



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 10 123 T2 2004.06.17**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 963 797 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 10 123.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 304 053.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.05.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.12.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.08.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.06.2004**

(51) Int Cl.7: **B05D 7/24**

C03C 17/28, C03C 17/30, C03C 17/00

(30) Unionspriorität:

84944 26.05.1998 US

(73) Patentinhaber:

nanoFILM Ltd., Valley View, Ohio, US

(74) Vertreter:

**Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183
Wiesbaden**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, CH, DE, FR, GB, IT, LI

(72) Erfinder:

**Singh, Brij P., North Royalton, Ohio 44133, US;
Arora, Pramod K., North Royalton, Ohio 44133, US**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Änderung von Oberflächen mit Ultradünnschichten**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Diese Anmeldung betrifft die Technik der ultradünnen Filme und spezieller solcher Filme, die von amphiphilen Molekülen gebildet werden. Die Erfindung ist besonders anwendbar auf ein Verfahren zur Aufbringung solcher Filme auf Substratoberflächen und wird unter spezieller Bezugnahme hierauf beschrieben. Es liegt jedoch auf der Hand, daß bestimmte Merkmale der Erfindung breitere Aspekte besitzen und in anderen Verfahren sowie für andere Zwecke eingesetzt werden können.

[0002] Polymerisierbare amphiphile Moleküle mit der ihnen eigenen Fähigkeit, sich selbst in einem dünnen Film zusammenzufügen, sind bekannt. Beispielsweise sind Beschreibungen solcher Materialien und ihrer Fähigkeit, dünne Filme zu bilden, in W. C. Bigelow et al., *J. Colloid. Sci.*, 1, 513–538 (1946), L. N. Lee, *J. Colloid. & Interface Sci.*, 27, 751–760 (1968), E. E. Polymeropoulos et al., *J. Chem. Phys.*, 69, 1836–1847 (1978) und J. Sagiv US-Patent Nr. 4 539 061, erteilt am 3. September 1985, enthalten.

[0003] Diese Veröffentlichungen beschreiben Zusammensetzungen, die Lösungsmittel einschließen, in welchen eine filmbildende Substanz löslich ist, und die Lösungsmittel sind gewöhnlich giftig und nicht umweltfreundlich. Sehr flüssige Zusammensetzungen verlieren auch ihre Brauchbarkeit sehr rasch, wenn sie Luftfeuchtigkeit ausgesetzt werden, da die amphiphilen Moleküle mit Wasser äußerst reaktiv sind und zur Bildung molekularer Agglomerationen neigen, die aus der Lösung ausfallen.

[0004] Zusammensetzungen und Verfahren zur Verwendung bei der Aufbringung ultradünner Filme von sich selbst aneinanderfügenden amphiphilen Molekülen auf Substratoberflächen sind in unseren gemeinsam übertragenen US-Patentschriften Nr. 5 078 791, 5 106 561, 5 166 000, 5 173 365, 5 204 126, 5 219 654 und 5 300 561 beschrieben.

[0005] Diese Zusammensetzungen und Verfahren sind vorteilhaft, um ultradünne Filme auf porösen und nichtporösen Oberflächen von Materialien, wie Glas, Keramik, Porzellan, Glasfasern, Metallen und Kunststoffen zu bekommen. Der Film dient einem oder mehreren aus einer Vielzahl von Zwecken einschließlich Kratzbeständigkeit, Korrosionsschutz, Schutz für antireflektive Überzüge auf Linsen, Reibungsverminderung, Druckgrundierungen, Feuchtigkeitsbarrieren und dergleichen. Beispielsweise können die Filme für das Beschichten von Laboratoriumsglasgeräten und zur Erzeugung eines Antihafüberzuges für Töpfe, Pfannen, Schüsseln oder andere Gerätschaften verwendet werden. Diese Filme sind für die Verwendung auf nichtreflektierenden Glas- und Kunststofflinsenoberflächen einschließlich Kunststoffhaflinsen, die aus CR-39 (Marke von PPG Industries) bestehen, Polycarbonat und Harzen mit hohem Index, die mit einem harten Überzug für

Kratzbeständigkeit vorbehandelt sind, besonders vorteilhaft.

[0006] Die Gasphasenreaktion verschiedener amphiphiler Organosilane mit einer Siliciumdioxidoberfläche in einer Vakuumzelle wurde von einer Reihe von Autoren abgehandelt: *J. Phys. Chem.* 70, 2937 (1966), *Trans. Faraday. Soc.*, 63, 2549 (1967), *J. Phys. Chem.*, 73, 2372 (1969), *Langmuir*, 7, 923 (1991).

[0007] Handelsübliche hydrophobe Rauchkieselsäuren, wie Aerosil R 972 der Degussa Corporation und Cab-O-Sil TT-610 der Cabot Corporation, werden unter Verwendung von Dichlordimethylsilan durch Gasphasenreaktionen erzeugt. In jüngster Zeit berichteten andere auch über die Bildung von hydrophobem Siliciumdioxid unter Verwendung anderer amphiphiler Alkylsilane in einer Gasphasenreaktion in einer Vakuumzelle: *Langmuir*, 9, 3518 (1993), *Langmuir*, 13, 1877 (1997).

[0008] Die in diesen Artikeln mitgeteilten Reaktionen wurden so durchgeführt, daß Siliciumdioxid bei sehr hohen Temperaturen im Bereich von 200 bis 300°C oder höher als Beschichtung aufgebracht wurde. Eine niedrigere Temperatur innerhalb der Zelle resultiert zum Fehlen eines Überzuges auf der Kieselsäureoberfläche, da die in dem Verfahren verwendeten Moleküle eine hohe Temperatur erfordern, um eine thermische Reaktion zu bekommen. Außerdem erfordert dieses Verfahren eine Dampfhydratisierung, gefolgt von einer Dehydrierung bei einer hohen Temperatur von 400°C oder darüber zusammen mit Entgasen. Die Apparatur und das Verfahren sind auf die Herstellung kleiner Proben des beschichteten Materials beschränkt, da ein extrem starkes Vakuum erforderlich und die Vakuumzelle klein ist.

[0009] Die Verwendung bekannter Zusammensetzungen und Methoden zur Bildung eines Filmes auf einer Substratoberfläche hinterläßt übermäßig viel der Zusammensetzung auf der Oberfläche, was entfernt werden muß. Entsorgung dieses Überschußmaterials ist schwierig, und es ist schwierig, von unregelmäßigen Oberflächen überschüssiges Material zu entfernen. Große Gegenstände und Oberflächen mit Mikrostrukturen sind schwer zu beschichten, wenn man bekannte Zusammensetzungen und Verfahren anwendet, und das Verfahren ist sehr langsam. Frühere Methoden erfordern große Mengen an Beschichtungszusammensetzung, die gewöhnlich durch wiederholtes Entfernen kleinerer Mengen aus einem offenen Behälter erhalten werden, so daß Aufmerksamkeit erforderlich ist, um eine Verunreinigung der Zusammensetzung und Feuchtigkeitseinwirkung zu verhindern.

[0010] Es wäre erwünscht, ein Verfahren zu haben, um hydrophobe dünne Filme von amphiphilen Molekülen auf unterschiedlichen Oberflächen in einer Weise aufzubringen, die sehr schnell und kosteneffektiv ist. Es wäre auch erwünscht, ein Verfahren zu haben, das verwendet werden könnte, um Substratoberflächen beliebiger Größe oder Form zu beschich-

ten, ohne überschüssige Beschichtungszusammensetzung entfernen und entsorgen zu müssen.

[0011] Die DE-4 112 632 beschreibt eine schmutz-abstoßende Substanz und ein Verfahren zu ihrer Herstellung. Die EP-0 139 318 beschreibt eine Ampulle, die ein Holzkonservierungsmittel enthält, das auf einem Verschlußdeckel befestigt ist, zum Schließen einer Vertiefung in Holz.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung bekommt man einen dicht verschlossenen aufbrechbaren Behälter. Dieser enthält in der Wärme verdampfbare amphiphile Moleküle zur Bildung eines dünnen Filmes auf einem Substrat, wobei die in der Wärme verdampfbaren amphiphilen Moleküle in einer Menge von weniger als 5 g Gewicht vorhanden sind.

[0013] Nach einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung bekommt man ein Verfahren zur Bildung eines dünnen Filmes von amphiphilen Molekülen auf einem Substrat, wobei das Verfahren darin besteht, daß man das Substrat in einer Kammer anordnet, den oben definierten dicht verschlossenen aufbrechbaren Behälter in der Kammer anordnet, den Behälter aufbricht und die amphiphilen Moleküle verdampft, um die Substratoberfläche einem Dampf von amphiphilen Molekülen auszusetzen.

[0014] Nach noch einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung bekommt man ein Verfahren, um eine dünne Film amphiphiler Moleküle zu bilden, wobei das Verfahren darin besteht, daß man das Substrat in einer Kammer anordnet, den oben definierten dicht verschlossenen aufbrechbaren Behälter aufbricht, den offenen Behälter in der Kammer anordnet und die amphiphilen Moleküle verdampft, um die Substratoberfläche einem Dampf amphiphiler Moleküle auszusetzen.

[0015] Gemäß der vorliegenden Anmeldung werden dünne Filme amphiphiler Moleküle auf Substratoberflächen durch Beschichten aus der Dampfphase gebildet. Dampfphasenreaktionen sind gewöhnlich sauber und sehr rasch, und die Notwendigkeit, überschüssiges Material zu entsorgen oder die beschichteten Oberflächen zu reinigen, wird minimiert.

[0016] Gemäß der vorliegenden Anmeldung wird eine Vakuumkammer, die zu beschichtende Substrate enthält, mit polymerisierbaren amphiphilen Molekülen in einer Gasphase beschickt. Die amphiphilen Moleküle fügen sich spontan selbst aneinander und binden sich an die Substratoberflächen in einem im wesentlichen zusammenhängenden dünnen Film durch Reaktionen und Kräfte des in den obenerwähnten Artikeln von Bigelow et al., L. H. Lee, E. E. Polymeropoulos et al. und J. Sagiv diskutierten Typs. Bei einer Anordnung wird die Vakuumkammer mit polymerisierbaren amphiphilen Molekülen in einer Gasphase beschickt, indem man in der Vakuumkammer mit den zu beschichtenden Substraten eine Menge

der Moleküle in ihrem flüssigen oder festen Zustand anordnet. Nachdem ein Vakuum in der Kammer hergestellt ist, werden die Moleküle in ihrem flüssigen oder festen Zustand erhitzt und verdampft, um die Kammer mit Molekülen in ihrer Gasphase zu befüllen.

[0017] Bei einer anderen Anordnung werden polymerisierbare amphiphile Moleküle außerhalb der Vakuumkammer in ihre Gasphase umgewandelt und in die Kammer eingeführt, nachdem darin ein Vakuum erzeugt wurde.

[0018] Die Moleküle der Gasphase breiten sich spontan gleichmäßig in der gesamten Vakuumkammer aus und kommen mit den Substratoberflächen in Berührung, um sich darauf selbst aneinanderzufügen und in einem im wesentlichen zusammenhängenden Film von im wesentlichen gleichmäßiger Dicke daran zu binden.

[0019] Das Vakuum, das in der Vakuumkammer erzeugt wird, ist zwischen 2×10^{-2} Torr ($2,666 \times 10^4$ Pa) und 5×10^{-4} Torr ($0,06665$ Pa). Das Haupterfordernis für das Vakuum sollte ausreichen, spontane gleichmäßige Verteilung der Gasphasenmoleküle in der gesamten Kammer zu fördern, wenn die Gasphasenmoleküle in die Kammer entweder von außerhalb der Kammer oder durch Verdampfen innerhalb der Kammer eingeführt werden.

[0020] Die Temperatur der Vakuumkammer liegt vorzugsweise zwischen 20 und 100°C und am meisten bevorzugt zwischen 30 und 50°C. Wenn die Temperatur zu niedrig ist, werden die amphiphilen Moleküle der Gasphase nicht ausreichend aktiv für gute gleichmäßige Dispergierung in der gesamten Kammer sein und in Kontakt mit Substratoberflächen treten. Wenn die Temperatur zu hoch ist, werden amphiphile Moleküle der Gasphase zu aktiv, um sich auf Substratoberflächen aneinanderzufügen.

[0021] Die Temperatur der Vakuumkammer muß auch niedrig genug sein, um eine vollständige Dehydratisierung der Substratoberflächen zu verhindern. Obwohl die Substratoberflächen sichtbar trocken erscheinen und sich vollständig trocken anfühlen, enthalten sie Restspuren von Feuchtigkeit aus der Luft, und diese liegt zwischen $(1 - 100) \times 10^{-2}$ mMol/Fuß³ ($0,35 - 35$ mMol/m³) an Vakuumkammervolumen. Stärker bevorzugt liegt die Menge zwischen $(1 - 30) \times 10^{-2}$ mMol/Fuß³ ($0,35 - 11$ mMol/m³) des Vakuumkammervolumens. Am meisten bevorzugt liegt die Menge zwischen $(2 - 10) \times 10^{-2}$ mMol/Fuß³ ($0,7 - 3,5$ mMol/m³) des Vakuumkammervolumens.

[0022] Dünne Filme, die auf Substratoberflächen gemäß der vorliegenden Anmeldung gebildet werden, können eine Dicke zwischen 2 und 50 nm betragen. Gewöhnlich wird der Film monomolekular und am unteren Ende des Dickenbereiches sein. Die Dicke kann je nach der Type und Menge an verwendetem amphiphilem Molekülmaterial variieren, die Temperatur der Vakuumkammer, der Vakuumgrad und die Vakuumzeit, während der die Substrate in der Vakuumkammer gelassen werden, können von den

Gasphasenmolekülen abhängen. Nach dem Beschicken der Vakuumkammer mit polymerisierbaren amphiphilen Molekülen in der Gasphase können Substratoberflächen den Molekülen der Gasphase während irgendeiner Zeitdauer von 10 sec bis 30 min, stärker bevorzugt von 30 sec bis 10 min und am meisten bevorzugt während 30 sec bis 5 min ausgesetzt werden.

[0023] Nachdem man die Substratoberflächen den amphiphilen Molekülen der Gasphase während der erwünschten Zeitdauer ausgesetzt hat, um einen zusammenhängenden dünnen Film zu bilden, werden die Moleküle der Gasphase aus der Vakuumkammer abgezogen, und diese wird dann mit Luft bei Atmosphärendruck geflutet, um ein Öffnen der Kammer zur Entfernung der beschichteten Substrate und zum Einsetzen unbeschichteter Substrate zu gestatten.

[0024] Verschiedene unterschiedliche Substratmaterialien können mit dünnen Filmen amphiphiler Moleküle gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung vorgesehen werden. Geeignete Substratmaterialien sind beispielsweise, aber nicht notwendigerweise hierauf beschränkt, Glas, Keramik, Porzellan, Kunststoffe, antireflektierende Beschichtungen auf Glas- oder Kunststofflinsen oder anderen Oberflächen, und bestimmte Metalloberflächen, wie Silber, Gold, Silicium, Aluminium, Germanium, Chrom, Titan und Zirkonium und dergleichen.

[0025] Wenn die Gasphasenmoleküle in die Vakuumkammer durch Verdampfen von amphiphilem Molekülmaterial in der Kammer selbst eingeführt werden, wird ein zerbrechlicher oder aufbrechbarer abgedichteter Behälter des Materials entsprechend dem Behälter der vorliegenden Erfindung, wie eine Glasampulle oder ein DSC-Becher, wie in der Zeichnung gezeigt, in der Kammer zusammen mit den zu beschichtenden Substraten angeordnet. Nach Einstellung des Vakuums werden der Behälter zerbrochen und das amphiphile Molekülmaterial rasch erhitzt, um einige für ein Dispergieren in der gesamten Kammer zu verdampfen. Der abgedichtete zerbrechbare Behälter enthält weniger als 5 g amphiphiles Molekülmaterial und gewöhnlich zwischen 0,5 und 5 g. Der abgedichtete zerbrechbare Behälter wird mit Luft gespült und enthält vorzugsweise ein Inertgas, wie Argon oder Stickstoff. Der freie Raum in dem abgedichteten zerbrechbaren Behälter, der nicht von amphiphilem Molekülmaterial eingenommen wird, ist wenigstens zu 90% frei von Luft und vorzugsweise zu 35 bis 100% frei von Luft, um zu vermeiden, daß das amphiphile Molekülmaterial feuchtigkeitshaltiger Luft ausgesetzt wird.

[0026] Ausführungsformen der Erfindung suchen einen oder mehrere der folgenden Vorteile zu erzielen, nämlich

- ein verbessertes Verfahren zur Beschichtung von Substraten mit amphiphilen Molekülen bei relativ niedrigen Temperaturen,
- ein Verfahren, das Umweltprobleme minimiert,
- ein Verfahren, das energie- und zeitsparend ist,

– ein Verfahren, das verwendet werden kann, um viele verschiedene Substratmaterialien und -formen zu beschichten, und

– ein Verfahren, das wenig oder kein Reinigen der Substratoberflächen erfordert, nachdem diese mit einem dünnen Film beschichtet wurden.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0027] **Fig. 1** ist eine Vorderansicht einer herkömmlichen Vakuumkammer für die Verwendung in dem Verfahren der vorliegenden Erfindung.

[0028] **Fig. 2** ist ein Aufriß einer äußeren Anordnung zum Verdampfen von amphiphilem Molekülmaterial.

[0029] **Fig. 3** ist eine Querschnittsdarstellung allgemein entlang der Linie 3-3 in **Fig. 1**.

[0030] **Fig. 4** ist eine Aufrißdarstellung einer beim Verfahren der vorliegenden Erfindung verwendeten zerbrechlichen Ampulle.

[0031] **Fig. 5** ist eine Querschnittsdarstellung eines Differentialrasterkalorimetriebehälters, der im Verfahren der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

[0032] Bei Verwendung im Kontext zu dieser Erfindung ist eine filmbildende Substanz eine solche, die amphiphile Moleküle enthält, welche sich selbst aneinanderfügen, selbst polymerisieren und sich chemisch an chemische Gruppen auf der Substratoberfläche oder in der Oberflächenmatrix binden können, um einen im wesentlichen zusammenhängenden ultradünnen Film von im wesentlichen gleichmäßiger Dicke zu bilden. Ein im wesentlichen zusammenhängender Film ist ein solcher, der im wesentlichen ununterbrochen ist, mit Ausnahme des Vorhandenseins relativ kleiner Defekte oder nichtperfekter Stellen, wie willkürlicher und weit verstreuter Nadellöcher.

[0033] Ein amphiphiles Molekül enthält einen polaren Bereich und einen nichtpolaren Bereich. Amphiphile Moleküle, die zur Bildung dünner Filme gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, schließen beispielsweise, aber nicht notwendigerweise, die folgenden ein: Das polare Segment des amphiphilen Moleküls kann eine Carbonsäure, Alkohole, Thiole, primäre, sekundäre und tertiäre Amine, Cyanide, Silanderivate und Sulfonate und dergleichen sein.

[0034] Die nichtpolare oder apolare Komponente besteht typischerweise hauptsächlich aus Alkyl oder teil- oder perfluorierten Alkylgruppen, Alkylether- oder teil- und perfluorierten Alkylethergruppen. Diese apolaren Bereiche können Deacetylen, vinylungesättigte oder verschmolzene lineare oder verzweigte aromatische Ringe enthalten.

[0035] Bei einer bevorzugten Ausführungsform besteht die filmbildende Substanz im wesentlichen aus R_mSiX_n , wo der nichtpolare Rest R ein Alkyl-, fluorierter Alkyl-, Alkylether- oder fluorierter Alkyletherrest

mit etwa 1 bis 30 und am meisten bevorzugt etwa 6 bis 30 Kohlenstoffatomen ist. Die Alkylkette kann die Diacetylen-, vinylungesättigten einfacharomatischen und verschmolzenen linearen oder verzweigten aromatischen Ringe enthalten. In der obigen Formel ist X aus der Gruppe ausgewählt, die im wesentlichen aus Halogenen, Hydroxy, Alkoxy und Acetoxy besteht. In der Formel ist m 1 bis 3, n 1 bis 3 und $m + n = 4$. Bei noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform kann R ein substituiertes Silan oder Siloxan sein.

[0036] Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform besteht die filmbildende Substanz im wesentlichen aus R_mSH_n , worin R ein Alkyl-, fluorierter Alkyl-, Alkylether- oder fluorierter Alkyletherrest ist, S Schwefel bedeutet und H Wasserstoff ist. Die Alkylkette kann Diacetylen-, Vinyl-, einzelne aromatische oder verschmolzene lineare oder verzweigte aromatische Reste enthalten. In der Formel sind m 1 bis 2 und n 0 bis 1.

[0037] Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform besteht die filmbildende Substanz im wesentlichen aus RX, wobei R ein Alkyl-, fluorierter Alkyl-, Alkylether- oder fluorierter Alkyletherrest ist. Die Alkylkette kann Diacetylen, vinylungesättigte, einzelne aromatische oder verschmolzene lineare oder verzweigte aromatische Reste enthalten, und X ist aus der Gruppe -COOH, -OH und -NH₂ ausgewählt.

[0038] Verfahren zur Aufbringung ultradünner Filme von amphiphilen Molekülen auf unterschiedlichen Substraten mit Oberflächen, die chemisch mit amphiphilen Molekülen reaktiv sind, sind in den oben bezeichneten Artikeln und US-Patenten beschrieben. Die Moleküle binden sich an die Substratoberfläche durch verschiedene Reaktionen und Kräfte und sind hauptsächlich chemisch an die Oberfläche gebunden. Die Moleküle fügen sich selbst aneinander und polymerisieren selbst auf der Oberfläche unter Bildung des im wesentlichen zusammenhängenden ultradünnen Filmes mit einer im wesentlichen gleichmäßigen Dicke.

[0039] Das Verfahren der vorliegenden Erfindung erlaubt die Aufbringung von ultrafeinen Filmen in einer sehr schnellen und wirksamen Weise auf Substrate, die unregelmäßige Oberflächenformen haben einschließlich flacher eingepprägter Profile oder Muster. Wenn diese Substrate den amphiphilen Molekülen der verdampften Gasphase im Inneren der Vakuumkammer ausgesetzt werden, fügen sich die amphiphilen Moleküle im Inneren der Vakuumkammer selbst auf der Oberfläche des Substrates aneinander, um einen zusammenhängenden und gleichmäßigen dünnen Film zu bilden.

[0040] Eine Vakuumkammer für die Verwendung in dem Verfahren der vorliegenden Erfindung kann ein isolierter rechteckiger Metallkasten mit einer Tür sein, die durch eine Dichtung abgedichtet wird, wenn sie verschlossen ist, und die das Einfügen und Entfernen von Materialien erlaubt. Dieser Kasten hat eine innere Kammer, die mit einer Hochvakuumpumpe ver-

bunden ist, die ein Vakuum von 10^{-4} Torr (0,01333 Pa) abziehen kann. Die innere Kammer ist mit getrennten Heizeinrichtungen zum Heizen der Kammer und zum Verdampfen des amphiphilen Materials ausgerüstet. Eine Anzahl unterschiedlicher Einrichtungen, wie Widerstandselektroden, einer Widerstandsheizung, einer Induktionswicklung oder eines Elektronenstrahls, kann für rasches Erhitzen der amphiphilen Materialien auf eine hohe Temperatur zur Verdampfung erhitzt werden. Ein einfacher elektrischer Heizblock kann für diesen Zweck benutzt werden.

[0041] Die mit hydrophoben Filmen zu beschichtenden Substrate werden in die Vakuumkammer gelegt. Das amphiphile Material, entweder in der abgedichteten Ampulle oder dem DSC-Becher, wird ebenfalls in der Heizeinrichtung im Inneren der Kammer angeordnet, und die Tür wird verschlossen. Ein starkes Vakuum zwischen 2×10^{-2} Torr ($2,666 \times 10^4$ Pa) und 5×10^{-4} Torr (0,06665 Pa) wird rasch an die Kammer angelegt. Das die Pumpe mit der Kammer verbindende Ventil wird geschlossen, um die Kammer auf konstantem Hochvakuum zu halten. Die Ampulle mit amphiphilem Material wird durch die Einrichtung im Inneren der Kammer aufgebrochen und rasch erhitzt, um das Material zu verdampfen. Die Glasampulle kann auch außerhalb von Hand aufgebrochen und dann in die Heizeinrichtung im Inneren der Kammer unmittelbar vor dem Verschließen der Tür eingesetzt werden. Die amphiphilen Moleküle der Gasphase breiten sich sehr schnell in der ganzen Kammer gleichmäßig aus. Während das amphiphile Molekülmateriale verdampft, nimmt das Vakuum im Inneren der Kammer ein wenig zu, bleibt aber im Bereich von 2×10^{-2} Torr ($2,666 \times 10^4$ Pa) und 5×10^{-4} Torr (0,06665 Pa). Die Kammer wird in diesem Zustand 30 sec bis 30 min gehalten. Während dieser Zeit fügen sich die amphiphilen Moleküle selbst aneinander und binden sich an die Oberfläche des Substrates und bilden einen kontinuierlichen gleichmäßigen dünnen Film.

[0042] Nach dem ausgewählten Zeitablauf wird das Ventil der Vakuumpumpe geöffnet, um das überschüssige amphiphile Material der Gasphase aus der Kammer abzusaugen. Eine Kühlfalle oder ein Kondensator zwischen der Kammer und der Pumpe kondensiert und fängt den überschüssigen amphiphilen Materialdampf auf und erlaubt nicht, daß dieser in die Atmosphäre abgeht. Reine Luft wird in die Kammer eingelassen, um sie auf Atmosphärendruck zu bringen, und die Kammer wird geöffnet, um die beschichteten Substrate zu entfernen.

[0043] Die Substrate können bei Kammertemperaturen zwischen 20 und 100°C beschichtet werden. Die verwendete Menge an amphiphilem Material kann (1 bis 100) $\times 10^{-2}$ mMol/Fuß³ ($0,35$ bis 35 mMol/m³) des Kammervolumens betragen. Eine Anzahl unterschiedlicher Substrate, wie aus Glas, Keramik, Porzellan, Metallen, Kunststoffen und antireflektierenden Oberflächen werden mit einem dünnen Film nach

dem obigen Verfahren beschichtet.

[0044] Als ein Beispiel werden antireflektierende Brillenlinsen in die Vakuumkammer gegeben. Eine abgedichtete Ampulle, die $(1 \text{ bis } 100) \times 10^{-2}$ mMol, vorzugsweise $(1 \text{ bis } 30) \times 10^{-2}$ mMol und am meisten bevorzugt $(2 \text{ bis } 10) \times 10^{-2}$ mMol des amphiphilen Materials $R_m\text{SiX}_n/\text{Fu}\beta^3$ (0,35 bis 35 mMol, vorzugsweise 0,35 bis 11 mMol und am meisten bevorzugt 0,78 bis 3,5 mMol des amphiphilen Materials $R_m\text{SiX}_n/m^3$) des Volumens der Vakuumkammer enthält, wird in die Heizeinrichtung eingesetzt, und die Tür wird verschlossen. Ein Hochvakuum von 2×10^{-2} Torr (2,666 Pa) wird an die Kammer angelegt. Das Pumpenventil wird geschlossen, um die Kammer und die Linsen auf diesem negativen Druck zu halten. Die Ampulle wird mit der Vorrichtung im Inneren der Kammer aufgebrochen, und das Material in der Ampulle wird 30 sec bis zu 1 min unter vollständigem Verdampfen auf 250 bis 350°C erhitzt. Die Kammer wird weitere 30 sec unter diesen Bedingungen gehalten. Das Vakuumpumpenventil wird dann geöffnet, und die Kammer wird evakuiert, um das überschüssige gasförmige filmbildende Material zu entfernen. Die Kammer wird dann mit reiner Luft überflutet, um sie auf Atmosphärendruck zu bringen, und zur Entfernung der mit einem hydrophoben ultradünnen Film von amphiphilen Molekülen beschichteten Linsen geöffnet.

[0045] In einem zweiten Beispiel werden antireflektierende Brillenlinsen im Inneren der Kammer angeordnet. Eine Ampulle, die das Beschichtungsmaterial, wie oben erwähnt, enthält, wird von Hand geöffnet und in die Heizeinrichtung im Inneren der Kammer eingesetzt. Die Kammertür wird geschlossen, und ein Vakuum von 2×10^{-2} Torr (2,666 Pa) wird angelegt. Das Pumpenventil wird geschlossen, und das amphiphile Material wird schnell durch Erhitzen auf 250 bis 350°C verdampft. Die Kammer wird weitere 30 sec verschlossen gehalten, wonach das überschüssige gasförmige Material aus der Kammer evakuiert wird und die Kammer mit reiner Luft von Atmosphärendruck überflutet wird. Die Kammer wird dann geöffnet, um die Linsen zu entfernen, die mit einem hydrophoben ultrafeinen Film von amphiphilen Molekülen beschichtet sind.

[0046] In einem dritten Beispiel werden antireflektierende Brillenlinsen in das Innere der Kammer eingesetzt. Ein DSC-Becher, der $(2 \text{ bis } 10) \times 10^{-2}$ mMol amphiphilen Material/ $\text{Fu}\beta^3$ des Kammervolumens enthält, wird in der Heizeinrichtung in der Kammer angeordnet. Die Tür wird geschlossen, und ein Hochvakuum von 2×10^{-2} Torr (2,666 Pa) wird angelegt, gefolgt von einem Schließen des Pumpenventils, um die Kammer auf diesem Druck zu halten. Der DSC-Becher wird dann 1 bis 2 min auf 250 bis 350°C erhitzt, um das Material im Inneren des DSC-Bechers zu verdampfen. Der resultierende Hochdruck in dem zweiteiligen DSC-Becher bewirkt, daß die Teile sich trennen und das amphiphile Materialgas in die Kammer gegeben wird. Die Moleküle in der Dampfphase

erreichen die Oberfläche der Linsen und fügen sich spontan selbst aneinander und bilden einen gleichmäßigen hydrophoben ultradünnen Film. Nach 30 sec bis 2 min wird die Kammer evakuiert, um den restlichen Dampf zu entfernen, und mit reiner Luft von Atmosphärendruck überflutet. Die Kammer wird dann geöffnet, um die beschichteten Linsen zu entfernen.

[0047] In einem vierten Beispiel werden Laborgeräte, wie Rundbodenkolben, Bechergläser, Erlenmeyer-Kolben und einige Pipetten in der Kammer zusammen mit einer Ampulle von amphiphilem Material in der Heizvorrichtung plziert. Nach Schließen der Kammertür wird ein Vakuum angelegt, und die Ampulle wird aufgebrochen und erhitzt, um das amphiphile Material zu verdampfen. Nach 30 sec bis 2 min wird der überschüssige Dampf in der Kammer mit der Pumpe evakuiert, und die Kammer wird mit reiner Luft bei Atmosphärendruck überflutet, um ein Öffnen der Tür zu gestatten. Sowohl die Innen- als auch die Außenflächen der Laboratoriumsgeräte waren gut mit dem hydrophoben dünnen Film beschichtet.

[0048] In einem fünften Beispiel wurden Glaskochgeräte, -geschirre und -kaffeekannen in die Kammer gegeben. Eine Ampulle oder ein DSC-Becher, die amphiphile Moleküle enthielten, wurden in der Kammer angeordnet. Ein Vakuum von etwa 2×10^{-2} Torr (2,666 Pa) wird in der Kammer hergestellt, und das amphiphile Material wird, wie oben beschrieben, verdampft. Nachdem die Kammer 1 bis 2 min den Dämpfen ausgesetzt worden war, wird die evakuiert und mit reiner Luft bei Atmosphärendruck überflutet. Der Film liefert einen nichtklebrigen Überzug auf den Kochgeräten.

[0049] In einem sechsten Beispiel wurden Kunststofflinsen aus Kunstharzen, wie CR-39 (Handelsmarke von PPG, Ind.), Polycarbonat, und Harz mit hohem Index mit und ohne kratzfeste Überzüge in die Kammer zusammen mit einem DSC-Becher, der amphiphile Moleküle enthielt, wie oben beschrieben, eingesetzt. Nach Erreichen des erforderlichen Vakuums von 2×10^{-2} Torr (2,666 Pa) wird das Pumpenventil geschlossen, und das amphiphile Material der Gasphase in die Kammer durch Erhitzen des DSC-Bechers, wie oben beschrieben, eingeführt. Die Linsen werden dem gasförmigen Material 5 bis 10 min ausgesetzt, gefolgt von einer Evakuierung des Dampfes und einem Überfluten der Kammer mit reiner Luft bei Atmosphärendruck. Die Kammer wird dann geöffnet, und die Linsen werden entfernt. Alle Linsen waren gut mit dem hydrophoben dünnen Film von amphiphilen Molekülen beschichtet. Bei Verwendung einer Glasampulle, die amphiphiles Molekülmaterial enthielt, anstelle des DSC-Bechers ergab die gleichen Ergebnisse.

[0050] In einem siebten Beispiel wurden einige reine Siliciumplättchen im Inneren der Kammer mit einer geöffneten Ampulle von amphiphilem Material plziert. Ein Vakuum von 2×10^{-2} Torr (2,666 Pa) wurde in der Kammer erzeugt, gefolgt von einer Ver-

dampfung des amphiphilen Materials. Die Plättchen wurden 1 min behandelt, und dann folgte Evakuieren des Dampfes und Überfluten der Kammer mit Luft bei Atmosphärendruck. Alle Plättchen wurden sehr gut mit dem hydrophoben dünnen Film von amphiphilen Molekülen beschichtet.

[0051] In einem achten Beispiel wurden Substrate, wie Berührungssiebe, CRT's und obere Glasplatten einer Photokopiermaschine, mit dem obigen Verfahren erfolgreich beschichtet.

[0052] In einem neunten Beispiel wurde eine Anzahl unterschiedlicher polierter Metalloberflächen, wie Gold und Silber, mit einer Ampulle von amphiphilem Material R_mSH_n in die Kammer gegeben. Die restlichen Stufen wurden, wie oben beschrieben, ausgeführt. Nach dem Verfahren waren die Metalloberflächen gut mit dem hydrophoben dünnen Film von amphiphilen Molekülen beschichtet.

[0053] Fig. 1 zeigt eine Vakuumkabine A mit einer inneren Vakuumkammer 10, die selektiv auf eine erwünschte Temperatur in bekannter Weise erhitzt werden kann. Eine Tür 12 bietet selektiv Zugang zu dem Inneren der Kammer 10.

[0054] Eine Vakuumpumpe 14 wird an die Kammer 10 über ein Ventil 16 und einen Kondensator oder eine Kühlfalle 20 angeschlossen, welche zwischen der Kammer 10 und der Vakuumpumpe 14 zwischengeschaltet ist. Ein geeigneter mit Ventil versehener Auslaß 22 ist für den Kondensator 20 vorgesehen.

[0055] Ein Einlaß 30 mit einem Ventil 31 kann zu dem Inneren der Vakuumkammer 10 vorgesehen sein. Eine andere Leitung, die an die Kammer 10 angeschlossen ist, ist bei 32 angegeben und hat eine Gummimembran 34, durch welche sich eine Spritzenadel zum Einspritzen von Material in die Kammer 10 erstreckt. Die Gummimembran 34 ist selbstdichtend, wenn die Nadel herausgezogen wird.

[0056] Ein rotierbarer Stab 40 erstreckt sich durch eine geeignete Dichtung in das Innere der Kammer 10 und hat einen sich seitlich erstreckenden Arm 42 an seinem Bodenende in der Kammer 10. Dieser Stab könnte manuell oder mechanisch gedreht werden, um die Ampulle zu zerbrechen.

[0057] Ein rostfreier Stahlhalter B mit einem Becher 50 und sich gegenüber erstreckenden Armen 51 und 52 wird in der Kammer 10 positioniert. Arme 51 und 52 haben Löcher durch sie hindurch und nehmen aufrechtstehende Stifte 53 und 54 auf, um den Halter B zu stabilisieren. Der Becher 50 ist auf einer herkömmlichen elektrischen Widerstandsheizung 60 ruhend gezeigt. Es wird erkennbar sein, daß andere Heizanordnungen auch möglich sind. Beispielsweise könnten Stifte 53 und 54 Elektroden sein, so daß der rostfreie Stahlhalter B selbst eine Widerstandsheizung wäre. Der Becher 50 kann auch in einer Induktionswicklung angeordnet sein, um diese zu erhitzen. Eine dichtverschlossene zerbrechbare Glasampulle C wird in dem Becher 50 eingeführt und enthält einen Behälterabschnitt 62 und einen zerbrechlichen Abschnitt 64. Der Stab 40 kann gedreht werden, um an

dem Arm 42 mit dem zerbrechbaren Abschnitt 64 der Ampulle C anzugreifen und sie von dem Behälterabschnitt 62 abzubringen und ihren Inhalt an Kammer 10 zu überführen.

[0058] Fig. 2 zeigt einen Behälter 72, in welchem eine kleine Menge amphiphilen Molekülmaterials angeordnet ist. Der Behälter 72 wird mit einer elektrischen Heizung oder einer Flamme erhitzt, um das amphiphile Molekülmaterial zu verdampfen. Verdampfen des Materials erlaubt, daß die Dämpfe durch eine Glas- oder Metallröhre 74 wandern, die an einen mit Ventil versehenen Einlaß 30 angesetzt sein kann, um in die Kammer 10 Beschickungsdampf einzuführen. Eine Spritzenadel 76 kann am Ende der Glas- oder Metallröhre 74 vorgesehen sein, um die Gummimembran 34 zu durchstoßen und die Gasphasenmoleküle zum Inneren der Kammer 10 einzuspeisen.

[0059] Im Betrieb der Vorrichtung wird die Tür 12 geöffnet, um zu beschichtende Substrate in der Vakuumkammer 10 zu plazieren. Die Tür 12 wird dann geschlossen und die Vakuumpumpe 14 angeworfen, bis das erwünschte starke Vakuum in der Kammer 10 entwickelt ist. Das Ventil 16 wird dann geschlossen, um die Kammer 10 dicht zu machen. Verdampfte amphiphile Moleküle in ihrer Gasphase werden dann in die Kammer 10 eingeführt. Dies kann durch Verdampfen von amphiphilem Molekülmaterial in der Kammer 10 geschehen. Wenn dies geschieht, wird ein zerbrechbarer Behälter von amphiphilem Molekülmaterial in die Kammer 10 gleichzeitig mit den zu beschichtenden Substraten eingesetzt.

[0060] Nachdem die Substrate den Molekülen in der Gasphase während einer erwünschten Zeitdauer ausgesetzt wurden, gewöhnlich 30 sec bis 30 min, ist das Ventil 16 zusammen mit dem Ventil 31 offen, und die Vakuumpumpe 14 wird angeworfen, um überschüssige Gasphase amphiphilen Moleküle, die in dem Kondensator 20 kondensiert werden, abzuziehen. Luft bei Atmosphärendruck fließt auch in die Kammer 10, so daß die Tür 12 zur Entfernung von beschichteten Artikeln geöffnet werden kann.

[0061] Fig. 4 zeigt eine zerbrechbare Glasampulle C mit einem Behälterabschnitt 62 und einem zerbrechbaren Abschnitt 64, der dazu bestimmt ist, bei 66 zu brechen. Die Ampulle 62 wird mit Luft gespült, indem sie mit einem Inertgas, wie Argon oder Stickstoff, überflutet wird, und eine erwünschte Menge, weniger als 5 g, von amphiphilem Molekülmaterial wird in den Behälterabschnitt C gegeben. Das Ende des zerbrechbaren Abschnittes 64 wird dann dicht verschlossen, wie bei 68 gezeigt ist. Der freie Raum in der Ampulle C, der nicht von dem amphiphilen Molekülmaterial eingenommen wird, ist vorzugsweise wenigstens 90% frei von Luft und vorzugsweise 95 bis 100% frei von Luft. Dies verhindert eine Reaktion des amphiphilen Molekülmaterials mit Feuchtigkeit, die in Luft enthalten ist.

[0062] Fig. 5 zeigt einen Differential-Rasterkalorimetriebehälter D, der auch als ein DSC-Behälter be-

kannt ist. Der Behälter schließt einen Becher **80** mit einer peripheren runden Wand **82** ein, die in einem nach innen geneigten Abschnitt **84** endet. Ein Deckel **86** hat eine periphere runde Wand **88**, die Paßsitz auf der Becherwand **82** hat. Ein O-Ring **90** wird zwischen dem Deckel **86** und der geneigten Wand **84** angeordnet, um das Innere des Bechers **80** dicht abzuschließen. Mit dem Deckel **86** entfernt wird der Becher **80** von Luft durch Überfluten des Bechers mit einem Inertgas, wie Argon oder Stickstoff, freigespült. Eine erwünschte Menge an amphiphilem Molekülmaterial, weniger als 5 g, wird dann in den Becher **80** gegeben, wonach man den Deckel **86** auf den Becher **80** dichtend aufsetzt. Wenn der DSC-Becher D in einem Halter B aus rostfreiem Stahl angeordnet und erhitzt wird, zwingt der Dampfdruck im Inneren den Deckel **86** von dem Becher **80** weg, um verdampfte amphiphile Moleküle für eine Entsorgung in Kammer **10** freizugeben. Offensichtlich können andere Typen abgedichteter zerbrechbarer Behälter verwendet werden, um das amphiphile Molekülmaterial zu schützen, bis es erwünscht ist, etwas in seine Gasphase zu verdampfen, um es in der Vakuumkammer **10** zu verteilen.

[0063] Obwohl die Erfindung in bezug auf bevorzugte Ausführungsformen gezeigt und beschrieben wurde, liegt es doch auf der Hand, daß äquivalente Abwandlungen und Modifikationen anderen Fachleuten beim Lesen und Verstehen dieser Beschreibung bewußt werden. Die vorliegende Erfindung schließt alle solche Äquivalente, Abänderungen und Modifikationen ein und ist nur durch den Erfindungsgedanken der Ansprüche beschränkt.

[0064] Im Hinblick auf die obige Beschreibung wird dem Fachmann klar, daß verschiedene Abwandlungen innerhalb des Gedankens der Ansprüche vorgenommen werden können.

Patentansprüche

1. Abgedichteter zerbrechbarer Behälter (C, D), **dadurch gekennzeichnet**, daß der Behälter (C, D) in der Wärme verdampfbare amphiphile Moleküle zur Bildung eines dünnen Filmes auf einem Substrat enthält, wobei die in der Wärme verdampfbaren amphiphilen Moleküle in einer Gewichtsmenge von weniger als 5 g vorliegen.

2. Behälter nach Anspruch 1, bei dem dieser Behälter eine zerbrechbare Ampulle (C) umfaßt.

3. Behälter nach Anspruch 1, bei dem dieser Behälter (D) einen Becher (**80**) mit einem entfernbaren Deckel (**86**), der darauf abgedichtet ist, umfaßt.

4. Behälter (C, D) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem ein Raum in dem Behälter, der nicht von amphiphilen Molekülen eingenommen wird, vorliegt und dieser Raum zu wenigstens 90% frei von Luft ist.

5. Behälter (C, D) nach Anspruch 4, bei dem der Raum zu 95 bis 100% frei von Luft ist.

6. Behälter (C, D) nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, bei dem dieser Raum ein Inertgas enthält.

7. Behälter (C, D) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem ein Raum in dem Behälter, der nicht von amphiphilen Molekülen eingenommen wird, vorliegt und dieser Raum ein Inertgas enthält.

8. Behälter (C, D) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem dieser Behälter (C, D) durch inneren Druck, welcher durch Erhitzen und eine Verdampfung der amphiphilen Moleküle darin erzeugt wird, zerbrechbar ist.

9. Behälter (C, D) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die verdampfbaren amphiphilen Moleküle R_mSiX_n -Moleküle sind, worin R eine Alkyl-, fluorierte Alkyl-, Alkylether- oder fluorierte Alkylethergruppe mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, eine substituierte Silan- oder Siloxangruppe ist, X aus der Gruppe ausgewählt ist, die Halogen, Hydroxy, Alkoxy und Acetoxy umfaßt, m 1 bis 3 ist, n 1 bis 3 ist und $m + n = 4$.

10. Behälter (C, D) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, worin die verdampfbaren amphiphilen Moleküle R_mSH_n -Moleküle sind, worin R eine Alkyl- oder fluorierte Alkyl-, Alkylether- oder fluorierte Alkylethergruppe ist, S Schwefel bedeutet, H Wasserstoff ist, m = 1 bis 2 und n = 0 bis 1.

11. Behälter (C, D) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die verdampfbaren amphiphilen Moleküle RX-Moleküle sind, worin R eine Alkyl-, fluorierte Alkyl-, Alkylether- oder fluorierte Alkylethergruppe ist und X aus der Gruppe ausgewählt ist, die -COOH, -OH und -NH₂ umfaßt.

12. Verfahren zur Bildung eines dünnen Films amphiphiler Moleküle auf einem Substrat, bei dem man das Substrat in einer Kammer (**10**) anordnet, einen abgedichteten zerbrechbaren Behälter (C, D) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 in der Kammer (**10**) anordnet, den Behälter (C, D) aufbricht und die amphiphilen Moleküle verdampft, um die Substratoberfläche einem Dampf amphiphiler Moleküle auszusetzen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem man in der Kammer (**10**) ein Vakuum erzeugt.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, bei dem man die Substratoberfläche dem Dampf amphiphiler Moleküle bei einer Temperatur von weniger als 100°C aussetzt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem der abgedichtete zerbrechbare Behälter eine zerbrechbare Ampulle (C) umfaßt und der Schritt des Aufbrechens des Behälters vor dem Schritt des Verdampfens der amphiphilen Moleküle erfolgt.

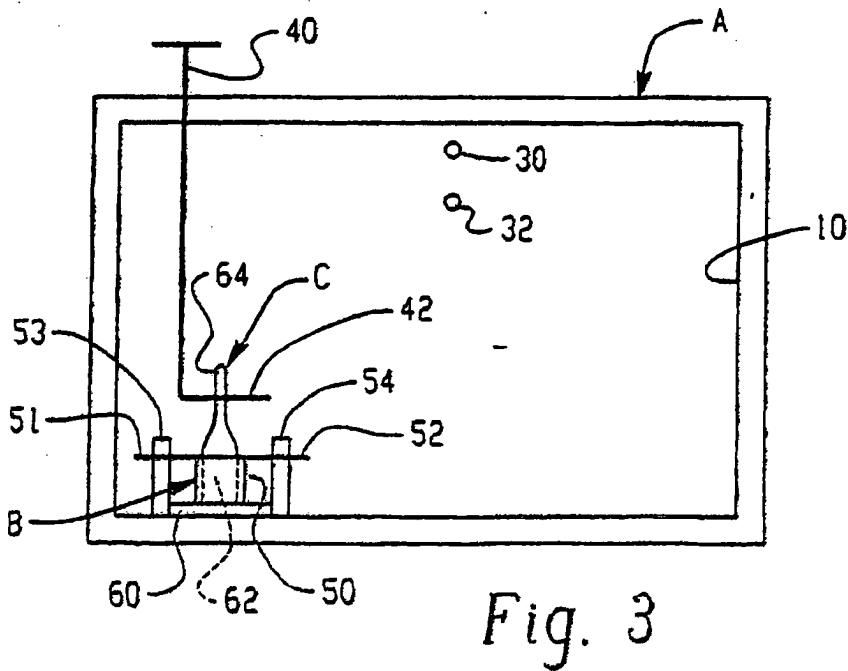
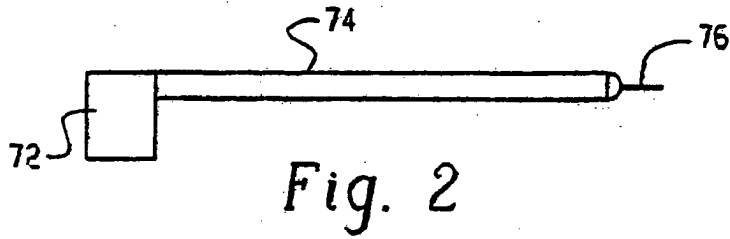
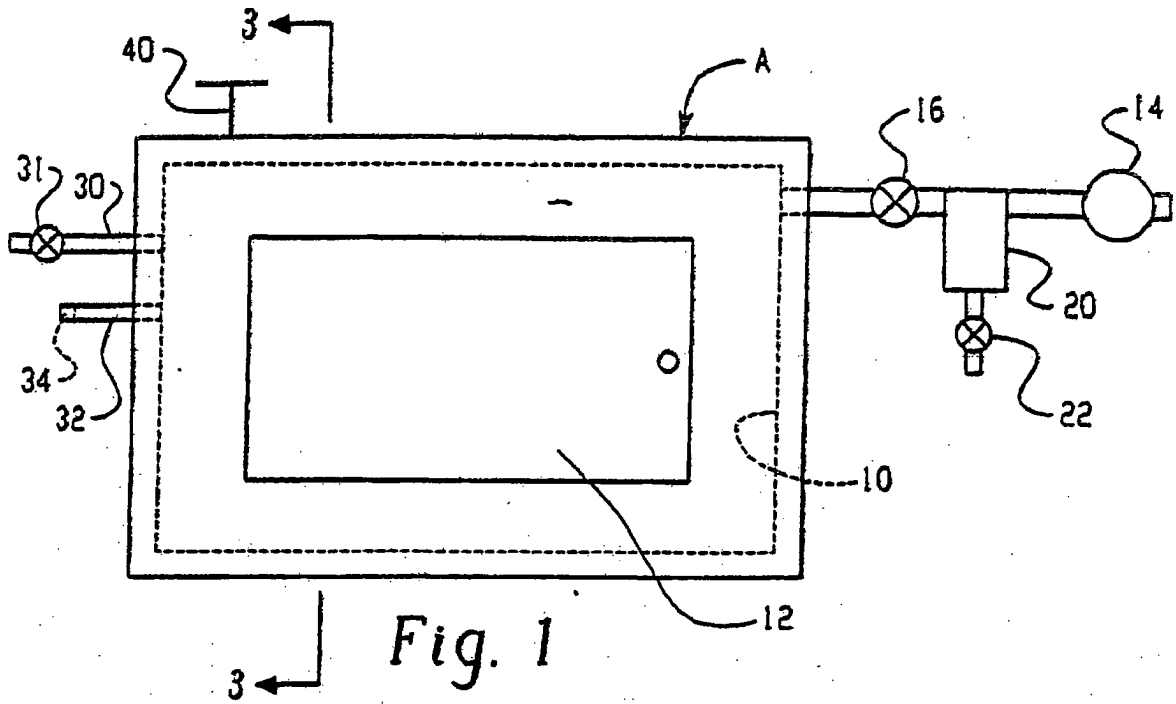
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem der abgedichtete zerbrechbare Behälter (D) einen Becher (80) mit einem entfernbaren, auf ihm abgedichteten Deckel (86) umfaßt und der Schritt des Verdampfens durch Erhitzen des Behälters erfolgt, um die amphiphilen Moleküle darin zu verdampfen und den Deckel (86) von dem Behälter (D) durch die Wirkung von Innendruck zu entfernen und so den Dampf in die Kammer (10) abzugeben.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, bei dem das Vakuum in der Kammer (10) zwischen 2×10^{-2} Torr ($2,666 \times 10^4$ Pa) und 5×10^4 Torr (0,06665 Pa) liegt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, bei dem der Schritt des Verdampfens der amphiphilen Moleküle, um die Substratoberfläche einem Dampf amphiphiler Moleküle auszusetzen, so ausgeführt wird, daß die Substratoberfläche 30 sec bis 30 min dem Dampf ausgesetzt wird.

19. Verfahren zur Bildung eines dünnen Filmes amphiphiler Moleküle auf einem Substrat, bei dem man
das Substrat in einer Kammer (10) anordnet,
einen abgedichteten zerbrechbaren Behälter (C, D) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 aufbricht,
den offenen Behälter (C, D) in der Kammer (10) anordnet und
die amphiphilen Moleküle verdampft, um die Substratoberfläche einem Dampf amphiphiler Moleküle auszusetzen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



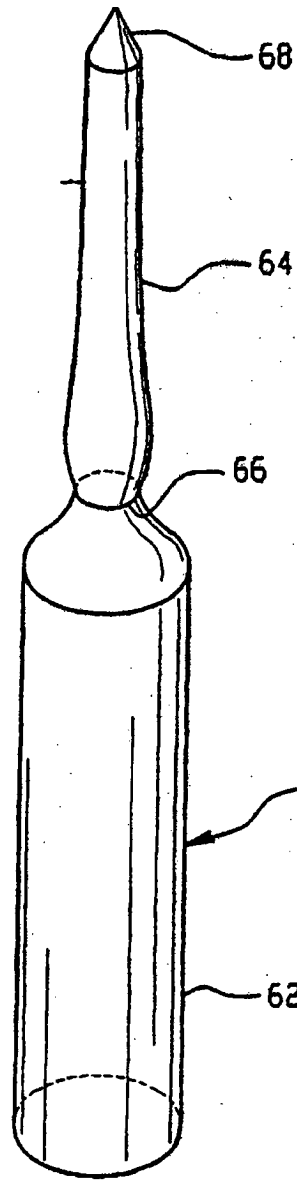


Fig. 4

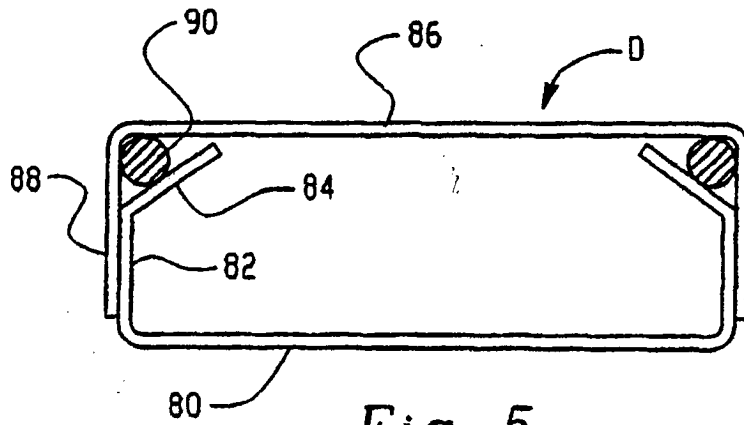


Fig. 5