



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 001 953 B4 2009.12.31**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 001 953.1**
 (22) Anmeldetag: **10.01.2007**
 (43) Offenlegungstag: **17.07.2008**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **31.12.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 69/00 (2006.01)**
B01D 71/40 (2006.01)
A61K 9/00 (2006.01)
B41K 1/38 (2006.01)
B41K 1/50 (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

(73) Patentinhaber:
**Technische Universität Chemnitz, 09111
 Chemnitz, DE**

(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
 Schwanhäusser, 80802 München**

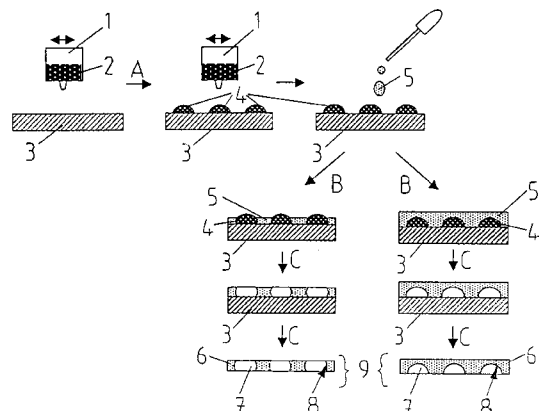
(72) Erfinder:
**Goedel, Werner A., Prof. Dr., 09116 Chemnitz, DE;
 Ebert, Susann, 09119 Chemnitz, DE; Baumann,
 Reinhard, Prof. Dr., 82152 Planegg, DE; Engisch,
 Lutz, Dr., 09387 Jahnsdorf, DE; Jahn, Stephan,
 06667 Weißenfels, DE; Buschmann, Markus, 09113
 Chemnitz, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

GB	23 79 083	A
EP	14 46 234	B1
EP	17 10 021	A1
EP	13 72 973	B1
WO	99/0 41 086	A1

(54) Bezeichnung: **Mikrostrukturierter Film, Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung**

(57) Hauptanspruch: Mikrostrukturierter Film, dadurch gekennzeichnet, dass er durch Drucken (A) von mikrometeregroßen Flüssigkeitsstrukturen (4) mittels eines InkJet-Druckers (1), anschließendes Überschichten mit einer Beschichtungsflüssigkeit (B), gefolgt von einem Aushärten der Beschichtungsflüssigkeit (C) hergestellt wurde und dass der mikrostrukturierte Film (9) aus konkaven Mikrostrukturen (7) in einem ausgehärteten Material (6) besteht.



Beschreibung

[0001] Die Neuerung bezieht sich auf einen mikrostrukturierter Film, ein Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung. Solche mikrostrukturierten Filme werden vielfältig eingesetzt, so z. B. als Bestandteile von Mikroreaktionssystemen, zur kontrollierten Freisetzung von Wirkstoffen, als Stempel oder als Master zur Herstellung von Stempeln, als Filtrationsmedien, als Lochmaske bei lithografischen Prozessen oder als Komponenten optischer Systeme, wie Linsen, Mattierungsschichten, Abschwächer oder Defraktionsfilter. Sie stellen zu bekannten Systemen eine technisch effiziente und preisgünstige Alternative dar.

Stand der Technik

[0002] Die InkJet-Drucktechnik ist ein etabliertes Verfahren um zweidimensionale Muster auf Papier oder Folien zu drucken. Seit einigen Jahren findet der InkJet-Druck jedoch nicht mehr nur Einsatz als Druck-Prozess im herkömmlichen Sinne, sondern zunehmend Anwendung in industriellen Prozessen, wie der Mikroelektronik. Ein Anwendungsgebiet der InkJet-Drucktechnik ist die in J. Mater. Chem. 2004, 14, 2627–2632 beschriebene Darstellung von dünnen Polymerfilmen. Mit einem InkJet-Drucker werden kleine Tropfen einer Polymerlösung auf eine Substratoberfläche gedruckt. Der Abstand zwischen den Tropfen wird dabei so gering gewählt, dass sich die Tropfen auf der Substratoberfläche berühren und miteinander verschmelzen. Ein Vorteil der InkJet-Drucktechnik ist, dass kleinste Mengen an Polymerlösung gezielt auf einem Substrat platziert werden können. InkJet-Drucktechnik wird in diesem Zusammenhang nicht nur zum Drucken zweidimensionaler Muster oder dünner kontinuierlicher Filme, sondern auch zur Erzeugung einer Vielfalt dreidimensionaler Strukturen, z. B. Kanäle, Linsen oder Wellenleiter genutzt [für eine Übersicht siehe P. Calvert, Chem. Mater. 2001, 13, 3299].

[0003] Ein Nachteil ist, dass beim Aufbringen von Flüssigkeitstropfen a priori zunächst einmal konvexe Oberflächen aufgebracht werden. Sollen in dem zu erzeugenden Produkt konkave Oberflächen entstehen, so können diese nur durch eine Überlagerung von konvexen Oberflächen erzeugt werden und haben daher inhärent größere Krümmungsradien, als die durch den Druckprozess aufgesetzten Tropfen, und der durch eine Überlagerung von konvexen Oberflächen erzeugte endgültige Krümmungsradius ist nicht mehr exakt vorbestimmbar mittels der Tropfengröße beim Drucken.

[0004] Es ist somit von Interesse, in einem InkJet-Druckverfahren einen dünnen und nach seiner Herstellung gegebenenfalls vom Substrat lösbaren Film mit konkaven Strukturen zu erzeugen, deren

Krümmungsradien denen der aufgesetzten Tropfen exakt entsprechen.

[0005] Dies kann im Prinzip durch ein negatives Druckverfahren als nächstliegendem Stand der Technik erfolgen, in dem die aufgetragenen Tropfen kein Material deponieren, sondern entfernen. Ein solches Verfahren ist in Adv. Mater. 2006, 18, 910–914 beschrieben, wobei auf einen dünnen Polymerfilm mit einem InkJet-Drucker Tropfen von Lösungsmittel aufgebracht werden. Der Polymerfilm wird von dem Lösungsmittel gequollen bzw. teilweise aufgelöst und es ergibt sich im Zusammenspiel mit der anschließenden Verdunstung des Lösungsmittels eine örtliche Verschiebung des Polymers. Nachteil ist hierbei, dass in diesem Verfahren jedoch keine vollständige Entfernung des nicht gewünschten Materials, sondern nur Materialverschiebung, erfolgte, dass die Krümmungsradien der durch Anläsen und Verdunsten entstandenen konkaven Oberflächen nicht mehr exakt mit dem Druckprozess bestimmbar sind und dass Oberflächenrauigkeiten der Grenzfläche durch den Löseprozess in Kauf genommen werden müssen.

[0006] Als weiterer technologischer Hintergrund werden die folgenden Schriften angeführt.

[0007] GB 23 79 083 A betrifft die Herstellung von Schichten auf Substraten unter Verwendung eines Inkjet-Verfahrens. Die erzeugten Schichten bzw. Strukturen sind konvex und werden nicht vom Substrat abgehoben.

[0008] EP 1 446 234 B1 beschreibt die Herstellung einer Folie auf einem Substrat. Dabei werden die einzelnen Tröpfchen mittels eines Tintenstrahls auf das Substrat aufgebracht. Beim Aufprall der Tröpfchen auf das Substrat fließen die benachbarten Tröpfchen zusammen und bilden nach dem Aushärten eine Folie.

[0009] EP 1 710 021 A1 betrifft ein Verfahren zur Bildung einer Folie durch Anordnung und Zusammenfließen von Tröpfchen einer flüssigen Zusammensetzung auf einem Substrat.

[0010] EP 1 372 973 B1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Musters, wobei das Muster auf der Oberfläche mittels eines Tintenstrahlkopfes aus konvexen Einzeltropfen zu einer konvexen Gesamtstruktur zusammenfließend erzeugt wird.

[0011] WO 99/041086 A1 beschreibt ein mikroporöses Substrat, das mit einem filmbildenden organischen Polymer beschichtet wird. Das Polymer kann mit einem gedruckten Tintenstrahl aufgetragen werden.

[0012] Der in den Hauptansprüchen angegebenen

Erfindung liegt damit das Problem zugrunde, einen mikrostrukturierten Film mit konkaven Mikrostrukturen mit exakt vorbestimmbare Größe und mit vorbestimmbare Rauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit der Grenzfläche zu schaffen, ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben und seine Verwendung aufzuzeigen.

[0013] Dieses Problem wird durch die in den Hauptansprüchen angegebenen Merkmale gelöst.

[0014] Die Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung bestehen in der exakten Abbildung der konkaven Mikrostrukturen, in der Möglichkeit durchgängig offene Mikrostrukturen zu schaffen und im Wegfall nachträglicher separater Anbringung einer Stützstruktur auf der Mikrostruktur und damit auch Wegfall der dabei immer vorhandenen Beschädigungsgefahr der Mikrostruktur. Dadurch wird die gesamte Prozessführung exakter, effektiver, also schneller und kostengünstiger, und die Größeneinschränkung besteht auch nicht mehr.

[0015] Bei dem Versuch, wässrige Flüssigkeitsstrukturen mit einem InkJet-Drucker auf ein Substrat zu drucken, haben wir entdeckt, dass die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen anschließend vorsichtig von einer Lösung eines Polymers in einen flüchtigen Lösungsmittel überschichtet werden konnten, ohne dass diese dabei zerstört wurden. Bei geeignetem Lösungsmittel verdunstete dieses rasch genug, sodass die Polymerlösung durch Verglasen erstarrte, bevor, oder ohne dass, die wässrigen Tropfen wesentlich verdunstet waren. Es entstand so ein dünner Polymerfilm, welcher zunächst die zuvor gedruckten wässrigen Mikrostrukturen auf der Unterseite enthielt. Weiteres Trocknen entfernte anschließend auch die wässrigen Tropfen, sodass ein strukturierter Polymerfilm zurückblieb, der sich ohne Zerstörung vom Substrat entfernen ließ.

[0016] Die Erfindung soll nachfolgend an bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Die zugehörigen Zeichnungen/Abbildungen zeigen:

[0017] **Fig. 1:** Schematische Darstellung des Verfahrens (mit teilweiser oder völliger Überschichtung der gedruckte Flüssigkeitsstruktur **4**

[0018] **Fig. 2:** Schematische Darstellung des mehrschichtigen Verfahrens

[0019] **Fig. 3A** Lichtmikroskopische Aufnahme eines mikrostrukturierten Polymerfilms

[0020] **Fig. 3B** Lichtmikroskopische Aufnahme eines mikrostrukturierten Polymerfilms

[0021] Dabei werden folgende Bezugszeichen verwendet:

Bezugszeichenliste

1	InkJet-Drucker
2	zu druckende Flüssigkeit
2.2 bis 2.n	zu druckende Flüssigkeit für 2. bis nte Lage
3	Substrat
3.2 bis 3.n	Substrat für 2. bis nte Lage
4	gedruckte Flüssigkeitsstruktur
4.2 bis 4.n	gedruckte Flüssigkeitsstruktur für 2. bis nte Lage
5	Beschichtungsflüssigkeit
5.2 bis 5.n	Beschichtungsflüssigkeit für 2. bis nte Lage
6	ausgehärtetes Material
6 bis 6.n-1	ausgehärtetes Material (der vorhergehenden Schicht)
6.2 bis 6.n	ausgehärtetes Material der 2. bis nten Lage
7	konkave Mikrostruktur
8	Grenzfläche der Mikrostrukturen
9	mikrostrukturierter Film
A	Drucken der Mikrostrukturen (mittels InkJet-Drucker)
A.2 bis A.n	Drucken der Mikrostrukturen (mittels InkJet-Drucker) für 2. bis nte Lage
B	Auftragen und Überschichten (mit Beschichtungsflüssigkeit)
6.2 bis B.n	Auftragen und Überschichten (mit Beschichtungsflüssigkeit) für 2. bis nte Lage
C	Aushärten (der Beschichtungsflüssigkeit), Ablösen (des mikrostrukturierten Films) vom Substrat, Entfernen (der gedruckten Flüssigkeitsstruktur)
C.2 bis C.n	Aushärten (der Beschichtungsflüssigkeit) für 2. bis nte Lage

[0022] In **Fig. 1** ist das Verfahrensgrundprinzip schematisch dargestellt. Eine Aluminiumfolie wurde durch Reaktion mit 1,1,1,3,3,3-Hexamethyldisilazan hydrophobiert und bildet das Substrat **3**. Auf dieses Substrat **3** wurden mit einem handelsüblichen Piezo-InkJet-Drucker **1** als zu druckende Flüssigkeit **2** Wassertropfen in einem Größenbereich von ca. 100 µm bis ca. 500 µm mit regelmäßiger Anordnung gedruckt. Unmittelbar nach dem Drucken der Mikrostrukturen **A** wurden auf das mit gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4**, Wassertropfen, bedeckte Substrat **3** mittels einer Pasteurpipette als Beschichtungsflüssigkeit **5** ca. 50 µL/cm² einer Polymethylmethacrylat (PMMA) in Chloroform (0,025 g/mL) aufgetragen **B**. Dabei zeigte sich, dass sich die Beschichtungsflüssigkeit **5** um die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4**, Wassertropfen, verteilte und diese von der Beschichtungsflüssigkeit **5** vollständig eingebettet wurden. Dieses mit gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4**, Wassertropfen, und Beschichtungsflüssigkeit **5** bedeckte Substrat **3** wurde bei 20°C ohne forcierte Luftbewe-

gung ca. 10 Minuten stehen gelassen, bis das Chloroform verdunstet war C. Nach Ablauf dieser Zeit hatte sich auf dem Substrat **3** ein fester Polymerfilm als ausgehärtetes Material **6** gebildet, der durch die eingeschlossenen Wassertropfen strukturiert war. Dieser mikrostrukturierte Film **9** konnte vom Substrat **3**, Aluminiumfolie, mechanisch ohne Zerstörung abgezogen werden oder das Substrat **3**, Aluminiumfolie, konnte chemisch ohne Angriff der Grenzfläche der Mikrostrukturen **8** weggelöst werden. Damit steht der mikrostrukturierte Film **9** nunmehr mit seinen konkaven Mikrostrukturen **7** in einem ausgehärteten Material **6** zur Verfügung.

[0023] Zu diesem Verfahrensprinzip sind vielfältige Variationen, wie in den Unteransprüchen aufgeführt, möglich und für unterschiedlichste Anwendungsfälle vorteilhaft.

[0024] Auch eine gezielte Änderung der Oberflächenbeschaffenheit der Grenzfläche der Mikrostrukturen **8** ist durch chemisches Anlösen und/oder physikalisches Aufrauen oder Glätten mit bekannten Verfahren möglich.

[0025] Je nach Schichtdicke der Beschichtungsflüssigkeit **5** ist es möglich, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, mikrostrukturierte Filme **9** mit konkaven Mikrostrukturen **7** durchgängig von der Oberseite bis zur Unterseite oder mikrostrukturierte Filme **9** mit konkaven Mikrostrukturen **7**, durchgängig geschlossener Oberseite und mit konkaven Mikrostrukturen **7** nur auf der Unterseite darzustellen. Als Zwischenformen können auch die Öffnungsdurchmesser der Poren, auf der vom Substrat **3** abgewandten Seite bei durchgängigen Poren, in Abhängigkeit der Höhe der Beschichtung mit Beschichtungsflüssigkeit **5** der gedruckten Flüssigkeitsstruktur **4** kleiner als die ursprünglichen Durchmesser der gedruckten Flüssigkeitsstruktur **4** selbst erzeugt werden.

[0026] Die bei der Beschreibung des Verfahrensprinzips beispielhaft angeführten Materialien für Substrat **3**, zu druckende Flüssigkeit **2** und Beschichtungsflüssigkeit **5** sind bei Kenntnis des Verfahrensprinzips für den Fachmann naheliegend ebenfalls vielfältig variierbar. Die weiteren Ausführungsbeispiele stellen deshalb nur eine geringe Auswahl der Möglichkeiten des Verfahrens dar und sind keinesfalls eine abschließende Aufzählung der Verfahrenvarianten.

[0027] In [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) sind in unterschiedlichen Abbildungsmaßstäben lichtmikroskopische Aufnahmen der erhaltenen konkaven Mikrostrukturen **7** im mikrostrukturierten Film **9** gezeigt.

Darstellung dreidimensionaler Strukturen, wie in [Fig. 2](#) dargestellt:

[0028] Auf ein Substrat **3**, bevorzugt Aluminiumfolie, welches zuvor in seinen Oberflächeneigenschaften hydrophobiert wurde, bevorzugt mit 1,1,1,3,3,3-Hexamethyldisilazan, werden mit einem InkJet-Drucker **1** zunächst als erste Lage gedruckte Flüssigkeitsstrukturen **4**, bevorzugt wässrige, besonders bevorzugt Wassertropfen, aufgebracht A. Anschließend werden die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4** mit einer Beschichtungsflüssigkeit **5**, bevorzugt einer Mischung aus einem flüchtigen Lösungsmittel, besonders bevorzugt Chloroform, und einer nichtflüchtigen löslichen Komponente, bevorzugt ein Polymer, besonders bevorzugt Polymethylmethacrylat, überschichtet B. Während der Verfestigung C der nichtflüchtigen löslichen Komponente dieser aufgetragenen ersten Schicht aus der Beschichtungsflüssigkeit **5** und/oder nach Abschluss der Verfestigung C wird auf das entstandene ausgehärtete Material **6**, das nunmehr als Substrat **3.2** fungiert, mit dem InkJet-Drucker **1** eine zweite Lage gedruckte Flüssigkeitsstrukturen **4.2** aufgebracht A.2, bevorzugt wässrige Flüssigkeitsstrukturen, besonders bevorzugt Wassertropfen. Die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4.2** werden dabei exakt auf die jeweils zuvor gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4** im Substrat **3.2** und/oder an eine andere beliebige oder gezielt gewählte Stelle gedruckt. Die zweite Lage der gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4.2** wird im Anschluss ebenfalls mit Beschichtungsflüssigkeit **5.2**, einer Mischung aus einem flüchtigen Lösungsmittel, bevorzugt Chloroform und einer nichtflüchtigen löslichen Komponente, bevorzugt ein Polymer, besonders bevorzugt Polymethylmethacrylat, überschichtet B.2 und es erfolgt An- und/oder Aushärten C.2. Diese Abfolge **2** bis **n** von Drucken A.2 bis A.n von gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4.2** bis **4.n** und anschließendem Überschichten B.2 bis B.n mit Beschichtungsflüssigkeit **5.2** bis **5.n**, einer Mischung aus einem flüchtigen Lösungsmittel und einer nichtflüchtigen löslichen Komponente, und An- und/oder Aushärten C.2 bis C.n kann beliebig oft wiederholt werden, bis die gewünschte dreidimensionale Struktur in ihrer gewünschten Schichtdicke erhalten wird. Bevorzugt werden dabei für jede Schicht die gleichen zu druckenden Flüssigkeiten **4** und die gleiche Beschichtungsflüssigkeit **5** eingesetzt. Aber auch eine Variation, insbesondere bei den Beschichtungsflüssigkeiten **5**, innerhalb des gesamten Schichtaufbaues ist möglich. Nach dem endgültigen Verfestigen C der nichtflüchtigen löslichen Komponente in der obersten oder der gesamten Lage von Beschichtungsflüssigkeit **5**, **5.2** bis **5.n** wird das ausgehärtete Material **6**, **6.2** bis **6.n** vom ursprünglichen Substrat **3** entfernt. Danach werden die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4**, **4.2** bis **4.n**, bevorzugt Wassertropfen durch Verdampfen, entfernt und der mikrostrukturierte Film **9**, bestehend aus dem ausgehärteten Material **6**, **6.2** bis **6.n** der 1.,

2. bis nten Lage, steht in der gewünschte dreidimensionale Struktur in seiner gewünschten Schichtdicke zur Verfügung.

[0029] Diese dreidimensionale Ausbildung kann, wenn selbige nur in Teilbereichen erfolgt, bevorzugt zur Ausbildung von Stütz- oder Trägerstrukturen neben den Funktionsbereichen, die dann nur einschichtig oder mit weniger Schichten und/oder in anderen Materialien ausgeführt sind, herangezogen werden. Ebenso kann diese dreidimensionale Ausbildung auch gezielt eingesetzt werden, um einen mikrostrukturierten Film **9** mit stetig oder in Sprüngen geänderter Schichtdicke herzustellen, der bevorzugt für optische Anwendungen, beispielsweise als Graukeil, Einsatz findet.

Anorganisches Material Schlicker als Beschichtungsflüssigkeit **5**:

[0030] Auf ein Substrat **3**, welches zuvor in seinen Oberflächeneigenschaften hydrophobiert wurde, bevorzugt mit 1,1,1,3,3,3-Hexamethyldisilazan, werden mit einem InkJet-Drucker **1** zunächst gedruckte Flüssigkeitsstrukturen **4**, bevorzugt aushärtbare gedruckte Flüssigkeitsstrukturen **4**, aufgebracht A. Anschließend werden die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4** mit einem Schlicker, mit keramischen und/oder metallischen Inhaltsstoffen, als Beschichtungsflüssigkeit **5** überschichtet B. Während der Verfestigung C des Schlickers und/oder danach werden die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4** entfernt, bevorzugt durch Auflösen oder Zersetzen. Man erhält damit einen mikrostrukturierten Film **9** aus keramische und/oder metallischen Schichten mit eingepprägten konkaven Mikrostrukturen **7**.

Anorganisches Material Bedampfen mit Metall als Beschichtungsflüssigkeit **5**:

[0031] Auf ein Substrat **3** werden mit einem InkJet-Drucker **1** zunächst gedruckte Flüssigkeitsstrukturen **4**, bevorzugt aushärtbare gedruckte Flüssigkeitsstrukturen **4**, aufgebracht A. Nach deren Verfestigung wird das Substrat **3** mit den gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4** als Ersatz für die Beschichtungsflüssigkeit **5** im Hochvakuum mit einem Metall, bevorzugt Gold, bedampft bzw. besputtert B. Nach dem Bedampfen der Oberfläche werden die zuvor gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4** entfernt C.

Anwendung als Lochmaske:

[0032] Der nach den Ansprüchen 6 und 7 erhaltene poröse, mikrostrukturierte Film **9** wird als Maske auf ein Trägermaterial aufgebracht und fixiert. Anschließend wird das Trägermaterial im Hochvakuum mit einem Metall, bevorzugt Gold, bedampft. Nach dem Bedampfen wird die Maske, der mikrostrukturierte Film **9**, entfernt und auf dem Trägermaterial bleiben

Goldstrukturen, entsprechend den ursprünglich gedruckten Flüssigkeitsstrukturen **4**, zurück.

Anwendung als Master zum Gießen für Stempel, beispielsweise für das Microcontact Printing:

[0033] Die Oberfläche des nach den Ansprüchen 4 und 5 erhaltenen mikrostrukturierten Films **9** wird zunächst in der Gasphase mit 1,1,1,3,3,3-Hexamethyldisilazan silanisiert. Durch das Silanisieren der Masteroberflächen wird die Oberflächenenergie des Siliciumoxids herabgesetzt. Dies bewirkt, dass sich die gegossenen Stempel leicht von den Mastern ablösen lassen. Anschließend wird der mikrostrukturierte Film **9**, mit den konkaven Mikrostrukturen **7** zur Oberseite gerichtet, in eine Petrischale gelegt und mit Polydimethylsiloxan (Sylgard 184, Fa. Dow Corning)(Binder/Härter im Gewichtsverhältnis 10:1) überschichtet. Anschließend wird die hochviskose Masse für 12 Stunden in den Trockenschrank bei 60°C zum Quervernetzen gestellt. Nach dem vollständigen Aushärten des Polydimethylsiloxans wird der erhaltene Stempel von dem Master, dem mikrostrukturierten Film **9**, abgelöst. Man erhält klare, durchsichtige Polydimethylsiloxan-Stempel mit integrierten konvexen Mikrostrukturen.

Anwendung als Filtermembran:

[0034] Der nach den Ansprüchen 6 und 7 erhaltene mikrostrukturierte Film **9** wird als Filtermembran in eine Filterapparatur, bevorzugt eine Millipore Filtrationseinheit Modell 8010, eingespannt. Durch die Anlage wird anschließend eine Dispersion, bevorzugt eine Dispersion von Glaskügelchen der Firma Supelco (mittlerer Durchmesser 75 µm) in wässriger Lösung, filtriert. Das resultierende Filtrat enthielt zum Schluss keine Glaskügelchen mehr.

Patentansprüche

1. Mikrostrukturierter Film, **dadurch gekennzeichnet**, dass er durch Drucken (A) von mikrometeregroßen Flüssigkeitsstrukturen (**4**) mittels eines InkJet-Druckers (**1**), anschließendes Überschichten mit einer Beschichtungsflüssigkeit (B), gefolgt von einem Aushärten der Beschichtungsflüssigkeit (C) hergestellt wurde und dass der mikrostrukturierte Film (**9**) aus konkaven Mikrostrukturen (**7**) in einem ausgehärteten Material (**6**) besteht.

2. Mikrostrukturierter Film nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Dicke des mikrostrukturierten Filmes (**9**) größer ist, als die Dimension der gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (**4**).

3. Mikrostrukturierter Film nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (**4**) vollständig von dem ausgehärteten Material (**6**) be-

deckt sind.

4. Mikrostrukturierter Film nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die von den gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) in das ausgehärtete Material (6) eingepprägten konkaven Mikrostrukturen (7) den mikrostrukturierten Film (9) nicht von einer Seite bis zur gegenüberliegenden Seite durchdringen.

5. Mikrostrukturierter Film nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Dicke des mikrostrukturierten Filmes (9) geringer ist, als die Dimension der gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4).

6. Mikrostrukturierter Film nach einem der Ansprüche 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) nicht vollständig von dem ausgehärteten Material (6) bedeckt sind.

7. Mikrostrukturierter Film nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die vom Substrat (3) abgewandten Öffnungsdurchmesser der konkaven Mikrostrukturen (7) über die Höhe der Beschichtungsflüssigkeit (5) gezielt geringer als die Durchmesser der gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) eingestellt werden.

8. Mikrostrukturierter Film nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die von den gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) in das ausgehärtete Material (6) eingepprägten konkaven Mikrostrukturen (7) den mikrostrukturierten Film (9) von einer Seite bis zur gegenüberliegenden Seite durchdringen.

9. Mikrostrukturierter Film nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4)

- eine regelmäßige Anordnung besitzen und/oder
- eine einheitliche Größe besitzen und/oder
- die Dimension der Flüssigkeitsstrukturen im Bereich von 100 µm bis 10 nm, bevorzugt im Bereich von 50 µm bis 100 nm, besonders bevorzugt im Bereich von 10 µm bis 500 nm liegt.

10. Mikrostrukturierter Film nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der mikrostrukturierte Film (9) aus einem organischen Material, bevorzugt einem organischen Polymer, besonders bevorzugt aus Polymethylmethacrylat besteht.

11. Mikrostrukturierter Film nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der mikrostrukturierte Film (9) aus einem anorganischen Material, bevorzugt einem keramischen Werkstoff, und/oder aus Metall besteht.

12. Mikrostrukturierter Film nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Grenzflächen der Mikrostrukturen (8) des mikrostrukturierten Film (9) nachträglich chemisch und/oder physikalisch in ihrer Rauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit verändert wurden.

13. Mikrostrukturierter Film nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf den mikrostrukturierten Film (9) gleichzeitig mit seiner Herstellung und/oder nachträglich nach seiner ursprünglichen Herstellung zusätzliche Strukturen, bevorzugt Funktionsstrukturen, besonders bevorzugt Stütz- und/oder Trägerstrukturen, angeordnet sind.

14. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6), dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung des mikrostrukturierten Films (9) über die Verfahrensschritte:

- Drucken (A) einer zu druckenden Flüssigkeit (2), mittels eines InkJet-Druckers (1) auf ein Substrat (3) und damit Erzeugen von gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) auf dem Substrat (3),
- Auftragen und Überschichten (B) der gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) auf dem Substrat (3) mit einer Beschichtungsflüssigkeit (5), als Flüssigkeit oder durch Abscheidung aus der Gasphase,
- Aushärten (C) der Beschichtungsflüssigkeit (5),
- Ablösen des mikrostrukturierten Films (9) vom Substrat (3) und
- Entfernen der zu druckenden Flüssigkeit (2) abläuft.

15. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die zu druckende Flüssigkeit (2) und die Beschichtungsflüssigkeit (5) nicht miteinander mischbar sind oder eine Mischungslücke aufweisen.

16. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach den Ansprüchen 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsflüssigkeit (5) eine Mischung aus einem flüchtigen Lösungsmittel und einer nichtflüchtigen Komponente ist, die beim Verdunsten des flüchtigen Lösungsmittels erstarrt.

17. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die mikrometergroßen gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) in einem oder mehreren Druckprozess(en) aufgebracht werden und aus

- einer einzelnen Flüssigkeit, bevorzugt aus Wasser, besteht und/oder

- einer homogenen Mischung zweier oder mehrerer Flüssigkeiten bestehen und/oder
- einer heterogenen Mischung zweier oder mehrerer Flüssigkeiten und/oder
- einer homogenen Mischung einer oder mehrerer Flüssigkeit(en) und eines in der Flüssigkeit/in den Flüssigkeiten löslichen Feststoffes bestehen, wobei der lösliche Feststoff ein anorganischer Feststoff, besonders bevorzugt ein Salz ist.

18. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die mikrometergroßen gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) eine aushärtbare Flüssigkeit enthalten, die vor oder während des Aufbringens der Beschichtungsflüssigkeit (5) durch chemische Reaktion, bevorzugt mit Komponenten aus der Gasphase und/oder dem Substrat (3), und/oder durch Belichten und/oder Verglasen und/oder Kristallisieren ausgehärtet werden.

19. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsflüssigkeit (5) aus einer homogenen und/oder heterogenen Mischung zweier oder mehrerer Flüssigkeiten besteht.

20. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach Anspruch 14, 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsflüssigkeit (5) eine Mischung aus flüchtigem Lösungsmittel und nichtflüchtiger Komponente ist, die beim Verdunsten des flüchtigen Lösungsmittels sich verfestigt und/oder aushärtet und das Verfestigen und/oder Aushärten, während oder nach dem Auftragen erfolgen,

- bevorzugt durch eine chemische Reaktion, besonders bevorzugt durch Polymerisation und/oder Polykondensation und/oder
- durch Belichten und/oder
- durch chemische Reaktion, bevorzugt mit Komponenten aus der Gasphase und/oder dem darunterliegenden Substrat (3) und/oder
- durch Verglasen und/oder Kristallisieren erfolgt.

21. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach Anspruch 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsflüssigkeit (5) aufgetragen wird durch

- Drucken, vorzugsweise mittels einem InkJet-Drucker, und/oder
- Auftropfen und/oder
- Rakeln und/oder
- Aufsprühen und/oder

- Aufkondensation und/oder
- Ein- und Austauschen des Substrates (3) in eine flüssige Volumenphase während oder nach dem Drucken der Mikrostrukturen (A).

22. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das als Unterlage dienende Substrat (3) von festem Aggregatzustand ist.

23. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) nach Verfestigen (C) der Beschichtungsflüssigkeit (5) durch

- mechanische Deformation und/oder chemische Reaktion, auch in Verbindung mit dem Auflösen und/oder Verflüchtigen der gebildeten Reaktionsprodukte und/oder
- Verdunsten oder physikalisches Auflösen entfernt werden.

24. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Films (9) mit konkaven Mikrostrukturen (7) in ausgehärtetem Material (6) nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass

- nach einem ersten Durchlauf der Verfahrensschritte Drucken (A) und Auftragen und Überschichten (B) der Verfahrensschritt (C) nur teilweise, nämlich ein Aushärten der Beschichtungsflüssigkeit (5), abläuft und
- dieser teilweise Verfahrensdurchlauf so 2- bis n-mal wiederholt wird, indem das jeweils im vorhergehenden Verfahrensdurchlauf entstandene ausgehärtete Material (6 bis 6.n-1), als Substrat (3.2 bis 3.n) ganz oder teilweise fungiert, mit dem InkJet-Drucker (1) eine zweite bis n-te Lage gedruckte Flüssigkeitsstrukturen (4.2 bis 4.n) ganz oder teilweise auf und/oder neben die jeweils zuvor gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4 bis 4.n-1) aufgebracht wird (A.2 bis A.n), ebenfalls mit Beschichtungsflüssigkeit (5.2 bis 5.n) überschichtet wird (B.2 bis B.n) und das An- und/oder Aushärten (C.2 bis C.n) erfolgt und
- erst nach diesem 2- bis n-tem teilweisen Verfahrensdurchlauf der Verfahrensschritt (C), das endgültige Verfestigen der nichtflüchtigen löslichen Komponente in der obersten oder der gesamten Lage von Beschichtungsflüssigkeit (5) bis (5.2 bis 5.n), vollständig erfolgt und
- das ausgehärtete Material (6) bis (6.2 bis 6.n) vom ursprünglichen Substrat (3) entfernt wird und
- danach die gedruckten Flüssigkeitsstrukturen (4) bis (4.2 bis 4.n) entfernt werden.

25. Verwendung eines mikrostrukturierten Films (9) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 24 als Komponenten in Mikroreaktionssystemen, be-

vorzugt als Filter Mischer oder Reaktionsgefäß.

26. Verwendung eines mikrostrukturierten Films (9) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 24 als Hüllsubstanz zur kontrollierten Freisetzung von Wirkstoffen.

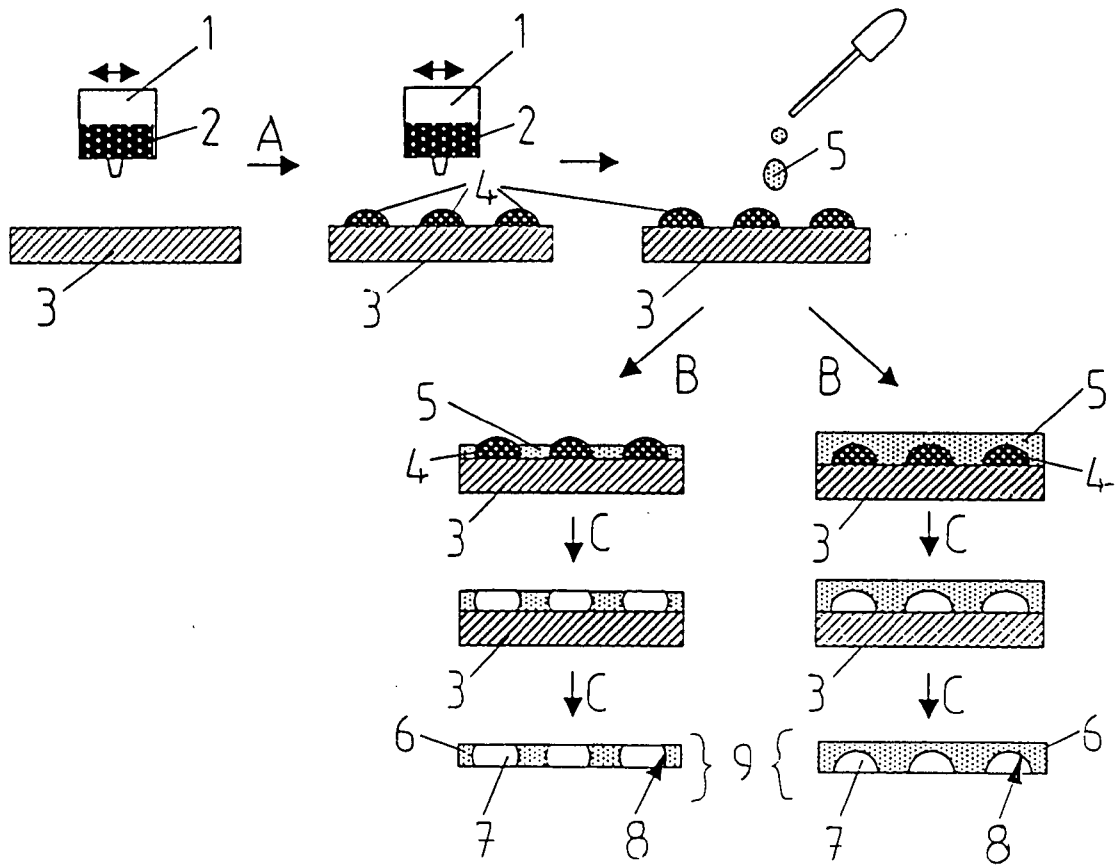
27. Verwendung eines mikrostrukturierten Films (9) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 24 und 26 als Stempel oder Master zur Stempelherstellung.

28. Verwendung eines mikrostrukturierten Films (9) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 24 als Filtrationsmedien.

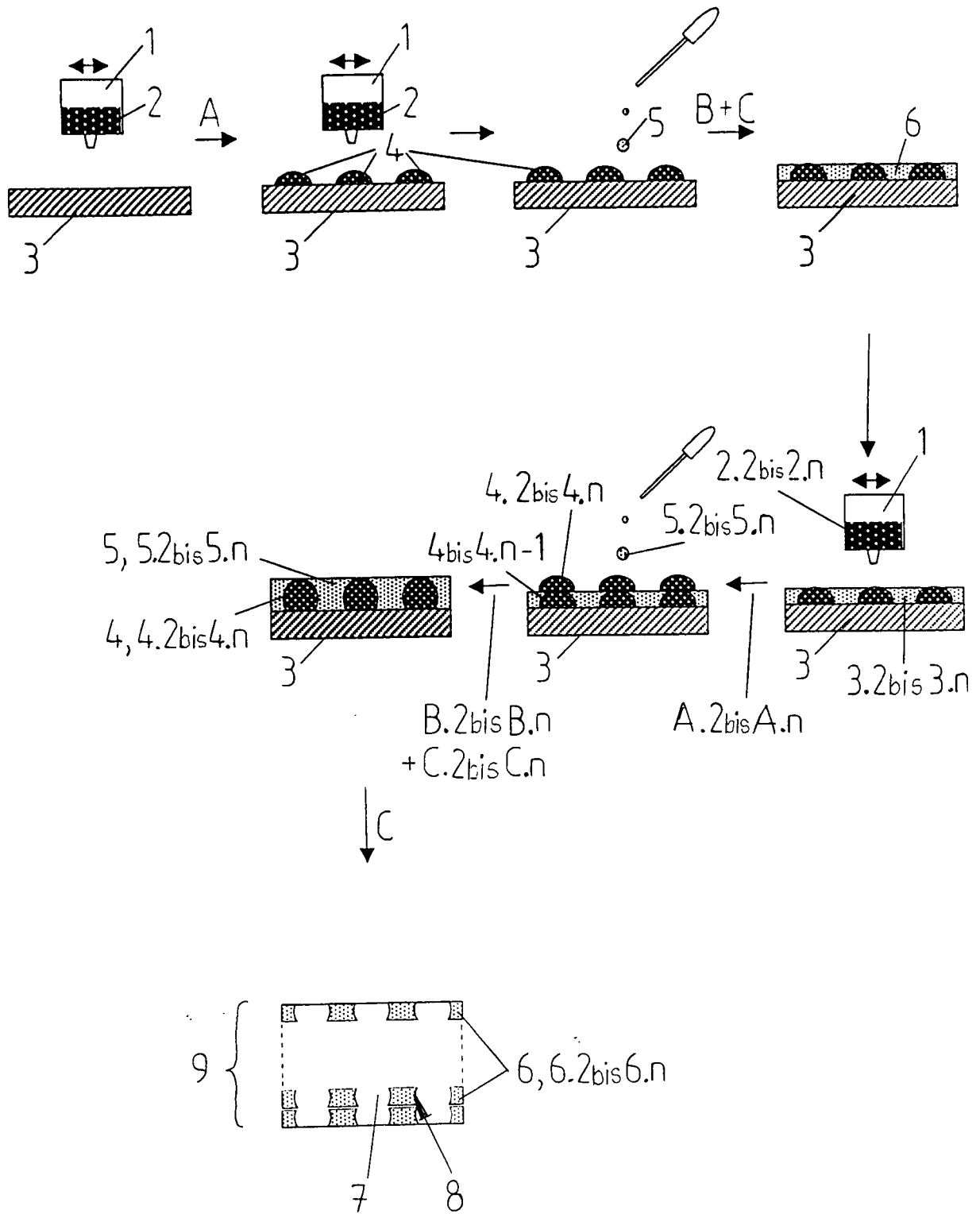
29. Verwendung eines mikrostrukturierten Films (9) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 24 als optisches Element, wie Linsenarrays, Mattierungsschicht, Abschwächer oder Defraktionsfilter, Graukeil insbesondere nach Anspruch 24 mit stetig oder in Sprüngen geänderter Schichtdicke als Graukeil.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

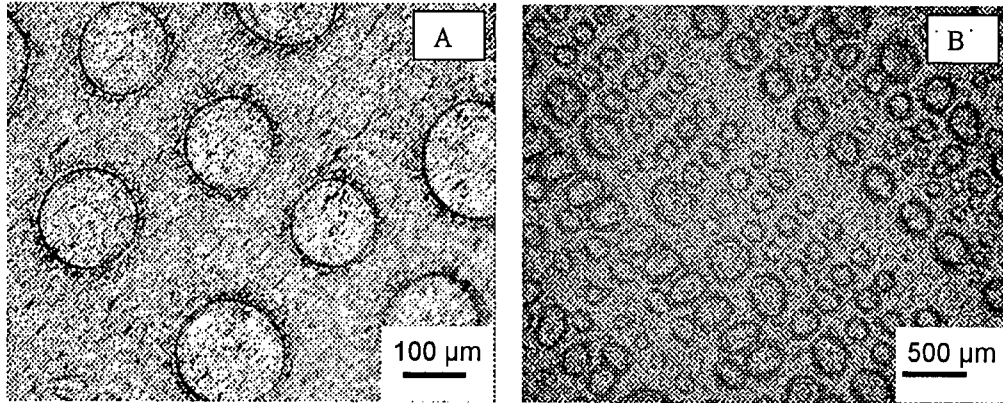
Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2



Figur 3 A

Figur 3 B