



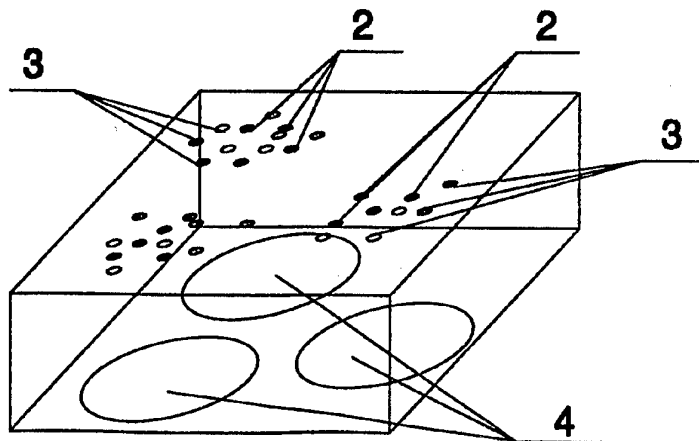
<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G02B 6/12</b></p>	<p><b>A2</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 96/00913</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 11. Januar 1996 (11.01.96)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT95/00136</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 28. Juni 1995 (28.06.95)</p> <p>(30) Prioritätsdaten:                  A 1273/94 28. Juni 1994 (28.06.94) AT                  A 1100/95 27. Juni 1995 (27.06.95) AT</p> <p>(71)(72) Anmelder und Erfinder: BUDIL, Matthias [AT/AT]; Kobenzlgasse 106, A-1190 Wien (AT).</p>		<p>(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, TT, UA, UG, 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).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>

(54) Title: HOLOGRAPHIC NEUROCHIP

(54) Bezeichnung: HOLOGRAFISCHER NEUROCHIP

(57) Abstract

An optoelectronic integrated circuit is optically formed into a network with holograms. In order to achieve an optimum arrangement and an integration density as high as possible of the light sources, detectors or other optoelectronic components, the light emitted by some circuit components is punctually reflected on the circuit through one or several holograms, and optionally also through optical lenses, with an intensity determined by the hologram, and the reflected light hits the components partially or totally. It is also possible to produce a chip which contains several of these structures. Light sources (2) located at the surface of the chip radiate downwards through the transparent substrate. Holograms (4) located at the back side of the chip generate punctually reflected images (3) of the light sources on the front side of the substrate, where detectors are located capable of receiving the upward reflected light.



**(57) Zusammenfassung**

Die Erfindung bezieht sich auf eine optoelektronische integrierte Schaltung, die mit Hologrammen auf optischem Weg vernetzt ist. Es wird eine optimale Anordnung für eine möglichst hohe Integrationsdichte der Lichtquellen, Detektoren oder anderen optoelektronischen Bauelementen dadurch erreicht, daß Licht, das von einigen dieser Bauelemente der Schaltung ausgeht, durch ein oder mehrere Hologramme und wahlweise zusätzlich durch optische Linsen auf die Schaltung punktgespiegelt ein oder mehrmals mit durch das Hologramm bestimmter Intensität zurückreflektiert wird und daß das zurückreflektierte Licht teilweise oder ganz auf Bauelemente fällt. Es ist auch möglich, einen Chip herzustellen, der diese Bauweise mehrmals in seinem Inneren realisiert hat. Auf seiner Oberfläche befinden sich Lichtquellen (2), die durch das lichtdurchlässige Substrat nach unten strahlen. Auf der Rückseite des Chips befinden sich Hologramme (4), die wiederum punktgespiegelte Abbildungen (3) der Lichtquellen auf der Substratvorderseite erzeugen, wobei sich dort Detektoren befinden, die das Licht von unten empfangen können.

**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

## Holografischer Neurochip

Die Erfindung bezieht sich auf eine optoelektronische integrierte Schaltung (1), die ein Lichtmuster (2) erzeugt, indem Lichtstrahlen von einigen ihrer optisch aktiven Bauelemente ausgehen, durch einige ihrer optisch aktiven Bauelemente hindurchgehen und/oder von einigen ihrer optisch aktiven Bauelemente reflektiert werden.

Bekannt sind bisher optoelektronische Schaltungen, die eine vorgegebene Anordnung von Lichtquellen und Detektoren optisch miteinander vernetzen, indem eine Vielzahl von Hologrammen oder ein einzelnes Hologramm verwendet wird, wobei jedoch nicht eine optimale Anordnung der Lichtquellen und Detektoren zueinander berücksichtigt wird. Dieses Verfahren scheitert, wenn Lichtquellen und Detektoren integriert ausgeführt werden und damit deren Größe und Abstände einige Wellenlänge des verwendeten Lichtes beträgt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine optimale Anordnung der Lichtquellen und Detektoren auf einem Substrat vorzugeben, damit diese optoelektronischen Schaltungen, die mit Hologrammen optisch vernetzt werden, möglichst hoch integriert werden können.

Die Erfindung löst diese Aufgabe dadurch, daß das Lichtmuster oder Teile davon durch ein oder mehrere Hologramme (4) und wahlweise zusätzlich durch optische Linsen (5) auf die Schaltung, gegebenenfalls durch Abbildungsfehler verzerrt, ein oder mehrfach punktgespiegelt mit durch das Hologramm bestimmten Intensitäten zurückreflektiert werden (3) und daß das zurückreflektierte Lichtmuster teilweise oder ganz auf optisch aktive Bauelemente, wie beispielsweise Lichtdetektoren und/oder Lichtmodulatoren, fällt, um eine Verknüpfung von Lichtintensitäten, die von einem oder mehreren Punkten des Musters ausgehen, durchführen zu können.

Die Erfindung kann außerdem auf einem Substrat realisiert werden, wobei sich auf dem Substrat Laser- oder Leuchtdioden befinden, die Licht nach oben oder nach unten durch das Substrat abstrahlen. Zusätzlich können sich am Substrat integrierte elektrooptische Modulatoren, befinden, die durch Hologramme oder Linsen fokussiertes Laserlicht modulieren. Die vom Substrat nach oben oder nach unten ausgehende Lichtverteilung wird durch optische Linsen und Hologramme oder nur durch Hologramme mehrmals punktgespiegelt und gegeneinander verschoben auf die Substratoberfläche von oben oder von unten durch das Substrat mit gewünschter Intensität abgebildet. Weiters befinden sich an bestimmten Stellen auf dem Substrat

Detektoren, die das von oben oder von unten durch das Substrat einfallende Licht empfangen, wobei das Licht auch mehrmals durch Bauelemente moduliert werden kann und dabei mehrmals durch Hologramme reflektiert wird. Zusätzliche Funktionen können außerdem elektronische Schaltungen ausführen, die sich am Substrat befinden.

Besonders kompakte Varianten der Erfindung erhält man, wenn sich die bildgebenden Hologramme und optischen Linsen auf der Substratoberfläche oder im Substrat befinden. Weitere Vernetzungen entstehen dadurch, daß sich die bildgebenden Hologramme und die optischen Linsen auf oder in lichtdurchlässigen Schichten, die auf der Vorder- oder Rückseite des Substrats angebracht sind, befinden. Unerwünschte Lichtstrahlen können durch Blenden beseitigt werden, die beispielsweise durch Ätzprozesse im Substrat oder auf den am Substrat befestigten Schichten erzeugt werden. Zusätzlich können mehrere solcher optoelektronischer Schaltungen in Sandwichbauweise verbunden werden, und Hologramme oder optische Linsen können Licht von einer zu einer anderen Schaltungsebene projizieren.

Optisch steuerbare Lichtquellen und Modulatoren können dadurch realisiert werden, daß sich SEED-(self electrooptic effect device)-Bauelemente auf dem Substrat befinden, die ihren Zustand wahlweise elektrisch oder durch einfallendes Licht ändern können.

Neuronale Netze können dadurch realisiert werden, daß eine regelmäßige Lichtverteilung wiederholt auf die Schaltung zurückreflektiert wird, sodaß in der Nähe jedes Lichtpunktes jeder andere Lichtpunkt abgebildet wird. Vektor-Matrix-Multiplizierer entstehen durch matrix-, zeilen- oder spaltenförmige Lichtverteilungen, die wiederholt in matrix-, zeilen- oder spaltenförmige Lichtdetektorgruppen zurückreflektiert werden.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

In der Erfindung wird der Begriff Hologramm für alle Arten von Lichtbeugungsstrukturen verwendet, die auf sie einfallende Wellenfronten so ändern, daß Abbildungen von Lichtpunkten durch sie alleine, mit zusätzlichen Linsen und/oder zusätzlichen Spiegeln entstehen, wobei die Beugung durch lokale Änderung der Amplitude, der Phase, der Polarisierung oder Kombination aus diesen erzeugt wird. Insbesondere seien Strichgitter, Filmhologramme, Phasengitter, Fresnellinsen, mehrschichtige Hologramme, dicke Hologramme bzw. Volumenhologramme erwähnt. Das Hologramm kann auch als Filter oder Polarisator ausgeführt sein, wobei es dann nur bei gewissen Wellenlängen oder Polarisationsrichtungen Abbildungen erzeugt. Weiters kann

das Hologramm selbst als Spiegel wirken, wenn sich eine reflektierende Schicht auf seiner Oberfläche befindet. Außerdem sind Hologramme denkbar, die modulierend wirken, das heißt, daß die Intensität ihrer Abbildungen verändert werden kann. Eine Möglichkeit dafür sind elektrooptische Kristalle oder Flüssigkristalle, die ihre elektromagnetischen Eigenschaften in Abhängigkeit von elektrischen Feldern ändern. Mit Hilfe von Elektrodenstrukturen können Lichtbeugungsstrukturen erzeugt werden. Die Berechnung und Herstellung der oben erwähnten Hologramme zur Erzeugung von Abbildungen ist Stand der Technik. Werden keine Linsen verwendet, bestehen die abbildenden Strukturen aus Kreisen. Werden Linsen zur Abbildung verwendet, so sind die Strukturen aus Linien zusammengesetzt.

In Fig.1 ist ein Substrat (1) mit drei Lichtquellen (2) dargestellt, deren Licht durch ein Reflexionshologramm wieder auf das Substrat gelenkt wird, wobei punktgespiegelte Abbildungen (3) der Lichtquellen entstehen, die unterschiedliche Intensität haben können. Die Lichtquellen sind in Fig.1 schwarz dargestellt und ihre Abbildung mit verschiedenen Grauwerten, um anzudeuten, daß verschiedene Intensitäten für jede Abbildung möglich sind. Die Lichtquellen selbst können auch verschiedene Intensität aufweisen. Dadurch entsteht in jedem Lichtfleck einer Abbildung eine Lichtintensität, die sich aus der Intensität der zugeordneten Lichtquelle und einem Multiplikationsfaktor, der durch das Hologramm bestimmt wird, zusammensetzt. Auch können sich Lichtflecke von verschiedenen Lichtquellen und verschiedenen Abbildungen überlagern, wodurch eine Addition der Abbildungsintensitäten entsteht. Durch diese Eigenschaft besteht die Möglichkeit, Licht in einem Detektor zu sammeln, dessen Gesamtintensität sich aus der Addition von gewichteten Lichtquellenintensitäten zusammensetzt. Mit Hilfe dieser Eigenschaft können Netze mit hohem Vernetzungsgrad aufgebaut werden, wie sie unter anderem bei neuronalen Netzen vorkommen. Die Gewichte der Netzkanten sind in diesem Beispiel positiv und werden durch das Hologramm fix vorgegeben. Außerdem kann jede beliebige logische Verknüpfung mit diesem Verfahren aufgebaut werden. Von  $n$  gleichen Lichtquellen werden  $n$  punktgespiegelte Abbildungen mit gleicher Intensität so erzeugt, daß in einem Lichtdetektor alle  $n$  Abbildungen der Lichtquellen projiziert werden. In diesem Detektor entsteht dadurch eine Lichtintensität, die proportional zu Summe der Lichtintensitäten der Lichtquellen ist, und wenn die Lichtquellen ein- und ausgeschaltet werden, wird eine binäre Größe dargestellt. Durch eine dem Detektor nachgeschaltete Schwellwertlogik kann, wenn die Schwelle so niedrig gewählt wird, daß bei nur einer eingeschalteten Lichtquelle eine Eins entsteht, ein logisches Oder oder, wenn die Schwelle so hoch gewählt wird, daß nur bei allen eingeschalteten Lichtquellen eine Eins entsteht, ein logisches Und realisiert werden. Mit Hilfe eines herkömmlichen elektronischen Inverters kann dann jede logische Verknüpfung realisiert werden.

In Fig.2 ist das Substrat (1) mit einem Hologramm (4) und einer Linse (5) dargestellt, wobei sich die Oberfläche des Substrates in der Brennebene der Linse befindet. Die Linse erzeugt eine räumliche Fouriertransformation der Lichtquellen des Substrates. Das Hologramm besteht in diesem Fall aus einer Überlagerung von Gitterlinien, die Wellenfronten erzeugen, die, wenn sie durch die Linse wiederum fouriertransformiert werden, den Abbildungen auf dem Substrat entsprechen. Das Hologramm kann auch direkt hinter der Linse angeordnet werden, damit Vignettierungseffekte möglichst gering sind.

In Fig.3 ist das Substrat (1) mit einem Hologramm (4) dargestellt, das die Abbildungen direkt ohne Linse erzeugt. In diesem Fall besteht das Hologramm aus einer Überlagerung von Beugungslinsen, die die Abbildungen am Substrat erzeugen, wobei die Beugungslinsen zueinander entsprechend verschoben sind.

Der Vorteil des wiederholten Abbildens der Lichtquellen liegt darin, daß Optiken mit hoher Apertur verwendet werden können. Dadurch sind die Abbildungsfehler, die durch Beugungseffekte entstehen, besonders klein, und es können integrierte Schaltungen als Substrat verwendet werden. Als Nachteil ist anzuführen, daß Lichtpunkte entstehen können, die nicht verwendet werden. Ein wesentlicher Faktor für die Qualität einer optischen Vernetzung ist das Raumbandbreiteprodukt, das sich aus dem Quadrat des Verhältnisses des Durchmessers der Abbildung zum Durchmesser der Lichtpunkte ergibt. Durch die hohe Apertur sind die Lichtpunkte besonders klein, und werden komplexe Linsensysteme, die weitere Abbildungsfehler, wie z.B. die Verzeichnung, korrigieren und auch asphärisch geschliffene Linsen enthalten können, verwendet, können Halbleiterchips mit 10mm Durchmesser und mehr vernetzt werden. Als Hologramme können auch binäre und multilevel Phasenhologramme eingesetzt werden. Bei normalen Hologrammen und binären Phasenhologrammen muß berücksichtigt werden, daß immer zwei Abbildungen entstehen. Weiter unten werden Beispiele angeführt, die diesen Effekt ausnützen.

Kommen Halbleiterlaserdioden als Lichtquellen zum Einsatz, muß bedacht werden, daß die abgestrahlte Wellenlänge variieren kann. Bei gewöhnlichen Hologrammen führt das zu einer Veränderung der Abbildung. Mit Hilfe von dicken, mehrschichtigen Hologrammen oder Volumen hologrammen kann erreicht werden, daß die Abbildung bei Änderung der Wellenlänge weitgehend konstant bleibt. Wird keine Linse verwendet, können Abbildungsfehler der Hologramme auch durch solche Maßnahmen korrigiert werden.

Bei monochromatischem parallelem Laserlicht können Hologramme dazu dienen, Lichtpunkte auf dem Substrat zu erzeugen. In Fig.4 ist eine Bauweise dargestellt, mit deren Hilfe paralleles Laserlicht durch ein Hologramm (4) und eine Linse (5) auf ein Substrat (1) fokussiert wird. An den Stellen, wo die Lichtpunkte sind, befinden sich optoelektronische Bauelemente, die ihre Reflexionseigenschaften ändern können, wie z.B. multiple quantum well Bauelemente. Dadurch wird Licht von diesen Stellen gesteuert zum Hologramm zurückreflektiert und von diesem wie bisher auf das Substrat zurückgespiegelt. Das Hologramm ist so ausgeführt, daß Teile davon in Transmission und andere Teile in Reflexion arbeiten. Die Bereiche, die das Licht durchlassen, erzeugen die Lichtpunkte am Substrat, die Bereiche, die das Licht reflektieren, erzeugen die punktgespiegelten Abbildungen dieser Lichtpunkte.

In Fig.5 ist eine Variante dargestellt, bei der das Laserlicht von der Rückseite des Substrates (1) einfällt. Hinter dem Substrat befindet sich ein Hologramm (6) und eine Linse (7), die das Licht auf das Substrat fokussiert, wobei an diesen Stellen das Substrat lichtdurchlässig ist. Am Substrat befinden sich an den Stellen der Lichtpunkte optoelektronische Bauelemente, die ihre Transmissionseigenschaften ändern können, wie z.B. multiple quantum well Bauelemente. Dadurch entstehen gesteuerte Lichtquellen, deren Licht wie bisher optisch weiterverarbeitet werden kann. Die in Fig.4 und Fig.5 gezeigten Varianten können auch nur mit Hologrammen aus Beugungslinsen aufgebaut werden. Weiters besteht die Möglichkeit, das Licht, wenn es durch das vordere Hologramm zurückreflektiert wurde, wieder mit Transmissionsbauelementen zu modulieren und vom hinteren Hologramm, wie im Beispiel in Fig.4, auf das Substrat zurückzereflektieren. Die Detektoren müssen dann so gebaut sein, daß Licht von der Rückseite des Substrates empfangen werden kann. Das Laserlicht kann bei dieser Ausführung auch von vorne kommen, dann zweimal durch das Substrat verlaufen und vom vorderen Hologramm reflektiert werden. In diesem Falle werden herkömmliche Detektoren benötigt, die das Licht von vorne empfangen. Auch ist eine Variante denkbar, die vom Laserlicht von vorne und von hinten bestrahlt wird. Durch das zweimalige Modulieren des Lichtstrahles sind variable Gewichte in den Netzkanten möglich.

In Fig.6 ist ein Chip dargestellt, der die Bauweise in Fig.3 mehrmals in seinem Inneren realisiert hat. Auf seiner Oberfläche befinden sich Lichtquellen (2), die jedoch durch das Substrat nach unten strahlen. Auf der Rückseite des Chips befinden sich Hologramme (4), die wiederum punktgespiegelte Abbildungen (3) der Lichtquellen auf der Substratvorderseite erzeugen, wobei sich dort Detektoren befinden, die das Licht von unten empfangen können. Voraussetzung für diese Bauweise ist, daß das Substrat für das verwendete Licht durchlässig ist. Durch diese Bauweise können logische Schaltungen realisiert werden, die auf dem Prinzip der

Schwellwertlogik basieren, die auch bei neuronalen Netzen zum Einsatz kommen. Die Abbildungen werden sofort erzeugt, daß in einem Detektor alle Lichtpunkte entsprechend gewichtet einmal abgebildet werden. Sind negative Gewichte auch erforderlich, muß dieses Verfahren ein zweites Mal angewandt werden. Die Meßergebnisse der Detektoren werden durch elektronische Schaltungen weiterverarbeitet, wobei das negative Ergebnis vom positiven abgezogen wird und ein Komparator das Endergebnis liefert. Mit Hilfe der Schwellwertlogik lassen sich alle logische Operationen durchführen. Weiters können solche Schaltungen leicht mehrmals am Chip realisiert werden, da ein und dasselbe Hologramm für mehrere Logikelemente verwendet werden kann. Der Abstand der Rückseite von der Vorderseite des Chips bestimmt, wie groß das Hologramm ist. Ist nur ein kleiner Bildbereich gewünscht und möchte man die Fläche des Chips optimal ausnützen, muß der Abstand zwischen Vorder- und Rückseite verkürzt werden. Hier können z.B. Ätztechniken angewendet werden. Geätzte Stege zwischen den einzelnen Hologrammen können dazu dienen, Übersprechen zwischen den einzelnen Bereichen zu verhindern. Diese Stege können sowohl von der Vorderseite als auch von der Rückseite aus geätzt werden, wobei die von der Rückseite geätzten Stege den Vorteil besitzen, daß sie keine Fläche für die elektronischen Schaltungen auf der Vorderseite verbrauchen. Auch bei diesem holografischen Neurochip kann durch Hologramme fokussiertes Laserlicht und Bauelemente, die ihre Transmissionseigenschaften ändern können, verwendet werden, um steuerbare Lichtquellen zu erzeugen. In diesem Fall kommt das Laserlicht von vorne und wird auf die Transmissionsbauelemente fokussiert. Dann dringt es in das Substrat ein und kann eventuell durch Mikrobeugungslinsen aufgeweitet werden. Der weitere optische Strahlengang erfolgt so, als ob sich die Lichtquelle direkt am Chip befindet. Der Chip kann auch von der Rückseite bestrahlt werden, wobei die einzelnen Bereiche dann der Anordnung in Fig.4 entsprechen würden. Die Hologramme fokussieren das Licht von der Rückseite auf die Bauelemente, die sich auf der Vorderseite befinden. Diese Bauelemente können wiederum ihre Reflexionseigenschaft ändern und reflektieren das Licht gesteuert zurück auf die Hologramme. Außerdem können Bauelemente zum Einsatz kommen, welche das Licht moduliert durchlassen und dieses modulierte Licht wird in weiterer Folge durch ein Hologramm auf den Chip zurückreflektiert. Dort wird das Licht detektiert oder fällt wieder durch ein modulierendes Bauelement und wird von den Hologrammen auf der Rückseite des Chips auf die Oberfläche zurückreflektiert. Weiters besteht die Möglichkeit, daß das Licht wie in Fig.5 von hinten auf die Chipoberfläche fokussiert wird, dort wahlweise moduliert wird, von dem Hologramm auf der Vorderseite zurück auf den Chip reflektiert wird, dort wieder wahlweise durch ein Bauelement moduliert wird und von den Hologrammen auf der Chiprückseite auf die Vorderseite reflektiert wird. Durch das zweimalige Modulieren des Lichtes können Netze mit variablen Kanten aufgebaut werden. Außerdem kann eine transparente Schicht, die weitere Hologramme trägt, auf dem Chip befestigt sein. Der Chip



kann auch elektronische Schaltungen auf der Rückseite und Hologramme auf der Vorderseite besitzen, und die Anordnung kann sandwichartig aufgebaut sein, wobei Hologramme Licht zwischen den einzelnen Schichten übertragen können.

In Fig.7 ist ein Beispiel dargestellt, wie mit Hilfe der oben erläuterten Bauweise auf einem Substrat ein neuronales Netz aufgebaut werden kann. Die Lichtquellen (2) sind rund gezeichnet und die Detektoren (8) quadratisch. Jeder Lichtquelle ist ein Großbuchstabe zugeordnet und jeder zugehörigen Abbildung auf einem Detektor der entsprechende Kleinbuchstabe in verschiedenartiger Schrift. Die Schriftart ist für jede Abbildung aller Lichtquellen gleich. Die Lichtquellen werden in diesem Beispiel neunmal auf das Substrat punktgespiegelt abgebildet, wobei das Symmetriezentrum (9) genau in der Mitte des Substrats liegt. Diese Abbildung kann beispielsweise mit Hilfe eines binären Phasengitterhologrammes und einer Linse erzeugt werden. Die Abbildung nullter Ordnung (10) gibt es nur einmal und ist fett unterstrichen dargestellt. Alle anderen Abbildungen erster Ordnung (11) sind symmetrisch zur Abbildung nullter Ordnung. Bei einem binären Phasengitter entsteht immer eine zweite Abbildung erster Ordnung, die genauso weit von der Abbildung nullter Ordnung, nur in die andere Richtung, verschoben ist, wie die erste Abbildung erster Ordnung. Diese Eigenschaft ist in diesem Beispiel wünschenswert. Die einzelnen Lichtpunkte der Lichtquellen entstehen hier alle in der Nähe einer Lichtquelle. Dadurch wird gewährleistet, daß jeder Intensitätswert in die Nähe jeder Lichtquelle übertragen wird, womit ein voll vernetztes neuronales Netz aufgebaut werden kann. Die Gewichte werden in diesem Beispiel elektronisch ausgewertet, die sich daraus ergebenden Werte elektronisch addiert und das Ergebnis nichtlinear bewertet und an die jeweilige Lichtquelle weitergegeben. In diesem Beispiel erfolgt die Vernetzung rein optisch und die Berechnung wird analog und lokal durchgeführt. Es besteht die Möglichkeit, auch digitale Netze aufzubauen, wobei mehrere Lichtquellen und Detektoren zu Gruppen zusammen gefaßt sind, die eine digitale Zahl repräsentieren. In Fig.11 ist eine solche digitale Variante eines optischen Rechners dargestellt.

In Fig.8 ist eine ähnliche Variante wie in Fig.7 dargestellt, die jedoch die Addition optisch durchführt. Pro Zelle sind hier acht Lichtquellen (2) und zwei Detektoren (8) vorhanden, damit auch negative Gewichte berücksichtigt werden können. Die neunmalige Projektion der Lichtquellen ist durch die Abbildung der linken oberen Lichtquelle "A" an Stellen wo sich ein kleines a befindet, eindeutig festgelegt. Jede Zelle hat Lichtquellen, die einer anderen Zelle (12) oder derselben Zelle (13) zugeordnet sind, wobei die eine negative Werte und die andere positive Werte überträgt. Die Detektoren sind so versetzt angeordnet, daß sie das Licht für die zugeordnete Zelle und des zugehörigen Vorzeichens sammeln. Das Endergebnis wird durch elektronische Subtraktion der beiden Detektoren erzeugt. Es besteht auch die Möglichkeit,

beide Varianten aus Fig.7 und 8 zu kombinieren, sodaß sowohl Multiplikation als auch Addition optisch durchgeführt wird. Das Licht geht in diesem Fall von jeder Zelle aus, trifft wie in Fig.7 bei jeder Zelle ein, wobei sich statt den Detektoren dort optoelektronische Bauelemente befinden können, die ihre Reflexionseigenschaften ändern können, wird dort gesteuert reflektiert und fällt wieder wie in Fig.8 in einen Detektor. Vorzeichen müssen in diesem Fall auch durch mehrmalige Ausführung berücksichtigt werden.

In Fig.9 ist ein Vektoraddierer dargestellt, der Vektoren in zwei Schritten analog addiert. Die Vektoren werden an den Lichtquellen (2) angelegt, wobei jede Lichtquellenspalte einen Vektor darstellt. Die Addition der Vektoren erfolgt in zwei Schritten. Zuerst werden die Teilergebnisse in den dafür vorgesehenen Detektoren (14) gesammelt. Dazu sind die Abbildungen (15) der Lichtquellen dreimal gegenüber dem Symmetriezentrum (9), das der Mittelpunkt der Anordnung ist, um eine Zelle nach links und nach rechts verschoben. Diese Verschiebung wird durch die Abbildung der Lichtquelle "A" in Bereiche, die durch ein kleines "a" gekennzeichnet sind, angezeigt. Es sind noch weitere Abbildungen (16) vorhanden, die um 6 bzw. um 13 Zellen nach links und nach rechts verschoben sind. Diese Verschiebungen dienen dazu, die Teilergebnisse in den Detektoren des Gesamtergebnisses (17) zu sammeln. Beim ersten Schritt werden die zu den Detektoren der Teilergebnisse benachbarten inneren Lichtquellen (18) nicht benützt, da sonst ihre Intensitäten in unerwünschten Detektoren empfangen würden. Die Teilergebnisse entstehen dann in zum Mittelpunkt punktgespiegelter Weise in den Teilergebnisdetektoren (14). Diese Ergebnisse werden dann zu den inneren benachbarten Lichtquellenspalten (18) weitergegeben, und das Endergebnis entsteht dann in der mittleren Detektorenzeile, wobei wieder eine Punktspiegelung erfolgt, womit das Endergebnis wieder dieselbe Richtung wie die ursprünglichen Vektoren hat. Durch die zweimalige Addition wird auch gewährleistet, daß nicht zu viele Abbildungen notwendig sind, die dann entsprechend lichtschwach wären. In Fig.10 ist eine ähnliche Variante abgebildet, bei der verhindert wird, daß Licht wieder auf Lichtquellen (2) fällt, indem die Lichtquellen um zwei Zellen verschoben sind, das Licht aber um ungerade Zellenanzahl verschoben wird, damit es auf einen Detektor (8) fällt. Das kann von Vorteil sein, wenn reflektierende Bauelemente verwendet werden. Weiters wird das Übersprechen durch Beugungseffekte zwischen den Zellen verringert. In Fig.11 ist eine digitale Variante des optischen Addierwerkes dargestellt. Die Zahlen werden in diesem Beispiel durch 4x4 große Lichtquellenfelder (19) repräsentiert. Es können dort 16 Bit lange Zahlen oder ein Teilergebnis einer Multiplikation von zwei 4 Bit langen Zahlen dargestellt werden. Die Teilergebnisse entstehen dadurch, daß jede Stelle der einen Zahl mit jeder anderen Stelle der anderen Zahl multipliziert wird. Im Mitteldetektorstreifen (20) entstehen dann Intensitätswerte, die durch Analog-Digitalwandler ausgewertet werden können und dann entsprechend ihres Stellenwertes

zusammenaddiert werden müssen, um das Endergebnis zu erhalten. Mit diesem Verfahren können Vektormatrixmultiplizierer aufgebaut werden.

In Fig.12 ist ein optisches Rechenwerk dargestellt, mit dem auch die transponierte Matrix mit einem Vektor multipliziert werden kann. Das wird dadurch erreicht, daß die Abbildungen nicht nur nach links und nach rechts, sondern auch nach oben und nach unten verschoben werden. Sonst ist das Rechenwerk wie die oberen Beispiele ausgeführt. Es entstehen wieder punktgespiegelte Teilergebnisse in den dafür vorgesehen Detektoren (14), und die Endergebnisse werden in den mittleren Detektoren (17) gesammelt. Die Multiplikation der Vektorelemente mit den Matrixelementen, die bei jeder Zelle gespeichert sind, erfolgt lokal bei jeder Zelle und kann auch teilweise optisch (Fig.13) erfolgen, wobei sich die Hologramme dafür auf der Rückseite des Substrates, wie in Fig.6 dargestellt, befinden können. Der Vorteil dieses Rechenwerkes liegt darin, daß es für Modelle der neuronalen Netze gut geeignet ist. Wird der Backpropagationalgorithmus angewendet, werden die Datenvektoren zB. senkrecht angelegt und die Differenzvektoren waagrecht. Die Vektoren können elektrisch durch Leitungen, die senkrecht und waagrecht verlaufen, zu den Zellen gebracht werden oder auch optisch mit ähnlichen Verfahren wie oben vorgestellt. In diesem Falle müssen entsprechende Detektoren bei jeder Zelle vorhanden sein. Gleichzeitig wird das äußere Produkt aus Datenvektoren und Differenzvektoren für die Änderung der Matrixelemente, entsprechend der Lernregel, benötigt, wobei das Ergebnis wieder eine Matrix ist, die lokal bei jeder Zelle ausgewertet und zum zugehörigen Matrixelement addiert werden kann. Bei mehrschichtigen Netzen können mehrere solcher Anordnungen kaskadiert werden.

In Fig.13 ist dargestellt, wie ein matrixförmiges Zwischenergebnis, das dadurch entsteht, daß jede Stelle der einen Zahl mit jeder anderen Stelle der anderen Zahl multipliziert wird, durch optische Methoden ausgewertet werden kann. Die Abbildung des matrixförmigen Zwischenergebnisses wird entsprechend oft der Stellenanzahl der Zahlen um eine Zelle diagonal versetzt überlagert. In Fig.13 ist das dadurch angedeutet, daß die linke untere Ecke mit einem "a" gekennzeichnet ist. In der mittleren Zeile oder Spalte (21) entsteht dann das Gesamtergebnis, das durch Analog-Digitalwandler ausgewertet wird, und diese Zahlen werden dann elektronisch entsprechend ihrer Stelle addiert.

Im folgenden soll das Problem der unerwünschten Abbildungen gelöst werden. Durch den Einsatz von Hologrammen als bildgebende Elemente können Lichtstrahlen entstehen, die nicht zur Funktion der Schaltung beitragen. In Fig.14 ist ein Lichtmuster dargestellt, das zwei in entgegengesetzter Richtung um den gleichen Abstand zur direkten um die optische Achse (24)

punktgespiegelten Projektion (22) versetzte Abbildungen (3) der Lichtquellen enthält. Die direkte punktgespiegelte Projektion (22) der Lichtquellen wird Abbildung nullter Ordnung, und die beiden anderen Projektionen werden Abbildungen erster Ordnung genannt. Zusätzlich sind Abbildungen höherer Ordnung (23) dargestellt, die um ganzzahlige Vielfache des Abstandes der Abbildungen erster Ordnung von jener nullter Ordnung versetzt sind. Sie sind jedoch in diesem Fall unerwünscht und werden nicht auf das Substrat (1), auf dem sich die Schaltung befindet, projiziert. Das dargestellte Lichtmuster entsteht, wenn ein Hologramm verwendet wird, das nur die Amplitude der durch eine Linse fouriertransformierten Lichtstrahlen dämpft, wie zum Beispiel ein Filmhologramm, oder das nur die Phase dieser Lichtstrahlen ändert, wie zum Beispiel ein binäres oder ein multilevel Phasengitter. Insbesondere entstehen bei Verwendung von Hologrammen die Abbildungen höherer Ordnung, wenn sie das Licht nur auf zwei verschiedene Arten modulieren können. Zum Beispiel wenn das Hologramm das Licht in Abhängigkeit vom Ort reflektiert oder nicht, oder wenn es die Phase in Abhängigkeit vom Ort um 0 Grad oder um 180 Grad dreht. Die erwähnten Hologramme müssen auf der Rückseite verspiegelt sein, oder es muß sich hinter ihnen ein Spiegel befinden, damit die Lichtstrahlen auf die Schaltung zurückreflektiert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, ein Hologramm durch einen Spiegel zu realisieren, dessen verspiegelte Oberfläche so geätzt wurde, daß ein Muster, zum Beispiel ein Strichgitter, entsteht, wobei die geätzten Bereiche die Lichtstrahlen nicht reflektieren.

In Fig.15 ist das in Fig.14 beschriebene Substrat (1), mit einem Hologramm (4) und einer Linse (5) dargestellt, wobei sich die Oberfläche des Substrates in der Brennebene der Linse befindet. Die Linse erzeugt eine räumliche Fouriertransformation der Lichtquellen des Substrates. Das Hologramm besteht in diesem Fall aus einem Liniengitter, das Wellenfronten erzeugt, die, wenn sie durch die Linse wiederum fouriertransformiert werden, den Abbildungen auf dem Substrat entsprechen. In diesem Beispiel werden die unerwünschten Abbildungen höherer Ordnung nicht auf die Schaltung projiziert. Ihre Lichtstrahlen können zusätzlich durch Blenden unterbrochen werden, damit sie nicht auf benachbarte Schaltungen fallen. Die Abbildung nullter Ordnung befindet sich in diesem Beispiel auf der Schaltung. Wenn die optische Achse (24) unsymmetrisch angeordnet wird, kann man auch die Abbildung nullter Ordnung von der Schaltung entfernen. Die unerwünschten Abbildungen können immer dadurch entfernt werden, indem die gewünschte Abbildung erster Ordnung um einen entsprechend großen Abstand versetzt wird. Das hat zur Folge, daß die anderen Abbildungen um entgegengesetzte, doppelte oder mehrfache Abstände versetzt sind und sich nicht mehr störend auswirken. Außerdem können Abbildungen höherer Ordnung mit Abbildungen erster Ordnung anderer Projektionen zusammenfallen und sich nicht störend auswirken, wenn ihre Intensität bei der Auslegung des Hologrammes berücksichtigt

wird. Zusätzlich können unerwünschte Abbildungen durch Projektion von bereits projizierten Abbildungen entstehen, die man dadurch unterdrückt, indem man die Lichtdetektoren und andere Stellen, wo Lichtpunkte entstehen, lichtabsorbierend ausführt.

Eine andere Möglichkeit bieten Polarisatoren, die, wie in Fig.16 gezeigt, unerwünschte Lichtpunkte wegfiltern können. In Fig.16 ist am Substrat eine Lichtquelle (2) vorhanden, deren Licht mit Hilfe eines Hologrammes (4), das aus zwei senkrecht zueinander stehenden Liniengittern besteht, mehrmals auf das Substrat (1) zurückreflektiert wird, wobei sich vor den Liniengittern zwei Polarisatoren befinden, deren Polarisationsrichtung auch senkrecht zueinander steht. Dadurch wird verhindert, daß Licht von Lichtpunkten, die das eine Liniengitter erzeugt hat, von dem anderen Liniengitter zurückreflektiert wird. In der Abbildung nullter Ordnung sind beide Polarisationsrichtungen vertreten. In den anderen Abbildungen nur die des dazugehörigen Polarisators. In Fig.17 ist eine Variante dargestellt, die mehrere Teilhologramme (25) verwendet, wobei sich vor diesen Teilhologrammen Filter, Polarisatoren oder Modulatoren befinden können, damit Licht von Lichtquellen verschiedener Wellenlänge oder verschiedenen Polarisationsrichtungen unterschiedlich abgelenkt wird und damit Verbindungen mit Hilfe der Modulatoren ein- und ausgeschaltet oder verschieden gewichtet werden können. Diese Variante hat den Nachteil, daß die Apertur für jedes Teilhologramm entsprechend klein wird und damit die Integrationsdichte der Lichtquellen und Detektoren nicht so hoch sein kann, wie bei der Variante in Fig.15. Dieser Nachteil kann dadurch behoben werden, daß man, wie in Fig.18 zu sehen ist, die Hologramme (26) hintereinander anordnet. Die Hologramme müssen in diesem Fall selbst aus Filtermaterial oder polarisierendem Material bestehen, wobei diese Hologramme das Licht entweder vom Ort abhängig filtern oder ungehindert durchlassen oder vom Ort abhängig polarisieren oder ungehindert durchlassen. Außerdem müssen die Modulatoren auch als Hologramm wirken. Das kann man dadurch erreichen, daß der Analysator einer Pockelszelle als Hologramm ausgeführt wird, wobei dieser Analysator den durch den Polarisator polarisierten und durch den elektrooptischen Kristall in der Polarisationsrichtung modulierten Lichtstrahl vom Ort abhängig dämpft oder ungehindert durchläßt. Durch Anlegen einer Spannung an den elektrooptischen Kristall kann dann das Hologramm ein- und ausgeschaltet werden. Eine andere Möglichkeit, ein veränderbares Hologramm zu realisieren, besteht darin, daß auf einem elektrooptischen Kristall eine rechenartige Elektrodenstruktur aufgebracht und an dieser ein Spannungsmuster angelegt wird, um verschiedene Hologramme mit Hilfe des elektrooptischen Effektes zu erzeugen. Die Elektrodenstruktur selbst erzeugt natürlich auch ein Hologramm, jedoch kann die Ortsfrequenz der rechenartigen Struktur so hoch gewählt werden, daß ihre Abbildungen erster Ordnung nicht auf die Schaltung projiziert werden. Der Vorteil dieses

Hologramm-Modulators liegt darin, daß mehrere solche hintereinander angeordnet werden können.

In Fig.19 ist ein Vektoraddierer dargestellt, bei dem unerwünschte Abbildungen höherer Ordnungen nicht auf die Schaltung abgebildet werden. Er addiert die Vektoren in zwei Schritten ähnlich wie die Variante in Fig.9. Zuerst werden Teilergebnisse der beiden Hälften der Schaltung links und rechts vom Symmetriezentrum in den dafür vorgesehenen Detektoren (27) gesammelt. Dazu gibt es zwei nach links verschobene durch kleine "a" gekennzeichnete Abbildungen und symmetrisch dazu zwei nach rechts verschobene Abbildungen, die nicht eingezeichnet sind. Die Punktspiegelung versetzt bei der Abbildung nullter Ordnung das Licht der linken Lichtquellen (28) nach rechts und umgekehrt. Die Lichtquelle, die mit einem großen "A" gekennzeichnet ist, wird an die Stelle projiziert, wo sich das rechte kleine "a" befindet. An den Projektionsstellen der Abbildung nullter Ordnung befinden sich keine optischen Bauelemente, wobei diese Stellen bei Verwendung von Filmhologrammen absorbierend ausgeführt werden sollten, damit keine störenden Abbildungen von dort ausgehen können. Mit Hilfe eines binären oder multilevel Hologrammes kann die nullte Abbildung auch unterdrückt werden. Durch die Verschiebung befinden sich die Vektoren dann auf der gleichen Seite, von der sie abgestrahlt wurden, nur sind jetzt ihr Elemente verkehrt angeordnet. Die Verschiebung ist so groß, daß Abbildungen zweiter Ordnung nicht mehr auf die Schaltung fallen. In den Detektoren sammeln sich dann Zwischenergebnisse. Diese Zwischenergebnisse werden anschließend an die äußeren Lichtquellen (29) angelegt, die dann durch die Verschiebungen, die mit einem "b" gekennzeichnet sind, in den äußeren Detektorstreifen gesammelt werden. Wenn die Abbildung nullter Ordnung vorhanden ist, muß der linke und der rechte Teil dieser Operation nacheinander ausgeführt werden, damit sich die beiden Operationen nicht gegenseitig beeinflussen. Das Endergebnis entsteht dann durch elektronische Addition der beiden Zwischenergebnisse in den äußeren Detektorstreifen (30).

In Fig.20 ist ein ähnliches optisches Rechenwerk wie in Fig.12 dargestellt, das für neuronale Netze geeignet ist. Die Berechnung erfolgt in diesem Beispiel in einem Schritt mit jeweils drei Verschiebungen nach links, rechts, oben und unten. Diese Verschiebungen werden durch zwei Liniengitter erzeugt, die normal aufeinander stehen (Fig.16) und die mit zueinander senkrechten Polarisatoren versehen sind. Die Matrixelemente sind punktgespiegelt zu den Vektoren angeordnet. Bei den einzelnen Zellen sind absorbierende Bereiche (31) für die Abbildung nullter Ordnung vorgesehen. An jeder Zelle ist ein elektronischer Multiplizierer, ein elektronischer Addierer und ein Speicher vorhanden. Der Multiplizierer dient zur Berechnung des äußeren Produktes und zur Multiplikation der Vektorelemente mit den Matrixelementen. Der Addierer

addiert entsprechend einer Lernregel das Ergebnis des äußeren Produktes zu den Matrixelementen. Zur Bildung des äußeren Produktes werden die Vektoren an den beiden Lichtquellenstreifen (32) angelegt und ihre Elemente in den entsprechenden Detektoren punktgespiegelt und verschoben empfangen. Zur Bildung des Vektor-Matrix- oder des Vektor-Transponiertmatrix-Produktes wird der Vektor an einen der beiden Lichtquellenstreifen (32) angelegt und optisch zu den Zellen übertragen. Dort erfolgt die Multiplikation mit den Matrixelementen und das Ergebnis wird an den Matrixlichtquellen (33) angelegt. Durch optische Addition findet man das Ergebnis in dem Detektorstreifen (34), der dem anderen Lichtquellenstreifen zugeordnet ist. In diesem Beispiel wirken sich die Abbildungen höherer Ordnung nicht aus, weil sie entweder mit anderen Abbildungen erster Ordnung zusammenfallen oder nicht auf die Schaltung projiziert werden. Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß zum Beispiel die Lernregel eines Backpropagation-Algorithmus lokal angewendet werden kann, ohne daß die einzelnen Matrixelemente durch Leitungen von außen angesprochen werden müssen. Diese Anordnung kann auch digital ausgeführt werden, wobei dann jedes Element durch mehrere Lichtquellen repräsentiert wird und Vorzeichen durch getrennte Behandlung von positiven und negativen Zahlen berücksichtigt werden können.

In Fig.21 ist ein Vektormatrixmultiplizierer dargestellt, der dreistellige Binärzahlen verarbeiten kann und sowohl die Zwischenergebnisse der bitweisen Multiplikation in jedem Matrixelement, die in den Lichtquellen (35) wie in Fig.13 repräsentiert sind, als auch die Matrixelemente selbst aufaddieren kann. Diese Variante eignet sich besonders für schnellste Vektormatrixmultiplikationen. Wenn die Matrix bereits gespeichert ist, kann die Multiplikation in einem Schritt an jedem Ort durchgeführt werden. Die Addition erfolgt optisch und die Auswertung des Ergebnisses in den Detektoren (36) muß nur für jedes Ergebnisvektorelement durchgeführt werden. Auch hier kann man erreichen, daß Abbildungen höherer Ordnung sich nicht störend auswirken.

Bei allen vorangegangenen Beispielen können Verzeichnungsfehler durch Verschieben der Detektoren und der modulierenden Bauelemente ausgeglichen werden. Der Platz, der dafür nötig ist, muß beim Entwurf des Chips berücksichtigt werden. Auch müssen die Detektoren ausreichend groß sein, damit das gesamte Beugungsscheibchen detektiert wird und es nicht zu Interferenzphänomenen kommen kann, die vor allem bei kohärentem Laserlicht und Addition von mehreren Abbildungen die Detektionsergebnisse verfälschen können. Auch können SEED (self electrooptic effect device) Bauelemente zum Einsatz kommen, deren Zustand optisch verändert und auch gespeichert werden kann. Der vorgestellte Chip kann sowohl analog als auch digital arbeiten, wobei nicht nur das binäre Zahlensystem verwendet werden muß.

**Patentansprüche:**

1. Optoelektronische integrierte Schaltung (1), die ein Lichtmuster (2) erzeugt, indem Lichtstrahlen von einigen ihrer optisch aktiven Bauelemente ausgehen, durch einige ihrer optisch aktiven Bauelemente hindurchgehen und/oder von einigen ihrer optisch aktiven Bauelemente reflektiert werden, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Lichtmuster oder Teile davon durch ein oder mehrere Hologramme (4) und wahlweise zusätzlich durch optische Linsen (5) auf die Schaltung, gegebenenfalls durch Abbildungsfehler verzerrt, ein oder mehrfach punktgespiegelt mit durch das oder die Hologramme bestimmten Intensitäten zurückreflektiert werden (3) und, daß das zurückreflektierte Lichtmuster teilweise oder ganz auf optisch aktive Bauelemente, wie beispielsweise Lichtdetektoren und/oder Lichtmodulatoren, fällt, um eine Verknüpfung von Lichtintensitäten, die von einem oder mehreren Punkten des Musters ausgehen, durchführen zu können.

2. Optoelektronische integrierte Schaltung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, daß** zusätzliche unerwünschte durch das oder die Hologramme erzeugte Abbildungen außerhalb der Schaltung, mit erwünschten Abbildungen gemeinsam und/oder auf Stellen, wo keine optischen Bauelemente vorhanden sind, abgebildet werden, damit keine störenden optischen Verbindungen entstehen, wobei Blenden und lichtabsorbierende Oberflächen weitere Strahlengänge verhindern können.

3. Optoelektronische integrierte Schaltung nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, daß** bei dem oder den Hologrammen alle Arten von Lichtbeugungsstrukturen verwendet werden können, die auf sie einfallende Wellenfronten so ändern, daß Abbildungen von Lichtpunkten durch sie alleine, mit zusätzlichen Linsen und/oder zusätzlichen Spiegeln entstehen, wobei die Beugung durch lokale Änderung der Amplitude, der Phase, der Polarisation und/oder Kombination aus diesen erzeugt wird, wobei die lokale Änderung auch variabel, zum Beispiel durch elektrooptische Kristalle oder Flüssigkristalle, und/oder von der Wellenlänge abhängig sein kann, und daß diese Hologramme wahlweise mit Modulatoren, Polarisatoren, Filtern, Linsen und/oder Spiegeln nebeneinander und/oder hintereinander angeordnet werden, damit optische Verbindungen entstehen, die geändert werden können bzw. die sich nicht gegenseitig beeinflussen können.



4. Optoelektronische integrierte Schaltung nach Anspruch 1, 2 oder 3 **dadurch gekennzeichnet, daß** sich auf der Vorder- und/oder Rückseite eines Substrates (1), das vorzugsweise ein Halbleitereinkristall ist, Lichtquellen (2), wie Laser- und/oder Leuchtdioden, befinden, die Licht nach oben und/oder nach unten durch das Substrat abstrahlen, und/oder sich auf der Vorder- und/oder Rückseite des Substrates optoelektronische Bauelemente, wie multiple quantum well Bauelemente und/oder integrierte elektrooptische Modulatoren, befinden, die auf sie von oben und/oder von unten durch das Substrat einfallendes Licht, das vorzugsweise durch Hologramme (4,6) und/oder Linsen (5,7) fokussiertes Laserlicht ist, durch Ändern der Transmissions- und/oder Reflexionseigenschaften modulieren, daß die von dort nach oben und/oder nach unten durch das Substrat ausgehende Lichtverteilung durch optische Linsen, Linsensysteme oder Beugungslinsen (5,7) und Hologramme (4,6), die beispielsweise reflektierende binäre oder multilevel Phasengitter sind, und/oder nur durch Hologramme (4), die beispielsweise mehrschichtige Hologramme, dicke Hologramme oder Volumen hologramme sind, mehrmals punktgespiegelt und gegeneinander verschoben auf die Substratoberfläche von oben und/oder von unten durch das Substrat mit gewünschter Intensität abgebildet werden (3), daß sich weiters an bestimmten Stellen auf dem Substrat Detektoren, wie zum Beispiel Photodioden, multiple quantum well Bauelemente und/oder andere Bauelemente befinden, die das von oben und/oder von unten durch das Substrat einfallende Licht empfangen, wobei das Licht auch mehrmals durch Bauelemente moduliert werden kann und dabei mehrmals durch Hologramme reflektiert wird, und daß sich außerdem elektronische Schaltungen am Substrat und/oder an Schichten, die am Substrat angebracht sind, befinden können.

5. Optoelektronische integrierte Schaltung nach Anspruch 4 **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die bildgebenden Hologramme (4,6), die optischen Linsen, die Linsensysteme bzw. die Beugungslinsen (5,7) auf der Substratoberfläche und/oder im Substrat (1) befinden, daß sich die bildgebenden Hologramme (4,6), die optischen Linsen, die Linsensysteme bzw. die Beugungslinsen (5,7) auf und/oder in lichtdurchlässigen Schichten, die auf der Vorder- und/oder auf der Rückseite des Substrats angebracht sind, befinden und/oder daß Blenden, die beispielsweise durch Ätzprozesse im Substrat und/oder auf den am Substrat befestigten Schichten erzeugt werden, vorgesehen sind.

6. Optoelektronische integrierte Schaltung nach Anspruch 4 oder 5 **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere solche optoelektronische Schaltungen in Sandwichbauweise verbunden werden, und daß wahlweise Hologramme, optische Linsen, Linsensysteme oder Beugungslinsen Licht von einer Schaltungsebene zur anderen projizieren.

7. Optoelektronische integrierte Schaltung nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5 oder 6 **dadurch gekennzeichnet, daß** sich SEED-(self electrooptic effect device)-Bauelemente auf dem Substrat befinden, die durch einfallendes Licht ihren Zustand ändern können.
  
8. Optoelektronische integrierte Schaltung nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder 7 **dadurch gekennzeichnet, daß** eine regelmäßige Lichtverteilung wiederholt auf die Schaltung zurückreflektiert wird, sodaß in der Nähe jedes Lichtpunktes jeder andere Lichtpunkt abgebildet wird.
  
9. Optoelektronische integrierte Schaltung nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 oder 8 **dadurch gekennzeichnet, daß** matrix-, zeilen- und/oder spaltenförmige Lichtverteilungen wiederholt in ein Bauelement oder in matrix-, zeilen- und/oder spaltenförmige Bauelementgruppen, wie beispielsweise Lichtdetektoren, zurückreflektiert werden.

Fig.1

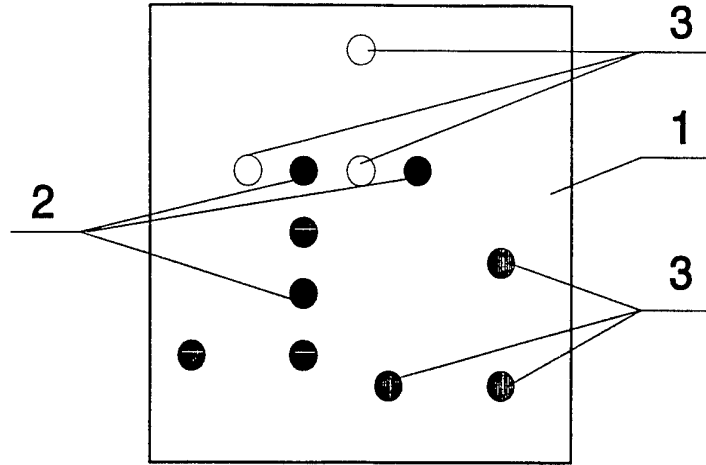


Fig.2

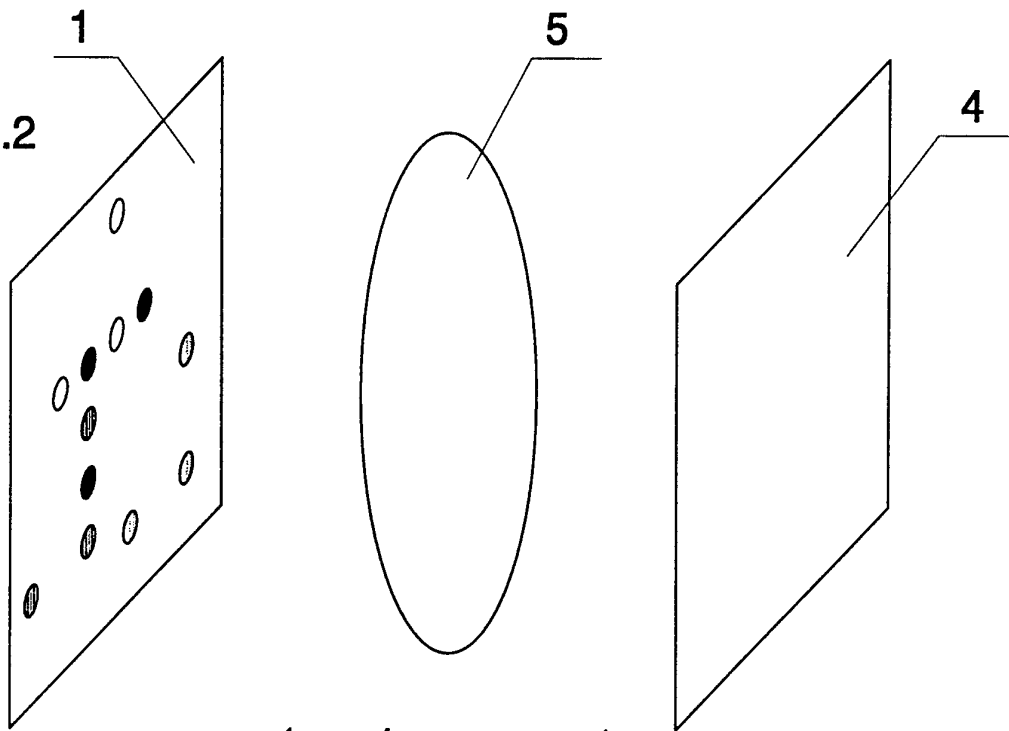
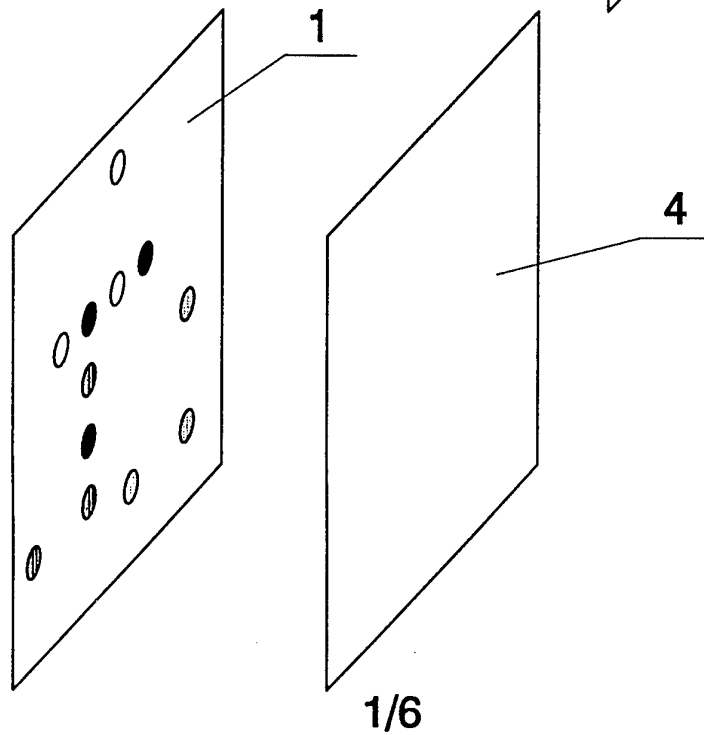


Fig.3



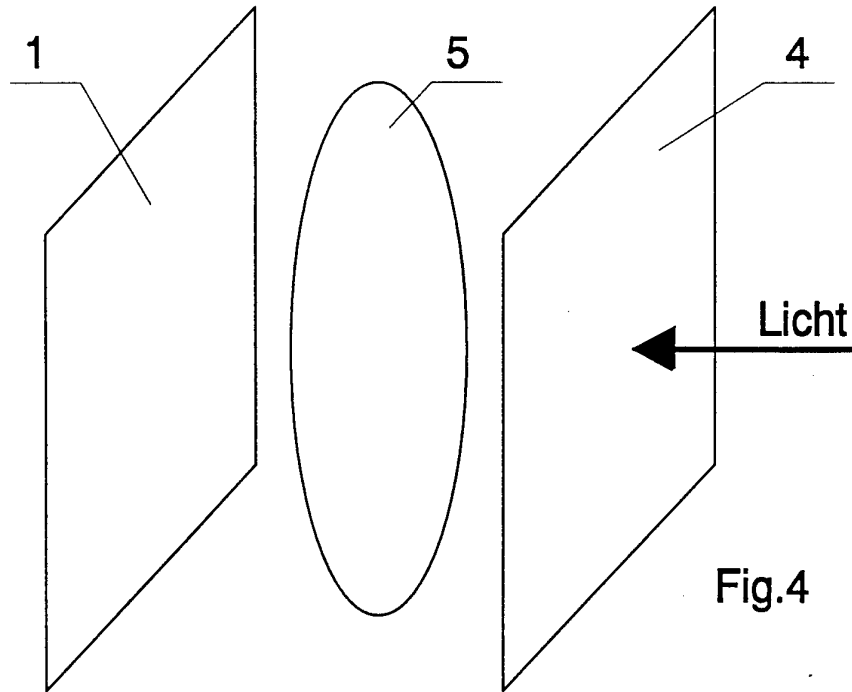


Fig.4

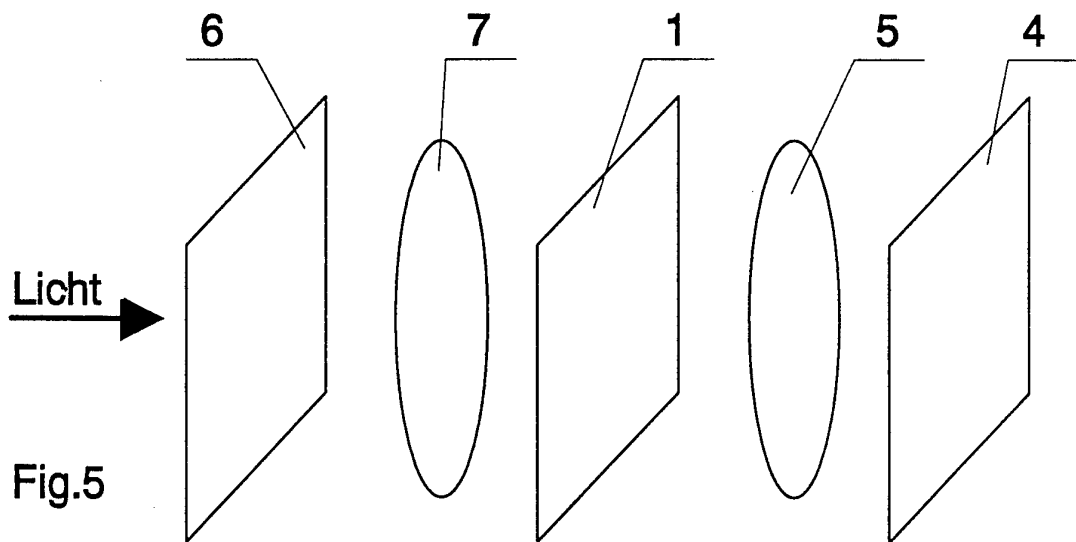


Fig.5

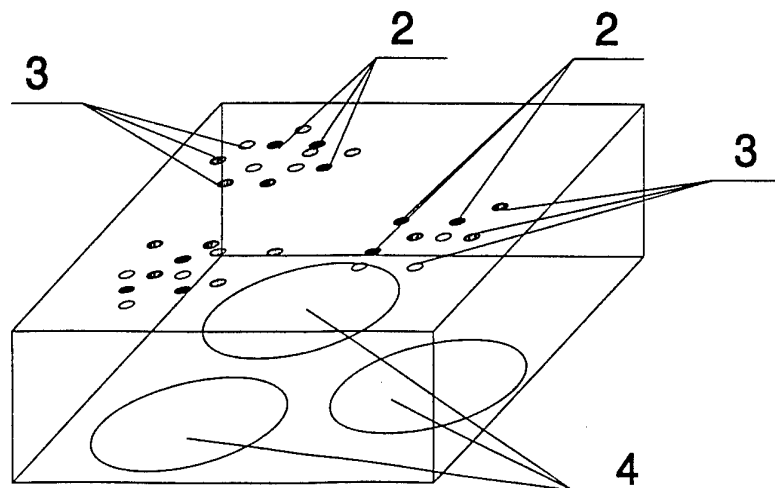
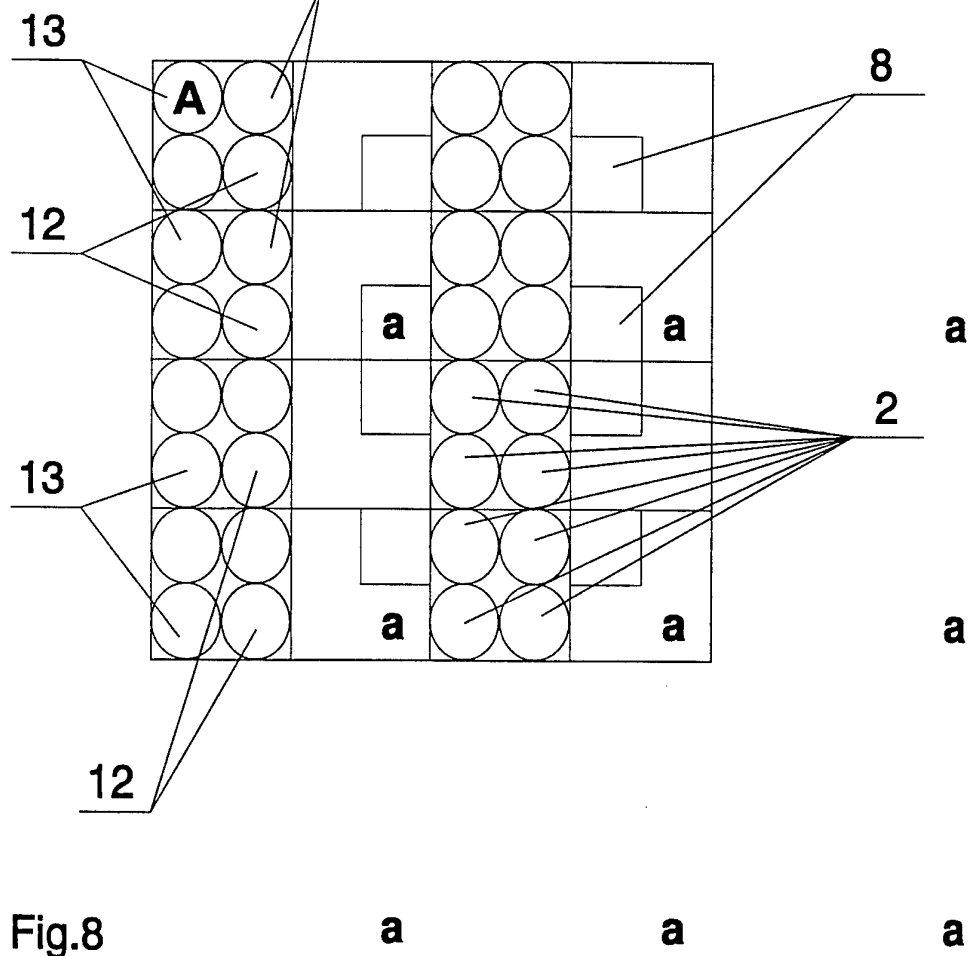
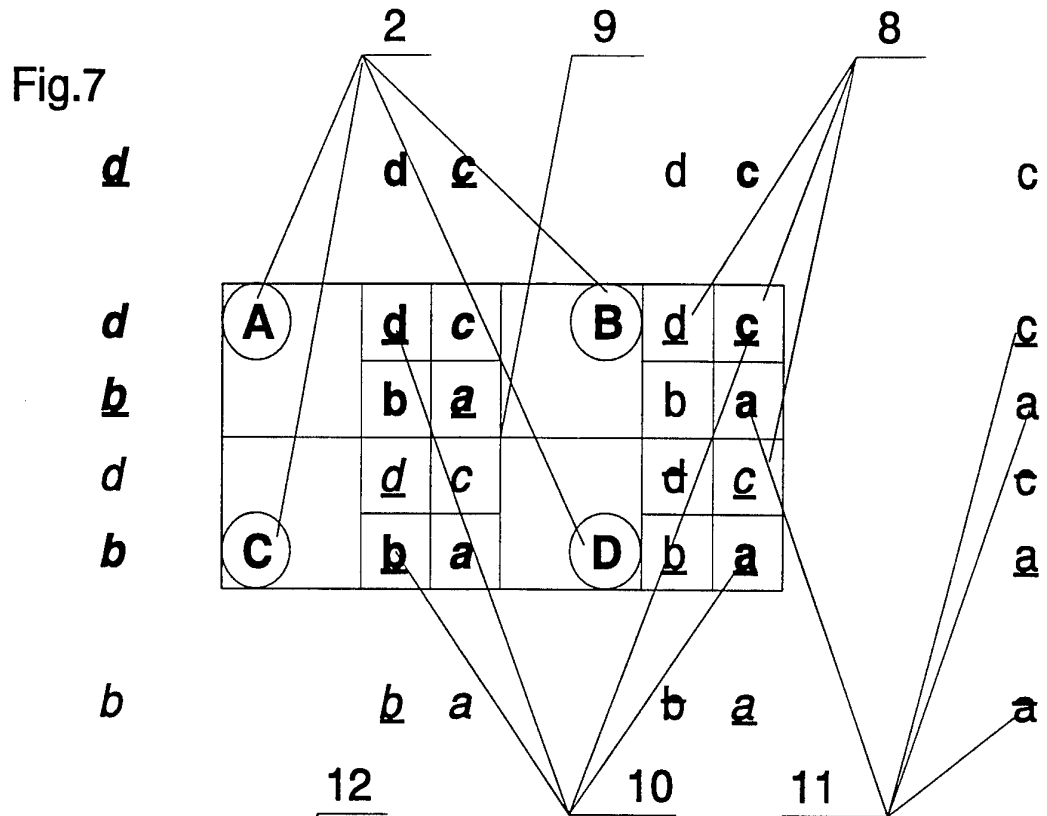


Fig.6



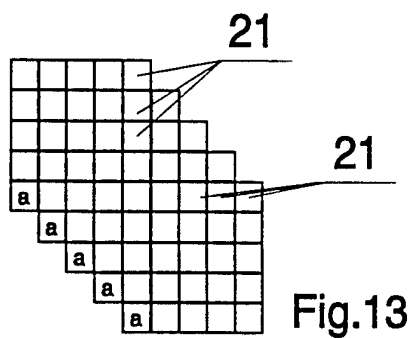
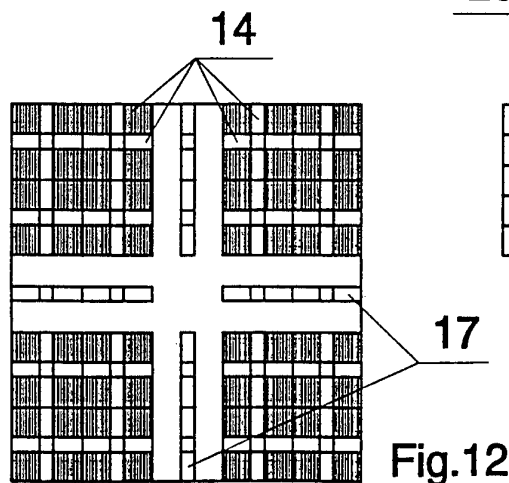
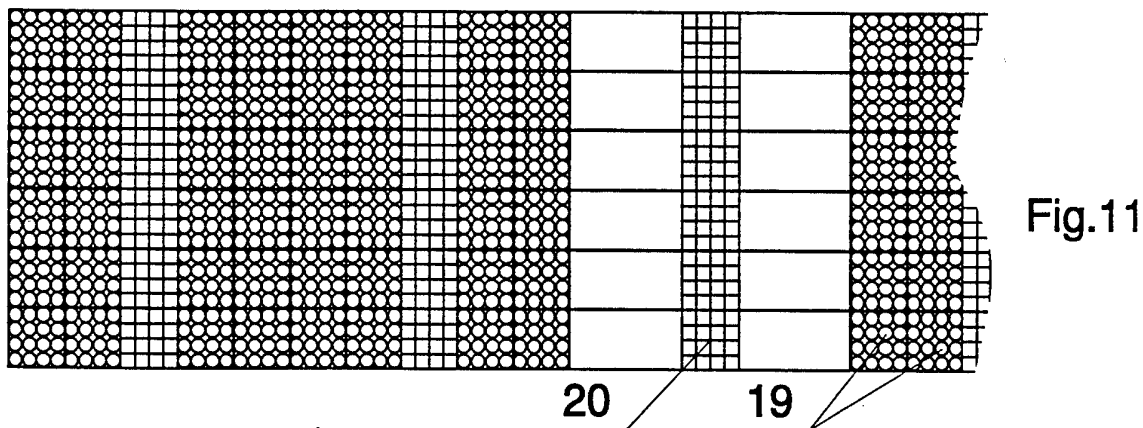
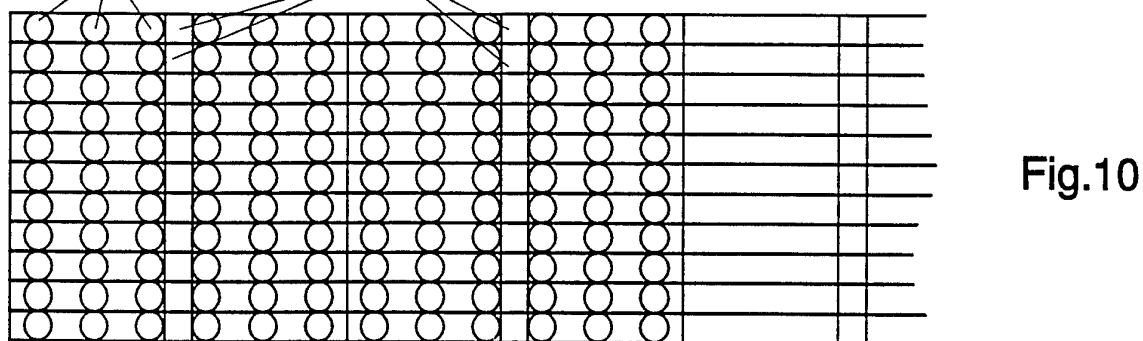
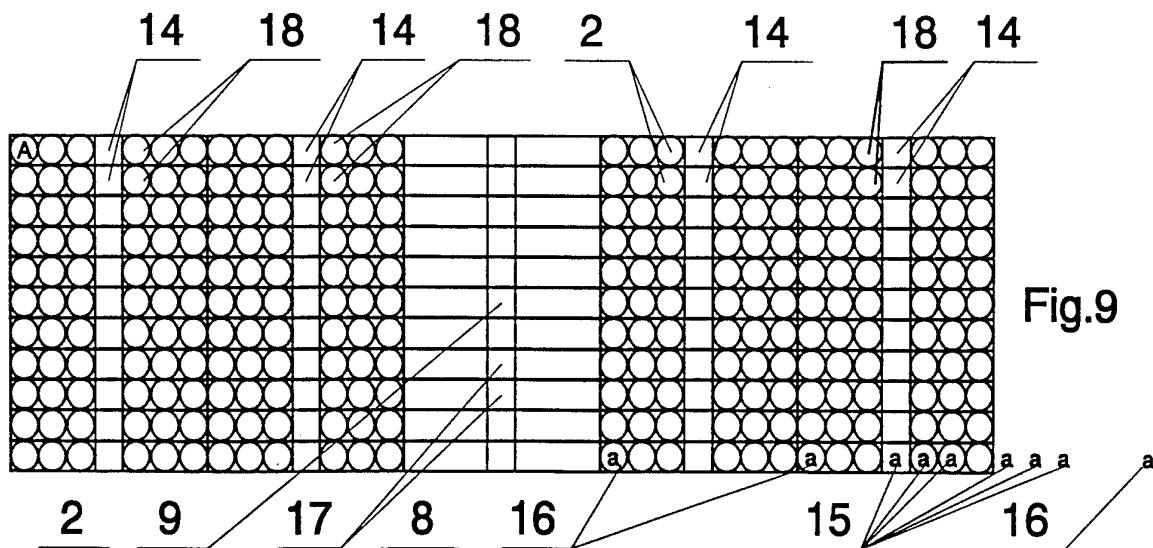


Fig.14

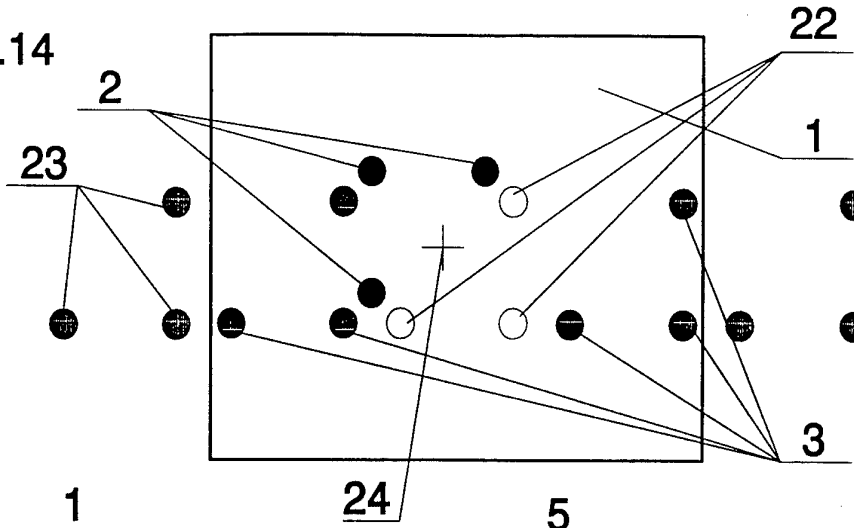


Fig.15

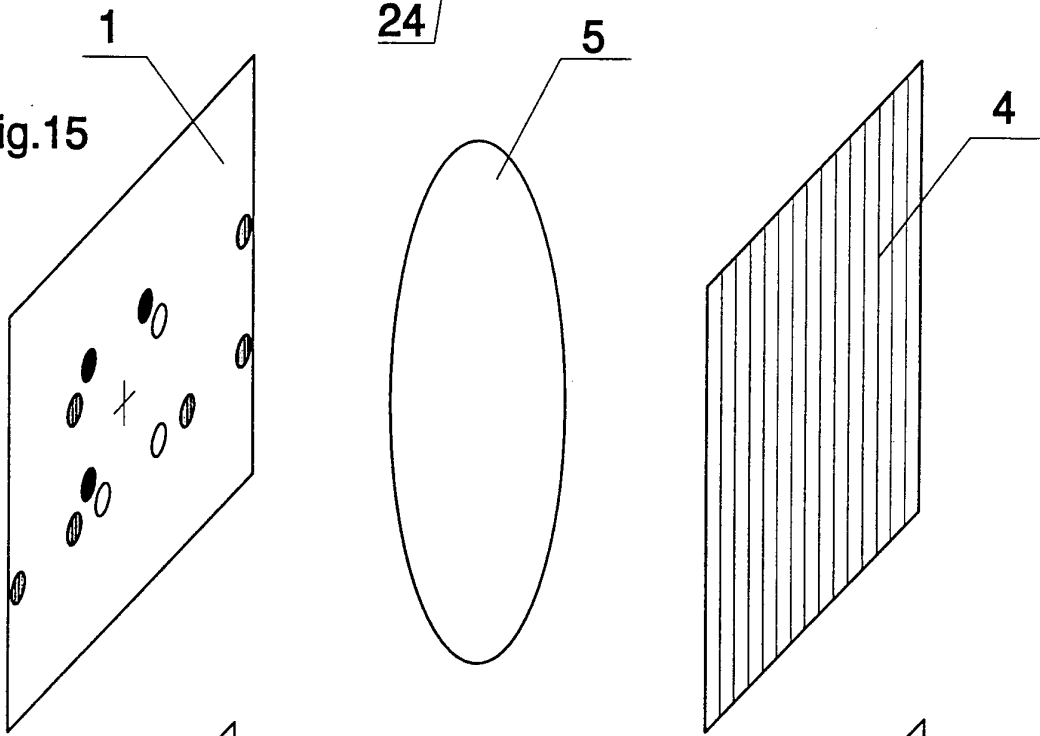


Fig.16

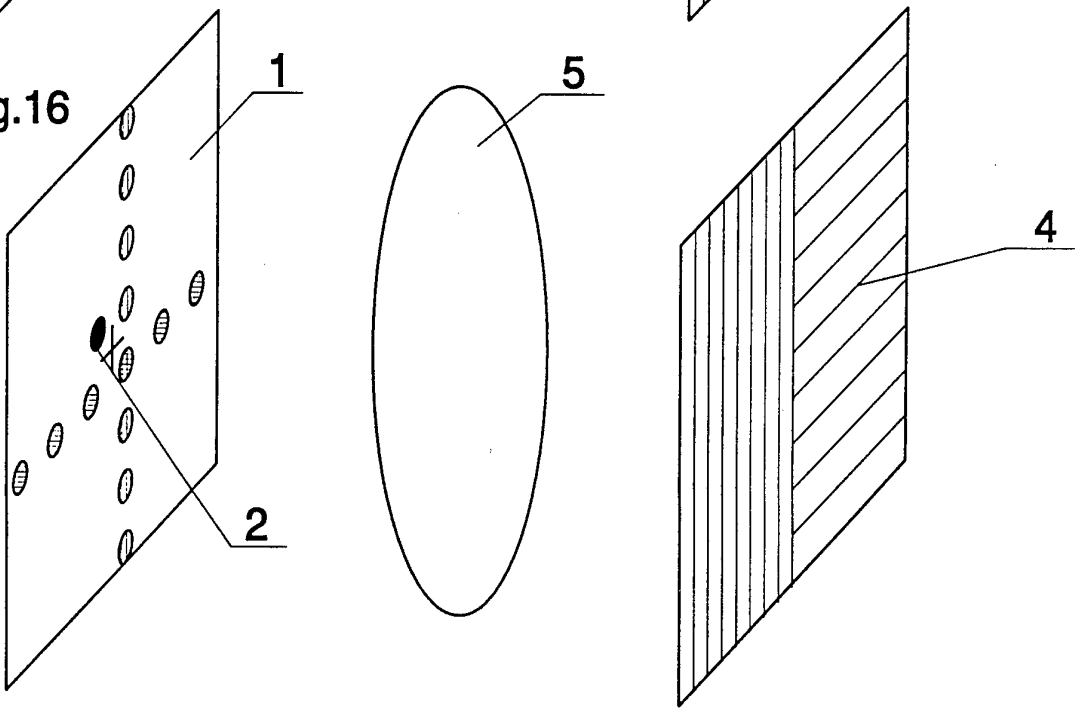


Fig.17

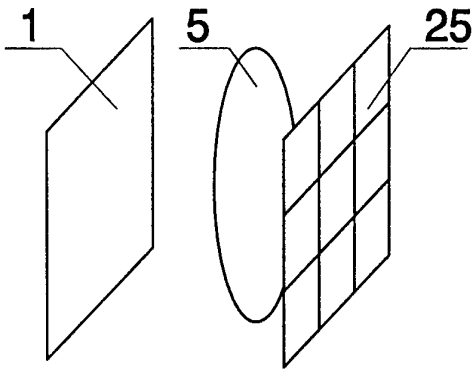


Fig.18

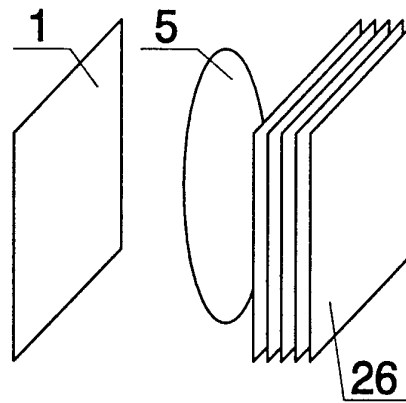


Fig.19

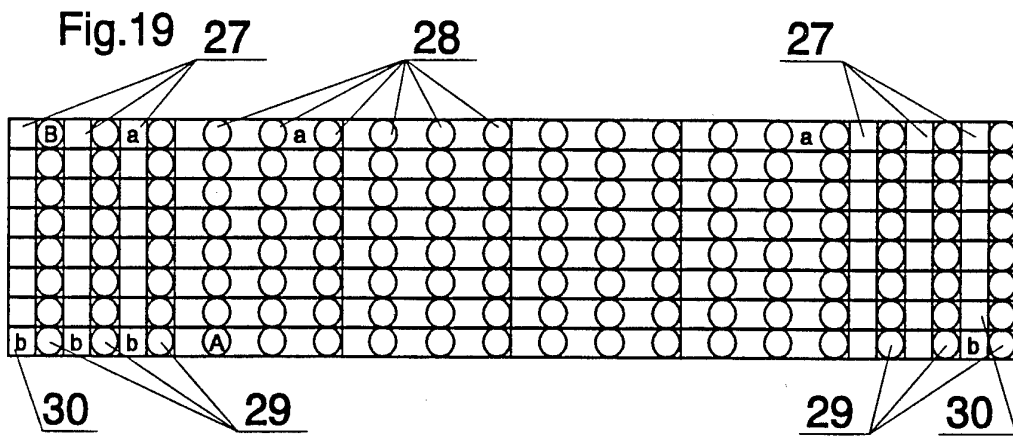


Fig.20

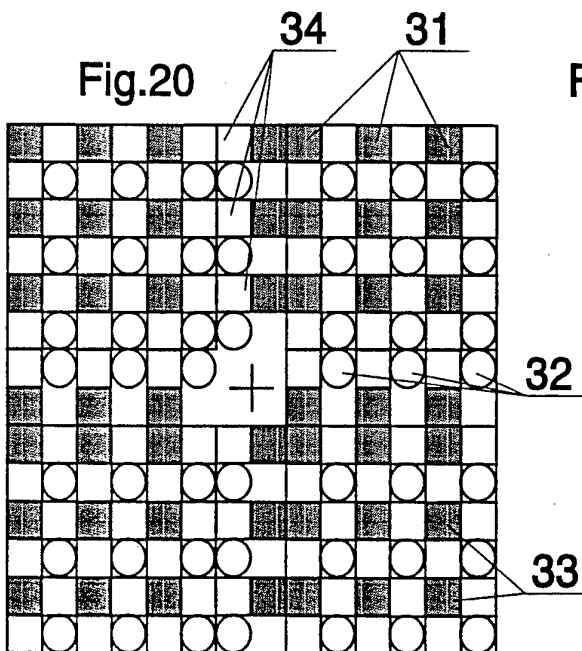


Fig.21

