



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년03월05일  
(11) 등록번호 10-2643783  
(24) 등록일자 2024년02월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C09D 11/52 (2014.01) B41M 1/12 (2006.01)  
C09D 11/03 (2014.01) H01B 1/22 (2006.01)  
H01B 5/14 (2006.01) H05K 3/12 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C09D 11/52 (2013.01)  
B41M 1/12 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-7005838  
(22) 출원일자(국제) 2018년07월31일  
심사청구일자 2021년07월22일  
(85) 번역문제출일자 2020년02월27일  
(65) 공개번호 10-2020-0037821  
(43) 공개일자 2020년04월09일  
(86) 국제출원번호 PCT/IB2018/055727  
(87) 국제공개번호 WO 2019/025970  
국제공개일자 2019년02월07일  
(30) 우선권주장  
62/539,610 2017년08월01일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2014051569 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
내셔널 리서치 카운슬 오브 캐나다  
캐나다, 케이1에이 0알6 온타리오, 오타와, 룸 2  
9씨, 빌딩 엠-55, 몬트리올 로드 1200  
(72) 발명자  
디오르, 바바나  
캐나다 케이1엔 1케이7, 온타리오 오타와, 볼튼  
스트리트 125-205  
파퀘, 산탈  
캐나다 케이0에이 1엘0, 온타리오 오타와, 델라니  
드라이브 130  
말렌판트, 페트릭  
캐나다 케이4에이 0엘4, 온타리오 오타와, 오크크  
레스트 웨이 304  
(74) 대리인  
특허법인위더피플

전체 청구항 수 : 총 13 항

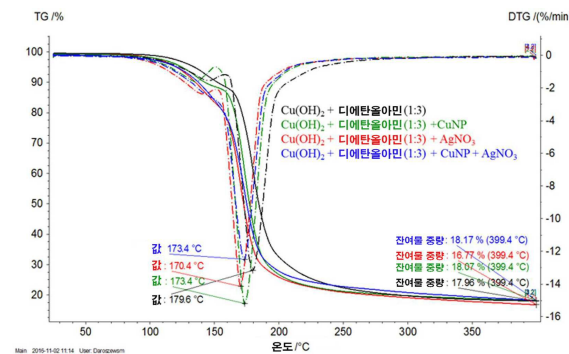
심사관 : 권요은

(54) 발명의 명칭 구리 잉크

(57) 요약

구리계 잉크는 구리 수산화물 및 디에탄올아민을 함유한다. 상기 잉크는 기판 상에 코팅되고 기판 상에 분해되어 기판 상에 전도성 구리 코팅을 형성할 수 있다. 상기 잉크는 저비용이고, 잉크의 마이크론-두께의 트레이스는 스크린 프린트될 수 있고, 약 500 ppm 이하의 산소 또는 공기 중에서 광-소결되어 고전도성 구리 특징을 생성할 수 있다. 잉크로부터 제조된 소결된 구리 트레이스는 다른 구리 잉크로부터 제조된 트레이스와 비교하여 개선된 공기 안정성을 갖는다. 약 20 mΩ/μm/mil 이하의 시트 저항을 갖는 소결된 구리 트레이스는 우수한 해상도로 5 내지 20 mil 폭의 스크린 인쇄된 라인을 얻을 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*C09D 11/03* (2013.01)

*H01B 1/22* (2013.01)

*H01B 5/14* (2020.05)

*H05K 3/125* (2019.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150006091 A

KR1020160027174 A

W02013128449 A2

JP2004277868 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

구리계 잉크로서,

구리 수산화물 및 디에탄올아민을 포함하고,

상기 구리 수산화물 및 디에탄올아민은 상기 잉크에서 복합체를 형성하고 1:2.5 내지 1:3.5의 몰비로 존재하는 것인 구리계 잉크.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 몰비는 1:3 인 것인, 잉크.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 구리 수산화물은,

잉크의 총 중량을 기준으로 잉크에 5 중량 % 내지 40 중량 %의 구리를 제공하는 양으로, 구리 수산화물 일수화물을 포함하는 것인, 잉크.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 잉크는 금속 충전제를 추가로 포함하는 것인, 잉크.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 금속 충전제는 구리 수산화물로부터의 구리의 중량을 기준으로 1 중량 % 내지 40 중량 %의 양으로 잉크에 존재하는 것인, 잉크.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 금속 충전제는 구리 나노입자, 질산은 또는 이들의 혼합물을 포함하는 것인, 잉크.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 잉크는 용매 및 결합제를 추가로 포함하는 것인, 잉크.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 결합제는 히드록실- 및/또는 카르복실-말단 폴리에스테르를 포함하는 것인, 잉크.

#### 청구항 9

기판 상에 전도성 구리 코팅을 제조하는 방법으로, 상기 방법은:

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 정의된 구리계 잉크로 기판을 코팅하는 단계; 및

기판 상의 잉크를 분해하여 기판 상에 전도성 구리 코팅을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 방법.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 기판 상의 잉크는 100 내지 150℃의 온도에서 10 내지 45분 동안 건조되는 것인, 방법.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,

상기 분해는 광소결을 포함하는 것인, 방법.

#### 청구항 12

제9항에 있어서,

상기 기판 상의 잉크의 코팅은 스크린 인쇄를 포함하는 것인, 방법.

#### 청구항 13

제9항에 정의된 방법에 의해 제조된 전도성 구리 코팅을 상부에 갖는 기판을 포함하는 전자 장치.

#### 청구항 14

삭제

#### 청구항 15

삭제

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

삭제

## 청구항 18

삭제

## 청구항 19

삭제

## 청구항 20

삭제

## 청구항 21

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 인쇄 잉크, 특히 인쇄 전자제품용 인쇄 잉크에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 인쇄 전자제품용 잉크에 있어서 낮은 가격, 높은 전도성 및 내산화성은 중요한 목표이다. 금 및 은은 비싸지만 안정적, 즉 산화에 내성이 있다. 금 및 은과 비교하여, 구리는 저렴하면서도 유사한 전도성을 갖는다; 그러나, 상기 유사한 전도성은 종종 프린팅을 통해 달성되지 않으며, 구리는 산화되기 쉬우므로, 시간에 따라 전도성이 감소하게 된다. 사용되는 구리 잉크의 주요 유형으로는 금속 나노입자-기재 잉크, 금속-유기 분해 (MOD) 잉크, 구리 플레이크 잉크 및 은-코팅된 구리 플레이크 잉크가 존재한다.

[0003] 나노 입자 기반 구리 잉크는 일반적으로 비싸지만 쉽게 산화되고 매우 높은 온도에서 소결될 것이 요구되거나 레이저/플래시 광 소결을 필요로 한다. 저렴한 버전 (예: Novacentrix™)은 카드보드 상에서만 스크린 인쇄되고, 광-소결되어야 한다. 산화를 방지하기 위해, 바이메탈 Ag-Cu 나노입자 잉크가 제안되었지만, 이러한 잉크는 여전히 비교적 비싸다.

[0004] MOD 잉크는 저온에서 열적 소결이 가능하지만, 전형적으로 구리 포르메이트와 같은 고가의 구리 전구체가 사용된다. 또한, MOD 잉크는 전형적으로 점성이 아니므로, 스크린 인쇄를 배제한다. 강한 산 증기, 즉 포름산에 의해 야기되는 부식 및 낮은 금속 함량으로 인한 불량한 전도성은 종종 Cu MOD 잉크로 나타나는 다른 제한점이다. 통상적인 플레이크/나노입자 잉크에 대한 MOD 잉크의 주요 이점은 MOD 화합물이 저온 소결에서 필름을 부드럽게 하고 고해상도 특징을 생성한다는 것이다. 그러나, MOD 잉크는 고가의 금속 염, 예를 들어 구리 포르메이트, 및 유기 화합물의 혼합물로서 잉크 제형에 로딩되는 구리는 매우 적으며, 인쇄된 트레이스의 더 낮은 전기 전도도를 초래할 수 있다. 또한, 구리 트레이스의 대기 산소에 대한 느린 반응성 (즉, 산화)는 시간에 따른 트레이스 전도도의 감소를 초래한다.

[0005] 따라서, 열 및/또는 광-소결되어 전도성 트레이스를 생성할 수 있는 저비용, 고전도성 및 내산화성 스크린-인쇄 가능한 잉크가 요구된다. 플라스틱 상에 스크린-인쇄가능하며 광-소결 또는 열적 소결될 수 있는 저비용의 구리 잉크는 즉시 상업적 가치를 가질 것이다.

### 발명의 내용

[0006] 일 측면에서, 구리 수산화물 및 디에탄올아민을 포함하는 구리계 잉크가 제공된다.

[0007] 다른 측면에서, 기판 상에 전도성 구리 코팅을 제조하는 방법이 제공되며, 상기 방법은 구리 수산화물 및 디에탄올아민을 포함하는 구리-기판 잉크로 기판을 코팅하는 단계; 및 상기 기판 상의 잉크를 분해하여 기판 상에 전도성 구리 코팅을 형성하는 단계를 포함한다.

[0008] 바람직하게는, 상기 잉크는 저비용이며 스크린 인쇄 적용을 위해 제형화될 수 있다. 잉크의 마이크론-두께 트레이스는 스크린 인쇄되고 약 500 ppm 이하의 산소의 존재 하에 열 소결되거나 공기 중에서 광-소결되어 고 전도성인 구리 특징을 생성할 수 있다. 상기 잉크로부터 제조된 소결된 구리 트레이스는 다른 구리 잉크로부터 제조

된 트레이스와 비교하여 개선된 공기 안정성을 갖는다. 소결된 구리 트레이스는 양호한 접착 강도를 갖는다. 구리 나노입자 및/또는 은 얇은 소결된 구리 트레이스의 전도성 및/또는 내산화성을 더욱 증가시키고, 및/또는 잉크의 스크린 인쇄성을 더욱 향상시키기 위해 포함될 수 있다. 약  $20 \text{ m}\Omega/\mu\text{m}/\text{mil}$  이하의 시트 저항을 갖는 소결된 구리 트레이스는 우수한 해상도를 갖는 5-20 mil 폭의 스크린 인쇄된 라인으로 얻어질 수 있다.

[0009] 추가의 특징은 하기 상세한 설명으로부터 기술되거나 명백해질 것이다. 본원에 기재된 각각의 특징은 임의의 하나 이상의 다른 기재된 특징과 임의의 조합으로 사용될 수 있고, 각각의 특징은 당업자에게 명백한 경우를 제외하고는 다른 특징의 존재에 반드시 의존하지는 않는다는 것을 이해해야 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

도 1은 구리 수산화물 모노하이드레이트 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 및 디에탄올아민을 포함하는 다양한 잉크의 서모그램(thermograms)을 도시한다.

도 2는 저장 시간에 대한 함수로서 구리 수산화물 모노하이드레이트 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 및 디에탄올아민을 포함하는 잉크의 서모그램을 도시한다.

도 3은 500 ppm  $\text{O}_2$   $\text{N}_2$  하에서 상이한 온도에서 열적으로 소결된 구리 수산화물 모노하이드레이트 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 및 디에탄올아민을 포함하는 다양한 잉크로부터 제조된 Kapton™ 기판 상의 테이프 주조 트레이스 (5  $\mu\text{m}$  두께, 10 cm 길이)에 대한 저항( $\Omega$ ) 대 기판 온도( $^\circ\text{C}$ )의 그래프를 도시한다.

도 4는  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  및 디에탄올아민 (1:3)을 포함하는 구리 잉크를 사용하여 제조된 Kapton™ 기판 상의 구리 필름 (5  $\mu\text{m}$  두께, 1  $\text{cm}^2$  면적)에 대한 주사 전자 현미경 (SEM) (상부) 및 에너지 분산 분광법 (EDS) (하부) 분석을 나타낸다.

도 5는  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  및 디에탄올아민 (1:3) 및 구리 나노입자 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 로부터 Cu 10 wt%)를 포함하는 구리 잉크를 사용하여 Kapton™ 기판 상에 제조된 구리 필름 (5  $\mu\text{m}$  두께, 1  $\text{cm}^2$  면적)에 대한 주사 전자 현미경 (SEM) (상부) 및 에너지 분산 분광법 (EDS) (하부) 분석을 나타낸다.

도 6은  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  및 디에탄올아민 (1:3) 및 질산 은 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 로부터 Cu 10 wt%)을 포함하는 구리 잉크를 사용하여 제조된 Kapton™ 기판 상의 구리 필름 (5  $\mu\text{m}$  두께, 1  $\text{cm}^2$  면적)에 대한 주사 전자 현미경 (SEM) (상부) 및 에너지 분산 분광법 (EDS) (하부) 분석을 도시한다.

도 7은  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  및 디에탄올아민 (1:3) 및 구리 나노입자 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 로부터 Cu 10 wt%) 및 질산 은 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 로부터 Cu 10 wt%)을 포함하는 구리 잉크를 사용하여 제조된 Kapton™ 기판 상의 구리 필름 (5  $\mu\text{m}$  두께, 1  $\text{cm}^2$  면적)에 대한 주사 전자 현미경 (SEM) (상부) 및 에너지 분산 분광법 (EDS) (하부) 분석을 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 구리계 잉크는 구리 수산화물 및 디에탄올아민을 포함한다. 디에탄올아민 ( $\text{HN}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_2$ )은 용이하게 입수가능한 유기 화합물이다. 구리 수산화물 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ )는 쉽게 입수가능한 무기 화합물이고 수화되거나 수화되지 않을 수 있다. 수화된 구리 수산화물은 일수화물 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )을 포함할 수 있으며, 이는 사용하기에 편리하며 무수 구리 수산화물보다는 덜 비싸다. 잉크에서, 구리 수산화물 및 디에탄올아민은 착물을 형성한다. 구리 수산화물은 잉크의 총 중량을 기준으로 약 5 중량 % 내지 약 40 중량 %의 구리를 제공하는 양으로 잉크에 존재하는 것이 바람직하다. 구리 수산화물이 제공하는 구리의 양은 바람직하게는 잉크의 총 중량을 기준으로 약 10 중량 % 내지 약 30 중량 %의 범위이다. 바람직하게는, 구리 수산화물 및 디에탄올아민은 약 1:2.5 내지 약 1:3.5의 몰비로 잉크에 존재한다. 보다 바람직하게는, 구리 수산화물 대 디에탄올아민의 몰비는 약 1:3이다. 이러한 몰비는 잉크로부터 형성된 전도성 구리 트레이스의 전도성을 향상시키는데 특히 유리하다.

[0012] 잉크는 또한 특정 목적을 위해 또는 잉크로부터 형성된 전도성 트레이스의 전기적, 물리적 및/또는 기계적 특성

을 개선하기 위해 잉크의 제형에 유용한 하나 이상의 다른 성분을 포함할 수 있다. 다양한 실시양태에서, 잉크는 충전제, 결합제, 표면 장력 개질제, 소포제, 요변성 개질제, 용매 또는 이들의 임의의 혼합물 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0013] 충전제, 예를 들어 다른 금속-함유 화합물 또는 다른 금속-함유 화합물의 혼합물은 잉크로부터 형성된 전도성 트레이스의 전도성을 향상시키기 위해 잉크에 존재할 수 있다. 충전제는 구리 나노입자 (CuNP) 또는 금속 염을 포함할 수 있다. 구리 나노입자 (CuNP)는 약 1 내지 1000 nm, 바람직하게는 약 1 내지 500 nm, 더욱 바람직하게는 약 1 내지 100 nm 범위의 최장 치수를 따라 평균 크기를 갖는 구리 입자이다. 구리 나노입자는 플레이트, 나노와이어, 니들, 실질적으로 구형 또는 임의의 다른 형상으로 존재할 수 있다. 금속염은 바람직하게는 은 또는 금 염, 더욱 바람직하게는 은 염이다. 금속 염은 하나 이상의 음이온, 바람직하게는 무기산으로부터 유도된 음이온을 포함한다. 금속염의 음이온은 바람직하게는 옥사이드, 클로라이드, 브로마이드, 셀레이트, 카보네이트, 포스페이트, 아세테이트 또는 니트레이트이다. 질산염이 특히 바람직하다. 특히 바람직한 금속 염 충전제는 질산은이다. 충전제는 잉크 중의 구리 수산화물로부터 구리의 중량을 기준으로 약 40 중량 % 이하의 양으로 잉크에 존재하는 것이 바람직하다. 바람직하게는, 충전제의 양은 잉크 중의 구리 수산화물로부터 구리의 중량을 기준으로 약 1 중량 % 내지 약 40 중량 %, 또는 약 5 중량 % 내지 약 30 중량 %, 또는 약 10 중량 % 내지 약 30 중량 %의 범위이다.

[0014] 결합제, 예를 들어 유기 중합체 결합제는 특정 침착 공정을 위한 가공 보조제로서 잉크에 존재할 수 있다. 유기 중합체 결합제는 임의의 적합한 중합체, 바람직하게는 열가소성 또는 엘라스토머성 중합체일 수 있다. 결합제의 일부 비제한적인 예는 셀룰로스 중합체, 폴리아크릴레이트, 폴리스티렌, 폴리올레핀, 폴리비닐피롤리돈, 폴리피롤리돈, 폴리비닐 아세탈, 폴리에스테르, 폴리이미드, 폴리에테르 이미드, 폴리올, 실리콘, 폴리우레탄, 에폭시 수지, 페놀 수지, 페놀 포름알데히드 수지, 스티렌 알릴 알콜, 폴리알킬렌 카보네이트, 플루오로플라스틱, 플루오로엘라스토머, 열가소성 엘라스토머 및 이들의 혼합물을 포함한다. 유기 중합체 결합제는 호모폴리머 또는 코폴리머일 수 있다. 특히 바람직한 결합제는 폴리에스테르, 폴리이미드, 폴리에테르 이미드 또는 이들의 임의의 혼합물을 포함한다. 중합체 결합제는 바람직하게는 폴리에스테르를 포함한다. 적합한 폴리에스테르는 상업적으로 입수가능하거나 또는 폴리 알콜과 폴리 카복실산 및 이들의 무수물의 축합반응에 의해 제조될 수 있다. 바람직한 폴리에스테르는 히드록실 및/또는 카복실 작용성이다. 폴리에스테르는 선형 또는 분지형일 수 있다. 고체 또는 액체 폴리에스테르 뿐만 아니라 다양한 용액 형태가 사용될 수 있다. 특히 바람직한 실시양태에서, 중합체성 결합제는 하이드록실- 및/또는 카복실-말단 폴리에스테르, 예를 들어 Rokrapol™ 7075를 포함한다. 중합체성 결합제는 임의의 적합한 양으로 잉크에 존재할 수 있다. 유기 중합체 결합제는 잉크의 총 중량을 기준으로 임의의 적합한 양으로, 바람직하게는 약 0.05 중량 % 내지 약 10 중량 %의 범위로 잉크에 존재할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 약 0.05 중량 % 내지 약 5 중량 %, 또는 약 0.2 중량 % 내지 약 2 중량 %, 또는 약 0.2 중량 % 내지 약 1 중량 %의 범위로 존재할 수 있다. 한 실시양태에서, 중합체 결합제는 잉크 중에 약 0.02 내지 0.8 중량 %, 더욱 바람직하게는 약 0.05 내지 0.6 중량 %의 양으로 존재한다.

[0015] 표면 장력 개질제는 잉크의 유동 및 레벨링 특성을 개선시키는 임의의 적합한 첨가제일 수 있다. 일부 비제한적인 예는 계면활성제 (예를 들어, 양이온성 또는 음이온성 계면활성제), 알코올 (예를 들어, 프로판올), 글리콜산, 락트산 및 이들의 혼합물이다. 표면 장력 개질제는 잉크의 총 중량을 기준으로 임의의 적합한 양으로, 바람직하게는 약 0.1 중량 % 내지 약 5 중량 %의 범위로 잉크에 존재할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 약 0.5 중량 % 내지 약 4 중량 %, 또는 약 0.8 중량 % 내지 약 3 중량%의 양으로 존재할 수 있다. 특히 바람직한 실시양태에서, 약 1 중량 % 내지 약 2.7 중량 %의 양으로 존재할 수 있다.

[0016] 소포제는 임의의 적합한 거품 억제제일 수 있다. 일부 비제한적인 예는 플루오로실리콘, 광유, 식물성 오일, 폴리실록산, 에스테르 왁스, 지방 알콜, 글리세롤, 스테아레이트, 실리콘, 폴리프로필렌 기재 폴리에테르 및 이들의 혼합물이다. 글리세롤 및 폴리프로필렌계 폴리에테르가 특히 바람직하다. 소포제의 부재 하에, 일부 인쇄된 트레이스는 인쇄 후에 공기 기포를 유지하는 경향이 있을 수 있어서, 불균일한 트레이스를 초래한다. 소포제는 잉크의 총 중량을 기준으로 임의의 적합한 양, 바람직하게는 약 0.0001 중량 % 내지 약 3 중량 %의 범위로 잉크에 존재할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 약 0.005 중량 % 내지 약 2 중량 %의 양으로 존재할 수 있다.

[0017] 요변성 개질제는 임의의 적합한 텍스토티피-개질 첨가제일 수 있다. 일부 비제한적인 예는 폴리히드록시카복실산 아마이드, 폴리우레탄, 아크릴 중합체, 라텍스, 폴리비닐알콜, 스티렌/부타디엔, 크레이, 크레이 유도체, 솔포네이트, 구아, 잔탄, 셀룰로오스, 로커스트 검, 아카시아 검, 사카라이드, 사카라이드 유도체, 카제인, 콜라겐, 개질된 캐스터 오일, 유기실리콘 및 이들의 혼합물이다. 요변성 개질제는 잉크의 총 중량을 기준으로 임의의 적합한 양, 바람직하게는 약 0.05 중량 % 내지 약 1 중량 %의 범위로 잉크에 존재할 수 있다. 더욱 바람직하



게는, 약 0.1 중량 % 내지 약 0.8 중량 %의 양으로 존재한다. 특히 바람직한 실시태양에서, 약 0.2 중량 % 내지 약 0.5 중량 %의 양으로 존재한다.

[0018] 용매는 수성 용매 또는 유기 용매일 수 있다. 일부 경우에, 하나 이상의 유기 용매와 수성 용매의 혼합물이 사용될 수 있다. 수성 용매는, 예를 들어, 물 및 용액, 분산액 또는 물 중의 화합물의 현탁액을 포함한다. 유기 용매는 방향족, 비-방향족 또는 방향족 및 비-방향족 용매의 혼합물일 수 있다. 방향족 용매는, 예를 들어, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 클로로벤젠, 벤질 에테르, 아니솔, 벤조니트릴, 피리딘, 디에틸벤젠, 프로필벤젠, 큐멘, 이소부틸벤젠, *p*-사이멘, 테트라린, 트리메틸벤젠 (예를 들어, 메시틸렌), 듀렌, *p*-큐멘 또는 이들의 임의의 혼합물을 포함한다. 비-방향족 용매는 예를 들어 테르펜, 글리콜 에테르 (예를 들어, 디프로필렌 글리콜 메틸 에테르, 메틸카비톨, 에틸카비톨, 부틸카비톨, 트리에틸렌글리콜 및 그의 유도체), 알코올 (예를 들어, 메틸시클로헥산을, 옥탄올, 헵탄올) 또는 이들의 임의의 혼합물일 수 있다. 디프로필렌 글리콜 메틸 에테르가 바람직하다. 용매는 잉크의 총 중량을 기준으로 임의의 적합한 양, 바람직하게는 약 1 중량 % 내지 약 50 중량 %의 범위로 잉크에 존재할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 약 2 중량 % 내지 약 35 중량 %, 또는 약 5 중량 % 내지 약 25 중량 %의 범위로 존재한다. 용매는 일반적으로 잉크의 잔부를 구성한다.

[0019] 잉크는 성분들을 혼합기에서 함께 혼합함으로써 제형화될 수 있다. 일반적으로, 임의의 혼합 공정이 적합하다. 그러나, 유성 원심 혼합 (예를 들어, Thinky™ 혼합기)이 특히 유용하다. 혼합 시간은 잉크로부터 형성된 전도성 트레이스의 전기적 특성에 약간의 영향을 미칠 수 있다. 잉크를 적절히 혼합하는 것은 전도성 트레이스의 양호한 전기적 특성을 보장한다. 혼합 시간은 바람직하게는 약 25 분 이하, 또는 약 20 분 이하, 또는 약 15 분 이하이다. 혼합 시간은 바람직하게는 약 1 분 이상, 또는 약 5 분 이상이다.

[0020] 분해 전에, 잉크를 기재 상에 증착시켜 기재를 코팅한다. 적합한 기판은, 예를 들어 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET) (예를 들어, Melinex™), 폴리올레핀 (예를 들어, 실리카-충전 폴리올레핀 (Teslin™)), 폴리디메틸실록산 (PDMS), 폴리스티렌, 아크릴로니트릴/부타디엔/스티렌, 폴리카보네이트, 폴리이미드 (예를 들어, Kapton™), 폴리에테리미드 (예를 들어, Ultem™), 열가소성 폴리우레탄 (TPU), 실리콘 막, 인쇄 배선 기판 기판 (예를 들어, FR4), 울, 실크, 면, 아마, 황마, 모달, 대나무, 나일론, 폴리에스테르, 아크릴, 아라미드, 스팅텍스, 폴리락티드, 종이, 유리, 금속, 유전체 코팅 등이 있다.

[0021] 잉크는 임의의 적합한 방법, 예를 들어 인쇄에 의해 기판 상에 코팅될 수 있다. 인쇄 방법은 예를 들어 스크린 인쇄, 스텐실링, 잉크젯 인쇄, 플렉소그래피 인쇄, 그라비아 인쇄, 오프-세트 인쇄, 스탬프 인쇄, 에어브러싱, 에어로졸 인쇄, 조판, 또는 임의의 다른 방법을 포함할 수 있다. 스크린 인쇄 또는 스텐실링과 같은 첨가 방법이 특히 유용하다. 인쇄된 전자 장치의 경우, 잉크는 트레이스로서 기판 상에 코팅될 수 있다.

[0022] 기판을 잉크로 코팅한 후, 상기 기판 상의 잉크를 건조시키고 분해시켜 기판 상에 구리 금속 코팅을 형성할 수 있다. 건조 및 분해는 임의의 적합한 기술에 의해 달성될 수 있으며, 여기서 기술 및 조건은 기판의 유형 및 잉크의 특정 조성에 의해 유도된다. 예를 들어, 잉크를 건조 및 분해하는 것은 가열 및/또는 광자 소결에 의해 달성될 수 있다.

[0023] 한 기술에서, 기판의 가열은 잉크를 건조시키고 소결하여 금속 구리를 형성한다. 가열은 양호한 산화 안정성을 갖는 전도성 구리 코팅을 생성하면서, 약 100 °C 이상, 약 140 °C 이상, 또는 약 165 °C 이상, 또는 약 180 °C 이상의 온도에서 수행될 수 있다. 온도는 약 140 °C 내지 약 300 °C, 또는 약 150 °C 내지 약 280 °C, 또는 약 160 °C 내지 약 270 °C, 또는 약 180 °C 내지 약 250 °C의 범위일 수 있다. 가열은 바람직하게는 약 1 내지 180 분, 예를 들어 5 내지 120 분, 또는 5 내지 90 분의 시간 동안 수행된다. 가열은 잉크 코팅을 먼저 건조시킨 다음 건조된 코팅을 소결하는 단계에서 수행될 수 있다. 건조는 임의의 적합한 온도, 예를 들어 약 100 °C 내지 약 150 °C 범위의 온도에서 수행될 수 있고, 임의의 적합한 시간 길이, 예를 들어 약 1 내지 180 분, 또는 5 내지 90 분, 또는 10 내지 45 분 동안 수행될 수 있다. 소결은 잉크를 소결하여 전도성 구리 코팅을 형성하기 온도와 시간 사이의 충분한 균형으로 수행된다. 건조 및/또는 소결은 불활성 대기 (예를 들어, 질소 및/또는 아르곤 가스)하에서 기판을 사용하여 수행될 수 있다. 그러나, 잉크의 개선된 공기 안정성은 산소의 존재 하에서, 예를 들어 약 500 ppm 이하의 산소를 포함하는 대기에서 소결을 가능하게 한다. 가열 장치의 유형은 또한 건조 및 소결에 필요한 온도 및 시간을 주요 인자로 한다.

[0024] 또 다른 기술에서, 잉크 코팅은 열로 건조된 후 광학 소결될 수 있다. 건조는 임의의 적합한 온도, 예를 들어 약 100 °C 내지 약 150 °C 범위의 온도에서 수행될 수 있고, 임의의 적합한 시간 길이, 예를 들어 약 1 내지 180 분, 또는 5 내지 90 분, 또는 10 내지 45 분 동안 수행될 수 있다. 광 소결 시스템은 빛의 광대역 스펙트럼을 전달하는 고강도 램프 (예를 들어, 펄스형 크세논 램프)를 특징으로 할 수 있다. 램프는 트레이스에 약 5-30



J/cm<sup>2</sup>의 에너지를 전달할 수 있다. 펄스 폭은 바람직하게는 약 0.58-1.5 ms의 범위이다. 광자 소결은 공기 중에서 또는 불활성 대기 하에서 수행된다. 원한다면, 레이저 소결이 이용될 수 있다. 광자 소결은 폴리에틸렌 테레프탈레이트 또는 폴리이미드 기판이 사용될 때 특히 적합하다

[0025] 잉크로부터 형성된 소결된 구리 코팅은 약 20 mΩ/μm/mil 이하, 심지어 약 15 mΩ/μm/mil 이하, 5 내지 20 mΩ/μm/mil 폭의 스크린 인쇄된 라인의 시트 저항을 가질 수 있다. 또한, 라인 해상도는 약 17% 미만, 또는 약 10% 미만, 또는 약 5% 미만, 또는 약 2.5% 미만의 5 내지 20 mil 폭의 스크린 인쇄된 라인에 대한 소결 후 선폭의 변화에 따라 우수하다. 선폭이 약 5 mil 정도로 낮을 때에도, 소결 후의 선폭의 변화는 약 17% 미만, 심지어 약 5% 미만, 또는 심지어 약 2.5% 미만일 수 있다. 또한, 잉크로 형성된 소결된 구리 코팅은 임의의 개방 회로 결함 (즉, 개방 실패) 없이 ASTM F1683-02 플렉스 & 크리즈 테스트 (flex & crease test)를 통과한 가요성일 수 있다. 20% 이하의 저항률 (R)의 변화는 ASTM F1683-02 플렉스 & 크리즈 테스트를 통과한 것으로 간주된다. 개방 회로 결함은 전도율 (즉, 무한 저항률)의 총 손실로 정의된다.

[0026] 소결된 구리 코팅을 갖는 기판은 전자 디바이스, 예를 들어 전기 회로 (예를 들어, 인쇄 회로 기판 (PCBs), 전도성 버스 바 (예를 들어, 광전지)), 센서 (예를 들어, 터치 센서, 웨어러블 센서), 안테나 (예를 들어, RFID 안테나), 박막 트랜지스터, 다이오드, 스마트 패키징 (예를 들어, 스마트 약물 패키징), 장비 및/또는 차량에서의 정합성 삽입물, 및 고온을 견딜 수 있는 정합성 표면 상에 저역 통과 필터, 주파수 선택 표면, 트랜지스터 및 안테나를 포함하는 다층 회로 및 MIM 장치를 포함한다.

[0027] 실시예

[0028] 실시예 1 - 잉크의 제조:

[0029] 분자 잉크는 구리 수산화물 대 디에탄올아민을 1:3 몰비로 구리 수산화물 모노하이드레이트 (Aldrich) 및 디에탄올아민 (Aldrich) 및 총 잉크 중 Cu 금속의 양에 대해 0 중량 % 또는 0.5 중량 %의 카르복실-말단 폴리에스테르 결합제 (Kramer의 Rokrapol™ 7075) 및 Cu 금속의 양에 대해 0 중량 % 또는 10 중량 %의 CuNP (Advanced Material Inc.로부터의 TEKNA™) 및 0 중량 % 내지 10 중량 %의 AgNO<sub>3</sub> (Aldrich)를 혼합하여 제조하였다. 잉크를 유성 원심 혼합기 (예를 들어, Thinky™ 혼합기)를 사용하여 실온에서 약 15 내지 30 분 동안 혼합하였다.

[0030] 실시예 2 - 잉크의 열 분석:

[0031] 잉크의 열중량 분석은 BOC HP 아르곤 (등급 5.3) 하에서 Netzsch TG 209 F1 에서 수행하고, 잔류 산소는 Supelco Big-Supelpure™ 산소/물 트랩으로 포획하였다.

[0032] 표 1 및 도 1은 실시예 1에 기재된 바와 같이 제조된 다양한 잉크의 아르곤 하의 열중량 분석 결과를 나타낸다. 제조된 모든 잉크는 구리 수산화물 모노하이드레이트 (Cu(OH)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O) 및 디에탄올아민 (HN(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub>)을 1:3 몰비의 구리 수산화물 대 디에탄올아민으로 포함한다. (Cu(OH)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O) 및 디에탄올아민 (HN(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub>) (11)을 포함하는 잉크를 11 및 다른 금속 충전제(12, 13, 14 및 15)를 포함하는 잉크와 함께 분석하였다. 다른 금속 충전제는 구리 나노입자 (CuNP), 질산은 (AgNO<sub>3</sub>) 또는 이들의 혼합물이다. 잉크 조성물은 하기에 제공되며, 여기서 wt%는 Cu(OH)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O로부터 Cu의 중량을 기준으로 한다.

[0033] 11 = Cu(OH)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O + 디에탄올아민(1:3)

[0034] 12 = 11 + CuNP (10 중량 %)

[0035] 13 = 11 + CuNP (20 중량 %)

[0036] 14 = 11 + AgNO<sub>3</sub> (10 중량 %)

[0037] 15 = 11 + CuNP (10 중량 %)+ AgNO<sub>3</sub> (10 중량 %)

[0038] 표 1은 각 잉크에 대한 열 분해 온도, 열 분해 후 400 °C에서 남겨진 잔류물의 양 (잉크의 총 중량을 기준으로 한 %), 잉크 내의 금속의 양 (잉크의 총 중량을 기준으로 Cu 또는 Cu/Ag의 중량 %), 및 잉크가 열 및 광 방법에 의해 소결될 수 있는지 (Y = 예, N = 아니오)를 나타낸다.

표 1

잉크	열 분해 온도 (°C)	400°C에서 잔류물 (%)	잉크 내 금속 wt%	열/광 소결
11	179.6	17.96	15.06	Y/Y
12	176.9	17.98	16.56	Y/Y
13	173.4	18.07	18.06	Y/Y
14	170.4	16.77	16.56	Y/Y
15	173.4	18.17	18.06	Y/Y

상기 결과는 구리 수산화물 및 디에탄올아민에 기초한 모든 잉크가 열적으로 및 광소결될 수 있음을 나타낸다. 또한, 11의 분해는 약 180 °C이고, 상기 분해 온도에서 추가 감소는 소량의 CuNP 및/또는 은 (Ag) 염을 첨가함으로써 달성될 수 있다.

도 2는 저장 시간에 대한 함수로서 아르곤 하의 잉크(11)의 열중량 분석 결과를 도시한다. 실온에서 1 일 저장 후, 잉크 11 은 179.1 °C의 분해 온도를 갖는 반면, 5 일 저장 후, 11 은 172.8 °C의 분해 온도를 가졌고, 5 일 저장 후, 11 의 열 분해는 1 일 후 열 분해 (17.96%) 보다 약 400 °C에서 더 적은 잔류 질량 (16.75%)을 생성하였다.

실시예 3 - 테이프 구조 트레이스의 전기적 특성:

Kapton™ 기판 상의 테이프 구조 트레이스 (5 μm 두께, 10 cm 길이)를 잉크 11, 12, 13, 14 및 15로부터 제조하고, 500 ppm 산소 (O<sub>2</sub>)를 갖는 질소(N<sub>2</sub>) 하에 상이한 온도에서 열적으로 소결시켰다. 트레이스의 저항을 측정하고, 그 결과를 표 2 및 도 3에 제공하였다. CuNP 및 Ag 염 중 하나 또는 둘 모두의 첨가는 열 소결 온도를 낮추어 보다 양호한 전도성 트레이스 (즉, 더 낮은 저항을 갖는 트레이스)를 얻게 함은 명백하다. 약 200 °C 이상의 온도에서 소결한 후, 약 100 Ω 이하의 저항이 가능하다.

표 2

기판 온도 (°C)	저장 시간 (Days)	잉크 I1	잉크 I2	잉크 I3	잉크 I4	잉크 I5
160°C 1h	12	-	-	-	-	-
	5	-	-	2.6 MΩ	-	-
		-	2.7 MΩ	2.4 MΩ	-	-
180°C 1h	12	15 MΩ	9.6 MΩ	520 Ω	13 MΩ	5.7 MΩ
	5	1000 Ω	103 Ω	67 Ω	530 Ω	130 Ω
		163 Ω	190 Ω	100 Ω	189 Ω	135 Ω
200°C 1h	1	163 KΩ	96 Ω	65 Ω	69 Ω	93 Ω
220°C 1h	1	62 Ω	92 Ω	86 Ω	40 Ω	50 Ω
230°C 1h	1	52 Ω	60 Ω	95 Ω	44 Ω	34 Ω
250°C 1h	1	51 Ω	63 Ω	63 Ω	27 Ω	29 Ω
110°C 30 분 250°C 10 분	1	80 Ω	50 Ω	24 Ω	18 Ω	17 Ω
	2	22 Ω	29 Ω	16 Ω	13 Ω	14 Ω
	5	105 Ω	48 Ω	19 Ω	18 Ω	13 Ω

실시예 4 - 테이프 구조 트레이스의 형태적 특성화 및 에너지 분산 분광법(EDS):

도 4 는 잉크(11)를 사용하여 제조된 Kapton™ 기판 상의 구리 필름 (5 μm 두께, 1 cm<sup>2</sup> 면적)의 주사 전자 현미경 (SEM) (상부) 및 에너지 분산 분광법 (EDS) (하부) 분석을 도시한다. SEM 이미지는 필름이 다공성 형태를 가짐을 나타내고 EDS는 필름이 순수한 구리로 형성되는 것을 예시한다.

도 5 는 잉크 12를 사용하여 제조된 Kapton™ 기판 상의 구리 필름 (5 μm 두께, 1 cm<sup>2</sup> 면적)의 주사 전자 현미경 (SEM) (상부) 및 에너지 분산 분광법 (EDS) (하부) 분석을 도시한다. SEM 및 EDS는 구리 나노입자의 첨가가

필름을 비다공성이고 조밀하고 순수한 구리로 제조한다는 것을 예시한다.

[0048] 도 6 은 잉크 14를 사용하여 제조된 Kapton™ 기판 상의 구리 필름 (5  $\mu\text{m}$  두께, 1  $\text{cm}^2$  면적)의 주사 전자 현미경 (SEM) (상부) 및 에너지 분산 분광법 (EDS) (하부) 분석을 도시한다. SEM 및 EDS는 소량의 Ag 염의 첨가는 은 나노입자 (밝은 점)를 형성하며, 이는 순수한 구리/Ag 복합 필름을 형성하는 인터랙트로서 작용한다는 것을 나타낸다.

[0049] 도 7은 잉크 15를 사용하여 제조된 Kapton™ 기판 상의 구리 필름 (5  $\mu\text{m}$  두께, 1  $\text{cm}^2$  면적)의 주사 전자 현미경 (SEM) (상부) 및 에너지 분산 분광법 (EDS) (하부) 분석을 도시한다. SEM 및 EDS는 CuNP의 첨가가 조밀한 필름을 형성하고, 소량의 Ag 염의 첨가는 은-Cu 복합체 나노입자 (밝은 점)를 형성하며, 이는 순수한 구리/Ag 복합 필름을 형성하는 인터랙트로서 작용한다는 것을 나타낸다.

[0050] 실시예 5 - 스크린 인쇄된 Cu 트레이스의 소결:

[0051] 표 3에 열거된 다른 성분과 함께  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  및 디에탄올아민 (1:3)을 포함하는 실시예 1에 기재된 바와 같이 잉크 16 내지 114를 제조하였다:

표 3

잉크	결합제	충전제
16	없음	없음
17	없음	CuNP (10 wt%) <sup>1</sup>
18	Rokrapol™ 7075 (0.5 wt%) <sup>1</sup>	CuNP (10 wt%) <sup>1</sup>
19	없음	$\text{AgNO}_3$ (10 wt%) <sup>1</sup>
110	Rokrapol™ 7075 (0.5 wt%) <sup>1</sup>	$\text{AgNO}_3$ (10 wt%) <sup>1</sup>
111	Rokrapol™ 7075 (0.5 wt%) <sup>1</sup>	$\text{AgNO}_3$ (7.5 wt%) <sup>1</sup>
112	Rokrapol™ 7075 (0.5 wt%) <sup>1</sup>	$\text{AgNO}_3$ (5 wt%) <sup>1</sup>
113	Rokrapol™ 7075 (0.5 wt%) <sup>1</sup>	없음
114	없음	CuNP (10 wt%) <sup>1</sup> 및 $\text{AgNO}_3$ (10 wt%) <sup>1</sup>

[0053] <sup>1</sup> $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 으로부터 Cu의 중량을 기준으로 함

[0054] 각각의 잉크를 기판 상에 스크린 인쇄하여 트레이스를 형성한 다음 소결하였다. 잉크를 SS403 스테인레스 스틸 메시(Dynamesh, IL) 상에 지지된 키우컬럼 에멀전 (10 내지 14  $\mu\text{m}$ ) 상으로 광이미지화된 패턴을 통해 플랫 베드 ATMA 스크린 프린터 또는 American M&M S-912M 스몰 포맷 스크린 프린트를 사용하여 Kapton™ 및/또는 Melinex™ 필름의 8.5 in.  $\times$  11 in 시트 상에 스크린 인쇄하였다. 열 처리된 샘플에 대해, 인쇄된 트레이스를 110  $^{\circ}\text{C}$  에서 30 분 동안, 이어서 250  $^{\circ}\text{C}$  (기판 온도)에서 15 분 동안 소결시켜 Cu 수산화물/디에탄올아민 MOD 잉크를 금속성 구리로 전환시켰다. 광 소결을 통해 처리된 샘플에 대해, 인쇄된 트레이스를 140  $^{\circ}\text{C}$ 에서 15 내지 45 분 동안 건조시켜 용매를 제거하고, 그 다음 PulseForge™ 1300 Novacentrics 광 경화 시스템을 사용하여 주위 조건 하에서 처리하였다.

[0055] 실시예 5-1 - 결합제 또는 충전제(16)를 함유하지 않는 잉크

[0056] 잉크 16을 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 140  $^{\circ}\text{C}$ 에서 15 분 동안 리플로우 오븐에서 건조시키고, 290V/3000  $\mu\text{s}$ /1  $\mu\text{s}$ /3overlap에서 PulseForge™로 광 소결하여 기판 상에 소결된 구리 트레이스를 형성하였다. 표 4는 구리 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공하며, 표 5는 기계적 특성 (ASTM F1683-02 플렉스 & 크리프 테스트에 따른 가요성)을 제공한다. 표 4 및 표 5에 나타난 바와 같이, 결합제 또는 충전제를 갖지 않는 잉크 16은 합리적인 굴곡 특성을 갖는 광-소결된 전도성 구리 트레이스를 제공하지 않는다. 잉크 16의 열적 소결은 전도성을 갖지 않는 소결된 구리 트레이스를 생성하는 것으로 밝혀졌다.

표 4

공칭선폭(mi l)	Ω	선폭 (mil)	선폭 ( $\mu\text{m}$ )	$\mu\text{m}$ 의 #	$\Omega/\mu\text{m}$	$\text{m}\Omega/\mu\text{m}$
5	518	5.24	133	752	0.69	689
10	149	10.49	266	375	0.40	397
15	95	15.28	388	258	0.37	369
20	66	20.57	522	191	0.34	345

표 5

		공칭선폭			
		5 mil	10 mil	15 mil	20 mil
인장 플렉스	R의 변화 %	$4.4 \pm 0.6$	$3.4 \pm 0.9$	$2.9 \pm 0.9$	$3.2 \pm 0.7$
	개방 불량	0/5	0/5	0/5	0/5
압축 플렉스	R의 변화 %	$20.6 \pm 1.7$	$17.6 \pm 0.6$	$16.8 \pm 5.9$	$18.7 \pm 1.9$
	개방 불량	0/5	0/5	0/5	0/5
인장 크리프	R의 변화 %	$7 \pm 2$	$3.7 \pm 2.4$	$4.4 \pm 2.9$	$3.3 \pm 1.4$
	개방 불량	0/5	0/5	0/5	0/5
압축 크리프	R의 변화 %	$5.8 \pm 1.8$	$5 \pm 0.9$	$5.4 \pm 0.6$	$4.7 \pm 0.6$
	개방 불량	3/5	0/5	0/5	0/5

실시예 5-2 - CuNP 충전제를 함유하지만 결합제(17)를 함유하지 않는 잉크:

잉크 17을 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 먼저 110 °C에서 30 분 동안 열 소결시킨 다음, 500 ppm 산소를 갖는 N<sub>2</sub> 분위기 하에서 250 °C에서 15 분 동안 열 소결시켰다. 표 6 및 표 7은 생성된 구리 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공한다. 표 6 및 표 7에 나타난 바와 같이, 잉크에 CuNP의 첨가는 스크린 인쇄된 열 소결된 전도성 구리 트레이스의 생성을 가능하게 하였다.

표 6

공칭선폭 (mil)	Ω	선폭 (mil)	선폭 ( $\mu\text{m}$ )	$\mu\text{m}$ 의 #	$\Omega/\mu\text{m}$	$\text{m}\Omega/\mu\text{m}$
10	64	12.64	321	312	0.21	205
15	16	22.44	570	175	0.09	91
20	9	27.56	700	143	0.06	63

표 7

공칭선폭 (mil)	선 두께 ( $\mu\text{m}$ )	두께 (mil)	시트 저항 ( $\text{m}\Omega/\mu\text{m}/\text{mil}$ )	부피 저항 ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ )
10	1.80	0.071	14.56	36.97
15	3.00	0.12	10.77	27.36
20	4.00	0.16	9.92	25.20

잉크 17을 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 45 분 동안 140 °C에서 리플로우 오븐에서 건조시키고, 290V/3000  $\mu\text{s}$ /1  $\mu\text{s}$ /3overlap에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여, 기판 상에 소결된 구리 트레이스를 형성하였다. 표 8은 구리 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공하며, 표 9는 기계적 특성 (ASTM F1683-02 플렉스 & 크리프 시험에 따른 가요성)을 제공한다. 표 8과 표 4를 비교하여 예시한 바와 같이, 잉크에 CuNP의 첨가는 광-소결된 구리 트레이스의 전도성을 더 증가시킨다. 표 9에 나타난 바와 같이, 잉크(17)로부터 생성된 광-소결된 구리 트레이스는 모든 기계적 테스트를 통과하였다. 어떠한 테스트에서도 개방이 실패하지 않았다.

표 8

[0064]

공칭선폭 (mil)	Ω	선폭 (mil)	선폭 (μm)	μm의 #	Ω/μm	mΩ/μm
5	215	5.45	138.50	722	0.30	298
10	101	10.47	266.00	376	0.27	269
15	75	15.31	389.00	257	0.29	292
20	48	20.41	518.50	193	0.25	249

표 9

[0065]

		공칭선폭			
		5 mil	10 mil	15 mil	20 mil
인장 플렉스	R의 변화 %	5.1±0.7	5.2±0.3	4.9±0.4	3.9±0.3
	개방 불량	0/5	0/5	0/5	0/5
압축 플렉스	R의 변화 %	17.6±1.4	18±1.6	18.8±1.4	18.6±1.6
	개방 불량	0/5	0/5	0/5	0/5
인장 크리프	R의 변화 %	3.2±1.1	2.7±0.3	2.8±0.8	2.4±1.1
	개방 불량	0/5	0/5	0/5	0/5
압축 크리프	R의 변화 %	4.8±0.2	5.2±0.6	5.3±0.6	5.1±0.6
	개방 불량	0/5	0/5	0/5	0/5

[0066] 실시예 5-3 - 결합제 및 CuNP 충전제(18)를 함유하는 잉크:

[0067]

잉크 18을 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 45 분 동안 140 °C에서 리플로우 오븐에서 건조시키고, 290V/3000 μs/1 μs/3overlap에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여, 기판 상에 소결된 구리 트레이스를 형성하였다. 표 10은 구리 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공하며, 표 11은 기계적 특성 (ASTM F1683-02 플렉스 & 크리프 시험에 따른 가요성)을 제공한다. 표 10에 나타난 바와 같이, 잉크에 결합제를 첨가하여도 여전히 우수한 전도성을 갖는 소결된 구리 트레이스가 생성되었다. 표 11에 나타난 바와 같이, 잉크(18)로부터 생성된 광-소결된 구리 트레이스는 모든 기계적 테스트를 통과하였다. 어떠한 테스트에서도 개방이 실패하지 않았다.

표 10

[0068]

공칭선폭 (mil)	Ω	선폭 (mil)	선폭 (μm)	μm의 #	Ω/μm	mΩ/μm
5	350	5.75	146	685	0.51	511
10	155	10.59	269	372	0.42	417
15	95	15.55	395	253	0.38	375
20	66	20.47	520	192	0.34	343

표 11

[0069]

		공칭 선폭			
		5 mil	10 mil	15 mil	20 mil
인장 플렉스	R의 변화 %	4.8±0.8	4.9±0.9	4.9±0.9	5±1.4
	개방 불량	0/4	0/4	0/4	0/4
압축 플렉스	R의 변화 %	14.4±1.3	15±1.2	15.6±1	15.8±1.1
	개방 불량	0/4	0/4	0/4	0/4
인장 크리프	R의 변화 %	3.7±0.8	4.1±0.3	4.5±0.7	5.8±1.7
	개방 불량	0/4	0/4	0/4	0/4
압축 크리프	R의 변화 %	5.1±0.7	5.1±0.7	5.2±0.7	5.4±0.6
	개방 불량	0/4	0/4	0/4	0/4

[0070] 잉크 18을 Melinex™ 기판 상에 스크린 인쇄되고, 140 °C에서 60 분 동안 리플로우 오븐에서 건조시키고, 230V/6000  $\mu$ s/1  $\mu$ s/3overlap에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여, 기판 상에 소결된 구리 트레이스를 형성하였다. 표 12는 구리 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공한다. 표 12에 나타난 바와 같이, 전도성 구리 트레이스는 잉크의 스크린-인쇄된 트레이스의 광-소결에 의해 Melinex™과 같은 저온 기판 상에 형성될 수 있다.

표 12

[0071]

Nominal 선 폭 (mil)	$\Omega$	선폭 (mil)	선폭 ( $\mu$ m)	$\mu$ m의 #	$\Omega/\mu$ m	m $\Omega/\mu$ m
15	103	15.20	386	259	0.40	398
20	79	20.16	512	195	0.40	404

[0072] 광-소결된 구리 트레이스의 전도도에 대한 건조 시간이 미치는 효과를 알아보기 위하여, 잉크 18를 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄되고, 상이한 시간 기간 (10-45 분) 동안 140 °C에서 리플로우 오븐에서 건조시키고, 290V/3000  $\mu$ s/1  $\mu$ s/3overlap에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여, 기판 상에 소결된 구리 트레이스를 형성하였다. 표 13은 다양한 시간 동안 건조된 라인의 저항( $\Omega$ )을 제공한다. 도 13에 나타난 바와 같이, 더 긴 건조 시간은 우수한 해상도를 갖는 광-소결된 구리 트레이스의 전도성을 증가시키는 경향을 나타내었다.

표 13

[0073]

공칭선폭 (mil)	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min
5	-	-	566 $\Omega$	449 $\Omega$	350 $\Omega$
10	715 $\Omega$	201 $\Omega$	214 $\Omega$	154 $\Omega$	155 $\Omega$
15	441 $\Omega$	104 $\Omega$	116 $\Omega$	92 $\Omega$	95 $\Omega$
20	354 $\Omega$	76 $\Omega$	79 $\Omega$	76 $\Omega$	66 $\Omega$

[0074] 실시예 5-4 - 결합제 비함유 및 AgNO<sub>3</sub> 충전제(19) 함유 잉크:

[0075] 잉크 19를 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 먼저 110 °C에서 30 분 동안 열 소결시킨 다음, 500 ppm 산소를 갖는 N<sub>2</sub> 대기 하에서 250 °C에서 15 분 동안 열 소결시켰다. 표 14 및 표 15는 제조된 구리-은 복합 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공하며, 표 16은 기계적 특성 (ASTM F1683-02 플렉스 & 크리프 시험에 따른 가요성)을 제공한다. 표 14, 표 15 및 표 16 에 나타난 바와 같이, 잉크에 은 염을 첨가하는 것은 잉크 중의 결합제의 존재 없이도 스크린 인쇄된 열 소결된 전도성 구리-은 복합 트레이스의 생성을 가능하게 하였고, 이는 개방 실패 없이 모든 기계적 시험을 통과하였다.

표 14

[0076]

공칭선폭 (mil)	$\Omega$	선폭 (mil)	선폭 ( $\mu$ m)	$\mu$ m의 #	$\Omega/\mu$ m	m $\Omega/\mu$ m
5	536	5.31	135.00	741	0.72	724
10	130	10.16	258.00	388	0.34	335
15	68	15.00	381.00	262	0.26	259
20	47	19.29	490.00	204	0.23	230

표 15

[0077]

공칭선폭 (mil)	선 두께 ( $\mu$ m)	두께 (mil)	시트저항 (m $\Omega/\mu$ m/mil)	부피저항 ( $\mu$ $\Omega \cdot$ cm)
5	0.50	0.020	14.24	36.18
10	0.70	0.028	9.24	23.47
15	0.80	0.031	8.16	20.72
20	0.90	0.035	8.16	20.72

표 16

[0078]

		공칭선폭			
		5 mil	10 mil	15 mil	20 mil
인장 플렉스	R의 변화 %	0.7	0.3	0.5	0.4
	개방 불량	0/3	0/3	0/3	0/3
압축 플렉스	R의 변화 %	8.0	8.6	7.8	6.9
	개방 불량	0/3	0/3	0/3	0/3
인장 크리프	R의 변화 %	11.3	10.6	16	18
	개방 불량	0/3	0/3	0/3	0/3
압축 크리프	R의 변화 %	5.36	10.6	5.5	6.3
	개방 불량	0/3	0/3	0/3	0/3

[0079]

잉크 19를 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 140 °C에서 15 분 동안 리플로우 오븐에서 건조시키고, 300V/3000 μs/1 μs/3overlap에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여, 기판 상에 소결된 복합 구리-은 트레이스를 형성하였다. 표 17은 구리-은 복합 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공하며, 표 18은 기계적 특성 (ASTM F1683-02 플렉스 & 크리프 시험에 따른 가요성)을 제공한다. 표 17을 표 4와 비교하여 예시된 바와 같이, 잉크에 은 염을 첨가하는 것은 광-소결된 트레이스의 전도성을 더욱 증가시킨다. 표 18에 나타난 바와 같이, 잉크 19로부터 제조된 광-소결된 구리-은 복합 트레이스는 모든 기계적 테스트를 통과하였다. 개방 실패는 매우 좁은 라인 폭에서만 발생하였다.

표 17

[0080]

공칭선폭 (mil)	Ω	선폭 (mil)	선폭 (μm)	μm의 #	Ω/μm	mΩ/μm
3	692	3.35	85	1176	0.59	588
5	207	5.55	141	709	0.29	292
10	67	10.43	265	377	0.18	178
15	41	15.35	390	256	0.16	160
20	29	20.47	520	192	0.15	151

표 18

[0081]

		공칭선폭				
		3 mil	5 mil	10 mil	15 mil	20 mil
인장 플렉스	R의 변화 %	5.1±0.8	4.1±0.6	3.1±0.9	2.9±1.3	2.8±1
	개방실패	0/4	0/5	0/5	0/5	0/5
압축 플렉스	R의 변화 %	10.7±1.2	11.3±0.9	11.7±0.8	11.3±1.8	12±1.2
	개방실패	0/4	0/5	0/5	0/5	0/5
인장 크리프	R의 변화 %	2±0.9	3.2±0.5	4.4±2.1	4.1±1.8	3.2±1.1
	개방실패	2/4	0/5	0/5	0/5	0/5
압축 크리프	R의 변화 %	2.3±0.7	3.5±0.3	3.6±0.6	3.6±0.6	4±0.7
	개방실패	2/4	0/5	0/5	0/5	0/5

[0082]

실시예 5-5 - 결합제 및 AgNO<sub>3</sub> 충전제(110) 함유 잉크:

[0083]

잉크 110을 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 140 °C에서 15 분 동안 리플로우 오븐에서 건조시키고, 300V/3000 μs/1 μs/3overlap에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여, 기판 상에 소결된 복합 구리-은 트레이스를 형성하였다. 표 19는 구리-은 복합 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공하며, 표 20은 기계적 특성 (ASTM F1683-02 플렉스 & 크리프 시험에 따른 가요성)을 제공한다. 표 19에 나타난 바와 같이, 잉크에 결합제를 첨가하는 것은 여전히 우수한 전도성을 갖는 소결된 구리-은 복합 트레이스를 생성하였다. 표 20에 나타난 바와 같이, 잉크(110)로부터 생성된 광-소결된 구리-은 복합 트레이스는 모든 경우에 10% 미만의 R 변화를 갖는 모든



기계적 테스트를 통과하였고, 개방 실패는 없었다.

표 19

Nominal 선 폭 (mil)	Ω	선폭 (mil)	선폭 (μm)	μm의 #	Ω/μm	mΩ/μm
5	286	5.43	138	725	0.39	395
10	84	10.73	272	367	0.23	229
15	49	15.26	387	258	0.19	190
20	36	19.88	505	198	0.18	182

표 20

		공칭선폭			
		5 mil	10 mil	15 mil	20 mil
인장 플렉스	R의 변화 %	1.5±0.3	1.7±0.4	1.7±0.6	1.8±1.2
	개방 실패	0/5	0/5	0/5	0/5
압축 플렉스	R의 변화 %	5.1±1	5.1±1	5.4±1	5.5±1
	개방 실패	0/5	0/5	0/5	0/5
인장 크리프	R의 변화 %	1.7±0.3	1.8±0.7	1.9±0.3	1.9±0.4
	개방 실패	0/5	0/5	0/5	0/5
압축 크리프	R의 변화 %	1.7±0.4	1.1±1.8	1±0.8	1.7±0.7
	개방 실패	0/5	0/5	0/5	0/5

잉크(110)를 Melinex™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 140 °C에서 60 분 동안 리플로우 오븐에서 건조시키고, 300V/1500 μs/1 μs/3overlap\_2X에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여 기판 상에 소결된 구리-은 복합체를 형성하였다. 표 21은 구리-은 복합 트레이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공한다. 표 21에 나타난 바와 같이, 전도성 구리-은 복합 트레이스는 잉크의 스크린-인쇄된 트레이스를 광-소결하여 Melinex™과 같은 저온 기판 상에 형성될 수 있다.

표 21

Nominal 선 폭 (mil)	Ω	선폭 (mil)	선폭 (μm)	μm의 #	Ω/μm	mΩ/μm
15	316	10.35	263	380	0.83	831
20	230	12.68	322	311	0.74	741

광-소결된 구리-은 복합 트레이스의 전도도에 대한 건조 시간이 미치는 효과를 알아보기 위하여, 잉크(110)를 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 상이한 시간 기간 (10-60 분) 동안 140 °C에서 리플로우 오븐에서 건조시키고, 300v/3000 μs/300V/3000 μs/1 μs/3overlap에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여, 기판 상에 소결된 구리-은 복합 트레이스를 형성하였다. 표 22는 다양한 시간 동안 건조된 라인의 저항(Ω)을 제공한다. 표 22에 나타난 바와 같이, 약 15 분 내지 20 분의 건조 시간은 우수한 해상도를 갖는 광-소결된 구리-은 복합 트레이스의 전도성을 증가시키는 경향이 있다.

표 22

공칭선폭 (mil)	10 min	15 min	20 min	30 min	60 min
5	536 Ω	286 Ω	325 Ω	419 Ω	1300 Ω
10	132 Ω	84 Ω	89 Ω	122 Ω	188 Ω
15	77 Ω	49 Ω	49 Ω	70 Ω	110 Ω
20	58 Ω	36 Ω	36 Ω	49 Ω	86 Ω

[0090] 잉크 (I10, I11, I12 및 I13)을 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 140 °C 에서 15 분 동안 건조시키고, 300V/3000  $\mu$ s/1  $\mu$ s/3overlap에서 PulseForge™ 소결에 의해 광-소결하여, 기판 상에 소결된 구리-은 복합 트레이이스를 형성하였다. 표 23은 구리-은 복합 트레이이스의 저항( $\Omega$ )을 제공한다. 표 23에 나타난 바와 같이, 은 염의 첨가로 구리-은 복합 트레이이스의 전도도의 체계적 증가가 존재하였다.

표 23

공칭 선폭 (mil)	Ink I13 (0% AgNO <sub>3</sub> )	Ink I12 (5% AgNO <sub>3</sub> )	Ink I11 (7.5% AgNO <sub>3</sub> )	Ink I10 (10% AgNO <sub>3</sub> )
5	844 $\Omega$	319 $\Omega$	298 $\Omega$	286 $\Omega$
10	255 $\Omega$	124 $\Omega$	101 $\Omega$	84 $\Omega$
15	137 $\Omega$	66 $\Omega$	54 $\Omega$	49 $\Omega$
20	87 $\Omega$	50 $\Omega$	39 $\Omega$	36 $\Omega$

[0092] 실시예 5-6 - 결합제, CuNP 충전제 및 AgNO<sub>3</sub> 충전제(I14) 함유 잉크:

[0093] 잉크 I14를 Kapton™ 기판 상에 스크린 인쇄하고, 먼저 110 °C에서 30 분 동안 열 소결시킨 다음, 500 ppm 산소를 갖는 N<sub>2</sub> 대기 하에서 250 °C에서 15 분 동안 열 소결시켰다. 표 24 및 표 25는 제조된 구리-은 복합 트레이이스의 물리적 및 전기적 특성을 제공하며, 표 26은 기계적 특성 (ASTM F1683-02 플렉스 & 크리즈 시험에 따른 가요성)을 제공한다. 표 24, 표 25 및 표 26에 나타난 바와 같이, 구리 나노입자 및 은 염을 잉크에 첨가하면 잉크 중의 결합제의 존재 없이도 스크린 인쇄된 열 소결된 전도성 구리-은 복합 트레이이스의 생성을 가능하게 하였고, 이는 개방 실패 없이 모든 기계적 시험을 통과하였다.

표 24

공칭선폭 (mil)	$\Omega$	선폭 (mil)	선폭 ( $\mu$ m)	$\mu$ m의 #	$\Omega/\mu$ m	m $\Omega/\mu$ m
5	600	6.30	160.00	625	0.96	960
10	191	12.60	320.00	313	0.61	611
15	107	16.65	423.00	236	0.45	453
20	77	22.05	560.00	179	0.43	431

표 25

공칭선폭 (mil)	선두께 ( $\mu$ m)	두께 (mil)	시트저항 (m $\Omega/\mu$ m/mil)	부피저항 ( $\mu$ $\Omega \cdot$ cm)
5	0.45	0.018	17.01	43.20
10	0.70	0.028	16.84	42.78
15	0.80	0.031	14.26	36.20
20	0.90	0.035	15.28	38.80

표 26

		공칭선폭			
		5 mil	10 mil	15 mil	20 mil
인장 플렉스	R의 변화 %	0.70	0.92	0.47	0.60
	개방 실패	0/3	0/3	0/3	0/3
압축 플렉스	R의 변화 %	10.5	9.7	9.1	5.9
	개방 실패	0/3	0/3	0/3	0/3
인장 크리즈	R의 변화 %	9.1	10.2	13.9	13.2
	개방 실패	0/3	0/3	0/3	0/3
압축 크리즈	R의 변화 %	9.3	9.6	9.4	8.2
	개방 실패	0/3	0/3	0/3	0/3

[0097] 실시예 6 - 상이한 구리 전구체 및 알칸올아민으로 제형화된 잉크와 비교

[0098] 구리 수산화물 및 디에탄올아민을 다른 구리 전구체 분자 및 다른 알칸올아민으로 대체하는 경우의 효과를 평가하기 위하여, 표 27에 나타난 바와 같이 구리 수산화물 및 디에탄올아민 중 하나 또는 둘 다를 대체한 것을 제외하고는 잉크 11과 동일한 방법으로 다양한 잉크를 제형화하였다. 잉크를 Kapton™ 기판 상에 침착시키고, 샘플을 열적으로 소결시켰다. 표 27은 결과를 제공한다. 표 27에 나타난 바와 같이, 잉크 (11) 만이 열적으로 소결될 때 전도성 구리 트레이스를 제공하였다. 모든 다른 잉크는 산화된 비-전도성 흑색 트레이스를 생성하였다. 잉크 (11)는 또한 전술한 바와 같이 광-소결될 때 전도성 트레이스를 제공한다.

표 27

[0099]

잉크	구리 전구체	알카노아민	열소결
I1	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	디에탄올아민	수행
C1	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	모노에탄올아민	산화, 비-수행
C2	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	트리에탄올아민	산화, 비-수행
C3	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	N-부틸디에탄올아민	산화, 비-수행
C4	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3-(디메틸아미노)-1,2-프로판디올	산화, 비-수행
C5	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3-(디에틸아미노)-1,2-프로판디올	산화, 비-수행
C6	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2-아미노-1-부탄올	산화, 비-수행
C7	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	아미노-2-프로판올	산화, 비-수행
C8	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2-디에틸아미노 에탄올	산화, 비-수행
C9	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1-디메틸아미노-2-프로판올	산화, 비-수행
C10	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2-아미노-2-메틸-1-프로판올	산화, 비-수행
C11	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3-디에틸아미노-1-프로판올	산화, 비-수행
C12	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2-(디이소프로필아미노)-에탄올	산화, 비-수행
C13	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	트리-이소프로판올아민	산화, 비-수행
C14	$\text{CuCl}_2$	디에탄올아민	산화, 비-수행
C15	$\text{CuCl}_2$	모노에탄올아민	산화, 비-수행
C16	$\text{CuCl}_2$	3-(디에틸아미노)-1,2-프로판디올	산화, 비-수행
C17	$\text{CuCl}_2$	2-아미노-1-부탄올	산화, 비-수행
C18	$\text{CuSO}_4$	디에탄올아민	산화, 비-수행
C19	$\text{CuSO}_4$	모노에탄올아민	산화, 비-수행
C20	$\text{CuSO}_4$	3-(디에틸아미노)-1,2-프로판디올	산화, 비-수행
C21	$\text{CuSO}_4$	2-아미노-1-부탄올	산화, 비-수행
C22	Cu 옥살레이트 반수화물	디에탄올아민	산화, 비-수행
C23	Cu 옥살레이트 반수화물	모노에탄올아민	산화, 비-수행
C24	Cu 옥살레이트 반수화물	3-(디에틸아미노)-1,2-프로판디올	산화, 비-수행
C25	Cu 옥살레이트 반수화물	2-아미노-1-부탄올	산화, 비-수행
C26	Cu 아세테이트	디에탄올아민	산화, 비-수행

[0100] 실시예 7 - 잉크의 비용 비교

[0101] 구리 잉크의 비용 효율을 알아보기 위하여, 본 발명의 구리 수산화물/디에탄올아민 잉크의 비용을 구리 수산화물이다른 인기있는 MOD 화합물, 즉 구리 포르메이트 테트라하이드레이트 및 은 네오테카노에이트와 대체된 경우 잉크의 비용과 비교하였다. 표 28은 잉크가 구리 나노입자 (CuNP)충전제를 포함하는 경우 비용 비교 (캐나다 달러

러)를 나타내고, 표 29는 잉크가 질산은 ( $\text{AgNO}_3$ )충전제를 포함하는 경우 비용 비교 (캐나다 달러)를 나타낸다. 구리 염에 대한 최저 카탈로그 가격은 Alfa로부터 입수한 것이고, 은 네오데카노에이트에 대한 최저 카탈로그 가격은 Gelest Inc.로부터 입수한 것이고, 1g의 구리 수산화물은 65.12%의 Cu를 가지며, 1g의 구리 포르메이트는 28%의 Cu를 가지며, 1 g의 은 네오데카노에이트는 38.34%의 은을 갖는다;따라서, 그램 당 금속 전구체 가격은 65%의 금속 함량으로 스케일링된다.

[0102] 표 28에 나타낸 바와 같이, 구리 수산화물에 기초한 잉크 및 구리 나노입자로 충전된 잉크는 은 네오데카노에이트에 기초한 유사한 잉크보다 약 8x 덜 비싸고, 구리 포르메이트에 기초한 유사한 잉크 보다 약 42x 덜 비쌌다. 표 29 에 나타낸 바와 같이, 은 염이 충전제로 사용되는 경우에도, 구리 수산화물에 기초한 잉크는 구리 포르메이트에 기초한 잉크보다 4x 미만 및 은 네오데카노에이트에 기초한 잉크보다 21x 덜 비쌌다.

표 28

[0103]

가장 저렴한 카다로그 가격	비율	비용 구리 수산화물 잉크	비용 구리 포르메이트 잉크	비용 은 네오데카노에이트 잉크
금속 전구체	1 g	\$0.075	\$1.64	\$8.75
디에탄올아민	3 g	\$0.084	\$0.084	\$0.084
CuNP	0.1 g	\$0.05	\$0.05	\$0.05
잉크 전체	4.1 g	\$0.209	\$1.774	\$8.88
잉크 그램당	1 g	\$0.051	\$0.43	\$2.16

표 29

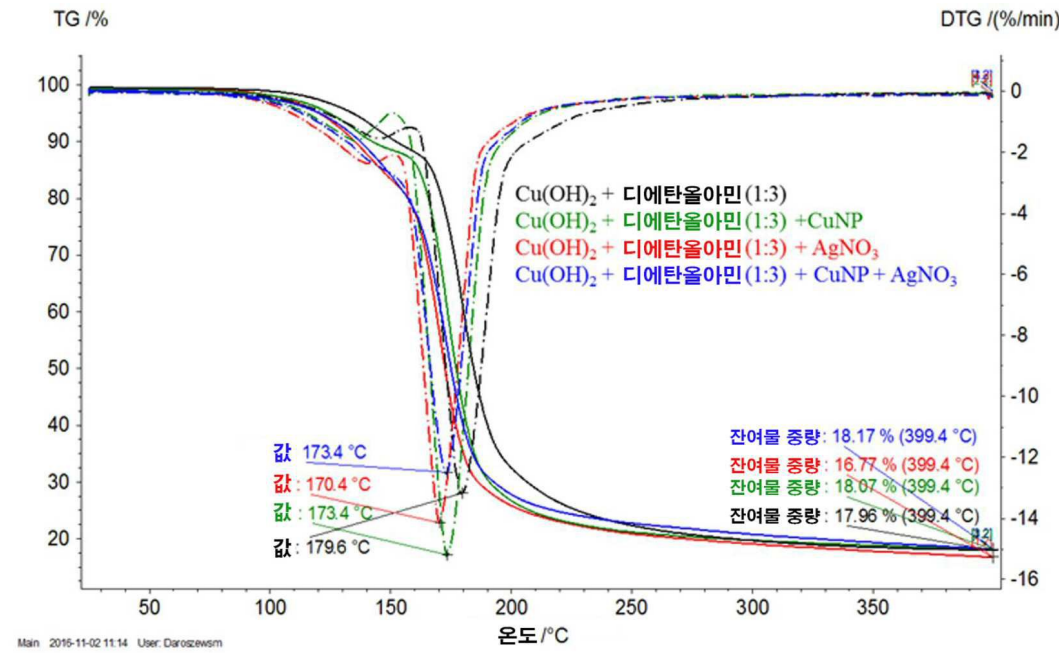
[0104]

가장 저렴한 카다로그 가격	비율	비용 구리 수산화물 잉크	비용 구리 포르메이트 잉크	비용 은 네오데카노에이트 잉크
금속 전구체	1 g	\$0.075	\$1.64	\$8.75
디에탄올아민	3 g	\$0.084	\$0.084	\$0.084
$\text{AgNO}_3$	0.1 g	\$0.26	\$0.26	\$0.26
잉크 전체	4.1 g	\$0.419	\$1.984	\$9.90
잉크 그램당	1 g	\$0.102	\$0.483	\$2.21

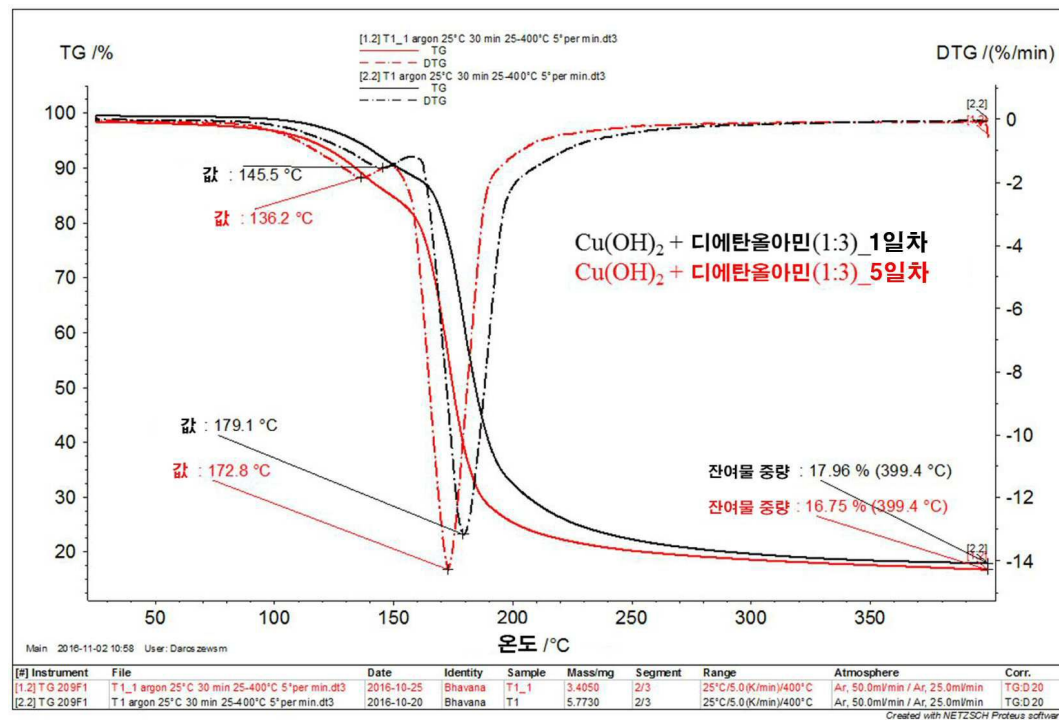
[0105] 신규한 특징은 상기 설명을 검토할 때 당해 기술분야의 숙련가에게 명백할 것이다. 그러나, 청구항의 범위는 실시예에 의해 제한되지 않아야 하며, 청구항 및 명세서의 전체와 일치하는 가장 넓은 해석이 주어져야 한다는 것으로 이해해야 한다.

도면

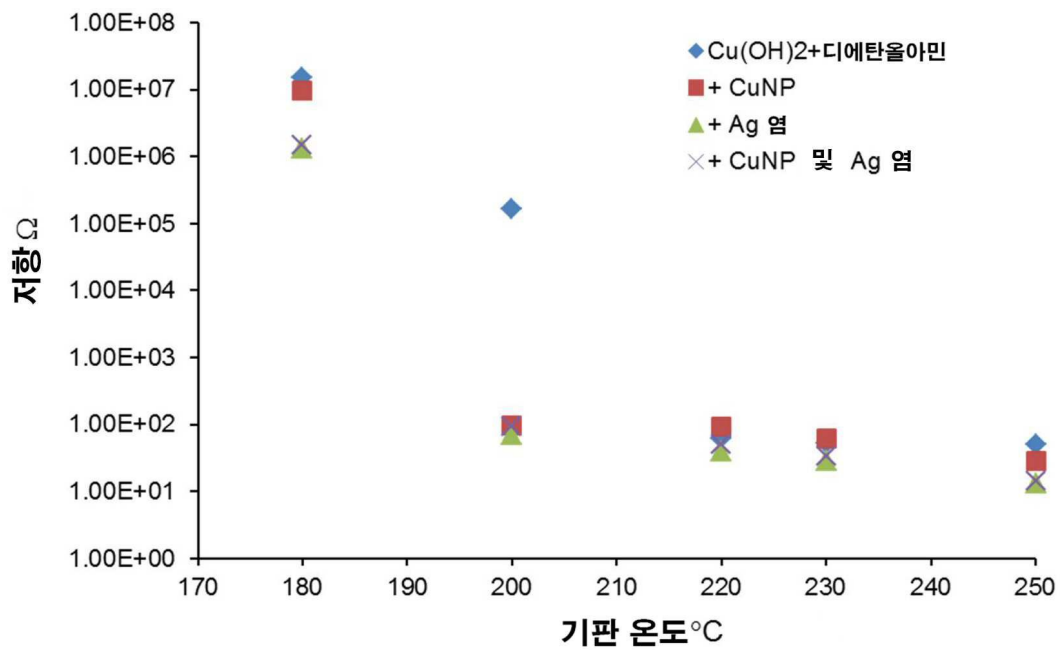
도면1



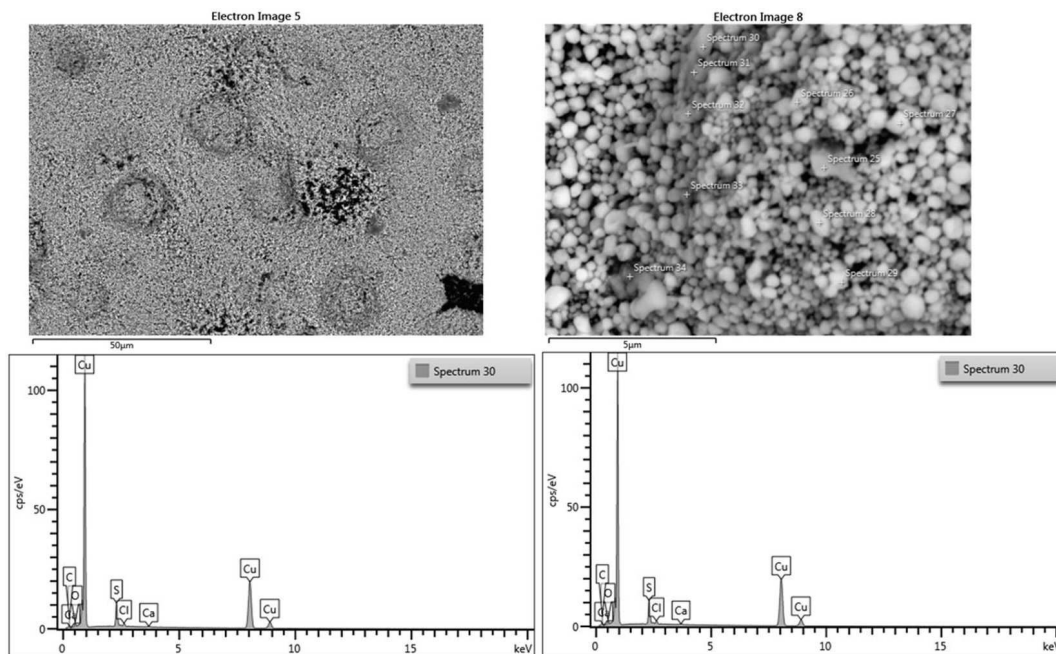
도면2



도면3

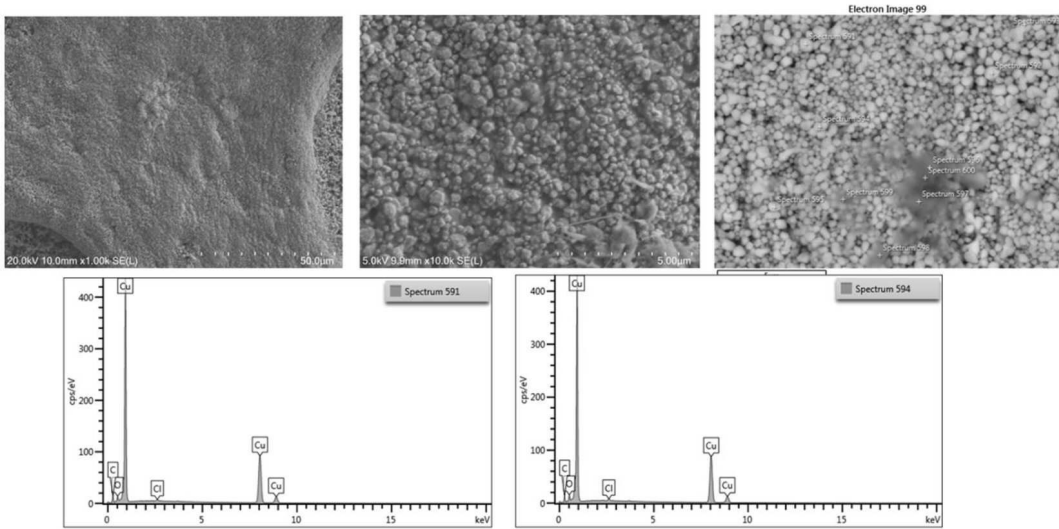


도면4

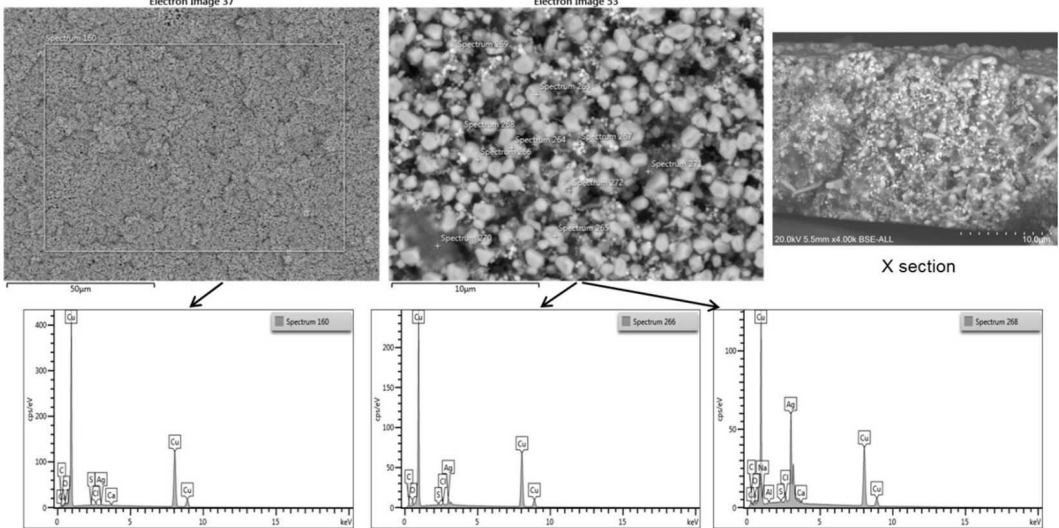




도면5



도면6





도면7

