

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. Juni 2003 (26.06.2003)

PCT

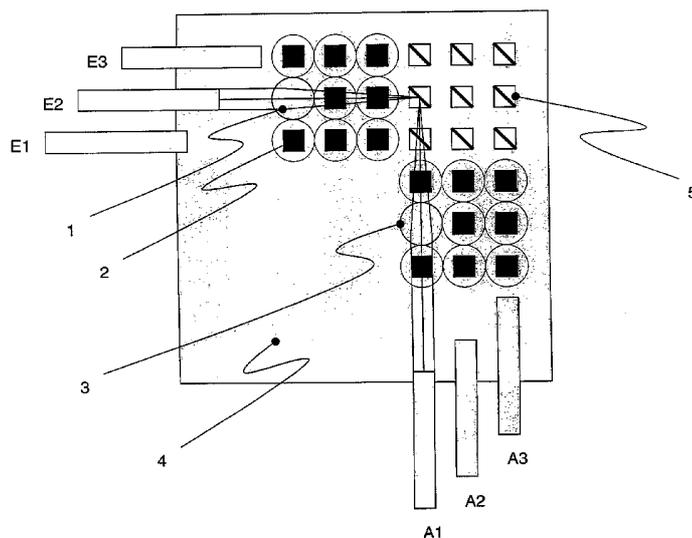
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/052476 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G02B 6/35**, 26/02, 3/14 (74) **Anwälte:** WOLFF, Felix usw.; Kutzenberger & Wolff, Theodor-Heuss-Ring 23, 50668 Köln (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/14382 (81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
17. Dezember 2002 (17.12.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 62 816.1 19. Dezember 2001 (19.12.2001) DE (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** SUNYX SURFACE NANOTECHNOLOGIES GMBH [DE/DE]; Stolberger Strasse 370, 50668 Köln (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** REIHS, Karsten [DE/DE]; Leyboldstrasse 58, 50968 Köln (DE). **Veröffentlicht:** — mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** OPTICAL DEVICE COMPRISING A LIQUID OPTICAL AGENT

(54) **Bezeichnung:** OPTISCHER VORRICHTUNG MIT FLÜSSIGEM OPTISCHEN MITTEL



(57) **Abstract:** The invention relates to an optical device comprising at least one optical agent, which consists of a liquid, and has at least one ultraphobic surface on which the optical agent can be displaced. The device is preferably an optical switch.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Vorrichtung mit mindestens einem optischen Mittel, das aus einer Flüssigkeit besteht und das mindestens eine ultraphobe Fläche aufweist, auf der das optische Mittel verschiebbar ist. Die Vorrichtung ist bevorzugt ein optischer Schalter.



WO 03/052476 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## OPTISCHE VORRICHTUNG MIT FLÜSSIGEM OPTISCHEN MITTEL

Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Vorrichtung mit mindestens einem optischen Mittel, das aus einer Flüssigkeit besteht und das mindestens eine ultraphobe Fläche aufweist, auf der das optische Mittel verschiebbar ist.

Durch den zunehmenden Einsatz von Glasfasern im Bereich der Telekommunikation steigt auch das Interesse an rein optischen Mehrfachschaltern, die sowohl in Vermittlungsstellen als auch zur Herstellung von leicht änderbaren Verschaltungen eingesetzt werden können. Insbesondere die Monomode-Technik stellt für solche Schaltaufgaben eine Herausforderung dar.

N x M-Schaltmatrizen, welche auf Verschaltung von N-optischen Eingangskanälen auf M-Ausgangskanäle ( $N, M \geq 2$ ) ermöglichen, bieten sich für solche Aufgaben an. Die matrixartige Anordnung der Schaltelemente ermöglicht eine Erweiterung der Anzahl von Ein- und Ausgangskanälen mit dem gleichen Konzept.

Dabei werden mittels Glasfasern zugeführten Lichtstrahlen der Eingänge durch bewegliche optische Elemente, wie beispielsweise Linsen oder Spiegel auf die Ausgänge umgelenkt. Bisher wurden die optischen Mittel mit Stellmotoren bewegt. Dieses Konzept hat sich jedoch als vergleichsweise teuer, langsam und wartungsintensiv herausgestellt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es deshalb, eine optische Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, die die Nachteile des Standes der Technik nicht aufweist.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine optische Vorrichtung mit mindestens einem optischen Mittel, das aus einer Flüssigkeit besteht und das mindestens eine ultraphobe Oberfläche aufweist, auf der das optische Mittel verschiebbar ist.

Es war für den Fachmann überaus erstaunlich und nicht zu erwarten, daß es mit dieser Vorrichtung möglich ist, einen optischen Schalter zu realisieren, bei dem die optischen Mittel nahezu ohne Reibungs- und Flüssigkeitsverlust und Abnutzung bewegt werden können. Mit der optischen Vorrichtung können die optischen Mittel

sehr schnell und präzise verschoben werden. Die optische Vorrichtung ist einfach und kostengünstig herzustellen.

Als flüssiges optisches Mittel kommt jedes dem Fachmann geläufige Mittel in Frage. Vorzugsweise sind die Mittel jedoch optische Linsen oder Spiegel. Bei Linsen ist die Flüssigkeit vorzugsweise Wasser. Ebenso können bevorzugt Flüssigkeiten verwendet werden, die bei der Wellenlänge des Lichtes, mit dem der optische Schalter betrieben wird, optisch transparent sind und vorzugsweise eine hohe Oberflächenspannung aufweisen.

Bei einem Spiegel ist die Flüssigkeit vorzugsweise eine Flüssigkeit, die an einer ultraphoben Oberfläche stark entnetzt, wobei sich ein dünner Luftfilm zwischen Flüssigkeit und Oberfläche ausbildet, an dem eine optische Totalreflektion auftritt, die als Spiegel verwendet werden kann. Dazu eignen sich Wasser oder Öle an transparenten ultraphoben Oberflächen, bei denen der jeweilige Flüssigkeitstropfen einen Kontaktwinkel  $> 150^\circ$  aufweist.

Die flüssigen, optischen Mittel werden vorzugsweise durch elektrische Felder verschoben, die vorzugsweise durch ein Raster von im wesentlichen gleichmäßig verteilten Elektroden, die einzeln ansteuerbar sind, erzeugt werden können.

Vorzugsweise weist das Raster mindestens  $5 \times 5 = 25$ , besonders bevorzugt mindestens  $16 \times 16 = 256$  und ganz besonders bevorzugt mindestens  $20 \times 20 = 400$  Elektroden auf. Die Elektroden sind jeweils individuell an eine elektrische Spannungsquelle mit vorzugsweise 10 bis 1000 V, besonders bevorzugt 100 bis 300 V, anschließbar, so daß mit jeder Elektrode unabhängig von den anderen Elektroden ein elektrisches Feld erzeugbar ist. Vorzugsweise sind die Elektroden in einem Abstand von  $< 100 \mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $< 50 \mu\text{m}$  und ganz bevorzugt  $< 10 \mu\text{m}$ , angeordnet und weisen vorzugsweise eine Dimension  $\leq 150 \mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $< 70 \mu\text{m}$  und ganz besonders bevorzugt  $< 20 \mu\text{m}$ , auf.

Die Spannungsquelle wird vorzugsweise von einer automatisierten Steuerungseinheit, beispielsweise einem Computer, gesteuert und die einzelnen Elektroden somit individuell mit elektrischer Spannung beaufschlagt. Mit dem

Computer wird festgelegt, welche Elektrode zu welchem Zeitpunkt und über welchen Zeitraum an eine elektrischer Spannung gelegt wird. Dadurch kann festgelegt werden, welche Bahn auf der hydrophoben Oberfläche ein Flüssigkeitstropfen mit welcher Geschwindigkeit durchläuft. Die Ansteuerung der Elektroden durch die automatisierte Steuerungseinheit kann zu jedem Zeitpunkt verändert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nicht nur eine sondern mehrere Elektroden, vorzugsweise mindestens zwei besonders bevorzugt mindestens vier Elektroden, gleichzeitig angesteuert. Bei der Ansteuerung von zwei Elektroden liegen diese vorzugsweise nebeneinander und bei einer Ansteuerung von vier Elektroden sind diese vorzugsweise in einem Carré angeordnet.

Vorzugsweise sind die Elektroden in der Nähe der Oberfläche eines Trägers angeordnet. Dieser Träger wird vorzugsweise mit einer Folie mit einer ultraphoben Oberfläche beklebt.

Eine ultraphobe Fläche im Sinne der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß der Kontaktwinkel eines Wassertropfens, der an der Oberfläche liegt, mehr als  $150^{\circ}$  beträgt und der Abrollwinkel  $10^{\circ}$  nicht überschreitet. Als Abrollwinkel wird der Neigungswinkel einer grundsätzlich planaren aber strukturierten Oberfläche gegen die Horizontale verstanden, bei dem ein stehender Wassertropfen mit einem Volumen von  $10 \mu\text{l}$  aufgrund der Schwerkraft bei einer Neigung der Oberfläche bewegt wird. Solche ultraphoben Oberflächen sind zum Beispiel in der WO 98/23549, WO 96/04123, WO 96/21523, WO 00/39369, WO 00/39368, WO00/39239, WO 00/39051, WO 00/38845 und WO 96/34697 offenbart, die hiermit als Referenz eingeführt werden und somit als Teil der Offenbarung gelten.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die ultraphobe Oberfläche eine Oberflächentopographie auf, bei der die Ortsfrequenz der einzelnen Fourierkomponenten und deren Amplitude  $a(f)$  ausgedrückt durch das Integral  $S(\log(f)) = a(f) \cdot f$  errechnet zwischen den Integrationsgrenzen  $\log(f_1/\mu\text{m}^{-1}) = -3$  und  $\log(f_1/\mu\text{m}^{-1}) = 3$  mindestens  $0,3$  beträgt und die aus einem hydrophoben oder insbesondere oleophoben Material oder aus einem haltbar hydrophobierten oder insbesondere haltbar oliophobierten Material besteht. Eine solche ultraphobe

Oberfläche ist in der internationalen Patentanmeldung WO 00/39240 beschrieben, die hiermit als Referenz eingeführt wird und somit als Teil der Offenbarung gilt.

Die optische Vorrichtung kann jedes beliebige, dem Fachmann bekannte optische Instrument sein. Vorzugsweise ist die optische Vorrichtung jedoch ein optischer Schalter, bei dem ein oder mehrere optische Eingangskanäle auf jeweils einen von mehreren optischen Ausgangskanäle geschaltet werden. Vorzugsweise ist bei dieser Anwendung das optische Mittel eine Kugellinse oder ein Spiegel.

Durch Verschieben mindestens eines optischen Mittels auf der ultraphoben Oberfläche wird ein Lichtstrahl von einem Eingangskanal auf einen von mehreren Ausgangskanälen umgelenkt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die optischen Eigenschaften der optischen Mittel durch elektrische Felder verändert. Optische Eigenschaften im Sinne der Erfindung sind vorzugsweise der Brechungsindex und die Krümmung von Linsen, vorzugsweise Kugellinsen, bzw. die Krümmung von Spiegeln. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das optische Mittel nicht nur verschoben sondern insgesamt in seinen optischen Eigenschaften verändert, so daß dem Fachmann zusätzliche Parameter zur Gestaltung von optischen Vorrichtungen zur Verfügung stehen. Der Fachmann versteht, daß das Verschieben der optischen Mittel und die Veränderung von deren optischen Eigenschaften unabhängig voneinander erfolgen kann aber nicht muß.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine optische Vorrichtung mit einem flüssigen optischen Mittel, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine optische Eigenschaft des Mittels durch ein elektrisches Feld reversibel veränderbar ist.

Optische Eigenschaften im Sinne der Erfindung sind vorzugsweise der Brechungsindex und die Krümmung von Linsen, vorzugsweise Kugellinsen, bzw. die Krümmung von Spiegeln.

Es war für den Fachmann überaus erstaunlich, daß es bei flüssigen optischen Mitteln gelingt, durch das Anlegen eines elektrischen Feldes reversibel und sehr schnell unterschiedliche optische Eigenschaften zu erreichen. Die Vorrichtung ist einfach und kostengünstig herzustellen.

Vorzugsweise ist das Mittel eine Kugellinse, die aus einem kugelförmigen Flüssigkeitstropfen besteht, dessen Krümmung reversibel veränderbar ist.

Vorzugsweise wird das Mittel auf einer ultraphoben Oberfläche, wie sie bereits oben beschrieben worden ist, gelagert. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß ein Tropfen auf der ultraphoben Oberfläche zumindest annähernd die Form einer Kugel einnimmt und verlustfrei auf der ultraphoben Oberfläche verschoben werden kann.

In einer bevorzugten Anwendungsform der vorliegenden Erfindung ist die optische Vorrichtung ein optischer Schalter. Durch die Veränderung der optischen Eigenschaften ist es möglich, Licht von einem Eingangskanal auf einen von mehreren Ausgangskanälen zu schalten, ohne daß das optische Mittel bewegt werden muß.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der **Figuren 1, 2, 2a – 2c** erläutert. Diese Erläuterungen sind lediglich beispielhaft und schränken den allgemeinen Erfindungsgedanken nicht ein.

**Figur 1** zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Schalters.

**Figur 2** zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Schalters.

**Figuren 2a 2b** zeigen zwei Zustände eines schaltbaren Spiegels

**Figur 2c** zeigt das Prinzip eines Spiegels, der auf einer ultraphoben Oberfläche basiert.

**Figur 1** zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Schalters, der drei Eingangskanäle E1 – E3 und drei Ausgangskanäle A1 – A3 aufweist. Durch die Eingangskanäle E1 – E3 werden Lichtsignale in den optischen Schalter geleitet und dort auf einen der Ausgangskanäle A1 – A3 umgeleitet. Beispielfhaft ist dies in Figur 1 an dem Eingangskanal E2 und an dem Ausgangskanal A1 verdeutlicht. Ein Lichtsignal wird über den Lichtleiter E2 in den optischen Schalter geleitet und dort durch den Wassertropfen 1, der eine optische Linse darstellt, gebündelt und von der optischen Struktur, die aus neun teilreflektierenden Spiegeln 5 besteht, auf den Ausgangskanal A1 reflektiert. Bevor das Lichtsignal den optischen Schalter durch den Ausgangskanal A1 verläßt, wird es durch den Wassertropfen 3, der ebenfalls eine optische Linse darstellt, wieder aufgeweitet. Der optische Schalter weist des weiteren eine ultraphobe Oberfläche 4 auf, auf der die Wassertropfen einen Kontaktwinkel von  $174^\circ$  einnehmen. Unmittelbar unter der ultraphoben Oberfläche befinden sich zwei Raster mit Elektroden, die jeweils mit einer elektrischen Spannung in einer beliebigen Reihenfolge und für eine beliebige Dauer ansteuerbar sind, wodurch ein Wassertropfen sehr genau und sehr schnell auf oder zwischen den jeweiligen Elektroden des Rasters positioniert werden kann. Der Fachmann erkennt, daß das Raster keine  $3 \times 3$  Matrix sein muß, sondern wesentlich feiner oder gröber sein kann. Durch die Veränderung Position der beiden Wassertropfen werden die Lichtsignale der Eingangskanäle E1 – E3 auf unterschiedliche teilreflektierende Spiegel 5 fokussiert und dementsprechen auf unterschiedliche Ausgangskanäle A1 – A3 umgeleitet. Die möglichen Schaltzustände und die dazugehörigen Positionen der Wassertropfen 1, 3 sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt. Die Umleitung eines Eingangssignals auf unterschiedliche Ausgangskanäle kann sehr schnell und ohne jegliche mechanische Teile in Form von beweglichen Festkörpern erfolgen.

**Figur 2** zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Schalters, der drei Eingangskanäle E1 – E3 und drei Ausgangskanäle A1 – A3 aufweist. Durch die Eingangskanäle E1 – E3 werden Lichtsignale in den optischen Schalter geleitet und dort auf einen der Ausgangskanäle A1 – A3 umgeleitet. Beispielfhaft ist dies in Figur 1 an dem Eingangskanal E2 und an dem Ausgangskanal A1 verdeutlicht. Ein Lichtsignal wird über den Lichtleiter E2 in den optischen Schalter geleitet und durch den schaltbaren Spiegel 7 auf den Ausgangskanal A1 umgelenkt. Die Funktionsweise des schaltbaren Spiegels wird anhand der Figuren 2a – 2c weiter

unten erläutert. Der optische Schalter weist des weiteren eine ultraphobe Oberfläche 6 auf, auf der die Wassertropfen einen Kontaktwinkel von  $174^\circ$  einnehmen. Durch die jeweilige Schaltung der schaltbaren Spiegel werden die Lichtsignale der Eingangskanäle E1 – E3 auf unterschiedliche Ausgangskanäle A1 – A3 umgeleitet.

Die Funktion der schaltbaren Spiegel ist anhand der **Figuren 2a - 2c** ersichtlich. Wie in **Figur 2c** dargestellt, basiert der schaltbare Spiegel auf einer transparenten, ultraphoben Fläche 12, einem Luftfilm 11 und einer Flüssigkeit 10, die in dem vorliegenden Fall Wasser ist. Durch die Ultraphobizität der Fläche 12 bildet sich zwischen dieser und der Flüssigkeit 10 ein Luftfilm 11 aus, der totalreflektierend d.h. wie ein Spiegel wirkt. Dieser Zusammenhang ist anhand des Lichtstrahls 9 dargestellt.

Die weitere Funktion des schaltbaren Spiegels wird anhand der **Figuren 2a und 2b** erläutert. Ein Flüssigkeitstropfen 8, in dem vorliegenden Fall Wasser, wird mit einem elektrischen Feld entlang einer ultraphoben Fläche verschoben. Durch die Ultraphobizität der Fläche 12 bildet sich an den Stellen, an denen der Flüssigkeitstropfen 8 die Fläche 12 bedeckt ein Luftfilm aus, der totalreflektierend wirkt. An den Stellen der Fläche 12, an denen sich der Flüssigkeitstropfen 8 nicht befindet ist die Fläche 12 für das jeweilige Licht transparent. Figur 2a zeigt den Zustand, in dem der schaltbare Spiegel reflektierend wirkt, weil sich der Flüssigkeitstropfen 8 in der Bahn des Lichtstrahls 9 befindet. Figur 2b zeigt den Zustand, in dem der Flüssigkeitstropfen 8 mit einem elektrischen Feld nach links bewegt worden ist. Der Lichtstrahl wird bei dieser Einstellung des schaltbaren Spiegels lediglich an den transparenten, ultraphoben Flächen gebrochen nicht jedoch reflektiert. Der schaltbare Spiegel kann demnach beliebig zwischen den Zuständen spiegelnd oder lichtdurchlässig umgeschaltet werden. In Figur 2 ist der schaltbare Spiegel in Spalte 1, Reihe 2 totalreflektierend und der schaltbare Spiegel in Spalte 1, Reihe 3 transparent. .

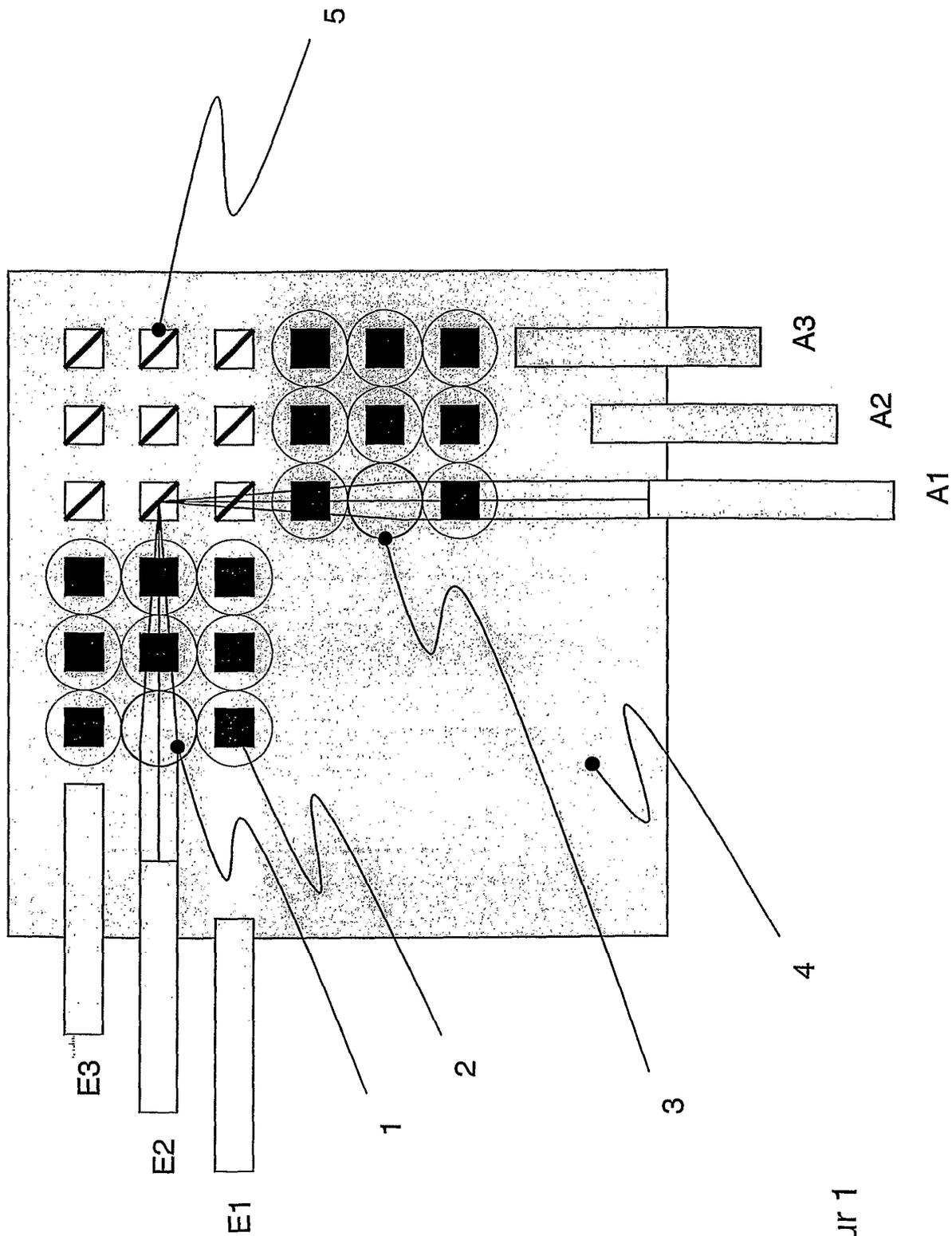
Optische Schaltmatrix		
Schaltzustand	Tropfenlinse 1	Tropfenlinse 3
	Position	Position
	(Spalte, Reihe)	(Spalte, Reihe)
E1 A1	1,3	1,3
E1 A2	2,3	2,3
E1 A3	3,3	3,3
E2 A1	1,2	1,2
E2 A2	2,2	2,2
E2 A3	3,2	3,2
E3 A1	1,1	1,1
E3 A2	2,1	2,1
E3 A3	3,1	3,1

Tabelle 1

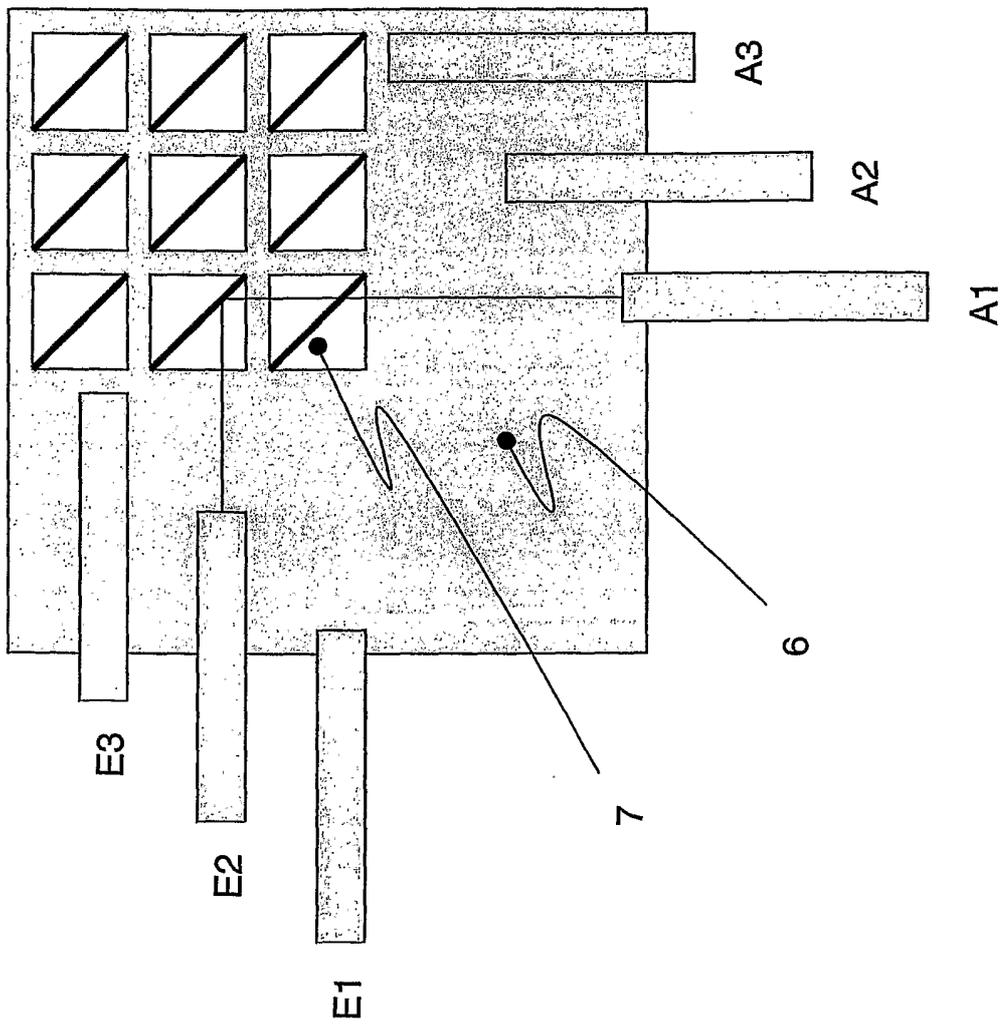
**Patentansprüche:**

1. Optische Vorrichtung mit mindestens einem optischen Mittel (1, 3, 8, 10), das aus einer Flüssigkeit besteht, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens eine ultraphobe Fläche (4, 6, 12) aufweist, auf der das optische Mittel verschiebbar ist.
2. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel (1, 3, 8, 10) eine optische Linse oder ein Spiegel ist.
3. Optische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Mittel mit einem elektrischen Feld verschiebbar ist.
4. Optische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein optischer Schalter ist.
5. Optische Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel (1, 3, 8, 10) eine Kugellinse ist.
6. Optische Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß durch Verschieben mindestens eines Mittels (1, 3, 8, 10) auf der ultraphoben Oberfläche (4, 6, 12) ein Lichtstrahl von einem Eingangskanal auf einen von mehreren Ausgangskanälen umlenkbar ist.
7. Optische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine optische Eigenschaft des optischen Mittels, vorzugsweise dessen Brechungsindex und/oder dessen Krümmung, durch ein elektrisches Feld veränderbar ist.
8. Optische Vorrichtung mit mindestens einem flüssigen optischen Mittel, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine optische Eigenschaft des Mittels, vorzugsweise dessen Brechungsindex und/oder dessen Krümmung, durch ein elektrisches Feld reversibel veränderbar ist.

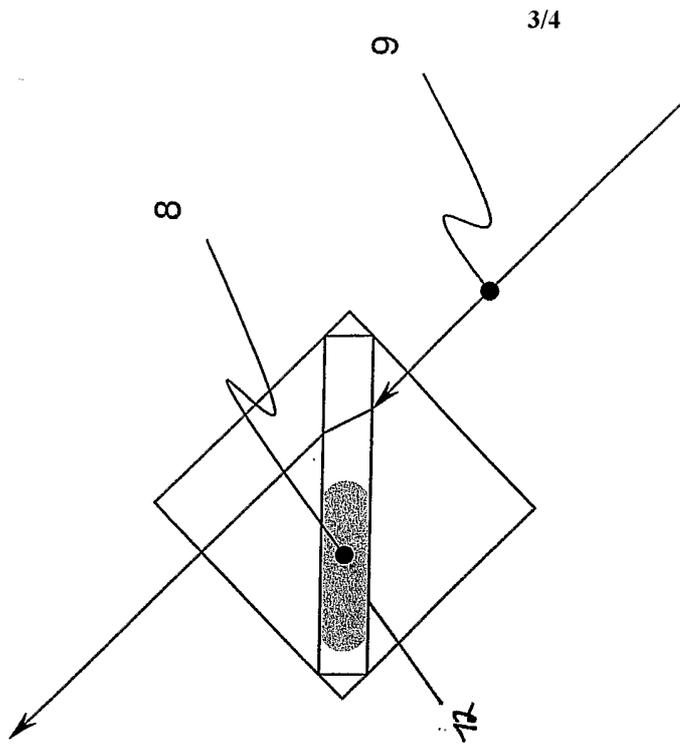
9. Optische Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel eine Kugellinse ist, deren Krümmung reversibel veränderbar ist.
10. Optische Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel auf einer ultraphoben Oberfläche gelagert ist.
11. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 – 10, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein optischer Schalter ist.
12. Optische Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß durch Veränderung der optischen Eigenschaften des Mittels ein zugeführter Lichtstrahl von einem Eingangskanal auf einen von mehreren Ausgangskanälen umlenkbar ist.



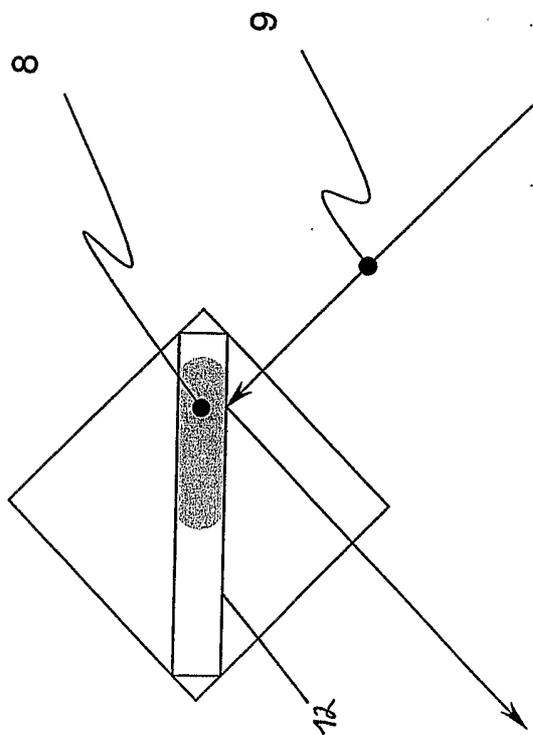
Figur 1



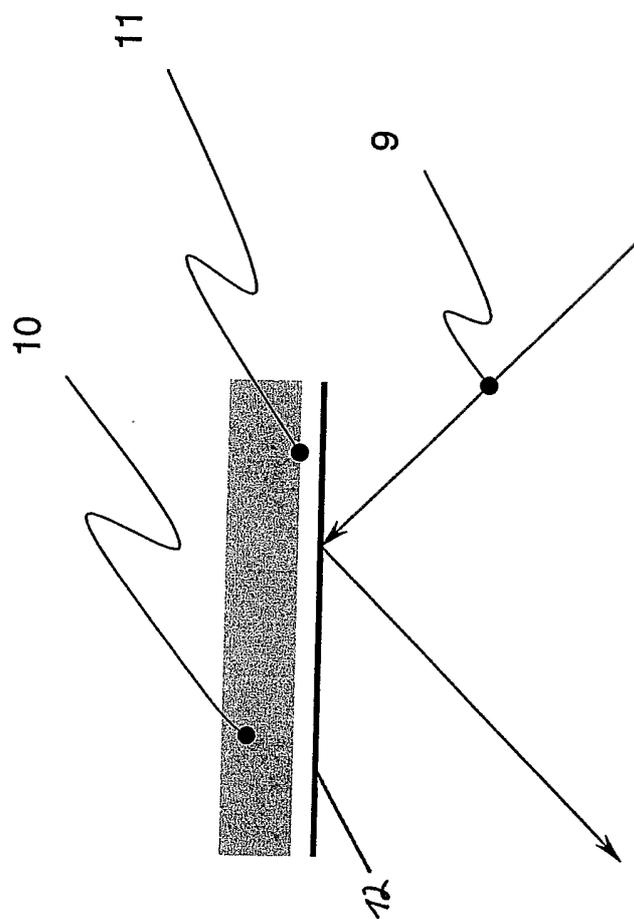
Figur 2



Figur 2a



Figur 2b



Figur 2c

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/14382A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G02B6/35 G02B26/02 G02B3/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G02B B05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	T. ONDA ET AL: "Super-Water-Repellent Fractal Surfaces" LANGMUIR, vol. 12, no. 9, 1 May 1996 (1996-05-01), pages 2125-2127, XP002238022	1-3,7-10
Y	the whole document	4,6,11, 12
X	WASHIZU M: "ELECTROSTATIC ACTUATION OF LIQUID DROPLETS FOR MICROREACTOR APPLICATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 34, no. 4, July 1998 (1998-07), pages 732-737, XP000848012 ISSN: 0093-9994 abstract paragraphs '000I!', '00II!'; figures 1-4	1-3,7-10

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## ° Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 April 2003

Date of mailing of the international search report

06/05/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wolf, S

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No  
 PCT/EP 02/14382

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 18456 A (UNIV JOSEPH FOURIER ;BERGE BRUNO (FR); PESEUX JEROME (FR)) 15 April 1999 (1999-04-15) page 4, line 27 -page 9, line 4; figures 1-5 ---	8,9
X	US 6 014 259 A (WOHLSTADTER JACOB N) 11 January 2000 (2000-01-11) column 3, line 40 -column 4, line 37; figures 3,4 ---	8,9
Y	DE 199 10 375 A (BARTELS MIKROTECHNIK GMBH) 23 September 1999 (1999-09-23) page 5, line 30 -page 6, line 34 page 8, line 26 -page 9, line 59; claims 1-9; figures 5,8 ---	4,6,11, 12
A	DE 198 60 137 A (BAYER AG) 29 June 2000 (2000-06-29) cited in the application the whole document ---	1,10
A	DE 35 23 209 A (PHILIPS PATENTVERWALTUNG) 2 January 1987 (1987-01-02) column 2, line 42 -column 3, line 58; figure 1 -----	1,2,4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/14382

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9918456	A	15-04-1999	FR 2769375 A1	09-04-1999
			AT 214164 T	15-03-2002
			CA 2306249 A1	15-04-1999
			DE 69804119 D1	11-04-2002
			DE 69804119 T2	28-11-2002
			EP 1019758 A1	19-07-2000
			ES 2171041 T3	16-08-2002
			WO 9918456 A1	15-04-1999
			JP 2001519539 T	23-10-2001
			US 6369954 B1	09-04-2002
US 6014259	A	11-01-2000	AU 6276496 A	30-12-1996
			CA 2223126 A1	19-12-1996
			CN 1193389 A	16-09-1998
			EP 0871917 A1	21-10-1998
			JP 11513129 T	09-11-1999
			WO 9641227 A1	19-12-1996
			US 6437920 B1	20-08-2002
DE 19910375	A	23-09-1999	DE 29814622 U1	08-04-1999
			DE 19910375 A1	23-09-1999
			AU 3409699 A	27-09-1999
			WO 9946624 A1	16-09-1999
			EP 1062537 A1	27-12-2000
			US 2002090168 A1	11-07-2002
US 6408112 B1	18-06-2002			
DE 19860137	A	29-06-2000	DE 19860137 A1	29-06-2000
			AU 2538800 A	31-07-2000
			WO 0039369 A1	06-07-2000
			EP 1144733 A1	17-10-2001
DE 3523209	A	02-01-1987	DE 3523209 A1	02-01-1987

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 G02B6/35 G02B26/02 G02B3/14		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G02B B05D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB, WPI Data, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	T. ONDA ET AL: "Super-Water-Repellent Fractal Surfaces" LANGMUIR, Bd. 12, Nr. 9, 1. Mai 1996 (1996-05-01), Seiten 2125-2127, XP002238022	1-3,7-10
Y	das ganze Dokument	4,6,11, 12
X	WASHIZU M: "ELECTROSTATIC ACTUATION OF LIQUID DROPLETS FOR MICROREACTOR APPLICATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 34, Nr. 4, Juli 1998 (1998-07), Seiten 732-737, XP000848012 ISSN: 0093-9994 Zusammenfassung Absätze '000I!', '00II!; Abbildungen 1-4	1-3,7-10
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/>	Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
<p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
11. April 2003		06/05/2003
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Wolf, S

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 99 18456 A (UNIV JOSEPH FOURIER ;BERGE BRUNO (FR); PESEUX JEROME (FR)) 15. April 1999 (1999-04-15) Seite 4, Zeile 27 -Seite 9, Zeile 4; Abbildungen 1-5 ----	8,9
X	US 6 014 259 A (WOHLSTADTER JACOB N) 11. Januar 2000 (2000-01-11) Spalte 3, Zeile 40 -Spalte 4, Zeile 37; Abbildungen 3,4 ----	8,9
Y	DE 199 10 375 A (BARTELS MIKROTECHNIK GMBH) 23. September 1999 (1999-09-23) Seite 5, Zeile 30 -Seite 6, Zeile 34 Seite 8, Zeile 26 -Seite 9, Zeile 59; Ansprüche 1-9; Abbildungen 5,8 ----	4,6,11, 12
A	DE 198 60 137 A (BAYER AG) 29. Juni 2000 (2000-06-29) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ----	1,10
A	DE 35 23 209 A (PHILIPS PATENTVERWALTUNG) 2. Januar 1987 (1987-01-02) Spalte 2, Zeile 42 -Spalte 3, Zeile 58; Abbildung 1 -----	1,2,4

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/14382

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
WO 9918456	A	15-04-1999	FR 2769375 A1	09-04-1999
			AT 214164 T	15-03-2002
			CA 2306249 A1	15-04-1999
			DE 69804119 D1	11-04-2002
			DE 69804119 T2	28-11-2002
			EP 1019758 A1	19-07-2000
			ES 2171041 T3	16-08-2002
			WO 9918456 A1	15-04-1999
			JP 2001519539 T	23-10-2001
			US 6369954 B1	09-04-2002
			US 6014259	A
CA 2223126 A1	19-12-1996			
CN 1193389 A	16-09-1998			
EP 0871917 A1	21-10-1998			
JP 11513129 T	09-11-1999			
WO 9641227 A1	19-12-1996			
US 6437920 B1	20-08-2002			
DE 19910375	A	23-09-1999	DE 29814622 U1	08-04-1999
			DE 19910375 A1	23-09-1999
			AU 3409699 A	27-09-1999
			WO 9946624 A1	16-09-1999
			EP 1062537 A1	27-12-2000
			US 2002090168 A1	11-07-2002
			US 6408112 B1	18-06-2002
DE 19860137	A	29-06-2000	DE 19860137 A1	29-06-2000
			AU 2538800 A	31-07-2000
			WO 0039369 A1	06-07-2000
			EP 1144733 A1	17-10-2001
DE 3523209	A	02-01-1987	DE 3523209 A1	02-01-1987