



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101996900520988
Data Deposito	27/05/1996
Data Pubblicazione	27/11/1997

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F		

Titolo

DISPOSITIVO A MICROFILTRI E MICROCHOPPER PER LA SELEZIONE DINAMICA DI COLORI ED IMMAGINI.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Dispositivi a microfiltri e microchopper per la selezione dinamica di colori e di immagini"

di: CENTRO RICERCHE FIAT, Società Consortile per Azioni, nazionalità italiana, Strada Torino 50 - 10043 Orbassano (TORINO)

Inventori designati: Piero PERLO, Piermario REPETTO, Sabino SINESI

Depositata il: 27 maggio 1996

TO 96A000454

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo dell'Invenzione

La presente invenzione si riferisce al campo dei dispositivi ottici per la presentazione dinamica di immagini.

Tecnica nota

Sono noti dispositivi di questo tipo che utilizzano matrici di celle, ognuna delle quali è in grado di cambiare il suo stato. Sono noti dispositivi visualizzatori (display) a cristalli liquidi (LCD) con filtri polarizzanti ed i display con microspecchi. Vi sono due tipi di sistemi di proiezione a cristalli liquidi, i sistemi con tre LCD e quelli a singolo LCD. I sistemi con tre LCD includono una sorgente di luce bianca e lenti per la

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI DOUX
s.r.l.

divisione di fascio di luce per generare tre fasci colorati nei tre colori primari rosso, giallo e blu; tre LCD monocromatici modulano i tre fasci colorati in tre immagini. Queste sono sovrapposte tramite tre elementi dicroici ed infine sono proiettate su di uno schermo da una lente. Questo tipo di sistema di proiezione ha il vantaggio di utilizzare tutto lo spettro della sorgente luminosa, ma è costoso e voluminoso, in quanto richiede tre LCD ed ottiche dicroiche; esso è inoltre difficile da allineare.

I sistemi con un solo LCD sono più compatti e meno costosi poichè tipicamente l'immagine di un singolo LCD a colori viene proiettata sullo schermo come si fa con un proiettore di diapositive. Il tipo di LCD utilizzato ha un mosaico di filtri colorati che corrispondono ad ogni sub-pixel. Meno di un terzo della luce passa attraverso l'LCD mentre il resto è assorbito dal filtro a mosaico. Ne segue che i proiettori con singolo LCD hanno meno luminosità (brightness) di quelli a tre LCD.

Per evitare l'uso dei filtri colorati a mosaico, è noto l'uso di un filtro rotante descritto ad esempio da M. Dobler e altri, in "An improver frame sequential color projector with modified CdSe-TFTs" SID' 91 Digest pp. 427-429 (1991).

Un altro proiettore a singolo LCD senza il filtro a mosaico è stato proposto con un prisma rotante quadrato descritto in P. Jansen: "A novel single light valve high brightness HD color projector", EURO Display '93, pp. 249-252 (1993). Questo sistema non ha le perdite del filtro colorato a mosaico, ma richiede un sincronizzatore di memoria, un LCD ad alta velocità ed un meccanismo di rotazione del prisma.

L'applicazione di una matrice di microlenti accoppiata ad un pannello TFT-LCD e ad un mosaico di filtri colorati è riportata per esempio in "H. HAMADA e altri: Bright enhancement of a liquid crystal projector by a microlens array", SID 92 Digest pp. 269-272 (1992).

In analogia, la tecnologia è poi anche stata applicata al caso del singolo pannello LCD per proiezione e descritta in "T. Takamaatsu e altri: Single panel LC Projector with a planar Microlens array" Japan Display 92 DIGEST, p. 875 (1992).

Una soluzione di proiettore LCD utilizzando una matrice di microlenti, ma priva del mosaico di microfiltri è invece descritta dalla SHARP Corporation in "H. Hamada e altri: A new bright single panel LC-projection system without a mosaic

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

color filter". La figura 1A dei disegni annessi illustra tale soluzione, in cui tre specchi dicroici 101 disposti in cascata dividono il fascio di luce bianca in tre fasci nei colori primari rosso (R), verde (V) e blu (B) che sono proiettati su di un solo TFT-LCD 120 con differenti angoli da una matrice 103 di microlenti 103a (figura 1B). Ad ogni microlente 103a corrispondono tre pixel 120a del TFT-LCD 120. I fasci in uscita dal TFT-LCD 120 vengono fatti convergere da una lente di campo 106 in una lente 107 per la proiezione su uno schermo 108. In tale soluzione sussistono ancora più problemi, in quanto essa richiede un fascio di luce relativamente collimato, senza il quale i filtri dicroici opererebbero in modo non efficace e l'uso degli stessi specchi dicroici, che sono costosi e che possono operare soltanto in riflessione, costringendo un ripiegamento del fascio. Rimane necessario il pannello a cristalli liquidi. Ad ogni sottoclasse di pixel R oppure V oppure B è applicato uno dei segnali RGB rispettivi. In una soluzione DISPLAYTECH, Inc. un cristallo liquido di tipo ferroelettrico multistrato denominato "RGB Fastfilter" può essere elettronicamente comandato per far passare i colori rosso, verde o blu in modo sequenziale.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

In alternativa, filtri che possono cambiare il colore trasmesso sono noti anche con cascate di cristalli liquidi twist nematici e filtri polarizzatori. Ulteriore alternativa è possibile anche senza polarizzatori con cascate di strati di "high twisted liquid crystal", composti di miscele di cristalli liquidi nematici colisterici colorati con dye, posti tra vetri e rivestiti con un coating elettroconduttivo ITO.

In tutti i casi facenti uso di cristalli liquidi, esiste il problema del costo sia dei materiali di base sia delle tecnologie necessarie. Altro problema è associato al campo limitato di temperature di utilizzazione; in effetti, i cristalli liquidi cessano di funzionare al di fuori dell'intervallo compreso fra -20°C e $+80^{\circ}\text{C}$.

Nel campo della visualizzazione della proiezione di immagini statiche, una diapositiva viene illuminata uniformemente da un fascio policromatico, ed un obiettivo proietta l'immagine su di uno schermo. Ogni volta che si desidera cambiare l'immagine è necessario sostituire la diapositiva.

Scopo dell'invenzione

Lo scopo della presente invenzione è quello di realizzare un dispositivo per la selezione dinamica

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI DOULX
s.r.l.

di colori ed immagini che sia esente dagli inconvenienti della tecnica anteriore.

Caratteristiche principali dell'Invenzione

In vista di raggiungere tale scopo, l'invenzione ha per oggetto un dispositivo avente le caratteristiche indicate nell'annessa rivendicazione 1. Ulteriori caratteristiche preferite del dispositivo secondo l'invenzione sono descritte nelle sotto-rivendicazioni.

Nella presente invenzione, i problemi della tecnica anteriore vengono superati utilizzando una matrice di microfiltri ed una matrice di microchopper elettrostatici. I materiali sono convenzionali e le tecnologie necessarie per realizzare l'invenzione sono di basso costo.

Breve descrizione delle figure

L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, forniti a titolo di esempio non limitativo, in cui:

le figure 1A, 1B illustrano il sistema noto Sharp comprendente tre specchi diecrici, una matrice di microlenti, un TFT-LCD ed un sistema di proiezione,

la figura 2 illustra schematicamente una forma di attuazione del dispositivo secondo l'invenzione, includente una matrice di microlenti seguita da una

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI DOULX
s.r.l.

matrice di filtri colorati e da una matrice di microchopper; ad ogni microlente corrispondono più microfiltri colorati,

la figura 3 illustra schematicamente ed in vista prospettica un particolare della figura 2, da cui risulta che la distanza tra microfiltri e microlenti è tale per cui il fascio policromatico uscente da una microlente intercetta un solo microfiltro. La figura illustra un esempio con microlente quadrata di lato L seguita da tre microfiltri rettangolari Rosso, Verde e Blu larghi L ed alti ciascuno $L/3$,

le figure 4A, 4B, 4C mostrano una microlente ed un microfiltro rispettivamente nel caso in cui i fuochi della microlente e del microfiltro sono coincidenti, nel caso in cui non sono coincidenti ed infine nel caso in cui la microlente è del tipo a focale allungata; tali figure mostrano come alla distribuzione d'intensità ed alla vergenza del fascio luminoso possano contribuire anche i microfiltri, qualora essi siano dotati di curvatura e si comportino a loro volta come microlenti,

la figura 5 mostra una soluzione in cui i microfiltri sono posti dopo la matrice dei microchopper; il fascio di luce illumina direttamente i microchopper e non vi è movimento relativo tra

filtri e microlenti; i microfiltri sono in numero uguale a quello dei microchopper;

la figura 6 è una vista prospettica che illustra un esempio di realizzazione di microchopper ciliari a film conduttore,

la figura 7a illustra un esempio di attuazione operante in riflessione; il fascio di luce illumina i microchopper che agiscono da microspecchi colorati nei colori fondamentali; il colore di una cella composta da tre o quattro chopper può essere definito regolando il tempo di apertura dei microchopper che la compongono; la generazione di un'immagine è ottenuta selezionando l'apertura dei microchopper,

la figura 7b illustra una possibile configurazione di illuminamento del dispositivo di presentazione o di proiezione di immagini,

la figura 8 illustra microlenti-reticolate che scompongono ciascuna il fascio collimato policromatico incidente in tre bande colorate distinte; nella soluzione illustrata specificamente in tale figura, la lente di sezione quadrata di lato L nel piano del sistema di modulazione di immagini e genera tre rettangoli di lati L e $L/3$ che ricoprono l'area di tre pixel adiacenti del sistema di modulazione di immagini,

la figura 9 illustra in vista prospettica il dettaglio di una microlente reticolata che effettua la scomposizione conformata delle tre bande colorate; in tale particolare configurazione, la microlente è ottenuta come sovrapposizione di un reticolo di diffrazione complesso che nell'ordine zero lascia passare la banda verde e negli ordini $+1$ e -1 , indirizza le bande rossa e blu, con una lente cilindrica che focalizza gli ordini di diffrazione;

la figura 10 mostra la soluzione in cui le matrici di microlenti reticolate separatrici delle bande colorate sono seguite dalla matrice di microfiltri; alla banda spettrale centrata intorno al colore C_1 corrisponde il filtro la cui curva di trasmissione massima è centrata intorno allo stesso colore C_1 ,

le figure 11A, 11B illustrano rispettivamente una matrice di $K \times M$ microlenti e una matrice di $2K \times 2M$ microfiltri (multidiapositiva) su cui sono registrate quattro immagini costituite da $M \times K$ pixel quadrati o rettangolari; i microchopper sono in numero uguale a quello delle celle colorate dei microfiltri e la selezione dell'immagine è effettuata aprendo i microchopper corrispondenti alle celle che definiscono l'immagine; la singola immagine è

registrata sulla multidiapositiva secondo la logica di una linea (o colonna) registrata e tre linee (o colonne) non registrate oppure secondo la logica di un pixel registrato ogni quattro consecutivi disponibili; le altre righe o colonne oppure pixel sono disponibili per le altre tre immagini; e

le figure 12A, 12B illustrano matrici circolari di microlenti e microfiltri.

Descrizione di alcune forme preferite di attuazione dell'invenzione

Con riferimento alla figura 2, un fascio luminoso policromatico 1 viene intercettato da una matrice M1 di microlenti 2. Ogni microlente 2 fa convergere la porzione del fascio luminoso che la intercetta su una matrice M2 di microfiltri 3 che selezionano i colori o le immagini desiderate attraverso una traslazione applicata alla matrice M2 da un dispositivo attuatore 4 controllato da una unità logica di controllo 5. I dettagli costruttivi relativi al dispositivo attuatore 4 e al modo con cui la matrice M2 viene spostata nel suo piano rispetto alla matrice M1 di microlenti non sono qui illustrati, in quanto tali mezzi possono essere realizzati in un qualunque modo noto ed in quanto l'eliminazione di tali dettagli dai disegni rende questi ultimi di più pronta e facile

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

comprensione. Dopo aver attraversato i microfiltri 3, il fascio luminoso raggiunge una matrice M3 di microchopper 6, la cui apertura o chiusura è regolata da un'unità logica di controllo 7.

Le dimensioni dei microfiltri 3 sono tali per cui l'area di ogni microlente 2 è coperta da una molteplicità di microfiltri. Nel caso dell'esempio illustrato nella figura 3, alla microlente rettangolare di lati L e L/N corrispondono filtri di lato L/N con $N = 3$ ed i filtri sono di colore Rosso, Verde, Blu.

La distanza fra i microfiltri 3 e le microlenti 2 è tale per cui i fasci luminosi focalizzati dalle microlenti 2 sono di dimensione inferiore a quella del microfiltro 3 intercettato, ciò tenendo conto anche della non collimazione del fascio policromatico incidente sulle microlenti 2 e della aberrazione cromatica residua in ogni microfascio.

Se la matrice M2 dei filtri 3 è costituita da filtri dei tre colori fondamentali, per ognuna di tre differenti posizioni in cui la matrice M2 può essere spostata è generato un fascio monocromatico costituito da un numero di elementi (pixel) pari a quello delle microlenti 2. Sul singolo chopper 6 incidono sequenzialmente tutti i colori fondamentali.

Pertanto, sulla matrice M3 dei microchopper 6, il colore di un pixel, o singolo chopper, è selezionabile regolando il tempo di apertura dello stesso microchopper 6. Attivando e disattivando velocemente il microchopper, con tempi differenti per ogni colore fondamentale, si può ingannare il sistema occhio-cervello dando l'impressione che si attiva un colore di fatto non incluso tra i filtri. In effetti, agendo sul tempo di apertura t_i del singolo colore primario, il colore percepito può essere selezionato applicando concetti noti di colorimetria e fotometria. In prima approssimazione, il colore percepito è esprimibile con la somma $Rt_1 + Vt_2 + Bt_3$, dove R, V e B sono i colori primari e t_i è il tempo di esposizione del colore.

Se una microlente 2 è di sezione quadrata di lato L, si possono utilizzare microfiltri quadrati di lato L/N con $N \geq 2$ intero, oppure microfiltri rettangolari di sezione L e L/N . Nel caso di microfiltri quadrati con $N=2$, per ogni microlente corrispondono $N^2 = 4$ microfiltri. Più in generale, se la microlente ha una sezione non rettangolare, i microfiltri 3 avranno forma e dimensioni corrispondenti.

Nel caso di una matrice composta di $K \times M$ microlenti (figura 11A), possiamo indicare la matrice

con $A_{K,M}$ ed indicare la singola microlente con il termine a_{ij} con $i = 1, 2, \dots, K$ e $j = 1, 2, \dots, M$. Se le microlenti sono tutte uguali, ad esempio rettangolari di lati $L \times H$ e la matrice dei microfiltri è composta da elementi rettangolari di dimensioni L/N ed H/S , possiamo rappresentare il singolo microfiltro nella matrice dei microfiltri (figura 11B) con il termine $(f_{a,b})_{i,j}$, dove gli indici i, j , indicano la microlente corrispondente e dove $a = 1, 2, \dots, N$ e $b = 1, 2, \dots, S$.

Ogni microlente genera un microfascio e ad ogni microlente corrispondono $N \times S$ microfiltri. Il tipo di microfiltro che intercetta il fascio luminoso focalizzato dalla microlente è selezionabile con una delle $N \times S$ posizioni possibili. Le $K \times M$ microlenti generano un numero di $K \times M$ microfasci che incrociano un numero di $K \times M$ microfiltri uguali o differenti. Se i microfiltri che hanno gli stessi indici a, b sono tutti uguali allora ad ogni posizione corrisponde un colore del fascio luminoso. Viceversa, si possono generare fasci multicolore, oppure immagini colorate composte da $K \times M$ elementi. Con i microchopper tutti aperti, le $N \times S$ immagini possibili possono essere utilizzate per generare effetti di animazione.

Una generalizzazione ovvia della descrizione

sopra indicata consiste nell'utilizzare un elemento ottico sul quale i filtri od immagini sono registrati secondo variazioni graduali, anzichè in forma discreta o digitale. Il fascio luminoso policromatico descritto nella figura 2 può indifferentemente essere generato da una sorgente a scarica, neon, ad incandescenza, a semiconduttore, a stato solido, polimerica, a fluorescenza o a gas. Il fascio può essere inoltre corretto parzialmente o totalmente nella sua vergenza da un sistema ottico che opera in propagazione libera o a guida d'onda utilizzando i fenomeni della riflessione, oppure secondo schemi noti che operano in rifrazione, in riflessione interna totale, in diffrazione o con loro combinazioni.

La matrice di microlenti 2 può essere costituita da lenti rifrattive, diffrattive, ibride diffrattive-rifrattive, o a variazione radiale o di volume dell'indice di rifrazione. Il materiale di base delle matrici di microlenti può essere plastico o vetroso e dotato dei rivestimenti anti-riflesso del tipo a film sottile o diffrattivi, al fine di migliorare l'efficienza di trasferimento del fascio luminoso.

La singola microlente può essere di sezione romboidale, esagonale, rettangolare o quadrata, con

funzione di fase della lente sferica o asferica o più in generale tale che da sola o in combinazione con le microlenti adiacenti, per effetti diffrattivi, o combinati diffrattivi/rifrattivi, possa generare fasci di divergenza e distribuzione luminosa controllata.

Alla distribuzione di intensità e alla vergenza del fascio luminoso possono contribuire anche i microfiltri 3 qualora essi siano dotati di curvature e si comportino a loro volta come microlenti, come riportato nelle figure 4A,B,C. Nella figura 4A, ciascuna microlente 2 focalizza sull'asse ottico X al centro di un corrispondente microfiltro 3 e i fuochi della microlente 2 e del microfiltro 3 sono coincidenti. Nel caso della figura 4B tali fuochi non sono coincidenti, e nel caso della figura 4C, le microlenti 2 e/o microfiltri 3 sono del tipo diffrattivo a focale allungata.

Di particolare utilità è la configurazione illustrata nella figura 5, in cui vengono eliminati la matrice M1 di microlenti ed il sistema 4 per l'attuazione del movimento tra microlenti 2 e microfiltri 3. In questo caso, la matrice dei microchopper è tutta illuminata dal fascio di luce. I microfiltri 3 sono registrati con i soli colori

fondamentali e sono posti sul supporto dei microchopper, oppure su un supporto a contatto con il supporto dei microchopper 6. La porzione del fascio che raggiunge i microfiltri è selezionata dai microchopper 6. Il colore di una cella costituita da tre microchopper, e quindi da tre microfiltri, dei colori fondamentali, può essere selezionato regolando il tempo di apertura di ognuno dei tre microchopper.

In una soluzione preferita, i microchopper sono del tipo a film elettrostatico. In una prima soluzione di dispositivo ad alta risoluzione, l'apertura e la chiusura del singolo elemento di apertura utile di $50\mu \times 25\mu$ è stata ottenuta con film di berilio-rame di spessore di 1μ (figura 6). Con soluzioni di film ciliari dello stesso materiale berilio-rame non si sono riscontrate difficoltà di fabbricazione per ottenere celle di $10\mu^2$ o superiori a 25 mm^2 . Benchè sia ovvio che film ciliari dello stesso materiale si possono realizzare di spessore superiore, la vita media, o equivalentemente il numero di cicli di flessione necessari per l'apertura e chiusura, per spessori dell'ordine di grandezza del micron, è pressochè infinita e perciò preferita.

In un'ulteriore configurazione descritta nella figura 7A, il fascio di luce illumina i microchopper

elettrostatici ciliari oppure a film polimerico 6, che agiscono da microspecchi. Ogni chopper 6 è preceduto da un microfiltro 3 colorato in uno dei colori primari, ed il colore risultante di una cella composta da tre o quattro chopper può essere definito regolando il tempo di apertura dei microchopper che la compongono. E' possibile eliminare i microfiltri 3, colorando direttamente le pellicole dei microchopper. La generazione di un'immagine è ottenuta selezionando l'apertura dei microchopper. La figura 8B descrive una possibile configurazione di illuminamento del dispositivo di presentazione di immagini o di proiezione di immagini. Il fascio policromatico di luce proveniente da una sorgente So viene indirizzato sul dispositivo da un riflettore Ri. Un obiettivo L proietta l'immagine su uno schermo S. Se il dispositivo è adibito alla visualizzazione diretta di immagine è solitamente sufficiente la luce ambiente.

L'uso di una matrice di elementi che associano alla proprietà di una lente quella del reticolo di diffrazione consente di scomporre il fascio policromatico in tre bande colorate distinte centrate rispettivamente sul rosso, sul verde e sul blu. Se il fascio policromatico incidente sulla matrice di

microlenti reticolate è particolarmente collimato, oltre la meccanismo di attuazione di una delle due matrici di ottiche, possono essere eliminati anche i microfiltri colorati, poichè la scomposizione dei colori è già stata effettuata dalla matrice di microlenti reticolate. In effetti, si ha una separazione ben definita delle bande di colori nel piano di sistema di modulazione di immagine sia esso del tipo TFT/LCD, oppure a microchopper elettrostatici. Ad ogni microlente reticolata corrispondono tre microchopper che selezionano il colore del fascio che deve passare. Il colore del macro-pixel costituito dai tre micro-pixel rosso, verde e blu è definito dalla sequenza di passaggio o equivalentemente dai tempi di apertura dei singoli colori (microchopper).

La singola microlente reticolata realizza due funzioni, la separazione delle lunghezze d'onda e la conformazione e/o focalizzazione del fascio; le due funzioni possono essere implementate su due superfici a rilievo distinte o su un'unica superficie. La prima funzione è realizzata con un reticolo di diffrazione per la separazione dei colori (H. Damman, "Color separation gratings", Applied Optics 17, pp. 2273-2279 (1978) - M. W. Farn, "Conference on Binary

Optics", Pubblicazione Nasa 3227, p. 409 (1903)); la seconda funzione è realizzata con una lente; la funzione di fase della lente può essere sferica, cilindrica, cross-cilindrica o asferica. La lente può essere di tipo diffrattivo, rifrattivo, diffrattivo armonico (D. W. Sweeney "Harmonic Diffractive lenses", Applied Optics 34 (1995)) o ibrido diffrattivo-rifrattivo (G.J. Swanson, "Binary Optics Technology", Technical Report 854, MIT/Lincoln Lab (1989)); utilizzando lenti di tipo diffrattivo la separazione cromatica è ulteriormente rafforzata dalla forte aberrazione cromatica.

Nella realizzazione specifica delle figure 8, 9, la microlente 2 è di sezione quadrata di lato L e genera nel piano focale tre bande cromatiche rettangolari corrispondenti alle regioni blu, verde e rossa dello spettro visibile. La separazione cromatica è realizzata con un reticolo a N livelli.

Il reticolo viene progettato attraverso le seguenti operazioni:

- 1) scelta della lunghezza d'onda centrale λ_2 .
- 2) scelta del numero di livelli N in funzione delle lunghezze d'onda laterali λ_1 e λ_3 che si vuole separare.

Il numero di livelli N è legato a λ_1 e λ_3 dalle

relazioni

$$\lambda_1 = \lambda_2 N / (N+1) \text{ e } \lambda_3 = \lambda_2 N / (N-1).$$

L'altezza di ogni livello è data da $d = \lambda_2 / [n(\lambda_2) - 1]$, dove $n(\lambda_2)$ è l'indice di rifrazione del materiale alla lunghezza d'onda λ_2 .

3) Scelta del periodo T del reticolo in funzione della separazione cromatica angolare che si vuole ottenere. Ogni microcella di lato L può contenere uno o più periodi T del reticolo.

Il reticolo produce diffrazione su tutte le lunghezze d'onda dello spettro; in particolare λ_2 viene diffratta nell'ordine 0 con efficienza del 100% e con deviazione angolare 0, λ_1 è diffratta nell'ordine di -1 con efficienza dell'81% e con deviazione angolare $-\lambda_1/T$ e λ_3 nell'ordine +1 con efficienza dell'81% e con deviazione angolare λ_3/T . Scegliendo, ad esempio, $N = 4$ e $\lambda_2 = 525 \text{ nm}$. si ha $\lambda_1 = 420 \text{ nm}$. e $\lambda_3 = 700 \text{ nm}$.

Gli ordini di diffrazione sono focalizzati nel piano che contiene il sistema di modulazione dell'immagine. In una configurazione preferita descritta nella figura 8, questo viene fatto con una microlente cilindrica di sezione quadrata e di lato L , indicata con 2, che focalizza ogni lunghezza d'onda in una linea di lunghezza L . La lunghezza

focale della lente f è uguale alla distanza tra il piano delle microlenti 2 ed il piano di modulazione di immagine. Una sola lunghezza d'onda è perfettamente a fuoco sul piano di modulazione ed è possibile sceglierla nel progetto delle microlenti. La distanza nel piano di modulazione tra la banda centrata in λ_1 e quella centrata in λ_2 è $d_{12} = \lambda_1 f/T$, quella tra λ_2 e λ_3 è $d_{23} = \lambda_3 f/T$.

A causa della dimensione limite dello spot (diffraction limited spot size) la linea focale corrispondente alla lunghezza d'onda perfettamente focalizzata ha una dimensione laterale circa uguale a $\lambda f/T$. La dimensione laterale delle altre linee è in generale superiore a questo valore a causa dell'aberrazione di defocus.

La diminuzione dell'effetto di sovrapposizione delle tre bande nel piano focale è legata prevalentemente a limiti tecnologici.

Nella figura 9 è illustrata in dettaglio una lente reticolata 2 che effettua la scomposizione-focalizzazione delle tre bande colorate.

Nella configurazione riportata nella figura 8, l'efficienza di trasmissione luminosa del sistema di modulazione di immagine è massima. Conseguentemente è massimo anche il contrasto tra pixel oscurati e pixel

luminosi. Tuttavia, il presupposto di utilizzare un fascio policromatico di buona collimazione ed uniforme sull'area di tutto il dispositivo costituisce un limite progettuale e realizzativo considerevole. In pratica, per generare il fascio collimato di sezione estesa è sempre necessario un sistema ottico profondo. La separazione angolare dei fasci delle bande di colore generati dalla singola microlente reticolare è limitata a sua volta dalla complessità di realizzazione tecnologica. Questa aumenta con l'aumentare della separazione angolare dei fasci focalizzati.

In un'altra configurazione preferita descritta nella figura 10, le matrici di microlenti reticolate 2 separatrici delle bande colorate sono seguite dalla matrice M2 di microfiltri colorati 3. Alla banda di spettro centrata intorno al colore C1 corrisponde il filtro la cui curva di trasmissione massima è centrata intorno allo stesso colore C1. La funzione della matrice di microfiltri è quella di ridurre gli effetti di intersezione o sovrapposizione delle bande colorate generate dalle microlenti reticolate. Il singolo filtro colorato assorbe o riflette soltanto una piccola frazione del fascio incidente ed il dispositivo complessivo è più efficiente di quello

descritto nelle figure 3, 4, 5. In questo caso è possibile impiegare un fascio policromatico non necessariamente collimato, sono ridotte le complicazioni tecnologiche associate alla generazione della matrice di microlenti reticolate e le problematiche di intersezione o sovrapposizione delle bande di colore. E' elevata l'efficienza di trasmissione del fascio luminoso poiché i filtri agiscono soltanto sulla banda spettrale corrispondente e massimo il contrasto tra di colori.

Nelle figure 11A, 11B è riportato un sistema di presentazione di quattro immagini statiche. Sulla matrice di microfiltri sono registrate quattro immagini di $K \times M$ celle (pixel) i cui colori possono essere tutti uguali per generare immagini monocromatiche oppure di un colore qualsiasi per generare immagini policromatiche. I microchopper sono in numero uguale a quello delle celle colorate (microfiltri). La selezione dell'immagine è effettuata aprendo i microchopper corrispondenti alle celle che definiscono l'immagine. Nonostante si sia verificato che la matrice di microchopper è più facilmente posizionabile dopo la multidiapositiva, il dispositivo opera bene anche con la matrice di microchopper posta tra la sorgente policromatica e la

multidiapositiva.

L'effetto animazione può essere facilmente generato selezionando in sequenza immagini leggermente differenti tra loro secondo procedure note applicate nei cartoni animati. Il vantaggio di questo tipo di dispositivo sta nel fatto che per selezionare un'immagine non sono necessari movimenti di traslazione o di rotazione della diapositiva e per aprire i microchopper che definiscono l'immagine è necessario un solo impulso elettrico, quindi una logica di comando facilmente realizzabile, se confrontata con quella necessaria nei sistemi di modulazione immagine dinamici dove ogni pixel viene aperto o chiuso indipendentemente dagli altri.

Le microlenti e i microfiltri possono essere disposti in matrici lineari come riportato ad esempio nella figura 3, oppure su matrici circolari (figure 12A, 12B) o a spirale o ancora in ogni altra disposizione che, nei dispositivi utilizzanti un attuatore, attraverso una traslazione, una rotazione, una inclinazione od una loro combinazione, tra le microlenti ed i microfiltri, consenta di selezionare il tipo di fascio luminoso o di immagine uscente dalla combinazione di microlenti, microfiltri e microchopper.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

Nella soluzione della figura 3, in cui vi è movimento relativo tra le microlenti ed i microfiltri, l'attuazione può essere applicata alle microlenti 2 oppure ai microfiltri 3 meccanicamente, elettromeccanicamente, con attuatori ad induzione o capacitivi od elettrostatici, piezoelettrici, polimerici o altri, indifferentemente.

In generale, nei dispositivi di questo genere, se i microfiltri colorati sono anche diffusori, le immagini sono visibili nitidamente anche osservando il piano dei microfiltri da un grande angolo di incidenza. Viceversa, se i microfiltri trasmettono i microfasci senza diffondere la luce, l'angolo di visibilità delle immagini sul piano dei microfiltri colorati è definito dall'apertura numerica delle microottiche. Quest'ultimo caso è di particolare interesse ogni volta che si pone l'obiettivo di limitare l'angolo di osservazione. Esempi sono la segnaletica stradale e l'informativa di bordo dei veicoli.

Dalla descrizione che precede, risulta evidente che nel dispositivo secondo l'invenzione il fascio di radiazione emesso da una sorgente policromatica di dimensione finita viene inizialmente corretto nella sua vergenza e distribuzione da un riflettore oppure

da un sistema che opera secondo il fenomeno della rifrazione, della diffrazione o a riflessione interna totale, incide su di una schiera di microlenti quadrate o rettangolari o di sezione arbitraria, che hanno la funzione di far convergere e dividere il fascio in una pluralità di microfasci verso una matrice contenente microfiltri colorati o immagini colorate. Attraversate i microfiltri o le immagini, la radiazione raggiunge una matrice di microchopper selezionabili indipendentemente uno ad uno da un controllore generatore di immagini o colori.

Per ogni singola microlente presente nella matrice di microlenti, i microfiltri sono in numero di 3, 4 o in generale nel numero di colori fondamentali più idoneo per generare un colore qualsiasi. La dimensione dei microfiltri colorati è tale per cui essi intersecano in parte o totalmente il fascio convergente. La selezione del colore della singola cella è ottenuta interponendo il colore desiderato al fascio di luce. Un movimento della lastra di base dei microfiltri consente di cambiare il colore. La dimensione dei microchopper è uguale a quella delle microlenti. La sezione dei filtri e il tipo di lente utilizzate consentono di generare pattern colorati con distribuzione luminosa

**BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.**

desiderata. Sono state anche illustrate realizzazioni che non comportano la movimentazione della lastra di microfiltri, in cui la porzione del fascio che raggiunge i microfiltri è selezionata dai microchopper e il colore di una cella costituita da tre microchopper, e quindi da tre microfiltri dei colori fondamentali, può essere selezionato regolando il tempo di apertura di ognuno dei tre microchopper.

Si è dimostrato che il fascio policromatico può essere scomposto in bande colorate da microottiche reticolate. Ciò ha consentito realizzazioni di dispositivi senza microfiltri ed altre, di più facile fabbricazione, e utilizzabili anche con fasci policromatici non perfettamente collimati, con microfiltri che intercettano soltanto le bande spettrali corrispondenti.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, i particolari di costruzione e le forme di attuazione potranno ampiamente variare rispetto a quanto descritto ed illustrato a puro titolo di esempio, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione.

**BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX**
s.r.l.

RIVENDICAZIONI

1. - Dispositivo per la selezione dinamica di colori e di immagini, caratterizzato dal fatto che comprende:

- un generatore di un fascio luminoso policromatico (1),

- una pluralità di microottiche reticolate disposte a matrice, integrate in una lamina sottile trasparente (M1), aventi la funzione di generare tre fasci di bande di colori centrate su una lunghezza d'onda definita, ogni microottica della matrice (M1) essendo in grado di generare più fasci focalizzati rettangolari, ad esempio tre fasci, rispettivamente di colore rosso, verde e blu in altrettante aree diverse corrispondenti a pixel adiacenti del sistema di modulazione di immagini (figura 8),

- matrici di filtri colorati con picchi massimi di trasmittanza corrispondenti alla lunghezza d'onda centrale delle bande di colori generate dalla matrice di microlenti reticolate, avente la funzione di aumentare il contrasto od accentuare la separazione od eliminare le problematiche associate alla sovrapposizione (cross talk) delle bande di colore, interposti tra il modulatore di immagini e la matrice di microlenti reticolate (figura 10).

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

2. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il sistema di modulazione di immagini dinamico è del tipo TFT-LCD.

3. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il sistema di modulazione di immagini dinamico comprende microchopper elettrostatici del tipo ciliare, oppure a film polimerico (figura 6), una lente di campo ed una lente di proiezione.

4. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, 2 e 3, caratterizzato dal fatto che è eliminata la matrice di microfiltri colorati.

5. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, per la proiezione o presentazione semidinamica di immagini pre-registrate su multidiapositive (figura 11) con microchopper elettrostatici del tipo ciliare, oppure a film polimerico (figura 6), in cui il fascio policromatico illumina una multidiapositiva contenente N, ad esempio 4, immagini di $M \times N$ pixel e la selezione di una immagine registrata è effettuata dall'apertura degli $M \times N$ microchopper corrispondenti, detto dispositivo comprendendo inoltre una lente di campo ed una lente di proiezione.

6. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il sistema di

modulazione di immagine dinamico comprende mezzi attuatori (4), applicati alla matrice di microfiltri (M2) o indifferentemente alla matrice di microlenti (M1), detto dispositivo comprendendo inoltre microchopper elettrostatici (6) del tipo ciliare oppure a film polimerico.

7. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, nel quale le microottiche ed i microfiltri o microcelle sono disposti a matrice, a cerchi, a spirale o in una qualsiasi combinazione di essi, tramite la quale il movimento relativo tra le microottiche e i microfiltri consenta di selezionare il tipo di pattern registrato sui microfiltri o microcelle di immagine.

8. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui le microottiche sono costituite da una matrice di $K \times M$ microlenti convergenti di sezione rettangolare, di lati L , H ed i microfiltri o microcelle sono in numero $N \times S$ e di lati L/N , H/S , dove K , M , N , S sono numeri interi.

9. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che vengono ottenute immagini animate selezionando in sequenze immagini leggermente differenti tra loro secondo modalità note nei cartoni animati.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUILX
s.r.l.

10. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, nel quale le microottiche controllano la forma, la sezione, la vergenza e la direzione del fascio luminoso, mentre i microfiltri selezionano il colore del singolo microfascio.

11. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, utilizzato come parte integrata dei sistemi di illuminazione nei veicoli, ad esempio come proiettore per segnalare situazioni di pericolo con fasci intermittenti colorati, oppure come proiettori con inclusi indicatori di frenata, segnalazione di inversione di direzione e per la proiezione di fasci colorati in direzione che non intaccano le prestazioni del sistema di illuminazione, ma qualificano il veicolo.

12. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, utilizzato come semaforo nei quali colori, le segnalazioni di direzione, gli effetti lampeggianti sono ottenuti con una sola sorgente.

13. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, utilizzata nella segnaletica stradale, in cui oltre alla selezione del tipo di segnale è selezionabile anche la direzione angolare di osservazione possibile e nel quale è possibile vedere contemporaneamente immagini differenti da direzioni differenti.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

14. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che è in forma di cartellone pubblicitario o insegna luminosa.

15. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che è in forma di proiettore di immagini utilizzando un obiettivo per la messa a fuoco su di uno schermo nel quale sono inseriti una matrice di microottiche e le diapositive hanno registrato una molteplicità di immagini su tutta la dimensione della diapositiva.

16. - Dispositivo secondo la rivendicazione 1, presentante una configurazione in cui microfasci policromatici intersecano totalmente o in parte le celle di un colore poste nei pressi del fuoco delle microlenti.

Il tutto sostanzialmente come descritto ed illustrato e per gli scopi specificati.

Ing. Giancarlo NOTARO
N. Iscriz. ALBO 256
(in proprio e per gli altri)

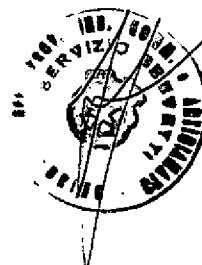
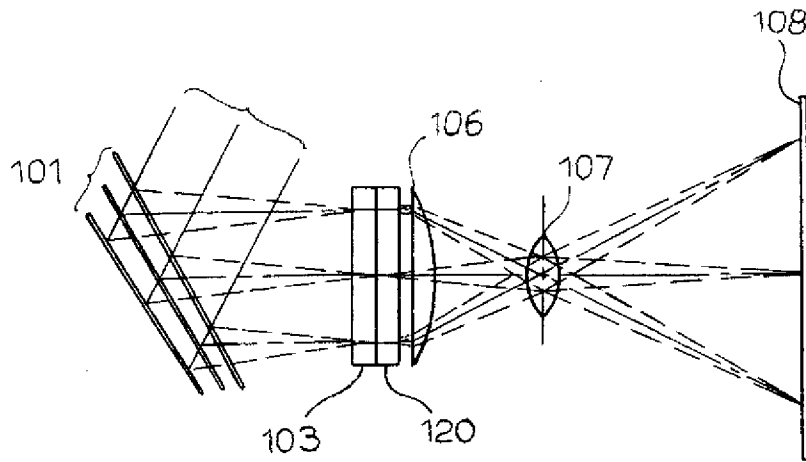
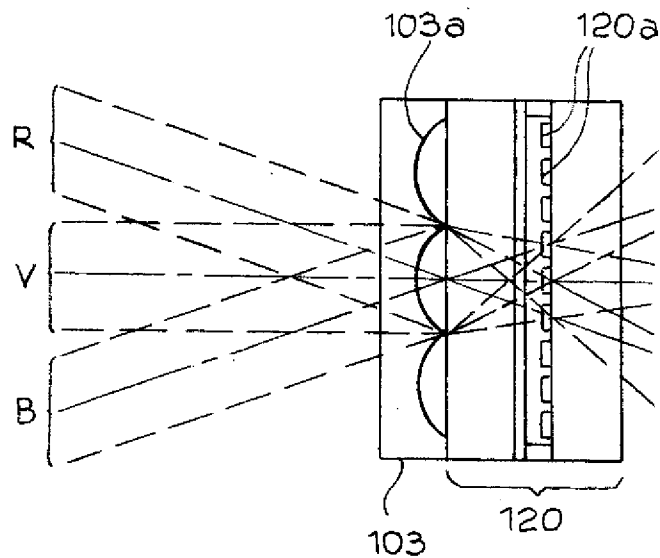


Fig. 1A



Tecnica Nota

Fig. 1B



Tecnica Nota



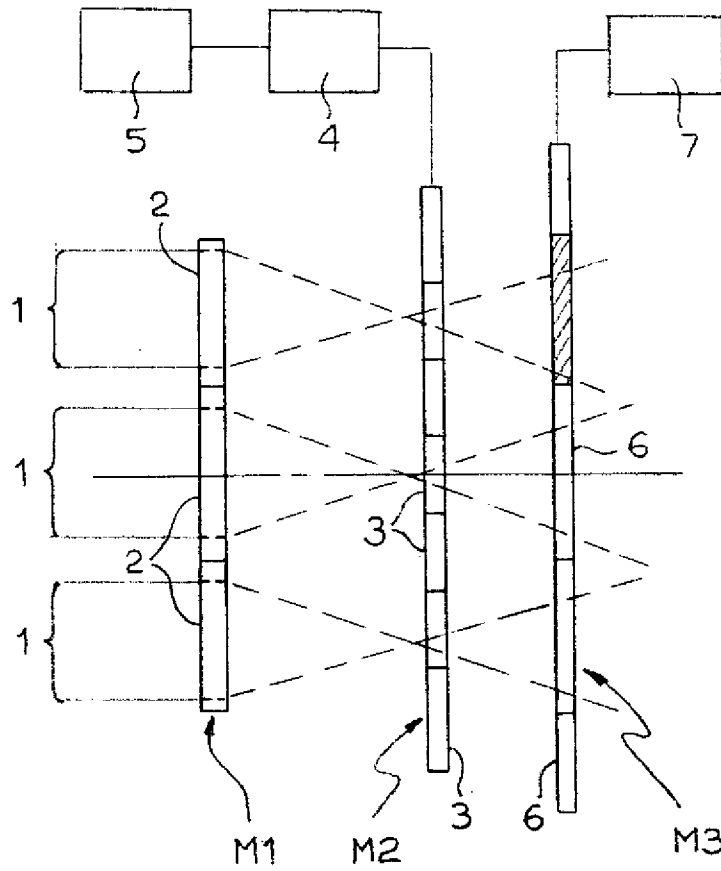


Fig. 2

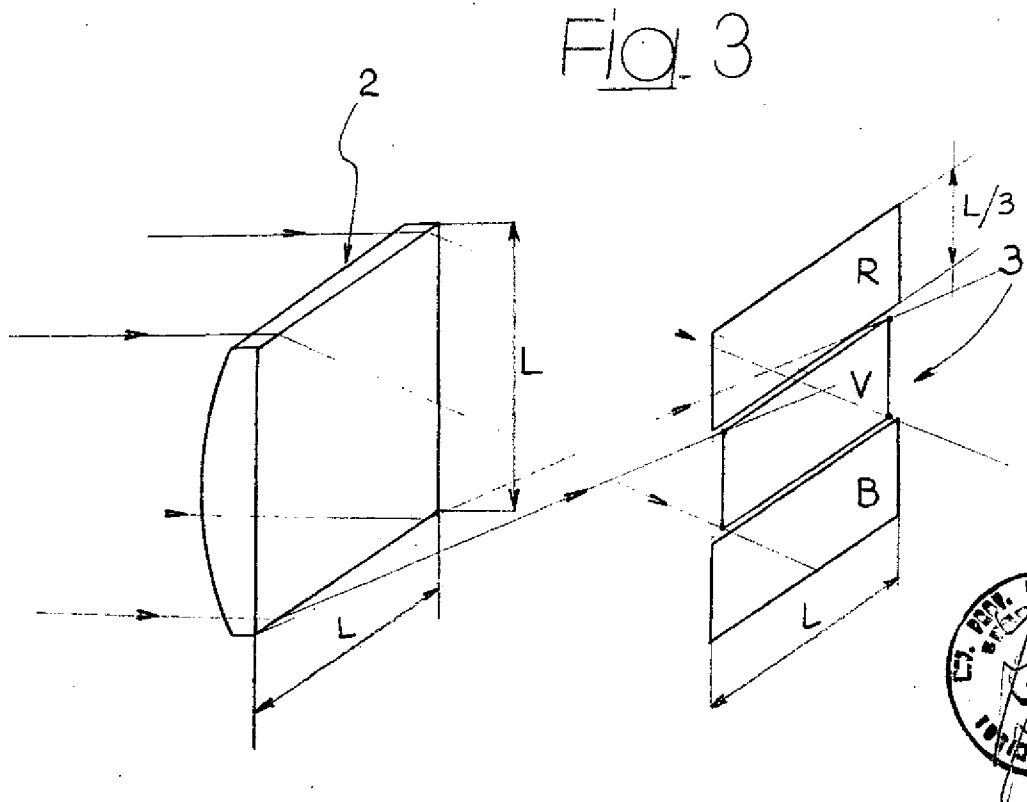


Fig. 3



Ing. Giancarlo NOTARO
N. Iscriz. ALBO 058
(In proprio e per gli altri)

Fig. 4A

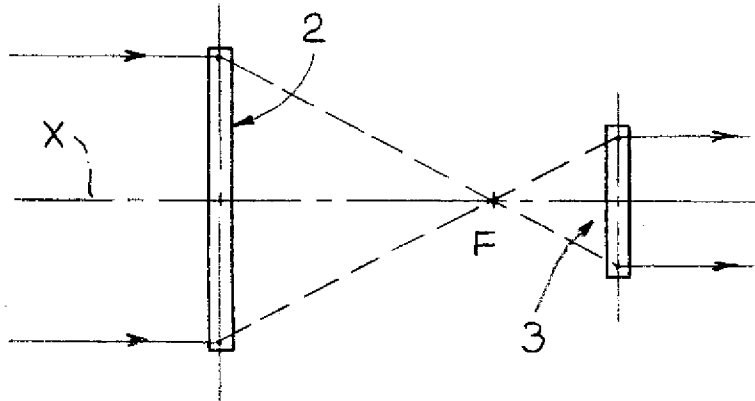


Fig. 4B

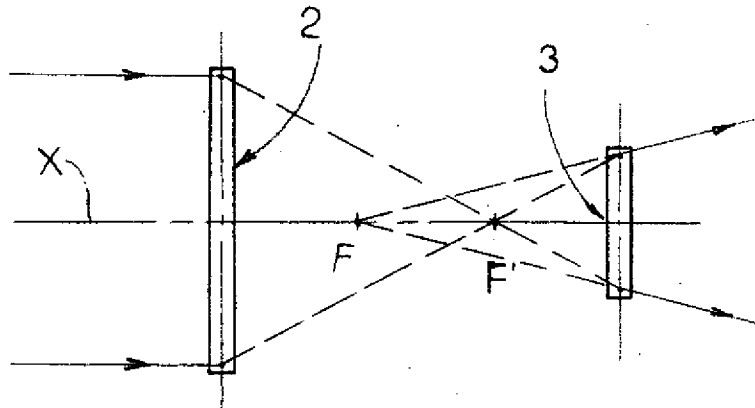
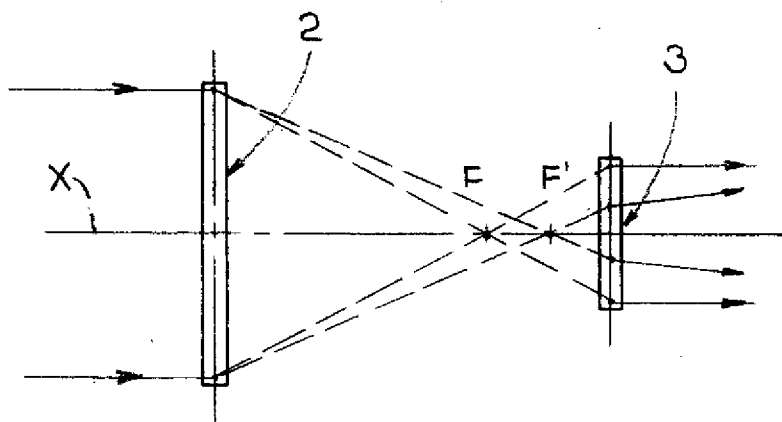


Fig. 4C



Ing. Giancarlo NOTARO
N. Iscriz. A/B/O 758
(In proprio e per gli altri)

Fig. 5

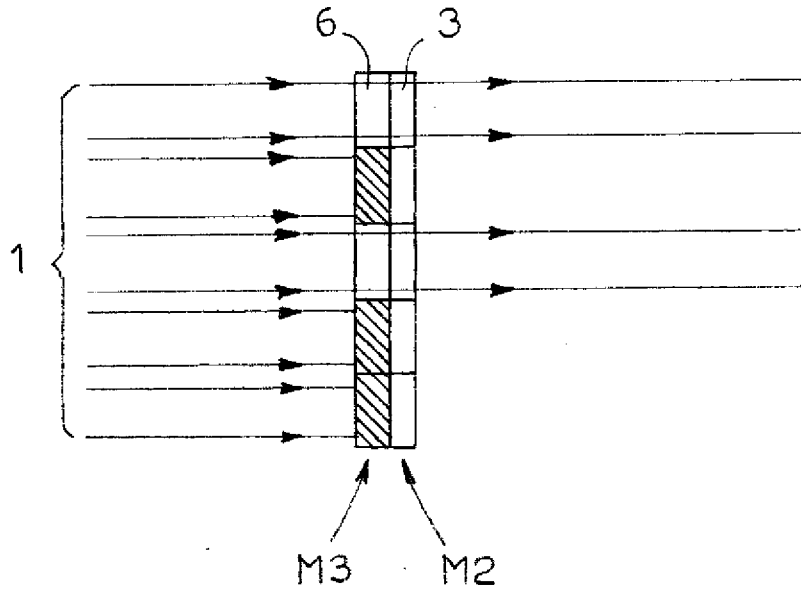
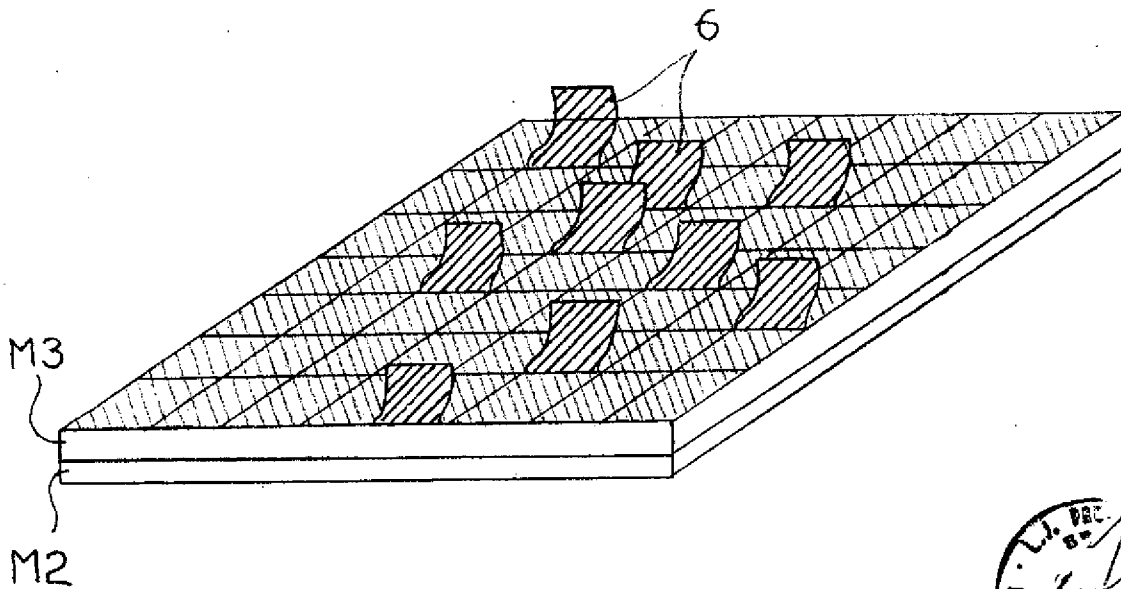


Fig. 6



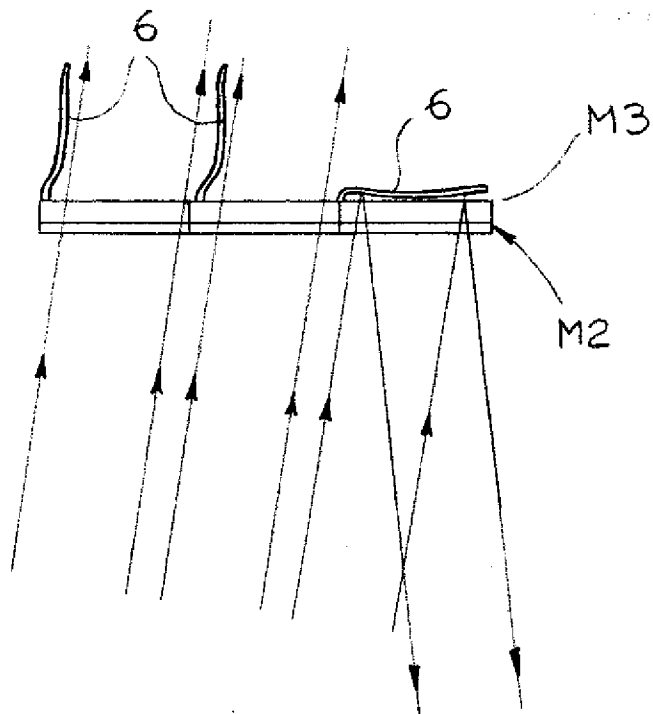


Fig. 7A

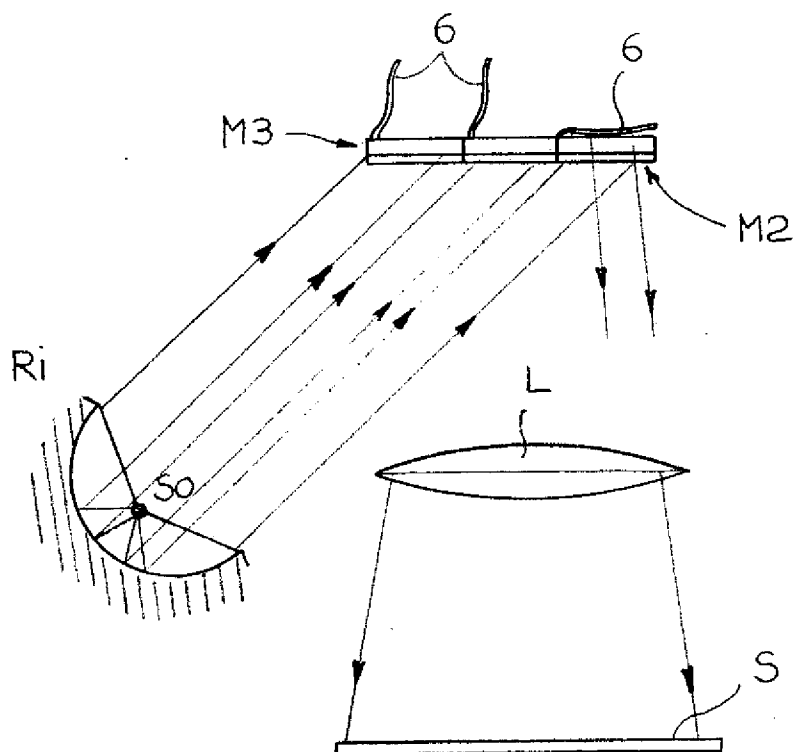


Fig. 7B



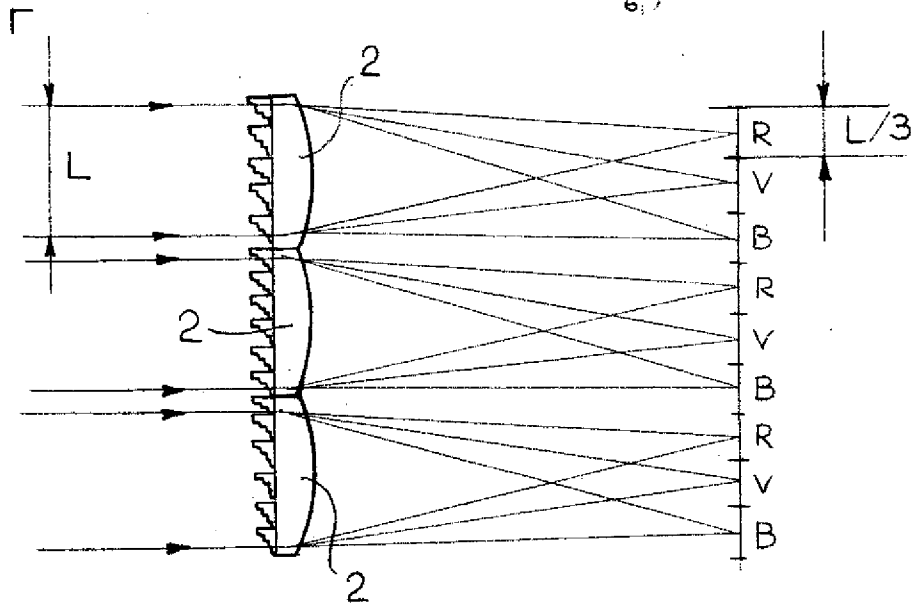


Fig. 8

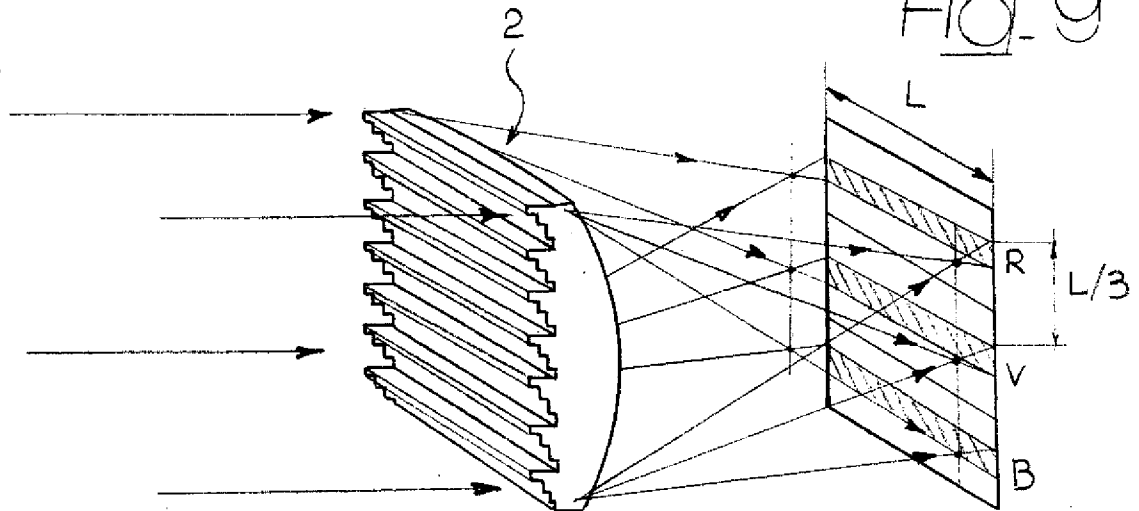


Fig. 9

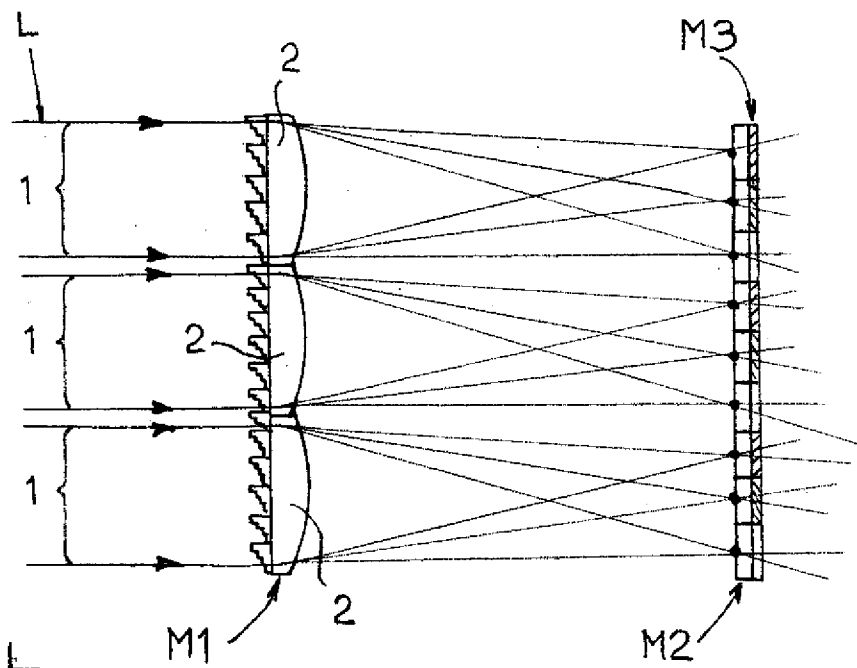


Fig. 10



Fig. 11A

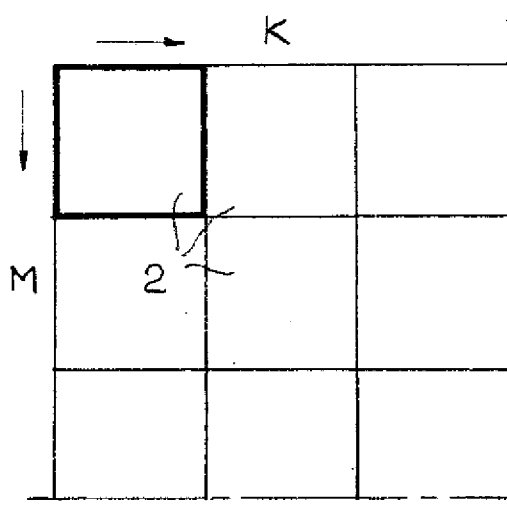


Fig. 11B

1	2	1	2	1	
3	4	3	4	3	
1	2	1	2	1	
3	4	3	4	3	
1	2	1	2	1	
3	4	3	4	3	

Fig. 12A

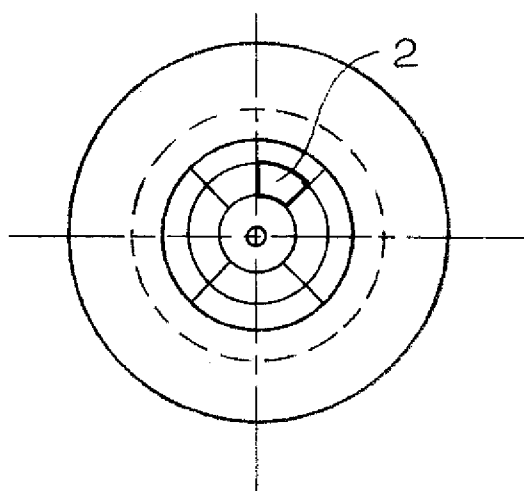


Fig. 12B

