



(51) Internationale Patentklassifikation⁶ :
G01B 11/22

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 96/02807**

(43) Internationales
 Veröffentlichungsdatum: 1. Februar 1996 (01.02.96)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE95/00783
 (22) Internationales Anmeldedatum: 10. Juni 1995 (10.06.95)
 (30) Prioritätsdaten:
 P 44 24 565.3 13. Juli 1994 (13.07.94) DE
 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LEON-
 HARD KURZ GMBH & CO. [DE/DE]; Schwabacher
 Strasse 482, D-90763 Fürth (DE).
 (72) Erfinder; und
 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WILD, Heinrich [DE/DE];
 Geranienweg 8, D-90768 Fürth (DE).
 (74) Anwalt: PÖHLAU, Claus; Louis, Pöhlau, Lohrenz & Segeth,
 Postfach 30 55, D-90014 Nürnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AM, AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA,
 CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP,
 KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LU, LV, MD, MG,
 MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
 SI, SK, TJ, TM, TT, UA, US, UZ, VN, europäisches Patent
 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
 NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
 GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO Patent (KE, MW,
 SD, SZ, UG).

Veröffentlicht
 Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: PROCESS FOR MEASURING THE DEPTH OF A MICROSTRUCTURE

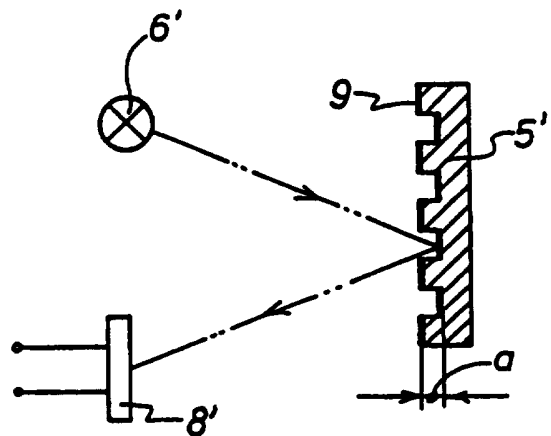
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR MESSUNG DER TIEFE EINER MIKROSTRUKTUR

(57) Abstract

The proposal is for a process for measuring the depth of a microstructure on the transfer of the structure by means of a stamping process into a deformable layer, in which there is a geometrically simple reference grid structure in the microstructure to be transferred. This reference grid structure causes an interference of a measuring light beam. The colour distribution thus produced provides a measure of the structure depth obtained.

(57) Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Messung der Tiefe einer Mikrostruktur bei Übertragung der Struktur mittels eines Prägeverfahrens in eine verformbare Schicht vorgeschlagen, bei dem in der zu übertragenden Mikrostruktur eine geometrisch einfache Referenz-Gitterstruktur vorgesehen wird. Diese Referenz-Gitterstruktur bewirkt eine Interferenz eines Meß-Lichtstrahls. Die sich ergebende Farbverteilung ergibt dann ein Maß für die erzielte Strukturtiefe.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

5 VERFAHREN ZUR MESSUNG DER TIEFE EINER MIKROSTRUKTUR

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der Tiefe einer Mikrostruktur beim Übertragen der Struktur mittels eines Prägeverfahrens in eine verformbare Schicht.

15

Vor allem bei Sicherheitselementen für Wertdokumente, wie Banknoten, Kreditkarten, Ausweise etc., oder Wertgegenstände werden in jüngster Zeit in zunehmendem Maße beugungsoptisch wirksame Strukturen verwendet, die mittels eines sogenannten "Masters" in eine entsprechend

20 verformbare Schicht eingeprägt werden. Beispielsweise werden auf diese Art und Weise Prägefolien hergestellt, von denen dann das Sicherheitselement in einem Heißprägevorgang auf ein Substrat übertragen wird. Bei der Herstellung

25 derartiger, beugungsoptisch wirksamer Strukturen arbeitet man mit vergleichsweise geringen Prägetiefen in der Größenordnung von teilweise unter 1 μm , wobei einerseits die Prägung nicht zu seicht sein darf, weil sonst der angestrebte Effekt nicht mit der erforderlichen

30 Deutlichkeit auftritt. Andererseits wirken sich aber auch zu tiefe Prägungen nachteilig auf den erzielten Effekt aus. Infolgedessen besteht ein dringendes Bedürfnis nach einem Verfahren, das es mit einfachen Mitteln und insbesondere ohne Beschädigung oder Veränderung der beugungsoptisch

wirksamen Struktur gestattet, rasch und in jedem Produktionsschritt die erzielte Strukturtiefe zu messen.

5 Es wäre zwar denkbar, zur Feststellung der Strukturtiefe an sich bekannte Verfahren, z.B. in Form der Messung des Beugungswirkungsgrades, heranzuziehen. Sämtliche bekannten Verfahren sind jedoch meßtechnisch aufwendig und in der Durchführung kompliziert.

10 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Messung der Tiefe einer Mikrostruktur vorzuschlagen, welches besonders einfach ist, universell angewendet und darüberhinaus auch mit vergleichsweise geringem Kostenaufwand realisiert werden kann.

15

Zur Lösung dieser Aufgabe wird nach der Erfindung vorgeschlagen, bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art derart vorzugehen,

- 20 - daß in der zu übertragenden Mikrostruktur zumindest bereichsweise eine geometrisch einfache Referenz-Gitterstruktur vorgesehen ist, wobei deren Gitterelemente insbes. ein quadratisches, rechteckiges oder dreieckiges Profil aufweisen,
- 25 - daß die Referenz-Gitterstruktur mit einem Lichtstrahl bestrahlt wird, der einen bestimmten Wellenlängenbereich umfaßt,
- daß die von der erreichten Prägetiefe abhängige Lage der auftretenden Intensitätsmaxima bzw. Intensitätsminima im Beugungsspektrum 0-ter Ordnung
30 in Transmission oder in Reflexion gemessen und aufgrund von Vergleichswerten für die jeweilige Referenzstruktur und den eingestrahlten Wellenlängenbereich aus der gemessenen Lage die erzielte Prägetiefe ermittelt wird

- oder daß aus der integralen Beurteilung der Farbe des gebeugten Lichts der 0-ten Ordnung aufgrund von Vergleichswerten auf die erreichte Prägetiefe geschlossen wird.

5

Das Grundprinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt somit darin, daß zur Messung der Prägetiefe der Mikrostruktur zumindest in einem bestimmten Bereich eine Referenz-Struktur eingebracht wird, wobei es sich dabei um eine geometrisch einfache Gitterstruktur, vorzugsweise mit einem quadratischen, rechteckigen oder dreieckigen Profil handelt. Im Bereich der Referenz-Gitterstruktur wird dann die spektrale Verteilung des durchtretenden bzw. reflektierten Lichtes gemessen, wobei die auftretenden Intensitäts-Maxima bzw. -Minima als direktes Maß für die Prägetiefe verwendet werden können, weil diese Maxima bzw. Minima abhängig von der Prägetiefe zu unterschiedlichen Wellenlängen des Farbspektrums wandern. Dabei ist es im allgemeinen so, daß die Minimum-Wellenlänge mit Verminderung der Strukturtiefe zu kleineren Werten wandert. Der absolute Wert der Minimum-Frequenz hängt bei richtig gewähltem Referenz-Gitterprofil im wesentlichen vom Brechungsindex des zu strukturierenden Substrates ab.

Im einzelnen liegen dem Verfahren nach der Erfindung folgende Überlegungen zugrunde, wobei einerseits eine Messung in Transmission und andererseits bei Reflexion untersucht werden sollen.

Bei Transmissionsmessung ist davon auszugehen, daß der gemessene Transmissionsgrad eines einfachen Liniengitters mit Rechteckprofil sich im wesentlichen und mit hinreichender Genauigkeit durch folgende Gleichung beschreiben läßt:

10

15

20

25

30

$$5 \quad T(\lambda) = \cos^2 \left[\frac{\pi}{2} \cdot (a+c_1) \cdot \frac{n-1}{\lambda+c_2} \right] \quad (I)$$

Dabei bedeuten

10	$T(\lambda)$:	Transmissionsgrad in Abhängigkeit von der Wellenlänge
	a :	erzielte Gitterstrukturtiefe (Stegtiefe) entsprechend der Prägetiefe in nm
15	λ :	Wellenlänge in nm
	n :	Substratbrechungsindex
20	c_1, c_2 :	empirische Konstanten in nm

Für die meßtechnische Strukturtiefenauswertung wird bei der Transmissionsmessung der direkte lineare Zusammenhang zur erfaßten Minimumwellenlänge λ_{\min} herangezogen, wobei für die Strukturtiefe a gilt:

$$30 \quad a(\lambda_{\min}) = c_3 + \frac{\lambda_{\min}}{(n-1)} \quad (II)$$

35 In der Gleichung (II) bedeuten

	λ_{\min} :	gemessene Wellenlänge, bei der $T(\lambda)$ ein Minimum besitzt, in nm
40	n :	Substratbrechungsindex
	c_3 :	empirische Konstante in nm

Bei Auswahl des richtigen Gittertyps läßt sich auf der Basis vorstehender Gleichungen (I) und (II) sowohl eine qualitative Schnellbeurteilung anhand der Hauptfarbe des das Substrat durchsetzenden Lichtes als auch eine tatsächliche quantitative Struktur­tiefenmessung durchführen. Auf diese Weise ist es leicht möglich, unter Einsatz eines entsprechenden, die spektrale Farbverteilung messenden Gerätes die bei der Übertragung erzielte Struktur­tiefe rasch und ständig zu ermitteln, wobei eine grobe Beurteilung allein aufgrund der Farbe des das Substrat durchsetzenden Lichtes möglich ist. Dies gestattet es, bei der Erzeugung entsprechender Mikrostrukturen rasch auf Veränderungen in den Arbeitsbedingungen zu reagieren, beispielsweise durch Veränderung von Prägedruck, Temperatur beim Prägen, Härtungsgeschwindigkeit sowie der Dicken der vorhandenen, die Prägung aufnehmenden Schichten.

Während bei Transmissionsmessung im allgemeinen eine eindeutige Zuordnung des entstehenden Intensitäts-Minimums bzw. -Maximums zur erzielten Struktur­tiefe möglich ist, bereitet dies bei Reflexionsmessung Schwierigkeiten, und zwar vor allem bei Verwendung von weißem Licht, weil dieses Licht häufig Wellenlängen enthält, die wesentlich kleiner sind als die angestrebte Struktur­tiefe, was bedeutet, daß Mehrfach-Interferenzen auftreten. Beispielsweise können im resultierenden Spektrum zwei Minima oder Maxima vorhanden sein. Trotzdem ist es möglich, die resultierende Spektralfarbe als Kriterium für die erreichte Struktur­tiefe heranzuziehen.

Bei Messung mit reflektierendem Licht gilt bei Verwendung eines entsprechenden Gitters für die Intensität des

reflektierten Lichtes abhängig von dessen Wellenlänge folgende Bedingung:

5

$$I_{\text{Reflexion}}(\lambda) = 1 - \left[\cos\left(\frac{\pi \cdot a}{\lambda + c}\right) \right]^2 \quad (\text{III})$$

10 Dabei sind:

λ : Wellenlänge in nm

15 a: Strukturtiefe in nm

c: zu ermittelnde Konstante in nm (beispielsweise bei dem von der Anmelderin untersuchten Gitter entsprechend -50 nm)

20

Im Hinblick auf die komplizierteren Verhältnisse bei der Messung mittels Reflexion, ist es zweckmäßig, anhand von Standard-Gittertiefen eine Normung des Farbspektrums für diese Gittertiefen vorzunehmen, wodurch eine quantitative Farbbeurteilung der erreichten Prägetiefe möglich ist.

Im Zusammenhang mit den vorstehenden theoretischen Überlegungen ist noch darauf hinzuweisen, daß diese sämtlich darauf beruhen, daß die Messung in der 0ten Ordnung erfolgt.

Es wurde bereits erwähnt, daß die Referenz-Gitterstruktur zweckmäßig ein quadratisches, rechteckiges oder dreieckiges Profil aufweisen sollte, weil sich dann die einfachsten Verhältnisse ergeben und die vorstehenden Gleichungen (I) bis III im wesentlichen ohne Korrekturen Gültigkeit haben. Dies bedeutet aber, daß der Meßaufwand am geringsten wird und außerdem bei Verwendung eines Meß-Lichtstrahles im

35

Bereich des sichtbaren Lichtes auch eine qualitative Beurteilung rein durch das Auge ohne Meßgerät möglich ist.

5 Als besonders günstig hat es sich erwiesen, wenn für das Verfahren nach der Erfindung Referenz-Gitterstrukturen verwendet werden, die folgende Parameter aufweisen:

Gitterkonstante g : $0,5 \mu\text{m} \leq g \leq 4 \mu\text{m}$
Steg/Gitterkonstanten-Verhältn. b/g : $0,1 \leq b/g \leq 0,8$
10 Gittertiefe a : $0,3 \mu\text{m} \leq a \leq 4 \mu\text{m}$.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Auswertung des Meß-Lichtstrahles auf unterschiedlichste Weise erfolgen kann. Besonders zweckmäßig ist es, wenn die Farb-Auswertung
15 des Meß-Lichtstrahles mittels eines Spektralphotometers erfolgt, weil dann zuverlässige und genaue Ergebnisse erzielt werden.

Wenn die Messung mittels Transmission erfolgt, ist nach der
20 Erfindung weiter vorgesehen, daß bei Auswertung der Farbe des die Referenz-Gitterstruktur durchsetzenden Meß-Lichtstrahles weißes Licht verwendet wird.

Soll dagegen eine reflektierende Struktur gemessen werden,
25 so ist es vorteilhafter, wenn als Meß-Lichtstrahl Licht eines begrenzten Wellenlängenbereiches verwendet wird. In diesem Fall ist es möglich, die bei weißem Licht auftretenden Intensitätsmaxima und -minima bei unterschiedlichen Frequenzen zum Großteil auszuschalten, so
30 daß für die tatsächliche Struktur-tiefen-Messung dann eine eindeutige Zuordnung zwischen Intensitäts-Minimum und Struktur-tiefe vorhanden ist.

Aus der DE 35 18 774 C2 ist ein Verfahren zur Optimierung der Beugungseigenschaften eines Phasengitters durch Erzeugung einer optimalen, die optisch wirksame Stufenhöhe bildenden Schicht auf einem Träger bekannt. Bei diesem
5 Verfahren wird während des Herstellungsprozesses eines periodischen Phasengitters weitgehend monochromatisches Meßlicht an dem Phasengitter gebeugt. Es wird die Strahlungsintensität der Lichtbündel mindestens zweier Beugungsordnungen gemessen und aus dem
10 Intensitätsverhältnis der Beugungsordnungen werden Prozeßparameter abgeleitet, die zur Optimierung der Beugungseigenschaften entweder eine Erhöhung oder eine Verminderung der optisch wirksamen Stufenhöhe des Phasengitters bewirken.

15

Im Gegensatz dazu betrifft der Gegenstand vorliegender Erfindung ein Verfahren zur Messung der Prägetiefe einer Mikrostruktur während des Prägevorgangs, bei dem zur Beurteilung der geprägten Mikrostruktur zumindest in einem
20 bestimmten Bereich der Mikrostruktur eine Referenzstruktur eingebracht ist, diese Referenzstruktur mit einem Lichtstrahl eines bestimmten Wellenlängenbereichs bestrahlt und die auftretenden Intensitäts-Maxima bzw. Minima im Beugungsspektrum der 0-ten Ordnung als direktes Maß für die erreichte Prägetiefe gemessen werden oder in Näherung die
25 Farbe des Lichts visuell beurteilt wird.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung anhand der
30 Zeichnung. Es zeigen:

Figuren 1a - 1c drei Beispiele für erfindungsgemäß verwendbare Gitterprofile;

Figur 2 das Meßprinzip für Transmissions-Messung;

Figur 3 das Meßprinzip für Reflexions-Messung;

5 Figur 4 das Empfangsprofil eines Spektralphotometers bei
Messung gemäß Figur 2 und einer bestimmten Strukturtiefe
und

10 Figuren 5a - 5d Empfangsprofile eines Spektralphotometers
bei Reflexionsmessung und unterschiedlichen Strukturturen
a.

In den Figuren 1a - 1c ist veranschaulicht, daß als
Referenz-Gitterstruktur für das Verfahren gemäß der
15 Erfindung möglichst einfache Gitterstrukturen eingesetzt
werden sollten, wobei es sich bei der Gitterstruktur gemäß
Figur 1a um ein sogenanntes Rechteckgitter, bei der
Gitterstruktur gemäß Figur 1b um ein quadratisches Gitter
sowie bei der Struktur gemäß Figur 1c um ein dreieckiges
20 Gitter handelt. Die Gitterstrukturen der Figuren 1a bis 1c
werden gleichzeitig mit der Erzeugung der sonstigen
Mikrostruktur in einem Substrat ausgebildet, wobei eine
entsprechende Prägung des Substrats 1 erfolgt, wodurch
Gitterstege 2 und Zwischenräume 3 zwischen den Gitterstegen
25 entstehen.

Die Unterschiede zwischen den Gitterstrukturen der Figuren
1a bis 1c bestehen zum einen in ihrer unterschiedlichen
geometrischen Form, zum anderen aber auch in der
30 verschiedenen Zweckbestimmung. Die Gitterstrukturen gemäß
Figuren 1a und 1c sind nämlich für die Verwendung bei
Transmissions-Messung gedacht, während die Gitterstruktur
der Figur 1b für Reflexions-Messung eingesetzt werden kann.

Um diese Zwecke zu erfüllen, müssen die Gitterstrukturen der Figuren 1a und 1c insgesamt aus einem entsprechend transparenten Material bestehen. Demgegenüber muß bei der Gitterstruktur für Reflexionsmessungen gemäß Figur 1b dafür Sorge getragen sein, daß wenigstens die in der Zeichnung
5 dick dargestellten, parallel zur Gitter-Hauptebene verlaufenden Flächen 4 reflektierend ausgebildet, beispielsweise mit einer reflektierenden Metallschicht versehen sind.

10

Selbstverständlich können auch die Gitterstrukturen der Figuren 1a und 1c für Reflexionsmessung und die Gitterstruktur der Figur 1b für Transmissionsmessung eingesetzt werden, wenn für eine entsprechend
15 reflektierende bzw. lichtdurchlässige Ausbildung gesorgt wird.

Die Gitterstrukturen der Figuren 1a und 1b stimmen grundsätzlich überein, indem die Gitterstege im
20 wesentlichen rechteckigen Querschnitt besitzen. Der Unterschied besteht jedoch darin, daß bei der Struktur der Figur 1a die Breite b der Stege 2 wesentlich geringer ist als die Breite g - b der Zwischenräume 3 zwischen den Stegen 2. Demgegenüber ist bei der Gitterstruktur der Figur
25 1b die Breite der Stege 2 einerseits sowie der Zwischenräume 3 andererseits im wesentlichen gleich.

Um für die Zwecke vorliegender Erfindung eingesetzt werden zu können, sollen die Gitterstrukturen folgende Bedingungen
30 erfüllen:

Gitterkonstante g:	$0,5 \mu\text{m} \leq g \leq 4 \mu\text{m}$
Steg/Gitterkonstanten-Verhältnis b/g:	$0,1 \leq b/g \leq 0,8$
Gittertiefe a:	$0,3 \mu\text{m} \leq a \leq 4 \mu\text{m}$

In Figur 2 ist schematisch das Meßverfahren bei Messung der Struktur-
tiefe in einem transparenten Substrat 5 veranschaulicht. Zu diesem Zweck wird das Substrat 5
5 zumindest bereichsweise mit einer entsprechenden Referenz-
Gitterstruktur versehen, wobei im gezeigten
Ausführungsbeispiel die Gitterstruktur eine quadratische
Gitterstruktur ist, d.h. im Querschnitt der Gitterstruktur
der Figur 1b entspricht, jedoch ohne reflektierende
10 Ausbildung.

Diese Referenz-Gitterstruktur wird mittels einer
Lichtquelle 6, die entsprechend gerichtet ist, mit
Weißlicht bestrahlt und dann die spektrale Farbverteilung
15 des das Substrat 5 bzw. die Referenz-Gitterstruktur
durchsetzenden Lichtes 7 mittels eines Empfängers 8,
zweckmäßig eines Spektralphotometers gemessen.

Die Intensitätsverteilung $T(\lambda)$ des auf den Empfänger 8
fallenden Lichtes abhängig von der Wellenlänge λ ist im
20 Prinzip in Figur 4 gezeigt, wobei sich bei
Transmissionsmessung abhängig von der Tiefe a der Referenz-
Gitterstruktur des Substrats 5 ein Minimum der
Strahlungsintensität $T(\lambda)$ bei einer bestimmten Wellenlänge
25 λ_{\min} ergibt. Dies bedeutet also, daß das Intensitäts-Minimum
bzw. dessen Wellenlänge λ_{\min} ein direktes Maß für die
erreichte Tiefe a der Struktur des Referenzgitters
darstellt. Es kann somit auf einfache Weise lediglich durch
Feststellung der Wellenlänge des Intensitätsminimums die
30 jeweils erzielte Struktur-
tiefe a in einfacher und rascher
Weise festgestellt werden.

Dies soll an folgendem B e i s p i e l verdeutlicht
werden:

Es wurde eine Transmissionsmessung bei direkter Durchstrahlung und einem Empfangswinkel von 0° durchgeführt, wobei als Referenz-Gitterstruktur ein
 5 rechteckiges Gitter mit einer Gitterkonstanten von $2 \mu\text{m}$ und einem Steg-Gitterkonstantenverhältnis $b/g = 1:2$ verwendet wurde. Das Substrat besaß einen Brechungsindex $n = 1,466$.

Ausgehend von dem vorerwähnten Brechungsindex und mit c_3
 10 von -285 nm (gemäß Gleichung (II)) ergibt sich folgende Beziehung für die Ermittlung der Strukturtiefe a :

$$a = (2,1428 \cdot \lambda_{\min} - 285) \text{ nm}$$
 15

Die Zuordnung von erzielter Strukturtiefe, Minimum-Wellenlänge und Farbe ist wie folgt:

20	erzielte Strukturtiefe $a \text{ [nm]}$	Minimumwellenlänge $\lambda_{\min} \text{ [nm]}$	Farbe
	1000	600	blau
25	800	510	pink
	600	414	gelb- orange
30	400	320	blaß- gelb

Vorstehende Angaben zeigen deutlich, daß einerseits eine genaue spektrographische Messung der erzielten Strukturtiefe möglich ist, andererseits aber auch eine rein visuelle Beurteilung anhand der sich infolge der geringen Intensität bestimmter Farben ergebenden Farbveränderungen des weißen Meßlichtstrahles.

Die Meßanordnung für die Ermittlung der Strukturtiefe bei einem reflektierenden Substrat ist schematisch in Figur 3 gezeigt. Das Substrat 5' ist ebenfalls mit einer Referenz-Gitterstruktur der Strukturtiefe a versehen. Allerdings ist die Ausbildung so, daß zumindest die auf die Lichtquelle 6' und den Empfänger 8', der auf der gleichen Seite des Substrats 5' wie die Lichtquelle 6' angeordnet ist, hinweisende Oberfläche des Substrats 5' reflektierend, z.B. mit einer metallischen Beschichtung 9 versehen ist.

Grundsätzlich können Lichtquelle 6' und Empfänger 8' mit der Lichtquelle 6 bzw. dem Empfänger 8 der Anordnung zur Transmissionsmessung übereinstimmen. Es kann jedoch bei Reflexionsmessung günstiger sein, wenn die Lichtquelle 6' nur Licht eines begrenzten Wellenlängenbereichs ausstrahlt oder der Empfänger 8' Licht eines bestimmten Wellenlängenbereichs empfängt, weil dann u.U. eine direkte Zuordnung von Intensitäts-Minima und -Maxima des auf den Empfänger 8' auftreffenden, reflektierten Lichtes der Lichtquelle 6' zu einer bestimmten Strukturtiefe a möglich ist.

Die Figuren 5a bis 5d zeigen die Intensitätsverteilung I_R des von der reflektierenden Oberfläche 9 des Substrats 5' reflektierten Lichtes abhängig von der Wellenlänge, wobei die Figuren 5a bis 5d die Intensitätsverteilung bei Reflexion an einer Grenzschicht Luft-Metall und Verwendung

von Weißlicht darstellen. Die Intensitätsverteilung entspricht hierbei im wesentlichen der obigen Formel (III), wobei die Konstante c mit -50 nm anzunehmen ist.

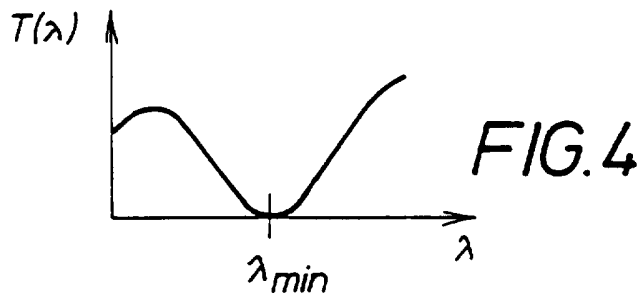
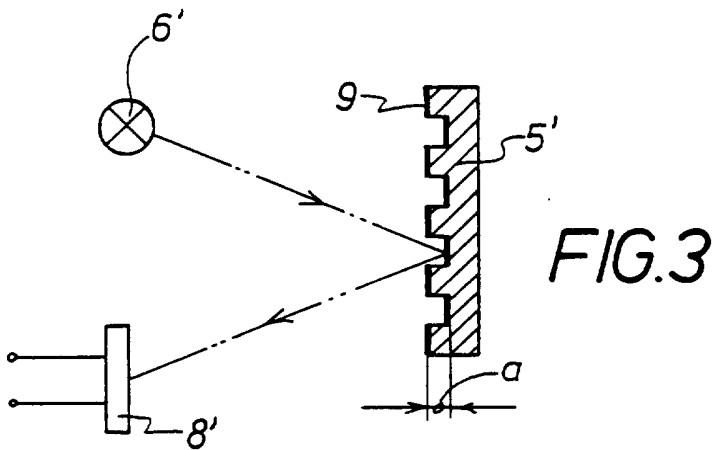
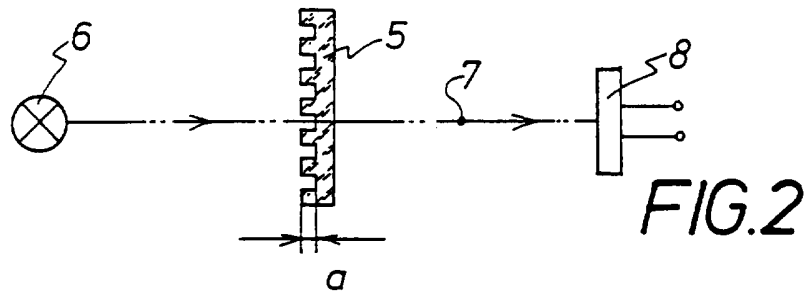
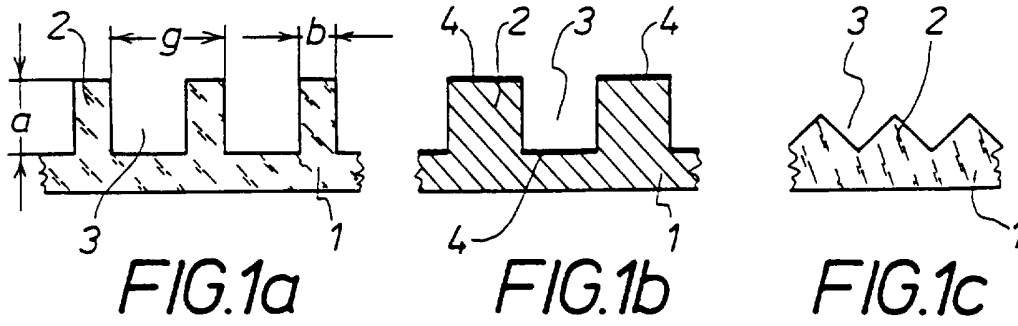
5 Ein Vergleich der Figuren 5a bis 5d unter Berücksichtigung der jeweiligen Struktur tiefen a (die jeweils angegeben sind) zeigt, daß die Minima und Maxima der Intensitätsverteilung mit abnehmender Struktur tiefe a zu kleineren Wellenlängen wandern. Bei geschickter Auswahl der
10 vom Empfänger 8' verarbeiteten Wellenlängen ist es dabei u.U. möglich, jeweils nur ein bestimmtes Intensitäts-Minimum zu verarbeiten, in welchem Fall eine relativ eindeutige Zuordnung von jeweiligem Intensitäts-Maximum bzw. -Minimum und Struktur tiefe a möglich ist. Für
15 bestimmte Anwendungsfälle kann es außerdem günstig sein, nicht mit Weißlicht sondern mit Licht möglichst großer Wellenlänge, beispielsweise mit Infrarot-Beleuchtung, zu arbeiten, weil dann die Zahl der Intensitäts-Maxima und -
20 Minima gegebenenfalls erheblich vermindert werden kann. Dies gilt vor allem bei großen Struktur tiefen der reflektierenden Referenz-Gitterstruktur, während bei relativ geringen Tiefen durchaus mit Licht des sichtbaren Wellenlängenbereiches gearbeitet werden kann. Selbstverständlich ist bei Verwendung von Infrarot-Licht
25 eine rein visuelle Beurteilung der Struktur tiefe ohne Verwendung entsprechender Geräte nicht möglich. Bei Verwendung von Weißlicht ist eine visuelle, qualitative Grobbeurteilung aufgrund der sich ergebenden Farben auch für Reflexionsmessung möglich. Allerdings ergeben sich
30 dabei Mischfarben.

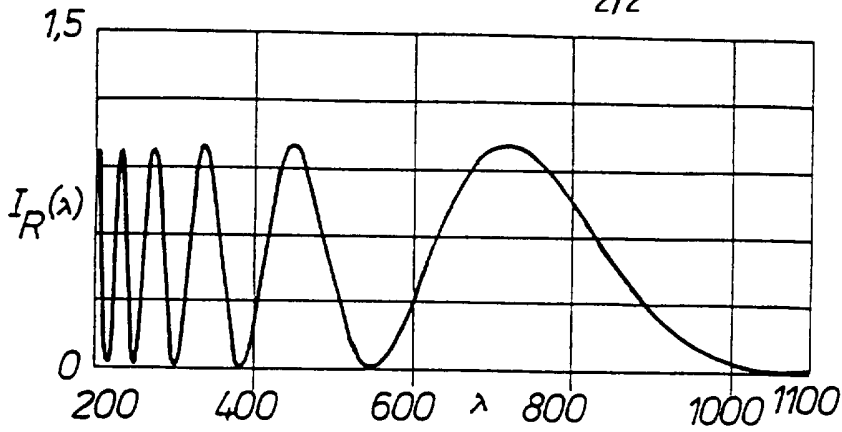
5

Ansprüche

1. Verfahren zur Messung der Tiefe einer Mikrostruktur
10 beim Übertragen der Struktur mittels eines
Prägeverfahrens in eine verformbare Schicht,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß in der zu übertragenden Mikrostruktur zumindest
bereichsweise eine geometrisch einfache Referenz-
15 Gitterstruktur vorgesehen ist,
- daß die Referenz-Gitterstruktur mit einem Lichtstrahl
bestrahlt wird, der einen bestimmten
Wellenlängenbereich umfaßt,
- daß die von der erreichten Prägetiefe abhängige Lage
20 der auftretenden Intensitätsmaxima bzw.
Intensitätsminima im Beugungsspektrum 0-ter Ordnung
in Transmission oder in Reflexion gemessen und
aufgrund von Vergleichswerten für die jeweilige
Referenzstruktur und den eingestrahlten
25 Wellenlängenbereich aus der gemessenen Lage die
erzielte Prägetiefe ermittelt wird
- oder daß aus der integralen Beurteilung der Farbe des
gebeugten Lichts der 0-ten Ordnung aufgrund von
Vergleichswerten auf die erreichte Prägetiefe
30 geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Referenz-Gitterstruktur ein quadratisches,
35 rechteckiges oder dreieckiges Profil aufweist.

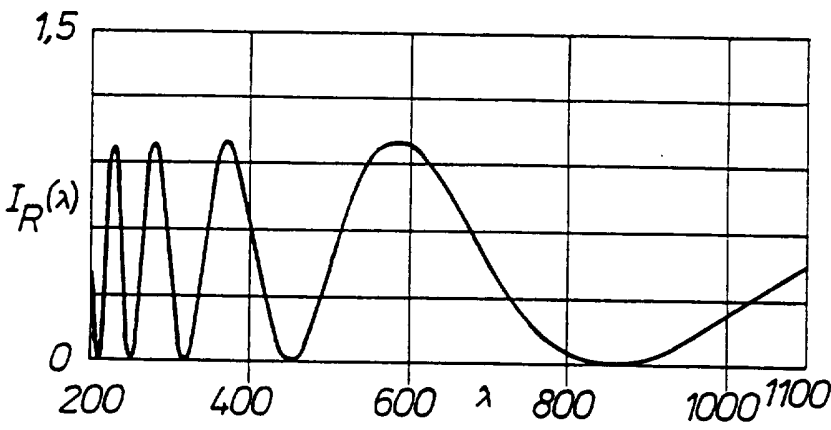
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Referenz-Gitterstruktur folgende Parameter
5 aufweist:
Gitterkonstante g: $0,5 \mu\text{m} \leq g \leq 4 \mu\text{m}$
Steg/Gitterkonstanten-Verh. b/g: $0,1 \leq b/g \leq 0,8$
Gittertiefe a: $0,3 \mu\text{m} \leq a \leq 4 \mu\text{m}$.
- 10 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Farb-Auswertung der Meß-Lichtstrahles
mittels eines Spektralphotometers erfolgt.
- 15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Meß-Lichtstrahl von sichtbarem Licht gebildet
ist.
- 20 6. Verfahren nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass bei Auswertung der Farbe des die Referenz-
Gitterstruktur durchsetzenden Meß-Lichtstrahls weißes
Licht verwendet wird.
- 25 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß als Meß-Lichtstrahl Licht eines begrenzten
Wellenlängenbereiches verwendet wird.
- 30





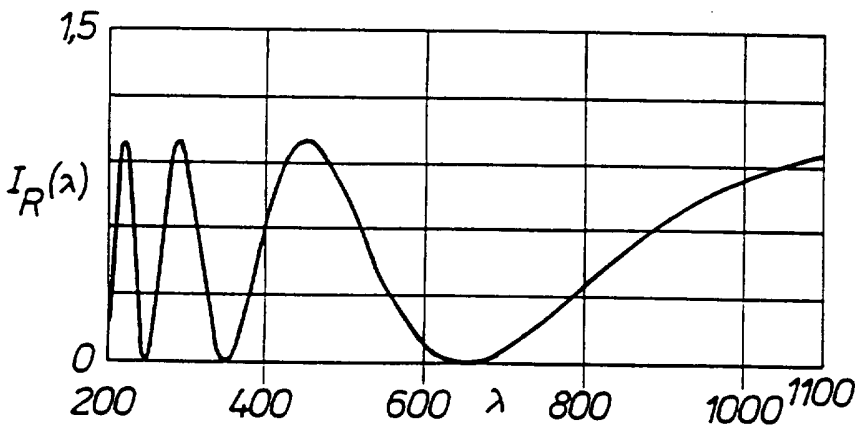
$a=1000\text{nm}$

FIG.5a



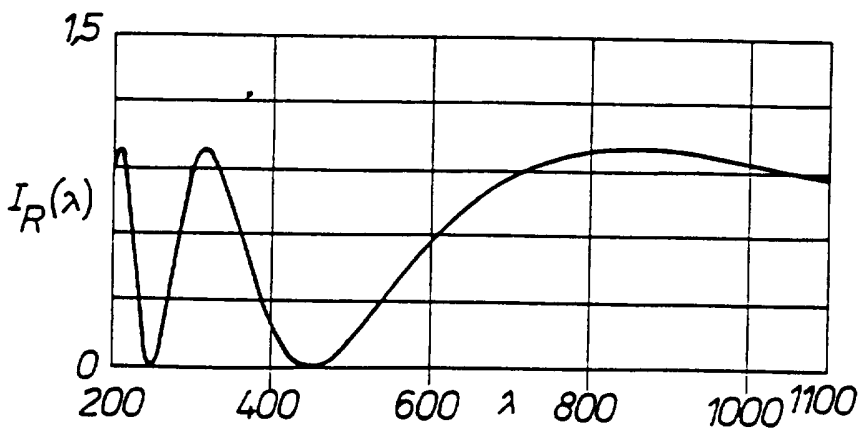
$a=800\text{nm}$

FIG.5b



$a=600\text{nm}$

FIG.5c



$a=400\text{nm}$

FIG.5d

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In International Application No
PCT/DE 95/00783

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01B11/22

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 6 G01B H01L

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.
Y	US,A,5 023 188 (TANAKA HIROSHI) 11 June 1991 see column 2, line 10 - line 17	1,2,7
A	see column 4, line 31 - column 6, line 35 ---	4
Y	EP,A,0 468 897 (FRANCE TELECOM) 29 January 1992 see the whole document ---	1,2,7
A	SOV.PHYS.-TECH.PHYS., vol. 24, no. 4, April 1979 USA, pages 511-512, L.V. BELYAKOV E.A. 'CONTROL OF THE PHOTOCHEMICAL ETCHING OP A SEMICONDUCTOR IN HOLOGRAM RECORDING' see the whole document ---	1
	-/--	

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	*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
E earlier document but published on or after the international filing date	*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
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)	*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.
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*&* document member of the same patent family
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 22 September 1995	Date of mailing of the international search report 09.10.95
--	--

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 Ramboer, P
---	--------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In International Application No
PCT/DE 95/00783

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 988 198 (KONDO NORIYUKI) 29 January 1991 see column 6, line 68 - column 8, line 4 ---	1-5
A	EP,A,0 585 839 (TEXAS INSTRUMENTS INC) 9 March 1994 see page 3, line 28 - line 57 -----	1,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 95/00783

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-5023188	11-06-91	JP-A- 2023617	25-01-90
EP-A-0468897	29-01-92	FR-A- 2665024 JP-A- 6252103 US-A- 5186786	24-01-92 09-09-94 16-02-93
US-A-4988198	29-01-91	JP-B- 6017774 JP-A- 63317706	09-03-94 26-12-88
EP-A-0585839	09-03-94	US-A- 5361137 JP-A- 6174427	01-11-94 24-06-94

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In nationales Aktenzeichen
PCT/DE 95/00783

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01B11/22

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G01B H01L

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.
Y	US,A,5 023 188 (TANAKA HIROSHI) 11.Juni 1991 siehe Spalte 2, Zeile 10 - Zeile 17	1,2,7
A	siehe Spalte 4, Zeile 31 - Spalte 6, Zeile 35	4

Y	EP,A,0 468 897 (FRANCE TELECOM) 29.Januar 1992 siehe das ganze Dokument	1,2,7

A	SOV.PHYS.-TECH.PHYS., Bd. 24, Nr. 4, April 1979 USA, Seiten 511-512, L.V. BELYAKOV E.A. 'CONTROL OF THE PHOTOCHEMICAL ETCHING OP A SEMICONDUCTOR IN HOLOGRAM RECORDING' siehe das ganze Dokument	1

-/--		

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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher 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

22. September 1995

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09. 10. 95

Name und Postanschrift der Internationale 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

Ramboer, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 95/00783

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,4 988 198 (KONDO NORIYUKI) 29.Januar 1991 siehe Spalte 6, Zeile 68 - Spalte 8, Zeile 4 ---	1-5
A	EP,A,0 585 839 (TEXAS INSTRUMENTS INC) 9.März 1994 siehe Seite 3, Zeile 28 - Zeile 57 -----	1,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 95/00783

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-5023188	11-06-91	JP-A- 2023617	25-01-90
EP-A-0468897	29-01-92	FR-A- 2665024	24-01-92
		JP-A- 6252103	09-09-94
		US-A- 5186786	16-02-93
US-A-4988198	29-01-91	JP-B- 6017774	09-03-94
		JP-A- 63317706	26-12-88
EP-A-0585839	09-03-94	US-A- 5361137	01-11-94
		JP-A- 6174427	24-06-94