(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2011 006 022 B4** 2019.01.31

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 006 022.7**
(22) Anmeldetag: **24.03.2011**
(43) Offenlegungstag: **15.03.2012**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **31.01.2019**

(51) Int Cl.: ***C09D 11/52*** (2014.01)
C09D 5/24 (2006.01)
C09D 11/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
12/753,655 **02.04.2010** **US**

(73) Patentinhaber:
Xerox Corporation, Rochester, N.Y., US

(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

(72) Erfinder:
Saban, Marko D., Toronto, Ontario, CA; Wang, Yulin, Oakville, Ontario, CA; Mokhtari, Mahya, Toronto, Ontario, CA; Gaynor, Roger E., Oakville, Ontario, CA; Wu, Yiliang, Oakville, Ontario, CA

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**2008 / 0 000 382**	**A1**
US	**2009 / 0 148 600**	**A1**
EP	**1 591 497**	**B1**
WO	**2007/ 033 031**	**A2**
WO	**2008/ 113 075**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Tintenzusammensetzung und Verfahren zur Bildung von leitfähigen Merkmalen auf einem Substrat**

(57) Hauptanspruch: Tintenzusammensetzung, umfassend Metallnanopartikel, eine silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung, einen Stabilisator und ein Lösungsmittel, wobei die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung ein hydroxylfunktionelles silikonmodifiziertes Polyacrylat ist, und wobei der Stabilisator ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Organaminen, Thiolen, Polyethylenglykol, Polyvinylpyridin, Polyvinylpyrrolidon, Carbonsäure-Organamin-komplexstabilisierten Metallnanopartikeln und Carbonsäure-stabilisierten Metallnanopartikeln.

Beschreibung

• STAND DER TECHNIK

[0001] Die Herstellung von elektronischen Schaltelementen unter Verwendung von flüssigen Aufbringungstechniken ist von grundlegendem Interesse, da solche Techniken potentiell kostengünstige Alternativen zu herkömmlichen, etablierten Siliciumtechnologien für elektronische Anwendungen wie z. B. Dünnschichttransistoren (TFTs), Licht emittierenden Dioden (LEDs), RFID-Tags, Photovoltaik und dergleichen bieten. Das Aufbringen und/oder Strukturieren von funktionellen Elektroden, Pixelkontaktflächen und Leiterbahnen, Leitungen und Spuren, welche die Leitfähigkeits-, Verarbeitungs- und Kostenanforderungen für praktische Anwendungen erfüllen, stellte jedoch eine große Herausforderung dar.

[0002] In Lösung verarbeitbare Leiter sind für die Anwendung in derartigen elektronischen Anwendungen von großem Interesse. Tinten auf Basis von Metallnanopartikeln stellen eine vielversprechende Materialklasse für gedruckte Elektronik dar. Die meisten Metallnanopartikel, wie z. B. Silber- und Goldmetallnanopartikel, benötigen jedoch Stabilisatoren mit hohem Molekulargewicht, um eine geeignete Löslichkeit und Stabilität in Lösung zu gewährleisten. Diese Stabilisatoren mit hohem Molekulargewicht erhöhen unweigerlich die Tempertemperaturen für die Metallnanopartikel auf mehr als 200°C, um die Stabilisatoren wegzubrennen, wobei diese Temperaturen mit den meisten kostengünstigen, Kunststoffsubstraten für eine mögliche Aufbringung der Lösung, wie z. B. Polyethylenterephthalat (PET) und Polyethylennaphthalat (PEN), unverträglich sind und Schäden daran hervorrufen.

[0003] Darüber hinaus führen derzeitige Metallnanopartikelzusammensetzungen bei der Abscheidung auf einem Substrat häufig zu aus leitfähiger Metalltinte bestehenden Leitungen, die zu breit sind, eine geringe Leitfähigkeit und darüber hinaus einen „Kaffeeringeffekt“ aufweisen. „Kaffeeringeffekt“ bezieht sich hierin auf die Verbreiterung einer abgeschiedenen Metalltintenleitung, sodass diese in einer Oberflächenprofilmessung ein bimodales Leitungsprofil (zwei Peaks) zeigt. Die Abscheidung von Leitungen aus leitfähiger Metalltinte, die einen Kaffeeringeffekt aufweisen und/oder auf andere Weise zu breit sind, kann deren Nutzung in bestimmten Anwendung einschränken.

[0004] WO 2007/033031 A2 betrifft Tintenstrahltinten, die metallische Nanopartikel, Silikon-Acrylate und ein Lösungsmittel enthalten.

[0005] EP 1591497 B1 offenbart Tintenstrahltinten, die metallische Nanopartikel, silikonmodifizierte (Meth)acrylate und ein Lösungsmittel enthalten.

[0006] WO 2008/113075 A1 betrifft Zusammensetzungen zur Beschichtung, die Nanopartikel, silikonmodifizierte Acrylate und ein Lösungsmittel enthalten.

[0007] US 2008/0000382 A1 betrifft Zusammensetzungen zur Erzeugung leitender Strukturen auf Substraten, umfassend metallische Nanopartikel, die mit Stabilisatoren in Lösung gehalten werden, sowie ein Lösungsmittel.

[0008] US 2009/0148600 A1 offenbart Zusammensetzungen, die metallische Nanopartikel enthalten.

• ZUSAMMENFASSUNG

[0009] Es besteht ein Bedarf, der durch den hierin beschriebenen Gegenstand angesprochen wird, nach Tintenzusammensetzungen mit leitfähigen Metallnanopartikeln mit verbesserter Leitfähigkeit und die beim Abscheiden keinen „Kaffeeringeffekt“ zeigen, zum Beispiel wenn die Metallnanopartikel enthaltende Tintenzusammensetzung mit einer ausreichende Breite und Dicke, die für eine weitere Verarbeitung geeignet ist, abgeschieden werden kann.

[0010] Der oben genannten und weitere Aufgaben sind Gegenstand der vorliegenden Anmeldung, wobei die Anmeldung in Ausführungsformen eine Tintenzusammensetzung betrifft, die Metallnanopartikel, eine silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung, einen Stabilisator und ein Lösungsmittel umfasst, wobei die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung ein hydroxylfunktionelles silikonmodifiziertes Polyacrylat ist, und wobei der Stabilisator ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Organaminen, Thiolen, Polyethylenglykol, Polyvinylpyridin, Polyvinylpyrrolidon, Carbonsäure-Organamin-komplexstabilisierten Metallnanopartikeln und Carbonsäure-stabilisierten Metallnanopartikeln.

[0011] In Ausführungsformen wird ein Verfahren zur Bildung von leitfähigen Merkmalen auf einem Substrat beschrieben, wobei das Verfahren Folgendes umfasst: Bereitstellen einer flüssigen Tintenzusammensetzung, die Metallnanopartikel, eine silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung, einen Stabilisator und ein Lösungsmittel umfasst, wobei die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung ein hydroxylfunktionelles silikonmodifiziertes Polyacrylat ist, und wobei der Stabilisator ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Organaminen, Thiolen, Polyethylenglykol, Polyvinylpyridin, Polyvinylpyrrolidon, Carbonsäure-Organamin-komplexstabilisierten Metallnanopartikeln und Carbonsäure-stabilisierten Metallnanopartikeln; Abscheiden der flüssigen Tintenzusammensetzung auf einem Substrat zur Bildung von abgeschiedenen Merkmalen, und Erhitzen der abgeschiedenen Merkmale auf dem Substrat auf eine Temperatur von

100°C bis 200°C zur Bildung von leitfähigen Merkmalen auf dem Substrat.

• AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0012] Hierin beschrieben ist eine Tintenzusammensetzung, die Metallnanopartikel enthält und ein verbessertes Verhalten der gedruckten Leitung aufweist. Die Tintenzusammensetzung besteht aus einer Metallnanopartikel-Lösung, die einen Stabilisator, eine silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung und ein Lösungsmittel umfasst, wobei die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung ein hydroxylfunktionelles silikonmodifiziertes Polyacrylat ist. Nach dem Drucken der Tintenzusammensetzung auf ein Substrat wird das Substrat getempert, um die leitfähigen Metallmerkmale auf einem Substrat zu bilden.

• METALLNANOPARTIKEL

[0013] Der Begriff „Nano“ wie in „Metallnanopartikel“ verwendet, bezieht sich auf zum Beispiel eine Partikelgröße von weniger als 1.000 nm, wie zum Beispiel von 0,5 nm bis 1.000 nm, von 1 nm bis 500 nm, von 1 nm bis 100 nm, von 1 nm bis 25 nm oder von 1 nm bis 10 nm. Die Partikelgröße bezieht sich auf den mittleren Durchmesser der Metallpartikel, bestimmt mittels TEM (Transmissionselektronenmikroskopie) oder anderer geeigneter Verfahren. Im Allgemeinen können die aus dem hierin beschriebenen Verfahren erhaltenen Metallnanopartikeln in einer Vielzahl an Partikelgrößen vorliegen. In Ausführungsformen ist das Vorliegen von verschieden großen Silber enthaltenden Nanopartikeln akzeptabel.

[0014] Die Metallnanopartikel-Lösung hierin umfasst Metallnanopartikel in einer flüssigen Lösung. In Ausführungsformen bestehen die Metallnanopartikel aus (i) einem oder mehreren Metallen oder (ii) aus einem oder mehreren Metallkompositen. Geeignete Metalle können zum Beispiel Al, Ag, Au, Pt, Pd, Cu, Co, Cr, In und Ni umfassen, insbesondere die Übergangsmetalle wie zum Beispiel Ag, Au, Pt, Pd, Cu, Cr, Ni sowie Mischungen davon. Silber kann als ein geeignetes Metall verwendet werden. Geeignete Metallkomposite können Au-Ag, Ag-Cu, Ag-Ni, Au-Cu, Au-Ni, Au-Ag-Cu und Au-Ag-Pd umfassen. Die Metallkomposite können auch Nichtmetalle umfassen, wie zum Beispiel Si, C und Ge. Die verschiedenen Bestandteile des Metallkomposits können in einer Menge im Bereich von zum Beispiel 0,01% bis 99,9 Gew.-%, insbesondere von 10% bis 90 Gew.-% vorhanden sein. Des Weiteren kann die hierin beschriebene Zusammensetzung auch keinerlei Metalloxidnanopartikel umfassen.

[0015] In Ausführungsformen ist das Metallkomposit eine aus Silber und einem, zwei oder mehreren anderen Metallen bestehende Metalllegierung, wobei Silber zum Beispiel mindestens 20 Gew.-% der Nanopartikel ausmacht, insbesondere mehr als 50 Gew.-% der Nanopartikel.

[0016] Sofern nicht anders angegeben, umfassen alle hierein für die Komponenten der Metallnanopartikel in der Lösung genannten Gewichtsprozentangaben nicht den Stabilisator.

[0017] Die hierin beschriebenen Metallnanopartikel können durch einen Einfachdurchlaufprozess (1X) oder einen Doppeldurchlaufprozess (2X) hergestellt werden. Einer der Unterschiede zwischen einem in einem 1X-Prozess hergestellten Metallnanopartikelpulver verglichen mit einem 2X-Prozess ist, dass der Anteil des organischen Stabilisators, wie z. B. einem Organamin, in einem 1X-Prozess höher ist als in einem 2X-Prozess. Die verringerte Menge an organischem Stabilisator führt zu einem kristallineren Produkt mit einer höheren Reinheit und einem höheren Silbergehalt verglichen mit 1X-Pulvern. Weitere Details bezüglich dieser Verfahren werden in der anhängigen US 2010/0203333 A1.

[0018] Die Metallnanopartikel können eine Mischung aus zwei oder mehr bimetallischen Metallnanopartikelspezies sein, wie solche, die in der US 2009/0274834 A1 beschrieben werden, oder bimodale Metallnanopartikel, wie z. B. solche, die in der US 2009/0301344 A1 beschrieben werden.

[0019] Handelt es sich bei den Metallnanopartikeln um Silber, weisen die Silbernanopartikel eine Stabilität (das heißt der Zeitraum, in dem das Ausfallen oder das Aggregieren der silberhaltigen Nanopartikel minimal ist) von zum Beispiel mindestens 1 Tag auf, oder von 3 Tagen bis 1 Woche, von 5 Tagen bis 1 Monat, von 1 Woche bis 6 Monaten, von 1 Woche bis mehr als 1 Jahr.

[0020] Der Gewichtsprozentanteil der Metallnanopartikel in der Tintenzusammensetzung kann zum Beispiel von 5 Gewichtsprozent bis 80 Gewichtsprozent, von 10 Gewichtsprozent bis 60 Gewichtsprozent oder von 15 Gewichtsprozent bis 50 Gewichtsprozent betragen.

• STABILISATOREN

[0021] Die hierin beschriebene Tintenzusammensetzung enthält auch einen organischen Stabilisator, der mit der Oberfläche der Metallnanopartikel verbunden ist und bis zum Tempern des Metallnanopartikels während der Bildung der metallischen Merkmale auf einem Substrat nicht entfernt wird.

[0022] In Ausführungsformen ist der Stabilisator physikalisch oder chemisch mit der Oberfläche der Metallnanopartikel assoziiert. Auf diese Weise tragen die Nanopartikel den Stabilisator außerhalb einer flüssigen Lösung auf sich. Das heißt, dass die Nano-

partikel mit dem Stabilisator darauf isoliert und aus einer Reaktionsmischungslösung gewonnen werden können, die bei der Bildung der Nanopartikel und des Stabilisatorkomplexes verwendet wurde. Die stabilisierten Nanopartikel können so anschließend ahne Weiteres und homogen in einem Lösungsmittel zur Bildung einer druckbaren Lösung dispergiert werden.

[0023] Wie hierin verwendet kann der Begriff „physikalisch oder chemisch assoziiert“ eine chemische Bindung und/oder eine andere physikalische Verknüpfung zwischen dem Metallnanopartikel und dem Stabilisator sein. Die chemische Bindung kann die Form zum Beispiel einer kovalenten Bindung, einer Wasserstoffbindung, einer Koordinationskomplexbindung oder ionischen Bindung oder einer Mischung der verschiedenen chemischen Bindungen einnehmen. Die physikalische Verknüpfung kann die Form von zum Beispiel Van-der-Waals-Kräften oder Dipol-Dipol-Wechselwirkungen oder einer Mischung verschiedener physikalischer Verknüpfungen einnehmen.

[0024] Der Begriff „organisch“ in „organischer Stabilisator“ bezieht sich zum Beispiel auf die Gegenwart von (einem) Kohlenstoffatom(en), aber der organische Stabilisator kann ein oder mehrere Nichtmetallheteroatome wie z. B. Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel, Silicium, Halogen und dergleichen umfassen. Der organische Stabilisator kann ein Organamin-Stabilisator sein, wie solche, die im US-Patent US 7,270,694 B2 beschrieben werden. Beispiele für das Organoamin sind ein Alkylamin wie zum Beispiel Butylamin, Pentylamin, Hexylamin, Heptylamin, Octylamin, Nonylamin, Decylamin, Hexadecylamin, Undecylamin, Dodecylamin, Tridecylamin, Tetradecylamin, Diaminopentan, Diaminohexan, Diaminheptan, Diaminooctan, Diaminononan, Diaminodecan, Dipropylamin, Dibutylamin, Dipentylamin, Dihexylamin, Diheptylamin, Dioctylamin, Dinonylamin, Didecylamin, Methylpropylamin, Ethylpropylamin, Propylbutylamin, Ethylbutylamin, Ethylpentylamin, Propylpentylamin, Butylpentylamin, Tributylamin, Trihexylamin und dergleichen oder Mischungen davon.

[0025] Beispiele für weitere organische Stabilisatoren umfassen zum Beispiel Thiol und seine Derivate, -OC(=S)SH (Xanthogensäure), Polyethylenglykol, Polyvinylpyridin, Polyvinylpyrrolidon und weitere organische Tenside. Der organische Stabilisator kann aus der Gruppe bestehend aus einem Thiol, wie zum Beispiel Butanthiol, Pentanthiol, Hexanthiol, Heptanthiol, Octanthiol, Decanthiol und Dodecanthiol; einem Dithiol wie zum Beispiel 1,2-Ethandithiol, 1,3-Propandithiol und 1,4-Butandithiol oder einer Mischung aus einem Thiol und einem Dithiol ausgewählt werden. Der organische Stabilisator kann aus der Gruppe bestehend aus einer Xanthogensäure, wie zum Beispiel O-Methylxanthogenat, O-Ethylxanthogenat, O-Propylxanthogensäure, O-Butylxanthogensäure, O-Pentylxanthogensäure, O-Hexylxanthogensäure, O-Heptylxanthogensäure, O-Octylxanthogensäure, O-Nonylxanthogensäure, O-Decylxanthogensäure, O-Undecylxanthogensäure, O-Dodecylxanthogensäure ausgewählt werden. Organische Stabilisatoren, die ein Pyridinderivat umfassen (zum Beispiel Dodecylpyridin) und/oder ein Organophosphin, das Metallnanopartikel stabilisieren kann, können hierin ebenfalls als Stabilisatoren eingesetzt werden.

[0026] Weitere Beispiele für organisch stabilisierte Metallnanopartikel können Folgende umfassen: die in der US 2009/0148600 beschriebenen Carbonsäure-Organamin-komplexstabilisierten Metallnanopartikel, die in der US 2007/0099357 A1 beschriebenen Carbonsäure-stabilisierten Metallnanopartikel und die in der US 2009/0181183 A1 beschriebenen thermisch entfernbaren Stabilisatoren und UV-zersetzbaren Stabilisatoren.

[0027] Das Ausmaß der Bedeckung der Oberfläche der Metallnanopartikel mit Stabilisator kann variieren, zum Beispiel von einer teilweisen bis zu einer vollständigen Bedeckung, und zwar in Abhängigkeit von der Fähigkeit des Stabilisators zum Stabilisieren der Metallnanopartikel. Selbstverständlich besteht auch eine Variabilität im Ausmaß der Bedeckung mit Stabilisator unter den einzelnen Metallnanopartikeln.

[0028] Der Gewichtsprozentanteil des optionalen Stabilisators in der Metallnanopartikel-Lösung kann zum Beispiel von 5 Gewichtsprozent bis 80 Gewichtsprozent, von 10 Gewichtsprozent bis 60 Gewichtsprozent oder von 15 Gewichtsprozent bis 50 Gewichtsprozent betragen.

• SILIKONMODIFIZIERTE POLYACRYLATVERBINDUNG

[0029] Die Tintenzusammensetzung enthält des Weiteren eine silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung. Die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung ist ein hydroxylfunktionelles silikonmodifiziertes Polyacrylat. Die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung kann die Hydrophobie und/oder Oleophobie der Tintenzusammensetzung erhöhen. Der Einschluss des silikonmodifizierten Polyacrylats kann den „Kaffeeringeffekt“ effizient abschwächen, der hierin als die Verengung der Breite von gedruckten Metallleitungen und der Erhöhung der Metallleitungsdicke definiert ist. Darüber hinaus kann das silikonmodifizierte Polyacrylat die Benetzbarkeit, das Egalisieren, die Oberflächengleitung und Antiblockierungseigenschaften des Substrats verbessern und dabei mit den Anforderungen an Ausstoßfähigkeit und Stabilität einer Tintenformulierung kompatibel sein.

[0030] Das silikonmodifizierte Polyacrylat ist ein hydroxylfunktionelles, silikonmodifiziertes Polyacrylat. Beispiele für hydroxylfunktionelle silikonmodifizierte

Polyacrylate sind SILCLEAN 3700 (hergestellt von BYK Altana) und NLC Additive SS1 (hergestellt von Northants Leather Chemicals).

[0031] Die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung kann in einem Lösungsmittel mit einer Methoxyeinheit gelöst werden, wie zum Beispiel Methoxypropylacetat und Methoxypropanol. Das zum Lösen der silikonmodifizierten Polyacrylatverbindung verwendete Lösungsmittel kann das gleiche oder ein anderes als das Lösungsmittel sein, das zum Lösen der Metallnanopartikel verwendet wurde.

[0032] Die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung kann in dem Lösungsmittel in einer Menge von mindestens 10 Gewichtsprozent der Tintenzusammensetzung vorhanden sein, wie zum Beispiel von 10 Gewichtsprozent bis 50 Gewichtsprozent, von 15 Gewichtsprozent bis 50 Gewichtsprozent, von 15 Gewichtsprozent bis 40 Gewichtsprozent, von 20 Gewichtsprozent bis 30 Gewichtsprozent, von 25 Gewichtsprozent bis 30 Gewichtsprozent der silikonmodifizierter Polyacrylatverbindung/des Lösungsmittels.

[0033] Die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung kann in der Tintenzusammensetzung in einer Menge von mindestens 0,1 Gewichtsprozent der Tintenzusammensetzung vorhanden sein, wie zum Beispiel von 0,1 Gewichtsprozent bis 10 Gewichtsprozent, von 0,5 Gewichtsprozent bis 10 Gewichtsprozent, von 1 Gewichtsprozent bis 8 Gewichtsprozent, von 2 Gewichtsprozent bis 6 Gewichtsprozent, von 3 Gewichtsprozent bis 5 Gewichtsprozent und von 0,5 bis 2 Gewichtsprozent der Tintenzusammensetzung.

[0034] Die aus den Metallnanopartikeln und der silikonmodifizierten Polyacrylatverbindung bestehende Tintenzusammensetzung kann hergestellt werden, indem die Metallnanopartikel und die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung in einem beliebigen, geeigneten Dispersionslösungsmittel dispergiert wird und die Tintenzusammensetzung auf einem Substrat zur Bildung eines leitfähigen Merkmals abgeschieden wird. Die Tintenzusammensetzung kann verwendet werden, um leitfähige Merkmale auf einem Substrat zu drucken und zu bilden.

[0035] Das dispergierende Lösungsmittel sollte das Dispergieren der unstabilisierten oder stabilisierten Metallnanopartikel und des Zusatzstoffes mit niedriger Polarität erleichtern. Beispiele für das dispergierende Lösungsmittel können zum Beispiel ein Alkan oder ein Alkohol mit von 10 bis 18 Kohlenstoffatomen oder von 10 bis 14 Kohlenstoffatomen, wie z. B. Undecan, Dodecan, Tridecan, Tetradecan, 1-Undecanol, 2-Undecanol, 3-Undecanol, 4-Undecanol, 5-Undecanol, 6-Undecanol, 1-Dodecanol, 2-Dodecanol, 3-Dodecanol, 4-Dodecanol, 5-Dodecanol, 6-Dodecanol, 1-Tridecanol, 2-Tridecanol, 3-Tridecanol, 4-Tridecanol, 5-Tridecanol, 6-Tridecanol, 7-Tridecanol, 1-Tetradecanol, 2-Tetradecanol, 3-Tetradecanol, 4-Tetradecanol, 5-Tetradecanol, 6-Tetradecanol, 7-Tetradecanol und dergleichen, einen Monoterpenalkohol wie zum Beispiel Terpineol (α-Terpineol), β-Terpineol, Geraniol, Cineol, Cedral, Linalool, 4-Terpineol, Lavandulol, Citronellol, Nerol, Menthol, Borneol und dergleichen, isoparaffinische Kohlenwasserstoffe wie zum Beispiel Isodecan, Isododecan und kommerziell erhältliche Isoparafinmischungen wie z. B. ISOPAR E, ISOPAR G, ISOPAR H, ISOPAR L und ISOPAR M (alle oben genannten werden von Exxon Chemical Company hergestellt), SHELLSOL (hergestellt von der Shell Chemical Company), SOLTROL (hergestellt von Philips Oil Co., Ltd.), BEGASOL (hergestellt von Mobil Petroleum Co., Inc.) und IP Solvent 2835 (hergestellt von Idemitsu Petrochemical Co., Ltd.); Toluol, Xylol, Tetrahydrofuran; Chlorbenzol, Dichlorbenzol, Trichlorbenzol, Nitrobenzol, Cyanobenzol, Acetonitril; Dichlormethan; N,N-Dimethylformamid (DMF); N-Methyl-2-pyrrolidon sowie Mischungen davon umfassen. Weitere Beisiele für dispergierende Lösungsmittel umfassen die in der US 2010/0143591 A1 offenbarten dispergierenden Lösungsmittel.

[0036] Es können ein, zwei oder mehrere Lösungsmittel verwendet werden. In Ausführungsformen, in denen zwei oder mehr Lösungsmittel verwendet werden, kann jedes Lösungsmittel in einem beliebigen, geeigneten Volumenanteil oder molaren Anteil vorhanden sein, wie z. B. 99 (erstes Lösungsmittel): 1 (zweites Lösungsmittel) bis 1 (erstes Lösungsmittel): 99 (zweites Lösungsmittel), von 67 (erstes Lösungsmittel):33 (zweites Lösungsmittel).

[0037] Das Lösungsmittel kann in der Tintenzusammensetzung in einer Menge von mindestens 10 Gewichtsprozent der Tintenzusammensetzung vorhanden sein, wie zum Beispiel von 10 Gewichtsprozent bis 70 Gewichtsprozent, von 30 Gewichtsprozent bis 60 Gewichtsprozent, von 30 Gewichtsprozent bis 55 Gewichtsprozent, von 40 Gewichtsprozent bis 50 Gewichtsprozent der Tintenzusammensetzung.

[0038] Die Herstellung eines leitfähigen Merkmals, wie z. B. eines elektrisch leitfähigen Elements aus der Metallnanopartikel-Dispersion kann mittels Abscheiden der Tintenzusammensetzung auf einem Substrat unter Verwendung geeigneter Techniken für eine Flüssigkeitsaufbringung zu einer geeigneten Zeit vor oder nach der Bildung einer anderen optionalen Schicht oder Schichten auf dem Substrat durchgeführt werden. So kann die Flüssigkeitsaufbringung der Tintenzusammensetzung auf dem Substrat entweder auf einem Substrat oder auf einem bereits geschichtetes Material umfassenden Substrat, zum Beispiel einer Halbleiterschicht und/oder einer Isolationsschicht erfolgen.

[0039] Die Bezeichnung „Technik für eine Flüssigkeitsaufbringung“ bezieht sich zum Beispiel auf die Aufbringung einer Zusammensetzung unter Verwendung eines Flüssigkeitsverfahrens wie z. B. Flüssigkeitsbeschichten oder Drucktechniken, wobei die Flüssigkeit eine homogene oder heterogene Dispersion der Metallnanopartikel und der silikonmodifizierten Polyacrylatverbindung ist. Die Metallnanopartikelzusammensetzung kann bei Abscheidung auf einem Substrat als eine Tinte betrachtet werden. Beispiele von Flüssigbeschichtungsverfahren können zum Beispiel Schleuderbeschichten, Messerbeschichten, Stabbeschichten, Tauchbeschichten und dergleichen umfassen. Beispiele für Drucktechniken können zum Beispiel Lithographie oder Offset-Druck, Tiefdruckverfahren, Flexographie, Siebdruck, Schablonendruck, Tintenstrahldruck, Stempeln (wie z. B. Mikrokontaktdruck) und dergleichen umfassen. Eine Flüssigkeitsaufbringung trägt eine Schicht oder eine Leitung der Zusammensetzung mit einer Dicke auf, die im Bereich von 5 Nanometern bis 5 Millimeter, von 10 Nanometern bis 1000 Mikrometern auf dem Substrat liegt. Die abgeschiedene Metallnanopartikelzusammensetzung kann in diesem Stadium eine nennenswerte elektrische Leitfähigkeit aufweisen oder auch nicht.

[0040] Die Metallnanopartikel können aus der Metallnanopartikel-Dispersion auf ein Substrat mit einer Geschwindigkeit von zum Beispiel 100 Umdrehungen pro Minute (UpM) bis 5000 UpM, von 500 UpM bis 30000 UpM und von 500 UpM bis 2000 UpM schleuderbeschichtet werden, zum Beispiel für 10 Sekunden bis 1000 Sekunden, für 50 Sekunden bis 500 Sekunden oder von 100 Sekunden bis 150 Sekunden.

[0041] Das Substrat, auf dem die metallischen Merkmale abgeschieden werden, kann ein beliebiges, geeignetes Substrat sein, einschließlich zum Beispiel Silicium, einer Glasplatte, einem Kunststofffilm, einer Folie, Stoff oder Papier. Für strukturell flexible Vorrichtungen können Kunststoffsubstrate wie zum Beispiel Polyester-, Polycarbonat- oder Polyimidfolien und dergleichen verwendet werden. Die Dicke des Substrats kann von 10 Mikrometer bis mehr als 10 Millimeter betragen, mit einer beispielhaften Dicke von 50 Mikrometer bis 2 Millimeter, insbesondere bei einem flexiblen Kunststoffsubstrat, und von 0,4 bis 10 Millimeter für ein starres Substrat wie z. B. Glas oder Silicium.

[0042] Das Erhitzen der abgeschiedenen Tintenzusammensetzung auf eine Temperatur von zum Beispiel 200°C oder weniger, wie zum Beispiel von 100°C bis 200°C, von 100°C bis 180°C oder von 100°C bis 160°C, um ein Tempern der „Metallnanopartikel“ zu induzieren und so eine elektrisch leitfähige Schicht zu bilden, die für eine Anwendung als ein elektrisch leitfähiges Element in elektronischen Vorrichtungen geeignet ist. Die Erhitzungstemperatur ist eine, die keine nachteiligen Veränderungen der Eigenschaften der vorher abgeschiedenen Schicht (en) oder des Substrats (gleich ob einschichtiges Substrat oder mehrschichtiges Substrat) verursacht. Ebenso ermöglichen die geringen, oben beschriebenen Heiztemperaturen die Verwendung von kostengünstigen Kunststoffsubstraten, die eine Tempertemperatur von weniger als 200°C aufweisen.

[0043] Das Erhitzen kann für eine Dauer im Bereich von zum Beispiel 1 Sekunde bis 10 Stunden und von 10 Sekunden bis 1 Stunde durchgeführt werden. Das Erhitzen kann an Luft, in einer inerten Atmosphäre, zum Beispiel unter Stickstoff oder Argon, oder in einer reduzierenden Atmosphäre, zum Beispiel in 1 bis 20 Volumenprozent Wasserstoff enthaltendem Stickstoff durchgeführt werden. Das Erhitzen kann auch unter normalem Atmosphärendruck oder bei einem verringerten Druck von zum Beispiel 1000 mbar bis 0,01 mbar durchgeführt werden.

[0044] Wie hierin verwendet umfasst der Begriff „Erhitzen“ (eine) beliebige Technik(en), die dem erhitzten Material oder Substrat ausreichend Energie vermitteln können, um (1) die Metallnanopartikel zu tempern und/oder (2) optionale Stabilisatoren von den Metallnanopartikeln zu entfernen. Beispiele für Heiztechniken können thermisches Erhitzen (zum Beispiel eine Heizplatte, ein Ofen und ein Brenner), Infrarot(„IR“)-Strahlung, einen Laserstrahl, Mikrowellenstrahlung oder UV-Strahlung oder eine Kombination daraus umfassen.

[0045] Das Erhitzen erzeugt eine Reihe von Effekten. Vor dem Erhitzen kann die Schicht der abgeschiedenen Metallnanopartikel elektrisch isolierend sein oder nur eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit aufweisen; das Erhitzen führt jedoch zu einer elektrisch leitfähigen Schicht, die aus den getemperten Metallnanopartikeln besteht, was die Leitfähigkeit erhöht. In Ausführungsformen können die getemperten Metallnanopartikel koaleszierte oder teilweise koaleszierte Metallnanopartikel sein. In Ausführungsformen kann es möglich sein, dass die Metallnanopartikel in den getemperten Metallnanopartikeln ausreichende Partikel-Partikel-Kontakte erreichen, um die elektrisch leitfähige Schicht ohne Koaleszenz zu bilden.

[0046] In Ausführungsformen weist die resultierende elektrisch leitfähige Leitung, welche die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung umfasst, nach dem Erhitzen eine Dicke im Bereich von zum Beispiel 5 Nanometer bis 5 Mikrometer, von 10 Nanometer bis 2 Mikrometer, von 50 Nanometer bis 200 Nanometer, von 50 Nanometer bis 100 Nanometer und von 50 Nanometer bis 90 Nanometer auf Darüber hinaus führt der Einschluss der silikonmodifizierten Polyacrylatverbindung in der Zusammensetzung nach

dem Erhitzen der resultierenden elektrisch leitfähigen Leitung zu der elektrisch leitfähigen Leitung mit einer Breite von weniger als 200 Mikrometer, wie zum Beispiel von 10 Mikrometer bis 200 Mikrometer, von 25 Mikrometer bis 150 Mikrometer, von 50 Mikrometer bis 100 Mikrometer und von 75 Mikrometer bis 100 Mikrometer.

[0047] Die Leitfähigkeit des resultierenden Metallelements, das durch das Erhitzen der abgeschiedenen Metallnanopartikelzusammensetzung erzeugt wurde, beträgt z. B. mehr als 100 Siemens/Zentimeter („S/cm“), mehr als 1.000 S/cm, mehr als 2.000 S/cm, mehr als 5.000 S/cm oder mehr als 10.000 S/cm.

• DÜNNSCHICHTTRANSISTOREN

[0048] Die resultierenden Elemente können als Elektroden, leitfähige Kontaktflächen, Dünnschichttransistoren, Leiterbahnen und dergleichen in elektronischen Vorrichtungen wie z. B. Dünnschichttransistoren, organischen Licht emittierenden Dioden, RFID(Radiofrequenzidentifizierung)-Tags, Photovoltaik, gedruckten Antennen und anderen elektronischen Vorrichtungen verwendet werden, die leitfähige Elemente oder Komponenten benötigen.

[0049] In noch weiteren Ausführungsformen wird ein Dünnschichttransistor bereitgestellt, der Folgendes umfasst:

- (a) eine Isolierschicht;
- (b) eine Gateelektrode;
- (c) eine Halbleiterschicht;
- (d) eine Sourceelektrode; und
- (e) eine Drainelektrode,

wobei die Isolierschicht, die Gateelektrode, die Halbleiterschicht, die Sourceelektrode und die Drainelektrode in einer beliebigen Reihenfolge angeordnet sind, solange die Gateelektrode und die Halbleiterschicht beide mit der Isolierschicht in Kontakt stehen und die Sourceelektrode und die Drainelektrode beide mit der Halbleiterschicht in Kontakt stehen, und wobei zumindest eine der Sourceelektrode, Drainelektrode und Gateelektrode gebildet wird, indem: eine die Metallnanopartikel und eine silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung enthaltende Lösung geschaffen wird, die Lösung auf einem Substrat abgeschieden wird und die Lösung auf dem Substrat auf eine Temperatur von 100°C bis 200°C erhitzt wird, um leitfähige Merkmale auf dem Substrat zu bilden.

[0050] So können eine Gateelektrode, eine Sourceelektrode und eine Drainelektrode durch die hierin beschriebenen Ausführungsformen hergestellt werden. Die Dicke der Gateelektrodenschicht liegt in einem Bereich von zum Beispiel 10 bis 2000 nm. Typische Dicken der Source- und Drainelektroden betragen zum Beispiel von 40 nm bis 1 Mikrometer, mit einer spezifischeren Dicke von 60 nm bis 400 nm.

[0051] Die Isolierschicht kann im Allgemeinen ein anorganischer Materialfilm oder ein organischer Polymerfilm sein. Beispiele für als Isolierschicht geeignete anorganische Materialien können zum Beispiel Siliciumoxid, Siliciumnitrid, Aluminiumoxid, Bariumtitanat, Bariumzirkoniumtitanat und dergleichen umfassen. Illustrierende Beispiele für organische Polymere für die Isolierschicht können zum Beispiel Polyester, Polycarbonate, Poly(vinylphenol), Polyimide, Polystyrol, Poly(methacrylat)e, Poly(acrylat)e, Epoxyharz und dergleichen umfassen. Die Dicke der Isolierschicht beträgt zum Beispiel von 10 nm bis 500 nm, je nach der Dielektrizitätskonstante des verwendeten dielektrischen Materials. Eine beispielhafte Dicke der Isolierschicht beträgt von 100 nm bis 500 nm. Die Isolierschicht kann eine Leitfähigkeit aufweisen, die zum Beispiel weniger als 10^{-12} S/cm beträgt.

[0052] Die Halbleiterschicht befindet sich zum Beispiel zwischen und im Kontakt mit der Isolierschicht und den Source-/Drainelektroden, wobei die Dicke der Halbleiterschicht im Allgemeinen zum Beispiel 10 nm bis 1 Mikrometer oder 40 bis 100 nm beträgt. Zur Bildung dieser Schicht kann ein beliebiges Halbleitermaterial verwendet werden. Beispielhafte Halbleitermaterialien umfassen regioregelmäßige Polythiophene, Oligothiophene, Pentacen und die in der US 2003/0160230 A1; der US 2003/0160234 A1; der US 2003/0136958 A1 beschriebenen Halbleiterpolymere. Zur Bildung der Halbleiterschicht kann ein beliebiges geeignetes Verfahren verwendet werden. Ein solches Verfahren ist das Anlegen von Vakuum auf $1{,}3 \times 10^{-3}$ Pa bis $1{,}3 \times 10^{-}5$ Pa (10^{-5} torr bis 10^{-7} torr) an eine ein Substrat enthaltende Kammer und ein die Verbindung in Pulverform enthaltendes Quellengefäß und Erhitzen des Gefäßes, bis die Verbindung auf das Substrat sublimiert. Die Halbleiterschicht kann im Allgemeinen auch durch Lösungsverfahren wie z. B. Schleuderbeschichten, Gießen, Siebdruck, Prägen oder Tintenstrahldruck einer Lösung oder Dispersion des Halbleiters hergestellt werden.

[0053] Die Isolierschicht, die Gateelektrode, die Halbleiterschicht, die Sourceelektrode und die Drainelektrode werden in einer beliebigen Reihenfolge gebildet, insbesondere wo in Ausführungsformen die Gateelektrode und die Halbleiterschicht beide mit der Isolierschicht in Kontakt stehen und die Sourceelektrode und die Drainelektrode beide mit der Halbleiterschicht in Kontakt stehen. Der Begriff „in einer beliebigen Reihenfolge“ umfasst eine aufeinander folgende und eine simultane Bildung. Zum Beispiel können die Sourceelektrode und die Drainelektrode simultan oder aufeinander folgend gebildet werden. Die Zusammensetzung, Herstellung und der Betrieb von Dünnschichttransistoren werden in US 6,107,117 A beschrieben.

[0054] In Ausführungsformen wird mindestens eine der Gate-, Source- oder Drainelektroden in einem Dünnschichttransistor unter Verwendung des hierin beschriebenen Verfahrens zur Bildung von leitfähigen Merkmalen auf einem Substrat gebildet, wobei eine die stabilisierten Metallnanopartikel und eine silikomnodifizierte Polyacrylatverbindung enthaltende Lösung hergestellt wird, die Lösung auf dem Substrat abgeschieden wird, wobei während des Abscheidens oder nach dem Abscheiden der Lösung auf dem Substrat, und der Stabilisator zur Bildung von leitfähigen Merkmalen auf dem Substrat bei einer Temperatur von weniger als 200°C entfernt wird.

[0055] Ausführungsformen hierin werden weiter mittels der folgenden Beispiele erläutert. Alle Teile und Prozentangaben beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf das Gewicht. Raumtemperatur bezieht sich auf eine Temperatur im Bereich von zum Beispiel 20°C bis 25°C.

• BEISPIELE

• Herstellung von Aminoalkan-stabilisierten Silbernanopartikeln (1X-Pulververfahren)

[0056] Hexadecylamin wurde in der Originalflasche zum Schmelzen auf 50-60°C vorgeheizt. 144,6 Gramm 1-Hexadecylamin (600 mmol, Aldrich, 90%) und 160 ml Toluol wurden unter Rühren in einem 1l fassenden, ummantelten Reaktor unter einer Stickstoffdecke auf etwa 65°C erhitzt. Dann wurden über 2 Minuten 20 Gramm Silberacetat (120 mmol, Alfa Aesar, 99%) zum Reaktor gegeben; das Silberacetat löste sich rasch auf. Eine zweite Portion Hexadecylamin (144,6 Gramm) wurde in den Reaktor gegossen und die Lösung wurde über einen Zeitraum von 45 Minuten auf 55°C gekühlt. Über 10 Minuten wurden 7,13 Gramm Phenylhydrazin (66 mmol, Aldrich, 97%), verdünnt in 10 ml Toluol, zum Reaktor gegeben. Die Lösung nahm eine schwarz-rote Färbung an, was auf die Reduktion der Silberpartikel und die Bildung von Silbernanopartikeln hindeutet. Die Lösung wurde weitere 15 Minuten lang gemischt, um eine vollständige Reduktionsreaktion zu gewährleisten. Der Reaktor wurde dann auf unter 50°C gekühlt und das Produkt wurde durch Zugabe von 240 ml Isopropanol gefolgt von 560 ml Methanol zum Reaktor ausgefällt. Die Lösung nahm eine dunkelviolett/blaue Färbung an. Die Lösung wurde 5 Minuten lang gemischt, dann abgelassen und über eine Vakuumfiltrationseinheit mit einem Filter mit 3 inch Durchmesser (7,6 cm) mit einer 0,5 µm-GORE-TEX-Membran überführt. Der metallisch blaue Kuchen wurde in 200 ml Isopropanol dispergiert und 30 Minuten lang gewaschen, um jegliche verbliebenen Amine und Nebenprodukte der Reaktion zu entfernen. Die Mischung wurde unter Verwendung des gleichen Filtermediums filtriert. Anschließend wurde dreimal mit je 50 ml Methanol gewaschen, um die Entfernung von Isopropanol von der Oberfläche der Partikel zu unterstützen. Die Partikel wurden dann über Nacht bei 30-40°C in einem Vakuumofen getrocknet. Die Endausbeute des Produkts betrug 15,21 Gramm (94,4% theoretisch) und enthielt 81% Silber (geschätzt aus TGA-Analyse).

• Herstellung von Aminoalkan-stabilisierten Silbernanopartikeln (2X-Pulververfahren)

[0057] Hexadecylamin wurde in der Originalflasche zum Schmelzen auf 50-60°C vorgeheizt. 144,6 Gramm 1-Hexadecylamin (600 mmol, Aldrich, 90%) und 160 ml Toluol wurden unter Rühren in einem 1l fassenden, ummantelten Reaktor unter einer Stickstoffdecke auf etwa 65°C erhitzt. Dann wurden über 2 Minuten 40 Gramm Silberacetat (240 mmol, Alfa Aesar, 99%) zum Reaktor gegeben; das Silberacetat löste sich rasch auf. Eine zweite Portion Hexadecylamin (144,6 Gramm) wurde in den Reaktor gegossen und die Lösung wurde über einen Zeitraum von 45 Minuten auf 55°C gekühlt. Über 10 Minuten wurden 14,3 Gramm Phenylhydrazin (133 mmol, Aldrich, 97%), verdünnt in 12 ml Toluol, zum Reaktor gegeben. Die Lösung nahm eine schwarz-rote Färbung an, was auf die Reduktion der Silberpartikel und die Bildung von Silbernanopartikeln hindeutet. Die Lösung wurde weitere 15 Minuten lang gemischt, um eine vollständige Reduktionsreaktion zu gewährleisten. Der Reaktor wurde dann auf unter 45°C gekühlt und das Produkt wurde durch Zugabe von 780 ml Methanol, gefolgt von 320 ml Isopropanol zum Reaktor ausgefällt. Die Lösung nahm eine dunkelviolett/blaue Färbung an. Die Lösung wurde 5 Minuten lang gemischt, dann abgelassen und über eine Vakuumfiltrationseinheit mit einem Filter mit 3 inch Durchmesser (7,6 cm) mit einer 0,5 µm-GORE-TEX-Membran überführt. Der metallisch blaue Kuchen wurde zweimal Isopropanol dispergiert (2 × 480 ml) und 30 Minuten lang gewaschen, um jegliche verbliebenen Amine und Nebenprodukte der Reaktion zu entfernen. Die Mischung wurde unter Verwendung des gleichen Filtermediums filtriert. Anschließend wurde dreimal mit je 50 ml Methanol gewaschen, um die Entfernung von Isopropanol von der Oberfläche der Partikel zu unterstützen. Die Partikel wurden dann über Nacht bei 30-40°C in einem Vakuumofen getrocknet. Die Endausbeute des Produkts betrug etwa 30 Gramm (95% theoretisch) und enthielt 84% Silber (geschätzt aus TGA-Analyse).

• AUSWERTUNG 1

• Referenztintenzusammensetzung

[0058] 25 Gramm Silbernanopartikel (1X-Pulver) wurden in einer 25-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 16,67 g, Terpineol = 8,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stun-

den lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 5-µm-Filter filtriert.

• Beispiel 1: Tintenzusammensetzung A

[0059] 25 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurden in einer 25-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 16,67 g, Terpineol = 8,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 5-µm-Filter filtriert. Zur Bildung einer resultierenden Mischung wurden 0,02 Gramm SILCLEAN 3700 zu 2 Gramm der Tintenzusammensetzung gegeben. Die resultierende Mischung wurde für 5 bis 10 Minuten auf einen Laborschüttler (MS2 Minishaker von IKA) gesetzt.

[0060] Tintenzusammensetzung A wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden 10 Minuten lang in einem Ofen auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 111 nm und einer Breite von 105 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug $2,9 \times 10^4$ S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Beispiel 2: Tintenzusammensetzung B

[0061] 1 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurden in einer 1-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 0,67 g, Terpineol = 0,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 1-µm-Filter filtriert. Zur Bildung einer resultierenden Mischung wurden 6,8 mg SILCLEAN 3700 zu 0,54 Gramm der Tintenzusammensetzung gegeben. Die resultierende Mischung wurde für 5 bis 10 Minuten auf einen Laborschüttler (MS2 Minishaker von IKA) gesetzt.

[0062] Tintenzusammensetzung B wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 90 nm und einer Breite von 120 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug $4,1 \times 10^4$ S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Beispiel 3: Tintenzusammensetzung C

[0063] 1 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurde in einer 1-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 0,67 g, Terpineol = 0,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 1-µm-Filter filtriert. Zur Bildung einer resultierenden Mischung wurden 8 mg SILCLEAN 3700 zu 0,58 Gramm der Tintenzusammensetzung gegeben. Die resultierende Mischung wurde für 5 bis 10 Minuten auf einen Laborschüttler (MS2 Minishaker von IKA) gesetzt.

[0064] Tintenzusammensetzung C wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 146 nm und einer Breite von 74 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug $2,9 \times 10^4$ S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Beispiel 4: Tintenzusammensetzung D

[0065] 1 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurde in einer 1-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 0,67 g, Terpineol = 0,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 1-µm-Filter filtriert. Zur Bildung einer resultierenden Mischung wurden 8 mg SILCLEAN 3700 zu 0,8 Gramm der Tintenzusammensetzung gegeben. Die resultierende Mischung wurde für 5 bis 10 Minuten auf einen Laborschüttler (MS2 Minishaker von IKA) gesetzt.

[0066] Tintenzusammensetzung D wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden 10 Minuten lang in einem Ofen auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu

tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 133 nm und einer Breite von 78 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 5,9 × 10^4 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Beispiel 5: Tintenzusammensetzung E

[0067] 12,5 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurden in einer 12,5-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 8,33 g, Terpineol = 4,17 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 5-µm-Filter filtriert. Zur Bildung einer resultierenden Mischung wurden 9,3 mg SILCLEAN 3700 zu 0,93 Gramm der Tintenzusammensetzung gegeben. Die resultierende Mischung wurde für 5 bis 10 Minuten auf einen Laborschüttler (MS2 Minishaker von IKA) gesetzt.

[0068] Tintenzusammensetzung E wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbemanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden 10 Minuten lang in einem Ofen auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 55 nm und einer Breite von 173 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 5,7 × 10^3 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Vergleichsbeispiel 1:
Tintenzusammensetzung F (Ohne SILCLEAN)

[0069] 0,60 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurden in einer 0,60-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 16,67 g, Terpineol 8,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 0,22-µm-Filter filtriert.

[0070] Tintenzusammensetzung F wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden 10 Minuten lang in einem Ofen auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 94 nm und einer Breite von 153 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 1,0 × 10^3 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Vergleichsbeispiel 2:
Tintenzusammensetzung G (Ohne SILCLEAN)

[0071] 1 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurde in einer 1-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 0,67 g, Terpineol = 0,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 1-µm-Filter filtriert.

[0072] Tintenzusammensetzung G wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden 10 Minuten lang in einem Ofen auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 87 nm und einer Breite von 188 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 8,3 × 10^3 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Vergleichsbeispiel 3:
Tintenzusammensetzung H (Ohne SILCLEAN)

[0073] 1 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurde in einer 1-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 0,67 g, Terpineol = 0,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 1-µm-Filter filtriert.

[0074] Tintenzusammensetzung H wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden 10 Minuten lang in einem Ofen auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 71 nm und einer Breite von 162 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leit-

fähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 3,1 × 10^4 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Vergleichsbeispiel 4:
Tintenzusammensetzung I (Ohne SILCLEAN)

[0075] 1 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurde in einer 1-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 0,67 g, Terpineol = 0,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 1-µm-Filter filtriert.

[0076] Tintenzusammensetzung I wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden 10 Minuten lang in einem Ofen auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 107 nm und einer Breite von 91 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 6,7 × 10^4 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Vergleichsbeispiel 5:
Tintenzusammensetzung J (Ohne SILCLEAN)

[0077] 12,5 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurden in einer 12,5-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 8,33 g, Terpineol = 4, 17 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 5-µm-Filter filtriert.

[0078] Tintenzusammensetzung J wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden 10 Minuten lang in einem Ofen auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 54 nm und einer Breite von 232 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 1,4 × 10^4 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

[0079] Die Tintenzusammensetzungen in den Beispielen 1-5 führten zu engeren gedruckten Leitungen als die Tintenzusammensetzungen der Vergleichsbeispiel 1-5. Die mit dem Zusatzstoff (SILCLEAN) gedruckten Leitungen zeigten keinen „Kaffeeringeffekt“, sind enger als die ohne den Zusatzstoff gedruckten Leitungen und dicker. Als solche sind die mit dem Zusatzstoff gedruckten Silberleitungen leitfähiger als die ohne Zusatzstoff gedruckten Leitungen.

• AUSWERTUNG 2 (A)

• Beispiel 6: Herstellung der
Tintenzusammensetzung K (1% SILCLEAN)

[0080] Die Tintenzusammensetzung K entspricht exakt der von Tintenzusammensetzung D aus Auswertung 1. Wie oben diskutiert wurden die dünnen Silbernanopartikellinien in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 133 nm und einer Breite von 77 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 5,9 × 10^4 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Beispiel 7: Herstellung der
Tintenzusammensetzung L (3,5% SILCLEAN)

[0081] 1 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurde in einer 1-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 0,67 g, Terpineol = 0,33 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 1-µm-Filter filtriert. Zur Bildung einer resultierenden Mischung wurden 30 mg SILCLEAN 3700 zu 0,8 Gramm der Tintenzusammensetzung gegeben. Die resultierende Mischung wurde für 5 bis 10 Minuten auf einen Laborschüttler (MS2 Minishaker von IKA) gesetzt.

[0082] Tintenzusammensetzung L wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 171 nm und einer Breite von 85 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 3,3 × 10^4 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Vergleichsbeispiel 6:
Tintenzusammensetzung M (Ohne SILCLEAN)

[0083] Die Tintenzusammensetzung M entspricht exakt der von Tintenzusammensetzung I aus Auswertung 1. Wie oben diskutiert wurden die dünnen Silbernanopartikellinien in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 107 nm und einer Breite von 91 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 6,7 × 104 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• AUSWERTUNG 2B

• Beispiel 8: Herstellung der
Tintenzusammensetzung N (1% SILCLEAN)

[0084] Die Tintenzusammensetzung N entspricht exakt der von Tintenzusammensetzung E aus Auswertung 1. Wie oben diskutiert wurden die dünnen Silbernanopartikellinien in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 55 nm und einer Breite von 173 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug $5,7 \times 10^3$ S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Beispiel 9: Herstellung der
Tintenzusammensetzung O (2% SILCLEAN)

[0085] 12,5 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurden in einer 12,5-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 8,33 g, Terpineol = 4, 17 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 5-µm-Filter filtriert. Zur Bildung einer resultierenden Mischung wurden 20 mg SILCLEAN 3700 zu 1 Gramm der Tintenzusammensetzung gegeben. Die resultierende Mischung wurde für 5 bis 10 Minuten auf einen Laborschüttler (MS2 Minishaker von IKA) gesetzt.

[0086] Tintenzusammensetzung O wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 60 nm und einer Breite von 140 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug 7,5 × 10^3 S/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Beispiel 10: Herstellung der
Tintenzusammensetzung P (3% SILCLEAN)

[0087] 12,5 Gramm Silbernanopartikel (2X-Pulver) wurden in einer 12,5-Gramm-Mischung aus ISOPAR G und Terpineol (ISOPAR G = 8,33 g, Terpineol = 4,17 g) dispergiert, um eine Tintenzusammensetzung zu bilden. Die Tintenzusammensetzung wurde 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 38-40°C gemischt und dann vor dem Verpacken über einen 5-µm-Filter filtriert. Zur Bildung einer resultierenden Mischung wurden 34 mg SILCLEAN 3700 zu 1,1 Gramm der Tintenzusammensetzung gegeben. Die resultierende Mischung wurde für 5 bis 10 Minuten auf einen Laborschüttler (MS2 Minishaker von IKA) gesetzt.

[0088] Tintenzusammensetzung P wurde unter Verwendung eines Druckers DIMATIX 2800 Materials unter Verwendung einer Piezotintenpatrone mit Drop-on-Demand auf einen Glasobjektträger gedruckt, um dünne braune Linien aus Silbernanopartikeln zu drucken. Die dünnen Silbernanopartikellinien wurden in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 90 nm und einer Breite von 98 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit der getemperten Silberleitungen betrug $2,7 \times 10^4$/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

• Vergleichsbeispiel 7:
Tintenzusammensetzung O (Ohne SILCLEAN)

[0089] Die Tintenzusammensetzung Q entspricht exakt der von Tintenzusammensetzung J aus Auswertung 1. Wie oben diskutiert wurden die dünnen Silbernanopartikellinien in einem Ofen 10 Minuten lang auf eine Temperatur von 140°C erhitzt, um die Silberpartikel zu tempern und glänzende, spiegelähnliche dünne Leitungen mit einer Dicke von ungefähr 54 nm und einer Breite von 232 nm zu bilden, gemessen mittels eines Tastschnittgeräts Veeco Dektak 6M. Die mittlere Leitfähigkeit betrug $1,4 \times 10^4$/cm, gemessen mittels einer 2-Punkt-Sonde 4200-SCS von KEITHLEY.

[0090] Wie oben in den Beispielen 6-7 und Vergleichsbeispiel 6 gezeigt, führte die Erhöhung der Konzentration an silikonmodifizierter Polyacrylatverbindung bei Proben mit einer Linienbreiten von weniger als 100 Mikrometern nicht zu einer engeren Lei-

tung. Wie jedoch oben in den Beispielen 8-10 und Vergleichsbeispiel 6 gezeigt, führte die Erhöhung der Konzentration an silikonmodifizierter Polyacrylatverbindung bei Proben mit einer Linienbreiten von mehr als 200 Mikrometern zu einer engeren Leitung.

Patentansprüche

1. Tintenzusammensetzung, umfassend Metallnanopartikel, eine silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung, einen Stabilisator und ein Lösungsmittel, wobei die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung ein hydroxylfunktionelles silikonmodifiziertes Polyacrylat ist, und wobei der Stabilisator ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Organaminen, Thiolen, Polyethylenglykol, Polyvinylpyridin, Polyvinylpyrrolidon, Carbonsäure-Organamin-komplexstabilisierten Metallnanopartikeln und Carbonsäure-stabilisierten Metallnanopartikeln.

2. Tintenzusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei die Metallnanopartikel aus der Gruppe bestehend aus Silber, Gold, Platin, Palladium, Kupfer, Cobalt, Chrom, Nickel, Silber-Kupfer-Komposit, Silber-Gold-Kupfer-Komposit, Silber-Gold-Palladium-Komposit und Mischungen davon ausgewählt werden.

3. Tintenzusammensetzung gemäß Anspruch 1, ein Organamin-Stabilisator ist, der aus der Gruppe bestehend aus Butylamin, Pentylamin, Hexylamin, Heptylamin, Octylamin, Nonylamin, Decylamin, Hexadecylamin, Undecylamin, Dodecylamin, Tridecylamin, Tetradecylamin, Diaminopentan, Diaminohexan, Diaminoheptan, Diaminooctan, Diaminononan, Diaminodecan, Dipropylamin, Dibutylamin, Dipentylamin, Dihexylamin, Diheptylamin, Dioctylamin, Dinonylamin, Didecylamin, Methylpropylamin, Ethylpropylamin, Propy-Ibutylamin, Ethylbutylamin, Ethylpentylamin, Propylpentylamin, Butylpentylamin, Tributylamin, Trihexylamin und Mischungen davon ausgewählt wird.

4. Tintenzusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung zu 0,1 bis 10 Gewichtsprozent in der Zusammensetzung enthalten ist.

5. Tintenzusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei das Lösungsmittel aus der Gruppe bestehend aus Wasser, einem isoparaffinischen Kohlenwasserstofflösungsmittel, einem Monoterpenalkohol, einem Alkylalkohol mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen, einem Cyclocarbylalkohol mit 5 bis 15 Kohlenstoffatomen, einem Alkan mit 6 bis 16 Kohlenstoffatomen, einem Alkylacetat mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen, Toluol, Xylol, Mesitylen, Chlorbenzol, Dichlorbenzol, Cyanobenzol, Acetonitril, N,N-Dimethylformamid (DMF), N-Methyl-2-pyrrolidon sowie Kombinationen davon ausgewählt wird.

6. Tintenzusammensetzung gemäß Anspruch 5, wobei die Metallnanopartikel aus der Gruppe bestehend aus Silber, Gold, Platin, Palladium, Kupfer, Cobalt, Chrom, Nickel, Silber-Kupfer-Komposit, Silber-Gold-Kupfer-Komposit, Silber-Gold-Palladium-Komposit sowie Mischungen davon ausgewählt werden, wobei die Metallnanopartikel einen Stabilisator ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Butylamin, Pentylamin, Hexylamin, Heptylamin, Octylamin, Nonylamin, Decylamin, Hexadecylamin, Undecylamin, Dodecylamin, Tridecylamin, Tetradecylamin, Diaminopentan, Diaminohexan, Diaminoheptan, Diaminooctan, Diaminononan, Diaminodecan, Dipropylamin, Dibutylamin, Dipentylamin, Dihexylamin, Diheptylamin, Dioctylamin, Dinonylamin, Didecylamin, Methylpropylamin, Ethylpropylamin, Propylbutylamin, Ethylbutylamin, Ethylpentylamin, Propylpentylamin, Butylpentylamin, Tributylamin, Trihexylamin und Mischungen davon umfassen.

7. Verfahren zur Bildung von leitfähigen Merkmalen auf einem Substrat, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
Bereitstellen einer flüssigen Tintenzusammensetzung, die Metallnanopartikel, eine silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung, einen Stabilisator und ein Lösungsmittel umfasst, wobei die silikonmodifizierte Polyacrylatverbindung ein hydroxylfunktionelles silikonmodifiziertes Polyacrylat ist, und wobei der Stabilisator ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Organaminen, Thiolen, Polyethylenglykol, Polyvinylpyridin, Polyvinylpyrrolidon, Carbonsäure-Organamin-komplexstabilisierten Metallnanopartikeln und Carbonsäure-stabilisierten Metallnanopartikeln;
Abscheiden der flüssigen Tintenzusammensetzung auf dem Substrat, um abgeschiedene Merkmale zu bilden; und
Erhitzen der abgeschiedenen Merkmale auf dem Substrat auf eine Temperatur von 100°C bis 200°C zur Bildung von leitfähigen Merkmalen auf dem Substrat.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das flüssige Aufbringen aus der Gruppe bestehend aus Schleuderbeschichten, Rakelbeschichten, Stabbeschichten, Tauchbeschichten, Lithographie oder Offsetdruck, Tiefdruckverfahren, Flexographie, Siebdruck, Schablonendruck, Tintenstrahldrucken und Prägen ausgewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die leitfähigen Merkmale Metallleitungen mit einer Breite von 10 Mikrometer bis 200 Mikrometer sind.

10. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die leitfähigen Merkmale Metallleitungen mit einer Dicke von 50 Nanometer bis 200 Nanometer sind.

Es folgen keine Zeichnungen