



(10) **DE 10 2017 203 069 B4** 2022.06.23

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 203 069.0**

(22) Anmeldetag: **24.02.2017**

(43) Offenlegungstag: **07.09.2017**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.06.2022**

(51) Int Cl.: **C09D 11/52 (2014.01)**

C09D 11/36 (2014.01)

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:

15/061,618 04.03.2016 US

(73) Patentinhaber:

Xerox Corporation, Norwalk, Conn., US

(74) Vertreter:

**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB,
80802 München, DE**

(72) Erfinder:

**Salami, Pedram, Toronto, Ontario, CA; Liu, Ping,
Mississauga, Ontario, CA; Allen, C. Geoffrey,
Waterdown, Ontario, CA; Chopra, Naveen,
Oakville, Ontario, CA; Halfyard, Kurt I.,
Mississauga, Ontario, CA**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2011 076 749	A1
DE	10 2015 206 065	A1
US	2014 / 0 035 995	A1
US	2015 / 0 240 101	A1

(54) Bezeichnung: **Tintenzusammensetzung, Verfahren zu deren Herstellung und Druckverfahren**

(57) Hauptanspruch: Tintenzusammensetzung, umfassend:
ein Metallnanopartikel;

zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungs-
mittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlen-
wasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kom-
patibel ist, und

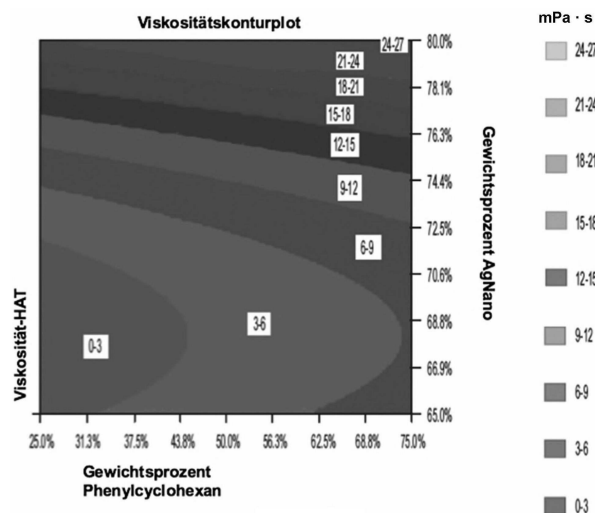
wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwassers-
tofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst;

zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungs-
mittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlen-
wasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kom-
patibel ist, und

wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwassers-
tofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst;

wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von
45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtge-
wicht von der Tintenzusammensetzung aufweist;

wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis
30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20
bis 30 °C aufweist.



Beschreibung

[0001] Hierin ist eine Silbernanopartikel-Tintenzusammensetzung offenbart. In den Ausführungsformen hierin ist eine Silbernanopartikel-Tintenzusammensetzung besonders geeignet für pneumatische Aerosoldruckanwendungen offenbart. Außerdem wird ein Verfahren zur Herstellung der Tintenzusammensetzung sowie ein Druckverfahren, in dem diese Tintenzusammensetzung verwendet wird, offenbart.

[0002] Leitfähige Tinten sind zur Herstellung von leitfähigen Mustern für elektronische Geräteanwendungen erwünscht.

[0003] Die Xerox® Corporation hat ein Nanosilber-Partikel erfunden, das durch ein Organoamin stabilisiert ist. Die US 8,765,025 B2 beschreibt eine Metallnanopartikelzusammensetzung, die ein organisch stabilisiertes Metallnanopartikel und ein Lösungsmittel enthält, in dem das ausgewählte Lösungsmittel die folgenden Hansen-Löslichkeitsparameter aufweist: Einen Dispersionsparameter von $16 \text{ MPa}^{0.5}$ oder mehr und eine Summe aus einem Polaritätsparameter und einem Wasserstoffbindungsparameter von $8,0 \text{ MPa}^{0.5}$ oder weniger. Die US 7,270,694 B2 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von stabilisierten Silbernanopartikeln, umfassend das Umsetzen einer Silberverbindung mit einem Reduktionsmittel, umfassend eine Hydrazinverbindung, durch inkrementelle Zugabe der Silberverbindung zu einer ersten Mischung, umfassend das Reduktionsmittel, einen Stabilisator, umfassend ein Organoamin und ein Lösungsmittel.

[0004] Die US 9,725,614 B2 beschreibt stabilisierte metallhaltige Nanopartikel, die durch ein erstes Verfahren hergestellt werden, umfassend die Umsetzung einer Silberverbindung mit einem Reduktionsmittel, das eine Hydrazinverbindung enthält, durch inkrementelle Zugabe der Silberverbindung zu einer ersten Mischung, umfassend das Reduktionsmittel, einen Stabilisator, umfassend ein Organoamin und ein Lösungsmittel. Die US 2015/0240101 A1 beschreibt leitfähige Tinten mit einem hohen Silbergehalt für Tief- und Flexodruck und Verfahren zur Herstellung derartiger leitfähiger Tinten.

[0005] Lösungsverarbeitbare leitfähige Materialien, umfassend Silbernanopartikel-Tinten, spielen eine wichtige Rolle bei elektronischen Geräteintegrationen. Leitfähige Tinten, die in geeigneten Lösungsmitteln leicht dispergiert werden können und verwendet werden, um verschiedene leitende Merkmale in elektronischen Vorrichtungen, wie zum Beispiel Elektroden und elektrischen Zwischenverbindungen, durch kostengünstige Lösungsablagerungs- und Strukturierungstechniken einschließlich Spin-Beschichten, Tauchbeschichten, Aerosoldrucken und Tintenstrahldrucktechniken herzustellen, sind besonders erwünscht. Ein Aerosoldruck, wie zum Beispiel mit einem pneumatischen Zerstäuber, kann ein kostengünstiges und effizientes Druckverfahren zur Herstellung einer großen Anzahl von elektronischen Geräten, wie zum Beispiel RFID-Tags (Radio Frequency Identification), Antennen, elektronische Sensoren und dergleichen sein.

[0006] DE 10 2015 206 065 A1 offenbart einen Gegenstand, der ein Substrat umfasst, das entweder Polyurethan oder ein polyestermodifiziertes Polyurethan umfasst, und einen leitfähigen Film, der mehrere Silbernanopartikel umfasst, wobei der leitfähige Film aus einer flüssigen Zusammensetzung gebildet wird, die Decalin als Lösungsmittel umfasst.

[0007] DE 10 2011 076 749 A1 offenbart eine Zusammensetzung, die organisch stabilisierte Metallnanopartikel und ein Lösungsmittel umfasst, wobei das Lösungsmittel einen Hansen-Dispersionsparameter von 16 MPa oder mehr und eine Summe des Hansen-Polaritätsparameters und des Hansen-Wasserstoffverknüpfungsparameters von 8 MPa oder weniger aufweist.

[0008] US 2014/0,035,995 A1 betrifft eine metallleitende Aerosolstrahlntinte für den Aerosolstrahldruck, die beschichtete oder unbeschichtete Metallteilchen und ein Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemisch mit hohem Siedepunkt und niedrigem Dampfdruck umfasst, wobei die Viskosität der Tinte bei einer Scherrate von bei oder 10 s^{-1} bei 25°C nicht größer als 1000 Centipoise ist.

[0009] Wie auch immer, pneumatisches Aerosoldrucken erfordert üblicherweise Nanopartikeltinten mit einem sehr hohen Silbergehalt, wie zum Beispiel mehr als 60 Gewichtsprozent und einer Viskosität zwischen 8 und $30 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (8 und 30 Centipoise) für einen hohen Durchsatz und ein effizientes Drucken. Ein Problem mit bestimmten gegenwärtig verfügbaren leitfähigen Nanopartikelfarben ist das Auftreten von Fehlern bei der Druckleistung als ein Ergebnis von Änderungen der Tintenrheologie- Eigenschaften über die Zeit, eine schlechte Tintenstabilität und/oder unvorhersehbare Leistungsmerkmale. Diese Themen können zu erhöhten Tintenkosten führen, da Tintenreserven möglicherweise abgelehnt werden, weil sie die Leistungsanforderun-

gen nicht erfüllen. Unvorhersehbare Haltbarkeiten können auch für bestimmte Tintenchargen auftreten, die anfänglich Qualitätskontrollen bestehen.

[0010] Die derzeit verfügbaren leitfähigen Tinten sind für ihre beabsichtigten Zwecke geeignet. Wie auch immer, es besteht ein Bedarf an verbesserten leitfähigen Tinten. Des Weiteren besteht ein Bedarf nach verbesserten, stabilen leitfähigen Tinten, welche die Anforderungen für pneumatische Aerosoldruckverfahren für kostengünstige elektronische Geräteanwendungen erfüllen.

[0011] Beschrieben ist eine Tintenzusammensetzung umfassend ein Metallnanopartikel; zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist und wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst; zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst; wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht der Tintenzusammensetzung, aufweist; wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist.

[0012] Ebenfalls beschrieben ist ein Verfahren zur Herstellung einer Tintenzusammensetzung, umfassend das Kombinieren eines Metallnanopartikels; zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst; und zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst; wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht der Tintenzusammensetzung aufweist; wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist.

[0013] Ebenfalls beschrieben ist ein Verfahren, umfassend das Bereitstellen einer Zusammensetzung, umfassend ein Metallnanopartikel; zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst; zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst; wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht der Tintenzusammensetzung aufweist; wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist; Hinterlegen der Tintenzusammensetzung auf einem Substrat, um hinterlegte Merkmale zu bilden; und gegebenenfalls Erhitzen der hinterlegten Merkmale auf dem Substrat, um leitfähige Merkmale auf dem Substrat zu bilden.

[0014] Fig. 1 ist ein Konturdiagramm, das die Viskosität im Vergleich zu Gewichtsprozent Phenylcyclohexan und Gewichtsprozent Silbernanopartikel zeigt.

[0015] Eine Tintenzusammensetzung, umfassend ein Metallnanopartikel und eine Kombination von zumindestens zwei Lösungsmitteln, wobei zumindestens eines der Lösungsmittel ein aromatischer Kohlenwasserstoff ist und zumindestens eines der Lösungsmittel ein aliphatischer Kohlenwasserstoff ist, wobei die Lösungsmittel kompatibel mit den Metallnanopartikeln sind.

[0016] Wie hierin verwendet, bedeutet ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, das mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, ein Lösungsmittel, das eine stabile Dispersion ohne Aggregation oder Phasentrennung bildet. Des Weiteren fallen bei den Ausführungsformen die Metallnanopartikel nicht aus der Dispersion aus.

[0017] Wie hierin verwendet, bedeutet ein aliphatischer Kohlenwasserstoff, der mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, ein Lösungsmittel, das eine stabile Dispersion ohne Aggregation oder Phasentrennung bildet. Des Weiteren fallen bei den Ausführungsformen die Metallnanopartikel nicht aus der Dispersion aus.

[0018] Es wird eine Tintenzusammensetzung bereitgestellt, umfassend ein Metallnanopartikel; zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst; zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst; wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht der Tintenzusammensetzung, aufweist; wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist.

Metallnanopartikel.

[0019] Die Tintenzusammensetzung hierin umfasst Metallnanopartikel, in Ausführungsformen Silbernanopartikel. Die Metallnanopartikel können jede Form oder Geometrie aufweisen. In Ausführungsformen weisen die Metallnanopartikel eine sphärische Form auf. Die Metallnanopartikel können einen Durchmesser im Submikron-Bereich aufweisen. In Ausführungsformen weisen die Metallnanopartikel eine volumenmittlere Teilchengröße von 0,5 bis 100 Nanometer (nm) oder von 1,0 bis 50 nm oder von 1,0 bis 20 nm auf. In den Ausführungsformen umfassen Metallnanopartikel hierin Nanopartikel mit einer solchen Größe, dass sie bei niedrigen Temperaturen gesintert oder gegläht werden können, wie zum Beispiel bei einer Temperatur von weniger als 200 °C oder weniger als 100 °C. In spezifischen Ausführungsformen weisen die Metallnanopartikel eine volumenmittlere Teilchengröße von 0,5 bis 50 nm oder von 1 bis 20 nm oder von 5,0 bis 10 nm auf. In anderen spezifischen Ausführungsformen ist das Verhältnis der volumengemittelten Teilchengröße zum Zahlenmittellängendurchmesser der Metallnanopartikel kleiner als 1,3, oder kleiner als 1,2, oder kleiner als 1,1.

[0020] Die Eigenschaften von den Metallnanopartikeln können durch jede geeignete Technik und Vorrichtung bestimmt werden. Der volumendurchschnittliche Teilchendurchmesser kann mit Hilfe eines Messinstruments gemessen werden, wie zum Beispiel ein dynamischer Lichtstreuteilchen-Analysator, welcher gemäß den Anweisungen des Herstellers betrieben wird. Der volumengemittelte Teilchendurchmesser kann zum Beispiel durch ein Messinstrument, wie zum Beispiel ein Malvern Instruments Zetasizer® Nano S, das gemäß den Anweisungen des Herstellers betrieben wird, abgeleitet werden.

[0021] In Ausführungsformen ist das Metallnanopartikel aus der Gruppe ausgewählt, bestehend aus Silber, Kobalt, Kupfer, Nickel, Gold, Palladium und Kombinationen davon. In Ausführungsformen ist das Metallnanopartikel ein Silbernanopartikel.

[0022] Die Silbernanopartikel können elementares Silber, eine Silberlegierung oder eine Kombination davon sein. In Ausführungsformen können die Silbernanopartikel ein Basismaterial sein, das mit reinem Silber, einer Silberlegierung oder einer Silberverbindung beschichtet oder plattiert ist. Zum Beispiel kann das Basismaterial Kupferflocken mit Silberplattierung sein. Die Silberlegierung kann aus mindestens einem Metall, ausgewählt aus Au, Cu, Ni, Co, Pd, Pt, Ti, V, Mn, Fe, Cr, Zr, Nb, Mo, W, Ru, Cd, Ta, Re, Os, Ir, Al, Ga, Ge, In, Sn, Sb, Pb, Bi, Si, As, Hg, Sm, Eu, Th, Mg, Ca, Sr und Ba, gebildet sein, obwohl nicht beschränkt.

[0023] In Ausführungsformen kann die Silberverbindung entweder oder beide von (i) ein oder mehrere andere Metalle und (ii) ein oder mehrere Nichtmetalle umfassen. Geeignete andere Metalle sind beispielsweise Al, Au, Pt, Pd, Cu, Co, Cr, In und Ni, insbesondere die Übergangsmetalle Au, Pt, Pd, Cu, Cr, Ni und Gemische davon. Beispielhafte Metallkomposite sind Au-Ag, Ag-Cu, Au-Ag-Cu und Au-Ag-Pd. Geeignete Nichtmetalle in dem Metallverbund sind beispielsweise Si, C und Ge. In bestimmten Ausführungsformen sind die Silbernanopartikel aus elementarem Silber zusammengesetzt. In Ausführungsformen können die Silberpartikel aus denjenigen ausgewählt werden, die in der US 2015/0,240,101 A1 beschrieben sind. Die Silbernanopartikel können, wie in der US 2013/0,029,034 A1 beschrieben, hergestellt werden. In Ausführungsformen umfasst ein Verfahren zur Herstellung von Silbernanopartikeln das Aufnehmen einer ersten Mischung, umfassend ein Silbersalz, ein Organoamin, ein erstes Lösungsmittel und ein zweites Lösungsmittel; und Umsetzen der ersten Mischung mit einer Reduktionsmittellösung zur Bildung von Organoaminstabilisierten Silbernanopartikeln. Der Polaritäts-Index des ersten Lösungsmittels ist kleiner als 3,0 und der Polaritäts-Index des zweiten Lösungsmittels ist höher als 3,0. Die Nanopartikel sind in dem ersten Lösungsmittel dispergierbarer oder löslicher. Für weitere Einzelheiten siehe die US 2013/0,029,034.

[0024] Die Silbernanopartikel können stabilisierte, metallhaltige Nanopartikel sein, hergestellt wie in der US 7,270,694 B2 beschrieben. In Ausführungsformen können die Silbernanopartikel durch ein Verfahren hergestellt werden, umfassend die Umsetzung einer Silberverbindung mit einem Reduktionsmittel, umfassend eine Hydrazinverbindung in der Gegenwart von einem thermisch entfernbaren Stabilisator in einer Reaktionsmischung, umfassend die Silberverbindung, das Reduktionsmittel, den Stabilisator und ein optionales Lösungsmittel, um eine Vielzahl von silberhaltigen Nanopartikeln mit Molekülen des Stabilisators auf der Oberfläche der silberhaltigen Nanopartikel zu bilden. Für weitere Einzelheiten siehe US 7,270,694 B2.

[0025] In Ausführungsformen ist das Metallnanopartikel ein Silbernanopartikel mit einem Stabilisator, der mit einer Oberfläche des Silbernanopartikels assoziiert ist. Das Silbernanopartikel kann in Ausführungsformen ausgewählt werden aus der Gruppe bestehend aus Silber, Silber-Kupfer-Verbundwerkstoff, Silber-Gold-Kupfer-Verbundwerkstoff, Silber-Gold-Palladium-Verbundwerkstoff und Kombinationen davon. In den Ausführungsformen ist der Stabilisator ein Organoaminstabilisator. In Ausführungsformen kann der Organoaminstabilisator aus der Gruppe ausgewählt werden, die aus Nonylamin, Decylamin, Hexadecylamin, Undecylamin, Dodecylamin, Tridecylamin, Tetradecylamin und Kombinationen davon besteht. Für weitere Einzelheiten siehe US 8,765,025 B2.

[0026] In Ausführungsformen können die Metallnanopartikel in der Tintenzusammensetzung vorhanden sein, um die Tintenzusammensetzung mit einem Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent oder 60 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht der Tintenzusammensetzung, bereitzustellen.

Lösungsmittel.

[0027] Die Tintenzusammensetzungen enthalten eine spezielle Kombination von aromatischem Kohlenwasserstofflösungsmittel und aliphatischem Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei die Lösungsmittel mit dem Metallnanopartikel kompatibel sind, um die Tintenzusammensetzung mit bestimmten Eigenschaften zu versehen, die für den pneumatischen Aerosoldruck vorteilhaft sind.

[0028] Ein Aerosoldrucker ist zum Beispiel in der US 2012/0,038,716 A1 beschrieben. Die US 2012/0,038,716 A1 beschreibt in der Zusammenfassung einen Aerosoldrucker, der zumindestens eine Zerstäubungskammer und zumindestens einen Druckkopf mit zumindestens einer Düse aufweist, die direkt oder über Verbindungsleitungen verbunden sind. Des Weiteren weist der Aerosoldrucker Prozessgas-, Transportgas- und Fokussierungsgasleitungen auf. Ein Aerosoldrucker kann durch das Verfahren zur Herstellung des Aerosols charakterisiert werden. Zum Beispiel erzeugt ein Ultraschall-Aerosoldrucker das Aerosol durch Ultraschallvibration und ein pneumatischer Aerosoldrucker erzeugt den Aerosolnebel unter Verwendung eines Rohres, welches in der Tintenkommer in direktem Kontakt mit der Tinte angeordnet ist.

[0029] Das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel kann jedes geeignete oder gewünschte aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel oder eine Kombination von aromatischen Kohlenwasserstofflösungsmitteln sein, vorausgesetzt, dass das aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel oder Lösungsmittel mit dem Metallnanopartikel kompatibel ist, wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst. Die Kompatibilität mit dem Metallnanopartikel bedeutet Kompatibilität wie hierin oben beschrieben.

[0030] In Ausführungsformen umfasst das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel neben Phenylcyclohexan ferner ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Toluol, Mesitylen, m-Xylol, Ethylbenzol und Kombinationen davon.

[0031] Das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel kann jedes geeignete oder gewünschte aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel oder eine Kombination von aliphatischen Kohlenwasserstofflösungsmitteln sein, vorausgesetzt, dass das aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel oder die Lösungsmittel mit dem Metallnanopartikel kompatibel sind, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst. Die Kompatibilität mit dem Metallnanopartikel bedeutet Kompatibilität wie hierin oben beschrieben.

[0032] In Ausführungsformen umfasst das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel neben Ethylcyclohexan ferner ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Methylcyclohexan, Terpeneol, Bicyclohexyl, Decahydronaphthalin, Cyclohexan und Kombinationen davon.

Herstellung der Tintenzusammensetzung.

[0033] Die Tintenzusammensetzungen können durch jedes geeignete Verfahren, wie zum Beispiel durch einfaches Mischen der Bestandteile, hergestellt werden. Ein Verfahren beinhaltet das Mischen aller Tintenbestandteile miteinander und das Filtern der Mischung, um eine Tinte zu erhalten. Tinten können durch Mischen der Bestandteile, Erhitzen, wenn gewünscht, und Filtrieren hergestellt werden, gefolgt von Zugabe beliebiger zusätzlicher Additive zu dem Gemisch und Mischen bei Raumtemperatur unter mäßigem Schütteln, bis ein homogenes Gemisch erhalten wird, in Ausführungsformen von 5 bis 10 Minuten, bis zu 24 Stunden. Alternativ können die optionalen Tintenzusätze mit den anderen Tintenbestandteilen während des Tintenherstellungsverfahrens gemischt werden, was nach einem beliebigen Verfahren erfolgt, wie zum Beispiel durch Mischen aller Bestandteile, Erhitzen, wenn gewünscht, und Filtrieren.

[0034] In Ausführungsformen umfasst ein Verfahren zur Herstellung einer Tintenzusammensetzung hierin das Kombinieren eines Metallnanopartikels; zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst; und zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst; wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht von der Tintenzusammensetzung aufweist; wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist. In Ausführungsformen, in denen das Metallnanopartikel ein Silbernanopartikel oder eine Kombination von Silbernanopartikeln ist.

[0035] Der Scherungs-Index kann durch jedes geeignete oder gewünschte Verfahren, wie es im Stand der Technik bekannt ist, gemessen werden, wie zum Beispiel mit einem Ares G2 Rheometer von TA Instruments unter Verwendung eines 50-Millimeter-Kegels, 0,053 Mikrometer Spalt, unter Verwendung eines Raten-Sweep-Laufs von 1 bis 400 s⁻¹ und 400 bis 4 s⁻¹ bei 25 °C.

[0036] In Ausführungsformen weisen die Tintenzusammensetzungen hierin einen Scherungs-Index von unter 1,10 auf. In Ausführungsformen weisen die Tintenzusammensetzungen einen Scherungs-Index von 0,9 bis unter 1,10 auf.

[0037] Die Viskosität kann durch jedes geeignete oder gewünschte Verfahren, wie es in der Technik bekannt ist, gemessen werden, wie zum Beispiel mit einem Ares G2 Rheometer von TA Instruments. Viskositätsdaten können beispielsweise bei 25 °C an einem Ares G2 Rheometer von TA Instruments unter Verwendung eines 50-Millimeter-Kegels, 0,053 Mikrometer Spalt, erhalten werden.

[0038] In Ausführungsformen ist die Tintenzusammensetzung eine hochviskose Zusammensetzung. In Ausführungsformen weist die hierin offenbarte Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 8 bis 100 oder von 10 bis 80 oder von 15 bis 60 mPa · s (Centipoise) bei einer Temperatur von 25 °C auf. In weiteren Ausführungsformen weist die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 oder von 8 bis 30 oder von 9 bis 15 oder von 10 bis 15 oder von 10 bis 13 mPa · s (Centipoise) bei einer Temperatur von 25 °C auf. In bestimmten Ausführungsformen hat die Tinte eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 30 °C und einer Scherungsrate von 40 bis 400 s⁻¹.

[0039] In Ausführungsformen weist die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C auf.

[0040] Die Metallnanopartikel-Tintenzusammensetzungen können in jedem geeigneten oder gewünschten Druckverfahren verwendet werden. Ein Verfahren hierin umfasst die Bereitstellung der vorliegenden Tintenzusammensetzung; Hinterlegen der Tintenzusammensetzung auf einem Substrat, um hinterlegte Merkmale, ein Tintenbild oder eine Kombination davon zu bilden. Das Druckverfahren kann ein pneumatisches Aerosoldruckverfahren umfassen. In Ausführungsformen umfasst das Verfahren des Weiteren das Erhitzen der abgeschiedenen Merkmale auf dem Substrat, um leitende Merkmale auf dem Substrat zu bilden.

[0041] In Ausführungsformen umfasst ein Verfahren hierin das Bereitstellen einer Zusammensetzung, umfassend ein Metallnanopartikel; zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan

umfasst; zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst; wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf dem Gesamtgewicht der Tintenzusammensetzung aufweist; wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist; Hinterlegen der Tintenzusammensetzung auf einem Substrat, um hinterlegte Merkmale zu bilden; und gegebenenfalls Erhitzen der hinterlegten Merkmale auf dem Substrat, um leitfähige Merkmale auf dem Substrat zu bilden. In einer speziellen Ausführungsform umfasst das Hinterlegen der Tintenzusammensetzung das Hinterlegen unter Verwendung eines pneumatischen Aerosoldrucks.

[0042] Das Substrat, auf dem die Metallmerkmale hinterlegt werden, kann jedes geeignete Substrat sein, einschließlich Silizium, Glasplatte, Kunststoffolie, Folie, Gewebe oder Papier. Für strukturell flexible Vorrichtungen können Kunststoffsubstrate wie zum Beispiel Polyester, Polycarbonat, Polyimidfolien und dergleichen verwendet werden. Die Dicke des Substrats kann eine beliebige geeignete Dicke sein, wie zum Beispiel 10 Mikrometer bis über 10 Millimeter bei einer beispielhaften Dicke von 50 Mikrometer bis 2 Millimeter, insbesondere für ein flexibles Kunststoffsubstrat, und von 0,4 bis 10 Millimeter für ein festes Substrat, wie zum Beispiel Glas oder Silizium.

[0043] Das Erhitzen der hinterlegten Tintenzusammensetzung kann auf jede geeignete oder gewünschte Temperatur erfolgen, wie zum Beispiel auf 70 °C bis 200 °C oder auf eine beliebige Temperatur, die ausreicht, um die Metallnanopartikel zu veranlassen zu „glühen“ und somit eine elektrisch leitende Schicht zu bilden, die zur Verwendung als ein elektrisch leitfähiges Element in elektronischen Vorrichtungen geeignet ist. Die Heiztemperatur ist eine solche, die keine nachteiligen Änderungen in den Eigenschaften von zuvor abgeschiedenen Schichten oder dem Substrat verursacht. In Ausführungsformen ermöglicht die Verwendung von niedrigen Heiztemperaturen die Verwendung von kostengünstigen Kunststoffsubstraten, die eine Glühtemperatur von unter 200 °C, in Ausführungsformen unter 150 °C aufweisen.

[0044] Das Erhitzen kann für jede geeignete oder gewünschte Zeit, wie zum Beispiel 0,01 Sekunden bis 10 Stunden erfolgen. In Ausführungsformen kann das Erwärmen unter Vakuum durchgeführt werden. Das Erhitzen kann in Luft, in einer inerten Atmosphäre, zum Beispiel unter Stickstoff oder Argon, oder in einer reduzierenden Atmosphäre, zum Beispiel unter Stickstoff, der von 1 bis 20 Volumenprozent Wasserstoff enthält, durchgeführt werden. Das Erhitzen kann auch unter normalem atmosphärischem Druck oder bei einem reduzierten Druck von zum Beispiel 1000 mbar bis 0,01 mbar durchgeführt werden.

[0045] Das Erhitzen umfasst jegliche Technik, die dem erhitzten Material oder Substrat ausreichend Energie zuführt, um (1) die Metallnanopartikel zu glühen und/oder (2) den optionalen Stabilisator von den Metallnanopartikeln zu entfernen. Beispiele für Heiztechniken umfassen thermische Erwärmung (zum Beispiel eine Heizplatte, einen Ofen und einen Brenner), Infrarotstrahlung („IR“), Laserstrahlung, Blitzlicht, Mikrowellenstrahlung oder Ultraviolettstrahlung, oder eine Kombination davon.

[0046] In Ausführungsformen weist die resultierende elektrisch leitfähige Linie nach dem Erhitzen eine Dicke im Bereich von 0,5 bis 20 Mikrometern oder von 1 bis 10 Mikrometern auf. In bestimmten Ausführungsformen weist die resultierende elektrisch leitende Leitung nach dem Erhitzen eine Dicke von 2 bis 7 Mikrometern auf.

[0047] In Ausführungsformen weist die Tintenzusammensetzung hierin eine Volumenleitfähigkeit auf, die mehr als 50.000 S/cm beträgt. Die Leitfähigkeit des resultierenden Metallelements, das durch Erhitzen der abgeschiedenen Nanosilber-Tintenzusammensetzung erzeugt wird, beträgt zum Beispiel 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, mehr als 10.000 S/cm oder mehr als 50.000 S/cm.

[0048] Die mittlere Leitfähigkeit beträgt 20.000 S/cm, die Masse bedeutet reines Silber, also 1/3 Volumenmittel mit 1/3 der Leitfähigkeit (pro Einheit) als Silberstück. In bestimmten Ausführungsformen stellt die Tintenzusammensetzung ein gedrucktes Bild bereit mit einer Volumenleitfähigkeit nach Erhitzen von 75.000 bis 250.000 S/cm bei einer gedruckten Bildzeilendicke von 1 bis 10 Mikrometern oder von 75.000 bis 200.000 S/cm bei einer gedruckten Bildzeilendicke von 1 bis 10 Mikrometern.

[0049] Die resultierenden Elemente können für jede geeignete oder gewünschte Anwendung verwendet werden, wie zum Beispiel für Elektroden, leitfähige Pads, Zwischenverbindungen, leitende Leitungen, leitfähige Spuren und dergleichen in elektronischen Vorrichtungen, wie zum Beispiel Dünnschichttransistoren, orga-

nischem Licht-emittierenden Dioden, RFID-Tags, Photovoltaik-Displays, gedruckte Antennen und andere elektronische Geräte, die leitfähige Elemente oder Komponenten benötigen.

[0050] Die folgenden Beispiele werden vorgelegt, um verschiedene Arten der vorliegenden Offenbarung weiter zu definieren. Diese Beispiele dienen lediglich der Veranschaulichung und sollen den Umfang der vorliegenden Offenbarung nicht einschränken. Auch Teile und Prozentsätze sind, wenn nicht anders angegeben, Gewichtsteile. Das Veraschen wurde durch Verbrennen der Probe bei etwa 800 °C und Messen des verbleibenden Gewichts im Vergleich zum Anfangsgewicht bestimmt.

[0051] Die Partikeldurchmesser wurden unter Verwendung eines Malvern Instruments Zetasizer® Nano S bei 20 °C gemäß ASTM-Bezeichnung E 2490 - 09, Standard-Leitfaden zur Messung der Partikelgrößenverteilung von Nanomaterialien in Suspension mittels Photon-Korrelationsspektroskopie (PCS) gemessen. Eine nützliche Partikelgrößenmetrik, unter anderem, um die Gesamtdurchschnitts-Teilchengröße einer gegebenen kolloidalen Dispersion zu beschreiben, ist der Z-Mittelwert oder Kumulierungsmittel und stellt das intensitätsbasierte harmonische Mittel des gewichteten durchschnittlichen Teilchendurchmessers dar und wird auf folgende Weise berechnet:

$$D_z = \sum_{i=1}^n S_i / \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_i}{D_i} \right)$$

wie zum Beispiel wobei D_z den Z-durchschnittlichen Durchmesser darstellt, S_i die Streuintensität des Teilchens i und D_i der Teilchendurchmesser des Teilchens i ist. $D(1,0)$ oder der zahlenmittlere Längendurchmesser aus den Nummer-basierten Daten abgeleitet und wird auf folgende Weise abgeleitet:

$$D(1,0) = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

wie zum Beispiel wobei d_i der Teilchendurchmesser des Teilchens i ist. Jedes der Teilchengrößenmetriken waren die mittleren Mittelwerte von 5 separaten Messungen, wobei jede Messung aus dem Mittelwert von 11 Durchläufen im Verlauf des Messzyklus besteht. Es ist vorteilhaft, wenn die Z-Mittelwerte und die $D(1,0)$ -Metriken so nahe beieinander liegen, dass das Z-Mittel / $D(1,0)$ kleiner als 3 ist, wie zum Beispiel weniger als 2, wie zum Beispiel weniger als 1,5. Je geringer der Z-Mittelwert / $D(1,0)$ -Wert ist, desto geringer sind die beitragenden Effekte der Streuung von größeren agglomerierten oder aggregierten Partikeln, die in der Dispersion oder der Tinte vorliegen, was letztlich zu einer besseren Stabilität und Leistung beim pneumatischen Aerosoldruck führt.

[0052] Die Viskosität und die Strukturviskositäts-Index-Daten wurden von Scherungsgeschwindigkeit Sweep Messungen von Tinten auf RFS 3 Rheometer von TA Instruments (früher Rheometric Scientific) erworben. Die Viskositätsdaten wurden bei 25 °C auf einem RFS 3 Rheometer von TA Instruments (Früher Rheometric Scientific) unter Verwendung mit einem 40 Millimeter Kegel, 0,028 Mikron Spalt erhalten. Rate Sweeps wurden von 1 bis 400 und 400 bis 1 s⁻¹ durchgeführt.

[0053] Die Leitfähigkeitslinien für das Vergleichstintenbeispiel 1 und die Tintenbeispiele 2-3 wurden wie folgt gedruckt.

[0054] Pneumatischer Aerosoldruck (Optomec® Inc. „SPRINT“ System) wurde unter Verwendung einer 1 mm runden Düse durchgeführt, die 3 mm von der Substratoberfläche entfernt war. Die Zerstäubungsgasflüsse (Stickstoff) können im Bereich von 500-1600 SCCM sein, der Abgasdurchfluss kann im Bereich von 500-1600 SCCM sein, und der Mantelgasstrom kann im Bereich von 300-700 SCCM vom fixierten Druckkopf sein. Die Substratprozessgeschwindigkeit kann von 1 mm/s bis 20 mm/s reichen. Die Drucke wurden in einem Ofen bei 130 °C für 60 Minuten nach einer 30-minütigen „Lösemittel-Ausgasungs“-Verzögerung bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck gesintert.

[0055] Widerstandsmessungen auf den gedruckten Leiterbahnen wurden bei Raumtemperatur (21 bis 23 °C) unter Verwendung eines Keithley® 236 Quelle Messungs-Einheits-4-Punkt-Sonde (EPA-2D-Sondenspitze), mit 100mA angelegtem Strom Messung der Ausgangsspannung über 1,27 cm Abstand, genommen. Die Dicke (Pfahlhöhe) und die Breite von diesen Linien wurden unter Verwendung eines Dektak Profilometers® gemessen und der spezifische Widerstand und die Leitfähigkeit der Proben wurden dann berechnet.

Vergleichsbeispiel 1

[0056] Silbernanopartikel-Tinte, die zwei aromatische Lösungsmittel für den pneumatischen Aerosoldruck umfasst, wurde wie folgt hergestellt. In einer Glasflasche wurden 73,2 g trockene Silbernanopartikel in einer Mischung aus 8,93 Gramm Toluol und 17,87 Gramm Phenylcyclohexan gelöst. Die Flasche wurde verschlossen und für 2 Stunden auf einen Orbitalschüttler gelegt, dann für 2 weitere Stunden auf einen „Roll und Tilt“ -Mischer für 22 weitere Stunden gelegt. Um die Tinte zu filtrieren, wurde ein 1 µm Poren-, Glasfaser-Spritzenfilter mit einer Polypropylen-Spritze verwendet. Die resultierende Silbernanopartikel-Tinte enthielt 65,40 Gewichtsprozent Silber durch Ashing, eine Viskosität von 12,61 mPa · s (Centipoise (cps)) und einen Scherungs-Index von 1,21. Nach dem Druck zeigte die 2-pt-Sonde eine durchschnittliche Leitfähigkeit von $8,84 \times 10^4$ S/cm bei Dicken von 1,5 bis 4,0 µm.

Beispiel 2

[0057] Silbernanopartikel-Tinte für den pneumatischen Aerosoldruck wurde wie folgt hergestellt. In einer Glasflasche wurden 29,4 g trockene Silbernanopartikel in einem Gemisch aus 7,07 g Phenylcyclohexan und 3,53 g Ethylcyclohexan gelöst. Die Flasche wurde verschlossen und für 2 Stunden auf einen Orbitalschüttler gelegt, dann für 22 weitere Stunden auf einen „Roll und Tilt“ -Mischer gelegt. Um die Tinte zu filtrieren, wurde ein 1 µm Poren-, Glasfaser-Spritzenfilter mit einer Polypropylen-Spritze verwendet. Die resultierende Silbernanopartikel-Tinte enthielt 64,00 Gewichtsprozent Silber durch Ashing, eine Viskosität von 11,65 cps und einen Scherungs-Index von 1,03. Nach dem Druck misst die 2-pt-Sonde eine durchschnittliche Leitfähigkeit von $1,02 \cdot 10^5$ S/cm bei Dicken von 1,0 bis 7,0 µm.

Vergleichsbeispiel 3

[0058] Silbernanopartikel-Tinte für den pneumatischen Aerosoldruck wurde wie folgt hergestellt. In einer Glasflasche wurden 36,60 g trockene Silber-Nanopartikel in einer Mischung von 2,01 g Decahydronaphthalin und 10,72 Gramm Phenylcyclohexan, und 0,67 g Hexadecan gelöst. Die Flasche wurde verschlossen und für 2 Stunden auf einen Orbitalschüttler gelegt, dann für 22 weitere Stunden auf einen „Roll und Tilt“ -Mischer gelegt. Um die Tinte zu filtrieren, wurde ein 1 µm Poren-, Glasfaser-Spritzenfilter mit einer Polypropylen-Spritze verwendet. Die resultierende Silbernanopartikel-Tinte enthielt 66,33 Gewichtsprozent Silber durch Ashing, eine Viskosität von 18,63 mPa · s (cps) und einen Scherungs-Index von 1,04. Nach dem Druck hat die 2-pt-Sonde eine durchschnittliche Leitfähigkeit von $1,16 \times 10^5$ S/cm bei Dicken von 1,1 bis 5,4 µm gemessen.

[0059] Die Drucke wurden unter Verwendung der Vergleichstintenbeispiele 1 und 3 und des Tintenbeispiels 2 hergestellt, wobei der Optomec® Pneumatik-Aerosol-Drucker, die 3 mm-Schlitzdüse, der 1 mm-Spalt, 600 SCCM-Mantelgas, 1500 SCCM-Zerstäubungsgas, 1200 SCCM-Abgas, gesenkt wurden. Die Leitfähigkeitsdaten für die bedruckten Tintenproben sind in Tabelle 1 gezeigt.

Tabelle 1

Beispiel	Wert
Vergleichsbeispiel 1	
Dicke (Mikron)	2,6
Leitfähigkeit (S/cm)	$8,84 \times 10^4$
Beispiel 2	
Dicke (Mikron)	2,7
Leitfähigkeit (S/cm)	$1,02 \times 10^5$
Vergleichsbeispiel 3	
Dicke (Mikron)	2,7
Leitfähigkeit (S/cm)	$1,16 \times 10^5$

[0060] Die Beispiele und Vergleichsbeispiele 4-23 wurden durch Kombination von Silbernanopartikeln und Lösungsmittelsystemen, wie in den Tabellen 2 und 3 angegeben, hergestellt, wobei Prozent auf das Gewicht bezogen sind. Für jedes Beispiel wurden die Lösungsmittel zu einer 4-Dram-Pop-Top-Durchstechflasche

unter Verwirbeln gegeben, dann wurden die trockenen Silbernanopartikel zugegeben, gefolgt von Orbitalmischen bei 350 U/min.

Dec = Decahydronaphthalin (Decalin)

BCHex = Bicyclohexan

EtChex = Ethylcyclohexan

PhChex = Phenylcyclohexan

LB = Lösungsmittel mit niedrigem Siedepunkt

HB = Lösungsmittel mit hohem Siedepunkt

Tabelle 2

Beispiele	Lösungsmittelsystem	LB %	HB %	Silber-Nanopartikel %	Silber %
4*	Dec:BCHex	67	33	60	52,4
5	EtChex:PhChex	75	25	65	56,8
6	EtChex:PhChex	75	25	70	61,2
7	EtChex:PhChex	75	25	75	65,6
8	EtChex:PhChex	25	75	65	56,8
9	EtChex:PhChex	25	75	70	61,2
10	EtChex:PhChex	25	75	75	65,6
11	EtChex:PhChex	50	50	65	56,8
12	EtChex:PhChex	50	50	70	61,2
13	EtChex:PhChex	50	50	75	65,6

*Vergleichsbeispiel

Tabelle 3

Beispiele	Lösungsmittelsystem	LB %	HB %	Silber-Nanopartikel %	Silber %
14*	Dec:BCHex	50	50	50	43,7
15	EtChex:PhChex	25	80	80	69,9
16	EtChex:PhChex	50	80	80	69,9
17	EtChex:PhChex	75	80	80	69,9
18	EtChex:PhChex	25	85	85	74,3
19	EtChex:PhChex	50	85	85	74,3
20	EtChex:PhChex	75	25	85	74,3
21	EtChex:PhChex	25	77,5	77,5	67,7
22	EtChex:PhChex	50	77,5	77,5	67,7
23	EtChex:PhChex	75	77,5	77,5	67,7

*Vergleichsbeispiel

[0061] Die Z-durchschnittliche Partikelgröße (nm = Nanometer), die D [1,0] Partikelgröße (nm) und die LTH-Viskosität (40-400) sind in den Tabellen 4 und 5 für Beispiele und Vergleichsbeispiele 4-23 angegeben. Die **Fig. 1** ist ein Konturdiagramm, das die Viskosität im Vergleich zu Gewichtsprozent Phenylcyclohexan und Gewichtsprozent Silbernanopartikel zeigt.

Tabelle 4

Beispiel	Z-Durchschnitt (nm)	D[1,0] (nm)	LTH Visk. (40-400) (mPa.s)	LTH Scherungs-Index (40-400)
4*	9,70	6,43	4,04	0,99
5	17,50	9,72	2,90	1,12
6	34,60	12,05	4,17	1,01
7	11,20	7,07	7,57	1,02
8	18,60	7,26	5,49	1,07
9	26,10	9,06	7,38	1,00
10	15,60	7,10	11,65	1,01
11	14,30	8,12	3,86	1,04
12	10,10	6,47	5,50	1,04
13	11,00	6,60	8,66	1,02

*Vergleichsbeispiel

Tabelle 5

Beispiel	Z-Durchschnitt (nm)	D[1,0] (nm)	LTH Visk. (40-400) (mPa.s)	LTH Scherungs-Index (40-400)
14*	11,50	7,13	2,06	1,07
15	10,5	7,03	29,38	1,01
16	13,9	8,16	23,60	0,99
17	9,4	6,36	21,01	1,07
18	30,2	7,26	185,95	0,98
19	10,8	6,67	206,59	1,08
20	9,40	6,19	302,68	3,58
21	24,60	9,89	18,62	1,02
22	11,2	6,70	14,23	1,00
23	20,3	8,41	11,13	1,00

*Vergleichsbeispiel

[0062] Die Beispiele 18 bis einschließlich 20 zeigen eine relativ hohe Viskosität im Vergleich zu anderen Beispielen in den Tabellen 4 und 5 und können nur für eine kurze Zeitdauer aerosolisiert werden. Die anderen Beispiele haben einen Viskositätsbereich zwischen 5 und 30 mPa · s (5 und 30 Centipoise) mit einem LTH-Scherungs-Index (40-400) in dem Bereich zwischen 1 und 1,1 und können daher für längere Zeiträume aerosolisiert werden.

[0063] Die Z-durchschnittliche Partikelgröße in Nanometern, gemessen mit Malvern Instruments Zetasizer® Nano S, betrieben nach den Anweisungen des Herstellers.

D [1,0] = Zahlenmittel des Partikeldurchmessers.

LTH = Niedrig bis Hoch = Viskosität, Mittel der aufsteigenden Scherungviskositätswerte von 40 bis 400 s⁻¹.

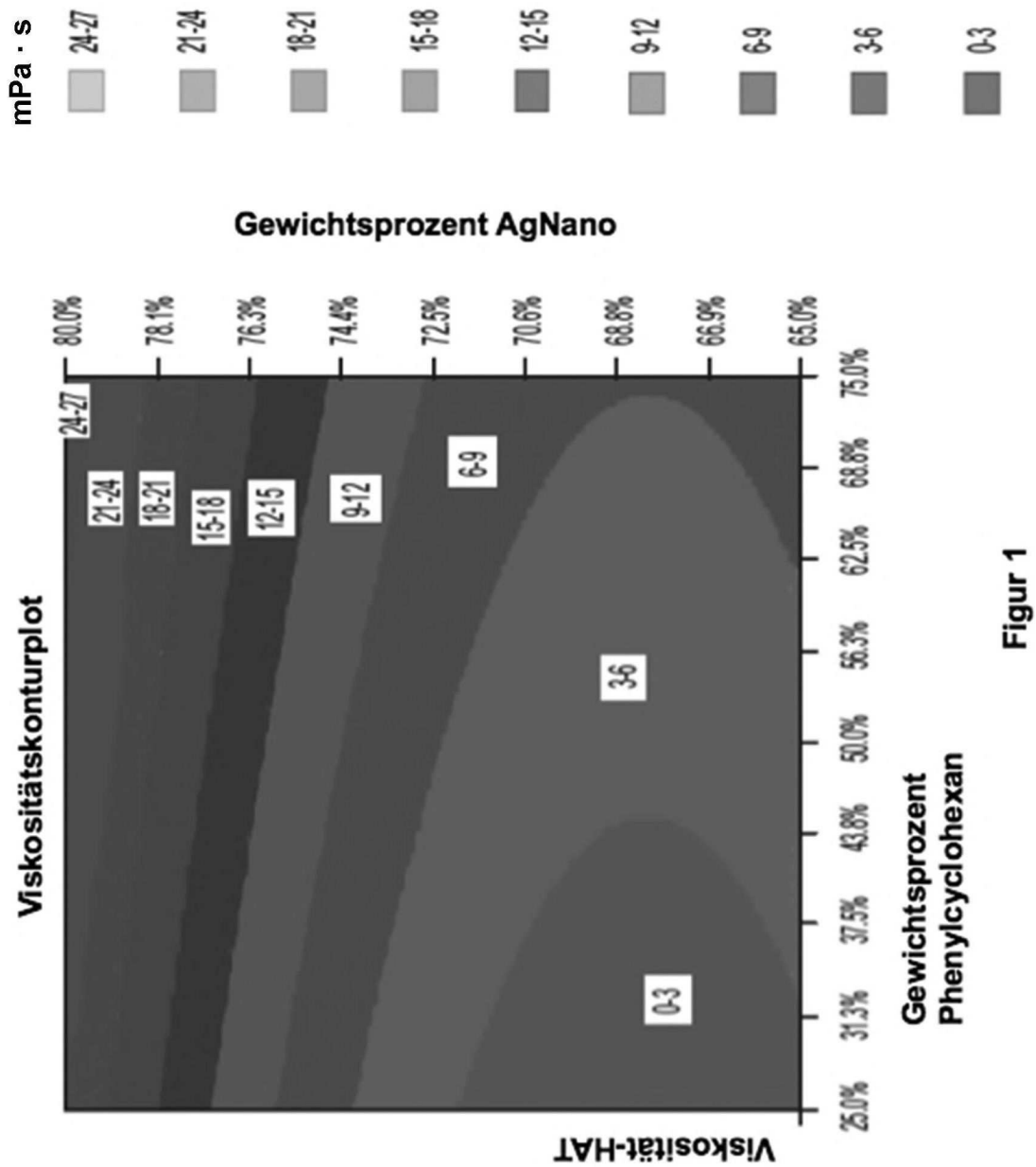
LTH-Scherungs-Index (40-400) = Viskosität bei 40 s⁻¹ / Viskosität bei 400 s⁻¹ aus dem aufsteigenden Scherungs-Rate-Sweep-Test.

Patentansprüche

1. Tintenzusammensetzung, umfassend:
 ein Metallnanopartikel;
 zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und
 wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst;
 zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und
 wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst;
 wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht von der Tintenzusammensetzung aufweist;
 wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist.
2. Die Tintenzusammensetzung nach Anspruch 1, wobei das Metallnanopartikel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Silber, Kobalt, Kupfer, Nickel, Gold, Palladium und Kombinationen davon.
3. Die Tintenzusammensetzung nach Anspruch 1, wobei das Metallnanopartikel ein Silberrnanopartikel ist.
4. Die Tintenzusammensetzung nach Anspruch 1, wobei die Tintenzusammensetzung einen Scherungs-Index von unterhalb von 1,10 aufweist.
5. Die Tintenzusammensetzung nach Anspruch 1, wobei die Tintenzusammensetzung einen Scherungs-Index von 0,9 bis unterhalb von 1,10 aufweist.
6. Ein Verfahren zur Herstellung einer Tintenzusammensetzung, umfassend:
 Kombinieren eines Metallnanopartikels;
 zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und
 wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst; und
 zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und
 wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst;
 wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht der Tintenzusammensetzung aufweist;
 wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist.
7. Das Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Metallnanopartikel ein Silberrnanopartikel ist.
8. Ein Verfahren umfassend:
 Bereitstellen von einer Zusammensetzung, umfassend ein Metallnanopartikel; zumindestens ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das zumindestens eine aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und wobei das zumindestens ein aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Phenylcyclohexan umfasst;
 zumindestens ein aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel, wobei das mindestens eine aliphatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel mit den Metallnanopartikeln kompatibel ist, und
 wobei das zumindestens eine aliphatische Kohlenwasserstofflösungsmittel Ethylcyclohexan umfasst; wobei die Tintenzusammensetzung einen Metallgehalt von 45 bis 70 Gewichtsprozent basierend auf das Gesamtgewicht von der Tintenzusammensetzung aufweist; wobei die Tintenzusammensetzung eine Viskosität von 5 bis 30 mPa · s (5 bis 30 Centipoise) bei einer Temperatur von 20 bis 30 °C aufweist;
 Hinterlegen der Tintenzusammensetzung auf ein Substrat, um hinterlegte Merkmale zu bilden; und
 optional, Erhitzen der hinterlegten Merkmale auf dem Substrat, um leitfähige Merkmale auf dem Substrat zu bilden.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1