



(10) **DE 10 2012 208 190 A1** 2012.11.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 208 190.9**

(22) Anmeldetag: **16.05.2012**

(43) Offenlegungstag: **22.11.2012**

(51) Int Cl.: **B41J 2/135 (2012.01)**

B41J 2/235 (2012.01)

(30) Unionspriorität:

13/110,216 **18.05.2011** **US**

(71) Anmelder:

Xerox Corporation, Norwalk, Conn., US

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802, München, DE**

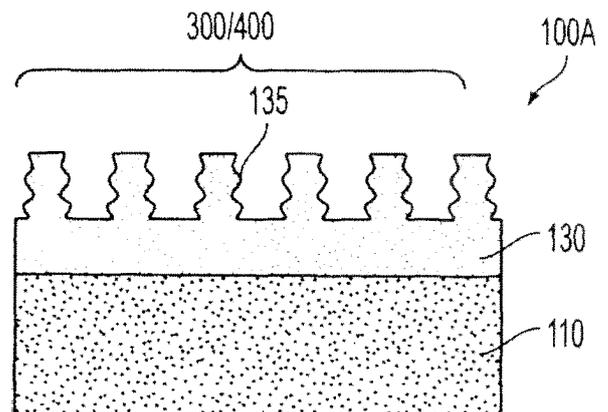
(72) Erfinder:

**Law, Kock-Yee, Penfield, N.Y., US; Zhao, Hong,
Webster, NY, US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verbesserung der Superoleophobizität und Verringerung der Haftung durch mehrskalige Rauigkeit mittels ALD/CVD-Techniken in Tintenstrahldruckanwendungen**

(57) Zusammenfassung: Verschiedene Ausführungsformen stellen eine Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche und Verfahren zur Herstellung und Verwendung der Vorrichtung bereit, wobei auf einer im Mikrometer-/Submikrometermaßstab strukturierten Oberfläche einer Halbleiterschicht eine Teilchenverbundschicht gebildet wird, die Metall enthaltende Partikel enthält. Es wird somit eine Vorrichtung mit mehrskaliger, rauher Oberfläche bereitgestellt.



Beschreibung

[0001] Ausstoßsysteme für flüssige Tinten umfassen typischerweise einen oder mehrere Druckköpfe mit einer Vielzahl von Tintenstrahldüsen, aus denen Flüssigkeitstropfen in Richtung eines Aufzeichnungsmediums gestoßen werden. Die Tintenstrahldüsen des Druckkopfs erhalten Tinte aus einer Tintenvorratskammer oder einem Verteiler im Druckkopf, welcher wiederum Tinte aus einem Schmelztintenreservoir oder einer Tintenpatrone bezieht. Jeder Tintenstrahlkopf umfasst einen Kanal, der an einem Ende in flüssiger Verbindung mit dem Tintenzufuhrverteiler steht. Das andere Ende des Tintenkanals weist eine Öffnung oder Düse zum Ausstoßen von Tintentropfen auf. Die Düsen der Tintenstrahlen können zu einer Lochplatte oder Düsenplatte geformt werden, die Öffnungen entsprechend den Düsen dieser Tintenstrahlvorrichtungen aufweist. Während des Betriebs aktivieren Tropfenausstoßsignale Betätigungsventile in den Tintenstrahlvorrichtungen, um Tropfen von Flüssigkeit aus den Tintenstrahldüsen auf das Aufzeichnungsmedium auszustoßen. Durch selektive Aktivierung der Betätigungsventile der Tintenstrahlvorrichtungen zum Ausstoß von Tropfen unter einer relativen Bewegung von Aufzeichnungsmedium und/oder der Druckkopfanordnung gegeneinander können die abgeschiedenen Tropfen exakt musterartig aufgebracht werden, um bestimmte Text- und grafische Bilder auf dem Aufzeichnungsmedium zu bilden.

[0002] Eine Schwierigkeit im Zusammenhang mit Ausstoßsystemen für flüssige Tinten ist das benetzen, Austreten oder Überlaufen von Tinten auf die Vorderseite des Druckkopfes. Eine derartige Verunreinigung der Druckkopfvorderseite kann eine Blockierung der Tintenstrahldüsen- und Kanäle verursachen oder dazu beitragen, was für sich oder zusammen mit der benetzten, kontaminierten Vorderseite ein Versagen oder fehlende Tropfen, zu kleine oder anderweitig falsch dimensionierte Tropfen, Satelliten oder fehlgeleitete Tropfen auf dem Aufzeichnungsmedium verursachen oder dazu beitragen kann und so zu einer Verschlechterung der Druckqualität führt.

[0003] Aktuelle Beschichtungen auf Druckkopfvorderseiten stellen in der Regel gesputterte Beschichtungen aus Polytetrafluorethylen dar. Ist der Druckkopf geneigt, gleitet eine UV-Geltinte bei einer Temperatur von etwa 75°C (wobei 75°C eine typische Ausstoßtemperatur für UV-Geltinten ist) und eine feste Tinte bei einer Temperatur von etwa 105°C (wobei 105°C eine typische Ausstoßtemperatur für Festtinte ist) nicht ohne weiteres von der Oberfläche der Druckkopfvorderseite ab. Eher fließen diese Tinten entlang der Druckkopfvorderseite und hinterlassen einen Tintenfilm oder einen Rückstand auf dem Druckkopf, der das Ausstoßen beeinträchtigen kann. Aus diesem Grund neigen die Vorderseiten der UV-

und Festtintendruckköpfe zur Verunreinigung durch UV-Tinte und Festtinte. In einigen Fällen kann der verunreinigte Druckkopf mit einer Wartungseinheit aufgefrischt oder gereinigt werden. Allerdings erfordert ein derartiger Ansatz ein kompliziertes System und bringt hohe Hardwarekosten und gelegentlich Zuverlässigkeitsprobleme mit sich.

[0004] Es besteht nach wie vor ein Bedarf an Materialien und Verfahren zur Herstellung von Vorrichtungen mit superoleophoben Eigenschaften, entweder alleine oder in Verbindung mit super-hydrophoben Eigenschaften. Während zudem aktuell verfügbare Beschichtungen für Tintenstrahl-Druckkopfvorderseiten für die vorgesehenen Zwecke geeignet sind, besteht nach wie vor ein Bedarf an einer verbesserten Tintenstrahl-Druckkopfvorderseitenausführung, die Benetzen, Austreten, Überlaufen, sowie das Verunreinigen der Druckkopfvorderseiten mit UV- oder Festtinte verringert oder beseitigt. Darüber hinaus besteht weiterhin auch Bedarf an einer verbesserten Vorderseitenausführung von Druckköpfen, die tintenphob, d. h. oleophob, und robust ist, um den Wartungsvorgängen standzuhalten, wie z. B. dem Abwischen der Vorderseite des Druckkopfes. Zudem besteht weiterhin auch Bedarf an einem verbesserten Druckkopf, der einfach gereinigt werden kann oder selbstreinigend ist, wodurch die Komplexität der Hardware beseitigt wird, wie z. B. die Notwendigkeit einer Wartungseinheit, wodurch Betriebskosten verringert werden und die Systemzuverlässigkeit verbessert wird.

[0005] Gemäß verschiedener Ausführungsformen umfasst die vorliegende Offenbarung eine superoleophobe Vorrichtung. Die superoleophobe Vorrichtung kann eine auf einem Substrat angeordnete Halbleiterschicht umfassen. Die Halbleiterschicht kann eine aus einer oder mehreren Säulen-, Rillenstrukturen und einer Kombination davon gebildeten strukturierten Oberfläche aufweisen. Die superoleophobe Vorrichtung kann zudem eine konforme Teilchenverbundschicht aufweisen, welche auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht angeordnet ist. Eine Oberfläche der konformen, teilchenförmigen Verbundschicht kann eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln aufweisen. Die superoleophobe Vorrichtung kann ferner eine konforme, oleophobe Beschichtung auf der konformen teilchenförmigen Verbundschicht aufweisen, um eine Vorrichtung mit einer mehrskaligen, superoleophoben Oberfläche bereitzustellen.

[0006] Gemäß verschiedener Ausführungsformen umfasst die vorliegende Lehre zudem ein Verfahren zur Herstellung einer superoleophoben Vorrichtung. Die superoleophobe Vorrichtung kann derart ausgestaltet sein, dass sie eine Halbleiterschicht mit einer aus einer oder mehreren Säulen-, Rillenstrukturen und einer Kombination davon gebildeten strukturierten Oberfläche aufweist. Eine Teilchenverbund-

schicht kann dann konform auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht aufgebracht werden, so dass eine Oberfläche der teilchenförmigen Verbundschicht eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln umfassen kann. Die Teilchenverbundschicht kann chemisch durch konformes Aufbringen einer oleophoben Beschichtung auf die Verbundschicht modifiziert werden, um so die Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche bereitzustellen.

[0007] Gemäß verschiedener Ausführungsformen umfasst die vorliegende Lehre ferner ein Verfahren zur Herstellung einer superoleophoben Vorrichtung durch die Bereitstellung einer Halbleiterschicht auf einem flexiblen Substrat. Mittels Photolithographie kann in der Halbleiterschicht eine strukturierte Oberfläche erzeugt werden. Die strukturierte Oberfläche kann entsprechend einer Säulen-, einer Rillenstruktur oder einer Kombination davon ausgestaltet sein, wobei jede der Säulen- oder Rillenstrukturen eine oder mehrere wellenförmige Seitenwände, eine überhängende Struktur, und eine Kombination davon aufweisen kann. Eine konforme teilchenförmigen Verbundschicht kann anschließend auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht unter Anwendung eines Atomlagenabscheidungsprozesses (atomic layer deposition (ALD)) gebildet werden, so dass eine Oberfläche der konformen teilchenförmigen Verbundschicht eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikel umfassen kann, um die Vorrichtung mit einer mehrskaligen Oberfläche bereitzustellen. Die Teilchenverbundschicht kann chemisch durch konformes Aufbringen einer oleophoben Beschichtung auf die Verbundschicht modifiziert werden, um so die Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche bereitzustellen.

[0008] Im Einzelnen stellt die vorliegende Erfindung bereit:

- (1) Eine superoleophobe Vorrichtung, umfassend: ein Substrat; eine Halbleiterschicht, welche eine strukturierte Oberfläche umfasst und auf dem Substrat angeordnet ist, wobei die strukturierte Oberfläche gebildet wird aus einer oder mehreren Strukturen ausgewählt aus einer Säulenstruktur, einer Rillenstruktur, und einer Kombination davon; eine konforme Teilchenverbundschicht, welche auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht angeordnet ist, wobei eine Oberfläche der konformen Teilchenverbundschicht eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln umfasst; und eine konforme oleophobe Beschichtung, welche auf der konformen Teilchenverbundschicht angeordnet ist, zur Bereitstellung einer Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche.
- (2) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei die Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Al_2O_3 , TiO_2 ,

SnO_2 , ZnO , SiO_2 , SiC , TiC , Fe_2O_3 , HfO_2 , TiN , TaN , WN , NbN , Ru , Ir , Pt , ZnS , GeO_2 , und Kombinationen davon.

(3) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei die Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln in mindestens einer Dimension eine Länge im Bereich von etwa 1 nm bis etwa 100 nm aufweist.

(4) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei die konforme Teilchenverbundschicht eine Schichtdicke im Bereich von etwa 1 nm bis etwa 200 nm aufweist.

(5) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei die konforme Teilchenverbundschicht ferner Silanoxide, Alkylaluminiumoxide, Zinkoxide oder Zinnoxide umfasst.

(6) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei Hexadecan mit der mehrskaligen superoleophoben Oberfläche einen Kontaktwinkel von mehr als etwa 120° aufweist.

(7) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei Hexadecan mit der mehrskaligen superoleophoben Oberfläche einen Abrollwinkel von weniger als etwa 30° aufweist.

(8) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei der Precursor für die konforme oleophobe Beschichtung Tridecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrichlorsilan, Tridecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrimethoxysilan, Tridecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltriethoxysilan, Heptadecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrichlorsilan, Heptadecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrimethoxysilan, Heptadecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltriethoxysilan, oder eine Kombination davon ist.

(9) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei die Säulenstruktur und/oder die Rillenstruktur eine Höhe von etwa $0,3 \mu\text{m}$ bis etwa $4 \mu\text{m}$ aufweist.

(10) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei eine oder mehrere Säulenstruktur(en), Rillenstruktur(en), und Kombination(en) davon eine Flächenbedeckung der Halbleiterschicht von etwa 0,5% bis etwa 40% aufweisen.

(11) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei die Säulenstruktur und die Rillenstruktur eine gewellte Seitenwand, eine Überhangstruktur oder eine Kombination davon umfassen,

wobei die Säulenstruktur und die Rillenstruktur einen Durchmesser im Bereich von etwa $1 \mu\text{m}$ bis etwa $20 \mu\text{m}$ aufweisen,

wobei die gewellte Seitenwand eine Mehrzahl an Wellen mit jeweils einer Größe von etwa 100 nm bis etwa 1000 nm aufweist und

wobei die Überhangstruktur eine T-förmige Struktur mit einer oberen Struktur mit einer oberen Breite im Bereich von etwa $1 \mu\text{m}$ bis etwa $20 \mu\text{m}$ und einer unteren Struktur mit einer unteren Breite im Bereich von etwa $0,5 \mu\text{m}$ bis etwa $15 \mu\text{m}$ aufweist.

(12) Vorrichtung nach Punkt (1), wobei das Substrat flexibel ist und einen Polyimidfilm, Polyethylenaphthalatfilm, Polyethylenterephthalatfilm, Polyethersulfonfilm, Polyetherimidfilm, einen

Film aus rostfreiem Stahl, Aluminiumfolie, Kupferfolie oder Nickelfolie umfasst.

(13) Tintenstrahldruckkopf mit einer Vorderseite, wobei die Vorderseite die Vorrichtung nach Punkt (1) umfasst.

(14) Tintenstrahldruckkopf nach Punkt (13), wobei die Vorderseite selbstreinigend ist und wobei Tintentropfen einer festen Tinte oder einer UV-Tinte mit der Oberfläche der Vorderseite einen geringen Abrollwinkel von weniger als etwa 30° aufweisen.

(15) Verfahren zur Herstellung einer superoleophoben Vorrichtung, umfassend:

das Bereitstellen einer Halbleiterschicht, die eine strukturierte Oberfläche umfasst, wobei die strukturierte Oberfläche aus einer oder mehreren Säulenstruktur(en), Rillenstruktur(en), und/oder einer Kombination davon gebildet wird;

das Bilden einer konformen Teilchenverbundschicht auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht, so dass eine Oberfläche der konformen Teilchenverbundschicht eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln aufweist; und die chemische Modifizierung der Teilchenverbundschicht durch konformes Aufbringen einer oleophoben Beschichtung auf die Teilchenverbundschicht, um die Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche bereitzustellen.

(16) Verfahren nach Punkt (15), wobei die konforme Bildung einer Teilchenverbundschicht einen Prozess der Atomlagenabscheidung (ALD) umfasst, um die Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln auszubilden.

(17) Verfahren nach Punkt (15), wobei die konforme Bildung einer Teilchenverbundschicht einen Hybridprozess aus Atomlagenabscheidung (ALD) und chemischer Gasphasenabscheidung (CVD) auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht umfasst.

(18) Verfahren nach Punkt (15), wobei die chemische Modifizierung der Teilchenverbundschicht eine chemische Modifizierung durch konforme Selbstorganisation einer Fluorsilanbeschichtung auf der Teilchenverbundschicht mit Hilfe einer molekularen Gasphasenabscheidungstechnik, einer chemischen Gasphasenabscheidungstechnik oder einer Lösungsbeschichtungstechnik umfasst.

(19) Verfahren zur Herstellung einer superoleophoben Vorrichtung umfassend:

das Bereitstellen eines flexiblen Substrats;
das Aufbringen einer Halbleiterschicht auf dem flexiblen Substrat;

die Erzeugung einer strukturierten Oberfläche in der Halbleiterschicht auf dem flexiblen Substrat unter Verwendung von photolithographischer Verfahren, wobei die strukturierte Oberfläche gebildet wird aus einer oder mehreren Strukturen ausgewählt aus einer Säulenstruktur, einer Rillenstruktur, und einer Kombination davon; und wobei die

Säulenstruktur und die Rillenstruktur eine gewellte Seitenwand, eine Überhangstruktur oder eine Kombination davon aufweisen;

das Aufbringen einer konformen Teilchenverbundschicht auf die strukturierte Oberfläche der Halbleiterschicht unter Anwendung der Atomlagenabscheidung, so dass eine Oberfläche der konformen Teilchenverbundschicht eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln umfasst, wodurch eine Vorrichtung mit mehrskaliger Oberfläche bereitgestellt wird; und

die chemische Modifizierung der Teilchenverbundschicht durch konformes Aufbringen einer oleophoben Beschichtung auf die Teilchenverbundschicht, wodurch eine Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche bereitgestellt wird.

(20) Verfahren nach Punkt (19), wobei das Aufbringen einer konformen Teilchenverbundschicht ein Hybrid-Verfahren umfasst, welches eine Atomlagenabscheidung (ALD) und eine chemische Gasphasenabscheidung (CVD) umfasst.

[0009] Es versteht sich, dass sowohl die vorstehende allgemeine Beschreibung als auch die folgende detaillierte Beschreibung lediglich beispielhaft sind, der Erläuterung dienen und nicht als Einschränkung des vorliegend beanspruchten Gegenstands zu deuten sind.

BESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN

[0010] Die dieser Beschreibung beigelegten Zeichnungen veranschaulichen mehrere Ausführungsformen der vorliegenden Lehre und dienen zusammen mit der Beschreibung dazu, die Prinzipien der vorliegenden Lehre zu erklären.

[0011] [Abb. 1A](#) bis [Abb. 1C](#) zeigen eine beispielhafte Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche in verschiedenen Herstellungsstadien in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Lehre.

[0012] [Abb. 2A](#) bis [Abb. 2C](#) zeigen eine weitere beispielhafte Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche in verschiedenen Herstellungsstadien in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Lehre.

[0013] [Abb. 3](#) zeigt eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Halbleiterschicht mit einer aus einer Anordnung von Säulenstrukturen gebildeten Oberfläche in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Lehre.

[0014] [Abb. 4](#) zeigt eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Halbleiterschicht mit einer aus Rillenstrukturen gebildeten Oberfläche in Übereinstimmung

mung mit verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Lehre.

[0015] [Abb. 5](#) zeigt einen beispielhaften Druckkopf mit einer mehrskaligen superoleophoben Vorrichtung in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Lehre.

[0016] Verschiedene Ausführungsformen stellen eine Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche sowie Verfahren zur Herstellung und Verwendung der Vorrichtung bereit. In einer Ausführungsform kann die beispielhafte Vorrichtung eine auf einem Substrat aufgebrachte Halbleiterschicht umfassen. Die Halbleiterschicht kann eine durch Säulen- und/oder Rillenstrukturen geformte, strukturierte Oberfläche umfassen, wodurch in der Oberfläche der Vorrichtung eine Strukturierung im Mikrometer- und/oder Submikrometermaßstab generiert wird. Auf der Halbleiterschicht kann eine konforme, Teilchenverbundschicht mit einer Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln aufgebracht sein, wodurch in der Oberfläche der Vorrichtung eine Strukturierung in einem weiteren Maßstab, z. B. im Nanometermaßstab hergestellt wird. Dadurch verfügt die Vorrichtung über eine "mehrskalige Oberfläche", also beispielsweise eine Oberfläche, welche Strukturierungen umfasst, die vom Mikrometer- über Submikrometer- zu Nanometermaßstab variieren. Die Oberfläche, welche Metall enthaltende Teilchen umfasst, kann eine konforme oleophobe Beschichtung aufweisen, wodurch eine Vorrichtung mit einer "mehrskaligen superoleophoben Oberfläche" bereitgestellt wird.

[0017] [Abb. 1A–Abb. 1C](#) und [Abb. 2A–Abb. 2C](#) zeigen beispielhafte Vorrichtungen in verschiedenen Stadien ihrer Herstellung in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Lehre. Der Ausdruck "eine Vorrichtung mit mehrskaliger superoleophober Oberfläche", wie hierin verwendet, wird hierin auch als "mehrskalige superoleophobe Vorrichtung" bezeichnet.

[0018] In [Abb. 1A](#) umfasst die Vorrichtung **100A** eine auf einem Substrat **110** angeordnete oder ausgebildete Halbleiterschicht **130**. In Ausführungsformen kann das Substrat **110** beispielsweise ein flexibles Substrat darstellen. Hierbei kann jedes geeignete Material zur Verwendung als flexibles Substrat ausgewählt werden. Das flexible Substrat kann eine Kunststoffolie oder eine Metallfolie bzw. ein Metallfilm sein. In speziellen Ausführungsformen kann das flexible Substrat ausgewählt werden aus Polyimidfilm, Polyethylenaphthalatfilm, Polyethylenterephthalatfilm, Polyethersulfon, Polyetherimid, Edelstahl, Aluminium, Nickel, Kupfer und dergleichen, oder eine Kombination davon, wobei die Auswahl nicht darauf beschränkt ist. Das flexible Substrat kann jede geeignete Dicke aufweisen. In einigen Ausführungsformen kann das Substrat eine Dicke von etwa

5 µm bis etwa 100 µm oder von etwa 10 µm bis etwa 50 µm aufweisen.

[0019] Die Halbleiterschicht **130** kann beispielsweise eine Silizium-Schicht bestehend aus amorphem Silizium sein. Die Halbleiterschicht **130** kann durch Abscheiden einer dünnen Schicht aus amorphem Silizium auf große Flächen des Substrats **110** hergestellt werden. Die dünne Siliziumschicht kann jede geeignete Dicke aufweisen. In Ausführungsformen kann die Siliziumschicht auf dem Substrat **110** mit einer Dicke von etwa 500 nm bis etwa 5 µm abgedichtet werden, vorzugsweise mit einer Dicke von etwa 1 µm bis etwa 5 µm, besonders bevorzugt mit einer Dicke von etwa 3 µm. Die Siliziumschicht kann z. B. durch Sputtern, chemische Beschichtung aus der Gasphase, mit Plasma sehr hoher Frequenz aktivierte Gasphasenabscheidung, Mikrowellen-Plasma-gasphasenabscheidung, Plasmagasphasenabscheidung, oder u. a. unter Verwendung von Ultraschall-düsen in einem In-Line-Verfahren gebildet werden.

[0020] Die Halbleiterschicht **130** kann eine strukturierte Oberfläche einschließlich Säulenstruktur(en) aufweisen, wie z. B. Strukturen gemäß den Säulenordnungen **300**, wie in [Abb. 3](#) gezeigt, und/oder Rillenstrukturen **400**, wie in [Abb. 4](#) gezeigt. Jede Säulenstruktur **330** in [Abb. 3](#) und/oder jede Rillenstruktur **430** in [Abb. 4](#) kann zudem z. B. wellenförmige Seitenwände **135** umfassen (siehe auch [Abb. 1A](#)).

[0021] Die Säulenordnungen und/oder Rillenstrukturen mit wellenförmigen Seitenwänden, wie in [Abb. 1A](#) und [Abb. 3–Abb. 4](#) gezeigt, können auf oder in einer Halbleiterschicht unter Verwendung photolithografischer Techniken, wie z. B. durch zahlreiche geeignete, dem Fachmann bekannte Musterungs- und Ätzverfahren, erstellt werden. In einer beispielhaften Ausführungsform zur Darstellung der Vorrichtung **100A** kann eine Fotolackschicht auf eine Siliziumschicht aufgetragen werden, die sich auf einem flexiblen Substrat befindet. Die Fotolackschicht kann anschließend belichtet, entwickelt und nachgebildet werden, und kann in Verfahren zum Ätzen des darunter liegenden Siliziums (z. B. Nassätzen, reaktives Ionentiefenätzen, oder Plasmaätzen) als Ätzmaske verwendet werden. Jeder Ätzzyklus kann eine Welle aus einer Vielzahl von Wellen in den gewünschten wellenförmigen Wänden **135** entsprechen.

[0022] In einigen Ausführungsformen kann jede Säulenstruktur in den Säulenanordnungen und/oder jede Rillenstruktur aus der Vielzahl der Rillenstrukturen anstatt wellenförmiger Seitenwände eine oder mehrere Überhangstrukturen umfassen, wie in [Abb. 2A](#) gezeigt.

[0023] Zum Beispiel können Säulenordnungen und/oder Rillenstrukturen, welche jeweils Überhangstrukturen **237** aufweisen, aus einer Halbleiterschicht

230 (z. B. Siliziumoxidschicht) gebildet sein. Die Halbleiterschicht **230** kann auf einer Schicht **220** (z. B. einer zweiten Halbleiterschicht aus Silizium) gebildet werden. In einer Ausführungsform kann die Schicht **230** über der Schicht **220** T-förmig sein. Die Schicht **220** kann auf einem Substrat **110** gebildet werden, welches dem Substrat **110** in [Abb. 1A](#) entspricht oder sich davon unterscheidet.

[0024] In einer beispielhaften Ausführungsform, kann die Vorrichtung **200A** in [Abb. 2A](#) hergestellt werden, indem zunächst ein flexibles Substrat bereitgestellt wird. Im Anschluss kann eine Siliziumschicht auf dem flexiblen Substrat abgeschieden und anschließend gereinigt werden. Eine beispielhafte Dünnschicht aus SiO_2 kann z. B. durch Sputtern oder Plasmagasphasenabscheidung auf der gereinigten Siliziumschicht abgeschieden werden. In der Folge kann z. B. ein Photolackmaterial auf die sich auf dem flexiblen Substrat befindende, mit Siliziumoxid beschichtete Siliziumschicht aufgebracht werden, das Photolackmaterial belichtet und entwickelt werden, um in der SiO_2 -Schicht ein strukturiertes Muster, einschließlich einer Säulen- und/oder Rillenstruktur, zu definieren. Hierzu kann z. B. ein Fluorbasiertes (SF_6/O_2), reaktives Ionentiefenätzverfahren verwendet werden, gefolgt von einem Heißstrippen zur Generierung der überhängenden Strukturen **237**.

[0025] Die strukturierte Oberfläche der Vorrichtungen **100A** und/oder **200A** in [Abb. 1A](#) und [Abb. 2A](#) kann durch Säulenstrukturen und/oder Rillenstrukturen im Mikrometermaßstab gekennzeichnet sein, während jede Säulen- und/oder Rillenstruktur Strukturen mit wellenförmigen Seitenwänden und/oder überhängende Strukturen im Submikrometermaßstab aufweisen kann.

[0026] Beispielsweise kann jede Säulen- und/oder Rillenstruktur eine Höhe im Bereich von etwa 0,3 μm bis etwa 4 μm oder von etwa 0,5 μm bis etwa 3 μm oder von etwa 1 μm bis etwa 2,5 μm aufweisen.

[0027] Jede Säulen- und/oder Rillenstruktur mit wellenförmigen Seitenwänden kann eine durchschnittliche Breite oder einen Durchmesser im Bereich von etwa 1 μm bis etwa 20 μm oder von etwa 2 μm bis etwa 15 μm oder von etwa 2 μm bis etwa 5 μm aufweisen. Jede Welle der welligen Seitenwände kann eine Größe von etwa 100 nm bis etwa 1000 nm, vorzugsweise etwa 250 nm, aufweisen.

[0028] Jede Überhangstruktur kann beispielsweise eine T-förmige Struktur aufweisen, einschließlich einer oberen Struktur mit einer größeren oberen Breite oder einem größeren oberen Durchmesser als eine untere Struktur, und einer niedrigeren oberen Dicke/Höhe als die untere Struktur. Hierbei kann die obere Breite bzw. der obere Durchmesser etwa 1 μm bis etwa 20 μm , bevorzugt von etwa 2 μm bis etwa 15 μm

oder, besonders bevorzugt von etwa 2 μm bis etwa 5 μm betragen, während die Breite bzw. der Durchmesser der unteren Struktur etwa 0,5 μm bis etwa 15 μm , bevorzugt von etwa 1 μm bis etwa 12 μm , oder besonders bevorzugt von etwa 1,5 μm bis etwa 4 μm betragen kann.

[0029] In einigen Ausführungsformen weisen die Säulenarrangements mit wellenförmigen Seitenwänden und/oder Überhangstrukturen; und/oder Rillenstrukturen mit wellenförmigen Seitenwänden und/oder Überhangstrukturen, welche die strukturierte Oberfläche ausbilden, eine Oberflächenbedeckung von etwa 0,5% bis etwa 40%, bevorzugt von etwa 1% bis etwa 30%, oder besonders bevorzugt von etwa 4% bis etwa 20% über die gesamte Oberfläche der Vorrichtung **100A** und/oder **200A** auf. In einigen Ausführungsformen unterliegen die Abmessungen, Formen und/oder die Oberflächenbedeckung der Säulenarrays und/oder Rillenstrukturen keinen besonderen Beschränkungen. Zum Beispiel können die Säulen- und Rillenstrukturen in der Querschnittsansicht unter anderem eine runde, elliptische, quadratische, rechteckige, dreieckige oder sternförmige Form aufweisen.

[0030] Eine Teilchenverbundschicht **150** gemäß [Abb. 1B](#) bzw. [Abb. 2B](#), kann anschließend konform auf der gesamten Oberfläche der strukturierten Oberfläche der Vorrichtungen **100A** und/oder **200A** abgeschieden werden. Die Oberfläche der konformen Teilchenverbundschicht **150** kann zur weiteren Steuerung der Oberflächenmorphologie der gebildeten Vorrichtung eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Teilchen mit einer Größe im Bereich von etwa 1 nm bis etwa 200 nm, bevorzugt von etwa 5 nm bis ungefähr 150 nm, oder besonders bevorzugt von etwa 10 nm bis ungefähr 100 nm, umfassen.

[0031] Die Metall enthaltenden Teilchen können beispielsweise ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , SiC , TiC , Fe_2O_3 , SnO_2 , ZnO , HfO_2 , TiN , TaN , GeO_2 , WN , NbN , Ru , Ir , Pt , ZnS , und/oder Kombinationen davon. In einigen Ausführungsformen kann die Schichtdicke der konformen Teilchenverbundschicht **150** etwa 1 nm bis etwa 200 nm, bevorzugt etwa 5 nm bis ungefähr 150 nm, oder besonders bevorzugt etwa 10 nm bis etwa 100 nm betragen. Um eine gute Haftung zwischen den Teilchen und dem Substrat zu gewährleisten kann die konforme teilchenförmige Verbundschicht **150** zusätzlich zu den Metall enthaltenden Partikeln z. B. Silanoxide, Alkylaluminiumoxide (z. B. $\text{Al-O-Al}(\text{CH}_3)_2$ oder AlOH , $\text{SiO}_x(\text{CH}_2)_2\text{-SiO}_x$), Zinkoxid oder Zinnoxid und dergleichen umfassen.

[0032] Zur Bildung der Teilchenverbundschicht **150** mit den Metall enthaltenden Teilchen können beliebige geeignete Verfahren herangezogen werden. Beispielsweise kann die Teilchenverbundschicht **150**

konform über der gesamten strukturierten Oberfläche **100A** und **200A** mittels Atomlagenabscheidung (atomic layer deposition (ALD)), chemische Gasphasenabscheidung (chemical vapor deposition (CVD)), oder andere geeignete Verfahren und/oder Kombinationen davon hergestellt werden. In einer beispielhaften Ausführungsform kann die Teilchenverbundschicht **150** – hergestellt z. B. durch ein Hybridverfahren einschließlich ALD und CVD – eine Mehrzahl an Al_2O_3 -Partikeln sowie Silanoxiden umfassen.

[0033] Die Teilchenverbundschicht **150** kann anschließend, wie in [Abb. 1C](#) und [Abb. 2C](#) dargestellt, zur Bereitstellung der gewünschten Oberflächeneigenschaften (wie z. B. der Bereitstellung oder Verbesserung der oleophoben Eigenschaften der mehrskaligen Oberfläche der Vorrichtung **100B** und **200B**) chemisch modifiziert werden. Hierzu kann die Teilchenverbundschicht **150** mit jedem geeigneten chemischen Verfahren behandelt werden. So kann etwa auf der Teilchenverbundschicht eine selbstorganisierte Schicht **160** abgeschieden werden, welche z. B. perfluorierte Alkylketten umfasst.

[0034] Es kann eine Vielzahl an Techniken wie z. B. molekulare Gasphasenabscheidungstechniken, eine chemische Gasabscheidungstechnik oder eine Lösungsbeschichtungstechnik eingesetzt werden, um die selbstorganisierte Schicht aus perfluorierten Alkylketten auf der Oberfläche der Teilchenverbundschicht **150** abzuscheiden. In einigen Ausführungsformen kann die chemische Modifizierung des strukturierten Substrats eine konforme Selbstorganisation einer Fluorosilanbeschichtung auf der mehrskaligen Oberfläche (wie in [Abb. 1B](#) und/oder [Fig. 2B](#)) durch molekulare Gasphasenabscheidungstechniken, chemische Gasabscheidungstechniken oder Lösungsbeschichtungstechniken umfassen. In einer bestimmten Ausführungsform kann die chemische Modifizierung eine Abscheidung von selbstorganisierten Schichten aus Tridecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrichlorsilan, Tridecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrimethoxysilan, Tridecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltriethoxysilan, Heptadecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrichlorsilan, Heptadecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrimethoxysilan, Heptadecafluor-1,1,2,2-tetrahydrooctyltriethoxysilan und dergleichen, oder eine Kombination davon unter Verwendung molekularer Gasphasenabscheidungstechniken oder einer Lösungsbeschichtungstechniken umfassen.

[0035] Auf diese Weise können beispielhafte Vorrichtungen (wie in [Abb. 1C](#) und [Abb. 2C](#) gezeigt) gebildet werden, um eine mehrskalige Oberfläche mit superoleophoben Eigenschaften bereitzustellen. In einigen Ausführungsformen können die beispielhaften Vorrichtungen eine Oberfläche aufweisen, die sowohl superoleophob als auch superhydrophob ist.

[0036] Ein Tropfen der Flüssigkeit auf Kohlenwasserstoff-Basis, z. B. Hexadecan oder Tinte, kann mit der mehrskaligen superoleophoben Oberfläche der Vorrichtungen **100C** und **200C** einen sehr großen Kontaktwinkel, wie z. B. von etwa 100° oder mehr, im Bereich von etwa 100 bis etwa 175° oder von etwa 120° bis etwa 170° ausbilden. Ein Tropfen der Flüssigkeit auf Kohlenwasserstoff-Basis kann zudem mit der hierin offenbarten mehrskaligen superoleophoben Oberfläche einen Abrollwinkel von etwa 1° bis etwa 30° oder von etwa 1° bis etwa 25° oder von etwa 1° bis etwa 20° ausbilden.

[0037] In einigen Fällen kann ein Wassertröpfchen mit der offenbarten mehrskaligen superoleophoben Oberfläche einen großen Kontaktwinkel, wie z. B. von etwa 120° oder mehr, im Bereich von etwa 120 bis etwa 175° oder von etwa 130° bis etwa 165° ausbilden. Der Wassertropfen kann ferner mit der mehrskaligen superoleophoben Oberfläche einen Abrollwinkel von etwa 1° bis etwa 30° oder von etwa 1° bis etwa 25° oder von etwa 1° bis etwa 20° ausbilden.

[0038] Sind die mehrskaligen superoleophoben Vorrichtungen auf der Vorderseite eines Tintenstrahl-druckkopfes eingebaut, so können ausgestoßene Tropfen aus UV-Geltinte (hierin auch als "UV-Tinte" bezeichnet) und/oder Festtinte in einigen Ausführungsformen eine vorteilhaft geringe Haftung auf der mehrskaligen superoleophoben Oberfläche aufweisen. Der Begriff "Tintentropfen", wie hierin verwendet, bezieht sich auf die ausgestoßenen Tropfen aus UV-Geltinte und/oder aus Festtinte.

[0039] Aufgrund der geringen Haftung der Tintentropfen auf der Oberfläche können die mehrskaligen superoleophoben Vorrichtungen daher als Vorrichtungen mit nicht benetzbarer, leicht zu reinigender bzw. selbstreinigender Oberfläche verwendet werden. Zum Beispiel können die mehrskaligen superoleophoben Vorrichtungen an einer Vorderseite eines Tintenstrahl-druckkopfes (wie z. B. einer Blende aus rostfreiem Stahl) angebracht sein.

[0040] [Abb. 5](#) zeigt einen beispielhaften Druckkopf **500** mit mehrskaligen superoleophoben Vorrichtungen in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Lehre. Wie dargestellt, kann der beispielhafte Druckkopf **500** ein Basissubstrat **502** mit Transducern **504** auf einer Fläche und akustischen Linsen **506** auf einer gegenüberliegenden Fläche aufweisen. In einem definierten Abstand zum Basissubstrat **502** kann eine Flüssigkeitspegel-Kontrollplatte **508** angebracht sein. Eine mehrskalige superoleophobe Vorrichtung in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann entlang der Kontrollplatte **508** angeordnet sein. Das Basissubstrat **502** und die Flüssigkeitspegel-Kontrollplatte **508** können einen Kanal ausbilden, in dem die strömende Flüssigkeit **512**

festgehalten wird. Die Flüssigkeitspegel-Kontrollplatte **508** kann beispielsweise ein Array **514** mit Öffnungen **516** beinhalten. Die Transducer **504**, die akustischen Linsen **506**, und die Öffnungen **516** können allesamt axial angeordnet sein, so dass eine durch einen einzigen Transducer **504** hervorgerufene Schallwelle durch ihre ausgerichtete Akustik **506** bei etwa einer freien Oberfläche **518** der Flüssigkeit **512** in ihrer ausgerichteten Öffnung **516** fokussiert werden kann. Bei ausreichender Leistung kann so ein Tröpfchen von der Oberfläche **518** emittiert werden.

[0041] Der beispielhafte Druckkopf **500** kann eine Kontamination durch Tinte verhindern, weil Tintentröpfchen von der Vorderseite des Druckkopfes aufgrund der mehrskaligen superoleophoben Oberfläche rückstandsfrei abrollen können. Die mehrskalige superoleophobe Oberfläche stellt aufgrund ihrer Superoleophobizität Tintenstrahldruckkopf-Blenden mit hohem Haltedruck bereit. Allgemein gilt: je größer die Tintenkontaktwinkel, desto besser (höher) der Haltedruck. Der Haltedruck bezieht sich auf die Fähigkeit der Blende, ein Austreten der Tinte aus der Düsenöffnung im Falle der Druckzunahme im Tintenbehälter (Reservoir) zu verhindern. Somit kann die beschriebene mehrskalige superoleophobe Vorrichtung für Tintentropfen aus UV-härtbarer Tinte und/oder Festtinte eine geringe Haftung und hohe Kontaktwinkel sicherstellen, wodurch ferner vorteilhaft ein verbesserter, hoher Haltedruck erreicht wird bzw. ein Austreten der Tinte aus der Düse verringert (oder verhindert) wird.

Patentansprüche

1. Eine superoleophobe Vorrichtung, umfassend: ein Substrat; eine Halbleiterschicht, welche eine strukturierte Oberfläche umfasst und auf dem Substrat angeordnet ist, wobei die strukturierte Oberfläche gebildet wird aus einer oder mehreren Strukturen ausgewählt aus einer Säulenstruktur, einer Rillenstruktur, und einer Kombination davon; eine konforme Teilchenverbundschicht, welche auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht angeordnet ist, wobei eine Oberfläche der konformen Teilchenverbundschicht eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln umfasst; und eine konforme oleophobe Beschichtung, welche auf der konformen Teilchenverbundschicht angeordnet ist, zur Bereitstellung einer Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Al_2O_3 , TiO_2 , SnO_2 , ZnO , SiO_2 , SiC , TiC , Fe_2O_3 , HfO_2 , TiN , TaN , WN , NbN , Ru , Ir , Pt , ZnS , GeO_2 , und Kombinationen davon.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln in mindestens einer Dimension eine Länge im Bereich von etwa 1 nm bis etwa 100 nm aufweist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei Hexadecan mit der mehrskaligen superoleophoben Oberfläche einen Kontaktwinkel von mehr als etwa 120° aufweist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Säulenstruktur und/oder die Rillenstruktur eine Höhe von etwa $0,3 \mu\text{m}$ bis etwa $4 \mu\text{m}$ aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Säulenstruktur und die Rillenstruktur eine gewellte Seitenwand, eine Überhangstruktur oder eine Kombination davon umfassen, wobei die Säulenstruktur und die Rillenstruktur einen Durchmesser im Bereich von etwa $1 \mu\text{m}$ bis etwa $20 \mu\text{m}$ aufweisen, wobei die gewellte Seitenwand eine Mehrzahl an Wellen mit jeweils einer Größe von etwa 100 nm bis etwa 1000 nm aufweist und wobei die Überhangstruktur eine T-förmige Struktur mit einer oberen Struktur mit einer oberen Breite im Bereich von etwa $1 \mu\text{m}$ bis etwa $20 \mu\text{m}$ und einer unteren Struktur mit einer unteren Breite im Bereich von etwa $0,5 \mu\text{m}$ bis etwa $15 \mu\text{m}$ aufweist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Substrat flexibel ist und einen Polyimidfilm, Polyethylenaphthalatfilm, Polyethylenterephthalatfilm, Polyethersulfonfilm, Polyetherimidfilm, einen Film aus rostfreiem Stahl, Aluminiumfolie, Kupferfolie oder Nickelfolie umfasst.
8. Verfahren zur Herstellung einer superoleophoben Vorrichtung, umfassend: das Bereitstellen einer Halbleiterschicht, die eine strukturierte Oberfläche umfasst, wobei die strukturierte Oberfläche aus einer oder mehreren Säulenstruktur(en), Rillenstruktur(en), und/oder einer Kombination davon gebildet wird; das Bilden einer konformen Teilchenverbundschicht auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht, so dass eine Oberfläche der konformen Teilchenverbundschicht eine Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln aufweist; und die chemische Modifizierung der Teilchenverbundschicht durch konformes Aufbringen einer oleophoben Beschichtung auf die Teilchenverbundschicht, um die Vorrichtung mit einer mehrskaligen superoleophoben Oberfläche bereitzustellen.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die konforme Bildung einer Teilchenverbundschicht einen Prozess der Atomlagenabscheidung (ALD) umfasst, um die Mehrzahl an Metall enthaltenden Partikeln auszubilden.

10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die konforme Bildung einer Teilchenverbundschicht einen Hybridprozess aus Atomlagenabscheidung (ALD) und chemischer Gasphasenabscheidung (CVD) auf der strukturierten Oberfläche der Halbleiterschicht umfasst.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

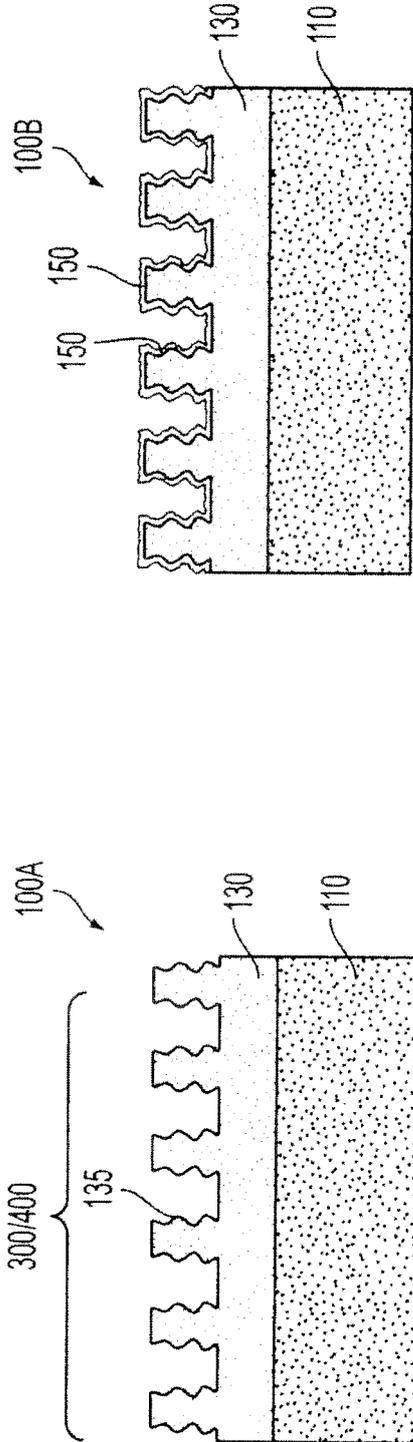


ABB. 1A

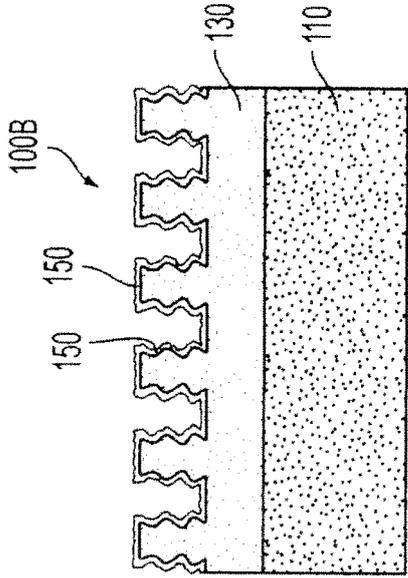


ABB. 1B

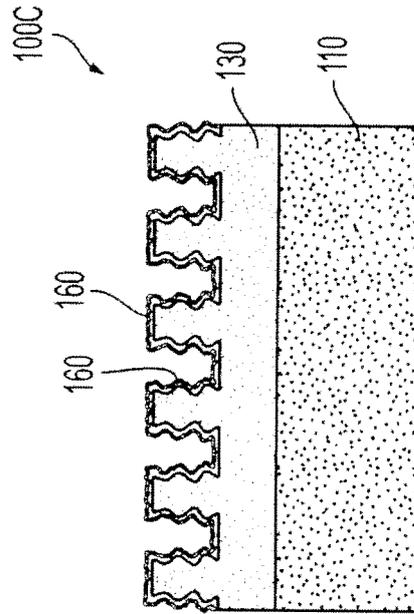


ABB. 1C

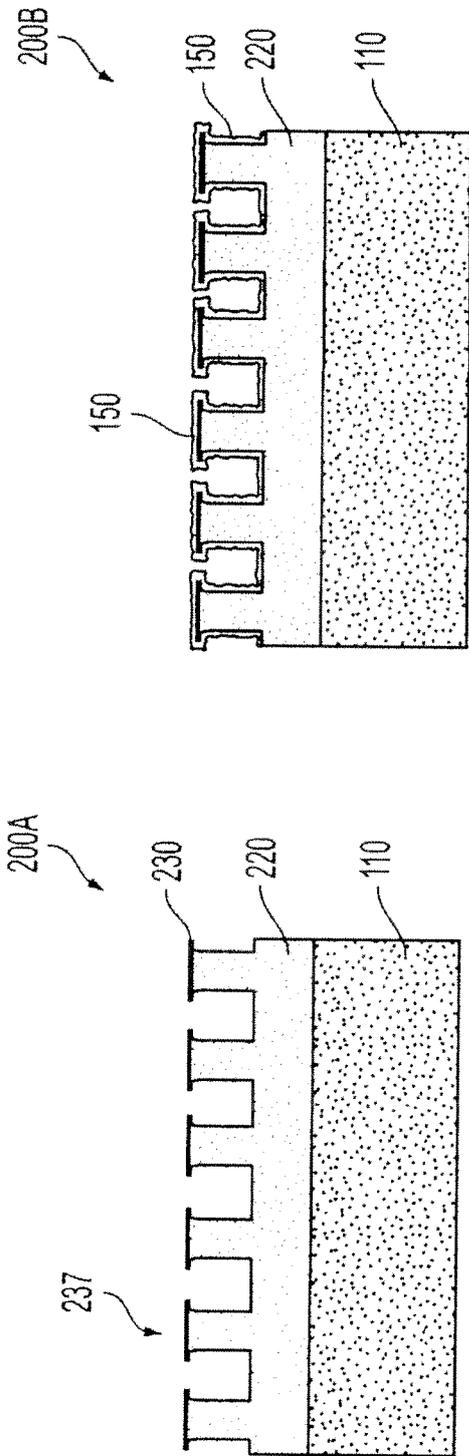


ABB. 2A

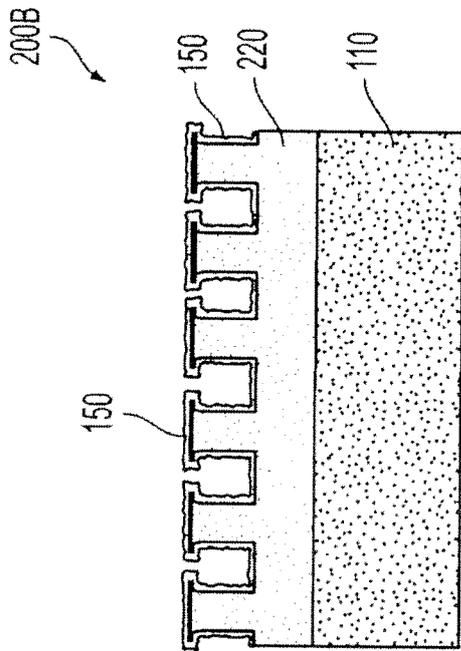


ABB. 2B

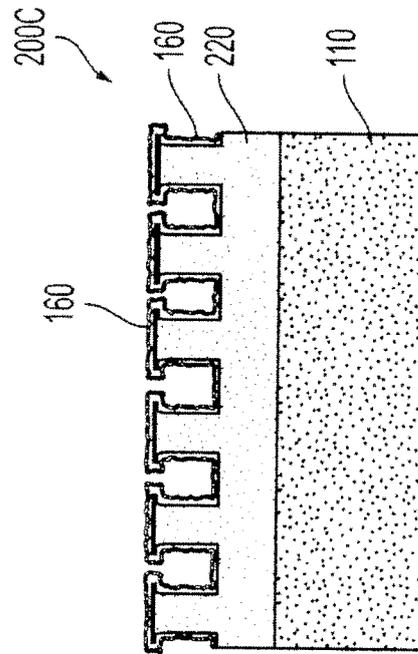


ABB. 2C

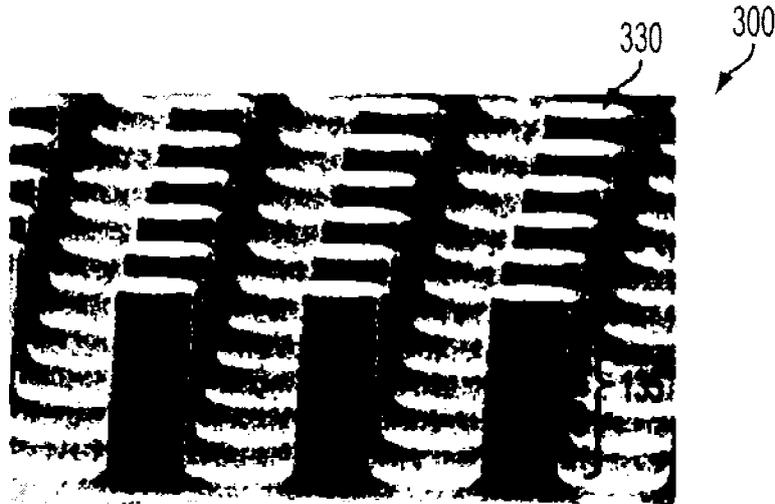


ABB. 3

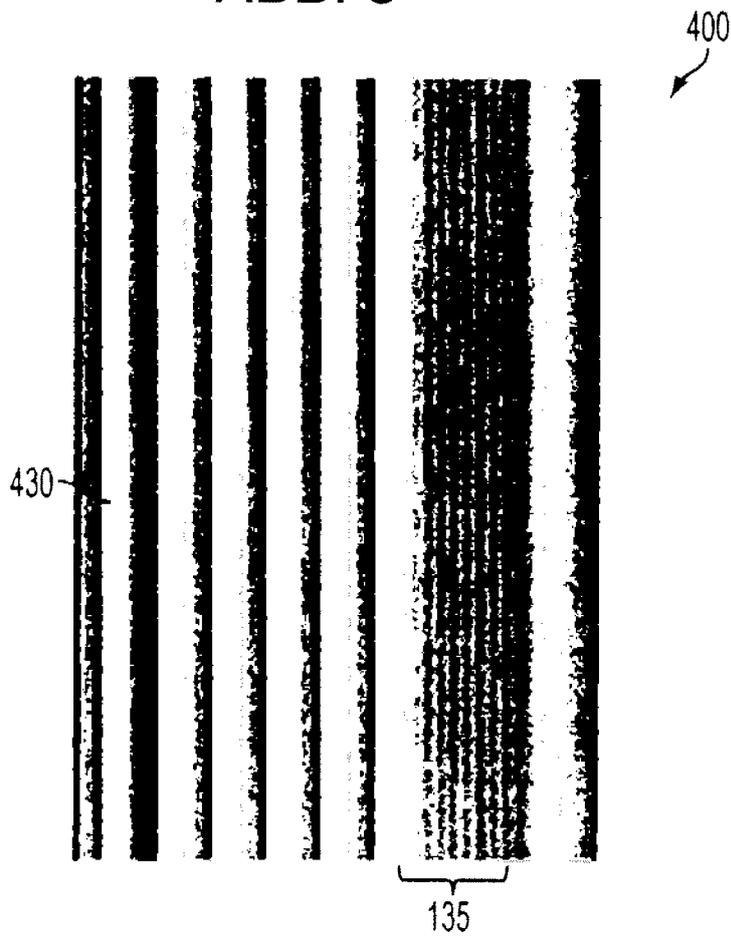


ABB. 4

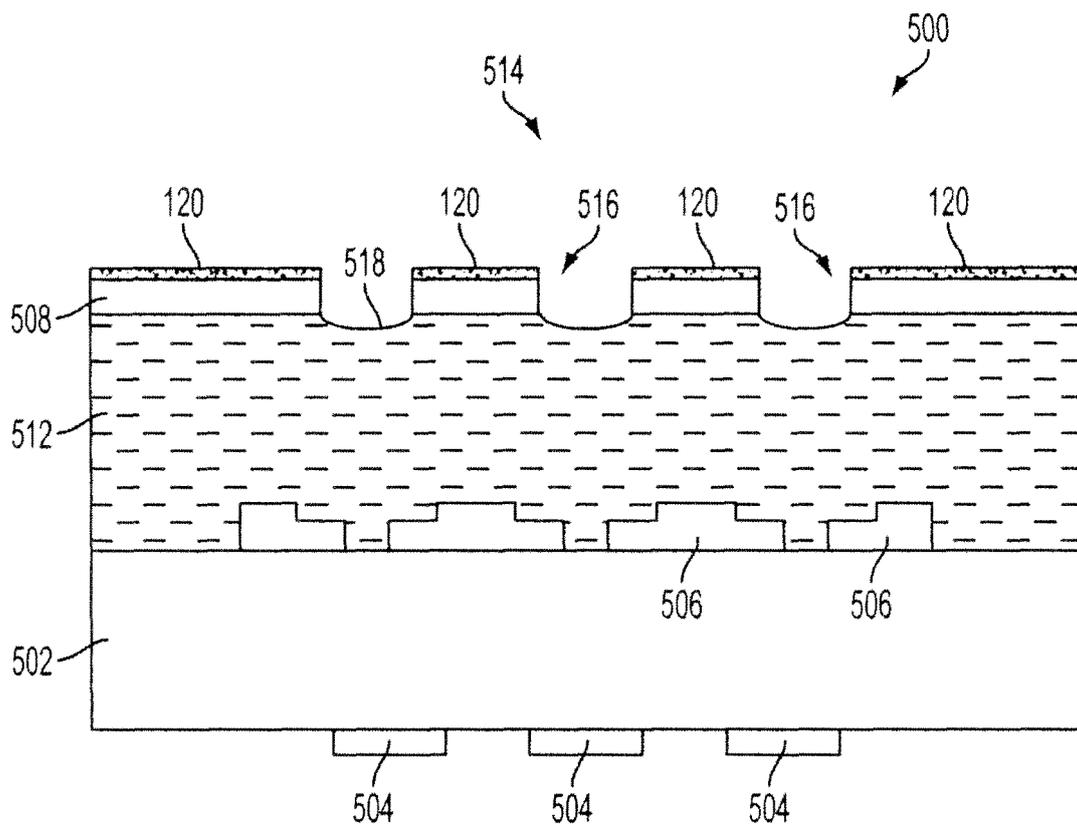


ABB. 5