



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 28 772 B4** 2005.03.17

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 28 772.7**  
(22) Anmeldetag: **07.06.2000**  
(43) Offenlegungstag: **24.01.2002**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **17.03.2005**

(51) Int Cl.7: **C25D 11/02**  
**B05D 7/14**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:

**Technische Universität Dresden, 01069 Dresden, DE; Institut für Polymerforschung Dresden e.V., 01069 Dresden, DE; Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(72) Erfinder:

**Lappan, Uwe, Dr., 14727 Premnitz, DE; Lunkwitz, Klaus, Prof. Dr.sc.nat., 01069 Dresden, DE; Schmidt, Sylvia, Dipl.-Chem., 01731 Kreischa, DE; Simon, Frank, Dr., 01099 Dresden, DE; Scharnweber, Dieter, Dr., 01324 Dresden, DE; Thieme, Michael, Dr., 01326 Dresden, DE; Worch, Hartmut, Prof. Dr.-Ing.habil., 01069 Dresden, DE; Frenzel, Ralf, Dr., 01189 Dresden, DE; Lenk, Andreas, Dr., 01728 Bannewitz, DE; Panzner, Michael, Dr., 01324 Dresden, DE**

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

**DE 199 35 326 A1**  
**DE 198 03 787 A1**  
**DE 197 46 053 A1**  
**DE 39 00 169 A1**  
**US 33 54 022**  
**EP 06 87 715 A2**  
**EP 04 60 700 B1**  
**WO 96 04 123 A1**  
**WO 00 39 368 A1**  
**WO 00 39 051 A1**  
**JP 10-0 25 469 A**  
**JP 07-3 16 546 A**  
**JP 07-0 03 194 A**  
**JP 63-06 684 A**

(54) Bezeichnung: **Aluminiumwerkstoff mit ultrahydrophober Oberfläche, Verfahren zu dessen Herstellung sowie Verwendung**

(57) Hauptanspruch: Aluminiumwerkstoff mit einer ultrahydrophoben Oberfläche, erhältlich durch Oberflächenstrukturierung mittels Laserablation oder mittels intensivierter anodischer Oxidation in einer Schwefelsäurelösung mit einer Konzentration von 0,5–5 mol/l, bei einer Stromdichte von 20 bis 45 mA/cm<sup>2</sup>, einer Temperatur von 35 bis 50 °C und einer Dauer von 1000 bis 1800 s sowie Ausrüstung mit einer dünnen, die Oberflächenstruktur nicht signifikant verändernden, hydrophoben Beschichtung.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Aluminiumwerkstoff mit ultrahydrophober Oberfläche, Verfahren zu dessen Herstellung sowie dessen Verwendung zur Herstellung von schwer benetzbaren Gegenständen.

**[0002]** Ultrahydrophobie ist durch eine extrem verringerte Benetzbarkeit von Festkörperoberflächen gekennzeichnet; sie führt zur Ausbildung von nahezu kugeligen Wassertropfen, die auf der Oberfläche keinerlei Halt finden und auch bei sehr geringer Neigung abrollen. Bei messtechnischer Charakterisierung treten vernachlässigbare Differenzen zwischen Fortschreit- und Rückzugswinkeln ( $\Theta_v \approx \Theta_r$ ) auf. Unter Anwendungsgesichtspunkten bildet die Ultrahydrophobie die wesentliche Voraussetzung für die sogenannten Selbstreinigungseigenschaften, die eine außerordentlich vereinfachte Reinhaltung von luftkontaktierten und einer Schmutzablagerung ausgesetzten Oberflächen gestatten, indem auf die Nutzung oberflächenaktiver Reinigungsmittel (Tenside) wie auch auf mechanische Unterstützung vollständig verzichtet werden kann. Bei Anwendungen im Außenbereich kann die Reinigung bereits durch Niederschläge erfolgen. Aus bisher bekannten Arbeiten zur Ultrahydrophobie geht hervor, dass diese nur im Verbund geeigneter morphologischer und chemischer Eigenschaften der Materialoberflächen zu erzielen ist und daher meist eine Kombination von Verfahren herangezogen werden muss.

**Stand der Technik**

**[0003]** US-3 354 022 (1964) beschreibt grundlegende, modellhafte Experimente, die wasserabweisenden Eigenschaften von bereits intrinsisch hydrophoben Wachsen und Polymerwerkstoffen auf dem Wege einer bei erhöhter Temperatur erfolgenden Prägung der Oberfläche zu verstärken. Die charakteristischen Abstände der so erzeugten Mikroprofile sollen nicht mehr als 1000  $\mu\text{m}$  bei Profilhöhen von mindestens 50 % der Abstände betragen, wobei als weitere Bedingung genannt wird, dass der luftgefüllte Zwischenraum einen Anteil von >60 % an der kontaktierenden Oberfläche einnimmt.

**[0004]** In ganz allgemeiner Weise und unter Bezug auf pflanzliche Vorbilder („Lotus-Effekt“) gibt WO 96/04123 A1 als Bedingungen für das Zustandekommen selbstreinigender Oberflächen an, dass eine künstliche Profilierung mit Erhebungen und Vertiefungen durch Abstände von 5–200  $\mu\text{m}$  und Höhen von 5–100  $\mu\text{m}$  gekennzeichnet sein müsse. Dabei können die Erhebungen aus intrinsisch hydrophoben Polymeren bestehen oder stabil hydrophobiert sein. Technisch nutzbare Verfahren werden allerdings nur am Rande und in allgemeiner Form berührt.

**[0005]** In einer sehr ähnlichen Art werden in DE 198

03 787 A1 Bedingungen für hydrophobe Oberflächen genannt (Abstand 0,05–10  $\mu\text{m}$ , Höhe 0,05–10  $\mu\text{m}$ ), wobei als weitere bestimmende Größe die Oberflächenenergie des unprofilierten Materials von 10–20 mN/m angeführt wird. Auch hier stehen technisch nutzbare Verfahren nur im Hintergrund; genannt werden die bereits erwähnten Prägeverfahren, lithografische Verfahren und Plasmapolymersation. Diese Verfahren sind grundsätzlich auch für Metalle anwendbar. Jedoch müssen insbesondere die beiden erstgenannten aber als relativ aufwändig und kostenintensiv eingeschätzt werden, vor allem dann, wenn in industrieller Fertigung ein hoher Flächendurchsatz erzielt werden soll.

**[0006]** WO 00/39368 A2 (Reihs et al., Bayer) offenbart eine Reihe von bis zu dreistufigen Verfahrenskombinationen zur Strukturierung von A1-Oberflächen zwecks Erzeugung ultrahydrophober Eigenschaften. Einstufige Verfahren zur Anodisierung führen bei den angegebenen Bedingungen nach WO 00/39368 A2 nicht zu einer ultrahydrophoben Oberfläche.

**[0007]** WO 00/39051 A1 offenbart eine Laserstrukturierung von Wolframcarbid mit spezifischen auf diesen Werkstoff abgestimmten Bedingungen.

**[0008]** DE 199 35 326 A1 (Reihs et al., Bayer) beschreibt ein Sol-Gel-Verfahren, basierend auf einer auf glatte Substrate applizierbaren lackähnlichen Dispersion. Die Verwendung dieser oder ähnlicher Substanzen ist, anders als bei dem patentgemäßen Verfahren, nur mit einem Abscheidungsprozess verbunden und führt nur dann zu Ultrahydrophobie, wenn gleichzeitig die erforderlichen Rauheitseigenschaften eingestellt werden.

**[0009]** Ein Teil der Arbeiten sieht an Hand konkreter Beispiele und ohne Bezug zu metallischen Oberflächen vor, dass die gewünschten morphologischen Eigenschaften durch Aufbringen von feinpartikulären Fremdsubstanzen auf die jeweiligen Substrate erzeugt werden, wobei die deponierten Materialien selbst nicht hydrophob sind. Ihre Fixierung erfolgt gleichzeitig mit der Hydrophobierung in einem zweiten Schritt. Hierunter fallen JP-07316546 A (1995), JP-10025469 A (1998) und DE-197 46 053 A1 (1999) sowie EP-0 687 715 A2. Als grundsätzlich nachteilig ist hierbei anzusehen, dass der Fixierungs- und Hydrophobierungsschritt so zu erfolgen hat, dass einerseits die erforderliche Festigkeit erzielt wird, was bestimmte Aufwandsmengen bedingt, und andererseits die durch die Partikel gegebene Mikroprofilierung des Komposits durch die Überformung mit einem Flüssigkeitsfilm nicht verloren geht.

**[0010]** Dieser Nachteil besteht nicht, wenn die die Herausbildung der Oberflächengestalt bedingende Substanz mit dem Substrat unmittelbar verbunden

ist. Dann kann eine Fixierung umgangen werden, und es können sehr dünne Filme zum Zwecke der chemischen Modifizierung appliziert werden. Hierbei kommen chemische und elektrochemische Verfahren in Betracht, die unter Beteiligung des Substrats zum Aufwachsen von Oxiden oder anderen Konversionsprodukten führen. An vorderer Stelle ist in diesem Zusammenhang Aluminium zu nennen, das unter relativ variablen Bedingungen eine anodische Oxidschichtbildung mit Schichtdicken von einigen 10 µm erlaubt. In der Regel führt die Anodisierung jedoch zu Schichten, deren Rauheit weit unter dem für das Zustandekommen der Ultrahydrophobie notwendigen Bereich liegt. DE 39 00 169 (1989) stellt ein Beispiel dafür dar, dass die im Anschluss an die anodische Schichtbildung üblicherweise erfolgende Verdichtung mit einer Imprägnierung verbunden werden kann, die auf langkettig-organisch modifizierte Säuren zurück greift und zu einer Verbesserung des Schutzes vor atmosphärischer Korrosion führen soll. Ultrahydrophobe Eigenschaften werden nach DE 39 00 169 aber nicht erreicht. Auch JP 07003194 A (1995) zielt auf eine wasserabstoßende Behandlung ab; hier wird auf ein nicht näher spezifiziertes Al-Substrat eine hochglänzende Polymerbeschichtung aufgebracht. Zur Verstärkung der Korrosionsbeständigkeit von oxidiertem Aluminium sieht EP 0 460 700 B1 die Einwirkung von fluorhaltigen gasförmigen Substanzen vor.

**[0011]** Im Gegensatz zu den genannten Erfindungsbeschreibungen wird in JP 06306684 A (1994) eine modifizierte anodische Schichtbildung angestrebt, die durch Beeinflussung der Lösungszusammensetzung eine verbesserte Haftfestigkeit der im Nachgang aufgetragenen korrosionsfesten Beschichtung erbringen soll. Eine Veränderung gegenüber dem herkömmlichen Vorgehen liegt auch in der in Angew. Chem. 109 (1997) 1042–1044 beschriebenen anodischen Behandlung vor, die bei einer weit über das Übliche ausgedehnten Anodisierungsdauer von drei Stunden in 0,5 M Schwefelsäure eine Aufrauung der Oxidschichtoberfläche herbei geführt hatte und bei der in Kombination mit fluorierten Monoalkylphosphaten eine wesentliche Vergrößerung der Randwinkel und u.U. eine oleophobe Oberfläche erzeugt worden war.

#### Aufgabenstellung

**[0012]** Die Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, ultrahydrophob und damit kontaminationswidrig ausgerüstete Oberflächen von Aluminiumwerkstoffen zu schaffen.

**[0013]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch Aluminiumwerkstoffe mit ultrahydrophober Oberfläche gelöst, deren Oberflächen durch Strukturierung mittels intensivierter anodischer Oxidation oder Laserablation und anschließender Ausrüstung mit einer dünnen, die Oberflächenstrukturierung nicht signifi-

kant verändernden hydrophoben Beschichtung erhältlich sind.

**[0014]** Erfindungsgemäß werden ultrahydrophobe, metallische Oberflächen so hergestellt, dass in einem ersten Verfahrensschritt die erforderliche Gestalt der Oberfläche erzeugt und in einem weiteren Verfahrensschritt die strukturierte, raue Oberfläche unter Verwendung hydrophobierender Substanzen bzw. ihrer Lösungen chemisch modifiziert wird.

**[0015]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt als erster Verfahrensschritt eine anodische Behandlung unter intensivierten Bedingungen. Es hatte sich gezeigt, dass die Übernahme bekannter anodischer Prozessbedingungen, beispielsweise unter Verwendung von Boratpuffer oder 20%-iger Schwefelsäurelösung (2,3 mol/l), eine Ultrahydrophobierung bei nachfolgender chemischer Modifizierung nicht bewirkte. Selbst variierte Stromdichten (15–30 mA/cm<sup>2</sup>) und variierte Temperaturen (Raumtemperatur, 15 °C, 30 °C, ≥50 °C) führten bei anodischer Oxidation in 20%-iger Schwefelsäurelösung nicht zu ultrahydrophoben Eigenschaften. Positive Effekte wurden auch nicht in 0,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> unter den in der Literatur Angew. Chem. 109 (1997) 1042–1044 angegebenen Bedingungen beobachtet.

**[0016]** Überraschenderweise konnte nun festgestellt werden, dass in einem eingeschränkten Temperaturbereich und bei hinreichend langer Behandlungsdauer sich ein solches Wechselspiel von Oxidwachstum und Auflösung einstellt, das mit einer qualitativ neuartigen Aufrauung der Oberfläche einher geht und zu ausgeprägten Ultrahydrophobierungseffekten führt. Die dynamische Randwinkelmessung mit Wasser ergab Fortschreitwinkel von ca. 155° bei praktisch verschwindender Hysterese ( $\Theta_v \approx \Theta_r$ ).

**[0017]** Die anodische Oxidation von Al-Werkstoffen in einer Schwefelsäurelösung mit einer Konzentration von 0,5–5 mol/l wird erfindungsgemäß bei einer Stromdichte von 20 bis 45 mA/cm<sup>2</sup>, einer Temperatur von 35 bis nahezu 50 °C und einer Dauer von 1000 bis 1800 s geführt. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die anodische Oxidation in einer Schwefelsäurelösung mit einer Konzentration von 2–2,5 mol/l, bei einer Stromdichte von 28 bis 35 mA/cm<sup>2</sup>, einer Temperatur von 35 bis 45 °C und einer Dauer von 1200 bis 1500 s.

**[0018]** Wie Fig. 1 als rasterelektronenmikroskopische Aufnahme bei relativ hoher Vergrößerung nachweist, bildet sich bei anodischer Oxidation von AlMgI eine aus gebirgsartigen Graten bestehende Oberflächenchengestalt, deren charakteristische Abstände im Bereich von ca. 2 µm liegen und die Rauheitsanteile auch im Sub-µm-Bereich aufweist. Metallografische

Untersuchungen und AFM-Messungen zeigten, dass die Profilhöhe ca. 2 µm ausmacht, wobei die Gesamtdicke des Oxids ca. 10 µm beträgt.

**[0019]** Alternativ gelang es überraschenderweise durch Laserablationverfahren ebenfalls, zu geeigneten Mikroprofilen aus arrayartig angeordneten Erhebungen zu kommen, während fotolithografisch-chemische und Mikroprägeverfahren nicht zu vollem Erfolg geführt hatten. Bei Nutzung der Laserablation wurden die besten Ergebnisse mit einem KrF-Excimer-Laser und einer definierten Maskengeometrie erzielt, wobei Maske und Probe gegeneinander bewegt werden. Möglich ist aber auch der Einsatz von Nd:YAG-Lasern im direkt schreibenden Verfahren.

**[0020]** Zur chemischen Modifizierung der strukturierten Oberflächen mit einer dünnen, die Oberflächenstrukturierung nicht signifikant verändernden, hydrophoben Beschichtung eignen sich trifunktionelle Alkylsilane des Typs R-SiX<sub>3</sub>, wobei X ein Halogenatom, eine Acyloxygruppe oder eine Alkoxygruppe sein kann und R ein Alkylrest mit einer Kettenlänge von mindestens 6 Kohlenstoffatomen, wobei Wasserstoffatome teilweise gegen Fluoratome ausgetauscht sein können, wie zum Beispiel Hexadecyltrimethoxysilan (HTMS), Octadecyltrichlorsilan (OTS) oder 1H,1H,2H,2H-Perfluordecyltriethoxysilan (PFDTES) bzw. deren Lösungen. Ihre Anbindung an die hydroxylierte Oxidoberfläche ist über eine kovalente Anbindung unter Knüpfung von (Al-O-Si)-Bindungen vorstellbar.

**[0021]** Erfindungsgemäß führt auch eine sequenzielle Anwendung eines Aminosilans, z.B. N-(2-Aminoethyl)-3-aminopropyltriethoxysilan (AAPS), und einer perfluorierten Alkansäure, z.B. Perfluorononansäure, zur Ultrahydrophobierung der strukturierten Oberflächen. Eine stabile Ultrahydrophobierung wird auch bei Anwendung von AAPS und Teflon®AF, einem amorphen Fluoropolymer der Fa. Du Pont, erzielt.

**[0022]** Anhand beigefügter Abbildungen werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Dabei zeigen:

**[0023]** Fig. 1 REM-Aufnahme einer mittels intensivierter anodischer Oxidation strukturierten Al Mgl-Oberfläche

**[0024]** Fig. 2 REM-Aufnahme einer mittels Laserablation strukturierten Al-Oberfläche

Ausführungsbeispiel

Ausführungsbeispiel 1

**[0025]** Eine Blechprobe des niedrig legierten Aluminiumwerkstoffs Al Mgl (EN AW-5005) wird in Natronlauge der Konzentration 1 mol/l bei Raumtemperatur

10 min gebeizt, mit Wasser zwischengespült, in 1 mol/l HNO<sub>3</sub> für 2 min dekapiert und wiederum gespült sowie zwischenzeitlich in Wasser aufbewahrt. Unter Verwendung einer Lösung von 2,0 mol/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und 0,1 mol/l Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (Gesamtsulfatkonzentration 2,3 mol/l) und einer Platingenelektrode wird die anodische Oxidation bei (40±1) °C, einer Stromdichte von 28 mA/cm<sup>2</sup> und unter Rührung bei einer Dauer von 1200 s durchgeführt. Die Probe wird einige Minuten unter fließendem Wasser gespült und zur Vermeidung von atmosphärisch bedingten Kontaminationen unter Wasser aufbewahrt.

**[0026]** Nach halbstündiger Lagerung in absolutem Ethanol wird das Aminosilan AAPS als 10 Vol.-%ige ethanolische Lösung für 3 h zur Einwirkung gebracht. Die Probe wird mit Ethanol und Aceton gespült, luftgetrocknet und bei 120 °C für 1h getempert. Die Einwirkung von Teflon®AF (als 5 %-ige Lösung in FC 75) erfolgt in gleicher Weise; die Temperung 1 h bei 120 °C und 1 h bei 160 °C.

**[0027]** Die dynamische Kontaktwinkelmessung wurde an 5–10 Stellen der Probenoberfläche bei 10–20 Messpunkten des Randwinkels pro Tropfen vorgenommen. Typische ultrahydrophobe Eigenschaften belegende Weite sind Fortschrittswinkel von > 150° und Rückzugswinkel von ca. 150° mit Wasser als Messflüssigkeit. Die Berechnung der Oberflächenenergien für den gebeizten, nicht profilierten Zustand ergibt nach D. Li und A.W. Neumann, J. Colloid Interface Sci. 148 (1992) 190 typische Weite von 8–9 mN/m, wobei nur geringe Unterschiede zu anderen Berechnungsmethoden, z. B. nach D.K. Owens, P.C. Wendt, J. Appl. Polym. Sci. 13 (1969) 1741 auftreten.

**[0028]** Fig. 1 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer nach Ausführungsbeispiel 1 strukturierten Al Mgl-Oberfläche bei relativ hoher Vergrößerung. Sichtbar ist eine aus gebirgsartigen Graten bestehende Oberflächengestalt, deren charakteristische Abstände im Bereich von ca. 2 µm liegen und die Rauheitsanteile auch im Sub-µm-Bereich aufweist. Metallografische Untersuchungen und AFM-Messungen zeigten, dass die Profilhöhe ca. 2 µm ausmacht, wobei die Gesamtdicke des Oxids ca. 10 µm beträgt.

Ausführungsbeispiel 2

**[0029]** Eine Blechprobe des Aluminiumwerkstoffs A199,5 (EN AW-1050A) wird in 1 mol/l Natronlauge bei Raumtemperatur 10 min gebeizt, mit Wasser zwischengespült, in 1 mol/l HNO<sub>3</sub> für 2 min dekapiert und wiederum gespült.

**[0030]** Die Oberflächenprofilierung erfolgt durch Laserablation unter Verwendung eines gepulsten KrF-Excimerlasers (248 nm), einer durch ein Quadratpixelmuster charakterisierten Cr-Quarz-

glas-Maske mit einem pitch-Maß von 750 µm und einem Objektiv, das die Maskenebene 1:15 verkleinert auf der Probe abbildet. Maske und Probe werden in geeigneter Weise abgerastert, so dass eine größere Fläche der Laserablation unterworfen ist.

**[0031]** Zur Entfernung atmosphärischer Kontaminationen wird die Probe einer HF-Plasmareinigung in Sauerstoff unterzogen.

**[0032]** Die Silanisierung erfolgt nach halbstündiger Lagerung in absolutem Ethanol mit einer 10 Vol.-%-igen HTMS-Lösung in Aceton unter Zugabe von 5 Tropfen Triethylamin als Katalysator. Die Probe wird mit Ethanol und Aceton gespült, luftgetrocknet und 1 h bei 120 °C getempert.

**[0033]** Die dynamische Kontaktwinkelmessung wurde an 5–10 Stellen der Probenoberfläche bei 10–20 Messpunkten des Randwinkels pro Tropfen vorgenommen. Es werden Fortschrittswinkel von ca. 146° und Rückzugswinkel von ca. 145° gemessen.

**[0034]** Fig. 2 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer nach Ausführungsbeispiel 2 strukturierten Al-Oberfläche. Zerklüftete Höcker bilden die Oberflächenstruktur der mittels Laserablation strukturierten Oberfläche.

### Patentansprüche

1. Aluminiumwerkstoff mit einer ultrahydrophoben Oberfläche, erhältlich durch Oberflächenstrukturierung mittels Laserablation oder mittels intensivierter anodischer Oxidation in einer Schwefelsäurelösung mit einer Konzentration von 0,5–5 mol/l, bei einer Stromdichte von 20 bis 45 mA/cm<sup>2</sup>, einer Temperatur von 35 bis 50 °C und einer Dauer von 1000 bis 1800 s sowie Ausrüstung mit einer dünnen, die Oberflächenstruktur nicht signifikant verändernden, hydrophoben Beschichtung.

2. Verfahren zur Herstellung ultrahydrophober, metallischer Oberflächen, dadurch gekennzeichnet, dass Aluminiumwerkstoffe mittels Laserablation mittels intensivierter anodischer Oxidation in einer Schwefelsäurelösung mit einer Konzentration von 0,5–5 mol/l, bei einer Stromdichte von 20 bis 45 mA/cm<sup>2</sup>, einer Temperatur von 35 bis 50 °C und einer Dauer von 1000 bis 1800 s strukturiert und anschließend mit einer dünnen, die Oberflächenstrukturierung nicht signifikant verändernden hydrophoben Beschichtung versehen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass Aluminiumwerkstoffe unter Verwendung eines gepulsten KrF-Excimerlasers und einer geeigneten Maske oder eines Nd:YAG-Lasers strukturiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die strukturierten Metalloberflächen beschichtet werden mit trifunktionellen Alkylsilanen des Typs R-SiX<sub>3</sub>, wobei X ein Halogenatom, eine Acyloxygruppe oder eine Alkoxygruppe sein kann und R ein Alkylrest ist, der eine Kettenlänge von mindestens 6 Kohlenstoffatomen aufweist und dessen Wasserstoffatome teilweise gegen Fluoratome ausgetauscht sein können, oder unter sequenzieller Anwendung eines Aminosilans und einer perfluorierten Alkansäure oder unter sequenzieller Anwendung eines Aminosilans und eines amorphen Fluorpolymers.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als trifunktionelle Alkylsilane Hexadecyltrimethoxysilan (HTMS) oder Octadecyltrichlorsilan (OTS) oder 1H,1H,2H,2H-Perfluordecyltriethoxysilan (PFDTES) verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Aminosilan N-(2-Aminoethyl)-3-aminopropyltriethoxysilan (AAPS) und als Alkansäure Perfluorononansäure verwendet werden.

7. Verwendung von Aluminiumwerkstoffen mit ultrahydrophober Oberfläche nach jeweils einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Herstellung von schwer benutzbaren Gegenständen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

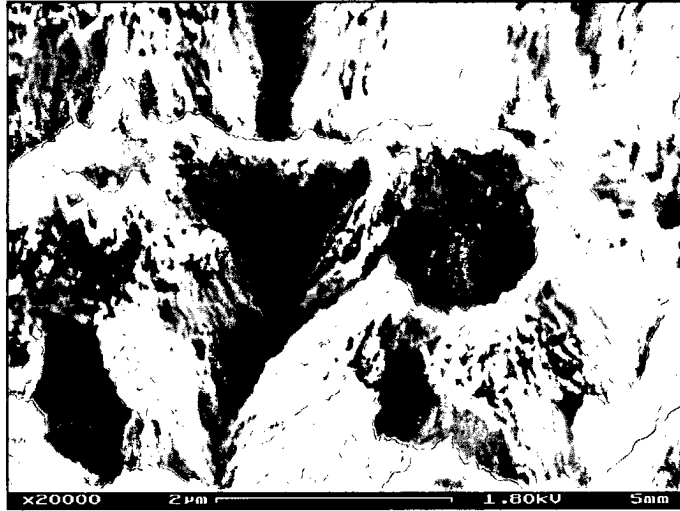


Fig. 1



Fig. 2