



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월11일  
(11) 등록번호 10-1500929  
(24) 등록일자 2015년03월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C25C 1/20 (2006.01) B82Y 30/00 (2011.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7028457(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2005년11월23일  
심사청구일자 2013년11월14일
- (85) 번역문제출일자 2013년10월28일
- (65) 공개번호 10-2013-0137691
- (43) 공개일자 2013년12월17일
- (62) 원출원 특허 10-2007-7014481  
원출원일자(국제) 2005년11월23일  
심사청구일자 2010년08월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2005/042895
- (87) 국제공개번호 WO 2006/071419  
국제공개일자 2006년07월06일
- (30) 우선권주장  
60/630,988 2004년11월24일 미국(US)  
60/668,240 2005년04월04일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2004277832 A\*  
JP2001234356 A  
US7227097 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
엔씨씨 나노, 엘엘씨  
미국 텍사스 달라스 메리트 드라이브 12221 슈트 930 쓰리 포레스트 플라자 (우: 75251)
- (72) 발명자  
슈로더, 쿠르트, 에이.  
미국 78615 텍사스 쿠퍼랜드 플루저 버크먼 레인 13501  
맥쿨, 스티브  
미국 78758 텍사스 오스틴 슈트 엘 빌딩 비 크라머 레인 1908  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 8 항

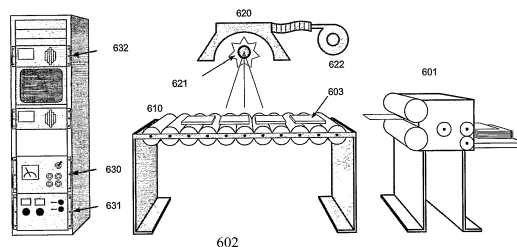
심사관 : 김수성

(54) 발명의 명칭 나노 물질 합성물의 전기적, 도금적, 및 촉매적 이용

(57) 요약

본 발명은 일반적으로 신규한 나노 물질 합성물의 이용 및 이들이 이용되는 시스템에 관한 것이고, 특히 탄소 및 금속을 일반적으로 포함하는 나노 물질 합성물에 관한 것이며, 이 합성물은 펄스된 방사에 노출되고, 이에 의해 나노 물질 합성물을 반응시키고, 활성화시키고, 화합시키고, 또는 소결시킨다. 나노 물질 합성물은 대안적으로 대기 온도하에서 이용될 수 있거나 또는 이러한 반응, 활성화, 화합, 또는 소결을 일으키는 다른 수단 하에서도 이용될 수 있다.

대표도 - 도6



(72) 발명자

**하밀, 데니스, 더블유.**

미국 78758 텍사스 오스틴 슈트 엘 빌딩 비 크라머  
레인 1908

**월슨, 데니스, 유진**

미국 78758 텍사스 오스틴 슈트 엘 빌딩 비 크라머  
레인 1908

**플란, 웨인**

미국 78758 텍사스 오스틴 슈트 엘 빌딩 비 크라머  
레인 1908

**월터, 케빈, 씨.**

미국 78758 텍사스 오스틴 슈트 엘 빌딩 비 크라머  
레인 1908

**월라우어, 달린, 엘.**

미국 78758 텍사스 오스틴 슈트 엘 빌딩 비 크라머  
레인 1908

**마틴, 칼, 매튜**

미국 78731 텍사스 오스틴 시에라 드라이브 3928

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법으로서,

상기 방법은:

기판 상에 나노 금속 입자를 증착시키는 단계; 및

상기 기판 상의 상기 나노 금속 입자의 전도성이 두 배 이상 증가하도록, 상기 기판 상의 상기 나노 금속 입자를 소결시키기 위하여 1 마이크로초 내지 100 밀리초의 지속기간 동안 상기 기판 상의 나노 금속 입자에 플래쉬 램프를 조사하는 단계;를 포함하며,

상기 나노 금속 입자가 은을 포함하고,

상기 기판이 PET 기판이며,

상기 기판 상의 상기 나노 금속 입자는 대기에서(in ambient air) 조사되는,

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 나노 금속 입자가 잉크 배합물 내에 함유되는,

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 플래쉬 램프를 조사하는 단계가 상기 나노 금속 입자에 전자기 방출 펄스를 조사하는 단계를 포함하며,

상기 전자기 방출 펄스는, 감마선, x-선, 자외선, 가시광선, 적외선, 마이크로파, 라디오파, 및 이들의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는,

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법.

### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 나노 금속 입자를 증착시키는 단계는, 상기 잉크 배합물 내에 함유된 상기 나노 금속 입자로부터 상기 기판 상에 필름이나 패턴을 제조하는 단계를 포함하는,

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 플래쉬 램프를 조사하는 단계는, 상기 나노 금속 입자가 공기 중에 산화되는 것보다 빠르게 상기 나노 금속 입자를 소결시키는,

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 나노 금속 입자를 증착시키는 단계가 프린팅 단계를 더 포함하는,

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,

상기 프린팅 단계는, 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅, 그라비아 프린팅, 레이저 프린팅, 제로그래픽 프린팅, 페드 프린팅, 페인팅, 딥 펜, 주사기, 에어브러시, 리소그래피 및 이들의 조합으로부터 선택되는,

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 기판이 450 °C 미만의 분해 온도를 갖는,

나노 금속 입자를 소결시키기 위한 방법.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**명세서**

**기술분야**

\*관련 특허 출원들

이 특허출원은, 쿠르트 A 슈로더, 칼 M 마틴, 데니스 E 윌슨, 다린 L 윌라우어, 데니스 W 함밀, 및 케빈 C 윌터

[0001]

[0002]

가 발명한 "금속 나노 물질 합성물의 전기적, 도금적 및 촉매적 이용"이라는 명칭의 미국 특허 출원 제 60/630,988호(2004년 11월 24일에 출원됨)와 스티븐 C. 맥콜, 쿠르트 A 슈로더, 및 데니스 E. 윌슨이 발명한 "나노 물질을 반응시키고, 활성화시키며, 소결시키기 위한 방법 및 시스템"이라는 명칭의 미국 특허 출원 제 60/668,240호(2005년 4월 4일에 출원됨)에 대해 우선권을 주장한다.

[0003]

이 출원은 이하의 특허 출원들과 관련을 가진다:

[0004]

쿠르트 슈로더 및 칼 매튜 마틴이 발명한(PCT 05/027711호 출원) "탄소 및 금속 나노물질 합성물 및 합성"이라는 명칭으로 2005년 8월 4일에 출원된 PCT특허출원 제 PCT/US2005/027711호와 US 특허출원 제 60/598,784호(2005년 8월 4일 출원됨) 및 제 60/620,181호(2004년 10월 19일 출원됨)를 우선권으로 주장하고, 이 두 가특허출원은 PCT 05/027711 출원과 동일한 발명자와 동일한 명칭을 갖는다.

[0005]

쿠르트 슈로더 및 더그 잭슨이 발명한 "펄스된 아크 방전 및 자기장을 가함을 이용한 나노파우더 합성"이라는 명칭으로 2003년 9월 24일에 출원된 미국 특허 출원 제 10/669,858호.

[0006]

쿠르트 슈로더 및 더그 잭슨이 발명한 "나노파우더 합성을 위한 방사상 펄스된 아크 방전 건"이라는 명칭으로 2004년 8월 17일 출원된 미국 특허출원 제 6,777,639호.

[0007]

상기의 출원 및 특허의 각각은 본 발명의 양수인에게 양수되었고 여기서 참조되었다.

[0008]

\*기술 분야

[0009]

본 발명은 일반적으로 신규한 나노 물질 합성물 및 시스템의 이용에 관한 것이고, 특히 탄소 및 금속을 일반적으로 포함하는 나노 물질 합성물에 관한 것이며, 이 합성물은 펄스된 방사(pulsed emission)에 노출될 수 있고 이에 의해 나노 물질 합성물을 반응시키고, 활성화시키고, 화합시키고 또는 소결시킨다. 이 나노 물질 합성물은 대안적으로 대기 온도에서 이용될 수 있거나 또는 이러한 반응, 활성화, 화합 또는 소결을 일으키게 하는 다른 수단 하에서 이용될 수 있다.

### 배경 기술

[0010]

물질 처리의 분야에서, 물질은 종종 가열되어 물질 조직에서의 특별한 변화, 특별한 반응을 일으키거나, 또는 상변화를 일으킨다. 예를 들면, 전도성 패터닝의 영역에서, 은 박편 또는 파우더를 함유한 잉크 또는 배합물(formulations)이 기판 상에 놓이게 되고 이후 가열되어 입자들이 융합되어 전도성 라인을 형성하게 한다. 이러한 경우에, 배합물은 유체가 될 필요가 있고 패턴을 프린트하기 위해 종종 비전도성일 필요가 있으며, 공정의 마지막 단계에서 이는 고체로 되고 높은 전도성을 갖게 되어야 한다. 열은 은의 조직을 변화시켜 원하는 결과를 낳게 한다. 은 잉크에 대해, 잉크를 경화시키도록 잉크 및 기판이 가열되어야만 하는 온도는 은의 소결 온도로 작용한다. 은의 경우에, 녹는점은 약 960°C이고, 소결 온도는 약 800°C이다. 이러한 고온은, 기판을 고온에 의해 영향을 받지 않는 물질들로 제한한다. 셀룰로스(페이퍼), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에스테르 및 많은 다른 플라스틱과 같은 많은 연질의 값싼 기판은 이러한 온도를 견딜 수 없다. 유사하게, 유기 반도체와 같은 기판 상의 다른 성분은 상승 온도에서 분해될 수도 있다.

[0011]

이러한 제한을 극복하는 한 접근은, 폴리이미드 필름과 같은 고온 기판을 이용하는 것이다. 이는 적절한 고온 연질 기판을 제공하지만, 매우 높은 전도성 필름을 형성하기에 충분히 높지는 않다. 또한, 이는 값이 비싸기 때문에 값싼 응용에 대해서는 적절하지 않다.

[0012]

이러한 문제를 해결하기 위한 다른 접근은 경화 동안 수축하는 수지 또는 필리머에서 많은 은 박편을 넣는 것이다. 이는 은 박편이 함께 전기적 연결을 만들게 한다. 이러한 접근은 PI-2000 높은 전도성 은 잉크란 상표 하에서 Dow Corning에 의해 개시되었다. 이러한 제품은 일 응용에서 작용하지만, 이는 잉크젯될 수 없다는 한계를 가진다.

[0013]

이러한 온도 제한을 해결하기 위한 다른 접근은, 나노 금속을 이용하는 것이고, 이는 작은 크기 때문에 소결 온도에서 환원된다. 이러한 접근에 의해 공정 온도를 약 300°C - 약 700°C로 줄이는 개선을 나타낸다. 일반적으로, 낮은 소결 온도를 이용하기 위해서는, 입자들은 분리되어야만 한다. 졸-겔과 같은 대부분의 나노 금속 합성 공정은, 입자들의 화학적 표면 기능화(functionalization)를 요구하고, 이에 의해 입자들을 분리된 체로 유지시키며 동시에 이들이 융합되는 것을 막는다. 이러한 화학적 표면 기능화는 일반적으로 상승 온도에서 휘발

될 필요가 있고, 이 온도는 은의 소결 온도보다 높을 수 있다. 표면 기능화가 소결 온도 아래에서 증발하도록 설계되더라도, 소결 온도는 여전히 너무나 높아서 낮은 온도 기판을 이용할 수 없다. 산업에서 처리 온도를 낮추려고 노력함에 따라, 패턴의 전도성에 대한 비용이 든다. 낮은 처리 온도를 이용하는 것이 가능하지만, 그 결과 패턴은 일반적으로 적절한 전도성 미만의 전도성을 갖는다.

[0014] 상기 예는 전도성 잉크에 대해서 설명되었지만, 동일한 문제가 있는 유사한 응용에서도 마찬가지이다. 예를 들면, 촉매적 응용에서, 촉매는 일반적으로 고온 기판에 결합된다. 반응이 수용 가능한 속도로 일어나기 위해, 촉매는 상승 온도에 있어야만 한다. 이러한 고온 기판은 비싸고 이 기판을 저온 기판으로 교체하는 것이 바람직하다. 나노 물질은 이러한 응용에서 이용되기 시작하였고, 이는 이들의 높은 반응성 및 낮은 반응 온도 때문이다. 그러나, 나노 물질들은 싼 가격의 기판의 작동 온도 이상에서 일반적으로 작동해야만 한다.

[0015] 따라서 이 분야에서는, 이용되는 기판이 더욱 경제적이 될 수 있도록 저온에서 물질을 처리해야 한다는 요구가 있다. 더욱 자세하게, 저온 기판 상에 높은 전도성 패턴을 만들기 위한 요구가 전도성 패터닝 마켓에 존재한다.

**발명의 내용**

[0016] 본 발명은 비교적 응집되지 않은 금속 입자로 이루어진 신규한 나노 물질 합성물의 이용에 관한 것이다. PCT 05/027711 출원에서 설명된 공정은 새로운 물질을 만들고, 여기서 합성물의 일부는 탄소 및 금속으로 이루어지며, 나머지는 산화물 및 금속으로 이루어진다. 이러한 물질은, 유일하고 신규한 것이고, 유일하고 신규한 응용에서 이용될 수 있다. 새로운 이용은 나노 물질에 존재하는 고유의 물질 성질을 이용함에 의해 수행된다. 또한, 이러한 이용의 일부는 다른 나노 물질과 작용하도록 설명되었다. 특히, 나노 물질은 속성 및 물성의 유일한 조합을 가지고, 이는 이들이 전기적 및 촉매적 응용에서 이용되는 것을 가능하게 한다.

[0017] 본 발명은 이러한 물성을 이용할 수 있고 전도성 패터닝의 영역에서 신규한 이용을 나타낼 수 있다. 예를 들면, 본 발명은 상온 또는 비교적 저온에서 나노 물질을 이용하여, 높은 전도성 패턴을 만들기 위해 나노 금속과 함께 포토닉(photonic) 경화 공정을 이용하여, 및 제로그래픽(xerographic) 프린팅 기술과 함께 나노 금속을 이용하여, 전도성 패터닝을 만드는 것에 관련될 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예는 탄소/금속 합성물을 이용하여 상온에서 전도성 패턴을 만드는 것이다. 이는 물에서 물질의 단순한 분산에 의해 그리고 이후 페이퍼 기판 상의 분산을 프린팅 함에 의해 이루어진다. 상온에서 다른 기판 상에 전도성 패턴을 형성하는 것은 다른 분산 기술을 이용하여 이루어진다.

[0019] 본 발명의 다른 실시예는 일반적으로 나노 물질 및 이의 화합물을 반응시키고, 활성화시키고, 또는 소결시키기 위한 신규한 방법에 관한 것이다. 예를 들면, 본 발명은 나노 금속과 같은 나노 금속 파우더의 처리에 관한 것일 수 있다. 은, 구리, 금, 플래티늄, 팔라듐, 주석, 안티몬, 인듐 및 납과 같은 금속(이에 제한되지는 아니함)은 사용될 수 있는 물질의 예이다. 본 발명에서, 나노는 약 1 마이크로 미만의 치수들을 갖는 물질의 적어도 일 태양을 언급한다. 일반적으로, 이 치수는 약 500nm 미만이고 약 100nm 미만일 수도 있다.

[0020] 출원인은, 대부분의 금속 나노입자를 포함하는 나노 입자가 포토닉 복사를 매우 잘 흡수한다는 것, 즉 입자가 좋은 흡체로서 행동하고 전자기 복사에 대한 높은 흡수율을 가진다는 것을 관찰하였다. 또한, 나노 입자들은 벌크 물질과 비교할 때 낮은 반사율 및 떨어지는 열 전도도를 갖는 경향이 있다. 또한, 나노 입자들은 훨씬 큰 표면적 대 질량 비를 가지고, 마이크로 또는 그 이상의 크기를 갖는 입자보다 개별적으로 낮은 열 질량(thermal mass)을 갖는다. 이러한 품질은 펄스된 포토닉 소스, 특히 광범위(broadcast) 포토닉 소스로 나노 입자를 방사하는 것을 제한하고, 이에 의해 순간적으로 매우 높은 온도로 입자를 가열할 수 있다. ("포토닉 소스"는 감마선, x-선, 자외선, 가시광선, 적외선, 마이크로파, 라디오파, 또는 이의 조합을 포함하나 이에 제한되지 아니하는 전자기 스펙트럼에서의 복사 소스이다.) 이러한 효과는 이하의 다수의 예에서 나타나는 것처럼, 매우 유리하다.

[0021] 본 발명은 나노 물질을 처리하기 위한 신규한 방법 및 시스템을 제공함에 의해 종래 기술에서 설명된 한계들을 다루고 있다. 본 발명은 고파워를 가진 펄스된 포토닉 소스를 이용하여 기판에 미치는 영향을 최소화하면서 나노 입자들을 처리한다. 이러한 처리에 의해, 이는 종래 기술의 한계를 극복한다. 본 발명에서, 나노 물질을 함유한 필름 또는 패턴은 표면 상에서 제조된다. 이러한 필름 또는 패턴은 잉크젯, 스크린-프린팅, 그라비아 프린팅(gravure printing), 제로그래피, 스탬핑(stamping), 플렉소그래피(flexography), 오프셋 프린팅(offset



[0034]

\*지르코니아 밀링 비드 0.1-1.2mm 100-150g

[0035]

회전 혼합 작동으로 혼합 30-120분

[0036]

잉크는 0.09mil(2.3미크론) 건조 필름 두께를 얻기 위해 #10 와이어 감은 막대(1.0 mil wet)를 갖는 엡슨 포토 품질 페이퍼 상에 뽑아졌다. 테이블 1A에서 도시된 것처럼 전도성은 10-30분 내에서 얻어진다.

**표 1**

[0037]

테이블 1A : 페이퍼, 광택 페이퍼 및 포토 페이퍼와 같은 다공성 기관 상에 Ag 분산의 전도도			
마이크로 옴-cm	옴/sq	옴/sq/mil	Rho 필름/벌크
18.06	0.08	0.01	11.28

[0038]

이 방법은 PET와 같은 다른 비다공성 기관에 적용되었고, 전도도는 테이블 1B에서 도시된 것처럼 얻어지지 못했다.

**표 2**

[0039]

테이블 1B : 비다공성 기관 상의 전도성			
마이크로 옴-cm	옴/sq	옴/sq/mil	Rho 필름/벌크
오픈 회로(OC)	OC	OC	OC

[0040]

비다공성 기관 상에 코팅을 하는 이러한 전도성 문제를 다루기 위해 다른 실시예가 이용된다. 이 실시예에서, 은/탄소 합성물은 알콜과 같은 적절한 용매에서 부유되었다(suspended). 서스펜션(suspension)은 HCL과 같은 산으로 처리되었다. HCL은 은 표면 상에 존재할 수 있는 산화물을 에칭할 수 있고 입자들이 정전기적으로 안정화되는 것을 돕는다. 이후, 이 용액은, 페이퍼, 플라스틱 또는 글라스와 같은 비전도성 표면 상으로 잉크젯, 스크린 이동, 그라비아와 같은 다양한 프린팅 기술로 초음파 처리되고 페인트되며 또는 프린트되었다. 대기 온도에서, 용액은 2-3분 내에서 건조될 수 있고 증착된 물질은 전도성으로 될 수 있다. 36마이크로옴-cm와 같은 낮은 비저항(고체 은보다 약 23배 더 저항이 큼)이 이 공정에서 얻어졌다. 또한, 30분 동안 약 90°C의 온도로 샘플을 가볍게 가열함에 의해 개선점이 얻어질 수 있다. 테스트는 약 25°C 내지 약 150°C의 온도 범위에 걸쳐 수행되었고, 개선점은 전체 온도 범위에서 관찰되었다. 이 공정의 장점은, 용매가 대기 온도에서 증발되고 베어 은 입자를 남기며, 이는 완전히 소결되고 대기 온도에서 전도성 경로를 형성한다.

[0041]

**예 2**

[0042]

이 공정은 박편 은을 소결하는데 현재 필요한, 700°C보다 훨씬 낮은 온도를 가함에 의해 개선될 수 있다. 마일라(Mylar)에 대한 이 실시예의 결과가 예 2에 의해 도시되고 테이블 2A-2C에서 나타난다.

**표 3**

[0043]

소염가소 서의물				
9-31-92	31-93			31-94
0(.6.55	6.58			6.61
13.09	13.16			31.22
C(8)g05040.36	0.26			0.17
g.0020.00	20.00			20.00
0.20.00	20.00			20.00
H0 이				
oba 1EP 19				
자크 Ln				
1014				



P의 콜전					
Rho_필름/ Rho_벌크					
% H1(is(이로- m(/gae(/gaem1비					
105.E0-20000					
4.E039					
4.E031					
5.E023					
3.E028					

[0044] 또한, 본 발명의 실시예는 구리 또는 강과 같은 플레이트 금속에 사용될 수 있다. 금속을 도금할 때, HCL의 이 점은 기관이 단일 단계에서 산으로 처리되고(pickled) 도금된다는 점이다. 이 공정의 다른 장점은, 원한다면 도금의 두께가 매우 두껍게 될 수 있다는 점이다. 100미크론 두께의 층이 한 번의 통과에서 증착되었다. 높은 전도도가 다수의 더 얇은 증착에 의해 얻어질 수 있다. 은은 다공성의 3차원의 소결된 망상 조직을 형성할 수 있기 때문에, 도금된 물질은 살짝 압축되거나 또는 변형되어 표면에 따를 수 있다. 이는 뛰어난 전기적 또는 열적 접촉을 형성할 수 있다. 은 분산을 함유한 유리병이 건조될 때, 다공성 은은 "스펀지(sponge)"로 남겨진다.

[0045] 또 다른 실시예에서, 다른 물질 또는 입자가 이 망상 조직에 놓이고, 이에 의해 유일한 물성을 갖는 코팅을 제공한다. 예는, 알루미늄 또는 지르코니아와 같은 다른 입자 또는 화이버를 은 용액에 분산시킬 수 있다. 마지막 코팅은 전기적으로 전도성이고 스크래치 저항성이다. 이는 전기적 연결을 슬라이딩 시키는데 적절하다.

[0046] 이러한 탄소/은 합성물은 대기 열적 경화 전도성 잉크 응용에 매우 적절한데, 그 이유는 입자들이 다른 금속성 나노 입자 전도성 잉크와 비교할 때, 상대적으로 유기 리간드를 가지지 않기 때문이다. 이는, 용매의 증발이 입자가 함께 융합되기 시작하는데 필요한 것이라는 것을 의미한다. 이들에 부착된 유기물을 갖는 잉크와 함께, 일반적으로 300°C보다 높은 온도의 열원이, 나노 입자의 소결이 계속 진행되기 전에 유기물을 휘발하거나 또는 날려보내는데 일반적으로 필요하다. 이는 추가적인 처리 단계를 추가함에 따라 일반적으로 바람직하지 않다. 또한, 열은 기관 및 회로의 다른 구성요소(유기계 기구와 같은(organic based device))에 잠재적으로 손상을 가한다. 표면 상에서 비교적 깨끗한 다른 공정에 의해 만들어진 입자를 함유한 잉크는 낮은 열적 경화 잉크 또는 열적 경화가 없는 잉크를 만드는데 이용될 수 있다.

[0047] 이전의 정보로부터, 당업자는 본 발명의 영향을 인식할 것이고, 이는 일반적인 열적 경화 처리용으로 현재 이용 가능하지 않은 저온 기관의 이용을 가능하게 한다는 점이다. 이는 생산량 및 생산 비용 모두를 실질적으로 감소시킴에 의해 새로운 시장을 열 것이다. 일반적으로 저온 기관은 고온 기관보다 비싸지 않다. 또한, 비용은 열 오븐을 구입하는 것에 관련되고 상승 온도에서의 열 오븐의 구동은 없어진다. 본원 발명에 따른 실시예들에서, 기관은 450°C 미만의 분해 온도를 가질 수 있다. 이하의 예는 본 발명의 실시예를 보여준다.

[0048] **예 3**

[0049] 대기 경화 은 페인트는, 37% 염산 25g 및 이소프로판올 2g을 함유한 유리병에 부은 2% 탄소 함유량을 갖는 30nm 은 1g을 이용하여 만들어진다 (잔여물은 물). 이 혼합물을 흔들고 약 30초 동안 베스에서 초음파 처리한다. 1/4" 폭의 예술가용 브러쉬가 포토카피(photocopy) 페이퍼 또는 유사한 다공성 기관의 조각으로 분산을 페인트 하는데 이용되었다. 페인트된 트레이스(trace)는 약 4미크론의 두께(말랐을 때), 수 인치의 길이, 및 약 7mm의 폭을 갖는다. 적용 후 바로 트레이스의 저항은 20메가옴(옴미터의 범위를 벗어남)보다 더 컸다. 이후 2-3분 후, 이소프로판올 및 염산이 증발하기 시작했다. 이 시간 동안, 저항은 트레이스의 인치당 몇 옴씩 점진적으로 내려간다. 전도도는 적용 후 20분에서 최종 값의 50% 내에 오고, 저항은 몇 시간의 주기에 걸쳐 트레이스의 인치당 약 0.6옴으로 계속 내려간다. 이는 약 67마이크로옴-cm의 비저항이고, 고체 은 트레이스보다 약 45배나 저항이 큰 것이다. 다른 유닛에서, 이러한 트레이스의 저항은 약 30밀리옴/sq/mil이었다. 이러한 전체 시간 동안 온도는 약 25°C였다. 열적 경화는 필요하지 않았다. 트레이스는 페이퍼에 결합된 것처럼 보였고, 페이퍼의 굵은 반경이 밀리미터 미만일 때, 즉 날카로운 에지가 될 때에만 얇은 조각으로 갈라졌다. 스카치 테이프 은 종이에서 트레이스를 떼어낼 수 없다. 트레이스를 페인트하기 위한 액체 분산은 이것이 합성된 후 적어도 3일 동안 일정한 전도도의 결과를 나타내었다. 이 예는 스크린 또는 그라비아 프린팅 공정과 유사하다.

[0050]

**예 4**

[0051]

다중층. 은 나노 입자의 박막이 예 1의 잉크 분산 및 기술로 깎아졌다. 몇 시간 후, 4-인치 길이의 트레이스의 저항은 단지 7.6옴이었다. 유사한 트레이스는 이 트레이스의 상부 상에 직접 페인트되었다. 몇 시간 후, 4-인치 길이의 트레이스의 저항은 1.0옴이었다.

[0052]

**예 5**

[0053]

열 경화 잉크젯 프린팅이 없음. 예 1과 동일한 방법, 단 이소프로판올 4g은 점성도를 줄이도록 이용되었고 이에 의해 엡슨 스틸러스 포토 925 프린터를 위한 잉크젯 카트리지를 충전했다. 100미크론만큼 좁은 은 라인은 이 프린터에서 프린트되었다.

[0054]

당업자는 이 공정이 다른 금속에 적용될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 구리는 좋은 예이다. 이 실시예에서, 두 공정은 응집되지 않은 나노 파우더를 형성했다; 하나는 탄소 및 다른 것을 이용하는 것으로 생산 공정 동안 산소 미량을 유입함에 의해 구리 입자 주위에 산화물 셸(shell)을 형성한다. 모든 경우에, 나노 입자는 비교적 응집되지 않는다. 이러한 경우에, 생산된 필름은 전도성이 없지만, 비활성 대기에서 약 150°C에서 가열될 때 전도성을 띤다. 구리의 경우에, 물질은 쉽게 산화되고, 이에 의해 만일 비활성 대기가 사용되지 않는다면, 비 전도성 구리 산화물이 형성된다.

[0055]

**제로그래픽 프린팅**

[0056]

이전의 실시예는 용매에서 분산되고 이후 프린트되는 나노 금속을 이용할 수 있지만, 건조 파우더를 이용하는 다른 프린팅 방법이 있다. 예를 들면, 레이저 프리팅 또는 제로그래픽 프린팅은 기관 위에 정전기적으로 증착되고 이후 가열되어 파우더의 입자를 융합시켜 원하는 이미지가 만들어지는 파우더 또는 토너를 이용한다. 미리 설정된 공정에서 얻어진 물질은 높은 비저항을 가지고, 이에 의해 이는 정전기적으로 충전될 수 있다. 따라서, 금속 파우더는 이 공정에서 이용되지 않는다.

[0057]

나노 금속 파우더 및 특히 탄소/금속 합성 물질은 이러한 응용에 매우 적절한데, 왜냐하면 이 파우더는 매우 높고 제어 가능한 비저항을 가지기 때문이다. 이는 제로그래픽 공정에서 이것이 정전기적으로 이동되는 것을 가능하게 하고 이에 의해 금속 파우더를 직접 프린트 한다. 나노 입자들이 프린터로 이동된 후, 이들은, 열, 레이저, 이온 빔 또는 자외선, 적외선 또는 포토닉 경화(이하에서 설명됨)와 같은 다양한 수단으로 전도성 경로를 형성하도록 소결될 수 있다. 따라서, 패턴을 만드는 새로운 방법은 나노 물질에 의해 가능하다. 이하의 예는 서로 본 발명의 다른 실시예를 도시한다.

[0058]

**예 6**

[0059]

Lexmark Type 4019-E01 레이저 프린터에 의해 IBM 레이저 프린터 E의 카트리지의 토너가 제거되었고 30% 탄소를 함유한 10nm은으로 대체되었다. 벌크 은 파우더는 매우 높은 저항을 가진다. 옴미터 간격의(from ohmmeter) 두 탐침이, 3/8인치 프로프 공간 및 1/2 인치 프로프 깊이를 가진 파우더 병에 담기고, 저항은 20메가옴보다 크다(옴미터의 최대 범위). 프린터의 열적 가열 요소는 작동되지 않게 되어 은의 조기 연소를 막는다. 은 파우더의 성공적인 이동은 카피 페이지 규칙적인 시트 상에 표시된다. 이후 페이지의 이러한 시트 상의 은은, 소결될 필요가 있고, 이에 의해 전도성을 띠게 된다. 이는, 이하의 금속성 나노 입자의 포토닉 활성화에서 설명된 플래쉬 램프 또는 레이저 소결과 같은 복사 수단, 기계적 압력, 마이크로웨이브, 저항 용접, 또는 초음파 용접을 포함하나 이에 제한되지 아니하는 다양한 기술로 수행될 수 있다. 플라스틱, 나무, 직물 및 다른 금속과 같은 목적물은 이러한 소결 기술을 이용하여 이러한 파우더로 도금되었다.

[0060]

탄소 금속 합성 나노 물질이, 전도성 경로를 프린트하기 위한 제로그래픽 프린팅 토너로 가능하지만, 다른 물질들도 이들 물질들이 벌크 파우더에서 매우 저항성으로 만들어질 수 있고 프린팅 후 전도성을 띠 수 있다면, 받아들여질 수 있다. 예들은 얇은 유전 물질로 코팅된 금속성 입자 파우더를 포함할 수 있는데, 이러한 얇은 유

전 물질은 프린팅 후 반응이 중지되거나(reacted off) 또는 휘발될 수 있으며, 이에 의해 전도성 경로를 형성한다. 예는 산화물 층을 가진 구리 나노 입자이다. 이는 구리 산화물이 형성되는 것을 막기 위해 비활성 대기에서 경화될 필요가 있을 것이다. 다행히도, 이하에서 설명된 기술은 에어에서 필름의 경화를 가능하게 한다.

**[0061] 금속성 나노 입자의 포토닉 활성화**

**[0062]** 본 발명의 다른 실시예는, 전도성 패턴을 형성하기 위해 나노 물질을 처리하기 위한 방법 및 시스템을 포함한다. 나노 물질을 처리하는 방법 및 시스템은, 마이크론 또는 벌크 물질과 비교할 때, 나노 입자의 고유의 물성을 이용한다. 예를 들면, 나노 입자는, 벌크 물질 물성과 비교할 때, 낮은 반사율, 높은 흡수율, 감소된 소결 온도, 높은 반응성 및 낮은 열전도도를 갖는 경향이 있다. 본 발명은 고전력의 펄스된 광범위한 포토닉 소스를 이용하고, 이에 의해 기판에 최소 영향을 미치면서 나노 입자를 처리하고, 따라서 종래 기술의 한계를 극복한다.

**[0063]** 본 발명에서, 나노 물질을 함유한 필름 또는 패턴은 표면 상에서 제작되었다. 이러한 필름 또는 패턴은, 잉크젯, 스크린-프린팅, 그라비아 프린팅, 제로그래피, 스탬핑, 플렉소그래피, 오프셋 프린팅, 페인팅, 에어브러싱 등과 같은 기술을 이용하여 제작될 수 있다. 필름 또는 패턴이 기판 상에서 건조된다면, 패턴은 고과위의 펄스된 포토닉 방사 소스에 영향을 받는다. 나노 물질의 높은 흡수율 및 입자의 낮은 열적 질량은 이들이 빠르게 가열되도록 하고, 낮은 전도도 및 짧은 펄스 길이는 열을 주위로 전달하는 나노 입자의 능력을 지체시킨다. 이는 입자들의 온도를 이들이 융합 가능한 온도로 빠르게 올리는 결과를 낳는다. 낮은 전도도, 낮은 흡수율 및 높은 기판의 열 질량은 포토닉 펄스로부터의 많은 에너지가 입자를 가열하는데 이용되었고 최소 에너지가 기판 또는 주위 구성요소로 이동되었음을 보장한다. 요약하면, 입자로의 에너지 전달이 너무나 빠르게 일어나서 이들이 열을 기판으로 이동시킬 시간을 가지기 전에 입자들이 융합된다. 나노 입자의 이러한 본래의 구별 능력은, 펄스된 광범위한 방사가 기판에 손상을 가하지 않고 한 번의 플래쉬(Flash)에서 넓은 복잡한 프린트된 패턴을 경화시키는 것을 가능하게 한다. 일반적으로 이러한 기술은 기판 상에  $1\text{J}/\text{cm}^2$  정도를 증착시킨다. 일반적으로, 이는 이용된 펄스 길이에서 기판에 대한 손상 레벨 아래이다.  $100\text{J}/\text{cm}^2$  정도의 금속 나노 입자 필름을 소결하는 연속적인 레이저를 이용하는 시스템이 필요하다. 이는 훨씬 높은 면적 에너지 밀도를 증착하는 단계를 포함하기 때문에, 레이저는 일반적으로 패턴에 인접하여 기판의 프린트된 패턴 상에서만 초점이 맞춰질 필요가 있고, 그렇지 아니하면 기판은 손상될 것이다. 또한, 레이저 경화는 일련의 공정이고 값비싼 장비 및 미세하게 정렬된 렌즈를 필요로 한다. 필요한 면적 에너지 밀도가 낮아지면서 상기의 것을 수행하기 위한 펄스된 레이저를 이용하는 것이 가능하고, 이러한 기술은 반복적 방식으로 작은 구역을 경화할 때 바람직할 수 있다. 펄스된 레이저 시스템은, 경화되어야 하는 구역이 커짐에 따라 덜 바람직해진다. 이러한 경우에, 크세논 플래쉬 램프와 같은 가스 방출(discharge)로부터 펄스된 방사는 더욱 바람직하게 된다. 이러한 이유는, 가스 방출 램프 시스템을 위한 하드웨어가 값싸고 광 변환 효율에 대해 높은 전기적 성질을 갖기 때문이다. 이는 플래쉬 램프가 종종 레이저 시스템을 광학적으로 펌프하는데 이용된다는 사실에 의해 나타난다. 또한, 가스 방출 램프는 복잡한 렌즈 및 레이저계 시스템과 같은 미세한 정렬을 필요로 하지 않는다. 펄스된 고체 상태 및 다른 펄스된 방사 소스는 연속적으로 더욱 경제적이다. 다중 방사 소스는 광범위한 효과를 얻도록 평행하게 이용될 수 있다. 이러한 경화 기술은 기판 또는 주위 성분에 대해 중요한 열적 하중을 주지 않기 때문에, 임베디드 기구(embedded device)를 구비한 다중층 회로는 페이퍼 또는 플라스틱과 같은 열적으로 약한 기판 상에 더욱 실용적이다.

**[0064] 포토닉 경화 공정**

**[0065]** 본 발명의 실시예의 방법은, 펄스된 방사 소스에 나노 입자를 노출시키는 것이고, 이에 의해 이들의 조직 또는 상을 변화하도록 하고 및/또는 이러한 물질이 이들이 담겨 있거나 놓여 있는 기판에 거의 영향을 미치지 아니하고 반응하도록 한다. 여러 가지 테스트들이 수행되었고, 이에 의해 전도성 잉크를 위해 나노 입자 배합물을 경화시키는 효과를 평가되었다. 이 테스트에서, 배합물은, 다양한 용매, 계면 활성제 및 분산제를 갖는 서로 다른 나노 물질을 혼합하고 이러한 배합물을 갖는 필름 또는 패턴을 만드는 것에 의해 제조되었다. 필름 및 패턴은 기판에 가해졌고, 펄스된 방사 소스에 쬐여 졌으며, 전도도, 응착력(adhesion), 표면 조직, 및 경화 깊이가 측정되었다. 전도도는 4-포인트 프로브 및 두께 게이지(gauge)를 이용하여 측정되었다. 일례에서, 필름 또는 패턴은 펄스된 방사 소스에 쬐여지기 전에 건조되었다.

[0066] 필름 또는 패턴이 펄스된 방사 소스에 쪼여질 때, 입자는 가열되고 소결된다. 이때, 패턴의 일부의 흡수율이 감소되고 열적 전도도 및 반사율이 증가한다는 것을 발견하였다. 이 공정은 자기 제어 방식이다. 일정한 경우에, 이는 다중의 낮은 강도 펄스보다 단일의 강렬한 펄스를 가하는 것이 좋을 수 있다. 본 발명의 개선된 형태에서, 펄스 지속시간 및 펄스 에너지의 영향이 조사되었다. 패턴으로 전달되는 총 전력은, 펄스 에너지, 펄스 지속시간 및 광학 콤포지트 구역의 함수이다. 테스트는 크세는 플래쉬 램프를 이용하여 0.7마이크로초 - 100 밀리초의 펄스 길이로 수행되었다.

[0067] 개선된 형태에서, 약 30% 질량의 나노테크놀로지사의 30nm 은, 60% 질량의 이소프로판올 및 10% 질량의 염산의 혼합물이, PET 상에 전도성 필름을 만드는 배합물로서 이용되었다. 패턴이 건조됨에 따라, 그 전도도는 벌크 은의 약 1/20<sup>th</sup>으로 증가하였다. 필름은, "2.5" 와이어가 감긴 드로우 다운 바 3.5 mil 매트(matte) PET 기판 (3.5 mil matte PET substrate with a "2.5" wire wound draw down bar)에 가해졌고 건조되었다. 일정한 경우에, 다중의 패스들(passes)이 만들어졌다. 일반적으로, 3 개의 패스들은 2-3미크론 두께의 건조된 필름을 만들었다. 필름을 펄스에 노출시킨 후 모든 경우에 전도도가 증가하였다. 약 은의 전도도의 1/10에 이르는, 일정한 경우에 1/3 내지 1/2, 전도도의 증가가 관찰되었다. 테스트에서, 주어진 총 에너지에 대해, 높은 전력 및 짧은 펄스 길이를 이용하여 처리된 패턴은 더 좋은 전도도를 나타내는 것을 발견하였다. 또한, 테스트는 면적 에너지 밀도의 임계값(threshold)이 있다는 것을 나타내고, 이를 초과하면 PET 표면으로부터 필름이 떨어진다. 임계값을 넘는 에너지에서 수행된 테스트는, 긴 펄스 길이로 처리된 샘플은 기판에 대해 본질적인 열적 손상을 가진다는 것을 나타내었고, 샘플이 더 짧은 펄스 길이에 쪼여진 경우 기판에 대해 최소의 열적 손상 혹은 열적 손상을 미치지 않았다는 것을 나타내었다. 이러한 일련의 테스트에서, 더 짧은 펄스 길이에 쪼여진 샘플에서 떨어진(blown off) 패턴의 에지 주위로 경화된 은을 시각적으로 관찰 가능하였고, 반면에 더 긴 펄스 길이의 샘플에서는 그러하지 아니하였다.

[0068] 이러한 사실은 더 짧은 펄스 길이가 더 효과적이라는 것을 나타낸다. 이러한 정보는 뛰어난 암시를 갖는다. 짧은 펄스 길이에 대해, 기판에 상당한 손상을 입히지 않고 기판을 완전히 경화시키는 것이 가능하다. 이는 기판의 열적 한계를 제거할 수 있고, 새로운 기판의 넓은 범위가 PET, 폴리에스테르, 플라스틱, 폴리머, 수지, 직물, 부직포 및 유기 화합물과 같이 이용되는 것을 가능하게 한다. 이러한 공정이 저온 기판에서 작용한다면, 세라믹, 합성물, 라미네이트, 유리, 실리콘 및 전도성 패터닝 시장에서 현재 이용되는 대부분의 물질이 적용 가능하다. 관찰되는 기판의 일 태양은 플래쉬 방사의 과정에서 흡수율이다. 일반적으로 기판은 플래쉬의 과정 범위에서 높은 흡수율을 가지지 못하는데, 왜냐하면 기판이 플래쉬의 에너지를 흡수하면 손상될 수 있기 때문이다. 필요하다면, 필터가 바람직하지 못한 방사 밴드를 제거하는데 이용될 수 있다. 기판이 방사에 의해 영향을 받는지 테스트하는 방법은, 이를 어떤 패턴 없이 경화 조건에 쪼이는 것이다. 이후 기판은 악영향을 받았는지 결정되도록 관찰될 수 있다.

[0069] 예 7

[0070] 도 1은 본 발명을 이용하여 처리된 PET 상의 전도성 필름의 일부를 도시한다. 상부 필름은 필름이 포토니컬리 경화된 다수의 지점을 도시한다. 하부 필름은 충분한 에너지가 기판에서 필름을 떨어뜨리도록 이용되는 다수의 지점을 도시한다. 긴 펄스에서는 더 많은 손상이 일어난다.

[0071] 예 8

[0072] 도 2는 벌크 은의 전도도의 1/3 내지 1/2의 전도도를 갖는 경화된 중앙 영역을 갖는 다른 필름을 도시한다. 4-포인트 프로브로부터의 인덴테이션(indentation)은 비저항을 측정하는데 이용되었다. 또한, 이 공정은, 25nm-200nm의 서로 다른 크기의 입자 범위를 이용하여, 은 및 이소프로판올의 배합물 상에서 수행되었다. 이러한 경우에, 패턴은 40메가옴보다 큰 무한한 저항을 가지거나 또는 건조 후 탐지 불가능한 전도도를 가진다. 모든 경우에, 일단 패턴이 포토닉 경화에 쪼여지면, 전도도는 벌크 실버의 크기의 수 오더 정도 내에서 일반적으로 2 오더 정도 내로 증가된다. 일정한 경우에, 전도도는 벌크 실버의 1 오더 크기 내였다. 도 3은 필름의 절반만이 포토니컬리 경화된 경우의 예를 도시한다.

[0073] 예 9

[0074] 상기의 섹션 1(열 경화 전도성 잉크가 아님)의 예 1로부터 잉크 만드는 법으로 만든 은 나노 입자의 박막, 중량적으로 10% 에틸렌 글리콜을 가짐, 은 셀룰로오스 기판(페이퍼) 상에 놓였고 건조되었다. 필름의 전기 저항은 약 612옴이었다. 소비자용 포토그래픽 카메라(Walgreen Co, Deerfield, IL 60015-4681에 의해 판매된 Studio 35 Single Use Camera [27 노출])의 크세논 플래쉬 전구로부터의 광의 플래쉬가 필름으로부터 약 1/2"로 개시될 때, 저항은 즉시 440옴으로 떨어진다. 약 1분 떨어진 이후의 플래쉬는 각각 401, 268, 224, 및 221 옴의 저항을 만들었다.

[0075] **예 10**

[0076] 상기 나노 은으로 된 유사한 필름(섹션 1의 대기 경화 전도성 잉크의 예 1로부터 만들어진 잉크)이, 셀룰로오스 기판 상에 놓였고 약 25분 동안 건조되었다. 필름 #1은 약 3.7옴의 최초 저항을 갖는다. 1/4인치 - 1/2인치에서 카메라 플래쉬(상기에서 설명됨)로부터의 한 플래쉬는 저항을 3.3 옴까지 즉시 떨어뜨린다. 제 2 플래쉬는 1분 후 저항을 2.5 옴으로 떨어뜨린다. 이후의 플래쉬는 1분 후 저항을 현저하게 떨어뜨리지 않는다. 제 2 필름은 15분 동안 섭씨 140도에서 오븐에 놓인다. 저항은 5.3 옴으로부터 4.0옴으로 떨어진다. 카메라로부터의 이후의 두 플래쉬는 필름의 저항을 각각 3.9 및 3.8 옴으로 떨어뜨린다. 기판 상의 수 개의 스트로브(strobe) 플래쉬는 저온 열 경화를 대체하기에 바람직하다.

[0077] **예 11**

[0078] 은 나노 입자의 필름이 만들어지고 10일 동안 약 섭씨 25도에서 건조되었다. 표면으로부터 1/2 인치에서 카메라로부터의 플래쉬는 약 67 내지 약 61옴으로 즉시 떨어진다.

[0079] **예 12**

[0080] 카메라 스트로브가, 은 필름을 가한 후 15분 및 필름이 건조된 후 10분이 지난 후 기판으로부터 1/8인치 내에 위치할 때, 스트로브가 시작될 때 팝을 들을 수 있었다(audible pop). 이러한 경우에, 패턴의 대향부 상에 놓인 손가락은 카메라가 시작될 때 팝을 느낄 수 있다. 현미경으로 관찰될 때, 필름의 일부는 떨어져 나갔다. 추측하면, 이는 가열된 나노 입자의 표면 옆의 가스의 빠른 팽창 때문이다. 종이 상에서 큰 소리의 팝 및 관련된 압력 펄스가 4일 된 필름 상에서 발견되기 때문에, 가스를 위한 소스는 증발되지 않는 용매가 아닐 것이다. 강렬한 포토닉 소스가 이용된다면, 놓인 필름은 얇아야만 하거나 또는 기판은 진공에서 포토닉 소스로 넘쳐야만 한다.

[0081] **\*예 13**

[0082] 다수의 은 잉크는 서로 다른 용매 및 포토닉 경화 공정에 쪼여진 것을 이용하여 만들어졌다. 또한, 기판에 잉크의 응착을 향상시키기 위해 바인더를 추가하는 효과가 테스트되었다. 제 1 예는 13A이고 은 잉크는 메틸 에틸 케톤으로 만들어졌다. PET 상에 놓인 필름 두께는 0.09 mil 또는 2.29 마이크론의 두께였다. 다양한 면적 에너지 밀도 및 펄스 폭의 결과는 전형적인 포토닉 경화 시스템을 이용하여 조사되었다. 이 데이터는 면적 에너지 밀도 및 펄스 길이의 최적 조합이 최고의 전도도를 나타낸다는 것을 도시한다.

[0083] **예 13A:** Ag 메틸 에틸 케톤 분산으로부터 만들어진 포토니컬리 경화된 Ag 필름

**표 4**

[0084]

면적 에너지 밀도(J/cm <sup>2</sup> )	펄스 길이 (마이크로초)	마이크로옴-cm	옴/sq	옴/sq/mil	rho_film/rho_bulk
0.86	300	97	0.42	0.04	60
1.03	300	63	0.27	0.03	39
1.12	300	51	0.22	0.02	32



1.22	300	49	0.21	0.02	30
1.42	300	56	0.24	0.02	35
0.38	300	1230000	5300	480	768000
0.63	300	2400	10.6	0.96	1500
1.65	100	133	0.58	0.05	83
1.38	100	64	0.28	0.03	40
1.13	100	49	0.21	0.02	31
0.90	100	61	0.27	0.02	38
0.70	100	87	0.38	0.03	54
0.48	100	254	1.10	0.10	59
0.31	100	590000	2600	230	370000
0.88	30	150	0.67	0.06	97
1.32	30	90	0.39	0.04	56

[0085] 예 13B: Ag 메틸 에틸 케톤 분산으로부터 만들어진 포토니컬리 경화된 Ag 필름

표 5

[0086]

1.42	30	70	0.30	0.03	44
0.69	30	1140	0.63	0.06	90
0.53	30	290	1.27	0.12	183
0.39	30	4800	20	1.90	3000
1.05	30	130	0.56	0.05	80

[0087] 예 13C는, 30분 동안 약 25℃, 30분 동안 약 90℃를 경화시키는 다양한 형태, 및 포토닉 경화로 2.3미크론에서 포토 그레이드 잉크젯 페이퍼 상에, 물에서 분산된 은을 이용한다. 이 예에서, 3 개의 필름이 동일한 배합물로 만들어졌다. 한 필름은 30분 동안 93℃의 경화 온도에 쪼여졌고 나머지 필름은 포토닉 경화 처리되었다. 마지막 샘플은 기준으로 이용되었다. 얻어진 포토닉 경화 샘플은 5X 벌크는 비저항을 가지고 열 경화보다 약간 낮다. 또한, 열 경화 결과는 이러한 저온에서 훨씬 좋았다.

표 6

[0088] 예 13C는 포토 그레이드 잉크젯 상에 물에서 분산된 은을 이용한다.

경화	면적 에너지 밀도(J/cm <sup>2</sup> )	필름 길이(마이크로초)	마이크로옴	옴/sq	옴/sq/mil	Rho 필름/벌크
25℃	0	0	19	0.09	0.01	12
93℃	0	0	10	0.05	0.004	6.5
포토닉 경화	0.73	30	8.	0.04	0.001	5.1

[0089] 예 13D는 2.3 미크론에서 마일라 상에 코팅된 10% 바인더 로딩에 분산된 은을 도시한다. 이러한 예에서, 서로 다른 바인더가 기관에의 응착을 향상시키기 위해 이용되었다. 이후 샘플들은 포토닉 경화 공정에 쪼여졌다. 중요한 결과는, 바인더가 필름이 떨어지기 전에 샘플들에 고전력이 가해지는 것을 가능하게 한다는 점이다. 또한, 고 전력은 잉크의 경화 능력을 향상시킨다.

[0090] 예 13D는 2.3미크론에서 마일라 상에 코팅된 10% 바인더 로딩에 분산된 은을 도시한다. 이러한 예에서, 서로 다른 바인더가 기관에의 응착을 향상시키기 위해 이용되었다. 이후 샘플들은 포토닉 경화 공정에 쪼여졌다. 중요한 결과는, 바인더가 필름이 떨어지기 전에 샘플들에 고전력이 가해지는 것을 가능하게 한다는 점이다. 또한, 고 전력은 잉크의 경화 능력을 향상시킨다.

[0091] 예 13D: 2.3미크론에서 망일라 상에 코팅된 10% 바인더 로딩에 분산된 은

표 7

[0092]

폴리머 시스템	면적 에너지 밀도(J/cm <sup>2</sup> )	펄스 길이(마이크로초)	마이크로옴-cm	옴/sq	옴/sq/mil	Rho 필름/벌크
아크릴 압력민감 접착제 H20(Acrylic Pressure Sensitive Adhesive H20)	0.56	300	78.7	0.344	0.014	49
비닐 아세테이트 에틸렌 접착제 H20	0.65	300	37	0.285	0.015	23
아크릴 클리어 코트 용매 (Acrylic Clear Coat Solvent)	1.12	300	84	0.363	0.033	52
우레탄 클리어 코트 용매	0.78	300	47	0.365	0.019	30

[0093]

테스트는 나노테크놀로지사의 건조 은 파우더를 이용하여 수행되었고, 이 공정은 또한 졸-겔 공정으로부터의 물질과 같은 표면 기능화로 합성된 은에 대해 효과적이다. 이러한 경우에, 포토닉 공정은 입자를 고온으로 가열할 것이고, 이는 표면 유기 화합물을 휘발시킬 것이며 입자가 소결되도록 한다. 또한, 포토닉 공정은, 열적 공정으로 완전히 또는 부분적으로 이미 경화된 필름의 전도도를 보충하는데 이용될 수 있다. 포토닉 공정은 기관의 가열로부터 배합물의 가열을 분리시킴에 의해 종래 기술의 한계를 극복하고, 가열된 입자에 의해 표면 기능이 휘발되도록 한다.

[0094]

포토닉 경화 공정은 다른 고유의 장점을 가진다. 구리 또는 아연과 같은 쉽게 산화되는 물질은, 전도성 패턴을 만드는데 일반적으로 이용되지 아니한다. 잉크 또는 배합물이 이러한 금속과 같은 물질을 이용하여 만들어지고 이후 가열되어 패턴을 경화시킨다면, 금속은 산소의 존재시 산화될 것이고 낮은 전도성 또는 비전도성 금속 산화물 패턴을 형성할 것이다. 가열 공정 동안, 입자의 산화는 소결 온도보다 낮은 온도에서 일어나고, 따라서 입자는 이들이 소결되기 전에 금속 산화물로 변환된다. 이러한 문제는 일반적으로 수소와 같은 환원 분위기 또는 비활성 분위기에서 또는 진공에서 처리되는 경우에 일어난다. 이러한 모든 선택은 값 비싸고 이러한 물질은 전도성 패턴링 시장에서 매력적이지 아니하다.

[0095]

본 발명은, 나노 물질이 제어된 환경 없이 처리되도록 함에 의해, 반응 물질이 쉽게 산화되는 한계를 극복한다. 테스트는 30nm-100nm 범위의 구리 나노 입자를 이용하여 수행되었다. 테스트는 구리/탄소 합성물질뿐만 아니라 산화물 패시베이션(passivation) 층을 가진 구리 상에서 수행되었다.

[0096]

**예 14**

[0097]

테스트에서, 나노구리는 이소프로판올에 분산되었고, PET 시트 상으로 펼쳐졌으며 건조되었다. 코팅은 검은색이었고 거의 무한한 비저항을 갖는다. 코팅은 2.3ms 크세는 광범위 플래쉬에 쬐여지고 물질은 즉시 구리색으로 변하고 전도도는 벌크 구리의 1/100th로 증가하였다. 고전력 플래쉬에 쬐여진 다른 샘플은 벌크 구리의 1/40th의 전도도를 나타내었다. 좋은 결과는 입자 산화층 및 포토닉 조건을 최적화 함에 의해 얻어졌고, 이에 의해 벌크 구리의 전도성에 도달한다. 이러한 샘플이 도 4에서 도시되고, 이는 경화되지 않은 구리 필름 및 포토 경화 후 필름을 도시한다. 나노 구리의 타고난 물성 때문에, 입자는, 최소 산화가 일어나도록 산화에 대한 시간 스케일 보다 더 빠른 속도의 시간 스케일로 가열되고 소결된다. 이는 중요하고 뛰어난 의미를 갖는다. 본 발명은, 산화 문제 때문에 이미 디스카운트된 값싼 물질이 현존하는 그리고 새로운 응용에 이용되도록 한다. 구리, 철 아연, 티타늄, 지르코늄, 마그네슘, 주석, 알루미늄, 니켈, 코발트, 인듐, 안티몬 및 납과 같은 금속 및 전이 금속을 포함하나 이에 제한되지 아니하는 물질이 사용 가능할 수 있다. 또한, 이러한 물질들은 저온 기관뿐만 아니라 고온 기관에서도 이용될 수 있다.

[0098]

이러한 공정으로 물질의 합금 또는 물질의 화합물을 이용하는 것이 유용할 수 있다. 물질의 화합물은 비싼 물질, 값싼 물질, 매우 전도성이 뛰어난 물질, 및 적당한 전도성을 갖는 물질이 테일러 코스트(tailor cost) 및

전도도로 처리되도록 한다. 또한, 둘 이상의 화합물이 반응하거나 합금을 형성할 때 둘 이상의 화합물을 혼합하는 것이 가능할 수 있다.

[0099] 형성된 일부 합금은 에너지를 방출할 수 있고, 이는 물질을 소결시키는 것을 돕는다. 예를 들면, 테스트는 소량의 나노-알루미늄 및 산화물 층을 가진 구리를 이용하여 수행되었다. 이러한 반응은 실질적인 량의 열을 방출하고, 이는 또한 구리의 가열 및 소결을 돕는다. 부가적인 장점은, 반응 제품이 구리 및 알루미늄이라는 것이다. 따라서 구리로 변환된 입자의 표면 상의 구리 산화물은 뛰어난 전도도를 나타낸다.

[0100] 또 다른 실시예에서, 큰 입자가 잘 응집되어 있는 경우와 같이 바람직한 조직을 갖는다면 이용될 수 있고, 나노기공(nanopore)을 가지거나 또는 극도의 표면 거칠기를 가지고, 이는 이들을 매우 흡수성으로 만든다. 또한, 큰 입자들과 작은 입자의 소량을 섞어서 효과적으로 흡수율을 증가시킬 수 있다. 마이크론-크기의 구리와 소량의 나노알루미늄을 혼합하고, 이 혼합물의 필름을 종이 위에 놓고, 이를 포토니컬리 경화시켜 전기적으로 전도성 필름이 되게 하는 방법이 이 개념의 실시예에서 나타난다. 이 경우에, 마이크론 크기의 구리만을 포토니컬리 경화시키는 것은 매우 어려운데, 이는 구리가 낮은 표면적 대 질량비를 가지고 크세논 스트로브로부터 방출되는 복사에 낮은 흡수율을 가지기 때문이다. 나노 알루미늄의 연소는 구리를 소결하는데 필요한 추가적인 에너지를 제공한다. 알루미늄의 포토닉 개시는, 여기서 참조로 인용된, 데니스 E. 윌슨 및 쿠르트 A. 슈뢰더가 발명하고 "나노에너지틱 물질을 포토닉 개시를 위한 시스템"이란 명칭으로 2005년 10월 25일에 출원된 PCT 특허 출원 제 PCT/US2005/038557호에서 개시된다. 다른 변화는, 혼합물에 구리 산화물 또는 철 산화물과 같은 추가적인 산화제를 첨가하는 것, 소결되는 입자 상의 알루미늄을 위한 산화제를 제공하여 구리를 부동태화 시키는 것, 또는 다른 탄소 블랙(carbon black) 또는 다른 나노스케일 방출 물질을 혼합물에 첨가하여 포토닉 방사에 필름이 흡수성을 갖게 하는 것이다.

[0101] **예 15**

[0102] 전도성 패턴은 중량으로 5-10%의 40nm 은으로 된 10마이크론 은 박편(매우 낮은 흡수율을 가짐)으로 이루어진 필름을 이용하여 성공적으로 만들어진다. 특히, 트레이스의 저항은 단일의 2.3ms 스트로브 플래쉬에서 무한대로부터 3옴으로 내려갔다. 이 경우에, 나노파우더는 소결제로서 작용한다.

[0103] 대부분의 처리된 전도성 필름은 10mil 미만으로 상당히 얇지만, 더 두꺼운 필름에 대해 본 발명을 이용하는 것이 가능하다. 이러한 경우에, 긴 파장 및 간능한 긴 지속시간의 펄스가 요구된다.

[0104] 대부분의 나노파우더 및/또는 나노입자 분산은, 불연속적인 입자 분포를 가지고, 이는 로그 노말(log normal), 내로우(narrow), 브로드(broad) 및 모달(modal)일 수 있다. 소결 온도는 입자 크기의 함수이기 때문에, 입자들이 주어진 파우더에 대해 소결되도록 하는 온도의 범위가 있을 수 있다. 필름이 방사 소스에 쬐여지면, 입자의 일부는 증발되고, 일부는 녹으며, 일부는 소결되고, 일부는 단지 가열된다. 이러한 인식에 따라, 본 발명의 다른 실시예는 다중 방사 소스를 이용하여 샘플을 경화시킨다. 이러한 실시예에서, 방사는 적당량이 소결되도록 제어된다. 예를 들면, 필름은 낮은 전력의 펄스에 쬐여져서 작은 입자를 소결시키고, 이후 고 전력의 펄스 또는 이후의 펄스에 의해 큰 입자를 소결시킨다. 고강도 펄스가 처음에 이용된다면, 더 작은 입자가 증발되고, 이는 보이드와 같은 떨어지는 필름 균일성 및 성능을 초래할 것이다. 테스트는 다중 펄스가 작용하는지 결정하도록 수행되었다. 샘플은 증가하는 강도의 다중 펄스에 쬐여졌다. 각각의 펄스 후, 전도도가 측정되었고, 처음의 몇몇 펄스 후 증가하는 것이 발견되었다. 약 5펄스 후, 전도도는 더 이상 증가하지 않았다.

[0105] 최초 테스트에서, 스트로브가 나노 물질 샘플 가까이에서 플래쉬되었을 때, 들을 수 있는 팝이 들렸다. 이는 유리된 나노 알루미늄 파우더 또는 유리된 나노은 파우더와 함께 일어났다. 팝은 스트로브가 기관에 더 가까이 감에 따라 커졌다. 또한, 들을 수 있는 팝은, 필름을 경화시키기 위한 스트로브 강도에 대해 피드백 메커니즘으로서 이용될 수 있다. 필름이 경화됨에 따라, 입자는 소결되기 시작하고, 이는 높은 방사율 및 매우 낮은 열 전도도를 가진다. 필름이 경화됨에 따라, 입자는 소결되기 시작하고, 이는 낮은 방사율 및 높은 열 전도성을 나타낸다. 동일한 강도의 스트로브로부터의 플래쉬는 팝이 거의 없다. 결과적인 필름은 파괴되지 아니하고 더 높은 강도의 펄스를 가질 수 있다. 유사하게, 더 높은 강도의 펄스가 필름을 추가적으로 경화시키는데 필요하다. 가스는 주요 이유이기 때문에, 스트로브의 강도는 처음에 높을 수 있고, 대안적인 접근은 진공에서 기관을 플래쉬하는 것이다. 이러한 분위기에서, 궁극적인 전도도는, 에너지 전달 메커니즘인 대류가 제거됨에 따라, 더 높아진다. 이러한 경우에 필름은 더 오래 뜨겁게 유지될 수 있고 더욱 완전히 소결된다.

[0106] 포토닉 경화 기술은, 포토닉 경화가 없는 경우보다 더 낮은 경화 온도에서 동일한 결과를 얻고 보충하기 위한



열적 경화 수단과 함께 이용될 수 있다.

[0107]

**포토닉 경화 시스템**

[0108]

이하는, 연질 회로 보드, 평면 패널 디스플레이, 상호연결부, RF-ID 태그, 및 다른 이용가능한 전자제품을 포함하는 저온 기판 상에 전도성 패턴의 고성능 처리가 가능한 상업적인 포토닉 경화 시스템을 설명한다. 설명된 상업적 시스템은 폭이 34"인 제품을 처리하는 것이 가능하고, 이는 분당 100피트의 속도로 이동한다. 동일한 설계가, 단위 시간당 처리되는 구역이 선형적으로 보다 적게 증가하는 비용으로 더 넓은 포맷(format) 및 더 빠른 속도에 이른다.

[0109]

도 5는 본 발명의 실시예의 공정도를 도시하고, 도 6은 제품 시스템의 개략도이다. 포토닉 경화 시스템은 다양한 기판 상에 금속성 나노-잉크를 경화시킨다. 다중 스트로브 헤드는 고 전압 전력 공급장치에 의해 구동되고 회로를 시작시키며, 이는 독립적인 계전기 랙(standalone relay rack)에 장착되어 있다. 스트로브 헤드의 높이는 스트로브 풋프린트를 제어하도록 조정될 수 있다. 노출 레벨은 스트로브 파워 공급장치에 의해 전자적으로 조정된다. 스트로브 에너지 및 펄스 지속시간 모두 조정 가능하고, 이에 의해 경화되지 않은 잉크 방사율, 물질 물성, 및 잉크 두께에 따라, 기판에 손상을 가하지 않고 최적의 경화를 가능하게 한다.

[0110]

시스템은, 전도성 패턴을 만들도록 처리될 필름 및 패턴(601)을 만들기 위한 공정 및 전도성 필름 또는 패턴을 만들기 위해 필름 및 패턴을 경화하기 위한 시스템으로 이루어진다. 기판 상에 필름 또는 패턴(601)을 만들기 위한 시스템은, 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅, 그라비아, 레이저 프린팅, 제로그래피, 패드 프린팅, 페인팅, 딥 펜, 주사기, 에어브러시, 리소그래피와 같은 현존하는 기술의 하나 또는 이의 조합일 수 있고, 이는 기판에 나노 입자를 가하는 것을 가능하게 한다. 이후 시스템은 패턴을 가진 기판을 포토닉 경화 시스템(602)으로 이동시킬 것이고, 여기서 기판이 경화된다. 본 발명의 실시예는 다양한 기판에 대해 작동될 수 있다. 이 시스템은 100ft/min으로 연속적으로 샘플을 처리할 수 있고, 균일한 적용범위를 가지며, 감소된 균일성으로 두 배의 속도로도 가능하다.

[0111]

이 시스템은 스트로브 헤드(620)를 거쳐 샘플(603)을 이동시키는 방법을 이용하고, 샘플에 대해 스트로브 헤드(620)를 이동시키는 것도 가능할 수 있다. 본 발명은 약 90cm x 150cm의 샘플을 다룰 수 있는 폭을 가진 컨베이어 벨트 시스템(610)을 이용한다. 이 컨베이어 벨트(610)는 5 내지 200ft/min의 속도로 작동하고 컨베이어 제어기(632)에 의해 제어된다. 당업자는 로봇식 및 공압식과 같은 다른 수송 방법이 샘플을 이동시키는데 이용될 수 있다는 것을 알 것이다.

[0112]

포토닉 경화 시스템(602)은, 스트로브 헤드(620)에 조정가능한 전력 공급장치(630)에 연결된 크세논 플래쉬 램프(621)와 같은 포톤 방사 소스를 포함한다. 조정가능한 전력 공급장치는 1마이크로초 내지 100밀리초의 펄스 지속시간을 가진 5-600 Joules의 에너지 가능 출력을 가진다. 수지를 경화시키기 위한 2초 내지 수분의 펄스를 이용하는 "플래쉬" 기술이 있지만, 당업자는 펄스가 이러한 응용에서 너무 짧으면, 전체 제품, 기판 및 필름이 거의 가열되지 않는다는 것을 인식할 것이다. 본 발명은, 본 시스템보다 수 오더의 정도가 짧은 펄스를 이용하는 시스템과 구별되고, 나노 물질과 상호 작용하도록 설계되었다. 플래쉬 램프(621) 또는 플래쉬 램프의 배열은 1-3cm 스트로브 패턴에 의해 90cm 크기를 만들도록 구성된다. 스트로브의 강도는 약 1-30cm의 샘플로부터의 높이를 변화시킴에 의해 변경된다. 조정 가능한 전력 공급장치(630)는 스트로브 제어기(631)에 의해 제어되고, 이에 의해 약 40Hz의 주파수의 펄스에 이르는 단일 펄스를 제공한다. 블로워(blower, 622) 또는 액체와 같은 다른 냉각 수단이 스트로브 헤드에 연결되어 냉각시키고 스트로브 헤드의 수명을 연장시킨다.

[0113]

당업자는 펄스 방사를 만들기 위한 다른 선택이 가능하다는 것을 인식할 것이다. 펄스된 레이저, 강한 광원을 자르는 것(chopping an intense light source), 기계적 또는 전기적 반사와 같은 광 반사 방법, 펄스된 아크 등과 같은 기구가 방사를 만드는데 이용될 수 있다. 본 발명은 상부로부터의 방사 소스에 샘플(603)이 쪼여지는 것으로 도시되었지만, 바닥으로부터 또는 상부 및 바닥부 모두로부터 쪼여질 수도 있다. 또한, 본 발명은 샘플이 건조된 후, 방사에 쪼여지는 것을 도시한다. 샘플이 젖어 있을 때 방사에 샘플을 노출시키는 것이 유리할 수도 있다. 또한, 이 시스템은, 각각의 구성의 전도도를 측정하고 일련의 생산 파라미터를 통해 처리함에 의해, 최적의 세팅을 자동적으로 결정하도록 구성될 수 있다. 이후 제품의 세팅은, 최고의 필름 물성을 제공하는 파라미터로 설정될 것이다.

[0114]

작동시, 제품(603)은 필름 및 패턴 프린터(601)에 의해 만들어지고 컨베이어(610)로 이동된다. 컨베이어(610)는 스트로브 헤드(620) 아래에서 제품(603)을 이동시키고, 이 경우 플래쉬 램프(621)로부터의 빠른 펄스에 의해

포토닉컬리 경화된다. 스트로브 전력, 지속시간 및 반복 속도는 스트로브 제어기(631)에 의해 제어되고, 콘베이어 제어기(630)는 스트로브 헤드(620)를 거쳐 이동하는 제품의 속도를 결정한다. 이후 샘플은 공정의 다음 단계를 위해 컨베이어(610)로부터 제거된다.

[0115] 당업자는, 본 발명이 다른 경화 방법과 함께 이용될 수 있다는 것을 알 것이다. 이러한 기술은 열적 경화 수단과 함께 이용될 수 있고, 이에 의해 더 빠른 속도로 더 낮은 경화 온도에서 동일한 결과를 얻게 된다. 사실, 테스트는 프린트되고 경화되었던 다수의 전도성 패턴 상에서 수행되었다. 패턴은 크세논 플래쉬에 쪼여지고, 둘 이상의 인자에 의해 전도도가 증가된다.

[0116] **포톤 활성화된 촉매**

[0117] 출원인은, 대부분의 금속 나노파우더를 포함하는 몇몇 나노 입자 파우더가 일반적으로 포토닉 복사를 잘 흡수한다는 것을 관찰하였다. 즉, 파우더는 좋은 흡수체이다. 또한, 나노 입자들은 마이크론 또는 그 이상의 크기를 갖는 입자보다 훨씬 큰 표면적 대 질량비를 가진다. 이러한 세가지 성질은, 펄스된 포토닉 소스로 나노 입자에 복사하는 것이 순간적으로 매우 높은 온도로 입자를 가열할 수 있다는 것을 나타낸다("포토닉 소스"는 감마선, X-선, 자외선, 가시광선, 적외선, 마이크로파, 라디오파, 또는 이의 조합을 포함하나 이에 제한되지 않는 전자기적 스펙트럼의 복사 소스이다). 이러한 영향은 이하에서 리스트 된 다수의 새로운 응용에서 언급된 것처럼 매우 유리하다.

[0118] 일반적으로, 물질의 촉매 활동도는 물질의 표면 온도 및 표면적이 증가함에 따라 증가한다. 제 1 아이템의 자연적 결과는, 촉매 물질이 높은 표면적을 갖는 경향이 있다는 것이다. 이를 행하는 한 방법은 나노스케일 치수를 갖는 촉매 물질을 갖는다. 제 2 아이템의 결과로서, 많은 촉매 공정이 고온에서 수행된다. 많은 촉매 물질은 나노미터-크기의 금속이고 따라서 복사를 매우 잘 흡수한다. 촉매를 포토닉 소스로 가득하게 함에 의해, 촉매는 복사를 흡수할 것이고 시스템의 나머지보다 고온으로 가열된다. 따라서, 높은 촉매 활동도는 시스템의 온도에 상당한 변화 없이 얻어질 수 있다. 이는 펄스된 포토닉 소스가 이용되는 경우에 특히 그러하다.

[0119] **예 16**

[0120] "인스턴트 온(instant on)" 또는 콜드 스타트(cold start) 촉매작용: 내연기관에 의해 발생한 오염의 상당 부분은 작동의 최초 1분 내지 2분으로부터 발생한다. 따라서, 작동의 최초 일부 동안, 자동차의 촉매 변환기는 이것이 콜드이기 때문에 촉매 변환을 거의 하지 않는다. 전체 촉매 변환기를 예열하는 것은 추가적인 배터리를 요구할 수 있고, 이는 처음에 하려고 했던 목적에 다소 어긋나는 것이다. 반복적인, 펄스된 강렬한 포토닉 소스는, 입력 에너지가 거의 없이 즉시 촉매 물질을 예열할 수 있고, 이는 전체 엔진이 가열되어 엔진으로부터의 급작스럽게 낮은 방사를 초래할 때까지 일어난다.

[0121] **예 17**

[0122] 저온 분위기에서의 높은 촉매 작용 속도. 액체 분위기와 같은, 고온이 허용될 수 없거나 또는 고온을 바랄 수 없는 분위기는 포토닉 소스를 가득하게 하여 증가된 촉매 활동도를 가질 수 있다. 이는 시스템의 온도에서의 상당한 변화 없이 이루어질 수 있다. 물의 높은 수율 촉매 크래킹(high yield catalytic cracking of water)은 물의 끓는점 아래의 온도에서 수행될 수 있다.

[0123] **예 18**

[0124] 조절된 촉매 작용. 작용하는 포토닉 소스의 강도를 제어함에 의해, 촉매의 촉매 활동도가 짧은 시간 스케일로 제어될 수 있고, 이는 시스템의 시간에 독립적으로 될 수 있다. 촉매 활동도의 제어는 다른 시스템으로부터의 피드백으로부터 가능할 수 있다. 이는, "요구가 있는 즉시" 화학 작용을 일으키고, 이 화학 작용은 연료 전지 또는 산업적 화학 합성 공정에서 원하는 것이다.

[0125] **예 19**

[0126] 억제 촉매의 정화. 나노 물질 촉매를 강한 포토닉 소스에 노출시킴에 의해, 나노 입자는 순간적으로 가열될 것이다. 표면 상에서 흡수된 물질은 촉매를 재활성화시키도록 반응되거나 또는 구동될 것이다.

[0127] 예 20

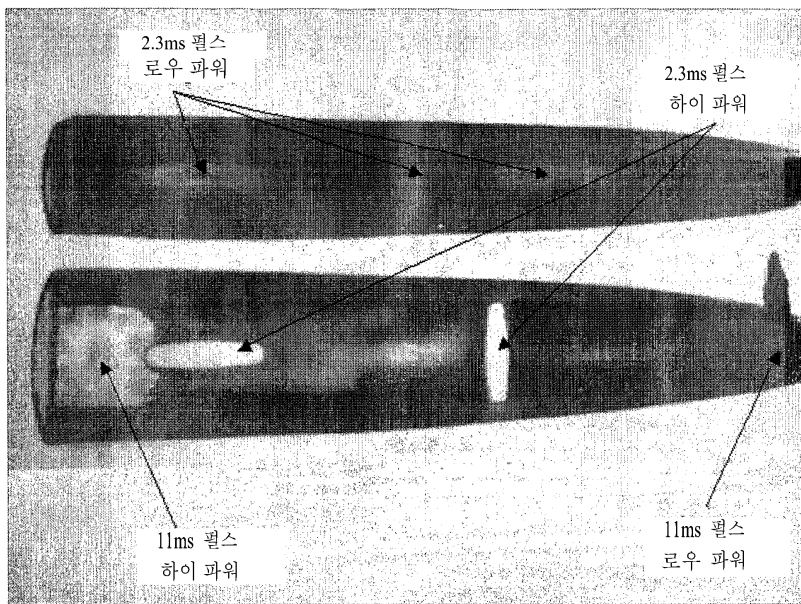
[0128] 촉매 합성을 위한 나노 입자 에어로졸의 펄스된 광범위 복사. 가스에서 부유된 나노과우더를 복사에 노출시킴에 의해, 입자들이 부유된 가스가 촉매적으로 입자와 반응할 수 있다. 이는 탄화 수소 가스를 열분해 (cracking) 하기 위한 효과적인 방법일 수 있다.

[0129] 많은 테스트가 은과 함께 수행되었고, 출원인은 다른 금속이 동일한 효과를 나타내고 유사한 성능을 가질 것을 인식하고 있다. 다른 금속은, 구리, 알루미늄, 지르코늄, 니오븀, 금, 철, 니켈, 코발트, 마그네슘, 주석, 아연, 티타늄, 하프늄, 탄탈륨, 플래티늄, 팔라듐, 크롬, 바나듐, 및 이의 합금을 포함하나 이에 제한되지 아니한다. 또한, 탄소와 같은 비금속성 화합물도 이러한 속성을 나타낸다.

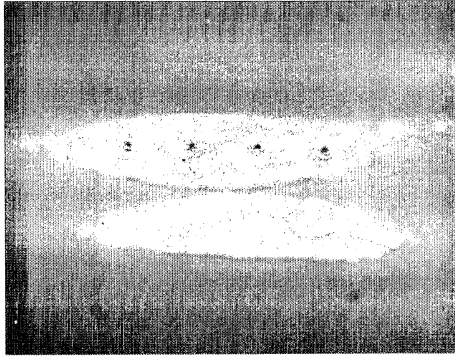
[0130] 여기서 개시된 기술은 발명자에 의해 발견된 기술을 나타내고, 이는 본 발명의 실행에서 잘 작동하며, 따라서 이의 실행에 대한 예시적 모드를 구성하는 것으로 생각될 수 있다는 것은 당업자에게 이해되어야 한다. 당업자는, 본 명세서의 견지에서, 개시된 특별한 실시예에서 많은 변화가 이루어질 수 있고 본 발명의 사상 및 범위로 부터 벗어나지 않고 유사한 결과를 얻을 수 있다는 것을 이해해야 한다.

도면

도면1



도면2



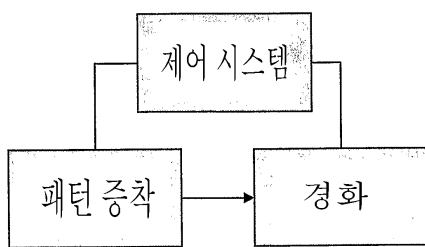
도면3



도면4



도면5



도면6

