



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월16일

(11) 등록번호 10-1407252

(24) 등록일자 2014년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C09D 11/08 (2006.01) C09D 11/52 (2014.01)

H01L 21/208 (2006.01) H01L 29/47 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7018039

(22) 출원일자(국제) 2006년12월18일

심사청구일자 2011년12월16일

(85) 번역문제출일자 2008년07월22일

(65) 공개번호 10-2008-0100170

(43) 공개일자 2008년11월14일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2006/003666

(87) 국제공개번호 WO 2007/072162

국제공개일자 2007년06월28일

(30) 우선권주장

2005/10436 2005년12월22일 남아프리카(ZA)

(56) 선행기술조사문현

US3947278 A*

KR100003627 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

피에스티 센서스 (피티와이) 리미티드

남아프리카 케이프타운 유니버시티 오브 케이프타운 어퍼 캠퍼스 투 513 알더블유 제임스 빌딩 (우: 1100)

(72) 발명자

브리튼, 레이비드 토마스

남아프리카 8001 케이프 타운 브리 스트리트 120
데 오우데슈우르 704

오두, 에쿤다레 아요데일

남아프리카 7700 모우브레이 유니버시티 오브 케이프 타운유니버시티 하우스 더 코티지스
하르팅, 마르기트

남아프리카 7700 모우브레이 트윅켄햄 로드 8

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

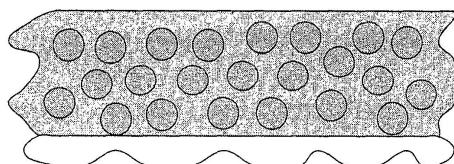
전체 청구항 수 : 총 27 항

심사관 : 박진

(54) 발명의 명칭 후막 반도체성 잉크

(57) 요 약

본 발명은 소정량의 미립 반도체 물질을 소정량의 결합제와 혼합하는 것을 포함하는 인쇄가능한 조성물을 제조하는 방법에 관한 것이다. 반도체 물질은 일반적으로 입도가 5nm 내지 10마이크론 범위인 나노미립 실리콘이다. 결합제는 천연 오일, 또는 이의 유도체 또는 합성 유사체를 포함하는 자가 중합 물질이다. 바람직하게는, 결합제는 천연 오일, 또는 순수한 불포화 지방산, 모노- 및 디글리세라이드, 또는 상응하는 지방산의 메틸 및 에틸 에스테르를 포함하는 천연 오일의 유도체로 이루어진 전구물질의 자가 중합에 의해 형성된 천연 중합체를 포함한다. 상기 방법은 인쇄가능한 조성물을 기재에, 단층으로 또는 다층으로 도포하고, 인쇄가능한 조성물을 경화시켜 기재 상의 부품 또는 컨덕터를 형성시키는 것을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1a

특허청구의 범위

청구항 1

소정량의 미립 반도체 물질 입자를 소정량의 결합제와 혼합하는 것을 포함하는, 인쇄가능한 반도체성 잉크 (printable semiconducting ink)를 제조하는 방법으로서, 상기 입자는 5nm 내지 10 마이크론 범위의 입도를 가지고 반도체성 기능을 가지며, 상기 결합제는 반도체성 특성을 지닌 잉크를 제조하기 위해 천연 오일, 또는 이의 유도체 또는 합성 유사체를 포함하는 자가-중합 물질(self-polymerising material)이고, 상기 결합제에 대한 미립 반도체 물질의 부피비는 50% 초과이며, 상기 미립 반도체 물질은 실리콘을 포함하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 결합제가 천연 오일, 또는 순수한 불포화 지방산, 모노- 및 디글리세라이드, 또는 상응하는 지방산의 메틸 및 에틸 에스테르를 포함하는 천연 오일의 유도체로 이루어진 전구물질의 자가 중합에 의해 형성된 천연 중합체를 포함하는 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서, 결합제가 건식 또는 반건식 오일, 또는 건식 오일과 반건식 오일의 혼합물을 포함하는 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서, 오일이 옥타데칸산, 옥타데카디엔산, 및 옥타데카트리엔산으로 구성된 군으로부터 선택되는 하나 이상을 함유하는 건식 오일인 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 건식 오일이 아마인유 또는 동유(tung oil)인 방법.

청구항 6

제 3항에 있어서, 오일이 대두유, 목화씨유 또는 캐스터유를 포함하는 반건식 오일인 방법.

청구항 7

제 2항에 있어서, 결합제가 옥타데카디엔산 또는 옥타데카트리엔산, 또는 이들의 혼합물인 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서, 결합제가 리놀렌산인 방법.

청구항 9

제 7항에 있어서, 결합제가 리놀레산인 방법.

청구항 10

제 1항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서, 결합제를 용매와 혼합하는 것을 포함하는 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서, 용매가 에탄올, 아세톤 또는 락커 시너를 포함하는 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 1항에 있어서, 결합제에 대한 미립 반도체 물질의 부피비가 80%를 초과하는 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 1항에 있어서, 미립 반도체 물질의 입도가 50nm 내지 500nm 범위인 방법.

청구항 16

제 15항에 있어서, 미립 반도체 물질의 입도가 100nm 내지 300nm 범위인 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

제 1항 내지 제 9항 중 어느 한 항의 방법에 따라 반도체성 잉크를 제조하고, 반도체성 잉크를 기재에 도포하고, 반도체성 잉크를 경화시켜 기재 상의 부품 또는 컨덕터(conductor)를 형성시키는 것을 포함하는, 전자 부품 또는 컨덕터를 제조하는 방법.

청구항 19

제 18항에 있어서, 반도체성 잉크를 결합제 및 미립 반도체 물질을 포함하는 락커로서 기재에 도포하는 것을 포함하는 방법.

청구항 20

제 18항에 있어서, 반도체성 잉크를 결합제, 미립 반도체 물질 및 용매를 포함하는 바니시(varnish)로서 기재에 도포하는 것을 포함하는 방법.

청구항 21

제 18항에 있어서, 반도체성 잉크를 단층 도포로 도포하는 것을 포함하는 방법.

청구항 22

제 18항에 있어서, 반도체성 잉크를 다층으로 도포하여 목적하는 반도체성(semiconducting) 특징을 갖는 전자 부품을 형성시키는 것을 포함하는 방법.

청구항 23

제 18항에 있어서, 반도체성 잉크를 대기 조건(ambient conditions) 하에서 경화시키는 것을 포함하는 방법.

청구항 24

제 18항에 있어서, 기재가 강성이이고, 금속, 유리 또는 플라스틱 또는 종이를 포함하는 방법.

청구항 25

제 18항에 있어서, 기재가 가요성이이고, 금속, 플라스틱 또는 종이를 포함하는 방법.

청구항 26

제 18항에 있어서, 반도체성 잉크를 두께가 0.1 내지 500 마이크론 범위인 층으로 기재에 도포하는 것을 포함하는 방법.

청구항 27

제 26항에 있어서, 반도체성 잉크를 기재에 100 마이크론의 두께를 갖는 층으로 도포하는 방법.

청구항 28

제 1항 내지 제 9항 중 어느 한 항의 방법에 의해 제조된 반도체성 잉크.

청구항 29

제 18항의 방법에 의해 제조된 전자 부품.

청구항 30

제 18항의 방법에 의해 제조된 컨덕터.

명세서**기술 분야**

[0001] 본 발명은 일반적으로 전자 및 전기 분야, 특히 반도체성 특성이 요구되는 분야에 사용하기 위한 인쇄가능한 (printable) 조성물에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 수 나노미터에서 수백 나노미터까지의 특징적 크기를 갖는 반도체 나노입자는 광범위하게 연구된 형태의 물질이며, 그 크기 영향력이 벌크 물질의 특성들을 좌우한다. 일반적으로, 특정 물질 및 그의 적용에 따라, 하기 3가지 상이한 크기-관련 현상이 나노입자들의 전자, 광학, 열적 및 기계적 특성들을 변화시킬 수 있다:

[0003] 1. 공지된 벌크 상(phases)과 비교되는 상이한 구조 및 조성;

[0004] 2. 표면 상태 및 공정을 좌우하는, 벌크 상에 비교되는 입자의 보다 높은 표면 대 체적 비율; 및

[0005] 3. 물체의 크기가 기본 여기(fundamental excitation)(전자 상태, 광 파장 또는 포논(phonon) 여기)의 파장 및 간섭 길이(coherence length)와 같거나 이보다 작은 경우의 양자 구속 효과.

[0006] 이러한 입자를 사용하는 여러 반도체 잉크가 개시되어 있다. 예를 들어, 매트릭스 또는 결합제에 무작위로 분산된 반도체성 입자를 포함하는 유기 반도체성 잉크, 및 반도체성 입자가 상호연결 구조를 형성하는 무기 반도체성 잉크가 공지되어 있다.

[0007] 이러한 분야에서, 결합제 또는 매트릭스 물질은 아세톤, 클로로포름 또는 틀루엔과 같은 용이하게 입수할 수 있는 용매에 가용성인 중합체인 것이 흔하다. 일반적인 예로는 젤연체인 폴리스티렌 및 셀룰로스 아세테이트 부티레이트(CAB), 및 단리된 입자 간 전하 수송을 허용하는 컨쥬게이트된 홀 컨덕터(hall conductor)인 폴리티오펜이 있다.

[0008] 본 발명의 목적은 반도체 입자를 포함하는 대안적인 인쇄가능한 조성물을 제공하는 것이다.

발명의 요약

[0010] 본 발명에 따르면, 소정량의 미립 반도체 물질과 소정량의 결합제를 혼합하는 것을 포함하는, 인쇄가능한 조성물을 제조하는 방법으로서, 결합제가 천연 오일을 포함하는 자가 중합 물질, 또는 이의 유도체 또는 합성 유사체인 방법이 제공된다.

[0011] 결합제는 천연 오일, 또는 순수한 불포화 지방산, 모노- 및 디-글리세라이드, 또는 상응하는 지방산의 메틸 및 에틸 에스테르를 포함하는 천연 오일의 유도체로 구성된 전구물질의 자가 중합에 의해 형성된 천연 중합체를 포함할 수 있다.

[0012] 결합제는 건식 오일 또는 반건식 오일, 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0013] 건식 오일은 하나 또는 그 초파의 옥타데칸산, 옥타데카디엔산, 및/또는 옥타데카트리엔산을 포함할 수 있다.

[0014] 바람직하게는, 건식 오일은 아마인유 또는 동유(tung oil)이다.

[0015] 반건식 오일의 경우에, 오일은 예를 들어, 대두유, 목화씨유, 캐스터유일 수 있다.

[0016] 결합제는 옥타데카디엔산 또는 옥타데카트리엔산, 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

[0017] 예를 들어, 결합제는 리놀렌산 또는 리놀산일 수 있다.

[0018] 상기 방법은 결합제를 용매, 예컨대, 에탄올, 아세톤 또는 락커 시너(lacquer thinner)와 혼합하는 것을 포함할 수 있다.

- [0019] 조성물은 결합제 및 입자를 포함하는 락커로서 기재에 도포되거나, 결합제, 입자 및 용매를 포함하는 바니시(varnish)로서 도포될 수 있다.
- [0020] 바람직하게는, 결합제에 대한 미립 반도체 물질의 부피비는 50% 초과, 보다 바람직하게는 80% 초과이다.
- [0021] 미립 반도체 물질의 입도는 5nm 내지 10마이크론 범위, 바람직하게는 50nm 내지 500nm 범위이다.
- [0022] 일반적인 예에서, 상기 입도 범위는 100 내지 300nm일 수 있다.
- [0023] 상기 방법의 바람직한 구체예에서, 미립 반도체 물질은 실리콘을 포함한다.
- [0024] 본 발명에 따르면, 상기 규정된 바와 같은 인쇄가능한 조성물을 제조하고, 인쇄가능한 조성물을 기재에 도포하고, 인쇄가능한 조성물을 경화시켜 기재 상의 부품 또는 컨덕터(conductor)를 형성하는 것을 포함하는, 전기 부품 또는 컨덕터를 제조하는 방법이 제공된다.
- [0025] 인쇄가능한 조성물은 단층 도포 또는 다층으로 도포되어 목적하는 특징을 갖는 전자 부품을 형성할 수 있다.
- [0026] 바람직하게는, 인쇄가능한 조성물은 대기 조건(ambient conditions) 하에서 경화될 수 있다.
- [0027] 기재는 강성(rigid)이거나 가요성이거나 수 있으며, 예를 들어, 금속, 유리, 플라스틱, 및 종이일 수 있다.
- [0028] 인쇄가능한 조성물은 두께가 0.1 내지 500 마이크론 범위인 층으로 도포될 수 있다.
- [0029] 일반적으로, 상기 층의 두께는 약 100 마이크론이다.
- [0030] 본 발명은 인쇄가능한 조성물, 및 각각의 방법에 의해 제조된 전자 부품 또는 컨덕터에까지 연장된다.
- [0031] 도면의 간단한 설명**
- [0032] 도 1a는 본 발명의 제 1 구체예에 따라 기재에 증착된 결합제층 내에 분산된 반도체 입자를 도시한 개략적인 단면도이다.
- [0033] 도 1b는 본 발명의 제 2 구체예에 따라 기재에 증착된 결합제층 내 반도체 입자의 상호연결 망상구조를 도시한, 도 1a와 유사한 개략적인 단면도이다.
- [0034] 도 1c는 본 발명의 제 3 구체예에 따라 기재에 증착된 결합제층의 저부에 응집된 반도체 입자를 도시한 도 1a 및 도 1b와 유사한 개략적인 단면도이다.
- [0035] 도 1d는 본 발명의 제 4 구체예에 따라 기재에 증착된 결합제층의 상부에 응집된 반도체 입자를 도시한 도 1a 내지 도 1c와 유사한 개략적인 단면도이다.
- [0036] 도 2는 본 발명의 방법에 사용하기에 적합한 천연 오일의 개략도이다.
- [0037] 도 3은 상이한 결합제 물질을 사용하는 본 발명의 발명에 따라 제조된 쇼트키 다이오드(Schottky diode)의 특징적인 곡선을 도시한 그래프이다.
- [0038] 도 4는 트랜지스터 시험 구조물에서의 인가된 게이트 전위에 따라, 결합제로서 리놀산 및 리놀렌산을 사용하는 실리콘 잉크로부터 제조된 반도체성 층의 전도도를 도시한 그래프이다.

발명의 상세한 설명

- [0039] 본 발명은 일반적으로 전자 및 전기 분야에, 특히 반도체성 특성이 요구되는 분야에 사용하기 위한 인쇄가능한 조성물에 관한 것이다. 전자 회로, 부품의 제조에, 그리고 반도체 물질 및 층의 제조를 위한 복합 물질로서 사용될 수 있는 이러한 조성물은 반도체성 기능을 지닌 입자, 및 바람직하게는, 산화 또는 히드록세이션(hydroxation) 유래된 자가 중합을 통해 경화되는 천연 기원의 자가 중합 결합제를 포함한다.
- [0040] 본 문서의 의도에 따라, 일반적으로 잉크, 락커, 페인트, 바니시(varnish), 혼탁액 등으로 알려져 있는 임의의 이러한 인쇄가능한 조성물을 "잉크"라 한다. 분무, 캐스팅 및 페인팅, 뿐만 아니라 종래의 음각, 평판 또는 양각 인쇄 기술을 포함하는 잉크 도포 방법을 일반적으로 "인쇄"라 한다. 결합제의 용점 및 점도가 표준 상태에서 고체인 경우에는 제로그래피(xerography) 및 열전사 인쇄와 같은 건식 전달 방법이 포함될 수 있다. 상기 유형의 인쇄가능한 조성물 및 이의 도포 방법은 예시로서 제공된 것이며, 당업자들에게 다른 예시도 가능할 수 있다.
- [0041] 상기 언급된 바와 같이, 반도체 잉크는 그 중의 결합제 또는 매트릭스 물질이 폴리스티렌 또는 셀룰로오스 아세

테이트 부티레이트(CAB)와 같은 중합체이고, 이는 아세톤, 클로로포름 또는 툴루엔과 같은 용이하게 입수할 수 있는 용매에 가용성인 것으로 알려져 있다.

[0042] 한편, 결합제-입자 혼합물은 그 중의 무기 입자가 안료로서 작용하는 잉크, 락커 및 바니시와 같은 통상적인 기술에서 널리 알려져 있다. 통상적으로, 페인트 또는 락커에 있어서, 안료는 자가-산화를 통해 중합하는 천연 건식 오일과 혼합되나, 보다 최근에는 합성 단량체가 사용되었고, 또한, 허드록세이션을 통해 중합할 수도 있다. 바니시 또는 잉크에 있어서, 결합제는 적합한 유기 용매, 예컨대 에탄올 또는 메탄올, 또는 통상적인 락커 시너와 같은 용매의 혼합물로 시닝(thinning) 처리된다. 시너의 첨가는 액체의 유동성을 조절하고, 초기 경화를 예방하는 이중의 목적을 제공함으로써 저장 시간을 연장시키는 역할을 한다. 이러한 결합제 물질의 천연 기원 및 제한된 가공은 그러한 결합제 물질을 생태 친화적 재생가능한 자원으로서 고려되도록 한다.

[0043] 통상적인 건식 오일 및 이들의 유도체는 수동 또는 능동 후막 전자 부품, 회로, 또는 층에 사용되는 것과 같은, 기능성 잉크의 결합제로서 이전에 고려된 바 없다. 그러나, 유사한 자가 중합 특성을 지닌 합성 에스테르는 통상적으로 수동 전자 및 코팅 분야 둘 모두에 사용된다. 이들 대부분은 독점되어 있으나, 일반적으로 메틸 에스테르 또는 방향족 측쇄를 갖는 시클릭 에스테르로 구성된다.

[0044] 본 발명에 따른 광전 및 압전 특성을 갖는 잉크의 제조를 위해, 반도체 입자는 도 1a에 개략적으로 도시된 바와 같은 결합제 물질에 균일하게 분산될 필요가 있다. 이를 달성하기 위해, 입자의 완전한 습식을 허용하도록 두 물질 간의 계면 장력이 낮아야 한다. 잉크의 점도는 입자의 침강 또는 응집을 방지하기 위해 증착 및 경화 동안에 높게 유지되어야 한다.

[0045] 반도체성 층 또는 부품의 인쇄를 위해, 잉크는 결합제 물질에 대해 높은 부피 분율의 반도체성 입자를 함유하여야 하며, 이에 따라 최종 물질은 도 1b에 개략적으로 도시된 바와 같은 상호연결 망상구조의 입자를 함유하며, 이는 또한 규칙적 또는 프랙탈(fractal) 기하학적 구조를 가질 수 있다. 그러나, 잉크는 도포 또는 저장을 위해, 물 또는 비반응성 유기 액체를 포함하는 임의의 양의 용매 또는 시너와 희석될 수 있다. 따라서, 입자와 결합제 간의 계면 장력을 거의 중요하지 않지만, 보다 높은 값은 입자 간 틈이 완전히 습식되지 않도록 도울 수 있고, 이에 따라 인접 입자 간에 보다 우수한 전도로(conducting path)를 조장할 수 있다. 많은 경우에, 각각 도 1c 및 1d에서 개략적으로 도시된 바와 같이, 침강 또는 응집을 통한 분리는 MIS-FET 및 커페시터(capacitor)와 같은 반도체성층 및 단열층으로 이루어진 이중층 시스템 및 부품의 제조에 유리할 수 있다. 인쇄된 층 또는 부품은 일반적으로 두께가 0.1 내지 500 마이크론 범위일 것이다.

[0046] 결합제 물질은, 천연 오일, 또는 순수한 불포화 지방산, 모노- 및 디글리세라이드 뿐만 아니라 이들의 상응하는 지방산의 메틸 및 에틸 에스테를 포함하는 천연 오일의 유도체로 이루어진 전구물질의 자가 중합에 의해 형성된 천연 중합체이어야 한다. 천연 오일은 도 2에 도시된 바와 같이 일반적으로 트리글리세라이드와, 글리세롤(프로판-1-2-3-트리올) 주체에 결합된 세개의 무작위 선택된 지방산의 복합 혼합물이다. 따라서, 이들의 조성은 식물 종 및 재배에 따라 크게 좌우되나, 블렌딩을 통해 일반적으로 경화 특성 및 지방산 분율에 대해 일관된 특성이 얻어진다.

[0047] 일반적으로 결합제에 대한 미립 반도체 물질의 부피비는 50% 초과, 보다 바람직하게는 80% 초과여야 한다. 하기 두개의 실시예에서는, 부피비와 관련하여 규정된 90%가 사용되었다. 미립 반도체 물질은 5nm 내지 10마이크론 범위의 입도를 가질 수 있으며, 50 내지 500nm의 크기를 갖는 나노미립물질이 바람직하다.

[0048] 중합에 관여하는 건식 오일 중 우세한 성분은 하나의 이중 결합에 의해 특징되는 옥타데칸산, 두개의 이중 결합을 지닌 옥타데카디엔산, 및 옥타데카트리엔산(세개의 이중 결합)이다. 또한, 그 밖의 불포화 지방산도 가소제로서 작용하는 비중합 불포화 지방산과 함께 중합에 기여한다.

[0049] 대부분의 통상적인 옥타데카트리엔산은 모두 이중 결합 및 단일 결합을 교대로 갖는, 컨쥬게이트된 트랜스-지방산이며, 가장 효과적으로 중합한다. 리놀렌산(9시스-12시스-15시스-옥타데카트리엔산)은 비컨쥬게이트된 시스-지방산이고, 아마인유의 주 성분이다. 아마인유 이외에, 코팅에 사용된 주요 건식 오일은 동유이며, 이는 또한 차이나 우드 오일(china wood oil)로서 공지되어 있으며, 이의 주요 주합 성분은 엘레오스테아르산(eleostearic acid)(9시스-11트랜스-13트랜스-옥타데카트리엔산)이다. 이러한 오일 둘 모두는 합성 결합제 및 다른 천연 오일과 비교하여 저렴하고, 용이하게 입수할 수 있다는 이점을 갖는다.

[0050] 결합제 전구물질로서 적합한 옥타데카트리엔산이 풍부한 그 밖의 다른 오일 공급원의 예가 하기 표 1에 열거된다.

[0051]	오일	주요 지방산 성분
	아마인유	리놀렌산(9시스-12시스-15시스-옥타데카트리엔산)
	동유	엘레오스테아르산(9시스-11트랜스-13트랜스-옥타데카트리엔산)
	금잔화(트루(true) 또는 포트 매리 골드(pot marigold))	카렌드산(8트랜스-10트랜스-12시스-옥타데카트리엔산)
	자카란다(Jacaranda)	자카르산(8시스-10트랜스-12시스-옥타데카트리엔산)
	석류, 박(gourd)	페니스산(9시스-11트랜스-13시스-옥타데카트리엔산)
	개오동나무(Catalpa)	카탈프산(9트랜스-11트랜스-13시스-옥타데카트리엔산)

[0052] 표 1: 반도체 복합 물질을 위한 자가 중합 결합제로서 적합한 옥타데카트리엔산의 주요 농축물을 갖는 식물성 오일의 예.

[0053] 몇몇 적용에 있어서, 예를 들어, 경사진 계면이 요구되는 경우, 대두유, 목화씨유 및 캐스터유와 같은 반건식 오일이 보통적으로 사용되거나 심지어 건식 오일을 대체시킬 수 있다. 이러한 오일의 주요 활성 성분은 리놀산(9시스-12시스-옥타데카디엔산) 및 리콜렌산(12-히드록시-9-옥타데칸산)이다.

[0054] 오일 기재 반도체성 잉크는 그 고유의 소수성으로 인해 리소그래피(lithography) 및 그 밖의 평판 인쇄 공정을 오프셋(offset)하는 데 특히 매우 적합하다. 통상적인 오일 기재 페인트 및 잉크의 사용 및 취급에 대해서는 이미 일반적으로 상당히 알려져 있으며, 양각, 음각 또는 스텐실 공정에 용이하게 적용될 수 있다. 또한, 상기 오일은 에탄올 또는 아세톤과 같은 매우 용이하게 입수할 수 있는 비공격성 용매에 가용성이어서 점도 및 세정력을 간단하고 안정하게 변형시킬 수 있다.

[0055] 점도 증가 및 경화 시간 단축을 위해, 통상적인 매질에 이미 적용된 방법, 예컨대 잉크를 혼합하기 전에 오일을 부분적으로 중합하도록 열처리하는 것이 적용될 수 있다. 이것의 간단한 예는 잉크 포뮬레이션에 원료 아마인유 대신에 비등된 아마인유를 사용하는 것이다. 그러나, 건조제 또는 촉진제가 사용될 경우, 형성되는 물질의 전자 특성에 대한 이들의 영향이 고려되어야 한다. 대부분의 건조제는 유기 산의 금속 염이고, 반도체성 입자의 도핑 수준에 영향을 미칠 수 있는 이온기를 함유하고, 또한 그렇지 않을 경우 단열층에서 전기 전도성을 유발시킬 수 있다.

[0056] 순수한 지방산, 특히 옥타데카트리엔산은 수가용성인 극성 분자이며, 이것이 음각 및 양각 인쇄 공정을 위한 수기재 조성물에 적합하게 한다. 이러한 오일에서 그 밖의 성분이 발견되지 않을 경우, 이는 보다 조밀하고, 덜 가요성인 중합제를 형성할 것이고, 훨씬 더 빠르게 경화될 것이다. 표 1에 열거된 산 이외에, 디엔산, 예컨대, 대부분의 모든 식물에서 발견된 매우 일반적인 불포화 지방산인 리놀산(9시스-12시스-옥타데카디엔산)은 중합하여 적합한 결합제를 형성할 것이다. 상기 오일과 유사하게, 상기 순수한 산은 비공격성이고, 인쇄 공정에 사용되는 일반적인 물질(예를 들어, 합성 및 천연 고무, 플라스틱)을 공격하지 않는 알코올 및 에테르와 같은 순한(mild) 용매에 비공격성이고 가용성이다.

[0057] 또한, 반도체성 잉크를 위한 자가 중합 결합제로서 사용될 수 있는 상기 오일의 유사체는 모노- 및 디글리세라이드, 및 상기 불포화된 지방산의 메틸 및 에틸 에스테르를 포함한다. 이들은 중간체 형태가 효과적인 데, 이는 포화된 산의 고의적 제거가 분자를 비극성으로 유지시키면서 순수한 산 및 상기 오일의 소수성 특성과 결부되어 신속한 중합을 가능하게 한다.

[0058] 인쇄 가능한 조성물이 증착될 수 있는 기재는 요구 조건에 따라 강성 또는 가요성일 수 있다. 가능한 강성 기재로는 유리, 금속 및 강직성(stiff) 또는 강성 플라스틱을 포함한다. 가요성 기재는 예를 들어, 가요성 플라스틱, 금속 박층 또는 종이일 수 있다.

실시예

실시예 1

[0060] 제 1 실시예는 나노미립 실리콘파, 자가 중합 결합제로서 미가공 아마인유로 구성된 반도체성 잉크의 제조에 관한 것이다. 실리콘 나노입자는 벌크 실리콘을 3시간 동안 오비탈 분쇄기(orbital pulveriser)에서 기계적으로 마모시켜 제조하였다. 봉소 도핑된 P 타입 및 안티몬 도핑된 N 타입의 단일 결정 웨이퍼 둘 모두와, 야금학적 등급의 실리콘이 사용되었다. 일반적인 입도는 100 내지 300nm 사이였다. 먼저 상기 오일을 캐리어 용매로서 에탄올로 희석시킨 후, 오일에 대해 90% 초과의 높은 부피 비로 나노분말을 분산시킴으로써 잉크를 제조하였다. 이후, 일반적으로 100 마이크론 두께의 층을 종이 기재 상에 인쇄하였다. 이후, 홀(Hall) 효과 측정을 위한 전

기 결선(electrical connections)을 인쇄가능한 은 컨덕터 스크린 인쇄 잉크(Du Pont 5000)을 사용하여 적용하였다. 훌 효과에 의해 측정된 주요 캐리어 이동도(carrier mobility) 및 농도가 하기 표 2에 기재된다.

나노분말	입자 부피 분율	저항 $M\Omega \text{ cm}$	이동도 $\text{cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$	캐리어 농도 $\times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$
n- 타입 Si	88%	0.26	1.6	14.9
n- 타입 Si	90%	0.29	1.9	11.1
n- 타입 Si	92%	0.32	1.2	17
p- 타입 Si	88%	13	0.12	0.86
p- 타입 Si	90%	15.5	0.15	0.28
p- 타입 Si	92%	16.2	0.45	0.41
nm 야금학적 Si	91%	2.22	0.65	4.3

[0061]

표 2: 자가 중합 결합제로서 미가공 아마인유 및 용매로서 에탄올을 사용하여 여러 실리콘 나노입자로부터 제조된 잉크의 반도체성 특징

[0062]

실시예 2

[0063]

제 2 실시예는 자가 중합 결합제로서 상이한 천연 오일 및 야금학적 등급의 실리콘 나노입자로 제조된 반도체성 잉크의 제조에 관한 것이다. 실리콘 나노입자는 오비탈 분쇄기에서 180분 동안 벌크 물질을 기계적으로 마모시켜 제조하였다. $20\mu\text{l}$ 의 오일을 0.5g의 실리콘 분말과 혼합하고, $50\mu\text{l}$ 의 통상적인 락커 시너로 시寧시켜 완전히 습윤화킴으로써 잉크를 제조하였다. 이후, 혼합물을 초음파 배쓰(bath)에서 40분 동안 교반하여 실리콘 분말을 균일하게 분산시켰다. 다음의 오일을 비교하였다: 아마인유, 캐스터유, 대두유, 금잔화유 및 금잔화유와 비건식 오일의 블렌드.

[0064]

잉크의 전기적 특성을 조사하기 위해, $10\text{mm} \times 1\text{mm}$ 은 조각을 유리 기재 상에 캐스팅(casting)시켰다. 밤새 건조시킨 후, 폭이 0.5mm 인 채널을 길이에 대해 수직으로 스크라이빙하여, 두개의 전기 콘택트를 형성하였다. 잉크를 상기 채널에 드롭 캐스팅하여 대칭적인 쇼트키 다이오드 구조를 형성하였다. 잉크 방울의 크기 또는 확산을 제어하려는 시도는 없었다. 몇몇 조성물이 거의 즉각적으로 경화되었으나, 모든 다이오드를 대기 조건 하에서 3일 동안 경화되도록 방치하였다. 상이한 오일을 사용한 예시적 구조에 대해 쇼트키 다이오드 곡선의 양의 값 절반이 도 3에 도시되어 있다.

[0065]

상이한 역 포화곡선으로부터 형성되는 척도 인자를 제외하고, 도 3에 도시된 곡선은 정량적으로 동일하였다. 이들은 동일한 콘택트 전위차 및 이상 계수(ideality factor)를 사용하여, 실선으로 도시되어 모델링될 수 있다. 이는 결합제 물질이 아니라 반도체성 실리콘 입자가 잉크의 반도체성 특성에 직접적으로 기여한다는 것을 시사한다.

[0066]

실시예 3

[0067]

제 3 실시예는 지방산, 리놀렌산(9시스-12시스-15시스-옥타데카트리엔산) 및 리놀산(9시스-12시스-옥타데카디엔산)의 반도체성 잉크에서의 용도에 관한 것이다. 결합제 특성을 용이하게 비교하기 위해, 표준화된 시험 구조물 및 잉크 조성물을 사용하였다.

[0068]

시험 구조물을 구성하기 위해, 듀 풍(Du Pont) 5000 은 게이트 컨덕터 스크린 인쇄 잉크를 사용하여, 은 게이트 콘택트를 먼저 350gsm 유로 아트(Euro Art) 광택지 기재 상에 탐폰(tampon) 프린팅에 의해 인쇄하였다. 상기 전극의 크기는 $1\text{mm} \times 3\text{mm}$ 였다. 이 위에, 듀 풍 8153 절연체를 사용하여 절연층을 탐폰 프린팅하였다. 끝으로, 상기 소스(source) 및 드레인(drain) 전극, 또한 듀 풍 5000 은 컨덕터를 동일한 방법을 사용하여 그 위에 인쇄하였다. 최종 구조물의 게이트 길이 및 폭은 각각 $120\mu\text{m}$ 및 1mm 였다.

[0069]

후막 잉크에 대한 제조업자의 권장에 따라, 상기 구조물을, 절연체를 인쇄한 후, 그리고 최종 은 콘택트를 인쇄한 후 30분 동안 120°C 에서 오븐에서 건조시켰다. 또한, 반도체성 층을 적용하지 않고 상기 디바이스 구조물의 전기적 특징을 측정하였다.

[0070]

두개의 상이한 실리콘 분말을 잉크 포뮬레이션에 사용하였다: 오비탈 분쇄기에서 3시간 동안 밀링된, 실리콘 스

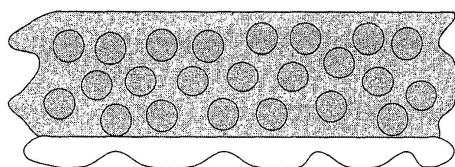
밸터스 (Pty) 리미티드(Silicon Smelters(Pty) Ltd, Plokwane, South Africa)로부터 2503 야금학적 등급의 실리콘; 및 50nm의 규정된 입도를 갖는 MTI 크리스탈 코포레이션(MTI Crystal Corp)로부터의 원(intrinsic) 실리콘 나노분말. 결합제의 영향을 전부 특징화하기 위해, 적합한 부피의 일반적인 락커 시너 중에 각각의 결합제 200 μl 의 용액에 첨가된 0.4g의 실리콘 분말을 포함하는, 잉크를 실리콘의 부피 분율을 50% 하한으로 하여 제조하였다. 분말의 완전한 습윤화, 및 유사한 잉크 점도를 달성하기 위해, 용매의 양을 각 타입의 분말에 대해 동일하게, 즉, 야금학적 등급 실리에 대해 1.2ml, 및 보다 작은 고유의 나노입자에 대해 4.8ml를 유지시켰다. 상기 분말을 첨가한 후, 혼합물을 2시간 동안 초음파 배쓰에서 초음파처리하였다. 대략 5 μl 의 각각의 잉크를 상이한 사전 제조된 구조물의 게이트 상에 헨드 프린팅하거나 드롭 캐스팅하고, 밤새 건조되게 하였다. 인쇄된 층은 분말이 아닌 연속 막을 형성하여 높은 완결성을 보여준 반면, 드롭 캐스팅 층은 건조 동안에 표면 크랙이 발생하였다.

[0072] 20V 이하의 드레인-소스 전위 및 0, ±5V, ±10V, 및 ±15V에 대해 각 구조물의 특징적인 곡선을 키슬리(Keithley) 4200 반도체 특징화 시스템을 사용하여 측정하였다. 시험 구조물의 기하형태 및 치수는 드레인-소스 전류의 포화가 달성될 수 없었고, 단지 약한 전계 효과가 관찰되었다. 따라서, 모든 디바이스는 적용된 게이트 전위에 대해 오프셋을 갖는 선형 반응을 나타내었으며, 이는 유한 게이트-드레인(gate-drain) 저항을 나타낸다.

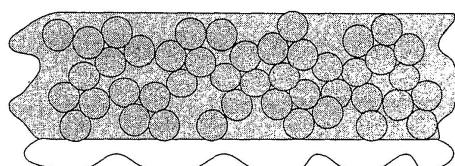
[0073] 게이트-드레인 전류에 대해 보정한 후, 각 디바이스에 대한 소스-드레인 전도도가 도 4에 적용된 게이트 전위에 따라 도시하였다. 알 수 있는 바와 같이, 전도도는 벗겨있는 디바이스 구조물과 비교하여 인쇄된 층에 대해서가 보다 높았으며, 이는 높은 결합제 분율이 사용되더라도 입자 간에는 전기 전도성이 존재함을 시사한다. 또한, 전도도는 적용된 게이트 전압에 의존적이며, 이는 인쇄된 층이 사실상 반도체성 인지를 확인시켜 준다. 이러한 효과는 도시된 드롭 캐스트 층에 대해서가 훨씬 덜 명백하며, 이는 입자간의 상호 연결, 및 입자와 전기 콘택트 간의 상호연결이 입자의 분산 또는 상분리에 의해 억제된다는 것을 시사한다.

도면

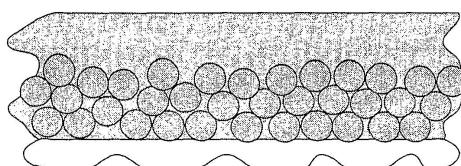
도면1a



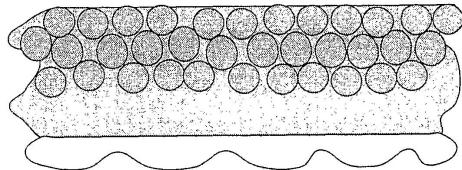
도면1b



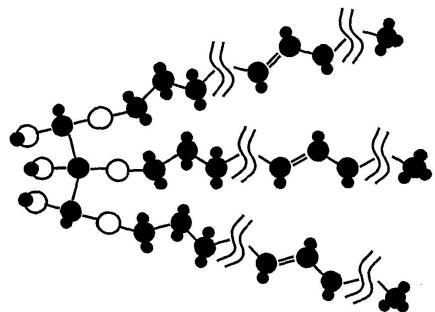
도면1c



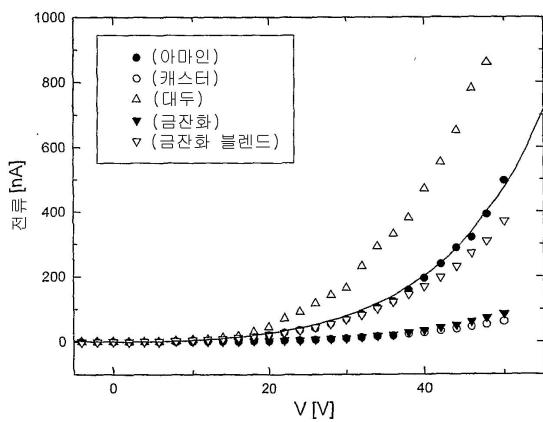
도면1d



도면2



도면3



도면4

