



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

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

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G02B 26/08, G01N 21/35</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/52514</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. September 2000 (08.09.00)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/01532</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 24. Februar 2000 (24.02.00)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 199 08 514.5 26. Februar 1999 (26.02.99) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHNUPP, Ralf [DE/DE]; Niederdorfer HStr. 46, D-91074 Herzogenaurach (DE). THOMAS, Jochen [DE/DE]; Rohleder Str. 15, D-90419 Nürnberg (DE).</p> <p>(74) Anwalt: RÖSLER, Uwe; Landsberger Str. 480a, D-81241 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>	

(54) Title: DEVICE FOR MODULATING LIGHT INTENSITY WITH A MICRO-CHOPPER

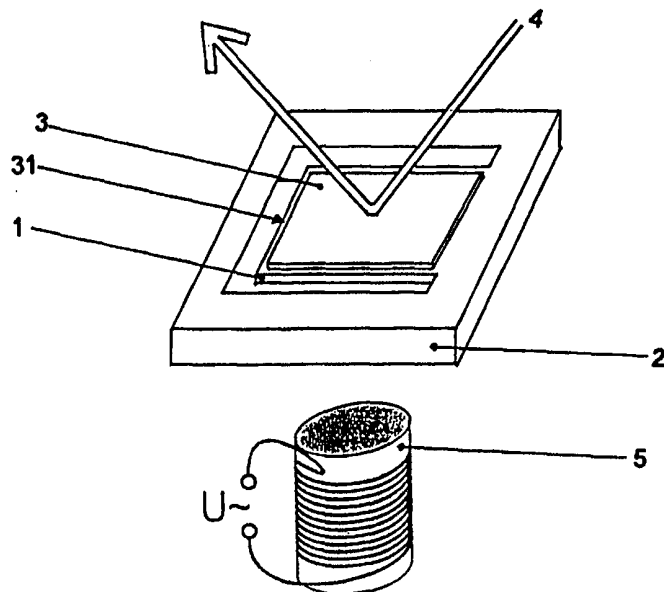
(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR LICHTINTENSITÄTSMODULATION MIT EINEM MIKROCHOPPER

(57) Abstract

The invention relates to a device and a method for modulating light intensity with a micro-chopper. The invention provides for a flat element comprising a reflecting surface which reflects a light beam directed at the surface of said flat element. Said flat element is connected to a base element via a connecting area in such a way that the flat element can be tilted in relation to the base element. The micro-chopper further comprises an actuator by means of which the flat element can be repeatedly displaced in a target manner from a normal position. The invention is characterized in that at least partial areas of the flat element are magnetic and in that the actuator generates electromagnetic alternating fields and is positioned in relation to the flat element in such a way that said flat element can be displaced in a targeted manner in relation to the base element by means of the forces induced by the electromagnetic alternating field.

(57) Zusammenfassung

Beschrieben wird eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Lichtintensitätsmodulation mit einem Mikrochopper, der ein Flächenelement vorsieht, das eine reflektierende Oberfläche aufweist, an der ein auf die Oberfläche des Flächenelementes gerichteter Lichtstrahl reflektierbar ist, und das über wenigstens einen Verbindungsbereich derart mit einem Basiselement verbunden ist, dass das Flächenelement relativ zu dem Basiselement kippbeweglich ist, sowie mit einem Aktuator, durch den das Flächenelement gezielt aus einer Normallage wiederholt auslenkbar ist. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass wenigstens Teilbereiche des Flächenelementes magnetisch sind, und dass der Aktuator elektromagnetische Wechselfelder generiert und derart zum Flächenelement angeordnet ist, dass das Flächenelement vermittels der durch das elektromagnetische Wechselfeld induzierten Kräfte gezielt relativ zum Basiselement auslenkbar ist.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidtschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Vorrichtung zur Lichtintensitätsmodulation mit einem Mikrochopper

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Lichtintensitätsmodulation mit einem Mikrochopper, der ein Flächenelement vorsieht, das eine reflektierende Oberfläche aufweist, an der ein auf die Oberfläche des Flächenelementes gerichteter Lichtstrahl reflektierbar ist, und das über wenigstens einen Verbindungsbereich derart mit einem Basiselement verbunden ist, daß das Flächenelement relativ zu dem Basiselement kippbeweglich ist, wobei das Flächenelement und das Basiselement Abmessungen zwischen μm - und mm -Bereich aufweisen, sowie mit einem Aktuator, durch den das Flächenelement gezielt aus einer Normallage wiederholt auslenkbar ist.

Ferner wird ein Verfahren zur Lichtintensitätsmodulation sowie zur Herstellung des Flächenelementes sowie eine Verwendung der Vorrichtung angegeben.

Stand der Technik

Chopper-Systeme dienen in der Optik der gezielten Wegunterbrechung eines sich ausbreitenden Lichtstrahls, der üblicherweise von einer kontinuierlich abstrahlenden Lichtquelle ausgeht. Die Lichtunterbrechung dient dem Zwecke der Erzeugung von Lichtimpulsen, die in technischen Meßverfahren eine vielseitige Anwendung finden. So können mit geeignet kurz gewählten Lichtimpulsen Laufzeitmessungen und damit auch Distanzbestimmungen durchgeführt werden. Auch ist es unter anderem

möglich, derart modulierte Lichtimpulse für elektronische Verstärker (Lock-In-Verstärker) zu verwenden, um stark verrauschte Meßsignale besser aufzeichnen zu können. Beispielsweise wird bei einer Fluoreszenzlichtmessung das zu messende Signal in kleine Signalpulse unterteilt, indem bei der Fluoreszenzlichtmessung die Intensität des anregenden Lichtes durch ein Chopper-System mit einer bestimmten Modulationsfrequenz bis zu mehreren kHz ein- und ausgeschaltet wird. Diese Modulationsfrequenz wird als Referenzsignal in den phasenempfindlichen Verstärker gegeben, der aus dem breiten Frequenzspektrum des Meßsignals nur einen schmalen Bereich um die Modulationsfrequenz herausfiltert, das Signal dann synchron zum Modulator gleichrichtet und über ein Zeitglied glättet. Auf diese Weise kann das Signal zu Rauschverhältnis um bis zu sechs Größenordnungen verbessert werden.

An sich bekannte Chopper-Systeme bestehen aus einem sich schnell drehendem Chopper-Rad, das ähnlich einem Wagenrad um eine motorisch angetriebene Achse rotiert und radial um die Rotationsachse lichtdurchlässige Bereiche aufweist. Das Chopper-Rad wird zur Lichtunterbrechung in den Lichtweg eines Lichtstrahls eingebracht, so daß der Lichtstrahl sich ungehindert durch die im Chopper-Rad vorgesehenen lichtdurchlässigen Bereiche ausbreiten kann. Trifft der Lichtstrahl durch Rotation des Chopper-Rades auf den Lichtweg unterbrechende Flügelabschnitte des Chopper-Rades, so wird dieser beim Drehen des Chopper-Rades periodisch unterbrochen. In Abhängigkeit von der Rotationsgeschwindigkeit des Chopper-Rades können Modulationsfrequenzen von einigen 10 bis 100 kHz erreicht werden.

Im Zuge der Miniaturisierung derartiger Chopper-Räder in Größenbereiche von einigen μm können derartige Vorrichtungen als miniaturisierte Meßsonden dienen, jedoch nimmt der technologische Aufwand zur Herstellung der für die Drehbewegung der Chopper-Räder erforderliche motorische Antrieb sehr stark zu. Überdies weisen die mit Hilfe bekannter mikromechanischen Herstellungsmethoden produzierten Mikromotoren verhältnismäßig kurze Lebensdauern, hohe Gleichlaufschwankungen

und kleine Leistungen auf, wodurch sie für den Einsatz in kommerziellen Meßgeräten unbrauchbar sind.

Schließlich sind Mikrochopper-Systeme bekannt, die mit Hilfe der Siliciumtechnologie herstellbar sind und im Gegensatz zum Chopper-Rad-Prinzip, bei dem der zu unterbrechende Lichtstrahl das Chopper-Rad durchläuft, im sogenannten Reflexionsmodus betrieben werden. Hierbei wird ein weitgehend freistehendes mikromechanisch hergestelltes Flächenelement verwendet, das in Art einer freistehenden Zunge mit einem Basiselement verbunden ist, relativ zu dem das Flächenelement kippbeweglich gelagert ist. Das freistehende Flächenelement weist eine reflektierende Oberfläche auf, auf die der zu unterbrechende Lichtstrahl gerichtet ist. Je nach Kipp- bzw. Biegezustand des Flächenelementes wird der auf das Flächenelement gerichtete Lichtstrahl abgelenkt. In Verbindung mit einer Blende und einem im Strahlengang der Blende nachgeordneten Detektor kann die Intensität eines durch die Blende fallenden Lichtstrahls variiert und zugleich gemessen werden.

Zur gezielten Auslenkung des reflektierenden Flächenelementes relativ zum Basiselement ist an dem zungenartig ausgebildeten Flächenelement eine Elektrode vorgesehen, der gegenüber beabstandet eine Gegenelektrode angeordnet ist. Wird zwischen dieser und der gegenüberliegenden Elektrode eine elektrische Spannung angelegt, so findet eine Auslenkung des zungenartig ausgebildeten Flächenelementes statt. Je nach Frequenz der zwischen beiden Elektroden angelegten Wechselspannung wird das Flächenelement im gleichen zeitlichen Rhythmus periodisch ausgelenkt, wodurch dem Lichtstrahl eine bestimmte Modulationsfrequenz aufgeprägt wird. Zwar weist der vorstehend beschriebene elektrostatische Mikrochopper aufgrund der elektrischen Einstellung der Modulationsfrequenz eine sehr hohe Frequenzstabilität auf, doch sind zum gezielten Auslenken des Flächenelementes hohe elektrische Feldstärken und damit verbunden hohe elektrische Spannungen, von einigen 100 Volt, erforderlich, die einen hohen apparativen Aufwand erfordern und zugleich den Mikrochopper für medizinische Einsatzzwecke unbrauchbar macht.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Lichtintensitätsmodulation mit einem Mikrochopper, der Flächenelement vorsieht, das eine reflektierende Oberfläche aufweist, an der ein auf die Oberfläche des Flächenelementes gerichteter Lichtstrahl reflektierbar ist und das über wenigstens einen Verbindungsbereich derart mit einem Basiselement verbunden ist, daß das Flächenelement relativ zu dem Basiselement kippbeweglich ist, wobei das Flächenelement und das Basiselement Abmessungen zwischen μm - und mm -Bereich aufweisen, sowie mit einem Aktuator, durch den das Flächenelement gezielt aus einer Normallage wiederholt auslenkbar ist, derart auszubilden, daß der Mikrochopper über eine hohe Frequenzstabilität sowie eine lange Lebensdauer verfügt, wobei der Betrieb keine hohen elektrischen Spannungen erfordern darf. Insbesondere soll der Chopper auch in medizinischen Geräten eingesetzt werden können, bei denen aus Gründen erhöhter Betriebssicherheit der Einsatz von Hochspannung vermieden werden soll. Überdies soll ein Verfahren angegeben werden, mit dem die Lichtintensitätsmodulation auf der Basis der an sich bekannten Reflexionstechnik durchgeführt werden kann, jedoch jegliche Nachteile, die mit dem elektrostatischen Mikrochopper verbunden sind, vermeidet. Schließlich soll die Chopper-Vorrichtung mit möglichst geringem technischen, konstruktiven sowie auch finanziellen Aufwand hergestellt werden können.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Gegenstand des Anspruchs 8 ist ein Verfahren zur Herstellung der Chopper-Vorrichtung.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Lichtintensitätsmodulation in Art eines Mikrochoppers gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist erfindungsgemäß dadurch ausgebildet, dass das Flächen- und das Basiselement einstückig miteinander verbunden sind und aus einem Halbleitermaterial bestehen, dass wenigstens ein Teilbereich des Flächenelements (1) mit einer ferromagnetischen Schicht überzogen ist, und

daß der Aktuator (5) elektromagnetische Wechselfelder generiert und derart zum Flächenelement (1) angeordnet ist, daß das Flächenelement (1) vermittels der durch das elektromagnetische Wechselfeld induzierten Kräfte gezielt relativ zum Basiselement (2) auslenkbar ist.

Grundsätzlich kann der erfindungsgemäße Mikrochopper auch in makroskopischen Maßstäben realisiert werden, doch werden die mit der erfindungsgemäßen Mikrochopper-Vorrichtung verbundenen Vorteile insbesondere im Bauteilgrößenbereich bis hinab zu einigen Millimetern und sogar Mikrometern besonders deutlich. So wird der erfindungsgemäße Mikrochopper als mikromechanisches Bauteil, basierend auf der Silicium-Technologie, hergestellt, wobei das weitgehend freistehende Flächenelement, das lediglich über einen kleinen Verbindungsbereich mit einem Basiselement verbunden ist, vorzugsweise ganzflächig eine ferromagnetische Schicht, vorzugsweise eine Fe-Schicht, aufweist. Überdies ist auf wenigstens einer Oberseite des Flächenelementes eine Reflexionsschicht aufgebracht, deren Reflexionsvermögen von der Lichtwellenlänge des auf das Flächenelement gerichtete Licht angepaßt ist, dessen Wellenlänge vom Ultravioletten über den sichtbaren Wellenlängenbereich bis hin zum Infraroten reichen kann. Je nach verwendeter Lichtwellenlänge ist das Reflexionsvermögen der Schicht entsprechend abzustimmen.

Die gezielte Auslenkung des zungenartig ausgebildeten Flächenelementes erfolgt aufgrund eines elektromagnetischen Wechselfeldes, das durch eine elektrische Spule, die in unmittelbarer Nähe zum Flächenelement angeordnet ist, erzeugt wird. Grundsätzlich können auch alternative Maßnahmen getroffen werden, durch die das Flächenelement einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt ist. So ist es denkbar, das Flächenelement in ein extern erzeugbares elektromagnetisches Wechselfeld zu integrieren, das mit Magnetspulenordnungen erzeugbar ist, wie sie zur Aufnahme von Kernspinuntersuchungen verwendet werden.

Die Ausbildung des Aktuators zur Erzeugung elektromagnetischer Wechselfelder in Form einer Induktivität kann mit den Mitteln der Siliciumhalbleiter-Technologie in den

Mikrometerbereich und darunter skaliert werden und bietet auf diese Weise einen entscheidenden Vorteil gegenüber bekannten, konventionellen Motorantrieben, wie es bei miniaturisierten Chopper-Rädern der Fall ist. Der als Induktivität ausgebildete Aktuator wird vorzugsweise auf der, der reflektierend ausgebildeten Oberfläche, auf die das zu reflektierende Licht gerichtet ist, entgegengesetzten Seite des Flächenelementes angeordnet, wodurch ein kompakter Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung möglich ist.

Der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegt das Verfahrensprinzip zugrunde, daß ein zu unterbrechender, bzw. zu choppender Lichtstrahl auf eine reflektierend ausgebildete Oberfläche gerichtet ist, deren räumliche Lage periodische Kippbewegungen nach einer gewünschten Modulationsfrequenz ausführt, wodurch der Lichtstrahl entsprechend abgelenkt wird. Die räumliche Auslenkung des Flächenelementes, auf der die reflektierende Oberfläche aufgebracht ist, erfolgt erfindungsgemäß ausschließlich mittels Magnetkräfte, die durch die Wechselwirkung einer ferromagnetischen Schicht innerhalb eines elektromagnetischen Wechselfeldes generiert werden. Aufgrund der auf reinen Magnetkräften beruhende Wechselwirkung ist es möglich, die erfindungsgemäße Vorrichtung auch in Bereichen einzusetzen, die sensibel sind gegenüber dem Auftreten elektrischer Felder, die die Anwendung hoher elektrischer Spannungen erforderlich machen. Insbesondere eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung für medizintechnische Geräte, da der Betrieb der Vorrichtung lediglich elektrische Spannungen im Niederspannungsbereich, d.h. Spannungen < 40 Volt erfordert.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ihre kostengünstige Herstellung unter Verwendung der Silicium-Technologie sowie der damit verbundene geringe Aufwand für die Aufbau- und Verbindungstechnik, mit der das Flächenelement mit dem Basiselement in Verbindung stehen.

Als Grundmaterial für die Mikrochopper-Vorrichtung eignet sich insbesondere ein kristallines Silicium, aus dem das Basiselement, anfänglich in Form eines dreidimensionalen Plättchens, typischerweise mit Seitenkanten von einigen μm bis

einigen 100 μm Länge oder einigen mm Länge, besteht. Zur Ausbildung des weitgehend freistehenden Flächenelementes aus dem einstückigen Basiselement wird dieses gezielt mittels Ionenimplantation oder mittels eines Ätzverfahrens, vorzugsweise Ionenätzverfahrens, unter Verwendung einer geeigneten Ätzmaske in einem Bereich behandelt, der später dem weitgehend freistehendem Flächenelement entspricht. Die Ionenimplantation bzw. der Ätzvorgang erfolgt von jeweils einer Seite des Basiselementes und durchdringt das Element bis zu Tiefen von etwa 10 μm , wodurch das Volumen des Flächenelementes definiert wird.

In einem darauffolgenden Verfahrensschritt wird beidseitig auf das Basiselement eine Maskierungsschicht, beispielsweise in Form einer Oxid- oder Nitridschicht, aufgebracht, die als Schutz gegen die nachfolgend, auf das Basiselement einwirkende Ätzlösung dient. Die Schutzschicht wird beispielsweise im Rahmen einer photolithographischen Belichtung an jenen Stellen entfernt, die in einem nachfolgenden Ätzverfahren abgetragen werden sollen. Durch den photolithographischen Belichtungsvorgang wird die äußere Form des nachfolgend, weitgehend freistehenden Flächenelementes festgelegt, das lediglich über einen kleinen Bereich mit dem übrigen Basiselement verbunden bleibt. Vorzugsweise wird das Flächenelement als rechteckförmige Fläche ausgebildet, die über eine einzige, möglichst kurze Seitenkante mit dem Basiselement verbunden bleibt. Jedoch können auch andere Flächenelementgeometrien hergestellt werden, die ein Verkippen des Flächenelementes gegenüber dem Basiselement erlauben. Auch kann der Verbindungsbereich zwischen dem Flächenelement und dem Basiselement über einen oder mehrere Siliciumstege realisiert werden, um auf diese Weise die Flexibilität der Vorrichtung zu steigern. Hierbei sind auch runde oder n-eckige Flächenelemente denkbar, die über einen oder mehrere Verbindungsstege mit dem Basiselement verbunden sein können.

Zum weitgehenden Freilegen des Flächenelementes wird das aus Silicium bestehende Basiselement von einer Seite aus, vorzugsweise von derjenigen, die die hochreflektierende Metallschicht nicht trägt, mit Hilfe von Kaliumhydroxid geätzt. Selbstverständlich können auch alternative Materialabtragungstechniken, die ein

gezieltes Freilegen des gewünschten Flächenelementes erlaubt, angewendet werden.

Unter Verwendung der aus Kaliumhydroxid bestehenden Ätzlösung erfolgt lediglich an jenen Stellen des Basiselementes ein Materialabtrag, die weder eine hohe Dosis an Ionen, die in dem vorstehend beschriebenen Ionenimplantationsschritt in das Basismaterial eingebracht worden sind, aufweisen, noch an der Oberfläche des Basiselementes eine Schutzschicht aufweisen, so daß nach dem Entfernen jeglicher Maskierungsschritte ein weitgehend freistehendes Flächenelement entsteht, das an einer oder mehreren Bereichen mit dem Basiselement verbunden bleibt.

Anschließend wird die Ober- und/oder die Unterseite des nachfolgend weitgehend freizuätzenden Flächenelementes mit einem ferromagnetischen Material beaufschlagt, das vorzugsweise als ferromagnetische Schicht mit homogener Schichtdicke auf das Flächenelement abgeschieden wird. Auf die Ober- oder Unterseite des Elementes erfolgt sodann das Aufbringen der Reflexionsschicht, die vorzugsweise aus einem, für den gewünschten Wellenlängenbereich hoch reflektierenden Metall besteht.

Das auf diese Weise erhaltene kippbewegliche Flächenelement wird wie nachfolgend im einzelnen beschrieben, mit einem, ein elektromagnetisches Wechselfeld generierenden Aktuator verbunden.

Kurze Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 perspektivische Darstellung eines an einem Basiselement freibeweglich angebrachten Flächenelementes mit Induktivität, sowie

Fig. 2 schematisierte Meßanordnung mit Mikrochopper-System.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

In Fig. 1 eine Mikrochopper-Vorrichtung abgebildet, die ein weitgehend freistehendes Flächenelement 1 aufweist, das über eine Seitenkante mit einem Basiselement 2 verbunden ist, wobei das Flächenelement 1 und Basiselement 2 einstückig aus einem einkristallinen Silicium bestehen. Das in dem Ausführungsbeispiel quadratisch ausgebildete Flächenelement 1 weist an seiner Oberseite eine reflektierende Schicht 3 auf, an der ein Lichtstrahl 4 möglichst verlustfrei reflektiert wird. Die reflektierende Schicht 3 besteht aus einer in Abhängigkeit der Wellenlänge des Lichtstrahls 4 gezielt ausgewählten Metallschicht, die im Wege an sich bekannter Abscheideverfahren auf das Flächenelement 1 lokal aufgebracht wird. Unmittelbar unter der reflektierenden Schicht 3 ist eine weitere Schicht 31 aus ferromagnetischen Material flächig homogen verteilt vorgesehen.

Unter dem Flächenelement 1, d.h. unter der, der reflektierenden Oberseite entgegengesetzten Oberfläche des Flächenelementes 1, ist eine Erregerspule 5 vorgesehen, die zur gezielten Erzeugung des magnetischen Wechselfeldes dient. Die Erregerspule 5 ist in Fig. 1 schematisiert dargestellt und kann mit Hilfe der in der Silicium-Technologie bekannten Maßnahmen als Induktivität mit Abmessungen im Mikrometerbereich ausgebildet sein.

Je nach Auslenkung des Flächenelementes 1 relativ zum Basiselement 2 wird der Lichtstrahl 4 in unterschiedliche Raumrichtungen abgelenkt. Die Ablenkung des Lichtstrahls erfolgt synchron zur periodischen Auslenkung des Flächenelementes 1, die durch die Frequenz und Amplitude des magnetischen Wechselfeldes bestimmbar ist.

In Fig. 2 ist ein Beispiel einer Meßanordnung angegeben, in der das erfindungsgemäße Mikrochopper-System integriert ist. Das Beispiel zeigt ein Infrarot-Absorptions-Meßsystem, mit dem Bestandteile von Gasen ermittelt werden können. Ein Lichtstrahl aus einer Infrarot-Lichtquelle 6 fällt auf die reflektierende Oberseite

des Flächenelementes 1 des Mikrochoppers, der im gezeigten Ausführungsbeispiel eine unterhalb des Flächenelementes 1 angeordnete Erregerspule 5 vorsieht. Über einen Kollimator 7 und durch eine Blende 9 fällt das an der reflektierenden Oberseite des Flächenelementes 1 reflektierte Licht in das Innere eines mit Gas gefüllten Meßvolumens 10 ein. Das Meßvolumen 10 besteht aus einem mit einem Gasstrom G durchströmten Glashohlkanal, so daß der in das Meßvolumen 10 eingekoppelte Lichtstrahl mehrfach an der Innenwand des Hohlkanals vorwiegend totalreflektiert wird. Über einen Auskoppelort gelangt der Lichtstrahl zu einem die Intensität des Lichtstrahls nachweisenden Detektor 8. Sowohl am Einkoppelort, an dem der Lichtstrahl in das Innere des Meßvolumens 10 gelangt, als auch am Auskoppelort, sind jeweils eine Blende 9 vorgesehen, durch die der Lichteintritt sowie -austritt in bzw. aus dem Meßvolumen 10 auf einen räumlich engen Spalt eingegrenzt werden.

Der Lichtstrahl gelangt nur bei einer geeigneten Stellung des Flächenelementes 1 des Mikrochoppers in das Innere des Meßvolumens und durchläuft dort den im Ausführungsbeispiel 2 dargestellten Zickzackweg, bis der Lichtstrahl aus dem Meßvolumen 10 wieder austritt. Innerhalb des Meßvolumens unterliegt der Lichtstrahl in Abhängigkeit der Art und Konzentration des Gases einer Absorption und somit einer Intensitätsdämpfung, die vom Detektor 8 erfaßt werden kann. Mittels nicht weiter im einzelnen dargestellter optischer Filter, die in den Strahlengang gebracht werden, können durch geeignete Detektoranordnungen bestimmte Frequenzbereiche aus dem Strahl separiert und die Absorption gemessen werden. Mit Hilfe der dargestellten Meßanordnung kann beispielsweise die Konzentration verschiedener Gase innerhalb eines Meßvolumens schnell und präzise bestimmt werden. Mit Hilfe der in der Beschreibungseinleitung im einzelnen erläuterten Lock-In-Verstärker-Technik ist es mit dem in Fig. 2 dargestellten Meßaufbau möglich, das Signal-Rausch-Verhältnis der Meßapparatur entscheidend zu erhöhen und somit die Nachweisgrenzen von Gaskonzentrationen zu reduzieren.

Auch in dem in Fig. 2 dargestellten Fall dient die Modulationsfrequenz, mit der die Erregerspule 5 angeregt wird und die zeitsynchron das Flächenelement bewegt, wodurch der Infrarot-Lichtstrahl lediglich mit einer bestimmten Frequenz gepulst in

das Meßvolumen 10 eintritt, als Referenzsignal, das in den Lock-In-Verstärker eingegeben wird. Mit diesem Referenzsignal wird das vom Detektor stammende Meßsignal in entsprechender Weise bearbeitet, so daß das Signal-Rausch-Verhältnis um einige Größenordnungen verbessert werden kann.

Das in Fig. 2 dargestellte Meßsystem kann beispielsweise in der Medizintechnik für die Atemgasbestimmung eingesetzt werden und bietet aufgrund seiner geringen Abmessungen die Möglichkeit zum Aufbau kleinster Meßsonden.

Mit der Herstellung des erfindungsgemäßen Mikrochoppers ist es möglich diesen, mit einer Kantenlänge von jeweils $100\ \mu\text{m}$ (LxBxH) zu realisieren, wobei übliche Abmessungen wenige mm betragen, bspw. $3 \times 3 \times 0,3\ \text{mm}$ (LxBxH). Kombiniert mit einer Spule betragen kleinste Abmessungen etwa $500 \times 500 \times 400\ \mu\text{m}$. Die für den Betrieb erforderlichen Betriebsspannungen liegen in etwa im Bereich zwischen 5 und 50 V.

Bezugszeichenliste

- 1 Flächenelement
- 2 Basiselement
- 3 Reflektierende Schicht
- 31 Ferromagnetische Schicht
- 4 Lichtstrahl
- 5 Aktuator, Erregerspule
- 6 Lichtquelle
- 7 Kollimator
- 8 Detektor
- 9 Blende
- 10 Meßvolumen
- G Gasstrom

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Lichtintensitätsmodulation mit einem Mikrochopper, der ein Flächenelement (1) vorsieht, das eine reflektierende Oberfläche (3) aufweist, an der ein auf die Oberfläche des Flächenelementes (1) gerichteter Lichtstrahl (4) reflektierbar ist, und das über wenigstens einen Verbindungsbereich derart mit einem Basiselement (2) verbunden ist, daß das Flächenelement (1) relativ zu dem Basiselement (2) kippbeweglich ist, wobei das Flächenelement und das Basiselement Abmessungen zwischen μm - und mm-Bereich aufweisen, sowie mit einem Aktuator (5), durch den das Flächenelement (1) gezielt aus einer Normallage wiederholt auslenkbar ist, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Flächen- und das Basiselement einstückig miteinander verbunden sind und aus einem Halbleitermaterial besteht, dass wenigstens ein Teilbereich des Flächenelements (1) mit einer ferromagnetischen Schicht überzogen ist, und daß der Aktuator (5) elektromagnetische Wechselfelder generiert und derart zum Flächenelement (1) angeordnet ist, daß das Flächenelement (1) mittels der durch das elektromagnetische Wechselfeld induzierten Kräfte gezielt relativ zum Basiselement (2) auslenkbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Flächenelement (1) mit einer ferromagnetischen Schicht gleichmäßig beschichtet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Flächenelement (1) rechteckförmig ausgebildet ist und über eine Seitenkante mit dem Basiselement verbunden ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Aktuator (5) als elektrische Spule ausgebildet ist, die mit einer elektrischen Wechselspannung mit einer einstellbaren Frequenz betreibbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß die elektrische Spule in unmittelbarer Nähe zum Flächenelement (1) auf der, der reflektierend ausgebildeten Oberfläche entgegengesetzten Seite des Flächenelementes angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Aktuator ein elektromagnetisches Wechselfeld mit Frequenzen zwischen 10 Hz bis 100 kHz erzeugt, sodass das Flächenelement (1) mit dieser Frequenz um seine Normallage ausgelenkbar ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Halbleitermaterial einkristallines Silizium ist
8. Verfahren zur Herstellung des Flächenelementes zur Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet** durch folgende Verfahrensschritte:
- ein flächig ausgebildetes Basiselement (2) wird mittels Ionenimplantation oder Ätzverfahren in einem begrenzten Flächenbereich behandelt,
 - das Basiselement (2) wird beidseitig mit einer Photoresistschicht überzogen und mittels Photolithographie an jenen Stellen lokal entfernt, an denen Material mittels Ätzverfahren abgetragen wird,
 - auf dem behandelten Bereich Flächenelements (1) wird flächenhaft gleichverteilt, wenigstens auf einer Seite, ferromagnetisches Material (31) abgeschieden,
 - auf dem Flächenelement (1) wird flächenhaft, wenigstens auf einer Seite des Basiselements (2), hochreflektierendes Material (3) abgeschieden,
 - mittels Ätzverfahren wird von einer Seite des Basiselementes aus das Flächenelement derart freigelegt, daß es wenigstens über einem Verbindungsbereich mit dem Basiselement verbunden ist .

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Ätzverfahren von der Seite des Basiselementes (2) aus erfolgt, an der kein hochreflektierendes Material abgeschieden ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Basiselement mittels Kaliumhydroxid geätzt wird.

11. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 als Lichtmodulatoreinheit in Verbindung mit einem Lock-In-Verstärker zu Erhöhung des S/N-Verhältnisses einer Meßapparatur.

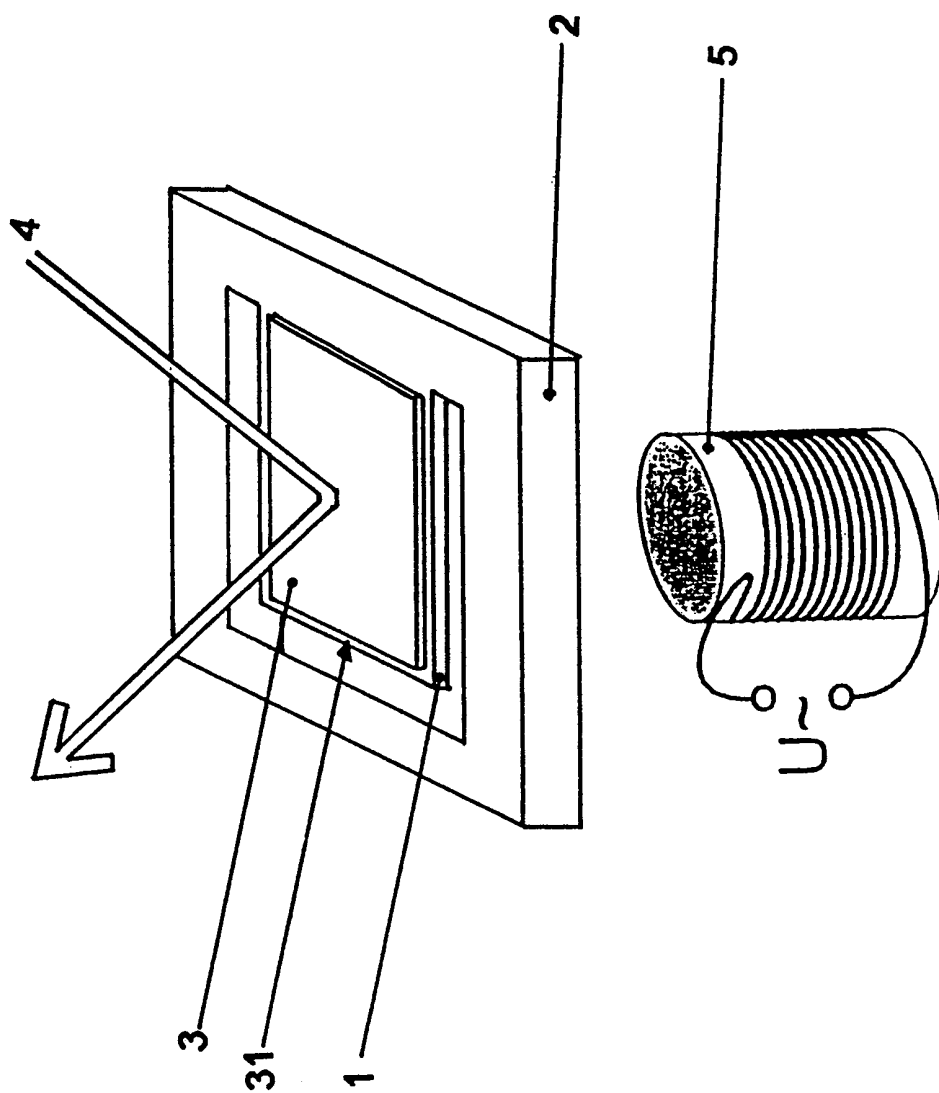


Fig. 1

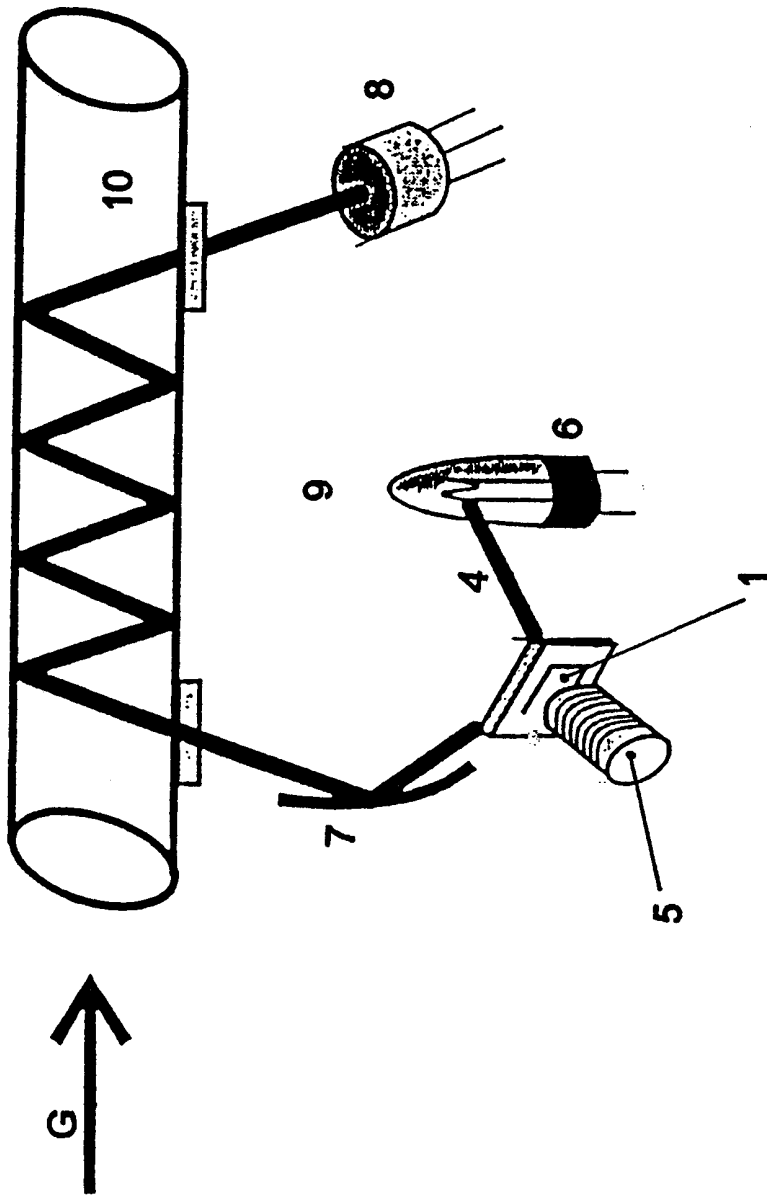


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/01532

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G02B26/08 G01N21/35

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 G01N

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	US 5 910 856 A (GHOSH SYAMAL K ET AL) 8 June 1999 (1999-06-08) the whole document ---	1-10
X	WO 97 45878 A (UNIV CALIFORNIA) 4 December 1997 (1997-12-04)	1-8
Y	page 4, line 7 - line 11 page 6, line 14 -page 7, line 19; figure 1 page 9, line 20 - line 23 page 10, line 32 -page 12, last line; figures 5,6 ---	11
Y	US 5 468 961 A (GRADON LEWIS ET AL) 21 November 1995 (1995-11-21) column 3, line 58 -column 4, line 6 column 5, line 41 - line 60 --- -/--	11

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

30 May 2000

Date of mailing of the international search report

19/06/2000

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

Ciarrocca, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/01532

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 298 01 643 U (CMS MIKROSYSTEME GMBH CHEMNITZ) 4 June 1998 (1998-06-04) page 7 -page 9; figures 1,2 ---	1-7
X	MILLER R A ET AL: "MICROMACHINED ELECTROMAGNETIC SCANNING MIRRORS" OPTICAL ENGINEERING, US, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. BELLINGHAM, vol. 36, no. 5, 1 May 1997 (1997-05-01), pages 1399-1407, XP000692371 ISSN: 0091-3286 the whole document ---	1-8
A	CHING M T ET AL: "MICROFABRICATED OPTICAL CHOPPER" OPTICAL ENGINEERING, US, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. BELLINGHAM, vol. 33, no. 11, 1 November 1994 (1994-11-01), pages 3634-3642, XP000475107 ISSN: 0091-3286 page 3634 -page 3635; figures 1,2 ---	1,11
A	SU G D ET AL: "Out-of-plane vertical torsion mirror for optical scanner and chopper applications" TECHNICAL DIGEST. SUMMARIES OF PAPERS PRESENTED AT THE CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS. CONFERENCE EDITION. 1998 TECHNICAL DIGEST SERIES, VOL.6 (IEEE CAT. NO.98CH36178), TECHNICAL DIGEST SUMMARIES OF PAPERS PRESENTED AT THE CONFERENCE ON LASE, pages 479-480, XP002139116 1998, Washington, DC, USA, Opt. Soc. America, USA ISBN: 1-55752-339-0 the whole document ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 319 (P-627), 17 October 1987 (1987-10-17) & JP 62 106430 A (SEIKO INSTR & ELECTRONICS LTD), 16 May 1987 (1987-05-16) abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 111 (P-451), 25 April 1986 (1986-04-25) & JP 60 243540 A (FUJITSU KK), 3 December 1985 (1985-12-03) abstract -----	11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/01532

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5910856	A	08-06-1999	NONE	
WO 9745878	A	04-12-1997	US 5945898 A AU 3124497 A EP 0958614 A	31-08-1999 05-01-1998 24-11-1999
US 5468961	A	21-11-1995	AU 2631692 A EP 0536978 A JP 5209827 A	22-04-1993 14-04-1993 20-08-1993
DE 29801643	U	04-06-1998	NONE	
JP 62106430	A	16-05-1987	NONE	
JP 60243540	A	03-12-1985	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/01532

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G02B26/08 G01N21/35

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02B G01N

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)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X	US 5 910 856 A (GHOSH SYAMAL K ET AL) 8. Juni 1999 (1999-06-08) das ganze Dokument	1-10
X	WO 97 45878 A (UNIV CALIFORNIA) 4. Dezember 1997 (1997-12-04)	1-8
Y	Seite 4, Zeile 7 - Zeile 11 Seite 6, Zeile 14 - Seite 7, Zeile 19; Abbildung 1 Seite 9, Zeile 20 - Zeile 23 Seite 10, Zeile 32 - Seite 12, letzte Zeile; Abbildungen 5,6	11
Y	US 5 468 961 A (GRADON LEWIS ET AL) 21. November 1995 (1995-11-21) Spalte 3, Zeile 58 - Spalte 4, Zeile 6 Spalte 5, Zeile 41 - Zeile 60	11
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "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)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "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
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "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
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Mai 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/06/2000

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

Ciarrocca, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/01532

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 298 01 643 U (CMS MIKROSYSTEME GMBH CHEMNITZ) 4. Juni 1998 (1998-06-04) Seite 7 -Seite 9; Abbildungen 1,2 ---	1-7
X	MILLER R A ET AL: "MICROMACHINED ELECTROMAGNETIC SCANNING MIRRORS" OPTICAL ENGINEERING, US, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. BELLINGHAM, Bd. 36, Nr. 5, 1. Mai 1997 (1997-05-01), Seiten 1399-1407, XP000692371 ISSN: 0091-3286 das ganze Dokument ---	1-8
A	CHING M T ET AL: "MICROFABRICATED OPTICAL CHOPPER" OPTICAL ENGINEERING, US, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. BELLINGHAM, Bd. 33, Nr. 11, 1. November 1994 (1994-11-01), Seiten 3634-3642, XP000475107 ISSN: 0091-3286 Seite 3634 -Seite 3635; Abbildungen 1,2 ---	1,11
A	SU G D ET AL: "Out-of-plane vertical torsion mirror for optical scanner and chopper applications" TECHNICAL DIGEST. SUMMARIES OF PAPERS PRESENTED AT THE CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS. CONFERENCE EDITION. 1998 TECHNICAL DIGEST SERIES, VOL.6 (IEEE CAT. NO.98CH36178), TECHNICAL DIGEST SUMMARIES OF PAPERS PRESENTED AT THE CONFERENCE ON LASE, Seiten 479-480, XP002139116 1998, Washington, DC, USA, Opt. Soc. America, USA ISBN: 1-55752-339-0 das ganze Dokument ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 319 (P-627), 17. Oktober 1987 (1987-10-17) & JP 62 106430 A (SEIKO INSTR & ELECTRONICS LTD), 16. Mai 1987 (1987-05-16) Zusammenfassung ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 111 (P-451), 25. April 1986 (1986-04-25) & JP 60 243540 A (FUJITSU KK), 3. Dezember 1985 (1985-12-03) Zusammenfassung -----	11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/01532

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5910856 A	08-06-1999	KEINE	
WO 9745878 A	04-12-1997	US 5945898 A AU 3124497 A EP 0958614 A	31-08-1999 05-01-1998 24-11-1999
US 5468961 A	21-11-1995	AU 2631692 A EP 0536978 A JP 5209827 A	22-04-1993 14-04-1993 20-08-1993
DE 29801643 U	04-06-1998	KEINE	
JP 62106430 A	16-05-1987	KEINE	
JP 60243540 A	03-12-1985	KEINE	