상기 컨테이너 내의 상기 아이템의 레벨 또는 수량이 임계치 미만임을 나타내는 상기 하나 이상의 특성에 기초하여 상기 아이템을 보충하기 위한 통지를 생성하는 단계;

상기 네트워크 허브와 연관된 사용자로부터, 상기 통지에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 아이템을 보충하라는 요청을 수신하는 단계; 및

온라인 배달 서비스에서 인터넷을 통해 상기 요청에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 사용자에게 다른 아이템의 배달 주문을 전송하는 단계를 포함하는, 방법.

## 청구항 21

제20항에 있어서, 상기 통지는 상기 아이템의 수량, 품질, 만료 일자, 리필 일자, 리필 카운트, 로트 번호, 화학 조성 또는 농도 중 하나 이상을 나타내는 방법.

## 청구항 22

제21항에 있어서, 상기 아이템의 상기 수량, 상기 품질, 상기 만료 일자, 상기 리필 일자, 상기 리필 카운트, 상기 로트 번호, 상기 화학 조성 또는 상기 농도 중 하나 이상을 저장하는 로그를 유지하는 단계를 더 포함하는 방법.

## 청구항 23

제20항에 있어서, 상기 명령은 상기 컨테이너 근처에서 방출된 상기 하나 이상의 전자기 펄스의 주파수 또는 주파수 범위를 나타내는 방법.

## 청구항 24

제23항에 있어서, 나타내진 상기 주파수 또는 주파수 범위는 상기 컨테이너 상에 배치된 상기 탄소-기반 공진부의 공진 주파수에 적어도 부분적으로 기초하는 방법.

## 청구항 25

제20항에 있어서, 상기 하나 이상의 특성은 상기 컨테이너 내의 분석물의 존재 또는 부재를 나타내는 방법.

## 청구항 26

제20항에 있어서, 상기 통지는 가청 경고를 포함하는 방법.

## 청구항 27

제26항에 있어서, 상기 가청 경고는 상기 네트워크 허브와 연관된 음성 어시스턴트에 의해 상기 사용자에게 제공되는 자연어를 포함하는 방법.

## 청구항 28

제20항에 있어서, 상기 요청은 상기 네트워크 허브와 연관된 음성 어시스턴트에 의해 상기 사용자로부터 수신된 가청 명령인 방법.

## 청구항 29

제20항에 있어서, 상기 하나 이상의 전자기 펄스는 상기 사용자와 연관된 팬트리에서 방출되고 상기 아이템은 부패하기 쉬운 식품을 포함하는 방법.

### 청구항 30

제29항에 있어서, 상기 하나 이상의 특성은 상기 부패하기 쉬운 식품의 수량, 상기 부패하기 쉬운 식품의 만료일자, 상기 부패하기 쉬운 식품 주변의 가스 농도 또는 상기 부패하기 쉬운 식품의 온도를 나타내는 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 관련 출원들

[0002] 본 출원은 "PRODUCT SENSING" 의 명칭으로 2018년 8월 9일자로 출원된 미국 특허출원 제62/716,741호에 대한 우선권의 이익을 주장하며, 그 출원은 본 명세서에 참고로 전부 통합된다.

#### 배경 기술

[0003] 센서들은 상점 내의 재고를 추적하는 것 및/또는 제조 및 이행 (fulfillment) 체인을 통해 단대단으로 컴포넌트들을 모니터링하는 것과 같은 다수의 목적들을 위해 널리 사용된다. 감지 디바이스들은 통상적으로, 정보를 수신 및 전송하기 위해 전자기 신호들을 활용한다. 예를 들어, 무선주파수 식별 (RFID) 태그들은 정보를 RFID 판독기로 전송하며, 여기서, 수동 RFID 태그들의 경우, 태그는 인터로게이팅 (interrogating) 신호로부터의 에너지를 활용하여 태그에 전력공급하고 신호를 판독기로 다시 전송한다. 전자기 감지 디바이스들의 사용을 위한 종래의 기법들은 다수의 결점들을 나타내며, 따라서, 그러한 결점들을 해결하는 기법 또는 기법들이 필요하다.

#### 발명의 내용

#### 과제의 해결 수단

[0004] 일부 실시형태들에 있어서, 방법들은 애플리케이션을 다운로드하기 위한 사용자 디바이스로부터의 요청을 수신하는 단계, 및 사용자 디바이스로부터의 요청에 응답하여 애플리케이션에 대한 액세스를 제공하는 단계를 포함한다. 애플리케이션은 제 1 전자기 방사를 송신하고, 제품 패키징에 부착되는 제 1 전자기 상태 감지 디바이스 (EMSSD) 로부터, 제 1 전자기 방사 리턴 신호를 수신하도록 구성된다. 제 1 전자기 방사 리턴 신호는, 제품 식별 코드를 포함하는 적어도 제 1 정보를 인코딩하는 전자기 방사 신호를 생성하기 위해 제 1 전자기 방사 펄스에 응답하여 제 1 전자기 상태 감지 디바이스에 의해 트랜스듀싱된다. 애플리케이션은 또한, 제품 식별 코드에 적어도 부분적으로 기초하여 선택되는 규칙을 적용하고; 규칙에 적어도 부분적으로 기초하여 튜닝되는 제 2 전자기 방사 펄스를 송신하고; 제 1 전자기 상태 감지 디바이스로부터, 제품 패키징 내의 콘텐츠에 관련된 제 2 정보를 인코딩하는 제 2 전자기 방사 리턴 신호를 수신하고; 그리고 사용자 디바이스로부터, 제 2 정보의 적어도 일부분을 업스트림 컴퓨팅 디바이스로 전송하도록 구성된다.

[0005] 기술적 실시형태들의 양태들, 목적들, 및 이점들의 추가의 상세들이 본 명세서에서 그리고 도면들 및 청구항들에서 기술된다.

#### 도면의 간단한 설명

[0006] 하기에 설명된 도면들은 오직 예시 목적들을 위한 뿐이다. 도면들은 본 개시의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.

도 1 은 일 실시형태에 따른, 전자기 상태 감지 디바이스들이 전개될 수 있는 환경을 도시한다.

도 2 는 일 실시형태에 따른, 전자기 상태 감지 디바이스들이 전개될 수 있는 프로세싱 플로우를 도시한 플로우 차트를 제시한다.

도 3a 는 일 실시형태에 따른 전자기 상태 감지 디바이스의 개략도이다.

도 3ba 는 일 실시형태에 따른, 액체 콘텐츠의 제 1 상태가 측정되는 전개 시나리오를 예시한다.

도 3bb 는 일 실시형태에 따른, 액체 콘텐츠의 제 2 상태가 측정되는 전개 시나리오를 예시한다.

도 3bc 는 일 실시형태에 따른, 액체 콘텐츠의 상태가 측정되고 디스플레이되는 전개 시나리오를 예시한다.

도 3bd 는 일 실시형태에 따른, 제품의 콘텐츠의 상태를 표시하기 위한 프린팅된 디스플레이의 단면도를 예시한다.

도 3c 는 일 실시형태에 따른, 전자기 상태 감지 디바이스의 동적 범위를 결정하기 위한 선택 차트이다.

도 4aa 및 도 4ab 는 일 실시형태에 따른, 각각, 제 1 환경 및 제 2 환경에서 전자기 상태 감지 디바이스의 등가 회로 모델들이다.

도 4b 는 일 실시형태에 따른, 상이한 환경들에서 전자기 상태 감지 디바이스들을 교정하기 위해 사용된 바와 같은 경험적 데이터 캡처 기법을 도시한다.

도 5a 는 일 실시형태에 따른, 전자기 상태 감지를 위해 사용된 바와 같은 시그너처 캡처 기법을 도시한다.

도 5b 는 일 실시형태에 따른, 전자기 상태 감지를 위해 사용된 바와 같은 시그너처 분석 기법을 도시한다.

도 6 은 일 실시형태에 따른, 보충 시스템에서 허브로서 사용된 바와 같은 가상 보조기를 도시한다.

도 7a 는 일 실시형태에 따른, 전자기 상태 감지 디바이스들에 기초하여 보충 시스템에서 사용된 바와 같은 규칙 코드화 기법을 제시한다.

도 7b 는 일 실시형태에 따른, 전자기 상태 감지 디바이스들에 기초하여 보충 시스템에서 사용된 바와 같은 규칙 실행 기법을 제시한다.

도 8 은 일 실시형태에 따른, 전자기 상태 감지 디바이스들에 기초하여 보충 시스템에서 사용된 바와 같은 예시적인 프로토콜을 도시한다.

도 9 는 본 명세서에서 개시된 실시형태들 중 특정 실시형태를 구현하도록 상호연결되는 컴퓨팅 모듈들의 배열들로서 시스템 컴포넌트들을 도시한다.

도 10a 내지 도 10y 는 일부 실시형태들에 따른, 다른 재료들 위에서 성장되는 구조화된 탄소들, 다양한 탄소 나노입자들, 다양한 탄소 기반 응집체들, 및 다양한 3차원 탄소 함유 어셈블리들을 도시한다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 본 개시의 양태들은 상태 센서들을 저렴하게 전개하는 방법과 연관된 문제들을 해결한다. 일부 실시형태들은, 식별 정보뿐만 아니라 제품 상태 정보도 방출할 수 있는 감지 디바이스들을 프린팅하기 위한 접근법들에 관한 것이다.

[0008] 개관

[0009] 제품의 그 패키징에서의 식별을 위한 다양한 방법들이 e커머스의 출현 이래로 사용 중에 있다. 하지만, 단지 특정 위치 및 시간에서의 제품의 존재의 식별만으로는, 소비자의 거주지, 자동차, 보트 등에 있거나 그 근처에 있는 제품들에 대한 진행중인 자동 상태 체크들에 대한 소비자의 필요를 해결하는데 실패한다.

[0010] 불행하게도, 종래의 무선 주파수 식별자들(RFID들)이나 종래의 근접장 라벨들은 이러한 정보를 제공할 수 없다. 모바일 판독기 또는 고정식 스캐너에 의해 판독될 수 있는 방식으로 식별 정보뿐만 아니라 제품 상태 정보도 방출할 수 있는 새로운 타입들의 감지 디바이스들이 필요하다.

[0011] 패키지들로 전달된 제품들이 존재하는 한, 제품의 그 패키징에서의 식별을 위한 다양한 방법들이 사용 중에 있다. 바코드들의 초창기에, "마크 및 공간" 심볼이 패키징 상에 프린팅되었다. 그 다음, 심볼 판독기(예컨대, 바코드 판독기/스캐너)의 사용을 통해, 특정 제품이 식별될 수 있었다. 그러한 심볼들의 패키징 상으로의 프린팅은 매우 저렴하며, 심볼 판독기들은 예를 들어 금전 등록기와 함께 전개되고 통합되기에 충분히 저렴하다. 그러한 심볼 판독기 및 대응하는 금전 등록기가 중앙 컴퓨터 시스템과 추가로 인터페이싱될 경우, 고유하게 식별된 제품 단위의 구매가 집계될 수 있다. 재고 회계, 주문, 제품 보충, 및 진행중인 상거래의 다른 기능들이, 일부 경우들에 있어서, 인간 개입없이 촉진될 수 있다.

[0012] 하지만, 일부 경우들에 있어서, 그러한 바코드들을 제품 패키징 상에 프린팅하는 것이 가능하지 않고/않거나 편리하지 않으며, 및/또는 일부 경우에 있어서는 판독기를 전개하는 것이 가능하지 않거나 편리하지 않다. 그

러한 경우들에 있어서, 무선 주파수 식별자 (RFID) 는 제품 또는 그 패키징에 부착되거나 내장될 수 있다. 그 부착된 또는 내장된 RFID 를 갖는 제품이 RFID 관독기에 근접해 있을 경우, 그 존재가 집계될 수 있다. 주어진 RFID 는, "핑" 에 의해 자극될 때 고유 식별자를 방출하도록 제조될 수 있다. 고유 식별자는 임의의 수의 비트들을 가질 수 있고, 그에 따라, 고유 식별자는 특정 제품과 연관될 수 있다. 그에 따라, 제품 보충 및 상거래의 다른 기능들이 촉진될 수 있다.

[0013] 불행하게도, 단지 제품을 식별하는 것 또는 단지 식별된 제품의 특정 존재 및 위치를 식별하는 것만으로는 한계들을 갖는다. 예를 들어, 금전 등록기에서 또는 출구에서 제품을 감지하는 것은 (예컨대, 제품 단위의 구매를 검출하기 위해 또는 제품 단위의 이동을 검출하기 위해) 귀중한 정보일 수 있지만, 때로는 제품의 특정 단위와 관련 더 많은 정보 (예컨대, 상태) 를 감지하는 것이 귀중하다.

[0014] 제품 패키징 상에 감지 디바이스를 프린팅하는 것 및 콘텐츠에 관한 정보를 수집하기 위해 감지 디바이스를 "핑"하는 것에 의해 콘텐츠의 특성들을 감지하기 위해 일부 시도들이 행해졌다. 하지만, 그러한 감지 디바이스들은 습도, 온도 등과 같은 환경 변수들만을 측정하는 것으로 제한되었다. 따라서, 제품의 특정 단위와 관련 더 많은 정보 (예컨대, 상태) 를 감지하기 위한 필요가 충족되지 않은 채로 남아 있다.

[0015] 예를 들어, 컨테이너가 얼마나 충만되어 있는지를 아는 것이 유용할 수도 있다. 또는 컨테이너가 새고 있는지 또는 콘텐츠가 부패하거나 썩거나 또는 다른 이유로 인해 가스들을 발산하고 있는지 등을 아는 것이 유용할 수도 있다. 이러한 상황은 상이한 제품들의 복수의 단위들에 관한 상태 정보를 정기적으로 업데이트하기 위한 필요에 의해 더 복잡해진다. 예를 들어, 가정 상황에서, 소비자가 그 거주지 (또는 자동차, 또는 보트 등) 를 횡단함에 따라 조우되는 임의의 또는 모든 제품들의 상태 정보 (예컨대, 수량, 효능, 진부함 등) 를 정기적으로 업데이트하는 것이 바람직할 수도 있다.

[0016] 종래의 RFID들이나 종래의 근접장 라벨들은 필요한 정보를 제공할 수 없다. 식별 정보뿐만 아니라 제품 특정 상태 정보도 방출할 수 있는 새로운 타입들의 감지 디바이스들로부터 수집을 용이하게 하는 시스템들이 필요하다.

[0017] 정의들 및 도면들의 사용

[0018] 이 설명에서 사용되는 용어들 중 일부가 용이한 참조를 위해 하기에서 정의된다. 제시된 용어들 및 그 개별 정의들은 이들 정의들로 엄격하게 제약되지 않으며, 용어는 본 개시 내에서 그 용어의 사용에 의해 추가로 정의될 수도 있다. 용어 "예시적인" 은 예, 사례, 또는 예시로서 기능함을 의미하도록 본 명세서에서 사용된다. "예시적인" 것으로서 본 명세서에서 설명된 임의의 양태 또는 설계는 다른 양태들 또는 설계들에 비해 반드시 선호되거나 유리한 것으로서 해석되지는 않아야 한다. 대신, 단어 '예시적인' 의 사용은 개념들을 구체적인 방식으로 제시하도록 의도된다. 본 출원 및 첨부된 청구항들에서 사용된 바와 같이, 용어 "또는" 은 배타적인 "또는" 보다는 포괄적인 "또는" 을 의미하도록 의도된다. 즉, 달리 명시되거나 문맥으로부터 분명하지 않으면, "X 는 A 또는 B 를 채용한다" 는 자연적인 포괄적 치환들 중 임의의 치환을 의미하도록 의도된다. 즉, X 가 A 를 채용하거나 X 가 B 를 채용하거나 또는 X 가 A 및 B 양자 모두를 채용한다면, "X 는 A 또는 B 를 채용한다" 는 임의의 전술한 사례들 하에서 만족된다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, A 또는 B 중 적어도 하나는 A 중 적어도 하나, 또는 B 중 적어도 하나, 또는 A 및 B 양자 모두 중 적어도 하나를 의미한다. 즉, 이 어구는 이접적이다. 본 출원 및 첨부된 청구항들에서 사용되는 바와 같은 관사들 ("a" 및 "an") 은, 달리 명시되거나 문맥으로부터 단수 형태로 지향되는 것이 분명하지 않으면 일반적으로 "하나 이상" 을 의미하도록 해석되어야 한다.

[0019] 다양한 실시형태들이 도면들을 참조하여 본 명세서에서 설명된다. 도면들은 반드시 스케일링하도록 묘화될 필요는 없으며 유사한 구조들 또는 기능들의 엘리먼트들은 때때로 도면들 전반에 걸쳐 동일한 참조 문자들에 의해 표현됨을 유의해야 한다. 또한, 도면들은 개시된 실시형태들의 설명을 용이하게 하도록 의도될 뿐이고, 모든 가능한 실시형태들의 철저한 처리를 나타내는 것은 아니며 청구항들의 범위에 대한 임의의 제한을 부여하도록 의도되지 않음을 유의해야 한다. 부가적으로, 예시된 실시형태는 임의의 특정 환경에서의 사용의 모든 양태들 또는 이점들을 나타낼 필요는 없다.

[0020] 특정 실시형태와 관련하여 설명된 양태 또는 이점은 반드시 그 실시형태로 제한될 필요는 없으며, 그렇게 예시되지 않았더라도 임의의 다른 실시형태들에서 실행될 수 있다. "일부 실시형태들" 또는 "다른 실시형태들" 에 대한 본 명세서 전반에 걸친 참조들은 적어도 하나의 실시형태에 포함되는 것으로서 그 실시형태들과 관련하여 설명된 특정한 특징, 구조, 재료 또는 특성을 지칭한다. 따라서, 본 명세서 전반에 걸친 다양한 곳들에

서의 어구들 "일부 실시형태들에 있어서" 또는 "다른 실시형태들에 있어서"의 출현은 반드시 동일한 실시형태 또는 실시형태들을 지칭할 필요가 있는 것은 아니다. 개시된 실시형태들은 청구항들을 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

[0021] 예시적인 실시형태들의 설명들

[0022] 도 1은 전자기 상태 감지 디바이스들이 전개될 수 있는 환경 (100)을 도시한다. 옵션으로서, 환경 (100) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다.

[0023] 도 1은, 식별 정보뿐만 아니라 제품 상태 정보도 방출할 수 있는 프린팅된 감지 디바이스들에 관련된 양태들을 예시한다. 구체적으로, 그 도면은, 상태 센서들을 저렴하게 전개하는 방법의 문제를 다루는 것에 대한 그 기여에 관하여 제시되고 있다. 더 구체적으로, 도 1은, 정량적인 값들이 전자기 상태 감지 디바이스 (EMSSD)에 의해 감지되고 데이터 프로세싱을 위해 컴퓨팅 사이트로 중계될 수 있는 환경을 도시한다. "전자기"는, 상대적으로 낮은 주파수들 (예컨대, 125 kHz) 또는 더 높은 무선 주파수들 (13.6 MHz), 또는 그 이상에서 전파하는 신호들을 의미하는데 사용될 것이다.

[0024] 도시된 바와 같이, 센서들 (예컨대, 센서 (101<sub>1</sub>), 센서 (101<sub>2</sub>), 및 센서 (101<sub>3</sub>))은 평으로 자극된다. 자극된 센서들은, 그 대응하는 컨테이너 내에 있는 제품의 하나 이상의 양태들을 특성화하는 공진 시그니처를 방출한다. 수개의 상이한 컨테이너 타입들 및 수개의 상이한 컨테이너 양태들이 도시된다.

[0025] 예를 들어, 스마트폰 (또는 다른 타입의 모바일 디바이스)에 의해 평이 발생될 수 있다. 구체적으로, 모바일 디바이스 (예컨대, 스마트폰) 상의 애플리케이션 ("앱", 즉, 소프트웨어 애플리케이션, 컴퓨터 프로그램, 컴퓨터 판독가능 매체)은 전자기 방출기 디바이스 구동기 (예컨대, 근접장 통신 (NFC) 디바이스 구동기)를 제어할 수 있으며, 이 전자기 방출기 디바이스 구동기는 차례로 전자기 방출기 디바이스로 하여금 평을 발생하게 할 수 있다. 그에 따라, 평의 주파수, 지속기간 및 형상이 제어될 수 있다. 평에 의한 여기 시, 근처 센서가 공진하고, 제품의 그 컨테이너 내부의 양태들에 관련된 정보를 인코딩하는 시그니처를 방출한다. 제품의 그 컨테이너 내부의 양태들에 관련된 정보는 추가 프로세싱을 위해 재포맷팅되고 업스트림으로 중계된다. 일부 실시형태들에 있어서 그리고 도시된 바와 같이, 재포맷팅되고 업스트림으로 중계되는 정보는 추가 센서 데이터 프로세싱을 위해 인터넷 또는 인트라넷 (108) 상으로의 통신을 위해 라우팅될 수 있다.

[0026] 다수의 상이한 타입들 또는 구성들의 EMSSD들이 제품 패키징에 적용될 수 있다. 도시된 바와 같이, 타입1 EMSSD (101<sub>1</sub>)는 타입1 컨테이너에 적용될 수 있고, 타입2 EMSSD (101<sub>2</sub>)는 타입2 컨테이너에 적용될 수 있고, 타입3 EMSSD (101<sub>3</sub>)는 타입3 컨테이너에 적용될 수 있다. 그러한 컨테이너들은 액체들 (예컨대, 세제들, 알코올, 연료, 우유 등)을 보유하기 위한 용기 (예컨대, 플라스틱 또는 유리로 제조된 저그 또는 병과 같은 타입1 컨테이너)일 수 있다. 대안적으로, 컨테이너들은, 임의의 콘텐츠를 보유하기 위한 카톤 (예컨대, 플라스틱 재료로 코팅될 수도 있거나 코팅되지 않을 수도 있는 카르보드 또는 페이퍼보드 박스와 같은 타입2 컨테이너)일 수 있다. 추가로, 컨테이너는 의약품과 같은 일부 특정 제품을 포함하도록 설계되는 특수 컨테이너 (예컨대, 약병, 헌지 박스, 드로퍼 보틀과 같은 타입3 컨테이너)일 수 있다. 임의의 전술한 컨테이너들은 임의의 세팅으로 제시될 수도 있다.

[0027] 엄밀하게 일 예로서, 상이한 타입들의 전술한 컨테이너들은 가정 세팅에서 발견될 수도 있다. 이에 따라, 소비자는 자신의 거주지를 걸을 수도 있으며, 걷는 과정 동안, 모바일 디바이스는 전자기 평들을 방출하고 전자기 리턴들을 캡처할 것이다. 전자기 방사를 방출하도록 제어될 수 있는 임의의 하나 이상의 사용자 디바이스들 (117)은 평들을 방출하고 리턴된 신호들을 캡처할 수 있다.

[0028] 도시된 바와 같이, 사용자 디바이스 (117)는 타입1 모바일 디바이스 (131) (예컨대, iOS 폰)일 수 있거나, 또는 사용자 디바이스 (117)는 타입2 모바일 디바이스 (132) (예컨대, 안드로이드 폰)일 수 있거나, 또는 사용자 디바이스 (117)는 팬트리 또는 의약품 상자에 위치될 수도 있는 것과 같은 인터로게이터 디바이스 (133)의 고정식 인스턴스 (예컨대, 고정식 RFID 판독기)일 수 있다. 임의의 그러한 사용자 디바이스들 또는 변형들은, 도시된 NFC 디바이스들 (사용자 디바이스들 (117))과 같은 전자기 방출 디바이스를 직접 또는 간접적으로 제어하는 실행가능 코드 (예컨대, 앱)로 구성될 수 있다. 임의의 수의 사용자 디바이스들은 일반적으로, 임의의 EMSSD에 근접해 있을 수 있고, 각각의 사용자 디바이스는 평들을 방출하고 응답들을 캡처한다. 평들 및 응답들이 동시에 발생하고 서로 매우 근접해 있으면, 각각의 앱 (예컨대, 앱 (137<sub>1</sub>), 앱 (137<sub>2</sub>), 및 앱



(137<sub>3</sub>)은 충돌을 인식하고 핑들을 재시도하며, 따라서, 충돌 검출, 다중 액세스 프로토콜을 구현할 수 있다.

[0029] 본 개시에서, 핑들은, 인간 상호작용에 대한 필요없이, 시스템에 의해 식별된 제품의 타입에 기초하여 다양한 목적들을 위해 다양한 주파수들로 튜닝될 수 있다. 도시된 예에 있어서, 핑 (102<sub>1</sub>)은 제 1 RFID 주파수에 대응하는 제 1 주파수에서 방출된다. EMSSD (101<sub>1</sub>)의 제 1 부분은 그 핑에, 제품 및/또는 컨테이너 타입에 대응하는 값 (예컨대, 1들 및 0들의 스트링)을 인코딩하는 리턴 (103<sub>1</sub>) (즉, "PID1"과 같은 전자기 신호)으로 응답한다. 인코딩된 값이 주어지면, 앱 (137<sub>1</sub>)은 후속 핑 (102<sub>2</sub>)의 특성들을 결정 (예컨대, 튜닝, 맞춤화, 커스터마이징)할 수 있다. 리턴 (103<sub>2</sub>)은 후속 핑 (102<sub>2</sub>)에 응답한다. 리턴 (103<sub>2</sub>)은 도시된 컨테이너 타입1의 콘텐츠에 관한 정보를 인코딩한다. EMSSD로부터의 리턴은 때때로, "시그너처"로 지칭된다. 일부 실시형태들에 있어서, 리턴은 앱에 의해 캡처되고 모바일 디바이스 상에서 디코딩된다. 다른 실시형태들에 있어서, 리턴은 앱에 의해 캡처되고, 네트워크 통신 패킷들로 패키징되고, 셀 타워 (114)로 포워딩되며, 이 셀 타워는 차례로, 네트워크 통신 패킷들을 인터넷을 통해 데이터 프로세싱 설비 (예컨대, 센서 데이터 프로세싱 모듈 (110))로 중계한다. 데이터 프로세싱 설비는 차례로, 추가 액션 (보충, 폐기, 수리 등)을 결정하기 위해 규칙 세트들 (121)을 적용한다.

[0030] 환경 (100)에 도시된 디바이스들 및 시스템들은, 이행 시스템과 같은 자율 모니터링 시스템을 형성하기 위해 함께 동작한다. 도시된 바와 같이, 센서 데이터 프로세싱 모듈 (110)은 자율 이행 경로 (129<sub>1</sub>) 상으로 전달 서비스에 통신하고, 이 전달 서비스는 차례로, 자율 이행 경로 (129<sub>2</sub>)를 횡단하여 보충된 제품을 사용자에게 전달한다.

[0031] 상기 나타난 바와 같이, EMSSD는 특정 제품 및/또는 컨테이너 타입에 대응하도록 구성될 수 있다. 도 1은, 카톤 제품이 위치될 수 있는 컨테이너 타입2로서 도시된 카톤을 도시한다. 엄밀하게 일 예로서, 컨테이너 타입2는 부패하기 쉬운 것들 (예컨대, 과일들, 야채들 등)을 보유할 수도 있다. 대응하는 EMSSD는, 예를 들어, (1) 컨테이너 내부의 제품의 레벨 또는 볼륨, (2) 부패하기 쉬운 식품들 또는 식품 부패에 수반되는 가스들의 농도, (3) 온도, 중 임의의 하나 또는 그 모두를 감지하도록 구성될 수 있다. 동작에 있어서, RFID 주파수에서의 핑 (102<sub>3</sub>)은 EMSSD (101<sub>2</sub>)의 일부분으로 하여금 제품 ID (예컨대, "PID2")를 인코딩하는 리턴 (103<sub>3</sub>)으로 응답하게 한다. 제품 ID는 적어도 하나의 규칙 (122)을 분리하기 위해 규칙 세트들 (121)에 대한 인텍스로서 사용되며, 그 규칙의 적용은 튜닝 데이터가 다운스트림 메시지 (126<sub>1</sub>)의 형태로 앱에 전달되도록 한다. 예를 들어, 제 1 핑으로부터 식별된 제품에 기초하여, 선택한 규칙은 제품 상의 센서의 타입에 대한 핑들의 수 및/또는 신호 주파수 범위를 커스터마이징하여, 후속 핑들이 제품 패키징 내의 콘텐츠에 관한 정보를 수집하도록 전송될 때 사용될 수도 있다.

[0032] 환경 (100)의 일부 토폴로지들은 인트라넷 (108)을 포함한다. 그러한 토폴로지들 중 일부에서, 다운스트림 메시지 (126<sub>1</sub>)는 앱으로 라우팅되기 전에 허브 (106)를 통과한다. 그러한 경우들에 있어서, 제품 ID에 대응하는 제품의 검출의 발생은 로그 (127)에 로깅되고, 그 로그는 다양한 목적들을 위해 사용되며 그 일부가 하기에서 논의된다.

[0033] 전송된 바와 같이, 다운스트림 메시지 (126<sub>1</sub>)는 튜닝 데이터를 포함할 수도 있다. 튜닝 데이터는 하나 이상의 추가 핑들 (예컨대, 핑 (102<sub>4</sub>))을 전송하기 위해 앱에 의해 사용되는 정보를 포함한다. 추가 핑들은 특정 주파수들로 튜닝될 수도 있으며, 그 특정 주파수들은 EMSSD의 특성들에 적어도 부분적으로 기초하여 결정된다. 더 구체적으로, 제품 ID는 하나 이상의 규칙들을 추출하기 위한 키로서 사용될 수 있으며, 이는 차례로, 특정 핑 주파수들뿐 아니라 핑들의 타이밍에 대해 앱에게 통지할 수 있다. 엄밀하게 일 예로서, 규칙들은, 임의의 시간 주기에 걸쳐 그리고 다양한 타이밍된 시퀀스들에서 핑들의 간단한 조합 내지 복잡한 조합들을 포함하여 임의의 다양한 핑들에 따라 EMSSD를 인터로케이팅하도록 앱에 의해 프로세싱될 수 있다. 그에 따라, 리턴 (103<sub>4</sub>)은 다양한 핑들에 대한 응답으로 수개의 시그너처들로 구성될 수도 있으며, 그 시그너처들 중 임의의 시그너처는 분석을 위해 센서 데이터 프로세싱 모듈 (110)에 (예컨대, 인터넷 상으로) 메시지들 (예컨대, 업스트림 메시지 (125<sub>1</sub>), 업스트림 메시지 (125<sub>2</sub>))로서 전송될 수 있다. 분석은, 예를 들어, (1) 컨테이너 내부의 제품의 레벨 또는 볼륨, (2) 부패하기 쉬운 식품들 또는 식품 부패에 수반되는 피분석물들 (예컨대, 에틸렌, 암모니아, 다른 가스들)의 농도, (3) 온도, 및/또는 컨테이너 내의 콘텐츠의 상태에 관한 다른 정

보, 중 임의의 하나 또는 그 모두의 결정을 발생시킬 수도 있다. 그 결정들은 다운스트림 메시지 (126<sub>2</sub>)에 서의 포매팅된 콘텐츠로서 허브 (106)로 전송될 수 있다.

[0034] 일부 토폴로지들에서, 다운스트림 메시지 (126<sub>1</sub>)는 앱으로 라우팅되기 전에 허브 (106)를 통과한다. 허브 는 음성 활성화된 커맨드 (105) (예컨대, 음성 보조기)에 의해 구현될 수 있다. 음성 보조기는 다운스트림 메시지 (126<sub>1</sub>)를 인터셉트하고, 가능하게는 통지 (107)를 방출함으로써 이를 프로세싱할 수 있으며, 그 통지 는 "더 많은 케일을 주문할 시간입니다 -- 주문해 드릴까요?" 또는 "오늘 여기가 너무 따뜻해졌습니다 -- 케일 을 더 시원한 장소로 옮겨야 합니다." 또는 "케일이 상하고 있습니다 -- 이제 퇴비로 만들어야 합니다."와 같 은 자연어의 형태일 수도 있다. 일부 토폴로지들에서, 통지 (107)는 텍스트 또는 이메일 메시지들과 같지 만 이에 한정되지 않는 다른 형태들을 취할 수 있다. 통지 메시지는 수량 표시, 만료일자, 리필 일자, 리필 카운트, 로트 번호, 화학 조성, 및/또는 농도 표시와 같은 정보를 포함할 수도 있다. 일부 토폴로지들에서, 제품 패키징 내의 콘텐츠에 관한 정보 중 적어도 일부에 대해 로그가 유지될 수 있다. 예를 들어, 로그는 콘텐츠에 관한 정보의 적어도 일부분에 대응하는 엔트리를 포함할 수도 있다. 로그는 네트워크 액세스 포인 트에 의해 유지될 수 있으며, 여기서, 네트워크 액세스 포인트는 음성 활성화된 커맨드를 수신함으로써 활성화 될 수도 있다.

[0035] 일부 세팅들에 있어서 그리고 전술한 통신 및 데이터 분석 기법들의 전부 또는 그 부분들을 사용하여, 인터로게 이터 디바이스 (133)는 핑 (102<sub>5</sub>)을 방출하고, 리턴 (103<sub>5</sub>) (예컨대, 제품 ID "PID3")을 수신하고, 그 다음, 추가 핑 (102<sub>6</sub>)을 방출하며, 그 추가 핑은 컨테이너 타입3의 특성들 및/또는 컨테이너 타입3에 함유되는 제 품의 특성들을 위해 특별히 튜닝된다. 추가 핑 (102<sub>6</sub>)의 방출은 리턴 (103<sub>6</sub>)의 방출을 발생시킨다.

[0036] 본 명세서에서 상기 언급된 바와 같이, 모바일 디바이스 (예컨대, 스마트폰)상의 앱은 전자기 방출기 디바이스 구동기 (예컨대, NFC 디바이스 구동기)를 제어할 수 있으며, 이 전자기 방출기 디바이스 구동기는 차례로 전자 기 방출기 디바이스로 하여금 핑을 발생하게 할 수 있다. 하나의 예시적인 전개 시나리오에서의 프로세싱 플로우가 도 2에 제시된다.

[0037] 도 2는 전자기 상태 감지 디바이스들이 전개될 수 있는 프로세싱 플로우 (200)를 도시한 플로우 차트를 제시 한다. 옵션으로서, 프로세싱 플로우 (200) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설 명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 프로세싱 플로우 (200) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0038] 도시된 전개 시나리오에서, 앱은 애플리케이션 및 구동기 소프트웨어 엔지니어들에 의해 개발되고 웹 액세스가 능 위치에 저장된다 (단계 202). 웹 액세스가능 위치 (254)는 앱 (252)의 다운로드가능 인스턴스가 저장 될 수 있는 임의의 위치일 수 있다. 다운로드가, 인터넷에 연결되는 임의의 요청 디바이스 (256)에 의해 요청될 수 있다. 더욱이, 요청 디바이스는 임의의 타입의 모바일 디바이스일 수 있거나, 데스크탑 컴퓨터 또는 허브 또는 디지털 보조기와 같은 임의의 타입의 고정식 디바이스일 수 있다. 이 시나리오에서, 요청 디바이스 (256)는 스마트폰으로서 도시되지만, 또한, 예를 들어, 스마트 위치, 태블릿 또는 랩탑 컴퓨터일 수 도 있다.

[0039] 임의의 시순간에서, 요청 디바이스는 (예컨대, URI (uniform resource identifier)에 대한 인터넷 호출을 통 해) 요청을 발행할 수 있으며, 그 요청은 앱이 디바이스에 다운로드되게 하고 진행중인 동작을 위해 구성되게 한다 (단계 204). 구성은 타겟 디바이스 (즉, 요청 디바이스) 및/또는 타겟 디바이스 상에서 호스팅되는 임 의의 관리 소프트웨어 (예컨대, 오퍼레이팅 시스템)의 특성들에 특정될 수 있다.

[0040] 다운로드 및 구성 이후 일부 시순간에서, 앱은 프로세싱 루프에 진입한다 (단계 206). 루프 (220)를 통한 반복들은 임의의 스케줄로, 가능하게는, 다양한 절전 기법들을 구현하는 스케줄로 수행될 수 있다. 일부 경 우들에 있어서, 루프에서 수행된 동작들의 순서는, 그 순간에 존재하는 조건들에 기초하여 변할 수 있다. 앱 동작들 (205)이 동작들의 특정 플로우를 나타내지만, 일부 상황에서, 대안적인 순서화가 가능하고, 일부 경 우들에서는, 동작들의 일부가 루프의 주어진 반복에서 수행되지 않는다.

[0041] 도시된 바와 같이, 루프 (220)는 EMSSD의 적어도 식별 부분 (261)을 자극하도록 EMSSD에 근접해 있을 때 (단계 208) 제 1 핑 신호를 방출하기 위한 동작들 (단계 208)을 포함하고, 그 다음, 식별 신호 (단계 210)로 부터 도출되는 식별 코드 (예컨대, 제품 ID)에 기초하여, 앱은 적용가능한 규칙들의 전부 또는 그 부분들을 적 용할 것이다 (단계 212). 그러한 식별 코드 (예컨대, 제품 ID)는 EMSSD 규칙들 (209) 및 이행 규칙들

(211) 을 식별하기 위한 규칙 세트들 (121) 로의 인텍스로서 사용될 수 있다. EMSSD 규칙들 (209) 중 특정 규칙의 적용은 튜닝 데이터가 앱에 전달되게 한다. 이행 규칙들 (211) 중 특정 규칙의 적용은, 액체 레벨을 판독하거나 상이한 피분석물들의 측정들을 제공하는 것 또는 그 컨테이너 내의 콘텐츠의 양을 판독하는 것과 같이 제품 콘텐츠와 연관된 액션들을 발생한다. 차례로, 앱은 EMSSD 의 적어도 상태 부분 (262) 을 자극하도록 제 2 펄 신호를 송신할 것이다 (단계 214). 앱은 제 2 펄 시에 제품의 상태에 기초하여 제 2 펄 신호에 응답하여 리턴되는 리턴된 상태 신호들을 수신한다 (단계 216). 그들 리턴된 상태 신호들은 상태 정보를 결정하기 위해 디코딩된다. 예를 들어, 프린팅된 전자기 상태 감지 디바이스는 제품 패키징 내의 콘텐츠가 제 1 상태에 있을 때 제 2 전자기 방사 신호의 제 1 변형 (예컨대, 제 1 공진 주파수) 을 방출하고, 제품 패키징 내의 콘텐츠가 제 2 상태에 있을 때 제 2 전자기 방사 신호의 제 2 변형 (예컨대, 제 2 공진 주파수) 을 방출할 수도 있다. 일부 경우들에 있어서, 리턴된 상태 신호들은 요청 디바이스에 의해 (예컨대, 앱에 의해) 분석되는 한편, 도시된 바와 같은 다른 경우들에서, 요청 디바이스는 리턴된 상태 신호들을 업스트림 네트워크 디바이스에 전송함으로써 요청 디바이스를 오프로딩한다 (단계 218).

[0042] 이러한 특정 실시형태에 있어서, 업스트림 디바이스는 허브 (106) 의 일 인스턴스이지만, 업스트림 디바이스는, 인터넷에 연결되거나 인터넷에 연결된 임의의 디바이스일 수 있다.

[0043] 전술한 프로세싱은 EMSSD 의 응답 특성들에 적어도 부분적으로 의존한다. 특히, 앱은, EMSSD 가 식별 부분 (261) 및 적어도 하나의 상태 부분 (262) 을 포함하는 양태에 의존한다. EMSSD 를 형성하기 위한 다양한 기법들이 도 3a 에 관련하여 도시되고 논의된다.

[0044] 도 3a 는 전자기 상태 감지 디바이스 (3A00) 의 개략도이다. 옵션으로서, 전자기 상태 감지 디바이스 (3A00) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 전자기 상태 감지 디바이스 (3A00) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0045] EMSSD (3A00) 는 세장형 센서로서 구성된다. 즉, EMSSD 는, 제품 내의 콘텐츠가 위치되는 길이에 대해 (예컨대, 수직으로와 같은 특정 방향으로 길이방향으로) 걸쳐 있는 복수의 부분들을 갖는다. 도시된 바와 같이, 제 1 공진 부분 (301) 이 RFID 의 기능들을 제공하도록 구성된다. 구체적으로, 미리결정된 주파수에서 펄될 때, 제 1 공진 부분 (301) 이 에너지이징되게 될 것이고 비트들의 스트림을 방출할 것이며, 그 비트들의 일부분은 고유 식별 코드를 형성하기 위해 연결될 수 있다. 그 도면은 또한 제 2 공진 부분 (302), 제 3 공진 부분 (303), 및 제 N 공진 부분 (399) 을 도시하며, 여기서, 제 2 내지 제 N 공진 부분들은 제품에 관한 정보 (즉, 제품 패키징 내의 콘텐츠의 상태) 를 전달하는데 사용될 수도 있다. 제 N 공진 부분 (399) 에 근접하여 (예컨대, 도시된 바와 같이 선형 어레이로) 병치된 다수의 공진 부분들이 존재할 수도 있다. EMSSD (3A00) 는 복수의 공진 부분들을 갖는 감지 디바이스를 나타내며, 각각의 공진 부분은 잉크로부터 프린팅되고, 프린팅된 잉크의 재료 특성 및/또는 지오메트리에 의해 결정되는 공명 임계치를 갖는다. 공진 부분들은 경로를 따라 배열되며 서로 인접할 수도 있거나 인접하지 않을 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 공진 부분들은 상이한 탄소 함유 잉크들을 사용하여 프린팅될 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 공진 부분들은 각각 실질적으로 동일한 사이즈 및 형상이다. 일부 실시형태들에 있어서, 상이한 공진 부분들은 동일한 탄소 함유 잉크들을 사용하여 프린팅될 수도 있으며, 여기서, 상이한 공진 부분들은 상이한 지오메트리들을 갖는다. 식별 부분 (261) 은 임의의 상태 부분과는 상이한 주파수 또는 주파수들에서 공진하도록 튜닝된다.

[0046] 전술한 부분들 (301 내지 399) 모두는 탄소 함유 잉크들을 사용하여 다양한 지오메트리들로 프린팅될 수 있으며, 그 지오메트리 (예컨대, 선형/커브형/나선형 패턴들, 선 폭들, 형상 팩터들) 및 탄소 함유 잉크들 (예컨대, 다양한 동소체의 조성들) 은 EMSSD (3A00) 에 의해 검출될 감지 기준에 기초하여 EMSSD 의 제조자 또는 설계자에 의해 결정된다. 일부 경우들에 있어서, 감지 기준은 "에틸렌이 존재합니까?" 또는 "EMSSD 의 이 부분이 액체의 존재로부터 변형됩니까?" 등과 같은 환경 표시를 포함한다. 일부 경우들에 있어서, 감지 기준 및 개별 공진은 "이 위치에서 유전율은 얼마입니까?" 와 같은 환경 표시에 대응한다. 그에 따라, EMSSD 의 일련의 공진 부분들은 컨테이너 상에 프린팅될 수 있으며, 여기서, 일련의 공진 부분들은 특정 컨테이너 및 검출될 콘텐츠에 응답하도록 튜닝되고 /되거나 컨테이너 상의 그 공진 부분의 특정 위치에 기초하여 튜닝될 수도 있다. 예를 들어, 컨테이너 내의 액체 콘텐츠의 양의 변화는 EMSSD 에 의해 감지되는 유전율의 변화를 야기할 것이다. 이에 따라, EMSSD 는 그 당시 환경에서 특정 공진 부분의 유전율에 민감하도록 설계될 수 있다. 그 당시 환경에서 특정 공진 부분의 유전율 또는 투자율에 대한 감도를 달성하고/하거나 튜닝하기 위한 기법들은 특정 탄소 잉크 또는 탄소 잉크들의 조합을 선택하는 것, 및 전극 라인들의 지오메트리들 (예컨대, 레이아웃 및/또는 치수들) 을 맞춤화하는 것을 포함한다. 엄밀하게 일 예로서, 액체를 보유하는 컨테이너는



컨테이너가 충전될 때 제 1 유전율을 나타낼 것인 반면, 동일한 컨테이너는 컨테이너가 예를 들어 거의 비어 있을 때 제 2 유전율을 나타낼 것이다. 이러한 현상은 컨테이너 내의 액체의 레벨을 결정할 때 사용될 수 있다. 사실, 이러한 현상은 (예컨대, 특정 정확도로의 아날로그 신호로서) 단일 공진 부분만을 사용할 때, 또는 (예컨대, 임의의 원하는 정확도로의 일련의 디지털 비트들로 구성되는) 공진 부분들의 세장형 선형 어레이에 서와 같은 일련의 공진 부분들을 사용할 때 관찰될 수 있다. 단일 공진 부분의 경우, 환경 변화들에 대한 주파수 변동은 아날로그 신호를 포함하는 반면, 다중의 공진 부분들의 경우, 각각의 공진 부분으로부터의 리턴은 임계치에 대해 분석되어 "온" 또는 "오프" 값을 결정한다. 다중의 공진 부분들의 "온" 또는 "오프" 값들은 결합되어, 디지털 비트들의 스트링을 형성할 수 있다.

[0047] 전술한 예는 컨테이너 내의 액체에 특정적이지만, 본 명세서에 개시된 바와 같은 EMSSD들의 전개는 컨테이너에 근접한 환경의 임의의 변화를 검출하는데 사용될 수 있다. 환경의 변화의 예들로서, EMSSD들은 정전류적 변화, 및/또는 피에조-정적 변화, 및/또는 잠재적-정적 변화 중 임의의 하나 이상을 제시하는 어떤 것을 검출할 수 있다. 임의의 그러한 변화 또는 근접 환경의 변화들은 EMSSD의 하나 이상의 부분들의 공진 응답 또는 응답들의 변화 또는 변화들을 야기한다. 예를 들어, 피에조-정적 변화는 제품 콘텐츠의 변형 (예컨대, 존재하는 콘텐츠의 온도 또는 수량에 기인한 팽창) 으로부터 발생할 수도 있으며, 이는 EMSSD의 공진 부분들에 변형을 야기시키고, 결과적으로, 방출된 공진 주파수를 변경할 수 있다. 상이한 타입들의 제품 콘텐츠는 상이한 밀도들을 가지며, 그에 따라, 상이한 제품들은 공진 부분들에 대한 상이한 변형도를 야기할 수 있다. 그에 따라, 각각의 제품 및 각각의 컨테이너는, 그 특정 제품 및 컨테이너 조합에 대해 고정되는 고유한 EMSSD를 가질 수도 있다.

[0048] 컨테이너 내의 액체의 레벨을 감지하기 위한 기법들이 도 3ba 및 도 3bb의 전개 시나리오들에 도시되고 설명된다.

[0049] 도 3ba는 액체 콘텐츠의 제 1 상태가 측정되는 전개 시나리오 (3B100)를 예시한다. 옵션으로서, 전개 시나리오 (3B100) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 전개 시나리오 (3B100) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0050] 이러한 전개 시나리오에서, EMSSD는 액체 컨테이너의 측면 (예컨대, 외부 표면) 상에 프린팅된다. 다른 전개들에 있어서, EMSSD는 컨테이너 내부 상에 프린팅된다. 다른 전개들에 있어서, EMSSD는, 컨테이너에 부착되는 라벨의 상부 상에 프린팅된다.

[0051] 액체가 (도시된 바와 같이) 컨테이너를 거의 용량까지 충전할 때, 공진 부분 (303) 내지 공진 부분 (399)은 컨테이너에 액체가 존재하는 영역들을 오버레이하는 반면, 공진 부분 (302)은 컨테이너에서 액체가 존재하지 않는 포지션에 있다.

[0052] 이들 2개의 위치들에서 공진 부분들 주위의 환경의 유전율 및/또는 투자율은 컨테이너 내부의 액체의 레벨에 적어도 기초하여 상이하다. 이에 따라, 다른 파라미터들이 EMSSD의 길이에 걸쳐 동일하다고 주어지면, 공진 부분 (302)에 의해 방출되는 공진 주파수는 공진 부분 (399)과는 상이하다. 전술된 파라미터들은 콘텐츠 또는 그 패키지의 밀도들, 콘텐츠 또는 그 패키지의 유전 상수들, 패키징에 부착되는 라벨의 투자율, 컨테이너의 형상, 컨테이너의 두께의 변동들 등과 같은 재료들 및 환경 특성들을 포함한다.

[0053] EMSSD의 수개의 공진 부분들로부터의 수개의 펄 리턴들이 주어지면, 수개의 펄 리턴들에서의 차이들은 액체 레벨에 대응한다. 더 구체적으로, 상이한 주파수들에서의 수개의 펄들이 사용자 디바이스에 의해 방출된다. 이들 상이한 주파수들은 EMSSD의 상이한 공진 부분들로부터의 펄 리턴들의 형태로 응답들을 트리거링한다. 그 다음, 이들 펄 리턴들을 포함하는 신호들은 중심 주파수들의 진폭들을 식별하기 위해 분석된다.

[0054] 거의 비어 있는 액체 레벨이 도 3bb의 전개 시나리오에서 도시되고 설명된다. 일부 상황들에 있어서, 액체의 존재 또는 부재는 특정 공진 부분의 공진을 지배하지만, EMSSD의 일단에서의 액체의 존재 또는 부재는 EMSSD의 대향단에 배치되는 상이한 공진 부분의 공진 주파수에서의 변동을 야기할 수도 있다. 이러한 효과뿐 아니라 컨테이너의 지오메트리에 의해 발생하는 다른 효과들이 고정 절차들 동안에 측정될 수 있다.

[0055] 프린팅된 센서들 및 공진 컴포넌트들에 관한 추가 상세들이 "Antenna with Frequency-Selective Elements"의 명칭인 미국특허 제10,218,073호; "Energy Harvesting Using 2D/3D Packaging"의 명칭으로 2017년 2월 21일자로 출원된 미국 가특허출원 제62/461,693호; "Printed Electrical Components"의 명칭으로 2017년 8월 31일자로 출원된 미국 가특허출원 제62/552,522호; 및 "Printed Chemical Sensor"의 명칭으로 2017년 11월 22일자로

출원된 미국 가특허출원 제62/589,893호에 기술되며, 이들 출원 모두는 본 개시의 양수인에 의해 소유되고 본 명세서에 참조로 전부 통합된다.

[0056] 도 3bb, 도 3bc 및 도 3bd 는, 각각, 전개 시나리오들 (3B200, 3B300 및 3B400) 을 예시하며, 여기서, 액체 컨테츠의 제 2 상태가 측정되고, 옵션적으로 컨테이너 상에 디스플레이된다. 옵션으로서, 전개 시나리오들 (3B200, 3B300 또는 3B400) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 전개 시나리오들 (3B200, 3B300 또는 3B400) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0057] 컨테이너 내의 액체가 (도 3bb 에 도시된 바와 같이) 거의 비어있을 경우, 공진 부분 (302) 내지 공진 부분 (398) 은 컨테이너에 액체가 존재하지 않는 포지션에 있는 반면, 공진 부분 (399) 은 컨테이너에서 액체가 존재하는 포지션에 있다. 이들 2개의 위치들에서의 환경의 유전율 및/또는 투자율은 제품의 레벨에 적어도 기초하여 상이하다. 이에 따라, 다른 파라미터들이 EMSSD 의 길이에 걸쳐 동일하다고 주어지면, 공진 부분 (302) 에 의해 방출되는 공진 주파수는 공진 부분 (399) 과는 상이하다. EMSSD 의 수개의 공진 부분들로부터의 수개의 펄스 리턴들이 주어지면, 수개의 펄스 리턴들에서의 차이들은 액체 레벨에 대응한다. 정확도 (예컨대, 1/2 층만 내지  $\pm 1/4$  층만, 1/4 층만 내지  $\pm 1/8$  층만 등) 가, 예컨대, 공진 부분들의 수, 길이, 및/또는 스페이싱에 의해 EMSSD 로 구성될 수 있다.

[0058] 일부 실시형태들에 있어서, 컨테츠의 상태는, 예컨대, 도 3bc 에 도시된 바와 같이 상태 디스플레이 (3990) 상의 프린팅된 시각 상태 표시 패턴으로 컨테이너 상에 디스플레이될 수도 있다. 상태 디스플레이는, 예를 들어, 탄소 함유 잉크들을 사용하여 프린팅될 수도 있다. 이 도면에서, 상태 디스플레이 (3990) 는, 컨테이너 내의 액체의 레벨이 층만되어 있음을 표시하는 "충만" 을 판독한다. 상태 디스플레이 (3990) 는 컨테이너의 외부 표면 상에 직접 프린팅될 수도 있거나 또는 기관 (예컨대, 라벨) 상에 프린팅되고 컨테이너에 부착될 수도 있다. 상태 디스플레이 (3990) 는 이 도면에서 EMSSD 의 저부단에 위치되지만, 상태 디스플레이 (3990) 는 컨테이너의 다른 곳, 예컨대, EMSSD 의 상단에 또는 EMSSD 와는 별도의 위치에 위치될 수도 있다. 상태 디스플레이 (3990) 는 수량, 신선도, 또는 제안된 액션 (예컨대, "재주문할 시간") 과 같은 제품 컨테츠의 다양한 타입들의 상태들을 표시하는데 사용될 수도 있으며, 여기서, 표시는 텍스트 및/또는 그래픽들 (예컨대, 아이콘들) 을 활용할 수도 있다.

[0059] 도 3bd 는 일부 전개 시나리오들에 따른, 프린팅된 상태 디스플레이 (3990) 의 단면도를 도시한다. 상태 디스플레이 (3990) 는 일부 실시형태들에 따른, 탄소 매트릭스 (3991) (즉, 전기영동 디스플레이 매트릭스) 를 사용하는 전기영동 시각 디스플레이 디바이스이다. 디스플레이 (3990) 는 기관 (3992), 기관 (3992) 상의 제 1 전극층 (3993), 기관 (3992) 상의 탄소 매트릭스 (3991) 의 층, 탄소 매트릭스 (3991) 내의 전기영동 잉크 (3994), 및 탄소 매트릭스 (3991) 상의 제 2 전극층 (3995) 을 포함한다. 전극층들 (3993 및 3995) 이 에너지가 전달될 때, 잉크 (3994) 는, 눈의 아이콘에 의해 표시된 바와 같이, 층 (3995) 으로부터 관측될 이미지들 (예컨대, 패턴들, 그래픽들, 텍스트) 을 형성하기 위해 층 (3995) 을 향해 또는 층 (3995) 으로부터 멀리 이동한다. 탄소 매트릭스 (3991) 는 폴리머들에 의해 연결된 탄소 입자들 (3996) 로 만들어져, 다공성 네트워크를 형성한다. 기관 (3992) 은 폴리머 필름 또는 종이 재료 (예컨대, 카드보드, 종이, 폴리머 코팅된 종이, 및 폴리머 필름들) 와 같은 가요성 재료일 수도 있다.

[0060] 탄소 매트릭스 (3991) 층의 두께는, 매트릭스 자체 내에서 전극 연결들을 가능케 하는 탄소 매트릭스 (3991) 의 전도 특성 때문에 종래의 전기영동 디스플레이 재료들보다 얇게 (즉, 전극층들 (3993 및 3995) 사이의 더 짧은 거리로) 될 수 있다. 예를 들어, 탄소 매트릭스 (3991) 의 두께는 10  $\mu\text{m}$  내지 40  $\mu\text{m}$  또는 10  $\mu\text{m}$  내지 100  $\mu\text{m}$  일 수도 있다. 탄소 매트릭스 (3991) 의 전기 전도도는 20,000 S/m 초과이거나 또는 5,000 S/m 초과이거나 또는 500 S/m 초과이거나 또는 50 S/m 초과일 수도 있다. 더 얇은 고정상 (탄소 매트릭스 (3991)) 을 갖는 것은 유리하게, 잉크 (3994) 를 이동시키는데 더 적은 에너지를 요구하여, 디스플레이 (3990) 를 저전력이 되게 하고, 따라서, 오로지 에너지 하베스팅 방법들에 의해서만 더 전력공급될 수 있게 한다. 예를 들어, 상태 디스플레이 (3990) 는, 사용자 디바이스에 의해 방출된 전자기 신호들로부터 에너지를 하베스팅할 수도 있는 에너지 하베스팅 안테나 (3997) 에 의해 전력공급될 수도 있다.

[0061] 탄소 매트릭스 (3991) 는, 잉크 (3994) 가 탄소 매트릭스 (3991) 를 통해 이동할 수 있게 하는 탄소 입자들 (3996) 내에 또는 그 사이에 기공들을 갖는 다공성 전도층이다. 제 2 전극층 (3995) 을 향해 이동하는 잉크는 가시적 이미지를 생성하는 한편, 층 (3995) 으로부터 멀리 이동하는 잉크는 관측되는 이미지에 빈 공간들을 생성한다. 일부 실시형태들에 있어서, 잉크 (3994) 는 탄소 매트릭스 (3991) 의 어두운 컬러를 대조하기 위

해 백색 전기영동 잉크일 수도 있다.

[0062] 탄소 매트릭스 (3991) 은, 중합가능한 공유 결합들을 형성하는 가교성 수지들 (예컨대, 아크릴레이트, 에폭시, 비닐) 또는 폴리머 (예컨대, 셀룰로오스, 셀룰로오스 아세테이트 부티레이트, 스티렌 부타디엔, 폴리우레탄, 폴리에테르-우레탄) 와 같은 결합체에 의해 함께 보유되는 탄소 입자들 (3996) 로 만들어진다. 결합체는 탄소 입자들 (3996) 을 함께 연결시키지만 탄소 입자들 사이의 모든 공간을 포괄하지는 않아서 기공들 (즉, 공간들, 보이드들) 이 탄소 매트릭스 (3991) 내에 존재한다. 탄소 입자들 (3996) 은 전기 전도성이고, 그래핀, 탄소 나노-어니온들 (CNO들), 탄소 나노튜브들 (CNT들), 또는 이들의 임의의 조합과 같은 동소체를 포함할 수도 있다. 탄소 입자들 (3996) 의 일부 또는 모두는 이들 동소체의 하위입자들의 응집체들일 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 매트릭스 (3991) 의 대부분은 그래핀일 수도 있으며, 예컨대, 탄소 매트릭스 (3991) 에서의 탄소 입자들의 50% 초과, 또는 80% 초과, 또는 90% 초과가 그래핀이다. 일부 실시형태들에 있어서, 상태 디스플레이 (3990) 는 폴리머에 의해 서로 가교된 복수의 탄소 입자들을 포함하는 전기영동 디스플레이 매트릭스이며, 여기서, 그 매트릭스는 다음 중 적어도 하나를 포함하는 다공성을 갖는다: i) 탄소 입자들 사이의 10  $\mu\text{m}$  까지의 평균 거리를 갖는 입자간 다공성, 또는 ii) 200 nm 초과와 평균 기공 사이즈를 갖는 입자내 다공성. 프린팅된 시각 디스플레이들의 추가 상세들은 "Electrophoretic Display" 의 명칭으로 2019년 6월 25일자로 출원된 미국 가특허출원 제62/866,464호에서 발견될 수도 있으며, 이 출원은 본 개시의 양수인에 의해 소유되고 참고로 전부 통합된다.

[0063] EMSSD 의 다수의 독립 센서 부분들에 기초하여 감도의 동적 범위를 결정하기 위한 기법이 도 3c 에 주어진다.

[0064] 도 3c 는 전자기 상태 감지 디바이스의 동적 범위를 결정하기 위한 선택 차트 (3C00) 이다. 옵션으로서, 선택 차트 (3C00) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 선택 차트 (3C00) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0065] 도시된 바와 같이, 세장형 EMSSD 에서 사용되는 센서 부분들이 많을수록 판독치들이 더 정확해질 수 있다. 도면에서, 3 dB 의 동적 범위는 2 의 비율에 대응하고 (1 비트는 1개의 센서 부분에 대응함), 6 dB 는 4 의 비율에 대응하며 (2 비트들은 2개의 센서 부분들에 대응함), 9 dB 는 8 의 비율에 대응한다 (3 비트들은 3개의 센서 부분들에 대응함). 예를로서, 오직 하나의 독립 센서가 존재하면, 판독치는 큰 플러스 또는 마이너스 에러를 갖는 {비어있음 또는 충만} 중 어느 하나일 수 있는 반면, 3개의 센서 부분들 (예컨대, 어떻게 제품 콘텐츠가 고갈될 것인지의 방향에서 동일한 스페이싱을 갖도록 배열되는 3개 부분들) 이 존재하면, 3개의 센서들의 각각으로부터의 판독치들의 조합은 대략 1/16 의 플러스 또는 마이너스 에러를 갖는 {충만, 7/8, 3/4, 5/8, 1/2, 3/8, 1/4, 1/8, 또는 비어있음} 을 표시할 수 있다. 즉, 다양한 표시들은, 제품 콘텐츠가 다양한 공진 부분들을 완전히 커버하는지 또는 부분적으로 커버하는지 또는 커버하지 않는지에 대응하는 환경에서의 조건들로부터 발생할 것이다.

[0066] 여기까지 설명된 실시형태들은 EMSSD 부분들로부터의 판독치들에 적어도 부분적으로 의존하며, 여기서, 상이한 환경에서의 각각의 부분은 상이한 개별 리턴 시그너처로 핑에 응답한다. 상이한 개별 리턴 시그너처들은 다양한 환경들 내에서 측정될 수 있으며, 리턴 시그너처들의 판독치들은 도 4aa 및 도 4ab 에 도시된 바와 같이 교정 포인트들로서 사용될 수 있다.

[0067] 도 4aa 및 도 4ab 는, 각각, 제 1 환경 (예컨대, 분말로 거의 충만한 카톤) 및 제 2 환경 (예컨대, 거의 비어있는 카톤) 에서 전자기 상태 감지 디바이스의 등가 회로 모델들 (4A100 및 4A200) 이다. 옵션으로서, 등가 회로 모델들 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 등가 회로 모델들 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0068] 예시적인 실시형태들에 있어서, EMSSD 의 각각의 부분에서 사용되는 각각의 탄소 함유 재료 (즉, 잉크) 는 상이한 튜닝된 주파수들에서 공진하도록 상이하게 제형화된다. 재료 공진의 물리적 현상은 대응하는 분자 및/또는 형태학적 조성에 대하여 설명될 수 있다. 구체적으로, 제 1 분자 구조를 갖는 재료는 특정 환경에 있을 때 제 1 주파수에서 공진할 것인 반면, 제 2 의 상이한 분자 구조를 갖는 재료는 동일한 특정 환경에서 제 2 의 상이한 주파수에서 공진할 것이다.

[0069] 유사하게, 제 1 분자 구조를 갖는 재료는 특정 환경에 있을 때 제 1 주파수 또는 주파수들에서 공진할 것인 반면, 동일한 분자 구조를 갖는 동일한 재료는 상이한 환경에 있을 때 제 2 의 상이한 주파수 또는 주파수들에서

공진할 것이다. 다수의 경우들에 있어서, 전술된 공진 주파수들은, 특정 환경에 있을 때 조성에 고유한 시그너처를 형성한다. 예를 들어, 제 1 탄소 함유 잉크는 주로 그래핀으로 제형화될 수도 있다. 제 2 탄소 함유 잉크는 제 1 잉크와 유사할 수도 있지만 분자 구조에서는 제 1 탄소 함유 잉크와 상이할 수도 있으며, 예컨대, 상이한 조성 (예컨대, 다중벽 구형 풀러렌들 또는 다른 동소체가 추가되게 함) 또는 구조 (예컨대, 제 1 잉크에서보다 더 적거나 더 많은 층들로 만들어진 그래핀) 를 가질 수도 있다.

[0070] 이러한 현상은 본 명세서에서 설명된 기법들을 사용하여 제어가능하다. 더 상세하게, (1) 재료는 선택된 주파수에서 본질적으로 공진하도록 튜닝될 수 있으며, (2) 상이한 환경들에서의 재료의 응답이 측정되고 교정에 있어서 사용될 수 있다.

[0071] 도 4aa 및 도 4ab 에 도시된 바와 같이 그리고 하기에서 논의되는 바와 같이, 제 2 환경에서 동일한 공진 부분으로부터의 제 2 핑 리턴 측정과 비교하여 제 1 환경에서 제 1 공진 부분으로부터의 제 1 핑 리턴 측정 사이의 차이는 공진 주파수에서의 차이에 대응한다. 더욱이, 다른 파라미터들이 동일하면, 제 1 환경과 제 2 환경 사이의 차이는 제품 감지 상태 (예컨대, 제품이 존재하거나 제품이 존재하지 않음) 에 대응할 수 있다. 제품 감지 상태들 (예컨대, 상태 = 제품 존재함 또는 상태 = 제품 존재하지 않음) 사이의 공진 주파수에서의 차이는 인시츄로 측정될 수 있다. 일부 경우들에 있어서, 제품 감지 상태들 사이의 공진 주파수에서의 차이는 계산될 수 있다. 제품 감지 상태들 사이의 공진 주파수에서의 차이가 (예컨대 교정을 위해) 경험적으로 측정되는지 여부 또는 제품 감지 상태들 사이의 공진 주파수에서의 차이가 계산되는지 여부에 무관하게, 그 현상은, 센서에서의 재료들의 원자 구조 또는 분자 구조로 인해, 및/또는 측정 시에 존재하는 환경 조건들로 인해 발생한다. 다음 단락들은 이러한 현상을 단계별로 설명한다.

[0072] 당업계에 공지된 바와 같이, 원자들은 특정 엘리먼트에 대해 고유 주파수에서 전자기 방사를 방출한다. 즉, 특정 엘리먼트의 원자는 원자의 구성의 특성들에 대응하는 고유 주파수를 갖는다. 예를 들어, 세슘 원자가 자극될 때, 원자가 전자는 더 낮은 에너지 상태 (예컨대, 기저 상태) 로부터 더 높은 에너지 상태 (예컨대, 여기 에너지 상태) 로 점프한다. 전자는 그 더 낮은 에너지 상태로 리턴할 때, 광자의 형태로 전자기 방사를 방출한다. 세슘에 대해, 방출된 광자는 9.192631770 THz 의 마이크로파 주파수 범위에 있다.

[0073] 다중 원자들로 형성된 분자들과 같이 원자들보다 큰 구조들도 또한, 예측가능한 주파수들에서 공진한다 (즉, 전자기 방사를 방출함). 예를 들어, 벌크에서의 액체 물은 109.6 THz 에서 공진한다. 장력상태에 있는 (예컨대, 벌크의 표면에서, 표면 장력의 다양한 상태들에 있는) 물은 112.6 THz 에서 또는 그 근처에서 공진한다.

[0074] 탄소 원자들 및 탄소 구조들은 또한, 구조에 의존하는 고유 주파수들을 나타낸다. 예를 들어, 탄소 나노튜브 (CNT) 의 고유 공진 주파수는 CNT 의 튜브 직경 및 길이에 의존한다. (예컨대, 튜브 직경 및 길이를 제어하기 위해) 제어된 조건들 하에서 CNT 를 성장시키는 것은 구조의 고유 공진 주파수를 제어하는 것을 유도한다. 이에 따라, 성장하는 CNT들은 원하는 공진 주파수로 튜닝하기 위한 하나의 방법이다.

[0075] 탄소로 형성된 다른 구조들은 제어된 조건들 하에서 생성될 수 있다. 그러한 구조들은 탄소 나노-어니언들 (CNO들), 탄소 격자들, 그래핀, 그래핀 기반, 다른 탄소 함유 재료들, 엔지니어링된 나노규모 구조들 등 및/또는 이들의 조합들을 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 그러한 구조들은 특정 튜닝된 주파수에서 공진하도록 형성될 수 있고/있거나 그러한 구조들은 원하는 특성 또는 특징을 획득하도록 포스트-프로세싱에서 수정될 수 있다. 예를 들어, 폴리머와 혼합될 때 높은 강화 값과 같은 원하는 특성은, 재료들의 선택 및 재료들의 특정 조합들의 비율들에 의해 및/또는 다른 재료들의 추가에 의해 발생될 수 있다.

[0076] 더욱이, 그러한 구조들의 배수들의 병치는 추가 공진 효과들을 도입한다. 예를 들어, 그래핀의 2개 시트들은, 그 시트들의 길이, 폭, 스페이싱, 스페이싱의 형상, 및/또는 다른 물리적 특성들 및/또는 서로에 대한 그들의 병치에 의존하는 주파수에서 그 시트들 사이에서 공진할 수도 있다.

[0077] 전술된 재료들은 특정 측정가능한 특성들을 갖는다. 이는, 자연적으로 발생하는 재료들에 대해 뿐 아니라 엔지니어링된 탄소 동소체에 대해서도 해당된다. 그러한 엔지니어링된 탄소 동소체는 물리적 특성들을 나타내도록 튜닝될 수 있다. 예를 들어, 탄소 동소체는 (a) 구성 1차 입자들의 특정 구성, (b) 응집체들의 형성, 및 (c) 집성체의 형성에 대응하는 물리적 특성들을 나타내도록 엔지니어링될 수 있다. 이들 물리적 특성들의 각각은 대응하는 특정 탄소 동소체를 사용하여 형성된 재료들의 특정 공진 주파수들에 영향을 준다.

[0078] 특정 공진 주파수에 대응하는 특정 물리적 구성에 대해 특정 탄소 기반 구조를 튜닝하는 것에 추가하여, 탄소 함유 화합물들은 특정 공진 주파수 또는 공진 주파수들의 세트로 튜닝될 수 있다. 공진 주파수들의 세트는



'공진 프로파일'로 명명된다. 공진 주파수들의 세트를 방출하기 위해 특정 탄소 기반 구조를 튜닝하기 위한 하나의 가능한 기법이 다음과 같이 개시된다.

[0079] 주파수 튜닝된 재료들의 형성

[0080] 탄소 함유 공진 재료들은, 특정 전기 임피던스들을 갖도록 재료들을 구성하는 특정 화합물들을 맞춤화함으로써 특정 공진 프로파일을 나타내도록 튜닝될 수 있다. 차례로, 상이한 전기 임피던스들은 상이한 주파수 응답 프로파일들에 대응한다.

[0081] 임피던스는, 교류가 엘리먼트를 통해 유동하는 것이 얼마나 어려운지를 기술한다. 주파수 도메인에서, 임피던스는 인덕터들로서 거동하는 구조들로 인해 실수 컴포넌트 및 허수 컴포넌트를 갖는 복소수이다. 허수 컴포넌트는 유도성 리액턴스 컴포넌트 ( $X_L$ ) 이고, 이는 특정 구조의 주파수 ( $f$ ) 및 인덕턴스 ( $L$ ) 에 기초한다:

$$X_L = 2\pi fL \quad (\text{식 1})$$

[0083] 수신된 주파수가 증가함에 따라, 리액턴스는 또한, 특정 주파수 임계치에서, 공진 응답이 감쇠되도록 증가한다. 인덕턴스 ( $L$ ) 는 재료의 전기 임피던스 ( $Z$ ) 에 의해 영향을 받으며, 여기서,  $Z$  는 다음의 관계에 의해 투자율 ( $\mu$ ) 및 유전율 ( $\epsilon$ ) 의 재료 특성들에 관련된다:

$$Z = \sqrt{\frac{\mu' + j\mu''}{\epsilon' + j\epsilon''}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad (\text{식 2})$$

[0085] 따라서, 재료 특성들의 튜닝은 전기 임피던스 ( $Z$ ) 를 변경하며, 이는 인덕턴스 ( $L$ ) 에 영향을 주고 결과적으로 리액턴스 ( $X_L$ ) 에 영향을 준다.

[0086] 본 실시형태들은, 상이한 인덕턴스들을 갖는 탄소 함유 구조들이 상이한 주파수 응답들을 가질 것임을 관찰한다. 즉, 높은 인덕턴스 ( $L$ ) 를 갖는 탄소 함유 구조 (전기 임피던스 ( $Z$ ) 에 기초함) 는 더 낮은 인덕턴스를 갖는 다른 탄소 함유 구조보다 더 낮은 주파수에서 특정 리액턴스에 도달할 것이다.

[0087] 추가로, 본 실시형태들은, 특정 제품 상태 센서의 요건들에 따라 튜닝된 탄소 함유 화합물을 제형화할 때 투자율, 유전율 및 전도도의 재료 특성들을 활용한다.

[0088] 제 1 탄소 함유 구조가 제 1 주파수에서 공진할 것인 반면, 동일한 구조는 그 구조가 상이한 환경에 있을 때 (예컨대, 탄소 함유 구조들이 그 환경의 구조들과 물리적으로 접촉하고 있을 때) 제 2 주파수에서 공진할 것임이 관찰된다.

[0089] 도시된 바와 같이, 공진 주파수는 커패시터 ( $C_1$ ) 및 인덕터 ( $L_1$ ) 를 포함하는 등가 전기 회로와 상관될 수 있다. 주파수 ( $f_1$ ) 는 다음의 식에 의해 주어진다:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \quad (\text{식 3})$$

[0091] 컨테이너 내의 액체가 더 이상 센서에 접촉하고 있지 않거나 센서가 부착된 컨테이너의 벽에 더 이상 인접하지 않는 경우와 같이 환경이 약간 변경되면, 환경 변화는 차례로, 전체로서 구조의 인덕턴스 및/또는 커패시턴스를 변화시킨다. 그 변화들은, 커패시터 ( $C_2$ ) 및 인덕터 ( $L_2$ ) 를 포함하는 등가 전기 회로와 상관될 수 있다.

주파수 ( $f_2$ ) 는 다음의 식에 의해 주어진다:

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} \quad (\text{식 4})$$

[0093] 수량 ( $f_1 - f_2$ ) 이, 2개의 관독치들을 비교할 때 또는 관독치를 교정 포인트와 비교할 때, 사용되기 때문에, 수량 ( $f_1 - f_2$ ) 의 크기는 감도를 결정한다. 이에 따라, EMSSD 의 프린팅된 부분들의 지오메트리 (예컨대, 전기 관로들의 길이, 전기 관로들의 폭, 곡률 등) 및 탄소 함유 잉크들에서 사용된 탄소들의 선택은 종종, EMSSD 의 감도를 결정할 때 지배적인 팩터들이다. EMSSD 의 일부분의 공진 주파수가 (예컨대, 전술한 식들을 사용하여) 계산될 수 있더라도, 다수의 전개 시나리오들은 보정 포인트들을 형성하기 위해 경험적 데이터 캡처 기법들에 의존한다. 다수의 경우들에 있어서, 취해지는 교정 포인트들이 많을수록 측정들이 더 정확해진다.

다양한 교정 시나리오들에 있어서, 교정 포인트들의 다수의 세트들이 컨테이너 및/또는 의도된 콘텐츠의 각각의 변형에 대해 취해지고 저장된다.

[0094] 도 4b 는 상이한 환경들에서 전자기 상태 감지 디바이스들을 교정하기 위해 사용된 바와 같은 경험적 데이터 캡처 기법 (4B00) 을 도시한다. 옵션으로서, 경험적 데이터 캡처 기법 (4B00) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 경험적 데이터 캡처 기법 (4B00) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0095] 이러한 경험적 데이터 캡처 기법의 실제 사용들은 다중-부분 EMSSD 의 각각의 특정 부분의 실제 측정들의 캡처를 발생시킨다. 예시적인 사용 시나리오에 있어서, 도 4b 에 도시된 바와 같은 3 컬럼 테이블은 일련의 경험적 측정들을 취함으로써 구성된다. 구체적으로, EMSSD 의 각각의 독립 부분에 대해, 자극에 대한 그 응답은 2개의 상이한 환경 조건들 하에서 측정된다. EMSSD 의 특별히 튜닝된 독립 부분의 경험적 응답은 제 1 환경에서 측정되고 ( $R_{ENV1}$  로 표기됨) 레코딩된다. 다음으로, EMSSD 의 특별히 튜닝된 독립 부분의 경험적 응답은 제 2 환경에서 측정되고 ( $R_{ENV2}$  로 표기됨) 레코딩된다. 엄밀하게 일 예로서, 제 1 환경은 컨테이너가 충전하거나 거의 충전할 때일 수도 있고, 제 2 환경은 컨테이너가 비어 있거나 거의 비어있을 때일 수도 있다.

[0096] 볼 수 있는 바와 같이,  $R_{ENV1}$  은 다음의 2개의 지배적 변수들의 함수이다: (1) EMSSD 의 독립 부분을 형성하는 재료의 투자율, 및 (2) 로컬 환경의 유전율. 그러한 인시츄 측정들은, 각각의 독립 부분에 대해 제 1 환경에 대해 그리고 제 2 환경에 대해 취해진다.

[0097] EMSSD 가 다수의 독립 부분들 (예컨대, 부분 ID #2 (302), 부분 ID #3 (303), 부분 ID #99 (399) 등) 로 구성되는 경우, 콘텐츠의 매우 정확한 평가가 행해질 수 있다. 도 4b 의 도시는 경험적 측정 시나리오들 (460), 즉,  $state_{Full}$  시나리오 (461),  $state_{NearEmpty}$  시나리오 (462), 및  $state_{Half}$  시나리오 (463) 를 포함한다. 이 예에 있어서, 환경 1 은 컨테이너가 충전할 경우 조건들의 세트에 대응하는 반면, 환경 2 는 컨테이너가 비어 있을 경우 조건들의 세트에 대응한다. 따라서, 컨테이너가 완전히 충전된 상황에서, EMSSD 의 각각의 독립 부분은  $R_{ENV1}$  에 대응하는 응답으로 공진한다. 비교를 위해, 컨테이너가 거의 비어 있는 상황에서, EMSSD 의 각각의 독립 부분은, 저부 부분 #99 근처에 남아 있는 일부 콘텐츠로 인해  $R_{ENV1}$  에 대응하는 응답으로 공진하는 '저부' 부분 (부분 ID #99) 을 제외하면  $R_{ENV2}$  에 대응하는 응답으로 공진한다.

[0098] (1) (예컨대, 컨테이너 내의 콘텐츠의 수량을 검출하기 위해 컨테이너의 상위 부분으로부터 하위 부분으로 연장하는) 컨테이너에 걸쳐 수직 적층으로 분포되는 EMSSD 의 단지 4개의 독립 부분들만이 존재하고 (2) '상부 2개' 부분들이  $R_{ENV1}$  에 대응하는 응답으로 공진하고 (3) '저부 2개' 부분들이  $R_{ENV2}$  에 대응하는 응답으로 공진하는 상황에서, 컨테이너는 절반 용량에 있는 것으로 간주될 수 있다.

[0099] 일부 실시형태들은, 주파수 도메인에서 넓게 분리된 상이한 중심 주파수들에서 공진하도록 상이한 탄소 함유 잉크들을 튜닝하는 것을 포함할 수도 있다. 그렇게 함에 있어서, 특정 독립 부분들을 자극하는데 사용되는 평주파수들이 또한 넓게 분리될 수도 있다는 결론에 이른다. EMSSD 의 다중의 독립 부분들은 '처프' 기법을 사용하여 연속적으로 자극될 수 있으며, 여기서, 상이한 주파수들에서의 연속적인 펄스는 시간 슬라이스들에 걸쳐 분리되어, EMSSD 의 주어진 독립 부분으로부터의 응답 시그니처가 EMSSD 의 다른 부분들로부터의 임의의 하모닉 응답들보다 훨씬 더 높은 진폭에 있다. 하나의 가능한 시그니처 캡처 기법이 도 5a 에 관련하여 도시되고 설명된다.

[0100] 도 5a 는 전자기 상태 감지를 위해 사용된 바와 같은 시그니처 캡처 기법 (5A00) 을 도시한다. 옵션으로서, 시그니처 캡처 기법 (5A00) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 시그니처 캡처 기법 (5A00) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0101] 도 5a 는, 탄소 함유 튜닝된 공진 재료들로 형성된 EMSSD 의 독립 부분들이 처프 신호들에 의해 자극된 이후 리턴된 신호 시그니처를 캡처 및 분석하기 위한 기법에 대하여 제시되고 있다. 구체적으로, 도면은 근처 컨테이너 상의 EMSSD들로부터 취해진 측정들 (550) 을 도시한다. 처프 신호 시퀀스로의 EMSSD들의 자극의 결과로서, EMSSD들이 (예컨대, 공진 방출들을 통해) 응답한다. 리턴 응답 (예컨대, 리턴 신호들 (512<sub>1</sub>), 리턴 신호들 (512<sub>2</sub>)) 이 각각의 EMSSD 로부터 캡처된다. 더 구체적으로, 컨테이너 상의 제 1 EMSSD (504<sub>1</sub>) 가 평

(예컨대, 처프 신호들 (510<sub>1</sub>)의 처프 시퀀스로부터의 핑)에 의해 자극될 때, 리턴 신호들 (512<sub>1</sub>)이 수신 및 프로세싱된다. 유사하게, 컨테이너 상의 제 2 EMSSD (504<sub>2</sub>)가 핑 (예컨대, 처프 신호들 (510<sub>2</sub>)의 처프 시퀀스로부터의 핑)에 의해 자극될 때, 리턴 신호들 (512<sub>2</sub>)이 수신 및 프로세싱된다.

[0102] 도시된 바와 같이, 특정 컨테이너는 다중의 EMSSD들을 포함할 수도 있으며, 각각의 EMSSD는 그 개별 식별 부분 및 상태 부분 뿐 아니라 별도의 RFID를 갖는다. 일 예로서, 컨테이너는 약제 (예컨대, 친식 치료용)를 분배하기 위한 디스펜서 (예컨대, 흡입기)의 형태일 수도 있으며, 디스펜서는 임의의 EMSSD와는 별도로 그 자체 RFID를 가질 수도 있다. RFID는 제품 식별 또는 재고 목적들과 같이 디스펜서의 제조 시 디스펜서에 적용되었을 수도 있다. EMSSD들은, 예컨대, 특정 환자에 대한 양 및 투여 정보를 추적하기 위해 약제를 위한 처방을 이행할 시 조제자 또는 약국에 의해, 가능하게는 접착 라벨을 사용하여, 적용되었을 수도 있다. 다양한 이유들로, EMSSD들의 식별 부분은 상이한 주파수들에서 동작하도록 구성될 수도 있다. 일 예로서, 제 1 EMSSD의 식별 부분은 125 kHz에서 동작할 수도 있는 반면, 제 2 EMSSD의 식별 부분은 13.6 MHz에서 동작할 수도 있는 등등이다.

[0103] 전술한 처프/핑 신호들은 트랜시버 (514)에 의해 전송될 수 있다. 또한, 리턴 신호들은 동일한 (또는 상이한) 트랜시버 (514)에 의해 수신될 수 있다. 도시된 바와 같이, 처프 신호들은 처프들의 반복 시퀀스에서 발생할 수 있다 (예컨대, 처프 신호들 (510<sub>1</sub>), 처프 신호들 (510<sub>2</sub>)). 예를 들어, 처프 신호 시퀀스는 1 GHz 핑, 이어서 2 GHz 핑, 이어서 3 GHz 핑 등을 포함하는 패턴을 반복하는 핑 제어 유닛 (516)에 의해 관리될 수도 있다. 전체 처프 시퀀스는 그 전체로 연속적으로 반복될 수 있다. 일부 경우들에 있어서, 공진 재료들로부터의 리턴된 신호들 (리턴 신호들 (512<sub>1</sub>), 리턴 신호들 (512<sub>2</sub>))이 핑의 종료 직후 (예컨대, 시그너처 분석 모듈 (554)에서) 분석될 수 있도록 각각의 핑 사이에 짧은 시간들이 존재할 수 있다. 다른 경우들에 있어서, 핑 자극에 대응하는 신호들 및 리턴된 응답의 신호들이 동시에 발생한다. 트랜시버 (514), 핑 제어 유닛 (516) 및 시그너처 분석 모듈 (554)은 모두 사용자 디바이스 및 사용자 디바이스 (예컨대, 모바일 또는 고정식 디바이스) 상의 소프트웨어 애플리케이션 내에 있을 수도 있거나, 또는 사용자 디바이스와 통신하고 있는 서버 및 사용자 디바이스와 같은 다중의 디바이스들 상에 분산될 수도 있다. 디지털 신호 프로세싱 기법들을 사용하여, 리턴된 응답의 신호들은 핑 신호들과 구별될 수 있다. 예를 들어, 리턴된 응답이 다수의 상이한 주파수들 (예컨대, 오버톤, 사이드브 등)에 걸쳐 에너지를 포함하는 상황들에서, 노치 필터가 자극의 주파수를 필터링하기 위해 사용될 수 있다.

[0104] 단일 컨테이너가 2 이상의 EMSSD들을 호스팅하는 경우들에 있어서, 각각의 개별 EMSSD는 상이한 환경 조건들 하에서 상이한 공진 응답들을 방출하도록 튜닝될 수도 있다. 예를 들어, 일부 EMSSD들은 컨테이너의 콘텐츠의 변화에 응답하도록 튜닝되는 반면, 다른 EMSSD들은 환경에 미립자들 또는 가스들의 존재에 응답하도록 튜닝된다.

[0105] 가스들의 존재를 검출하기 위해, EMSSD는, EMSSD가 피분석물에 노출될 때 EMSSD의 구성 엘리먼트들 중 하나 이상의 커패시턴스가 변화하도록 피분석물에 민감한 감지 재료 (예컨대, 산화 환원 매개체)를 포함하도록 구성된다. 그에 따라, 피분석물의 존재 시의 리턴 응답은 피분석물의 부재 시와는 상이하다. 더 구체적으로, 감지 재료의 유전율 및/또는 투자율은 피분석물에 노출 시 변할 수 있으며, 이는 차례로, EMSSD의 하나 이상의 구성 엘리먼트들 (예컨대, 용량성 엘리먼트)의 커패시턴스를 변경하며, 이는 차례로, 피분석물의 존재를 표시한다.

[0106] 피분석물을 감지하기 위한 일반적인 접근법들에 관한 추가 상세들은 "RESONANT GAS SENSOR"의 명칭으로 2019년 1월 3일자로 출원된 미국출원 제16/239,423호에 기술되며, 이 출원은 본 명세서에 참조로 전부 통합된다.

[0107] 도 5b는 전자기 상태 감지를 위해 사용된 바와 같은 시그너처 분석 기법 (5B00)을 도시한다. 옵션으로서, 시그너처 분석 기법 (5B00) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 시그너처 분석 기법 (5B00) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0108] 도 5b는, 식별 정보뿐만 아니라 제품 상태 정보도 방출할 수 있는 감지 디바이스들에 관련된 양태들을 예시한다. 도 5b에 도시되고 설명된 상황을 포함하여 다수의 상황들에서, 제품 상태 정보는 미리결정된 교정 포인트들과 비교되는 측정들에 기초하여 결정된다.

[0109] 도시된 바와 같이, 시스템의 플로우는 단계 570에서 시작된다. 선택된 핑 주파수의 핑 신호가 핑 제어 유

닛 (516) 에 의해 송신된다. 펄 신호 생성 메커니즘 및 펄 신호 송신 메커니즘은 임의의 공지된 기법들을 사용할 수 있다. 엄밀하게 일 예로서, 송신기 모듈은 선택된 주파수 (예컨대, 3 GHz) 를 생성하고, 안테나 또는 다중의 안테나들을 사용하여 그 신호를 방사할 수 있다. 튜닝된 안테나의 설계 및 위치는, 펄의 강도가 근처 EMSSD 를 에너지אי징하고/하거나 근처 EMSSD들에서 공진을 유도하기에 충분하도록 임의의 튜닝된 안테나 지오메트리 및/또는 재료 및/또는 위치에 대응할 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 수개의 튜닝된 안테나들이, 대응하는 EMSSD 에 근접해 있는 구조적 부재들 상에 또는 그 내부에 배치된다. 그에 따라, EMSSD 는 펄에 의해 자극될 경우, 시그니처로 다시 공진한다. 그 시그니처는 수신될 수 있고 (단계 574), 수신된 시그니처들 (576) 을 포함하는 데이터세트에 저장될 수 있다. 펄의 송신에 이어서 시그니처의 수신의 시퀀스는 루프에서 반복될 수 있다.

[0110] 예를 들어 그리고 도시된 바와 같이, 펄 주파수는 반복적인 패스의 과정에서 변경된다 (단계 572) (즉, 판정 (580) 의 "예" 브랜치 참조). 단계 574 가 수행되고 수신된 시그니처들 (576) 이 프로세싱됨에 따라, 제 1 시그니처 (578<sub>1</sub>), 제 2 시그니처 (578<sub>2</sub>), 제 N 시그니처 (578<sub>N</sub>) 등이 저장된다. 반복의 횟수는 판정 (580) 에 의해 제어될 수 있다. 판정 (580) 의 "아니오" 브랜치가 취해질 경우 (예컨대, 전송할 더 추가적인 펄들이 존재하지 않을 경우), 수신된 시그니처들은 시그니처 분석 모듈 (554) 에서의 디지털 신호 프로세싱 모듈에 제공될 수 있다 (단계 582). 디지털 신호 프로세싱 모듈은 일련의 교정 포인트 (586) 에 대해 시그니처들을 분류한다 (단계 584). 교정 포인트들은 특정 펄 주파수들에 대응할 수도 있고/있거나 교정 포인트들은 인시츄 환경 내에서 측정된 특정 시그니처들에 대응할 수도 있다. 예를 들어, N개의 교정 포인트들에 대해, 제 1 교정 포인트 (588<sub>1</sub>) 는 디스펜서 내의 약제의 '충만' 상태를 나타내는 것으로서 분류될 제 1 리턴된 시그니처를 특성화할 수도 있고, 제 2 교정 포인트 (588<sub>2</sub>) 는 디스펜서 내의 약제의 '절반 충만' 상태를 나타내는 것으로서 분류될 제 2 리턴 시그니처를 특성화할 수도 있는 등등이다.

[0111] 단계 590 에서, 분류된 신호들이 업스트림 네트워크 디바이스로 전송된다. 일부 실시형태들에 있어서, 분류된 신호들은, 머신 학습 데이터베이스를 호스팅하는 업스트림 저장소로 분류된 신호들을 차례로 송신하는 네트워크 허브에 의해 중계된다. 그러한 머신 학습 데이터베이스는, 감지된 측정들의 주어진 세트가 특정 제품 상태 조건들과 상관될 수 있도록 트레이닝될 수 있다.

[0112] 도 6 은 보충 시스템에서 허브 (106) 로서 사용된 바와 같은 가상 보조기 (600) 를 도시한다. 옵션으로서, 가상 보조기 (600) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 가상 보조기 (600) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0113] 도 1 을 다시 참조하면, 허브 (106) 는 네트워킹 통신들을 구현하는 임의의 디바이스일 수 있다. 일부 경우들에 있어서, 허브는 인간 사용자와의 자연어 통신을 위한 능력을 포함한다. 도시된 예에 있어서, 허브 (106) 는 가상 보조기에 의해 구현된다. 가상 보조기는 "AMAZON ECHO<sup>®</sup>", "GOOGLE HOME<sup>®</sup>", "NEST HUB<sup>™</sup>" 등으로서 공지된 디바이스들에 의해 예시된 바와 같은 임의의 디바이스일 수 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 가상 보조기는 (1) 네트워크 연결형이고 (2) 음성 입력 트랜스듀서 (예컨대, 마이크로폰) 및 음성 출력 트랜스듀서 (예컨대, 스피커들) 를 사용하여 인간 사용자와 자연어 통신을 수행 가능한 임의의 디바이스이다.

[0114] 도 1 에 도시된 바와 같은 환경 내에서 사용될 경우, 가상 보조기는 자연어 대화의 결과들과 결합된 EMSSD 판독치들에 기초하여 보충을 용이하게 할 수 있다. 하나의 시나리오에 있어서, EMSSD 판독치는 부패하기 쉬운 제품이 그 만료일에 도달하였음을 표시한다. 디지털 보조기는 "케일이 상하고 있습니다 -- 이제 다시 주문하길 원하시나요?" 라는 음성 상호작용을 말할 수도 있다. 그러한 시나리오에 있어서, 사용자는 가상 보조기로 하여금 하나 이상의 업스트림 메시지들 (125) (예컨대, 가능하게는 사용자 크리덴셜들을 포함) 을 송신하게 하는 가청의 "예" 로 응답할 수도 있으며, 이 업스트림 메시지들은 보충 주문 (620) 을 포함할 수도 있다. 그 다음, 디지털 보조기로부터 업스트림에 있는 동작 엘리먼트들 (예컨대, 서버들) 은 다운스트림 메시지들 (126) 을 송신할 수도 있으며, 이 다운스트림 메시지들은 보충 스테이터스 (622) 를 포함할 수도 있다.

[0115] 도 1 에 도시된 바와 같은 환경 내에서 사용될 경우와 같은 일부 경우들에 있어서, 가상 보조기는 EMSSD들에 의해 방출된 신호들의 프로세싱을 용이하게 할 수 있다. 특히, 가상 보조기는 타입1 모바일 디바이스 (131) 및/또는 타입2 모바일 디바이스 (132) 및/또는 인터로게이터 디바이스 (133) 와의 통신을 실행할 수 있다. 그러한 통신들은 가상 보조기의 NFC 유닛 (602) (도 6), 또는 가상 보조기의 블루투스 저 에너지 (BLE) 유닛



(604), 또는 가상 보조기의 Wi-Fi 유닛 (606) 을 사용하여 실행될 수 있다. 더욱이, 제품 식별을 위해 및/또는 제품 상태 감지를 위해 및/또는 규칙들의 적용을 위해 필요한 임의의 동작들이 모바일 디바이스 및/또는 인터로게이터 디바이스 및/또는 가상 보조기 및/또는 임의의 다른 네트워크 연결된 디바이스에 의한 임의의 조합으로 실행될 수 있도록 임의의 다양한 프로토콜들이 구현될 수 있다.

[0116] 다음의 도면들은 동작들의 논리적 플로우를 제시하도록 작용하는 규칙들을 형성 및 실행하기 위한 기법들에 관련된다. 상기 나타난 바와 같이, 임의의 규칙 또는 그 부분의 적용에 대응하는 프로세싱 및/또는 임의의 개별 동작의 수행에 대응하는 프로세싱이 임의의 동작 엘리먼트에서 실행될 수 있다.

[0117] 도 7a 는 전자기 상태 감지 디바이스들에 기초하여 보충 시스템에서 사용된 바와 같은 규칙 코드화 기법 (7A00) 을 제시한다. 옵션으로서, 규칙 코드화 기법 (7A00) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 규칙 코드화 기법 (7A00) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0118] 전술한 바에 기초하여 용이하게 이해될 수 있는 바와 같이, 주어진 세팅에 (예컨대, 거주지, 또는 자동차, 또는 보트 등에) 위치될 수도 있는 다수의 제품들이 존재하기 때문에 그리고 전술한 EMSSD들이 다수의 상이한 상태 타입들 및 특정 상태 타입 내의 다수의 상이한 상태들을 갖는 다수의 상이한 타입들의 제품들에 적용될 수도 있는 한, 특정 제품의 상태 또는 상태들의 결정은 제품 식별에 기초하여 특정 프로세싱에 의해 용이화될 수 있다는 결론에 이른다. 예를 들어, EMSSD 의 식별 부분에 대한 핑의 결과로서 제품이 특정 브랜드의 64 온스 세제 병으로서 식별될 수 있으면, EMSSD 의 나머지 부분들의 특정 구성이 데이터베이스에서의 검색에 의해 알려질 수 있다. 예를 들어, 데이터베이스에서의 검색으로부터 리턴된 데이터는, 그 제품 및 그 특정 컨테이너 (즉, 64 온스 세제 병) 에 대한 EMSSD 구성이 8개의 상이한 자극 주파수들에 응답하는 8개의 상이한 공진 부분들을 포함함을 표시할 수도 있다.

[0119] 더욱이, 데이터베이스에서의 검색으로부터 리턴된 데이터는, 그 제품 및 그 특정 컨테이너 (즉, 64 온스 세제 병) 에 대한 EMSSD 구성이 32개의 상이한 교정 포인트들을 포함함을 표시할 수도 있다. 그에 따라, 일단 제품이 식별되었으면, EMSSD 구성에 관한 많은 정보가 알려질 수 있다. 더욱이, 일단 제품이 식별되었으면, 제품 상태의 목적을 위해 수행하기 위한 추가 단계들이 식별될 수 있다. 도 7a 에 도시된 바와 같은 플로우는, 임의의 규칙이 실행을 위해 임의의 디바이스에 전달될 수 있도록 규칙 코드화 기법을 구현한다.

[0120] 도시된 바와 같이, 플로우는 이벤트 (701) 에 의해 개시되며, 이 이벤트는 스마트폰과 같은 사용자 디바이스 상의 앱으로부터 발생할 수도 있다. 사용자 디바이스는 핑 주파수를 방출함으로써 이벤트에 응답한다 (단계 702). 핑의 특정 주파수는 핑 주파수 테이블 (720) 로부터 초기에 알려질 수 있으며, 이 테이블은 사용자 디바이스에 액세스 가능한 데이터 구조로서 구현된다. 출사하는 핑 또는 핑들의 결과로서, 적어도 하나의 식별 신호 (703) 가 EMSSD 의 식별 부분 또는 RFID 로부터 방출된다. 식별 신호 (703) 가 수신되며 (단계 704), 이 식별 신호는 임의의 공지된 신호 프로세싱 기법들을 사용하여 이진 표현으로 변환된다 (단계 706). 이러한 이진 표현은 하나 이상의 규칙 세트들 (121) 로부터 하나 이상의 규칙들을 검색하는데 사용된다 (단계 708). 하나 이상의 규칙들은 임의의 위치에서 임의의 저장 디바이스를 사용하여 저장될 수 있으며, 디바이스 간 통신을 위한 임의의 공지된 방법들을 사용하여 취출될 수 있다. 다수의 경우들에 있어서, 하나 이상의 규칙들은 (1) 대응하는 EMSSD 타입, (2) 교정 포인트들의 위치, (3) 임계치들, 및 (4) 추가 핑 명령들에 관련된 정보를 포함한다.

[0121] 각각의 규칙은 규칙의 오퍼랜드들에 대응하는 데이터를 검색하는 것 (단계 710) 에 의해 및 규칙의 오퍼랜드들에 적용하기 위해 동작들을 검색하는 것 (단계 712) 에 의해 코드화될 수 있다. 엄밀하게 일 예로서, 규칙은 "에러 > T 이면 재시도"하도록 표시할 수도 있다. 단계 710 은, 예를 들어, 50% 의 수치 값을 결정하기 위해 "T" 를 검색할 수 있다. 단계 712 는 "재시도" 의 동작에 관련된 상세들을 검색할 수 있으며, 이는, 예를 들어, 재시도 전에 대기하기 위한 시간 지속기간을 포함할 수도 있다. 일부 경우들에 있어서, 오퍼랜드들에 대한 수치 값들은, 규칙이 실행될 특정 플랫폼 상에서 결정된다.

[0122] 규칙들이 단계 710 및 단계 712 를 통해 프로세싱된 경우, 플로우는 플랫폼 독립형 규칙 표현들 (715) 을 방출하고, 이 플랫폼 독립형 규칙 표현들 (715) 은, 그 다음, 실행을 위해 디바이스 (예컨대, 허브 또는 스마트폰) 로 송신된다.

[0123] 도 7b 는 전자기 상태 감지 디바이스들에 기초하여 보충 시스템에서 사용된 바와 같은 규칙 실행 기법 (7B00) 을 제시한다. 옵션으로서, 규칙 실행 기법 (7B00) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서

에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 규칙 실행 기법 (7B00) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0124] 도시된 바와 같이, 규칙 실행 기법 (7B00) 은 디바이스 (예컨대, 허브 또는 스마트폰) 가 플랫폼 독립형 규칙 표현들을 수신할 때 개시된다 (단계 752). 플랫폼 독립형 규칙 표현들의 각각의 개별 규칙 표현은 디바이스 상의 대응하는 엔트리 포인트를 결정하기 위해 디코딩된다 (단계 754). 또한, 플랫폼 독립형 규칙 표현들의 각각은 오퍼랜드들을 식별하기 위해 디코딩된다 (단계 756). 포매팅 테이블 (757) 이, 특정 플랫폼 독립형 오퍼랜드 표현을 플랫폼 특정 오퍼랜드 표현으로 변환하기 위해 채용될 수도 있다. 그 다음, 각각의 엔트리 포인트에 대해, 오퍼랜드들은 플랫폼의 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어 아키텍처에 대응하도록 포매팅되고 (단계 758), 플랫폼 독립형 규칙이 디바이스 상에서 실행된다 (단계 760). 일부 경우들에 있어서, 오퍼랜드는 수치 표현으로 디코딩되지 않을 수도 있지만, 오히려 오퍼랜드는 추가 엔트리 포인트 또는 서브루틴으로 디코딩된다. 일 예로서, 포매팅 테이블 (757) 에 도시된 바와 같은 오퍼랜드 "스위프" 는 주파수 스위핑 동작에서 다수의 범위들을 커버하는 서브루틴을 참조할 수도 있다.

[0125] 도 8 은 전자기 상태 감지 디바이스들에 기초하여 보충 시스템에서 사용된 바와 같은 예시적인 프로토콜 (800) 을 도시한다. 옵션으로서, 프로토콜 (800) 또는 그 임의의 양태의 하나 이상의 변형들이 본 명세서에서 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 프로토콜 (800) 또는 그 임의의 양태는 임의의 환경에서 구현될 수도 있다.

[0126] 도시된 프로토콜은 다음의 4개의 디바이스를 수반하였다: (1) 근접 EMSSD (801), (2) 사용자 디바이스 (802), (3) 네트워크 허브 (803), 및 (4) 업스트림 프로세싱 유닛 (804). 도시된 바와 같이, 프로토콜이 사용자 디바이스에 의해 개시된다. 구체적으로, 사용자 디바이스 (802) 는 제 1 핑을 방출한다 (방출물 (806)). 제 1 핑으로부터의 에너지는 근접 EMSSD (801) 로 하여금 신호를 방출하게 하며 (방출물 (807)), 이 신호는 식별 신호 (방출물 (808)) 로서 해석되는 부분을 포함한다. 식별 신호는 제품 ID 로 디코딩되고 (동작 (810)), 이 식별 신호는 네트워크 허브로 전송된다 (메시지 (812)).

[0127] 네트워크 허브 (803) 는 방출물 (807) 의 모두 또는 부분을 프로세싱하기 위해 제 1 로컬 프로세싱을 수행하고 (동작 (814)), 그 다음, 방출물 (807) 의 모두 또는 부분을 업스트림 프로세싱 유닛 (804) 으로 전송한다 (페이로드 메시지 (816)). 업스트림 프로세싱 유닛 (804) (즉, RFID 판독기를 갖는 인터로게이터 디바이스를 예를 들어 포함할 수도 있는 업스트림 컴퓨팅 디바이스) 은 규칙 세트 (121) 로부터 EMSSD 규칙들에 액세스하고, 제 1 업스트림 프로세싱을 수행한다 (818). EMSSD 규칙들은 플랫폼 독립형 규칙들로서 인코딩되고 네트워크 허브로 전송되며 (메시지 (820)), 이 네트워크 허브는, 그 다음, 플랫폼 독립형 규칙들 (메시지 (822)) 의 모두 또는 부분을 사용자 디바이스로 중계한다.

[0128] 프로토콜의 이 포인트에서, 사용자 디바이스는 (예컨대, 제 2 내지 제 N 핑 신호 특성들을 결정함 (824) 으로서 메시지의 프로세싱으로부터 발생하는) 근접 EMSSD 의 특성들에 관한 충분한 정보를 가져, EMSSD 의 상태 부분이 근접 EMSSD 의 임의의 하나 이상의 공진 부분들을 포함함으로써 인터로게이팅될 수 있다. 이 프로토콜에 있어서, 오직 하나의 제 2 핑 (방출물 (826)) 이 도시되지만, 대부분의 경우, 근접 EMSSD 의 다수의 공진 부분들이 존재하며, 이 부분들의 임의의 부분 또는 모든 부분이 사용자 디바이스에 의해 (예컨대, 연속적으로) 인터로게이팅된다.

[0129] 제 2 핑에 응답하여, 근접 EMSSD 의 공진 부분은, 상태 신호 (방출물 (830)) 를 방출하는 방식으로 공진한다 (방출물 (828)). 상태 신호는 하나 이상의 규칙들을 적용함으로써 사용자 디바이스에서 프로세싱된다 (동작 (832)). 이 실시형태에 있어서, 상태 신호의 모두 또는 부분들 및/또는 상태 신호의 프로세싱으로부터의 임의의 도출물들은 네트워크 허브로 전송되고 (메시지 (834)), 이는 제 2 로컬 프로세싱을 수행한다 (동작 (836)). 제 2 로컬 프로세싱은, 업스트림 프로세싱 유닛으로 전송되는 메시지들 (메시지 (838)) 에 대한 페이로드를 형성하는 것을 포함한다. 업스트림 프로세싱 유닛은 차례로, 제 2 업스트림 프로세싱을 수행한다 (842).

[0130] 프로토콜의 이 포인트에서, 적어도 업스트림 프로세싱 유닛은 특정 제품의 특정 유닛의 특정 상태에 관한 정보를 갖는다. 그에 따라, 업스트림 프로세싱 유닛은 이행과 관련된 추가 규칙들을 자체적으로 유용할 수 있다. 예를 들어, 이행 규칙은 "이 제품의 다른 단위가 이제 주문되어야 하는지를 사용자에게 문의하십시오" 라는 시맨틱스를 가질 수도 있다. 그러한 추가 규칙들은 추가의 프로세싱을 위해 네트워크 허브로 중계된다 (메시지 (844)). 일부 경우들에 있어서 그리고 도시된 바와 같이, 네트워크 허브는 추가 규칙들 (메시지 (846)) 의 모두 또는 부분을 사용자 디바이스에 중계할 것이다.

- [0131] 사용자 디바이스에서의 그러한 추가 규칙들은 사용자 디바이스의 사용자 인터페이스에서 확인 질문을 형성 및 제시하는 것을 포함할 수도 있다. 일부 경우들에 있어서, 사용자 디바이스에 적용되는 수개의 추가 규칙들이 존재한다 (동작 (847)). 사용자 응답 (예컨대, "예, -- 이제 주문하십시오.") 은, 추가 프로세싱을 위해 및/또는 업스트림 프로세싱 유닛으로 응답 또는 그 부분을 중계하기 위해 (메시지 (850)), 네트워크 허브로 전송될 수도 있다 (메시지 (848)). 그 다음, 업스트림 프로세싱 유닛은 사용자 확인된 이행 요청을 달성하기 위해 단계들을 완료할 수도 있다 (동작 (852)).
- [0132] EMSSD 를 사용한 제품 상태 결정의 결과로서, 사용자는 보충을 위한 기본 필요성을 통지받았다. 보충을 위한 사용자의 소망이 확인되었으며, 그 이후, 보충이 개시되었다. 일부 경우들에 있어서, 이행 규칙은 명시적인 사용자 확인의 부재 시에도 이행의 개시를 승인하였다.
- [0133] 추가적인 실제 적용 예들
- [0134] 도 9 는 본 명세서에 개시된 실시형태들 중 특정 실시형태를 구현하기 위해 협력적으로 동작하도록 상호연결되는 컴퓨팅 모듈들의 배열로서 시스템 (900) 을 도시한다. 이러한 실시형태들 및 다른 실시형태들은, 상태 센서들을 저립하게 배치하는 방법을 다루는 개선된 기술 프로세스들을 형성하도록 개별적으로 또는 조합된 것으로서 서빙하는 엘리먼트들의 특정 배열들을 제시한다. 시스템 (900) 의 파티셔닝은 단지 예시적인 뿐이고 다른 파티션들이 가능하다. 옵션으로서, 시스템 (900) 은 본 명세서에 설명된 실시형태들의 아키텍처 및 기능의 맥락에서 구현될 수도 있다. 물론, 하지만, 시스템 (900) 또는 그 안의 임의의 동작은 임의의 원하는 환경에서 실행될 수도 있다.
- [0135] 시스템 (900) 은 적어도 하나의 프로세서 및 적어도 하나의 메모리를 포함하며, 메모리는 시스템의 동작들에 대응하는 프로그램 명령들을 저장하도록 서빙한다. 도시된 바와 같이, 동작은, 모듈에 의해 액세스 가능한 프로그램 명령들을 사용하여 전체적으로 또는 부분적으로 구현될 수 있다. 모듈들은 통신 경로 (905) 에 연결되며, 임의의 동작은 통신 경로 (905) 상으로 임의의 다른 동작들과 통신할 수 있다. 시스템의 모듈들은, 개별적으로 또는 조합하여, 시스템 (900) 내에서 방법 동작들을 수행할 수 있다. 시스템 (900) 내에서 수행되는 임의의 동작들은, 청구항들에 명시되지 않을 수도 있는 한, 임의의 순서로 수행될 수도 있다.
- [0136] 도시된 실시형태는 시스템 (900) 으로서 제시된 컴퓨터 시스템의 일부분을 구현하며, 시스템 (900) 은 프로그램 코드 명령들의 세트를 실행하기 위한 하나 이상의 컴퓨터 프로세서들 (모듈 (910)), 및 앱을 다운로드하기 위한 사용자 디바이스로부터의 요청에 응답하는 것으로서, 응답하는 것은 사용자 디바이스로부터의 요청을 수신하는 것 및 그 요청에 응답하여 앱에 대한 액세스를 제공하는 것을 수반하고, 애플리케이션은 사용자 디바이스로 하여금 단계들의 시퀀스를 수행하게 하도록 구성되는, 상기 사용자 디바이스로부터의 요청에 응답하는 것을 수행하기 위한 프로그램 코드 명령들 (모듈 (920)); 사용자 디바이스로부터, 제 1 전자기 방사 펄스를 송신하는 것을 수행하기 위한 프로그램 코드 명령들 (모듈 (930)); 제품 패키징에 부착되는 전자기 상태 감지 디바이스 (EMSSD) 로부터, 제 1 전자기 방사 리턴 신호를 수신하는 것으로서, 제 1 전자기 방사 리턴 신호는, 제품 식별 코드를 포함하는 적어도 제 1 정보를 인코딩하는 전자기 방사 신호를 생성하기 위해 제 1 전자기 방사 펄스에 응답하여 전자기 상태 감지 디바이스에 의해 트랜스듀싱되는, 상기 제 1 전자기 방사 리턴 신호를 수신하는 것을 수행하기 위한 프로그램 코드 명령들 (모듈 (940)); 제품 식별 코드에 적어도 부분적으로 기초하여 선택되는 규칙을 적용하는 것을 수행하기 위한 프로그램 코드 명령들 (모듈 (950)); 규칙의 적용에 응답하여 제 2 전자기 방사 펄스를 송신하는 것으로서, 여기서와 같이, 제 2 전자기 방사 펄스는 규칙에 기초하여 튜닝되는, 상기 제 2 전자기 방사 펄스를 송신하는 것을 수행하기 위한 프로그램 코드 명령들 (모듈 (960)); 전자기 상태 감지 디바이스로부터, 제품 패키징 내의 콘텐츠에 관련된 제 2 정보를 인코딩하는 제 2 전자기 방사 리턴 신호를 수신하는 것을 수행하기 위한 프로그램 코드 명령들 (모듈 (970)); 및 사용자 디바이스로부터, 제 2 정보의 적어도 일부분을 업스트림 컴퓨팅 디바이스로 전송하는 것을 수행하기 위한 프로그램 코드 명령들 (모듈 (980)), 을 보유하기 위한 메모리에 액세스하기 위한 모듈들을 포함한다. 사용자 디바이스는, 예를 들어, 스마트폰일 수도 있으며, 옵션적으로, 고정식 RFID 판독기를 포함할 수도 있다.
- [0137] 일부 실시형태들에 있어서, 전자기 상태 감지 디바이스는 프린팅된 전자기 상태 감지 디바이스이며, 이는 제 1 탄소 함유 잉크 및 옵션적으로 제 2 탄소 함유 잉크를 포함할 수도 있다. 프린팅된 전자기 상태 감지 디바이스는 제품 패키징 내의 콘텐츠가 제 1 상태에 있을 때 제 2 전자기 방사 신호의 제 1 변형 (즉, 제 1 리턴 신호) 을 방출할 수도 있고, 프린팅된 전자기 상태 감지 디바이스는 제품 패키징 내의 콘텐츠가 제 2 상태에 있을 때 제 2 전자기 방사 신호의 제 2 변형 (즉, 제 2 리턴 신호) 을 방출할 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 프린팅된 전자기 상태 감지 디바이스는 제품 패키징 상에 길이방향으로 프린팅될 수도 있다.

- [0138] 일부 실시형태들에 있어서, 전자기 방사 리턴 신호는 복수의 주파수들에 걸쳐 분포된 에너지를 갖고 사용자 디바이스에 의해 방출되며, 여기서, 사용자 디바이스는 모바일 디바이스이다. 전자기 방사 리턴 신호들은 모바일 디바이스의 전자기 방출 디바이스에 의해 또는 고정식 디바이스의 전자기 방출 디바이스에 의해 방출될 수도 있다. 엄밀하게 일 예로서, 전자기 방출 디바이스는 근접장 통신 디바이스일 수도 있다.
- [0139] 일부 실시형태들에 있어서, 애플리케이션은 제품 패키징 내의 콘텐츠에 관련된 제 2 정보에 응답하여 보충 주문을 행하도록 추가로 구성된다. 일부 실시형태들에 있어서, 애플리케이션은 제품 패키징 내의 콘텐츠에 관련된 제 2 정보에 응답하여 통지 메시지를 전송하도록 추가로 구성된다. 통지 메시지는 수량 표시, 만료일자, 리필 일자, 리필 카운트, 로트 번호, 화학 조성, 및 농도 표시 중 적어도 하나를 포함할 수도 있다.
- [0140] 일부 실시형태들에 있어서, 애플리케이션은 제품 패키징 내의 콘텐츠에 관련된 제 2 정보 중 적어도 일부의 로그를 유지하도록 추가로 구성된다. 로그는 네트워크 액세스 포인트에 의해 유지될 수도 있으며, 여기서, 네트워크 액세스 포인트는 음성 활성화된 커맨드를 수신할 수도 있다. 로그는 제 2 정보의 적어도 일부분에 대응하는 엔트리를 포함할 수도 있다.
- [0141] 일부 실시형태들에 있어서, 애플리케이션은, 제품 패키징에 부착되는 제 2 전자기 상태 감지 디바이스 (EMSSD)로부터, 전자기 방사 중계 신호를 수신하도록 추가로 구성되며, 여기서, 전자기 방사 중계 신호는 제 2 전자기 상태 감지 디바이스에 의해 트랜스듀싱된다.
- [0142] 전술한 바의 변형들은 도시된 모듈들 중 더 많거나 더 적은 모듈을 포함할 수도 있다. 특정 변형들은 더 많거나 더 적은 (또는 상이한) 단계들을 수행할 수도 있고/있거나 특정 변형들은 데이터 엘리먼트들을 더 많은 또는 더 적은 또는 상이한 동작들에서 사용할 수도 있다.
- [0143] 더 추가로, 일부 실시형태들은 수행된 동작들에서의 변형들을 포함하며, 일부 실시형태들은 동작들에 사용된 데이터 엘리먼트들의 양태들의 변형들을 포함한다.
- [0144] 도 10a 내지 도 10y 는 본 개시의 일부 실시형태들에 따른, 다른 재료들 위에서 성장되는 구조화된 탄소들, 다양한 탄소 나노입자들, 및 다양한 탄소 함유 응집체들, 그리고 다양한 3차원 탄소 함유 구조들을 도시한다.
- [0145] EMSSD들의 일부 실시형태들은 특정 구성들에서 탄소 나노입자들 및 응집체들을 사용한다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 나노입자들 및 응집체들은 종래의 시스템들 및 방법들로 달성 가능한 더 낮은 균일성, 더 적은 배향성, 및 더 낮은 순도 입자들과는 대조적으로, 높은 "균일성" (즉, 원하는 탄소 동소체의 높은 질량 분율), 높은 "배향성"도 (degree of "order") (즉, 낮은 농도의 결함들) 및/또는 높은 "순도" (즉, 낮은 농도의 원소 불순물들)에 의해 특징화된다. 이는 EMSSD들의 공진 부분들의 고도의 튜닝가능성을 발생시킨다.
- [0146] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 방법들을 사용하여 생성된 나노입자들은 다중벽 구형 풀러렌들 (MWSF들) 또는 연결된 MWSF들을 함유하고 높은 균일성 (예컨대, 20% 내지 80% 의 그래핀 대 MWSF 의 비율), 높은 배향성도 (예컨대, 0.95 내지 1.05 의  $I_D/I_G$  비율을 갖는 라만 시그니처), 및 높은 순도 (예컨대, 탄소 대 다른 엘리먼트들 (수소 이외) 의 비율이 99.9% 초과) 를 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 방법들을 사용하여 생성된 나노입자들은 MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하며, MWSF들은 탄소 이외의 불순물 엘리먼트들로 구성된 코어를 함유하지 않는다. 일부 경우들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 방법들을 사용하여 생성된 입자들은 큰 직경들 (예컨대, 가로질러 10  $\mu\text{m}$  초과) 을 갖는 상기 설명된 나노입자들을 함유하는 응집체들이다.
- [0147] 종래의 방법들은 높은 배향성도를 갖는 다중벽 구형 풀러렌들을 함유하는 입자들을 생성하는데 사용되었지만, 종래의 방법들은 다양한 결점들을 갖는 탄소 생성물들을 유도한다. 예를 들어, 고온 합성 기법들은 다수의 탄소 동소체의 혼합물을 갖는 입자들을 야기시키고, 따라서, 낮은 균일성 (예컨대, 다른 탄소 동소체에 대한 20% 미만의 풀러렌) 및/또는 작은 입자 사이즈들 (예컨대, 일부 경우들에 있어서 1  $\mu\text{m}$  미만 또는 100 nm 미만) 을 야기시킨다. 촉매들을 사용하는 방법들은 촉매 엘리먼트들을 포함하는 생성물들을 야기시키고, 따라서, 낮은 순도를 또한 갖는다 (예컨대, 다른 엘리먼트들에 대해 95% 미만의 탄소). 이들 바람직하지 않은 특성들은 또한 종종, 결과적인 탄소 입자들의 바람직하지 않은 전기적 특성들 (예컨대, 1000 S/m 미만의 전기 전도도) 을 야기한다.
- [0148] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들은 구조의 높은 배향성도 및 균일성을 나타내는 라만 분광법에 의해 특징화된다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 균일한, 배향된 및/또는 순수한 탄소 나노입자들 및 응집체들은, 하기에서 설명되는 바와 같이, 상대적으로 고



속의 저비용 개선된 열 반응기들 및 방법들을 사용하여 생성된다. 추가적인 이점들 및/또는 개선들이 또한 다음의 개시로부터 명백하게 될 것이다.

- [0149] 본 개시에서, 용어 "그래핀" 은, 하나의 원자가 각각의 꼭지점을 형성하는 2차원 원자 규모 육각 격자 형태의 탄소의 동소체를 지칭한다. 그래핀에서의 탄소 원자들은  $sp^2$  결합된다. 부가적으로, 그래핀은 2개의 메인 피크들을 갖는 라만 스펙트럼을 가진다: 즉, (532 nm 여기 레이저를 사용할 경우) 대략  $1580\text{ cm}^{-1}$  에서의 G 모드, 및 대략  $1350\text{ cm}^{-1}$  에서의 D 모드.
- [0150] 본 개시에 있어서, 용어 "폴러렌" 은 중공 구체, 타원체, 튜브, 또는 다른 형상들의 형태의 탄소의 분자를 지칭한다. 구형 폴러렌들은 또한, Buckminsterfullerenes 또는 buckyballs 로서 지칭될 수 있다. 원통형 폴러렌들은 또한 탄소 나노튜브들로서 지칭될 수 있다. 폴러렌들은, 연결된 육각 고리들의 적층된 그래핀 시트들로 구성되는 그래파이트와 구조가 유사하다. 폴러렌들은 또한, 오각 (또는 때로는, 칠각) 고리들을 함유할 수도 있다.
- [0151] 본 개시에 있어서, 용어 "다중벽 폴러렌" 은 다중의 동심층들을 갖는 폴러렌들을 지칭한다. 예를 들어, 다중벽 나노튜브들 (MWNT들) 은 그래핀의 다중의 롤링된 층들 (동심 튜브들) 을 함유한다. 다중벽 구형 폴러렌들 (MWSF들) 은 폴러렌들의 다중의 동심 구체들을 함유한다.
- [0152] 본 개시에 있어서, 용어 "나노입자" 는 1 nm 로부터 989 nm 까지 측정되는 입자를 지칭한다. 나노입자는 하나 이상의 구조적 특성들 (예컨대, 결정 구조, 결합 농도 등) 및 하나 이상의 타입들의 원자들을 포함할 수 있다. 나노입자는 구형 형상, 회전 타원체 형상, 덤벨 형상, 원통형 형상, 세장형 원통형 형상, 직사각형 프리즘 형상, 디스크 형상, 와이어 형상, 불규칙한 형상, 조밀한 형상 (즉, 보이드들이 거의 없음), 다공성 형상 (즉, 다수의 보이드들이 있음) 등을 포함하지만 이에 한정되지 않는 임의의 형상일 수 있다.
- [0153] 본 개시에 있어서, 용어 "응집체" 는 반 데르 발스 힘에 의해, 공유 결합에 의해, 이온 결합에 의해, 금속 결합에 의해, 또는 다른 물리적 또는 화학적 상호작용에 의해 함께 연결되는 복수의 나노입자들을 지칭한다. 응집체들은 사이즈가 상당히 변경될 수 있지만, 일반적으로, 약 500 nm 초과이다.
- [0154] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 바와 같은 탄소 나노입자는 2 이상의 연결된 다중벽 구형 폴러렌들 (MWSF들) 및 연결된 MWSF들을 코팅하는 그래핀의 층들을 포함한다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 바와 같은 탄소 나노입자는 2 이상의 연결된 다중벽 구형 폴러렌들 (MWSF들) 및 연결된 MWSF들을 코팅하는 그래핀의 층들을 포함하며, 여기서, MWSF들은 탄소 이외의 불순물 엘리먼트들로 구성된 코어를 함유하지 않는다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 바와 같은 탄소 나노입자는 2 이상의 연결된 다중벽 구형 폴러렌들 (MWSF들) 및 연결된 MWSF들을 코팅하는 그래핀의 층들을 포함하며, 여기서, MWSF들은 중심에 보이드 (즉, 대략 0.5 nm 초과 또는 대략 1 nm 초과)의 탄소 원자들을 갖지 않는 공간) 를 함유하지 않는다. 일부 실시형태들에 있어서, 연결된 MWSF들은, 불량 배향성의 불균일한 비정질 탄소 입자들의 구체들과 대조적으로,  $sp^2$  하이브리드화된 탄소 원자들의 동심의 잘 배향된 구체들로 형성된다.
- [0155] 일부 실시형태들에 있어서, 연결된 MWSF들을 함유하는 나노입자들은 5 내지 500 nm, 또는 5 내지 250 nm, 또는 5 내지 100 nm, 또는 5 내지 50 nm, 또는 10 내지 500 nm, 또는 10 내지 250 nm, 또는 10 내지 100 nm, 또는 10 내지 50 nm, 또는 40 내지 500 nm, 또는 40 내지 250 nm, 또는 40 내지 100 nm, 또는 50 내지 500 nm, 또는 50 내지 250 nm, 또는 50 내지 100 nm 인 범위의 평균 직경을 갖는다.
- [0156] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들은 응집체들을 형성하며, 여기서, 다수의 나노입자들은 함께 응집하여 더 큰 단위를 형성한다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 응집체는 복수의 탄소 나노입자들을 포함한다. 탄소 응집체에 걸친 직경은 10 내지 500  $\mu\text{m}$ , 또는 50 내지 500  $\mu\text{m}$ , 또는 100 내지 500  $\mu\text{m}$ , 또는 250 내지 500  $\mu\text{m}$ , 또는 10 내지 250  $\mu\text{m}$ , 또는 10 내지 100  $\mu\text{m}$ , 또는 10 내지 50  $\mu\text{m}$  인 범위에 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 응집체는, 상기 정의된 바와 같이, 복수의 탄소 나노입자들로부터 형성된다. 일부 실시형태들에 있어서, 응집체들은 연결된 MWSF들을 함유한다. 일부 실시형태들에 있어서, 응집체들은 높은 균일성 메트릭 (예컨대, 20% 내지 80% 의 그래핀 대 MWSF 의 비율), 높은 배향성도 (예컨대, 0.95 내지 1.05 의  $I_D/I_G$  비율을 갖는 라만 시그너처), 및 높은 순도 (예컨대, 99.9% 초과)의 탄소) 를 갖는 연결된 MWSF들을 함유한다.
- [0157] 특히 상기 설명된 범위들에서의 직경들을 갖는 탄소 나노입자들의 응집체들을 생성하는 하나의 이점은, 10  $\mu\text{m}$

초과의 입자들의 응집체들이 500 nm 미만인 입자들 또는 입자들의 응집체들보다 수집하기 더 용이하다는 것이다. 수집의 용이성은 탄소 나노입자들의 생성에 있어서 사용되는 제조 장비의 비용을 감소시키고 탄소 나노입자들의 수율을 증가시킨다. 부가적으로, 사이즈가 10  $\mu\text{m}$  초과인 입자들은 더 작은 나노입자들을 핸들링하는 리스크들, 예컨대, 더 작은 나노입자들의 흡입으로 인한 잠재적인 강건성 및 안전성 리스크들에 비해 더 적은 안전성 문제들을 부과한다. 따라서, 더 낮은 강건성 및 안전성 리스크들은 제조 비용을 더 감소시킨다.

[0158] 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 나노입자들은 10% 내지 90%, 또는 10% 내지 80%, 또는 10% 내지 60%, 또는 10% 내지 40%, 또는 10% 내지 20%, 또는 20% 내지 40%, 또는 20% 내지 90%, 또는 40% 내지 90%, 또는 60% 내지 90%, 또는 80% 내지 90% 인 그래핀 대 MWSF들의 비율을 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 응집체는 10% 내지 90%, 또는 10% 내지 80%, 또는 10% 내지 60%, 또는 10% 내지 40%, 또는 10% 내지 20%, 또는 20% 내지 40%, 또는 20% 내지 90%, 또는 40% 내지 90%, 또는 60% 내지 90%, 또는 80% 내지 90% 인 그래핀 대 MWSF들의 비율을 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 나노입자들은 10% 내지 90%, 또는 10% 내지 80%, 또는 10% 내지 60%, 또는 10% 내지 40%, 또는 10% 내지 20%, 또는 20% 내지 40%, 또는 20% 내지 90%, 또는 40% 내지 90%, 또는 60% 내지 90%, 또는 80% 내지 90% 인 그래핀 대 연결된 MWSF들의 비율을 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 응집체는 10% 내지 90%, 또는 10% 내지 80%, 또는 10% 내지 60%, 또는 10% 내지 40%, 또는 10% 내지 20%, 또는 20% 내지 40%, 또는 20% 내지 90%, 또는 40% 내지 90%, 또는 60% 내지 90%, 또는 80% 내지 90% 인 그래핀 대 연결된 MWSF들의 비율을 갖는다.

[0159] 일부 실시형태들에 있어서, 라만 분광법은 탄소 동소체를 특성화하여 그 분자 구조들을 구별하는데 사용된다. 예를 들어, 그래핀은 배향성/탈배향성, 예지 및 그레인 경계들, 두께, 층 수, 도핑, 변형, 및 열 전도도와 같은 정보를 결정하기 위해 라만 분광법을 사용하여 특성화될 수 있다. MWSF들은 또한, MWSF들의 배향성도를 결정하기 위해 라만 분광법을 사용하여 특성화되었다.

[0160] 일부 실시형태들에 있어서, 라만 분광법은 MWSF들 또는 연결된 MWSF들의 구조를 특성화하는데 사용된다. 라만 스펙트럼들에서의 메인 피크들은 G 모드 및 D 모드이다. G 모드는  $\text{sp}^2$  하이브리드화된 탄소 네트워크들에서의 탄소 원자들의 진동에 기인되고, D 모드는 결함들을 갖는 육각 탄소 고리들의 브리딩과 관련된다. 일부 경우들에 있어서, 결함들이 존재할 수도 있지만, 라만 스펙트럼들에서 검출가능하지 않을 수도 있다. 예를 들어, 제시된 결정 구조가 기저면에 대해 직교하면, D 피크가 증가를 나타낼 것이다. 한편, 기저면에 대해 평행한 완전히 평평한 표면으로 제시되면, D 피크는 0 일 것이다.

[0161] 532 nm 입사광을 사용할 경우, 라만 G 모드는 평평한 그래파이트에 대해 통상적으로  $1582\text{ cm}^{-1}$  이지만, MWSF들 또는 연결된 MWSF들에 대해 (예컨대,  $1565\text{ cm}^{-1}$  까지 또는  $1580\text{ cm}^{-1}$  까지) 다운 시프트될 수 있다. D 모드는, MWSF들 또는 연결된 MWSF들의 라만 스펙트럼들에 있어서 대략  $1350\text{ cm}^{-1}$  에서 관찰된다. D 모드 피크 대 G 모드 피크의 강도들의 비율 (즉,  $I_D/I_G$ ) 은 MWSF들의 배향성도와 관련되고, 여기서, 더 낮은  $I_D/I_G$  는 더 높은 배향성도를 표시한다. 1 에 가깝거나 미만의  $I_D/I_G$  는 상대적으로 높은 배향성도를 표시하고, 1.1 초과 의  $I_D/I_G$  는 더 낮은 배향성도를 표시한다.

[0162] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 바와 같이, MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 나노입자 또는 탄소 응집체는, 532 nm 입사광을 사용할 경우, 약  $1350\text{ cm}^{-1}$  에서 제 1 라만 피크를 갖고 약  $1580\text{ cm}^{-1}$  에서 제 2 라만 피크를 갖는 라만 스펙트럼을 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 나노입자들 또는 응집체들에 대한 제 1 라만 피크의 강도 대 제 2 라만 피크의 강도의 비율 (즉,  $I_D/I_G$ ) 은 0.95 내지 1.05, 또는 0.9 내지 1.1, 또는 0.8 내지 1.2, 또는 0.9 내지 1.2, 또는 0.8 내지 1.1, 또는 0.5 내지 1.5, 또는 1.5 미만, 또는 1.2 미만, 또는 1.1 미만, 또는 1 미만, 0.95 미만, 또는 0.9 미만, 또는 0.8 미만 인 범위에 있다.

[0163] 일부 실시형태들에 있어서, 상기 정의된 바와 같이, MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 응집체는 고순도를 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 응집체는 99.99% 초과, 또는 99.95% 초과, 또는 99.9% 초과, 또는 99.8% 초과, 또는 99.5% 초과, 또는 99% 초과 의 탄소 대 금속들의 비율을 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 응집체는 99.99% 초과, 또는 99.95% 초과, 또는 99.9% 초과, 또는 99.5% 초과, 또는 99% 초과, 또는 90% 초과, 또는 80% 초과, 또는 70% 초과, 또는 60% 초과 의 탄소

대 다른 엘리먼트들의 비율을 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 응집체는 99.99% 초과, 또는 99.95% 초과, 또는 99.9% 초과, 또는 99.8% 초과, 또는 99.5% 초과, 또는 99% 초과, 또는 90% 초과, 또는 80% 초과, 또는 70% 초과, 또는 60% 초과와 탄소 대 다른 엘리먼트들 (수소 제외) 의 비율을 갖는다.

[0164] 일부 실시형태들에 있어서, 상기 정의된 바와 같이, MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 응집체는 높은 비표면적을 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 응집체는 10 내지  $200 \text{ m}^2/\text{g}$ , 또는 10 내지  $100 \text{ m}^2/\text{g}$ , 또는 10 내지  $50 \text{ m}^2/\text{g}$ , 또는 50 내지  $200 \text{ m}^2/\text{g}$ , 또는 50 내지  $100 \text{ m}^2/\text{g}$ , 또는 10 내지  $1000 \text{ m}^2/\text{g}$  의 BET (Brunauer, Emmett and Teller) 비표면적을 갖는다.

[0165] 일부 실시형태들에 있어서, 상기 정의된 바와 같이, MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 응집체는 높은 전기 전도도를 갖는다. 일부 실시형태들에 있어서, 상기 정의된 바와 같이, MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 응집체는 펠릿으로 압축되고, 펠릿은 500 S/m 초과, 또는 1000 S/m 초과, 또는 2000 S/m 초과, 또는 3000 S/m 초과, 또는 4000 S/m 초과, 또는 5000 S/m 초과, 또는 10000 S/m 초과, 또는 20000 S/m 초과, 또는 30000 S/m 초과, 또는 40000 S/m 초과, 또는 50000 S/m 초과, 또는 60000 S/m 초과, 또는 70000 S/m 초과, 또는 500 S/m 내지 100000 S/m, 또는 500 S/m 내지 1000 S/m, 또는 500 S/m 내지 10000 S/m, 또는 500 S/m 내지 20000 S/m, 또는 500 S/m 내지 100000 S/m, 또는 1000 S/m 내지 10000 S/m, 또는 1000 S/m 내지 20000 S/m, 또는 10000 내지 100000 S/m, 또는 10000 S/m 내지 80000 S/m, 또는 500 S/m 내지 10000 S/m 의 전기 전도도를 갖는다. 일부 경우들에 있어서, 펠릿의 밀도는 대략  $1 \text{ g/cm}^3$ , 또는 대략  $1.2 \text{ g/cm}^3$ , 또는 대략  $1.5 \text{ g/cm}^3$ , 또는 대략  $2 \text{ g/cm}^3$ , 또는 대략  $2.2 \text{ g/cm}^3$ , 또는 대략  $2.5 \text{ g/cm}^3$ , 또는 대략  $3 \text{ g/cm}^3$  이다. 부가적으로, 탄소 응집체 재료들의 압축된 펠릿들이 2000 psi 및 12000 psi 의 압축들로 그리고 800 °C 및 1,000 °C 의 어닐링 온도들로 형성된 테스트들이 수행되었다. 더 높은 압축 및/또는 더 높은 어닐링 온도들은 일반적으로 12410.0 S/m 내지 13173.3 S/m 의 범위를 포함하여 더 높은 전기 전도도를 갖는 펠릿들을 발생시킨다.

[0166] 열 프로세싱 시스템들을 사용하여 생성된 고순도 탄소 동소체

[0167] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들은 임의의 적절한 열 반응기 및/또는 방법과 같은 열 반응기들 및 방법들을 사용하여 생성된다. 열 반응기들 및/또는 사용 방법들에 관련된 추가 상세들은 "CRACKING OF A PROCESS GAS"의 명칭으로 2018년 1월 9일자로 등록된 미국특허 제9,862,602호에서 찾을 수 있으며, 이 특허는 본 명세서에 참조로 전부 통합된다. 부가적으로, 전기구체들(예컨대, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 및 천연 가스를 포함)은, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 탄소 응집체들을 생성하기 위해 열 반응기들과 함께 사용될 수 있다.

[0168] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들은 1 slm 내지 10 slm, 또는 0.1 slm 내지 20 slm, 또는 1 slm 내지 5 slm, 또는 5 slm 내지 10 slm, 또는 1 slm 초과, 또는 5 slm 초과의 가스 유량을 갖는 열 반응기들을 사용하여 생성된다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들은 0.1 초 내지 30 초, 또는 0.1 초 내지 10 초, 또는 1 초 내지 10 초, 또는 1 초 내지 5 초, 5 초 내지 10 초, 또는 0.1 초 초과, 또는 1 초 초과, 또는 5 초 초과, 또는 30 초 미만의 가스 공진 시간들을 갖는 열 반응기들을 사용하여 생성된다.

[0169] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들은 10 g/hr 내지 200 g/hr, 또는 30 g/hr 내지 200 g/hr, 또는 30 g/hr 내지 100 g/hr, 또는 30 g/hr 내지 60 g/hr, 또는 10 g/hr 내지 100 g/hr, 또는 10 g/hr 초과, 또는 30 g/hr 초과, 또는 100 g/hr 초과의 생성 레이트들을 갖는 열 반응기들을 사용하여 생성된다.

[0170] 일부 실시형태들에 있어서, 열 반응기들 또는 다른 크래킹 장치들 및 열 반응기 방법들 또는 다른 크래킹 방법들은, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 탄소 응집체들 뿐 아니라 다른 고체 및/또는 기체 생성물들(예컨대, 수소 가스 및/또는 저장 탄화수소 가스들)을 생성하기 위해 공급원료 프로세스 가스들을 그 성분으로 정제, 열분해, 해리 또는 크래킹하는데 사용될 수 있다. 공급원료 프로세스 가스들은, 예를 들어, 수소 가스( $H^2$ ), 이산화 탄소( $CO^2$ ),  $C^1$  내지  $C^{10}$  탄화수소, 방향족 탄화수소, 및/또는 다른 탄화수소 가스들, 예컨대, 천연 가스, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 이소부탄, 포화/불포화 탄화수소 가스들, 에텐, 프로펜 등 및 이들의 혼합물을 일반적으로 포함한다. 탄소 나노입자들 및 탄소 응집체들은, 예를 들어, 다중벽 구형 풀러렌들(MWSF들), 연결된 MWSF들, 탄소 나노스피어들, 그래핀, 그래파이트, 고도 배향성 열분해 그래파이트, 단일벽 나노튜브들, 다중벽 나노튜브들, 다른 고체 탄소 생성물들, 및/또는 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 탄

소 응집체들을 포함할 수 있다.

- [0171] 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 탄소 응집체들을 생성하기 위한 일부 실시형태들은, 예를 들어, 열 크래킹 장치의 세장형 케이싱, 하우징 또는 보디 내에 옵션적으로 둘러싸인 세장형 길이방향 가열 엘리먼트를 사용하는 열 크래킹 방법들을 포함한다. 보디는 일반적으로, 예를 들어, 스테인리스 스틸, 티타늄, 그래파이트, 석영 등으로 만들어진 하나 이상의 튜브들 또는 다른 적절한 인클로저들을 포함한다. 일부 실시형태들에 있어서, 열 크래킹 장치의 보디는 일반적으로, 보디의 상부에 또는 그 근처의 공급원료 프로세스 가스 유입구 및 수직으로 배열된 중앙 세장형 종축을 갖는 형상이 원통형이다. 공급원료 프로세스 가스는 보디 또는 그 일부분을 통해 길이방향으로 아래로 유동한다. 수직 구성에 있어서, 가스 플로우 및 중력은 열 크래킹 장치의 보디로부터 고체 생성물들을 제거하는 것을 보조한다.
- [0172] 가열 엘리먼트는 일반적으로, 예를 들어, 가열 램프, 하나 이상의 저항성 와이어들 또는 필라멘트들 (또는 꼬임 와이어들), 금속 필라멘트들, 금속성 스트립들 또는 로드들, 및/또는 공급원료 프로세스 가스의 분자들을 열적으로 크래킹하기에 충분한 특정 온도 (즉, 분자 크래킹 온도) 로 가열될 수 있는 다른 적절한 열 라디칼 발생기들 또는 엘리먼트들을 포함한다. 가열 엘리먼트는 일반적으로, 그 중앙 종축을 따라 열 크래킹 장치의 보디 내에서 중앙으로 연장하도록 배치되거나 위치되거나 배열된다. 예를 들어, 오직 하나의 가열 엘리먼트가 존재하면, 중앙 종축에 또는 그 축과 동심으로 배치되고, 복수의 가열 엘리먼트들이 존재하면, 중앙 종축 근처 및 그 주위의 그리고 그에 평행한 위치들에서 일반적으로 대칭적으로 또는 동심적으로 이격되거나 오프셋된다.
- [0173] 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들을 생성하기 위한 열 크래킹은 일반적으로, 특정 분자 크래킹 온도까지 또는 특정 분자 크래킹 온도로 공급원료 프로세스 가스를 가열하기 위해 열 크래킹 장치의 보디에 의해 정의되고 그 보디 내부에 함유되며 그리고 가열 엘리먼트로부터의 열에 의해 생성되는 길이방향 세장형 반응 구역 내에서 가열 엘리먼트 위로 또는 그와 접촉하여 또는 그 근처 내에서 공급원료 프로세스 가스를 통과시킴으로써 달성된다.
- [0174] 반응 구역은, 가열 엘리먼트를 둘러싸고 있고 그리고 공급원료 프로세스 가스가 그 분자들을 열적으로 크래킹하기에 충분한 열을 받기 위해 가열 엘리먼트에 충분히 가까운 영역으로 고려된다. 따라서, 반응 구역은 일반적으로, 보디의 중앙 종축과 축방향으로 정렬되거나 동심이다. 일부 실시형태들에 있어서, 열 크래킹은 특정 압력 하에서 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 공급원료 프로세스 가스는 반응 구역의 컨테이너 또는 가열 챔버의 외부 표면 주위에 또는 외부 표면에 걸쳐 순환되어, 그 컨테이너 또는 챔버를 냉각시키고 그리고 공급원료 프로세스 가스를 반응 구역으로 유동시키기 전에 공급원료 프로세스 가스를 예열한다.
- [0175] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들 및/또는 수소 가스는 촉매의 사용없이 생성된다. 즉, 프로세스는 무촉매이다.
- [0176] 열 크래킹 장치들 및 방법들을 사용하여 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들을 생성하기 위한 일부 실시형태들은, 원하는 대로, 상이한 생성 레벨들에 대해 유리하게는 빠르게 확장 또는 축소될 수 있는 독립형 시스템을 제공하는 것이다. 예를 들어, 일부 실시형태들은 독립형 수소 및/또는 탄소 나노입자 생성 스테이션, 탄화수소 소스, 또는 연료 전지 스테이션을 제공하도록 스케일가능하다. 일부 실시형태들은, 예컨대, 정제소 등을 위한 더 높은 용량 시스템들을 제공하도록 확장될 수 있다.
- [0177] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들을 생성하기 위해 공급원료 프로세스 가스를 크래킹하기 위한 열 크래킹 장치는 보디, 공급원료 프로세스 가스 유입구, 및 세장형 가열 엘리먼트를 포함한다. 보디는 종축을 갖는 내부 볼륨을 갖는다. 내부 볼륨은 종축과 동심인 반응 구역을 갖는다. 공급원료 프로세스 가스는 열 크래킹 동작들 동안 공급원료 프로세스 가스 유입구를 통해 내부 볼륨으로 유입된다. 세장형 가열 엘리먼트는 종축을 따라 내부 볼륨 내에 배치되고, 반응 구역에 의해 둘러싸인다. 열 크래킹 동작들 동안, 세장형 가열 엘리먼트는 반응 구역을 생성하기 위해 전력에 의해 분자 크래킹 온도까지 가열되고, 공급원료 프로세스 가스는 세장형 가열 엘리먼트로부터의 열에 의해 가열되며, 열은, 반응 구역 내에 있는 공급원료 프로세스 가스의 분자들을 그 분자들의 구성성분들로 열적으로 크래킹한다.
- [0178] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들을 생성하기 위해 공급원료 프로세스 가스를 크래킹하기 위한 방법은 (1) 종축을 갖는 내부 볼륨 및 종축을 따라 내부 볼륨 내에 배치된 세장형 가열 엘리먼트를 갖는 열 크래킹 장치를 제공하는 단계; (2) 내부 볼륨 내에 길이방향 세장형 반응 구역을 생성하기 위해 전력에 의해 세장형 가열 엘리먼트를 분자 크래킹 온도까지 가열하는 단계; (3) 공급원료 프로세스



가스를 내부 볼륨 내로 그리고 길이방향 세장형 반응 구역을 통해 유동시키는 단계 (예컨대, 여기서, 공급원료 프로세스 가스는 세장형 가열 엘리먼트로부터의 열에 의해 가열됨); 및 (4) 공급원료 프로세스 가스가 길이방향 세장형 반응 구역을 통해 유동함에 따라 길이방향 세장형 반응 구역 내의 공급원료 프로세스 가스의 분자들을 그 구성성분들 (예컨대, 수소 가스 및 하나 이상의 고체 생성물들) 로 열적으로 크래킹하는 단계를 포함한다.

[0179] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들을 생성하기 위한 공급원료 프로세스 가스는 탄화수소 가스를 포함한다. 크래킹의 결과들은 수소 (예컨대,  $H_2$ ) 및 본 명세서에서 설명된 다양한 형태들의 탄소 나노입자들 및 응집체들을 포함한다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 나노입자들 및 응집체들은 2 이상의 MWSF들 및 그 MWSF들을 코팅하는 그래핀의 층들, 및/또는 연결된 MWSF들 및 연결된 MWSF들을 코팅하는 그래핀의 층들을 포함한다. 일부 실시형태들에 있어서, 공급원료 프로세스 가스는, 공급원료 프로세스 가스를 내부 볼륨으로 유동시키기 전에 가열 챔버와 열 크래킹 장치의 셀 사이의 가스 예열 영역을 통해 공급원료 프로세스 가스를 유동시킴으로써 (예컨대, 100 °C 내지 500 °C 까지) 예열된다. 일부 실시형태들에 있어서, 내부에 나노입자들을 갖는 가스는 공급원료 프로세스 가스와 혼합하기 위해 내부 볼륨 내로 그리고 길이방향 세장형 반응 구역을 통해 유입되고, 고체 생성물 (예컨대, 그래핀의 층들) 의 코팅이 나노입자들 주위에 형성된다.

[0180] 고순도 구조화된 탄소들의 포스트-프로세싱

[0181] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 다중벽 구형 풀러렌들 (MWSF들) 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 나노입자들 및 응집체들이 생성되고 수집되며, 포스트-프로세싱은 수행되지 않는다. 다른 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 다중벽 구형 풀러렌들 (MWSF들) 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 나노입자들 및 응집체들이 생성되고 수집되며, 일부 포스트-프로세싱이 수행된다. 전자기 상태 감지 디바이스들에 수반된 포스트-프로세싱의 일부 예들은 볼 밀링, 그라인딩, 마찰 밀링, 마이크로 유동화, 및 MWSF들을 손상시키지 않고 입자 사이즈를 감소시키기 위한 다른 기법들과 같은 기계적 프로세싱을 포함한다. 포스트-프로세싱의 일부 추가 예들은, 다른 것들 중에서, 전단 (shear) 혼합, 화학적 에칭, 산화 (예컨대, Hummer 방법), 열 어닐링, 어닐링 동안 엘리먼트들 (예컨대, 황, 질소) 을 첨가하는 것에 의한 도핑, 스티밍, 필터링, 및 용해와 같은 박리 프로세스들을 포함한다. 포스트-프로세싱의 일부 예들은 스파크 플라즈마 소결 (SPS), 직류 소결, 마이크로파 소결, 및 자외선 (UV) 소결과 같은 소결 프로세스들을 포함하며, 이는 불활성 가스에 있어서 높은 압력 및 온도에서 수행될 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 다중의 포스트-프로세싱 방법들이 함께 또는 연속적으로 사용될 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 포스트-프로세싱은 다중벽 구형 풀러렌들 (MWSF들) 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 관능화된 탄소 나노입자들 또는 응집체들을 생성한다.

[0182] 일부 실시형태들에 있어서, 재료들은 상이한 조합들로 함께 혼합된다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 상이한 탄소 나노입자들 및 응집체들은 포스트-프로세싱 전에 함께 혼합된다. 예를 들어, (예컨대, 상이한 사이즈들, 상이한 조성들, 상이한 순도들, 상이한 프로세싱 실행들 등으로부터의) 상이한 특성들을 갖는 MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 상이한 탄소 나노입자들 및 응집체들이 함께 혼합될 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 탄소 나노입자들 및 응집체들은 그래핀과 혼합되어, 그 혼합물에 있어서 연결된 MWSF들 대 그래핀의 비율을 변경할 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 상이한 탄소 나노입자들 및 응집체들은 포스트-프로세싱 후에 함께 혼합될 수 있다. 예를 들어, 상이한 특성들 및/또는 상이한 포스트-프로세싱 방법들 (예컨대, 상이한 사이즈들, 상이한 조성들, 상이한 기능, 상이한 표면 특성들, 상이한 표면적들) 을 갖는 MWSF들 또는 연결된 MWSF들을 함유하는 상이한 탄소 나노입자들 및 응집체들이 함께 혼합될 수 있다.

[0183] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들이 생성되고 수집되며, 기계적 그라인딩, 밀링, 및/또는 박리에 의해 후속적으로 프로세싱된다. 일부 실시형태들에 있어서, (예컨대, 기계적 그라인딩, 밀링, 박리 등에 의한) 프로세싱은 입자들의 평균 사이즈를 감소시킨다. 일부 실시형태들에 있어서, (예컨대, 기계적 그라인딩, 밀링, 박리 등에 의한) 프로세싱은 입자들의 평균 표면적을 증가시킨다. 일부 실시형태들에 있어서, 기계적 그라인딩, 밀링 및/또는 박리에 의한 프로세싱은 탄소층들의 일부분을 전단하여, 탄소 나노입자들과 혼합된 그래파이트의 시트들을 생성한다.

[0184] 일부 실시형태들에 있어서, 기계적 그라인딩 또는 밀링은 볼 밀, 플래너터리 밀, 로드 밀, 전단 혼합기, 고 전단 과립기, 자가 밀, 또는 그라인딩, 크러싱 또는 절단에 의해 고체 재료들을 더 작은 피스들로 분할하는데 사용되는 다른 타입들의 머시닝을 사용하여 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 기계적 그라인딩, 밀링 및/

또는 박리는 습식 또는 건식으로 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 기계적 그라인딩은 일부 시간 기간 동안 그라인딩한 다음 일부 시간 기간 동안 유희하고 그리고 다수의 사이클들 동안 그라인딩 및 유희를 반복함으로써 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 그라인딩 기간은 1 분 내지 20 분, 또는 1 분 내지 10 분, 또는 3 분 내지 8 분, 또는 대략 3 분, 또는 대략 8 분이다. 일부 실시형태들에 있어서, 유희 기간은 1 분 내지 10 분, 또는 대략 5 분, 또는 대략 6 분이다. 일부 실시형태들에 있어서, 그라인딩 및 유희 사이클들의 수는 1 분 내지 100 분, 또는 5 분 내지 100 분, 또는 10 분 내지 100 분, 또는 5 분 내지 10 분, 또는 5 분 내지 20 분이다. 일부 실시형태들에 있어서, 그라인딩 및 유희의 시간의 총량은 10 분 내지 1200 분, 또는 10 분 내지 600 분, 또는 10 분 내지 240 분, 또는 10 분 내지 120 분, 또는 100 분 내지 90 분, 또는 10 분 내지 60 분, 또는 대략 90 분, 또는 대략 120 분이다.

[0185] 일부 실시형태들에 있어서, 사이클에서의 그라인딩 단계들은 제 1 사이클 동안 일 방향 (예컨대, 시계 방향) 으로 밀을 회전시킨 다음, 다음 사이클 동안 반대 방향 (예컨대, 반시계 방향) 으로 밀을 회전시킴으로써 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 기계적 그라인딩 또는 밀링은 볼 밀을 사용하여 수행되고, 그라인딩 단계들은 100 내지 1000 rpm, 또는 100 내지 500 rpm, 또는 대략 400 rpm 의 회전 속도를 사용하여 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 기계적 그라인딩 또는 밀링은, 0.1 mm 내지 20 mm, 또는 0.1 mm 내지 10 mm, 또는 1 mm 내지 10 mm, 또는 대략 0.1 mm, 또는 대략 1 mm, 또는 대략 10 mm 의 직경을 갖는 밀링 매질들을 사용하는 볼 밀을 사용하여 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 기계적 그라인딩 또는 밀링은 스틸과 같은 금속, 지르코늄 산화물 (지르코니아), 이트리아 안정화된 지르코늄 산화물, 실리카, 알루미늄, 마그네슘 산화물과 같은 산화물, 또는 실리콘 카바이드 또는 텅스텐 카바이드와 같은 다른 경질 재료들로 구성된 밀링 매질들을 사용하는 볼 밀을 사용하여 수행된다.

[0186] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들이 생성되고 수집되며, 열 어닐링 또는 소결과 같은 상승된 온도들을 사용하여 후속적으로 프로세싱된다. 일부 실시형태들에 있어서, 상승된 온도들을 사용한 프로세싱은 질소 또는 아르곤과 같은 불활성 환경에서 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 상승된 온도들을 사용한 프로세싱은 대기압에서, 또는 진공 하에서, 또는 저압에서 수행된다. 일부 실시형태들에 있어서, 상승된 온도들을 사용한 프로세싱은 500 °C 내지 2500 °C, 또는 500 °C 내지 1500 °C, 또는 800 °C 내지 1500 °C, 또는 800 °C 내지 1200 °C, 또는 800 °C 내지 1000 °C, 또는 2000 °C 내지 2400 °C, 또는 대략 800 °C, 또는 대략 1000 °C, 또는 대략 1500 °C, 또는 대략 2000 °C, 또는 대략 2400 °C 의 온도에서 수행된다.

[0187] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들이 생성되고 수집되고, 후속적으로, 포스트-프로세싱 단계들에서, 추가 엘리먼트들 또는 화합물들이 탄소 나노입자들에 추가되고, 이에 의해, 탄소 나노입자들 및 응집체들의 고유한 특성들을 다른 재료 혼합물들에 통합한다.

[0188] 일부 실시형태들에 있어서, 포스트-프로세싱 이전 또는 이후, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들이 다른 엘리먼트들 또는 화합물들의 고체, 액체 또는 슬러리에 추가되어, 탄소 나노입자들 및 응집체들의 고유한 특성들을 통합한 추가 재료 혼합물들을 형성한다. 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들은 다른 고체 입자들, 폴리머들 또는 다른 재료들과 혼합된다.

[0189] 일부 실시형태들에 있어서, 포스트-프로세싱 이전 또는 이후, 본 명세서에서 설명된 탄소 나노입자들 및 응집체들은 전자기 상태 감지 디바이스들에 관련된 애플리케이션들을 넘어 다양한 애플리케이션들에서 사용된다. 그러한 애플리케이션은 수송 애플리케이션들 (예컨대, 자동차 및 트럭 타이어들, 커플링들, 마운트들, 엘라스토머 0-링들, 호스들, 실란트들, 그로밋들 등) 및 산업용 애플리케이션들 (예컨대, 고무 첨가제, 폴리머 재료용 관능화된 첨가제, 에폭시용 첨가제 등) 을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0190] 도 10a 및 도 10b 는 합성상태의 탄소 나노입자들의 투과 전자 현미경 (TEM) 이미지들을 도시한다. (제 1 배율의) 도 10a 및 (제 2 배율의) 도 10b 의 탄소 나노입자들은 연결된 다중벽 구형 풀러렌들 (1002) (MWSF들) 과 그 연결된 MWSF들을 코팅하는 그래핀 층들 (1004) 을 함유한다. 이 예에 있어서 MWSF 대 그래핀 동소체의 비율은 상대적으로 짧은 공진 시간들로 인해 대략 80% 이다. 도 10a 에서의 MWSF들은 직경이 대략 5 nm 내지 10 nm 이고, 그 직경은 상기 설명된 조건들을 사용하여 5 nm 내지 500 nm 일 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, MWSF들에 걸친 평균 직경은 5 nm 내지 500 nm, 또는 5 nm 내지 250 nm, 또는 5 nm 내지 100 nm, 또는 5 nm 내지 50 nm, 또는 10 nm 내지 500 nm, 또는 10 nm 내지 250 nm, 또는 10 nm 내지 100 nm, 또는 10 nm 내지 50 nm, 또는 40 nm 내지 500 nm, 또는 40 nm 내지 250 nm, 또는 40 nm 내지 100 nm, 또는 50 nm 내지 500 nm, 또는 50 nm 내지 250 nm, 또는 50 nm 내지 100 nm 의 범위에 있다. 이 프로세스에서는 촉매가 사

용되지 않았고, 따라서, 오염물질들을 함유하는 중앙 시드가 존재하지 않는다. 이 예에서 생성된 응집체 입자들은 대략 10  $\mu\text{m}$  내지 100  $\mu\text{m}$  또는 대략 10  $\mu\text{m}$  내지 500  $\mu\text{m}$  의 입자 사이즈를 가졌다.

[0191] 도 10c 는 532 nm 입사광으로 취해진 이 예에서 합성상태의 응집체들의 라만 스펙트럼을 도시한다. 이 예에서 생성된 응집체들에 대한  $I_D/I_G$  는 대략 0.99 내지 1.03 이며, 이는 응집체들이 높은 배향성도를 갖는 탄소 동소체로 구성되었음을 표시한다.

[0192] 도 10d 및 도 10e 는 볼 밀에서 그라인딩함으로써 사이즈 감소 이후 탄소 나노입자들의 예시적인 TEM 이미지들을 도시한다. 볼 밀링은 3 분 반시계방향 그라인딩 단계, 이어서 6 분 유티 단계, 이어서 3 분 시계방향 그라인딩 단계, 이어서 6 분 유티 단계를 갖는 사이클들에서 수행되었다. 그라인딩 단계들은 400 rpm 의 회전 속도를 사용하여 수행되었다. 밀링 매질들은 지르코니아였으며, 사이즈는 0.1 mm 내지 10 mm 의 범위였다. 총 사이즈 감소 프로세싱 시간은 60 분 내지 120 분이였다. 사이즈 감소 이후, 이 예에서 생성된 응집체 입자들은 대략 1  $\mu\text{m}$  내지 5  $\mu\text{m}$  의 입자 사이즈를 가졌다. 사이즈 감소 이후 탄소 나노입자들은 연결된 MWSF 들과 그 연결된 MWSF들을 코팅하는 그래핀의 층들이다.

[0193] 도 10f 는 532 nm 입사광으로 취해진 사이즈 감소 이후 이들 응집체들로부터의 라만 스펙트럼을 도시한다. 사이즈 감소 이후 이 예에서 응집체 입자들의  $I_D/I_G$  는 대략 1.04 이다. 부가적으로, 사이즈 감소 이후 입자들은 대략 40  $\text{m}^2/\text{g}$  내지 50  $\text{m}^2/\text{g}$  의 BET (Brunauer, Emmett and Teller) 비표면적을 가졌다.

[0194] 이 샘플에서 생성된 응집체들의 순도는 질량 분석법 및 x선 형광 (XRF) 분광법을 사용하여 측정되었다. 16 개의 상이한 배치들에서 측정된, 탄소 대 수소를 제외한 다른 엘리먼트들의 비율은 99.86% 내지 99.98% 였으며, 99.94% 탄소가 평균이었다.

[0195] 이 예에 있어서, 탄소 나노입자들은 열 핫와이어 프로세싱 시스템을 사용하여 생성되었다. 전구체 재료는 메탄이었으며, 이는 1 slm 내지 5 slm 으로 유동되었다. 이들 유량들 및 도구 지오메트리로, 반응 챔버에서의 가스의 공진 시간은 대략 20 초 내지 30 초였으며, 탄소 입자 생성 레이트는 대략 20 g/hr 였다.

[0196] 그러한 프로세싱 시스템에 관련된 추가 상세들은 "CRACKING OF A PROCESS GAS" 의 명칭인 전술된 미국특허 제 9,862,602호에서 찾을 수 있다.

[0197] 도 10g, 도 10h 및 도 10i 는 이 예의 합성상태의 탄소 나노입자들의 TEM 이미지들을 도시한다. 탄소 나노입자들은 연결된 다중벽 구형 풀러렌들 (MWSF들) 과 그 연결된 MWSF들을 코팅하는 그래핀의 층들을 함유한다. 이 예에서 다중벽 풀러렌 대 그래핀 동소체의 비율은, 더 두껍거나 더 많은 그래핀 층들로 하여금 MWSF들을 코팅하게 하는 상대적으로 긴 공진 시간들로 인해 대략 30% 이다. 이 프로세스에서는 촉매가 사용되지 않았고, 따라서, 오염물질들을 함유하는 중앙 시드가 존재하지 않는다. 이 예에서 생성된 합성상태의 응집체 입자들은 대략 10  $\mu\text{m}$  내지 500  $\mu\text{m}$  의 입자 사이즈들을 가졌다. 도 10j 는 이 예의 응집체들로부터의 라만 스펙트럼을 도시한다. 이 예에서 합성상태의 입자들의 라만 시그니처는 합성상태의 재료에서 MWSF들을 코팅하는 더 두꺼운 그래핀 층들을 나타낸다. 부가적으로, 합성상태의 입자들은 대략 90  $\text{m}^2/\text{g}$  내지 100  $\text{m}^2/\text{g}$  의 BET (Brunauer, Emmett and Teller) 비표면적을 가졌다.

[0198] 도 10k 및 도 10l 은 이 예의 탄소 나노입자들의 TEM 이미지들을 도시한다. 구체적으로, 이미지들은, 볼 밀에서 그라인딩하는 것에 의한 사이즈 감소의 수행 이후 탄소 나노입자들을 도시한다. 사이즈 감소 프로세스 조건들은 전술한 도 10g 내지 도 10j 에 관련하여 설명된 것들과 동일하였다. 사이즈 감소 이후, 이 예에서 생성된 응집체 입자들은 대략 1  $\mu\text{m}$  내지 5  $\mu\text{m}$  의 입자 사이즈를 가졌다. TEM 이미지들은, 그래핀 코팅에 매립되었던 연결된 MWSF들이 사이즈 감소 이후 관찰될 수 있음을 도시한다. 도 10m 은 532 nm 입사광으로 취해진 사이즈 감소 이후 이 예의 응집체들로부터의 라만 스펙트럼을 도시한다. 사이즈 감소 이후 이 예에서 응집체 입자들에 대한  $I_D/I_G$  는 대략 1 이며, 이는 합성상태의 그래핀 코팅에 매립되었던 연결된 MWSF들이 사이즈 감소 이후 라만에서 검출가능하게 되었고 잘 배향되었음을 표시한다. 사이즈 감소 이후 입자들은 대략 90  $\text{m}^2/\text{g}$  내지 100  $\text{m}^2/\text{g}$  의 BET (Brunauer, Emmett and Teller) 비표면적을 가졌다.

[0199] 도 10n 은 제 1 배율에서 그래파이트 및 그래핀 동소체를 도시한 탄소 응집체들의 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지이다. 도 10o 는 제 2 배율에서 그래파이트 및 그래핀 동소체를 도시한 탄소 응집체들의 SEM 이미지이다. 층상 그래핀이 탄소의 왜곡 (주름) 내에서 명확하게 도시된다. 탄소 동소체의 3D 구조가 또한 볼 수 있다.

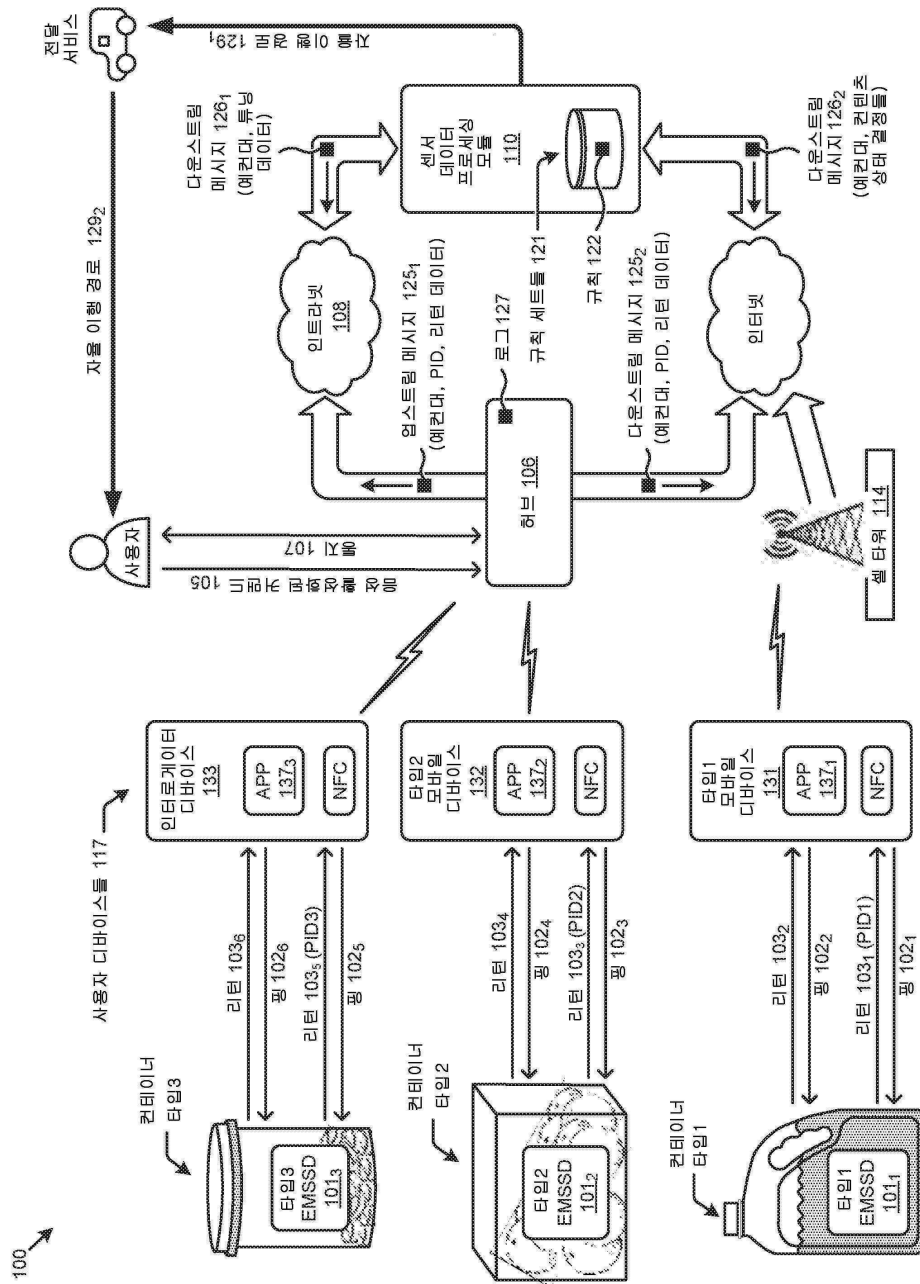
- [0200] 도 10n 및 도 10o 의 탄소 입자들의 입자 사이즈 분포가 도 10p 에 도시된다. 질량 기반 누적 입자 사이즈 분포 (1006) 는 그래프 ( $Q^3(x)[\%]$ ) 에서의 좌측 y축에 대응한다. 질량 입자 사이즈 분포 (1008) 의 히스토그램은 그래프 ( $dQ^3(x)[\%]$ ) 에서의 우측 축에 대응한다. 메디안 입자 사이즈는 대략 33  $\mu\text{m}$  이다. 제 10 퍼센타일 입자 사이즈는 대략 9  $\mu\text{m}$  이고, 제 90 퍼센타일 입자 사이즈는 대략 103  $\mu\text{m}$  이다. 입자들의 질량 밀도는 대략 10 g/L 이다.
- [0201] 다중 스테이지 반응기로부터 캡처된 탄소 입자들의 입자 사이즈 분포가 도 10q 에 도시된다. 질량 기반 누적 입자 사이즈 분포 (1014) 는 그래프 ( $Q^3(x)[\%]$ ) 에서의 좌측 y축에 대응한다. 질량 입자 사이즈 분포 (1016) 의 히스토그램은 그래프 ( $dQ^3(x)[\%]$ ) 에서의 우측 축에 대응한다. 캡처된 메디안 입자 사이즈는 대략 11  $\mu\text{m}$  이다. 제 10 퍼센타일 입자 사이즈는 대략 3.5  $\mu\text{m}$  이고, 제 90 퍼센타일 입자 사이즈는 대략 21  $\mu\text{m}$  이다. 도 10q 에서의 그래프는 또한, 수 기반 누적 입자 사이즈 분포 (1018) 가 그래프 ( $Q^0(x)[\%]$ ) 에서의 좌측 y축에 대응함을 도시한다. 수 기반에 의한 메디안 입자 사이즈는 대략 0.1  $\mu\text{m}$  내지 대략 0.2  $\mu\text{m}$  이다. 수집된 입자들의 질량 밀도는 대략 22 g/L 이다.
- [0202] 도 10p 의 논의로 돌아가면, 그래프는 또한 예시적인 결과들의 제 2 세트를 도시한다. 구체적으로, 이 예에 있어서, 입자들은 기계적 그라인딩에 의해 사이즈 감소되었고, 그 다음, 사이즈 감소된 입자들이 사이클론 분리기를 사용하여 프로세싱되었다. 이 예에서 캡처된 사이즈 감소된 탄소 입자들의 질량 기반 누적 입자 사이즈 분포 (1010) 는 그래프 ( $Q^3(x)[\%]$ ) 에서의 좌측 y축에 대응한다. 질량 기반 입자 사이즈 분포 (1012) 의 히스토그램은 그래프 ( $dQ^3(x)[\%]$ ) 에서의 우측 축에 대응한다. 이 예에서 캡처된 사이즈 감소된 탄소 입자들의 메디안 입자 사이즈는 대략 6  $\mu\text{m}$  이다. 제 10 퍼센타일 입자 사이즈는 1  $\mu\text{m}$  내지 2  $\mu\text{m}$  이고, 제 90 퍼센타일 입자 사이즈는 10  $\mu\text{m}$  내지 20  $\mu\text{m}$  이다.
- [0203] 사이클론 분리기들을 제조 및 사용하는 것에 관련된 추가 상세들은 "MICROWAVE REACTOR SYSTEM WITH GAS-SOLIDS SEPARATION" 의 명칭으로 2017년 10월 5일자로 출원된 미국 특허출원 제15/725,928호에서 찾을 수 있으며, 이 출원은 본 명세서에 참조로 전부 통합된다.
- [0204] 마이크로파 반응기 시스템들을 사용하여 생성된 고순도 탄소 동소체
- [0205] 일부 경우들에 있어서, 그래파이트, 그래핀 및 비정질 탄소를 함유하는 탄소 입자들 및 응집체들은, 메탄을 함유하거나 이소프로필 알코올 (IPA) 을 함유하거나 에탄올을 함유하거나 축합 탄화수소 (에컨대, 헥산) 을 함유하는 전구체 재료를 사용하는 마이크로파 플라즈마 반응기 시스템을 사용하여 생성될 수 있다. 일부 다른 예들에 있어서, 탄소 함유 전구체들은 옵션적으로, 공급 가스 (에컨대, 아르곤) 와 혼합된다. 이 예에서 생성된 입자들은 그래파이트, 그래핀, 비정질 탄소를 함유하였고 시드 입자들을 함유하지 않았다. 이 예에서의 입자들은 대략 99.5% 이상의 탄소 대 다른 엘리먼트들 (수소 제외) 의 비율을 가졌다.
- [0206] 하나의 특정 예에 있어서, 탄화수소는 마이크로파 플라즈마 반응기에 대한 입력 재료였고, 반응기의 분리된 출력들은 그래파이트, 그래핀 및 비정질 탄소를 함유하는 탄소 입자들 및 수소 가스를 포함하였다. 탄소 입자들은 다중 스테이지 가스-고체 분리 시스템에서 수소 가스로부터 분리되었다. 반응기로부터 분리된 출력들의 고체 부하는 0.001 g/L 내지 2.5 g/L 였다.
- [0207] 도 10r, 도 10s, 및 도 10t 는 합성상태의 탄소 나노입자들의 TEM 이미지들이다. 이미지들은 그래파이트, 그래핀 및 비정질 탄소 동소체의 예들을 나타낸다. 그래핀 및 다른 탄소 재료들의 층들은 이미지들에서 명확하게 볼 수 있다.
- [0208] 캡처된 탄소 입자들의 입자 사이즈 분포가 도 10u 에 도시된다. 질량 기반 누적 입자 사이즈 분포 (1020) 는 그래프 ( $Q^3(x)[\%]$ ) 에서의 좌측 y축에 대응한다. 질량 입자 사이즈 분포 (1022) 의 히스토그램은 그래프 ( $dQ^3(x)[\%]$ ) 에서의 우측 축에 대응한다. 이 예에서 사이클론 분리기에서 캡처된 메디안 입자 사이즈는 대략 14  $\mu\text{m}$  였다. 제 10 퍼센타일 입자 사이즈는 대략 5  $\mu\text{m}$  였고, 제 90 퍼센타일 입자 사이즈는 대략 28  $\mu\text{m}$  였다. 도 10u 에서의 그래프는 또한, 수 기반 누적 입자 사이즈 분포 (1024) 가 그래프 ( $Q^0(x)[\%]$ ) 에서의 좌측 y축에 대응함을 도시한다. 이 예에서 수 기반에 의한 메디안 입자 사이즈는 대략 0.1  $\mu\text{m}$  내지 대략 0.2  $\mu\text{m}$  였다.



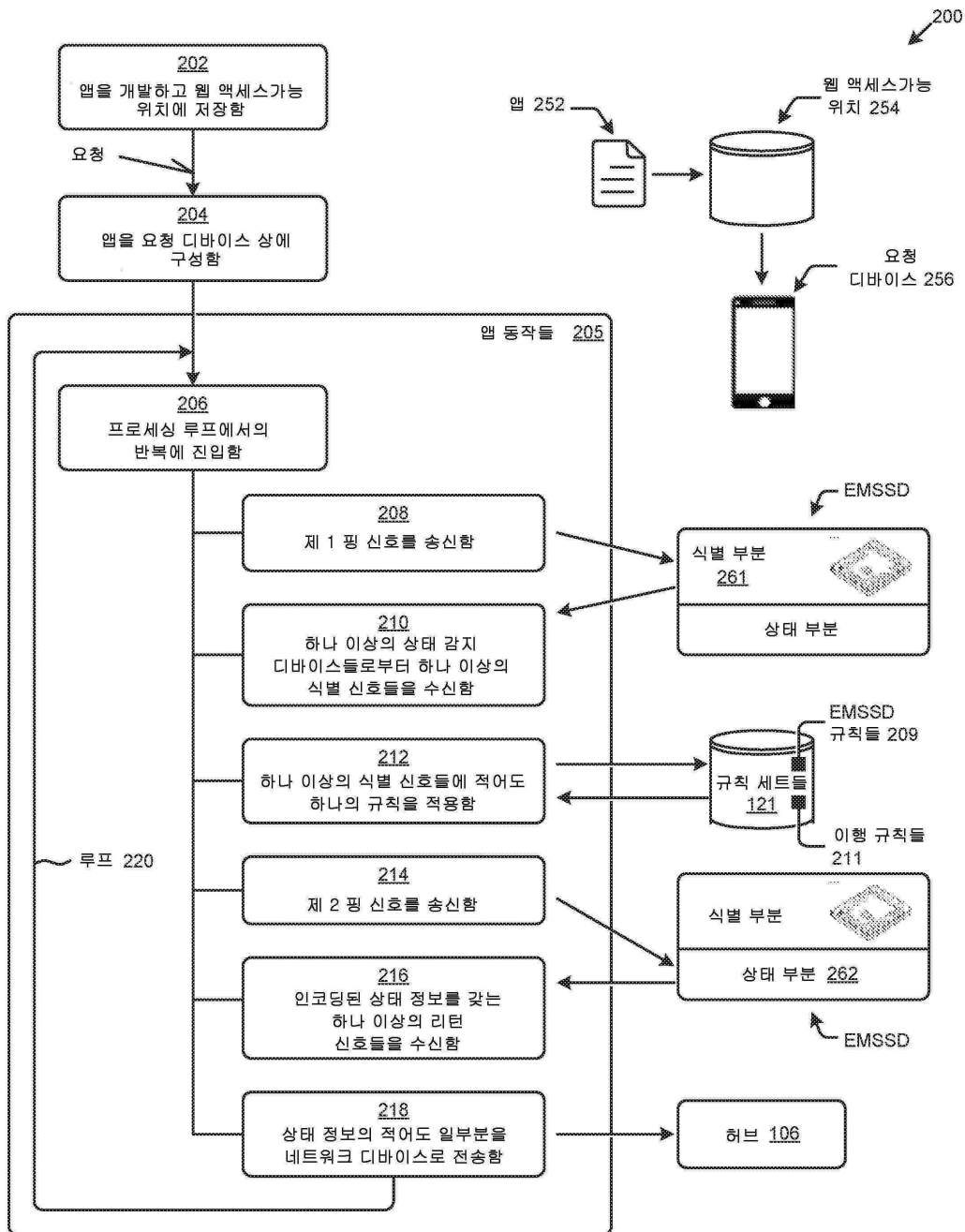
- [0209] 도 10v, 도 10w, 및 도 10x 그리고 도 10y 는, 다른 3차원 구조들 상으로 성장되는 3차원 탄소 함유 구조들을 나타내는 이미지들이다. 도 10v 는 탄소 섬유들 상으로 성장된 3차원 탄소 구조들의 100X 배율인 반면, 도 10w 는 탄소 섬유들 상으로 성장된 3차원 탄소 구조들의 200X 배율이다. 도 10x 는 탄소 섬유들 상으로 성장된 3차원 탄소 구조들의 1601X 배율이다. 섬유 표면 상으로의 3차원 탄소 성장이 도시된다. 도 10y 는 탄소 섬유들 상으로 성장된 3차원 탄소 구조들의 10000X 배율이다. 이미지는 기저면 상으로의 뿐 아니라 에지면들 상으로의 성장을 묘화한다.
- [0210] 더 구체적으로, 도 10v 내지 도 10y 는 마이크로와 플라즈마 반응기로부터의 플라즈마 에너지 뿐 아니라 열 반응기로부터의 열 에너지를 사용하여 섬유들 상으로 성장된 3D 탄소 재료들의 예시적인 SEM 이미지들을 도시한다. 도 10v 는 섬유들의 표면 상에 성장된 3D 탄소 재료 (1030) 와 교차하는 섬유들 (1031 및 1032) 의 SEM 이미지를 도시한다. 도 10w 는 섬유 (1032) 상의 3D 탄소 성장 (1030) 을 나타내는 고배율 이미지 (스케일 바는 도 10v 에 대한 500  $\mu\text{m}$  에 비해 300  $\mu\text{m}$  임) 이다. 도 10x 는 섬유 표면 (1035) 상의 3D 탄소 성장 (1030) 을 나타내는 추가 확대 뷰이며 (스케일 바는 40  $\mu\text{m}$  임), 여기서, 탄소 성장 (1030) 의 3D 본성이 명확하게 보여질 수 있다. 도 10y 는, 섬유 상에 성장된 3D 탄소 재료의 다수의 하위입자들의 기저면들 (1036) 과 에지면들 (1034) 사이의 상호연결을 도시하는, 탄소 단독의 확대도 (스케일 바는 500 nm 임) 를 도시한다. 도 10v 내지 도 10y 는 3D 탄소 섬유 상에 성장된 3D 탄소 성장과 같이 일부 실시형태들에 따른 3D 섬유 구조 상에 3D 탄소를 성장시키는 능력을 입증한다.
- [0211] 일부 실시형태들에 있어서, 섬유들 상의 3D 탄소 성장은, 복수의 섬유들을 마이크로와 플라즈마 반응기에 도입하는 것 및 마이크로와 반응기에서 플라즈마를 사용하여 섬유들을 에칭하는 것에 의해 달성될 수 있다. 에칭은 핵생성 사이트들을 생성하여, 탄소 입자들 및 하위입자들이 반응기에서 탄화수소 분리에 의해 생성될 때 3D 탄소 구조들의 성장이 이들 핵생성 사이트들에서 개시되게 한다. 본질적으로 자체가 3차원적인 섬유들 상의 3D 탄소 구조들의 직접 성장은 고도로 통합된 3D 구조에, 수지가 침투할 수 있는 기공들을 제공한다. 수지 복합재를 위한 이러한 3D 강화 매트릭스 (고 애스펙트비 강화 섬유들과 통합된 3D 탄소 구조들을 포함) 는, 평활한 표면들을 갖고 평활한 표면들이 통상적으로 수지 매트릭스로부터 박리하는 종래의 섬유들을 갖는 복합재들에 비해, 인장 강도 및 전단과 같은 재료 특성들이 향상되게 한다.
- [0212] 관능화 탄소
- [0213] 일부 실시형태들에 있어서, 본 명세서에서 설명된 3D 탄소 재료들과 같은 탄소 재료들은 접착을 촉진하고/하거나 산소, 질소, 탄소, 실리콘, 또는 경화제와 같은 엘리먼트들을 추가하도록 관능화될 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 재료들은 인시츄로, 즉, 탄소 재료들이 생성되는 동일한 반응기 내에서 관능화될 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 탄소 재료들은 포스트-프로세싱에서 관능화될 수 있다. 예를 들어, 플러렌들 또는 그래핀의 표면들은, 수지 매트릭스의 폴리머들과 결합들을 형성하는 산소 또는 질소 함유 종으로 관능화될 수 있고, 따라서, 접착을 개선하고 강한 결합을 제공하여 복합재들의 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0214] 실시형태들은 본 명세서에서 설명된 플라즈마 반응기들 (예컨대, 마이크로와 플라즈마 반응기들) 을 활용하여 탄소 (예컨대, CNT들, CNO, 그래핀, 3D 그래핀과 같은 3D 탄소 재료들) 에 대한 표면 처리들을 관능화하는 것을 포함한다. 다양한 실시형태들은 복합재 재료에서 결합제 또는 폴리머와 결합될 수 있는 탄소 재료들의 생성 동안 인시츄 표면 처리를 포함할 수 있다. 다양한 실시형태들은, 탄소 재료들이 여전히 반응기 내에 있는 동안 탄소 재료들의 생성 이후 표면 처리를 포함할 수 있다.
- [0215] 전술한 명세서에 있어서, 본 개시는 그 특정 실시형태들을 참조하여 설명되었다. 하지만, 다양한 수정들 및 변경들이 본 개시의 더 넓은 사상 및 범위로부터 이탈함없이 행해질 수도 있음이 명백할 것이다. 예를 들어, 상기 설명된 프로세스 플로우들은 프로세스 액션들의 특정 순서화를 참조하여 설명된다. 하지만, 다수의 설명된 프로세스 액션들의 순서화는 본 개시의 범위 또는 동작에 영향을 주지않고 변경될 수도 있다. 명세서 및 도면들은 한정적 의미보다는 예시적 의미로 간주되어야 한다.

도면

도면1

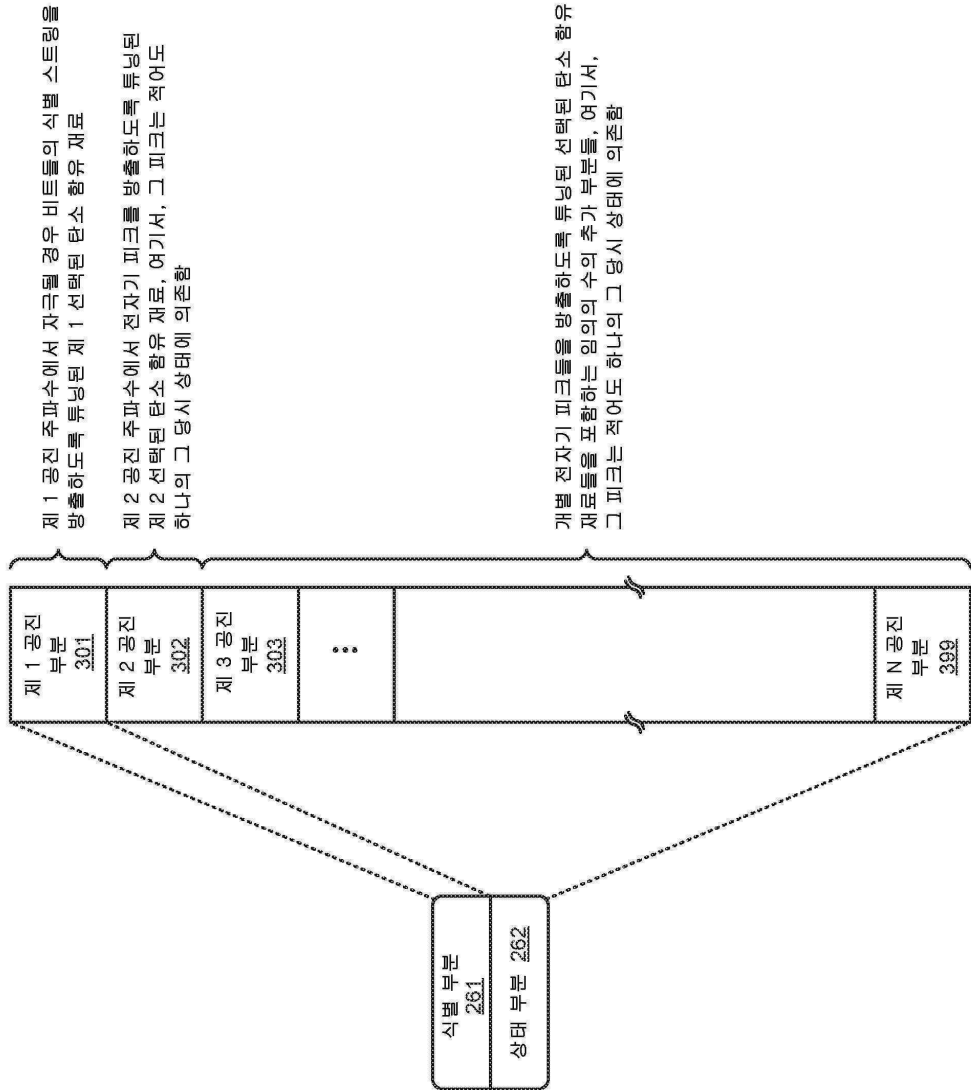


도면2



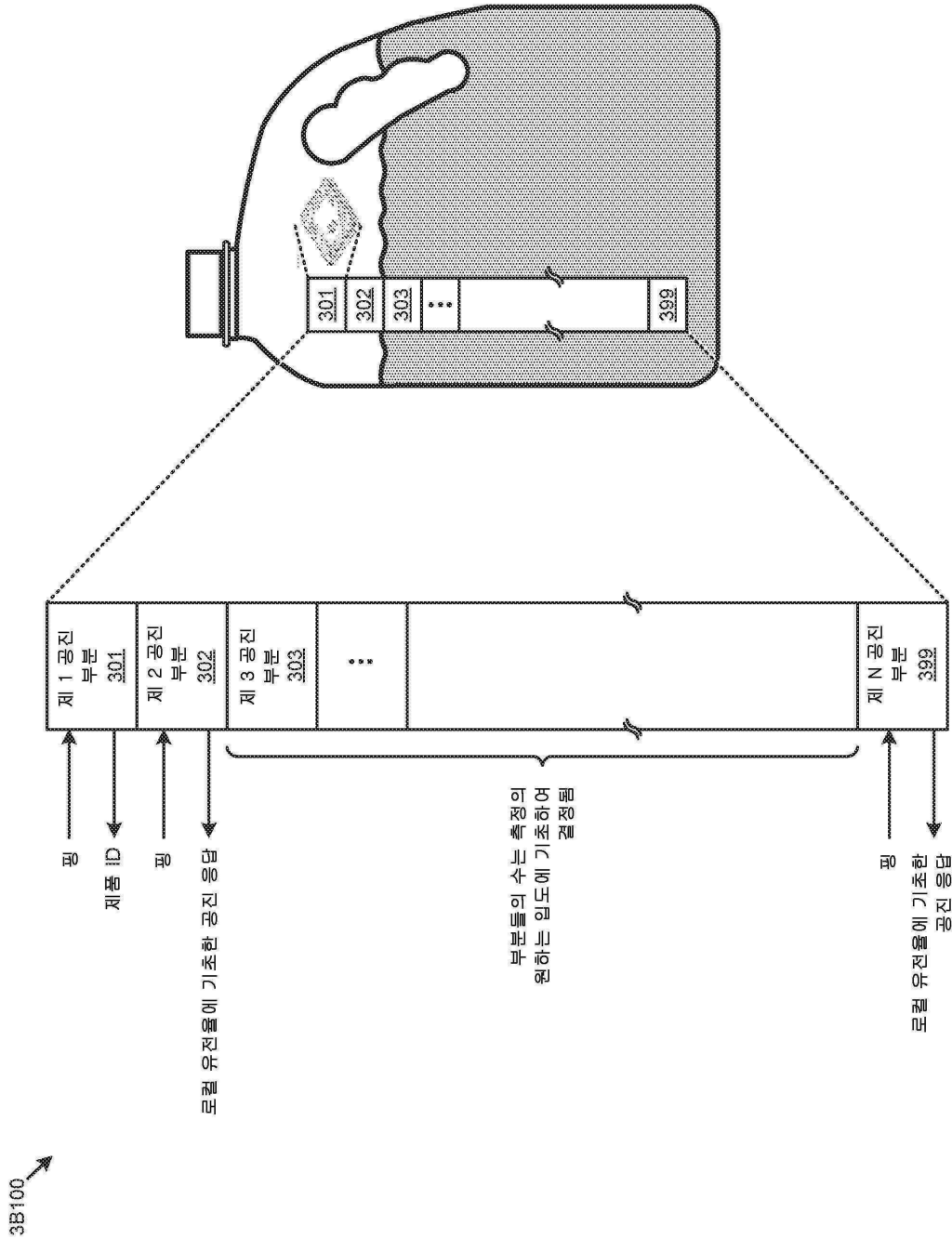
도면3a

3A00 ↗

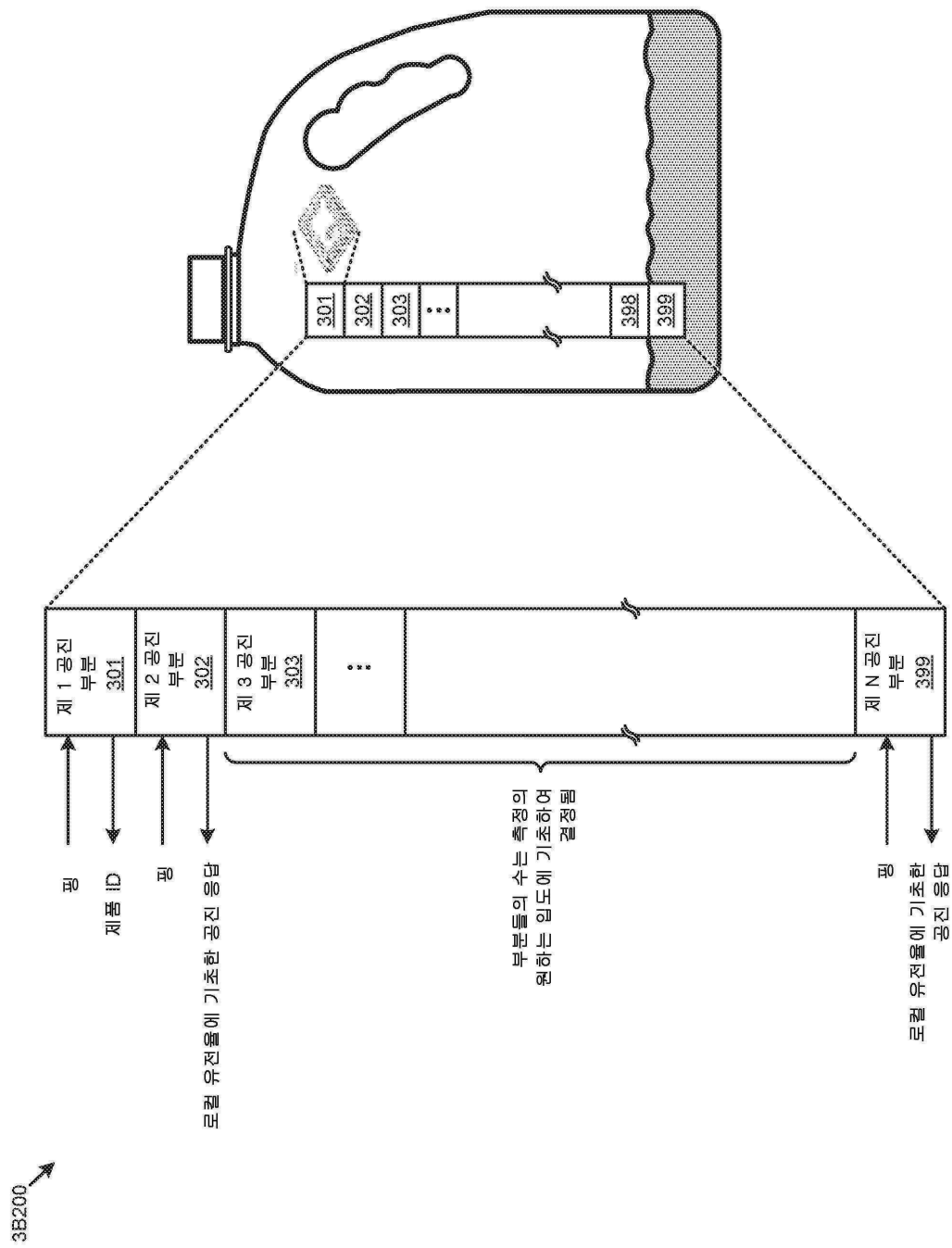




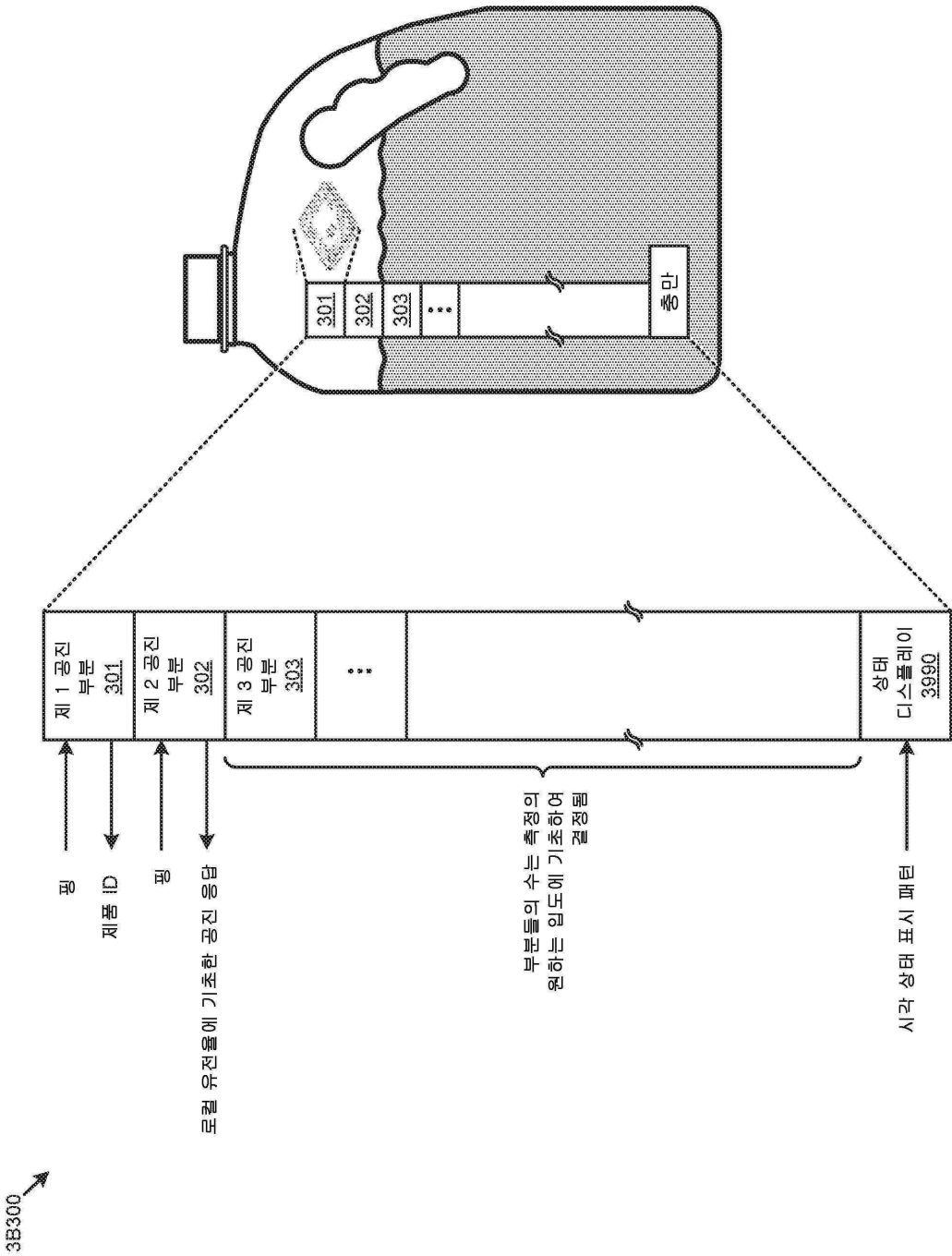
도면 3ba



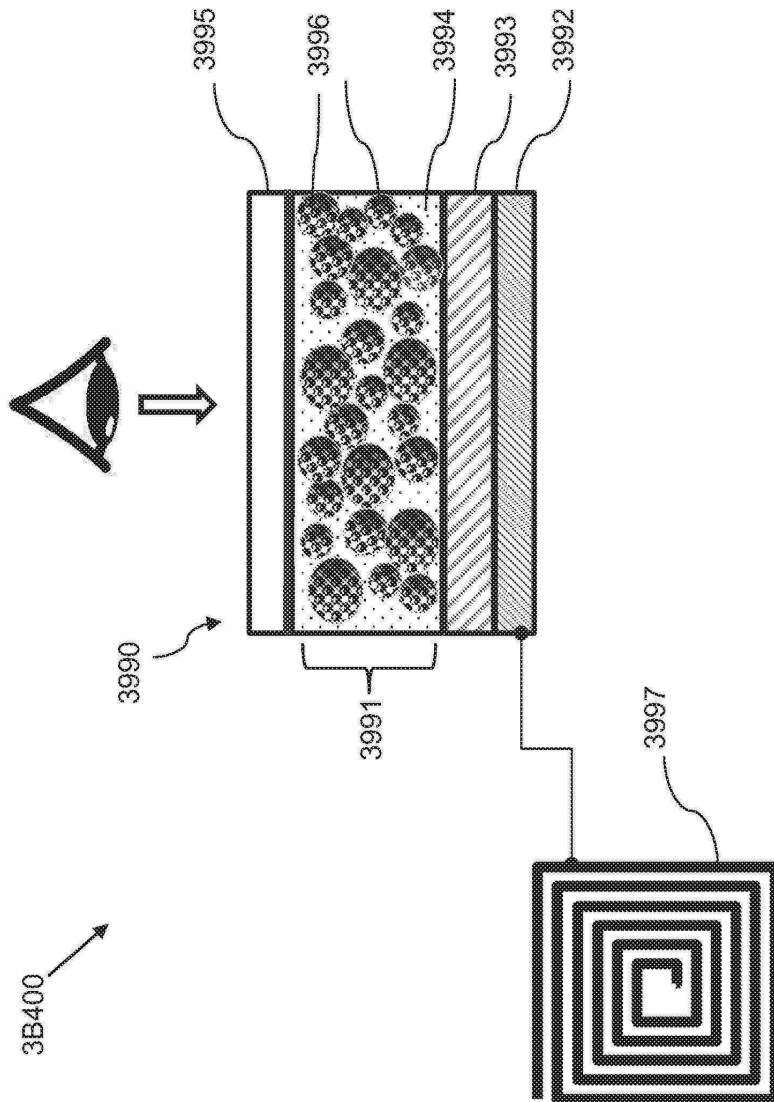
도면3bb



도면3bc

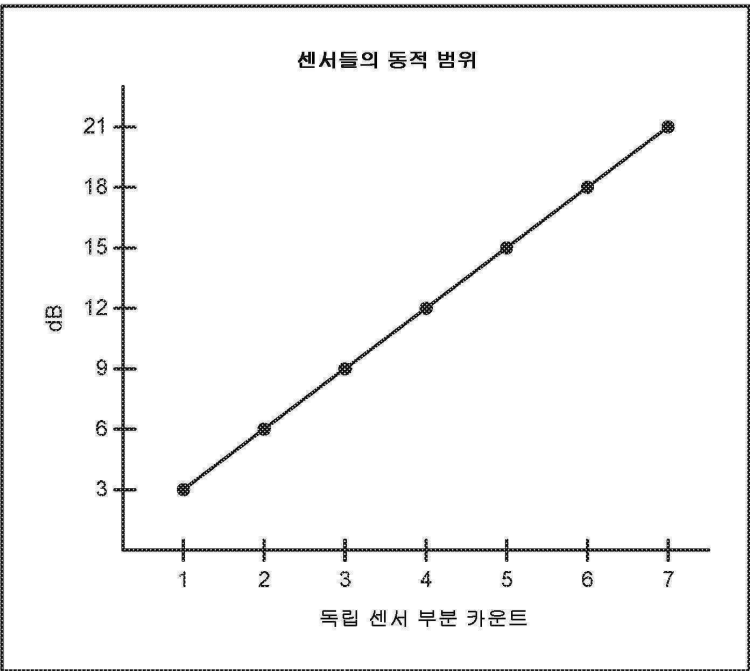


도면3bd



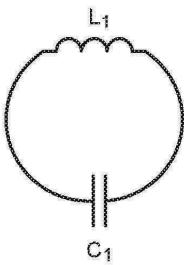
도면3c

3C00



도면4aa

4A100

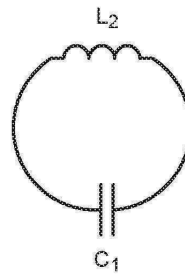


$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$$



도면4ab

4A200

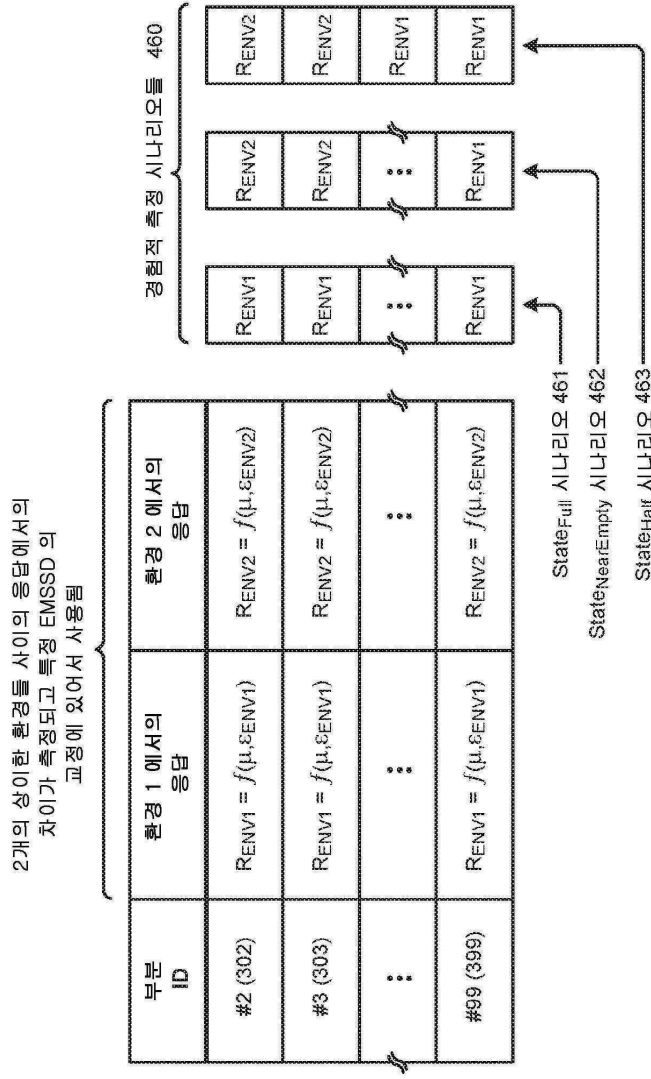


$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}$$

$$f_1 - f_2 = f_D$$

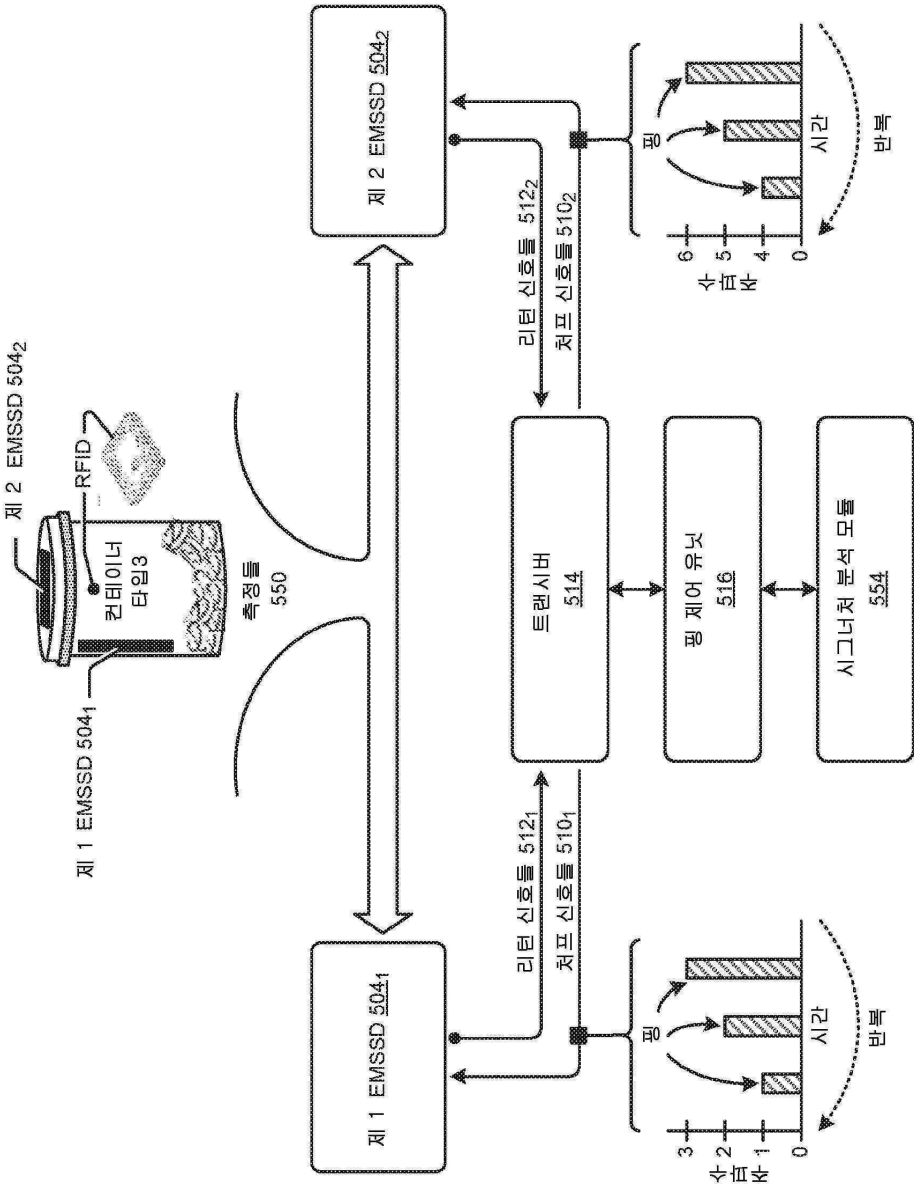
도면4b

4B00 ↗



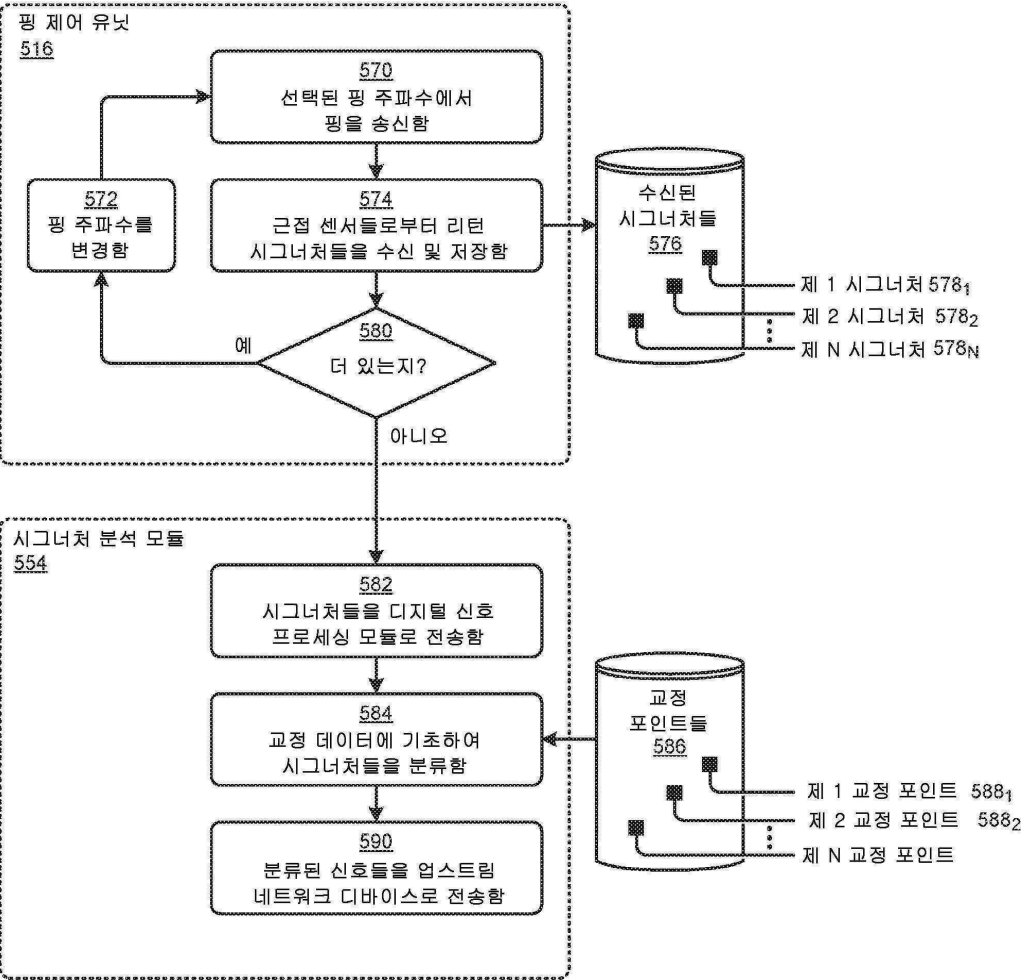
도면5a

5A00 ↗



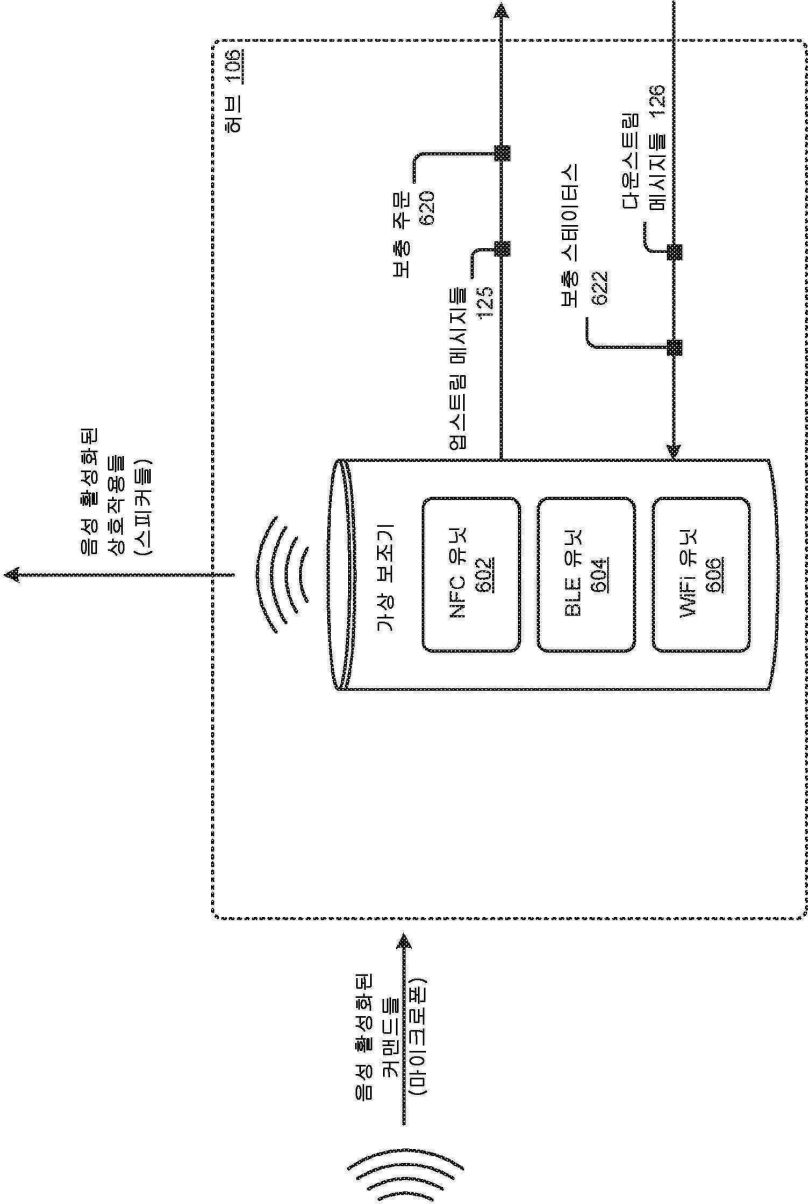
도면5b

5800



도면6

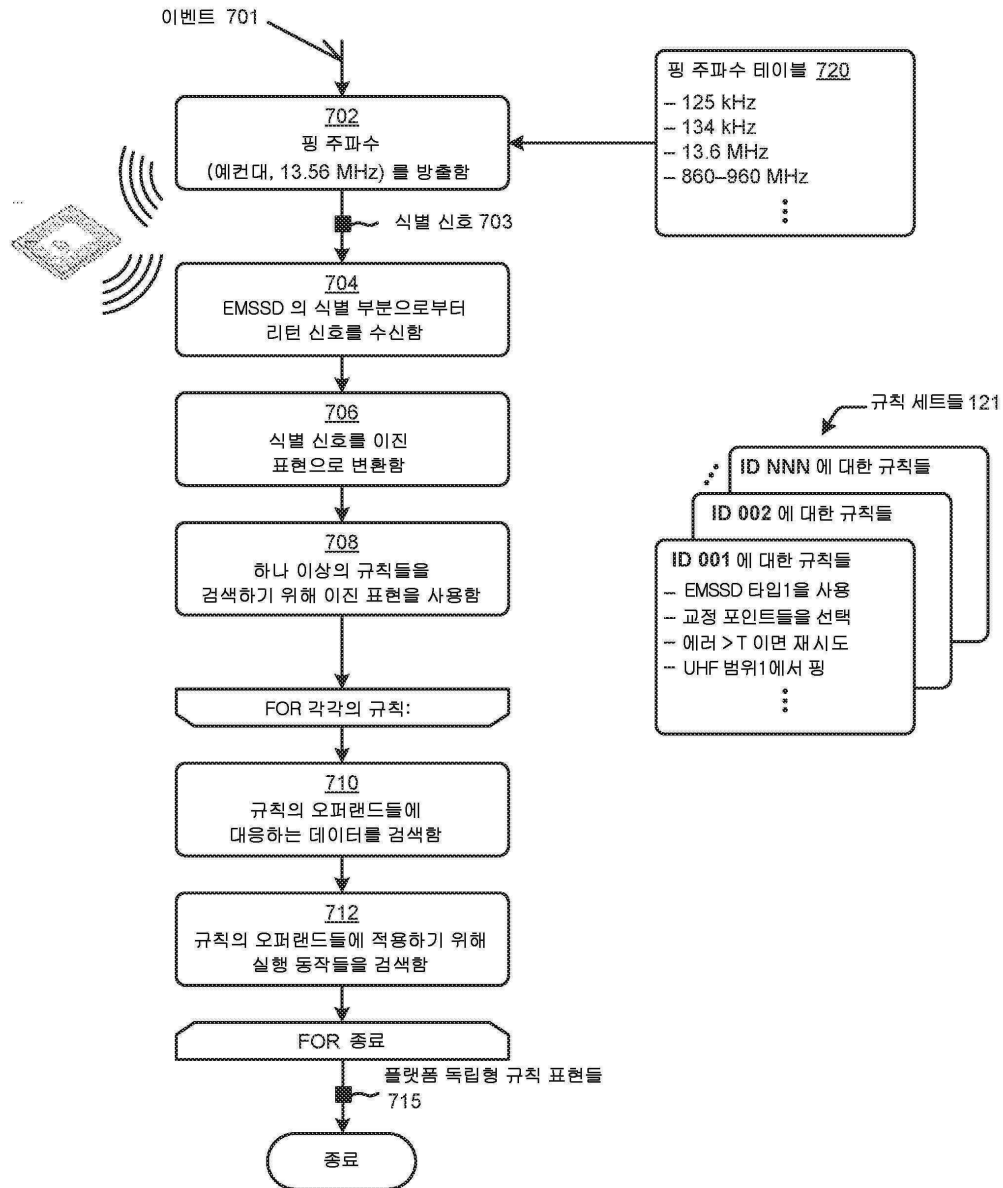
600 ↗





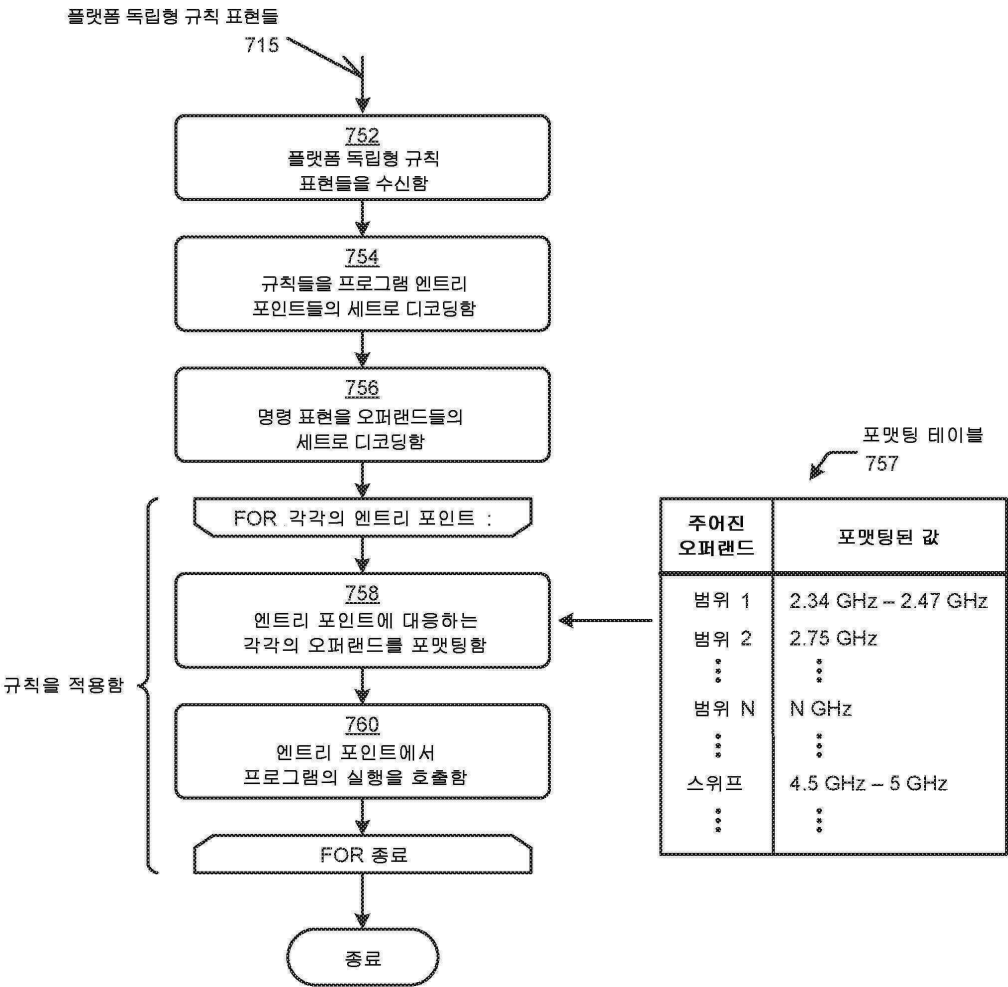
도면7a

7A00

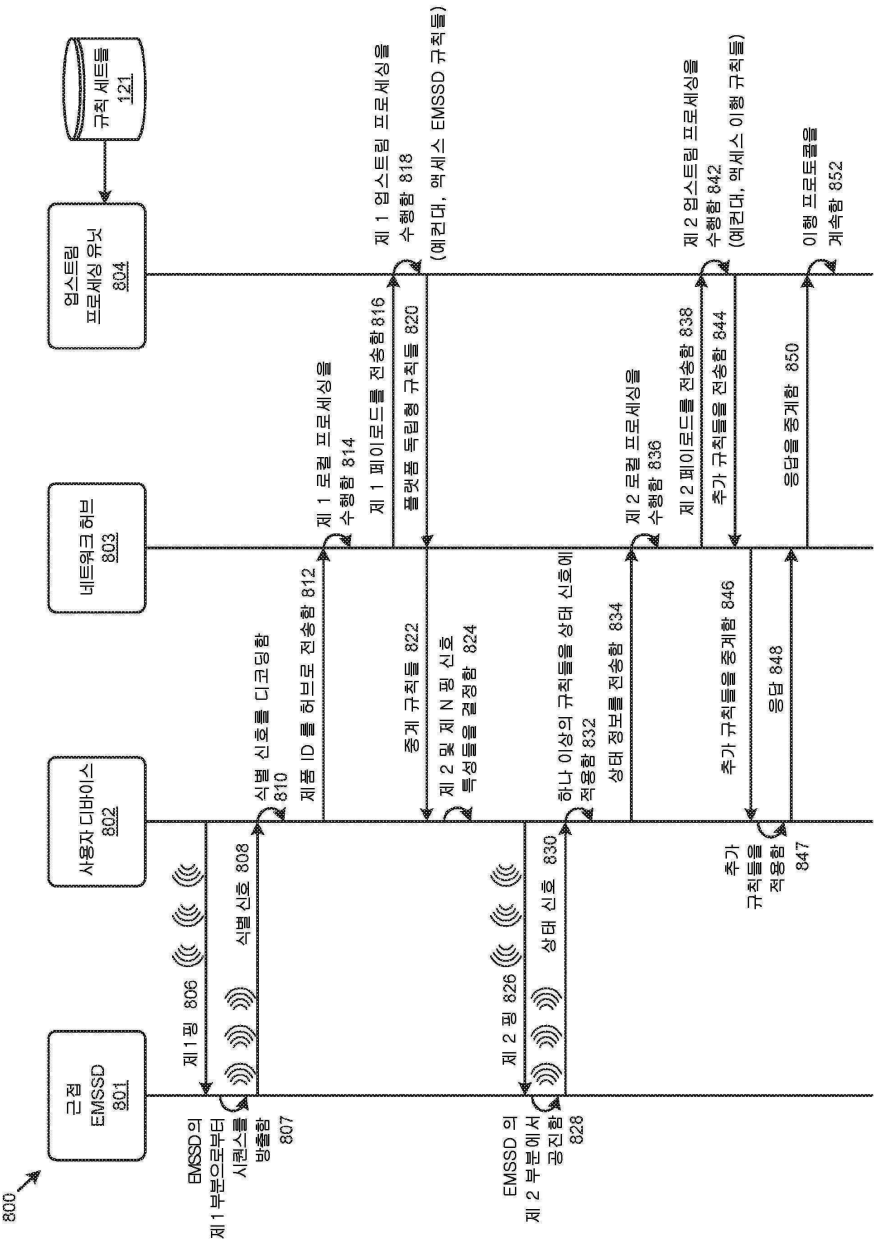


도면 7b

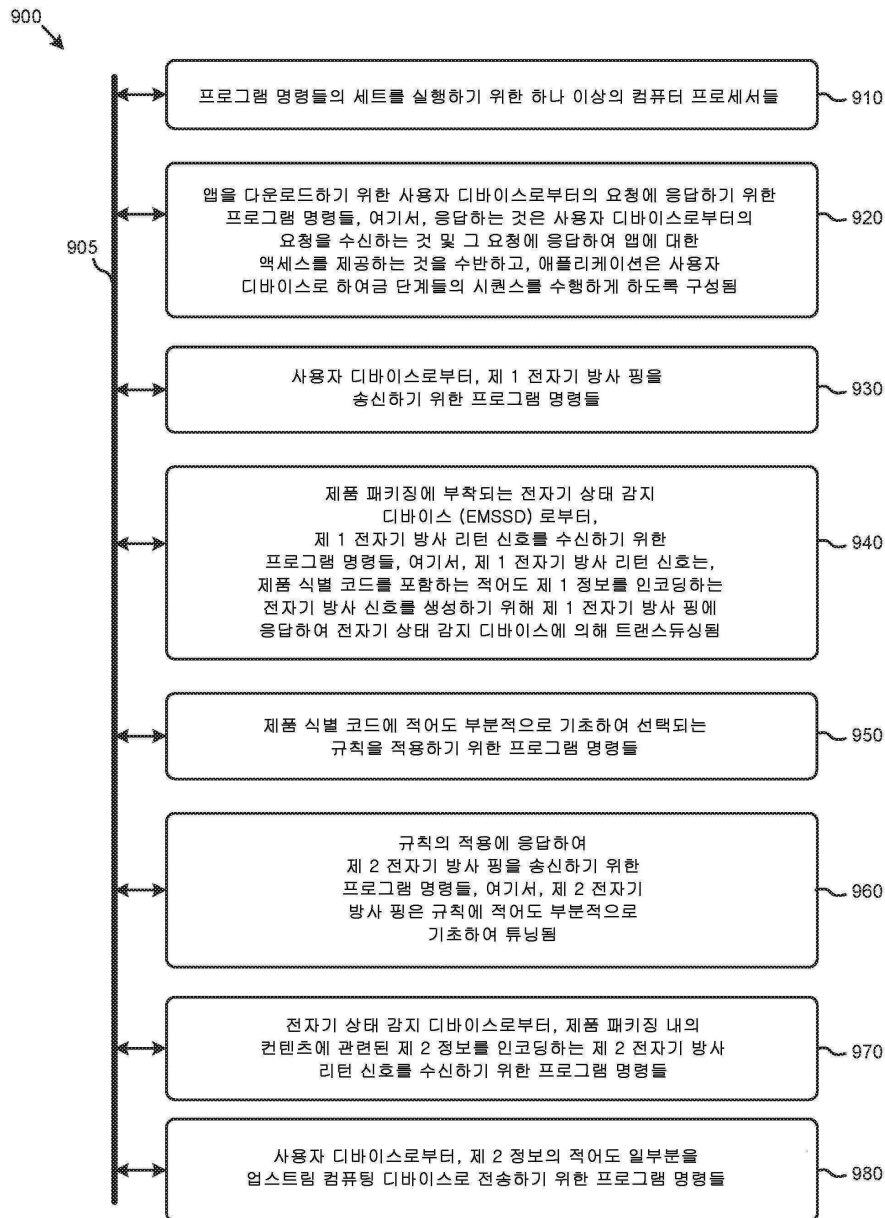
7B00



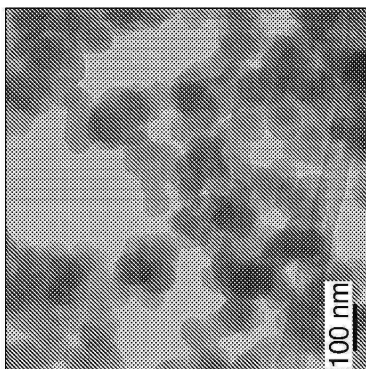
도면8



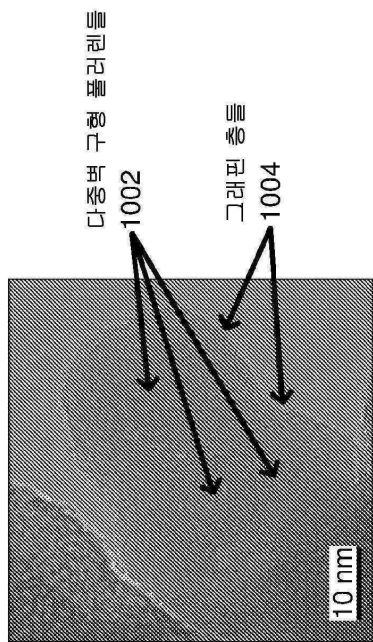
도면9



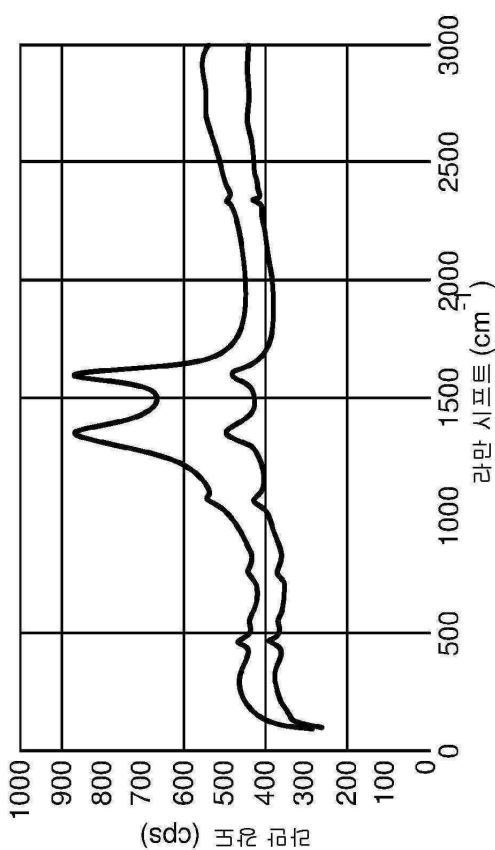
도면10a



도면10b

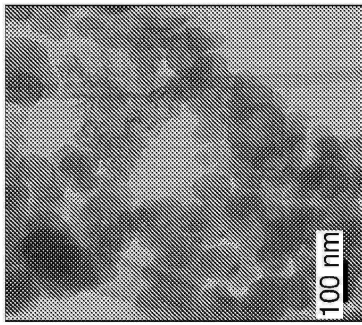


도면10c

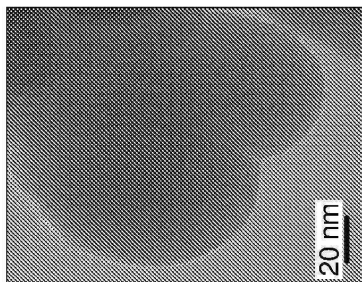




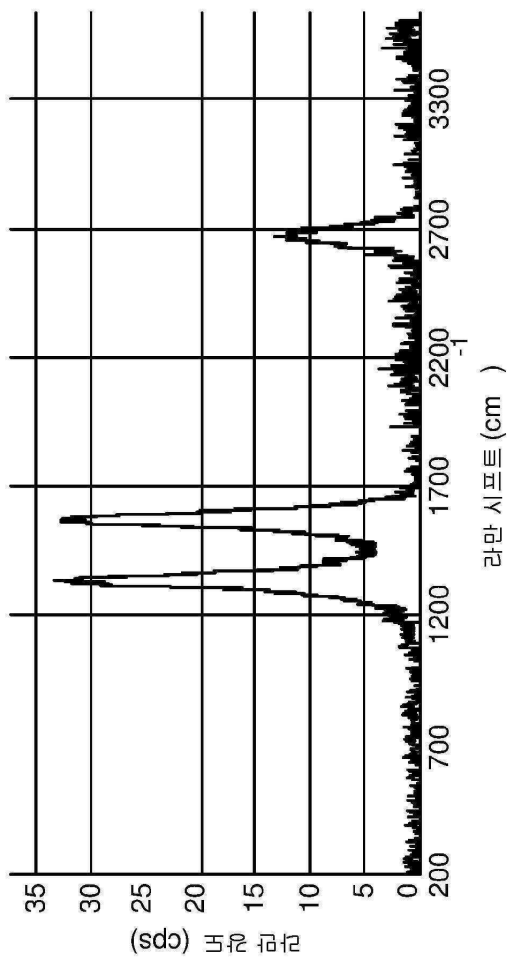
도면10d



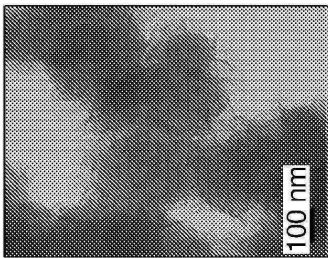
도면10e



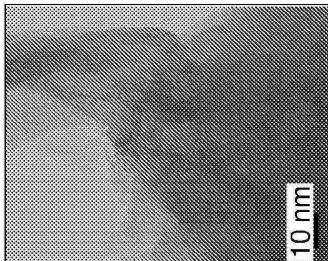
도면10f



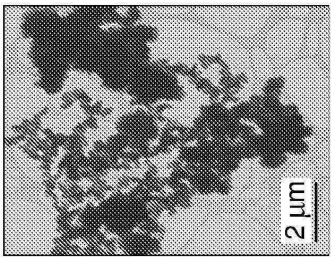
도면10g



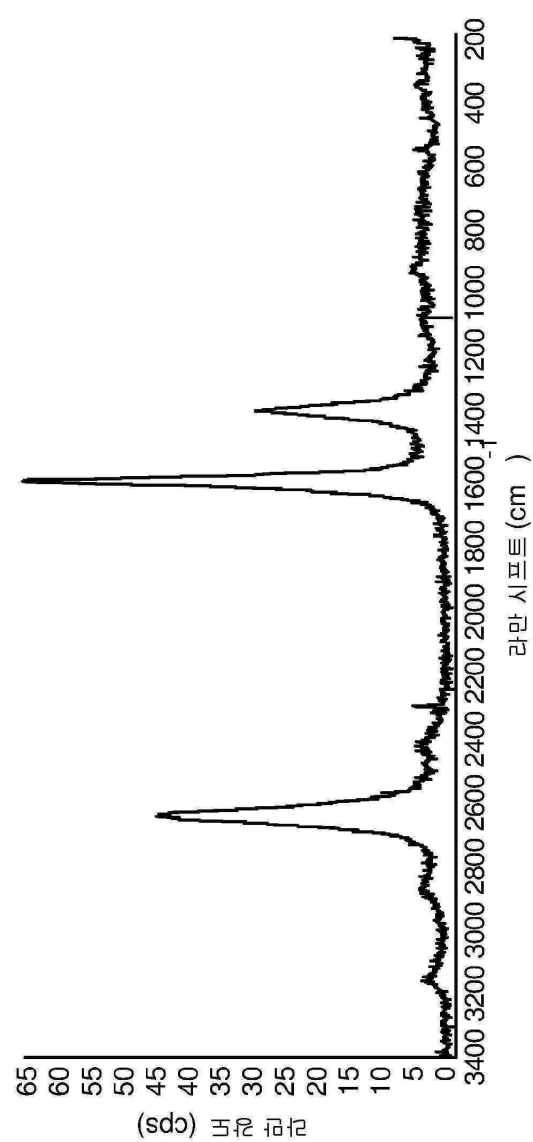
도면10h



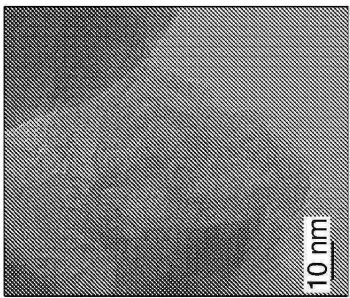
도면10i



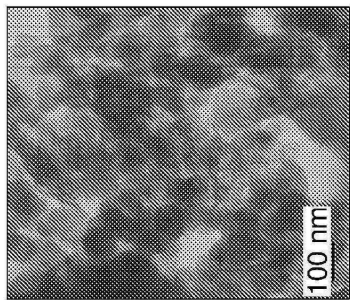
도면10j



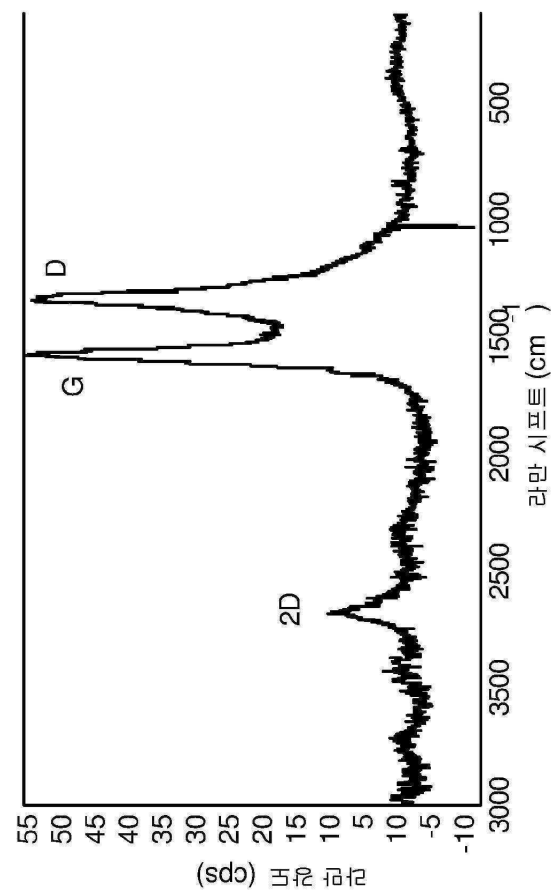
도면10k



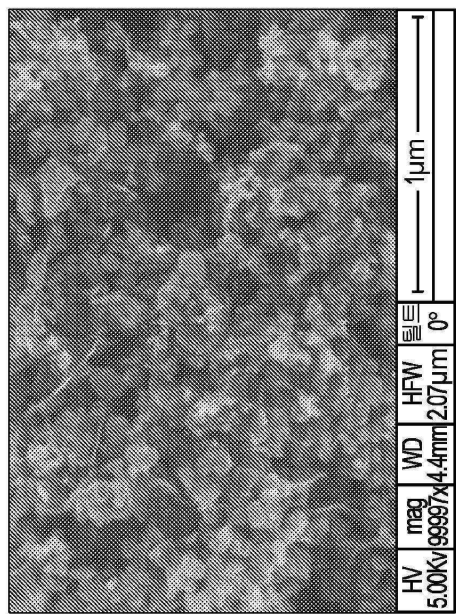
도면10l



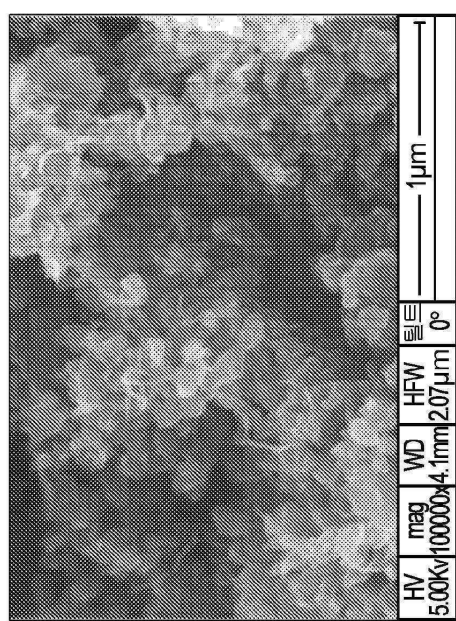
도면10m



도면10n

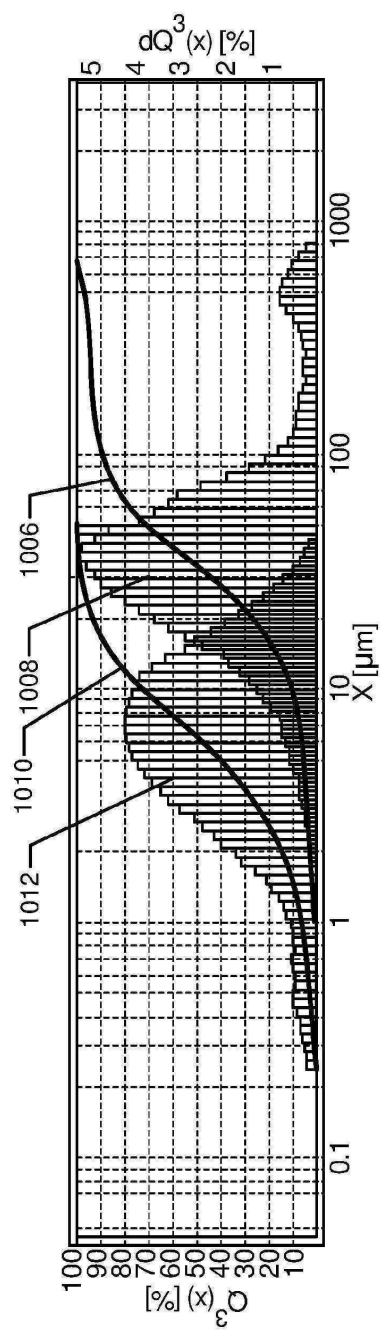


도면10o

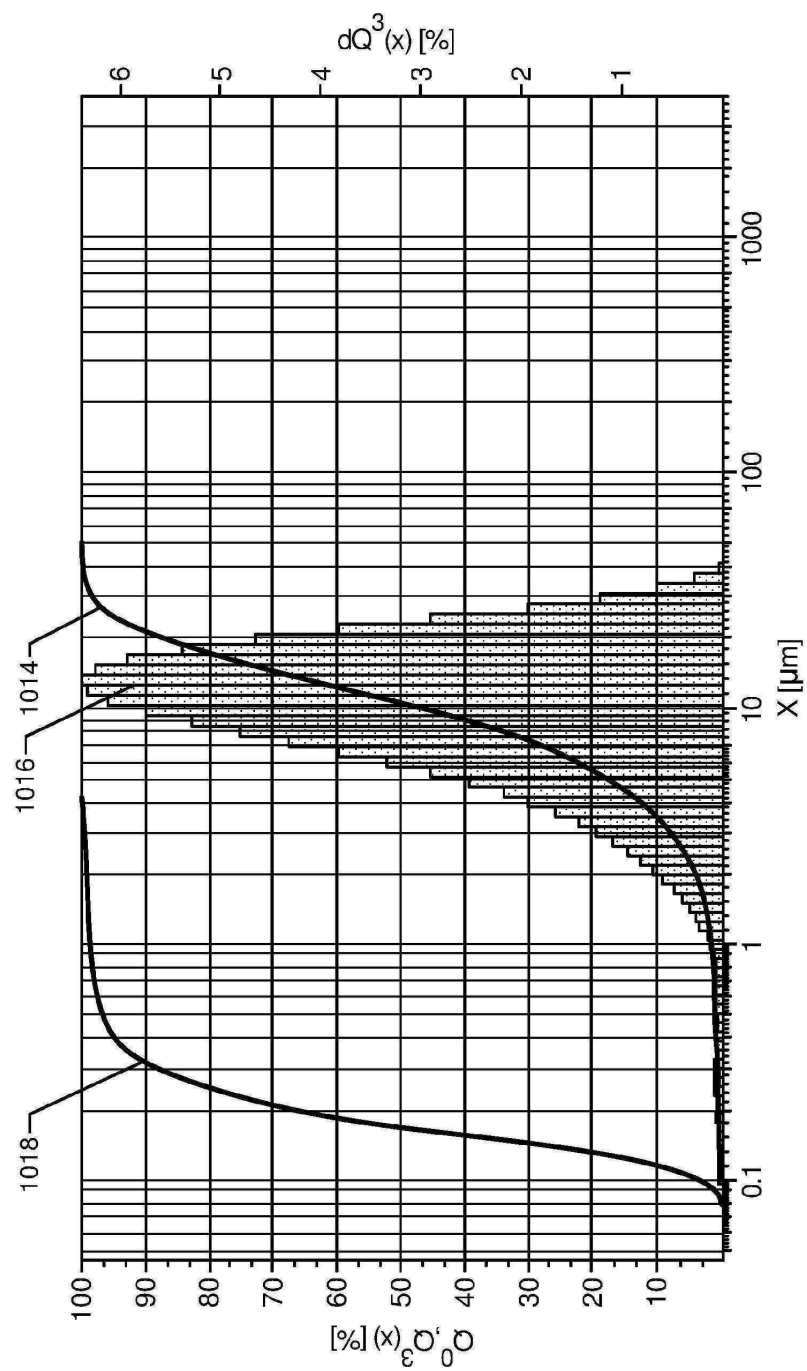




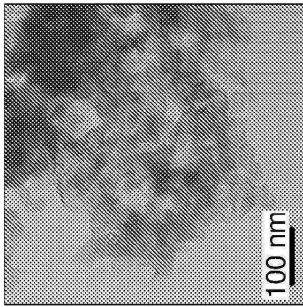
도면10p



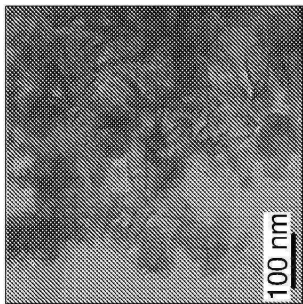
도면10q



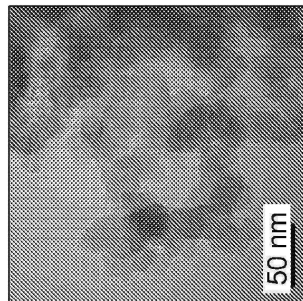
도면10r



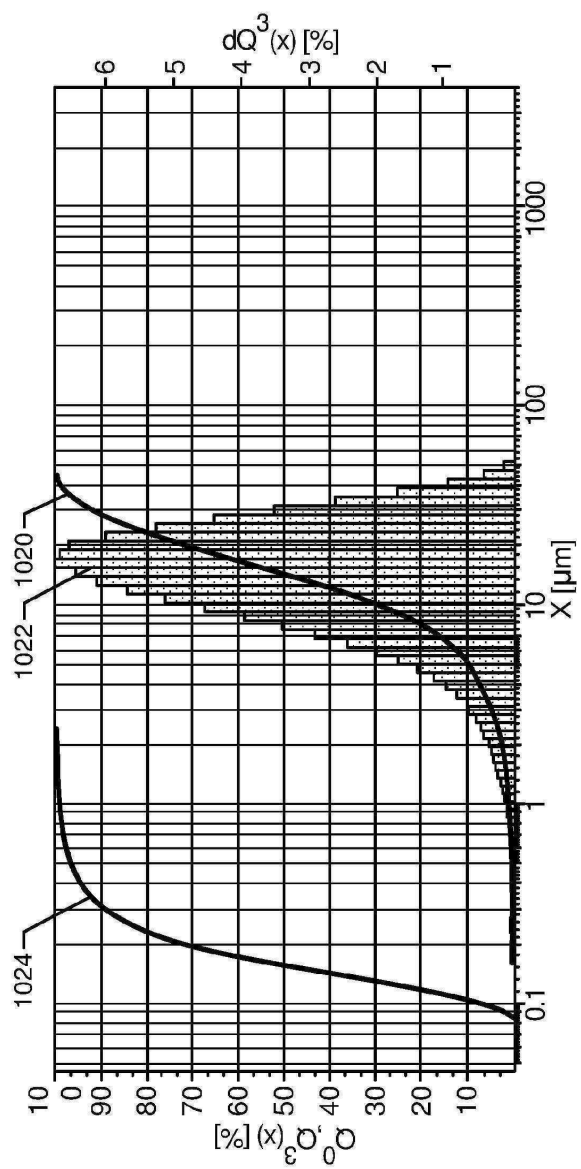
도면10s



도면10t

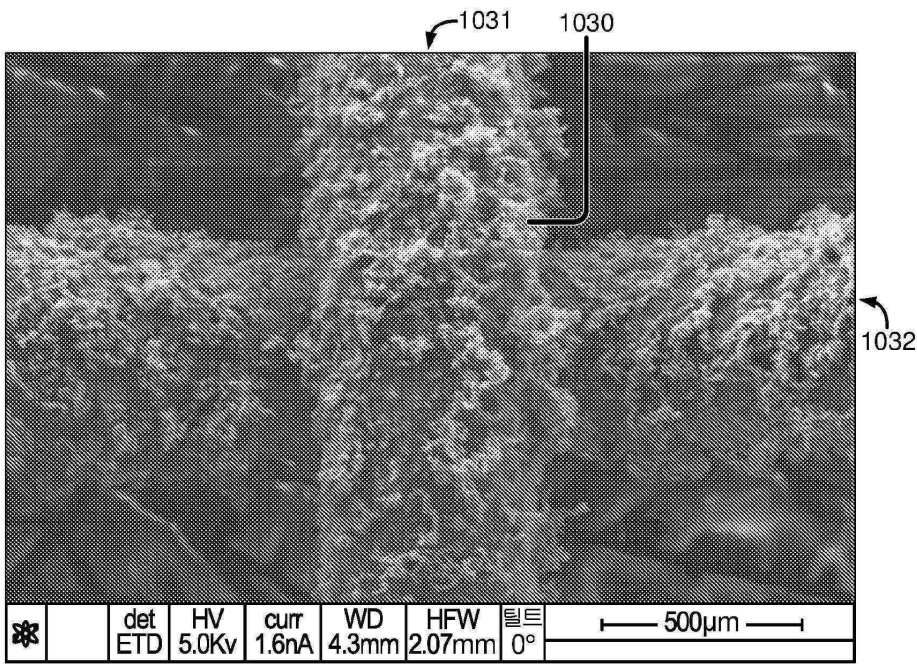


도면10u

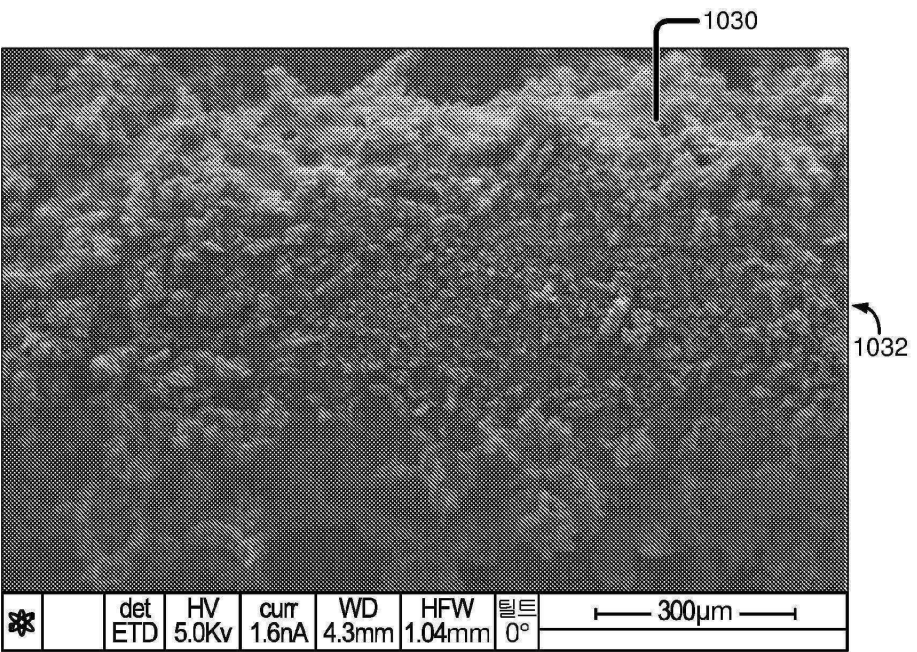




도면10v

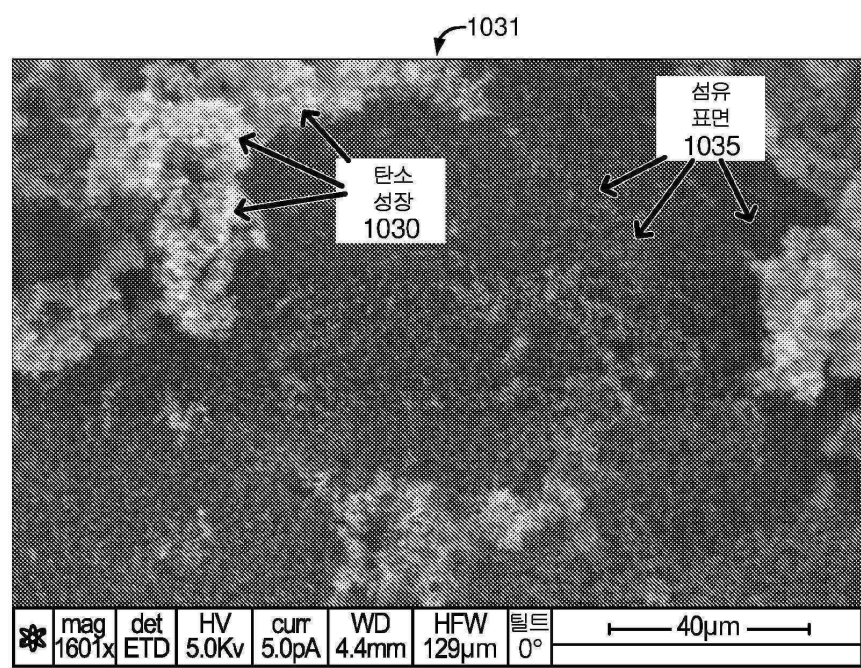


도면10w





도면10x



도면10y

