PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

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

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :
G02F 1/29, 1/19

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/33192

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 12. September 1997 (12.09.97)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/01064

(22) Internationales Anmeldedatum: 3. März 1997 (03.03.97)

(30) Prioritätsdaten:
196 10 656.7 5. März 1996 (05.03.96) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: KOOPS, Hans, Wilfried, Peter [DE/DE]; Ernst-Ludwig-Strasse 16, D-64372 Ober-Ramstadt (DE).

(74) Anwalt: KAMPFENKEL, Klaus; Sonnenberger Strasse 100, D-65193 Wiesbaden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, JP, KR, NO, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

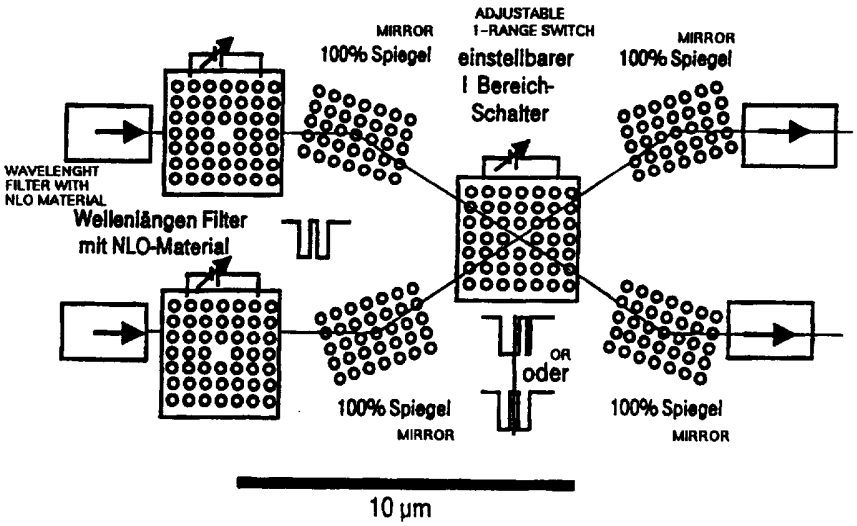
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: OPTICAL MULTI-CHANNEL SEPARATING FILTER WITH ELECTRICALLY ADJUSTABLE PHOTON CRYSTALS

(54) Bezeichnung: OPTISCHE MEHRWEGE-WEICHE AUS ELEKTRISCH EINSTELLBAREN PHOTONEN-KRISTALLEN

(57) Abstract

The invention relates to the structure of optical multi-channel separating filter based on electrically adjustable photon crystals. According to the invention, an electrically and/or light-adjustable filled photon crystal is used as an adaptable mirror. The properties of the photon crystal relating to their optical transmissibility can be influenced in selected regions by deliberate optical deformations in the photon crystal. This is preferably done by the application of a strong electric field. The light is coupled or decoupled via fixed photon mirrors arranged at an angle to the photon crystals. The optical separators of the invention are used in message switching technology networks. They facilitate service selection. The system of the invention is designed for very high packing density.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung beinhaltet den Aufbau von optischen Mehrwege-Weichen, die auf elektrisch einstellbaren Photonen-Kristallen basieren. Erfindungsgemäß wird ein elektrisch und/oder mit Licht einstellbarer gefüllter Photonen-Kristall als abstimmbarer Spiegel benutzt. Durch gezielte optische Deformationen im Photonen-Kristall können die Eigenschaften des Photonen-Kristalls in ausgewählten Bereichen in bezug auf ihre optische Durchlaßfähigkeit beeinflußt werden. Das geschieht vorzugsweise durch Anlegen eines starken elektrischen Feldes. Die Ein- bzw. Auskopplung des Lichtes erfolgt über feststehende winklig zum Photonen-Kristall angeordnete Photonenspiegel. Die erfindungsgemäßen optischen Weichen werden in Netzwerken der Vermittlungstechnik eingesetzt. Sie ermöglichen die Dienste-Selektion. Die erfindungsgemäße Lösung ist auf die Erzielung einer sehr hohen Packungsdichte ausgerichtet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

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

Optische Mehrwege-Weiche aus elektrisch einstellbaren Photonen-Kristallen

Beschreibung

Die erfindungsgemäße Lösung beinhaltet eine optische Mehrwege-Weiche aus elektrisch einstellbaren Photonen-Kristallen.
Photonen-Kristalle mit Bandlücken sind bekannt als 2- und 3-dimensionale dielektrische Strukturen, in denen die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, abhängig oder unabhängig von ihrer Ausbreitungsrichtung, verboten ist.
Siehe:

1.]John, „ „, Phys. Rev. Lett. 58, 2486 (1987)

2.]Yablonovitch, „ „, Phys. Rev. Lett. 58, 2058 (1987)

3.]L. McCall, P. m: Platzmann, R. Dalichaouch, D. Smith, S. Schulz, „ „, Phys. Rev. Lett. 67. 2017 (1991)

4.]M. Leung, Y. F. Liu, „ „, Phys. Rev. Lett. 65, 2646 (1990)

5.]L. Mc Call, A. F. J. Levi, R. E. Slusher, S. J. Pearton, R. A. Logan, „ „, Appl. Phys. Lett. 60, 289 (1992)

6.]Yablonovitch, T. M. Gmitter, „ „, Phys. Rev. Lett. 63, 1950 (1989)

7.]Yablonovitch, T. M-. Gmitter, K. M. Leung, „ „, Phys. Rev. Lett. 67, 2295 (1991)

BESTÄTIGUNGSKOPIE

8.]K.M. Ho, C. T. Chan, C. M. Soukoulis, „ „, Phys. Rev. Lett. 65, 3152 (1990)

Rechnungen und Mikrowellen-Messungen zeigten, daß eine kubisch flächenzentrierte oder auch eine 2-dimensional kubische Anordnung von Löchern in einer dielektrischen Matrix oder von dielektrischen Stangen solch photonische Bandlücken aufzeigen.
Siehe:

9] S. Y. Lin, A. Arjavalingam „Photonic bound states in two-dimensional photonic Crystals probed by coherenmicrowave transient spectroscopy", J. Opt. Soc. Am. B/Vol. 11. No 10 (1994) 2124

10] S. Y. Lin, G. Arjavalingam, „Tunneling of electro magneticwaves in two-dimensional photonic crystals", Optics Letters Vol. 18, No 19, (1993) 666

11] D. R. Smith, S. Schulz, S. L. McCall, P. M. Platz mann, „Defect studies in a two-do-dimensional periodic photonic lattice". Journal of Modern Optics Vol. 41, 2 (1994) 395

12] C. C. Cheng, A. Scherer, „Fabrication of Photonic Bandgap crystals", J. Vac. Sci. Technol (1995) nov/dec om Druck

Dabei reichen bereits 6 Ebenen aus, um eine hohe Güte der Elemente zu erzielen [9]. Derartige 2- und 3-dimensionale Strukturen werden häufig „Photonische Kristalle" genannt [2]. Diese Strukturen können wie bekannt mit hoher Präzision durch die Nanolithographie mit elektronenstrahlinduzierter Deposition hergestellt werden.

Füllt man die photonischen Kristalle in ihren Zwischenräumen mit nichtlinear-optischen Materialien oder mit Flüssigkristallen und bringt die gesamte Struktur in ein starkes elektrisches Feld, so kann im Kristall die optisch wirksame Gitterkonstante durch die Veränderung des optischen Weges in Grenzen eingestellt und damit die Filterwirkung des Elementes elektrisch variiert werden. Ebenso ist eine Herstellungsmethode mit dem erweiterten Silylierungsprozeß mit Trockenätzen und Eindiffusion und nachträglicher Füllung der Elemente bekannt, mit der derartige Baugruppen hochintegriert und kostengünstig hergestellt werden können.

Abstimmbare Filter für die optische Nachrichtentechnik und Telekommunikation werden z. Z. in Form von langen optischen Fasern, die ihre Filterwirkung durch mit UV-Licht in spezielle Fasern eingeschriebene Bragg-Beugungsgitter erhalten, realisiert.

13] R. Kashyap, „Photosensitive Optical Fibers: Devices and Applications", Opt. Fibres Techn. 1, 17 - 34, (1994)

14] C. Cremer, H. Heise, R. März, M. Schienle, G. Schulte-Roth, H. Unzeitig, „Bragg Gratings on In GaAsP/InP-Waveguides as Polarization Independent Optical Filters" J. of Lightwave Techn., 7, 11, 164 (1989)

15] R. C. Alferness, L.L. Buhll, U. Koren, B. J. Miller, M. G. Young, T. L. Koch, C. A. Burrus, G. Raybon, „Broadly tunable InGaAsP/InP buried rib waveguide vertical coupler filter", Appl. Phys. Lett. 60, 8, 980 (1992)

16] C. Wu, C. Rolland, F. Sheperd, C. Laroque, N. Puetz, K. D. Chik, J. M. Xu, „InGaAsP/InP Vertical Coupler

Filter with Optimally Designed Wavelength Tunability", IEEE Photonics Technol. 4, 4, 457 (1993)

17] Z. M. Chuang, L. A. Coldren „Enhanced wavelength tuning in gratin assisted codirectional coupler filter", IEEE Photonics Technology Lett., 5, 10, 1219 (1993)

Dabei stellt es eine beträchtliche technologische Anforderung dar, diese Beugungsgitter mit hoher Genauigkeit über große Längen von einigen mm bis cm herzustellen. Spezielle die Elektronenstrahl-Lithographie in ihrem „Stitching" verbessernde Verfahren werden angewandt, um diesen Fehler zu verringern.

18] H. W. P. Koops, J. Kretz, M. Weber, „Combined Lithographies for the reduction of stitching errors in Lithography", Proc EIPB 94, J. Vac. Sci Technol B 12 (6) (1994) 3265-3269

19] B. H. Koek, T. Chisholm, A. J. van Run, J. Romijn, Sub 20 nm stitching and overlay for nanolithography Applications, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 33 (1994) xxx

20] V. V. Wong, J. R. Ferrera, N. J. Damask, H. I. Smith, Fabrication and Measurement of Highly Coherent Electron-Beam-Written Bragg Resonators, Abstracts EIPB`95 Scottsdale N3, 331 (1995)

Faserfilter und Faserkoppler müssen immer mit Steckern oder Spleissen in einer Hybridtechnik in eine makroskopische optische Anordnung eingefügt werden. Eine Miniaturisierung der Baugruppen ist damit nicht zu erreichen.
Mit dem Verfahren der Additiven Lithographie durch rechnergeführte elektronenstrahlinduzierte Deposition werden Photonen-Kristalle aus 2- und 3-dimensionalen Anordnungen von langen miniaturisierten Nadeln aus di-

elektrischen Materialien mit Nanometer-Präzision miniaturisiert aufgebaut

21] H. W. P. Koops, R. Weiel, D. P. Kern, T. H. Baum, „High Resolution Electron Beam Induced Deposition", Proc. 31. Int. Symp. on Electron, Ion, and Photon Beams, J. Vac. Sci. Technol. B (1) (1988) 477

Diese können direkt in den optischen Weg eingebaut werden. Durch die bei dem Verfahren übliche hochpräzise Rechnersteuerung des Elektronenstrahles in Ort, Zeit und Bewegungsrichtung ist es möglich, nahezu alle geforderten Geometrien der Kristalle und ihre für den gewünschten optischen Zweck gezielten Deformationen zu erzeugen. Dadurch kann ein maßgeschneidertes optisches Verhalten der Struktur erzeugt werden. Durch Füllen der hochbrechenden Nadelstrukturen mit nichtlinear-optischem Material, siehe

22] M. Eich, H. Looser, D. Y. Yoon, R. Twieg, G. C. Bjôrklund, „Second harmonic generation in poled organic monomeric glasses", J. Opt. Soc. Am. B, 6, 8 (1989),

23] M. Eich, A. Sen, H. Looser, G. C. Bjôrklund, J. D. Swalen, R. Twieg, D. Y. Yoon, „Corona Poling and Real Time Second Harmonic Generation Study of a Novel Covalently Functionaliced Amorphous Nonlinear Polymer", J. Appl. Phys. 66, 6 (1989),

24] M. Eich, G. C. Bjôrklund, D. Y. Yoon, „Poled Amorphous Polymers of Second Order Nonlinear Optics", Polymers for Advanced Technologies, 1, 89 (1990),

oder durch Füllen der hochbrechenden Nadelstrukturen mit Flüssigkristallen, siehe

25] R. Birenheide, M. Eich, D. A. Jungbauer, O. Herrmann-Schönherr, K. Stoll, J. H. Wendorff, „Analysis of Reorientational Processes in Liquid Crystalline Side Chain Polymers Using Dielectric Relaxation, Electro-Optical Relaxation and Switching Studies", Mol. Cryst. Liq. Cryst., 177, 13 (1989)

und durch Anlegen eines starken elektrischen Feldes an die gefüllte Struktur kann der optische Weg im Kristall und damit dessen Eigenschaften elektrisch eingestellt werden. Damit ist die optische Durchlaßcharakteristik fein verschiebbar, die optische Spiegelwirkung variierbar und die Reflexionsrichtung und eventuell die Stärke variierbar. Da das Element sehr hohe Güte besitzt und dabei sehr klein ist (die Abmessungen betragen wenige µm in Länge, Breite und Höhe), können mit derartigen Filtern und Spiegeln ausgestattete optische Elemente und Schaltungen in hoher Packungsdichte hergestellt werden 1.
Desweiteren sind Lösungen bekannt, die auf Vielstrahl-Schreibgeräten mit Korpuskularstrahlen basieren. Mittels dieser Methode können optoelektronische Elemente und integrierte optische Schaltungen in wirtschaftlicher Weise mit Hilfe der Additiven Lithographie gefertigt werden.
Siehe:

26] H. Koops, 1974, Deutsches Patent angem. P 2446 789.8-33 „Korpuskularstrahloptisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung eines Präparates", USA-Patent erteilt: No. 4021674, 4. 05. 1977,

27] H. Koops, 1974, Deutsches Patent angem. P 2460 716.7 „Korpuskularstrahloptisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung eines Präparates, deutsches Patent erteilt: 30. 12. 1976,

28] H. Koops, 1974, Deutsches Patent angem. P 2460 715.6 „Korpuskularoptisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung

eines Präparates in Form eines Flächenmusters mit mehreren untereinander gleichen Flächenelementen", deutsches Patent erteilt 31. 10. 1979,

29] H. Koops, 1975, Deutsches Patent angem. P 2515 550.4 „Korpuskularoptisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahlendes Präparat", deutsches Patent erteilt 18. 05. 1977,

30] M. Rüb, H. W. P. Koops, T. Tschudi „Electron beam induced deposition in a reducing image projector", Microelectronic Engineering 9 (1989) 251-254 und

31] H. Elsner, H.-J. Döring, H. Schacke, G. Dahm, H. W. P. Koops, „Advanced Multiple Beam-shaping Diaphragm for Efficient Exposure", Microelectronic Engineering 23 (1994) 85-88.

Ziel der Erfindung ist eine verlustarme Weichen-Anordnung, die auf elektrisch einstellbaren Photonen-Kristallen basiert und damit eine hohe Packungsdichte garantiert.

Erfindungsgemäß wird ein 2- oder 3-dimensionaler Photonen-Kristall aus hochbrechendem dielektrischen Material mit Hilfe der elektronenstrahlinduzierten Deposition oder mit Nanolithographie hergestellt. Photonen-Kristalle sind 3-dimensionale dielektrische Strukturen, in welchen elektromagnetische Wellen eines bestimmten Wellenlängenbereiches verboten sind, unabhängig von ihrer Ausbreitungsrichtung. Solche Photonen-Kristalle mit Bandlücken und je nach Ausführung einem oder mehreren schmalbandigen Durchlaßbereichen wirken als schmalbandige Filter. Berechnungen und Mikrowellen-Messungen zeigten, daß eine kubisch flächenzentrierte oder auch eine 2-dimensional kubische Anordnung von Löchern in einer dielektrischen Matrix oder von dielektrischen Stangen solch photonische

Bandlücken aufzeigen. Dabei reichen bereits 6 Ebenen aus, um ein Element hoher Güte zu erzielen.

Mit dem Verfahren der Additiven Lithographie werden 2- und 3-dimensionale Anordnungen von langen miniaturisierten Nadeln aus dielektrischen Materialien mit Nanometer-Präzision direkt im optischen Weg aufgebaut. Durch die bei dem Verfahren übliche hochpräzise Rechnersteuerung des Elektronenstrahles in Ort, Zeit und Bewegungsrichtung ist es möglich, nahezu alle geforderten Geometrien der Kristalle und ihre für den gewünschten optischen Zweck gezielten Deformationen zu erzeugen. Dadurch kann ein maßgeschneidertes festes optisches Verhalten der Struktur erzeugt werden. Ähnliche Strukturen können auch durch Nanolithographische Verfahren und den erweiterten Prozeß der Silylierung mit Trockenätzen hergestellt werden.

Durch Füllen der Nadelzwischenräume mit nichtlinear-optischen Materialien und durch Anordnung des Kristalles im elektrischen Feld kann die Anordnung in einem bestimmten Wellenlängenbereich elektrisch abgestimmt und mit hoher Präzision eingestellt werden. Durch die Verwendung von Flüssigkristall-Materialien zur Füllung der Struktur ist eine im weiten Bereich mögliche Einstellbarkeit des Filters erreichbar. Durch die Verwendung von Flüssigkristallen als Füllmaterial kann der Filter als Schalter mittlerer Schnelligkeit eingesetzt werden. Damit kann mit einem mit nichtlinearem Material gefüllten Kristall ein schaltbarer Spiegel realisiert werden.

Die erfindungsgemäße Weiche wird aus einstellbaren Photonen-Kristallen realisiert. Diese Photonen-Kristalle bestehen aus langen miniaturisierten Nadeln, die als hochpräzise optische Spiegel wirken. Aus diesen Nadeln wird eine optische Geometrie erzeugt, in der als photonische Bandlücken wirkende Deformationen gezielt eingebracht sind.

Die Nadelzwischenräume sind mit nichtlinear optischen Materialien bzw. Flüssigkristallen gefüllt. Durch die Anordnung von Elektroden an die optische Geometrie und damit durch Anlegen eines starken elektrischen Feldes läßt sich die optische Durchlaßcharakteristik der gesamten optischen Geometrie bis zur Reflexion verändern. Durch die Anordnung von weiteren unterteilten Elektroden zur separaten Feldführung in einzelnen Kristallbereichen der optischen Geometrie wird erreicht, daß die optische Geometrie gleichzeitig in ihrer optischen Durchlaßcharakteristik in einzelnen Kristall-Bereichen getrennt bis zur Reflexion veränderbar ist. Zu den einzelnen Richtungsbereichen der optischen Geometrie sind feststehende Photonenspiegel winklig direkt im optischen Weg angeordnet, so daß das Licht über die feststehenden Photonenspiegel ein- und ausgekoppelt werden kann. Damit wird über die Veränderung der Durchlaßcharakteristik der optischen Geometrie in Verbindung mit der gezielten Auskopplung des Lichtes über die einzelnen feststehenden Photonenspiegel die Funktion einer optischen Weiche realisiert.
In Figur 1 ist das Schema eines abstimmbaren Photonen-Kristalls abgebildet, der als schmalbandiger Filter in einem Monomode-Wellenleiter eingesetzt wird.

Basierend auf diesem Prinzip kann beispielsweise eine optisch einstellbare verlustarme 2-Wege-Weiche entsprechend Figur 2 aufgebaut werden. Dabei wird im optischen Weg eine als abstimmbarer Spiegel ausgebildete optische Geometrie zwischen feststehenden Photonenspiegeln angeordnet. Die feststehenden Photonenspiegel sind so ausgerichtet, daß das Licht unter einem Winkel von 22,5 Grad gespiegelt und damit unter einem Winkel von 45 Grad auf die als abstimmbarer Spiegel ausgebildete Geometrie des mit nichtlinearem Material gefüllten Photonen-Kristalls trifft. Wenn die Geometrie des als abstimmbarer Spiegel wirkenden Photonen-

Kristalls in Durchlaßrichtung geschaltet ist, wird das Licht unbeeinflußt durchgelassen. Wenn die Geometrie des als abstimmbarer Spiegel wirkenden Photonen-Kristalls in Reflexion geschaltet ist, wird das Licht genau in dem feststehenden Spiegel reflektiert, welcher das Licht in den weiterführenden Wellenleiter einkoppelt.
Derartige Bauelemente finden Einsatz in Netzwerken der Vermittlungstechnik und ermöglichen die Dienste-Selektion. Dabei ist die Packungsdichte mit dieser Technik stark erhöht, denn die Baugruppe aus Spiegeln und Filterschalter hat weniger als 12 µm in Längen- und Breitenabmessung.

Strukturiert man die Feldplatten im Bereich des Kristalls in 4 Teile, so kann durch wahlweise Schaltung der 4 Kristall-Quadranten eine Transmission und eine Reflexion in je einer Hälfte eingestellt werden. Damit ist eine 3-Wege-Weiche nach Figur 3 mit einem Element mit um 90 Grad gegeneinander orientierten Strahlwegen realisierbar.

Durch gezieltes Einstellen der Transmission und Reflexion in Kristallbereichen zwischen feiner strukturierten Feld-Platten kann außer der Einstellung der Reflexion und Transmission auch der Strahl in seiner Intensität elektrisch gesteuert aufgeteilt werden.

Eine weitere Möglichkeit die elektrische Einstellung der Weiche zu beeinflussen besteht darin, durch eine steuerbare auf den mit nichtlinear-optischem Material gefüllten Photonen-Kristall gerichtete Lichtquelle zusätzlich geführtes Licht in den Photonen-Kristall einzukoppeln. Damit wird schnelles Schalten im oberen Gigahertz-Bereich möglich. Das Licht kann dabei auch auf die Ebene der Wellenleiter-Lichtführung aus dem Raum darüber oder darunter gerichtet sein. Das ermöglicht die in Ebenen getrennte Führung von Schalt-Licht und zu schaltendem Licht.

Figur 4 zeigt das Schema einer elektrisch einstellbaren Mehrwege-Weiche die aus mehreren 3-Wege-Weichen aus elektrisch getrennt abstimmbaren Photonen-Kristall-Bereichen und Umlenkspiegeln aus Photonen-Kristallen aufgebaut ist. Diese Anordnung stellt somit einen kaskadierten Koppler-Schalter aus miniaturisierten schaltbaren 4-Wege Richtkopplern aus Photonen-Kristallen mit einstellbarem Band-Pass dar.
In Figur 5 ist das Schema einer elektrisch einstellbaren Mehrwege-Weiche dargestellt. Die Mehrwege-Weiche ist aus mehreren 3-Wege-Weichen aus elektrisch getrennt abstimmbaren Photonen-Kristall-Bereichen aufgebaut und stellt somit einen kaskadierten Koppler-Schalter aus miniaturisierten schaltbaren 4-Wege-Richtkopplern mit einstellbarem Band-Pass dar.

Mit derartigen Bauelementen können in Kombination mit anderen gleichartigen oder auch andersartigen integrierten Bauelementen, wie Spiegeln, Phasenschiebern und Reflektoren integrierte Schaltungen zur optischen Signalverarbeitung und zu optischen Rechnern mit hoher Packungsdichte aufgebaut werden. Ebenso ist die Realisierung festeingestellter oder auch variabler Meßschaltungen für Sicherheitsaufgaben und Prüfverfahren für die Datenkommunikation auf Glasfasern möglich.

Die erfindungsgemäße Lösung stellt eine neuartige schaltbare Weichen-Anordnung dar, die in integrierter Technik mit hoher Packungsdichte eingesetzt werden kann und das Schalten mit Spannungen und/oder mit Licht zwischen mindestens zwei optischen Wegen, sowie deren Überkreuzung ermöglicht. Durch die Integration entfällt der Platzbedarf für Stecker zum Einfügen des Elementes in die optischen Wege beispielsweise einer Rechnerschaltung.

Patentansprüche

1. Optische Mehrwege-Weiche mit elektrisch einstellbaren Photonen-Kristallen d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß aus einstellbaren Photonen-Kristallen, die aus langen miniaturisierten Nadeln ausgebildet sind, und die als hochpräzise optische Spiegel wirken, eine optische Geometrie aufgebaut wird, daß in der optischen Geometrie als photonische Bandlücken wirkende Deformationen gezielt eingebracht sind, daß die Nadelzwischenräume mit nichtlinear optischen Materialien bzw. Flüssigkristallen gefüllt sind, so daß durch Anordnung von Elektroden an die optische Geometrie und damit durch Anlegen eines starken elektrischen Feldes, die optische Durchlaßcharakteristik der gesamten optischen Geometrie bis zur Reflexion veränderbar ist, daß die optische Geometrie mit weiteren unterteilten Elektroden zur separaten Feldführung in Kristallbereichen versehen ist, so daß die optische Geometrie gleichzeitig in ihrer optischen Durchlaßcharakteristik in einzelnen Kristallbereichen getrennt bis zur Reflexion veränderbar ist, und daß die optische Geometrie in Verbindung mit weiteren, winklig zu den einzelnen Richtungsbereichen der optischen Geometrie angeordneten feststehenden Photonenspiegeln, direkt im optischen Weg angeordnet ist, wobei das Licht über die festehenden Photonenspiegel ein- und ausgekoppelt wird, so daß über die Veränderung der Durchlaßcharakteristik der optischen Geometrie und damit die Möglichkeit der gezielten Auskopplung des Lichtes über die einzelnen

feststehenden Photonenspiegel eine Weichenfunktion erzielt wird.

2. Optische Mehrwege-Weiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im optischen Weg eine als abstimmbarer Spiegel ausgebildete optische Geometrie zwischen feststehenden Photonenspiegeln angeordnet ist, wobei die feststehenden Photonenspiegel so ausgerichtet sind, daß das Licht unter einem Winkel von 22,5 Grad gespiegelt und damit unter einem Winkel von 45 Grad auf die als abstimmbarer Spiegel ausgebildete Geometrie des mit nichtlinearem Material gefüllten Photonen-Kristalls trifft, und daß die Geometrie des als abstimmbarer Spiegel wirkenden Photonen-Kristalls in Durchlaßrichtung geschaltet das Licht unbeeinflußt durchläßt und in Reflexion geschaltet das Licht genau in dem feststehenden Spiegel reflektiert, welcher das Licht in den weiterführenden Wellenleiter einkoppelt, so daß eine 2-Wege-Weiche mit Strahl-Überkreuzungsmöglichkeit entsteht.

3. Optische Mehrwege-Weiche nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der als Weiche mit nichtlinear-optischem Material gefüllter Photonen-Kristall zwischen elektrischen Feldplatten angeordnet ist, daß die Feldplatten in vier Quadranten aufgetrennt angeordnet sind, daß die elektrischen Felder in den einzelnen Quadranten einzeln so eingestellt werden, daß einzelne Teilkristalle in Transmission bzw. in Reflexion geschaltet sind, so daß ein einfallender Strahl in eine der drei anderen Diagonalen der Kristallteile wahlweise geschaltet werden kann, wodurch die Funktion einer elektrisch einstellbaren 3-Wege-Weiche realisiert wird.

4. Optische Mehrwege-Weiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein in mehrere Bereiche geteilter

Photonen-Kristall verwendet wird, um Licht entweder aus einer Richtung in weiterführende Richtungen zu lenken oder auf einen benachbart angeordneten gleichartigen steuerbaren Kristall zu richten, so daß eine Verzweigung in weitere Richtungen erreicht wird, wodurch eine kaskadierbare Vermittlungsstruktur in dekadischer oder anderer modularer Anordnung realisiert wird.

5. Optische Mehrwege-Weiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch einstellbaren Photonen-Kristalle ihr Licht auf Photonenspiegel lenken, welche die Richtungsortierung unter 45 Grad in ein rechtwinkliges Muster ausrichten, so daß eine geometrische Einpassung der elektrisch einstellbaren Kristalle bewirkt wird.

6. Optische Mehrwege-Weiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrisch einstellbare Photonen-Kristall durch gezielt angeordnete Deformationen in mehr als vier Bereiche unterteilt ist, so daß eine feinere Aufteilung der stellbaren Kristallbereiche erreicht wird, so daß außer der Richtungsanpassung auch die Intensitätsanpassung der umgelenkten Lichtstrahlen möglich ist.

7. Optische Mehrwege-Weiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Einstellung der Weiche durch eine steuerbare auf den Photonen-Kristall gerichtete Lichtquelle realisiert wird, über die zusätzlich geführtes Licht in den Photonen-Kristall eingekoppelt wird.

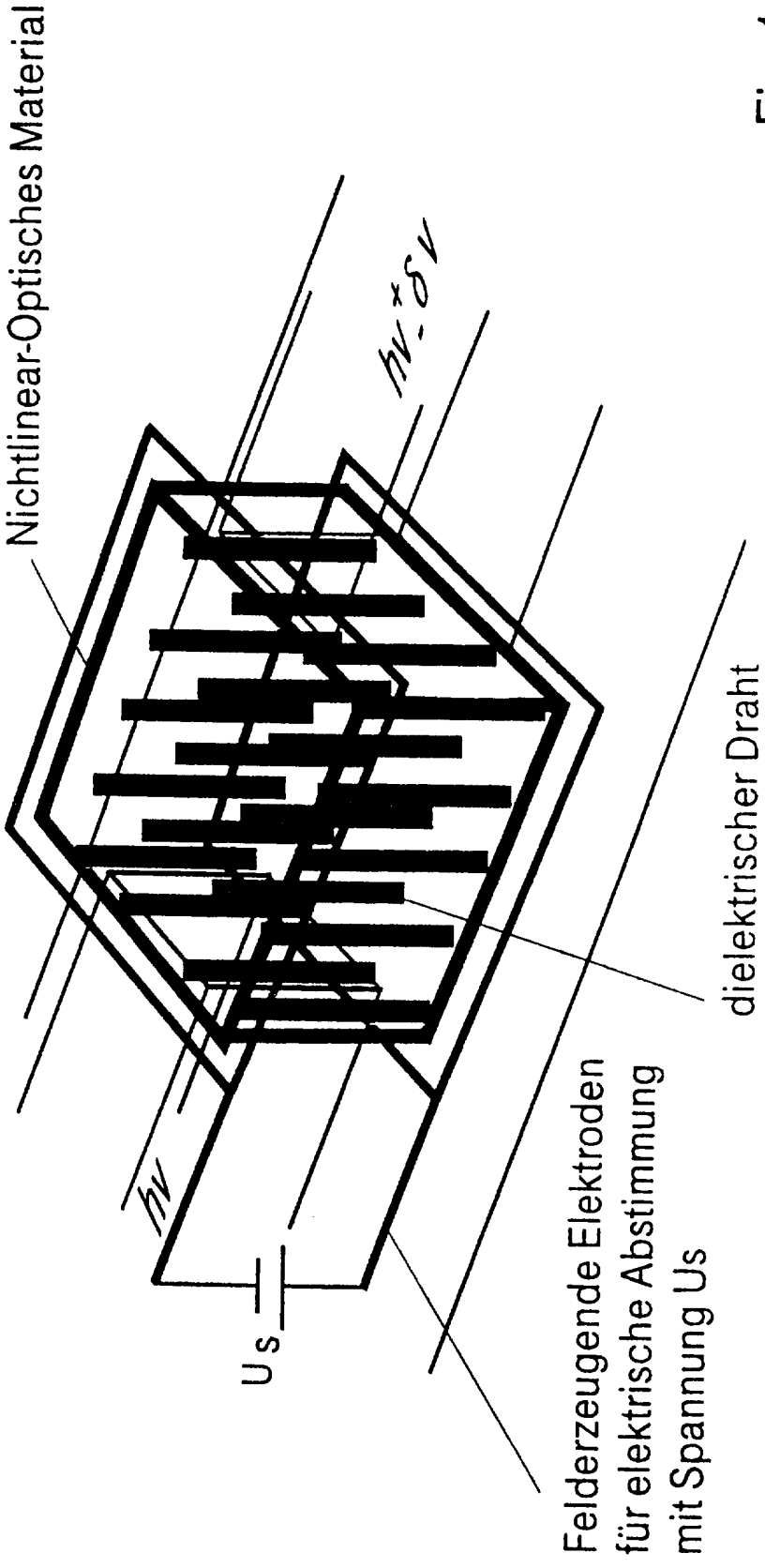

Nichtlinear-Optisches Material
hν + δν
hν
Us
Felderzeugende Elektroden
für elektrische Abstimmung
mit Spannung Us
dielektrischer Draht

Fig.1

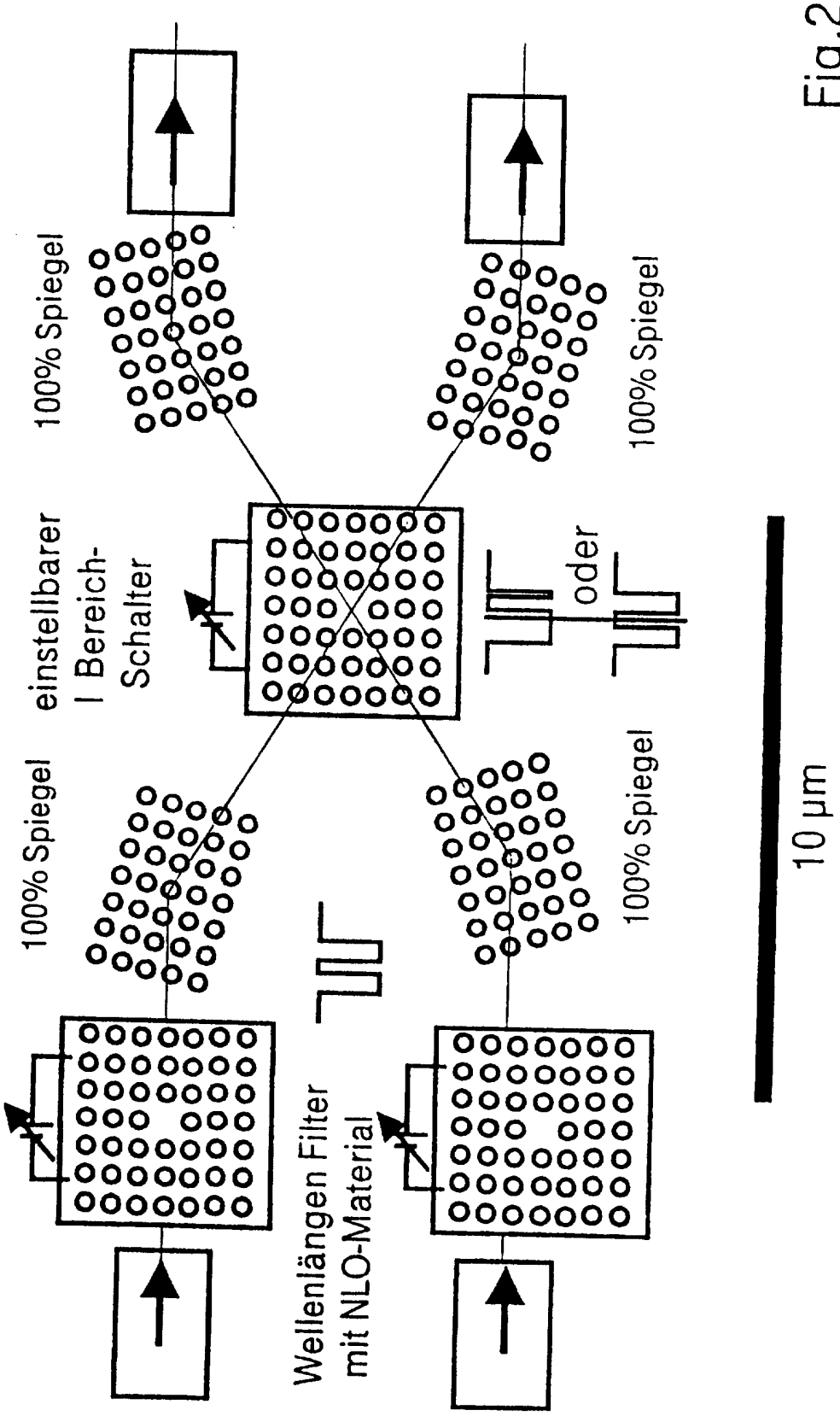

100% Spiegel
100% Spiegel
einstellbarer
I Bereich-
Schalter
oder
100% Spiegel
100% Spiegel
Wellenlängen Filter
mit NLO-Material
10 µm

Fig.2

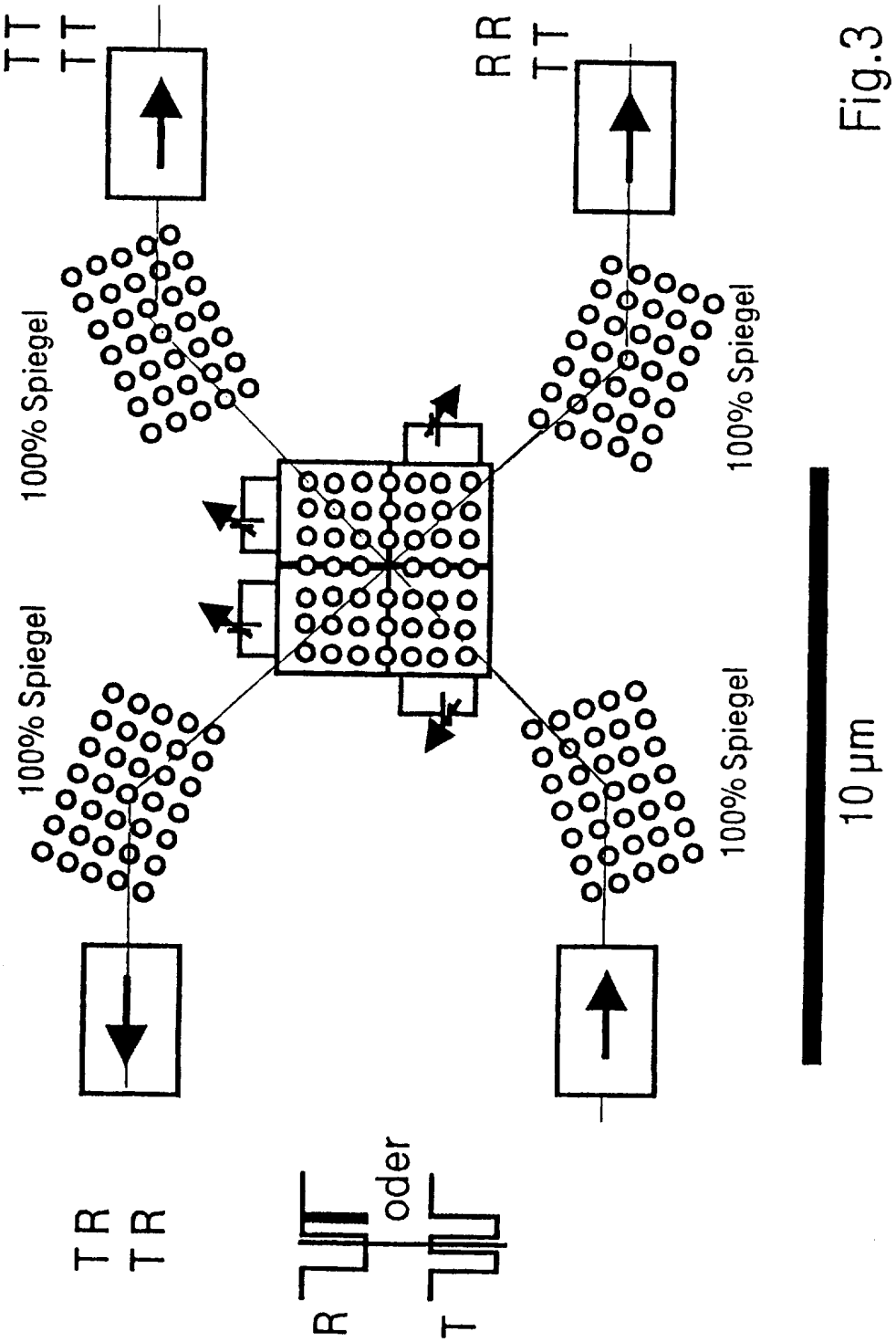
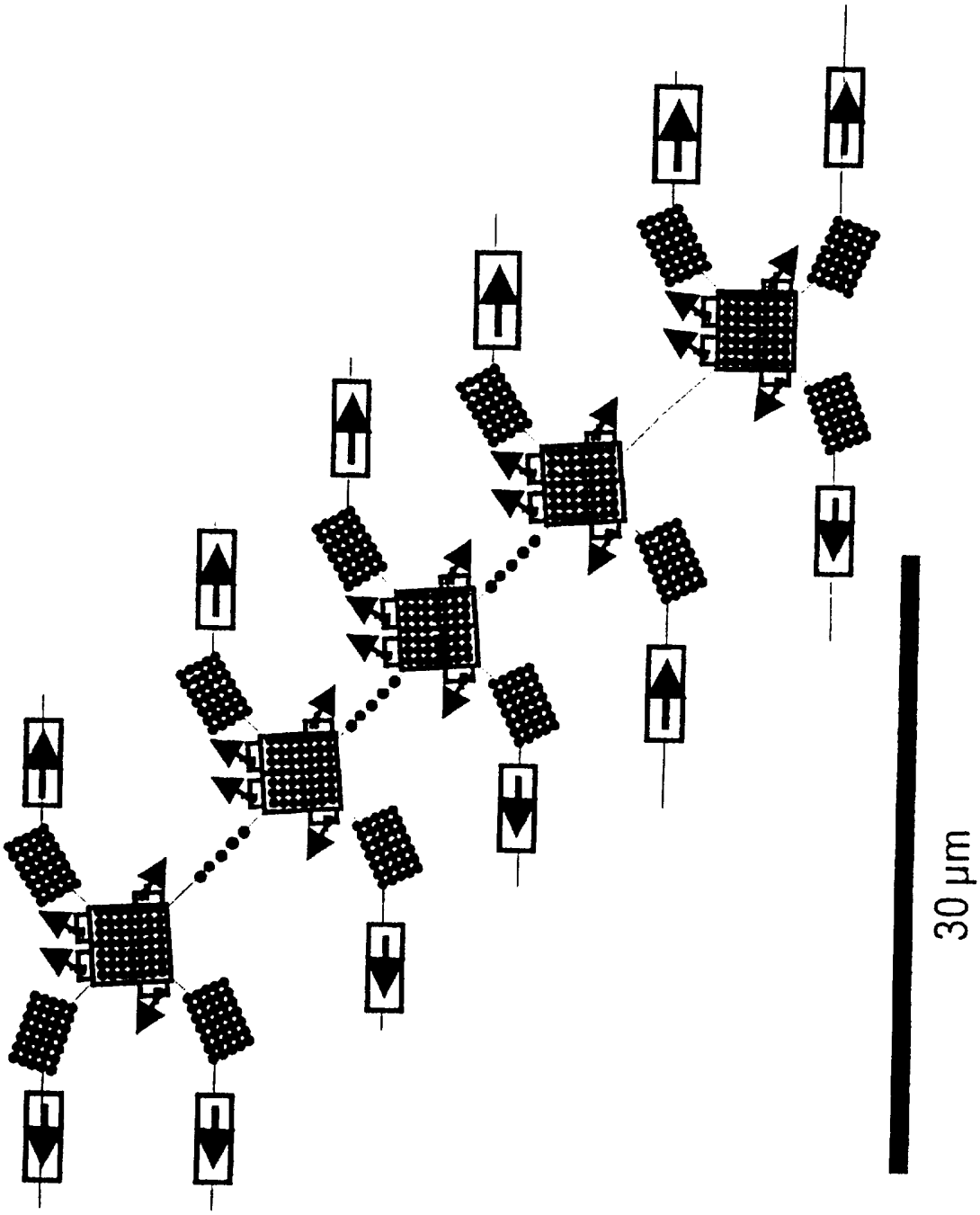

TT
TT
RR
TT
100% Spiegel
100% Spiegel
100% Spiegel
100% Spiegel
10 µm
TR
TR
oder
R
T

Fig.3

Fig.4



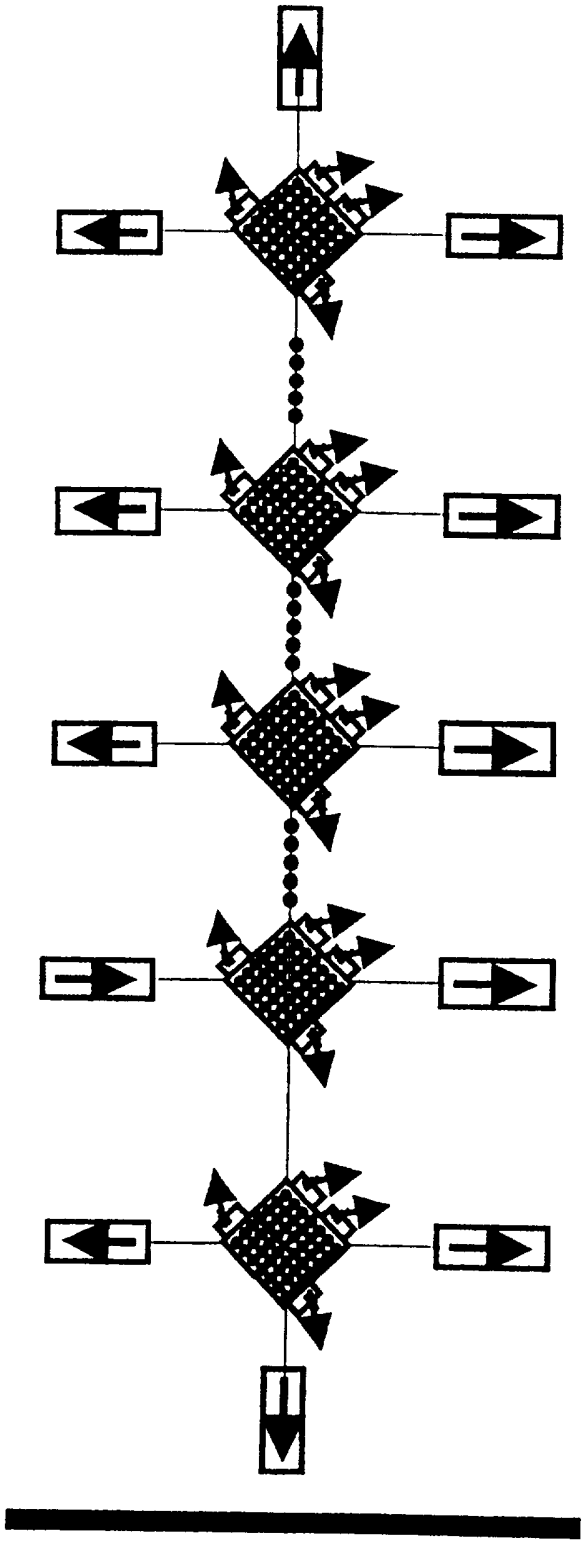


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In .tional Application No
PCT/EP 97/01064

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G02F1/29 G02F1/19

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 G02F G02B

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.
A	APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 67, no. 15, 9 October 1995, pages 2138-2140, XP000578479 BROWN E R ET AL: "LARGE ELECTROMAGNETIC STOP BANDS IN METALLODIELECTRIC PHOTONIC CRYSTALS" see the whole document --- -/--	1

[X] 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

1

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 May 1997	06. 06. 97
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 Diot, P

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 97/01064

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PHYSICS AND SIMULATION OF OPTOELECTRONIC DEVICES IV, SAN JOSE, CA, USA, 29 JAN.-2 FEB. 1996, vol. 2693, ISSN 0277-786X, PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 1996, SPIE-INT. SOC. OPT. ENG, USA, pages 170-175, XP000671668 LIN S -Y ET AL: "High-Q photonic bandgap resonant cavities: from mm-wave to optical regime" see the whole document ---	1
P,X	PROCEEDINGS OF THE SPIE, vol. 2849, 5 August 1996, pages 248-256, XP000617864 KOOPS H W P: "PHOTONIC CRYSTALS BUILT BY THREE-DIMENSIONAL ADDITIVE LITHOGRAPHY ENABLE INTEGRATED OPTICS OF HIGH DENSITY" paragraph 5 -----	1-7

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In ionales Aktenzeichen
PCT/EP 97/01064

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G02F1/29 G02F1/19

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G02F G02B

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.
A	APPLIED PHYSICS LETTERS, Bd. 67, Nr. 15, 9.Oktober 1995, Seiten 2138-2140, XP000578479 BROWN E R ET AL: "LARGE ELECTROMAGNETIC STOP BANDS IN METALLODIELECTRIC PHOTONIC CRYSTALS" siehe das ganze Dokument --- -/--	1

[X] 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

1

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28.Mai 1997	06. 06. 97
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 Diot, P

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In ionales Aktenzeichen
PCT/EP 97/01064

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PHYSICS AND SIMULATION OF OPTOELECTRONIC DEVICES IV, SAN JOSE, CA, USA, 29 JAN.-2 FEB. 1996, Bd. 2693, ISSN 0277-786X, PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 1996, SPIE-INT. SOC. OPT. ENG, USA, Seiten 170-175, XP000671668 LIN S -Y ET AL: "High-Q photonic bandgap resonant cavities: from mm-wave to optical regime" siehe das ganze Dokument ---	1
P,X	PROCEEDINGS OF THE SPIE, Bd. 2849, 5.August 1996, Seiten 248-256, XP000617864 KOOPS H W P: "PHOTONIC CRYSTALS BUILT BY THREE-DIMENSIONAL ADDITIVE LITHOGRAPHY ENABLE INTEGRATED OPTICS OF HIGH DENSITY" abschnitt 5 -----	1-7

1