



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	102000900889430
Data Deposito	17/11/2000
Data Pubblicazione	17/05/2002

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	B		

Titolo

SPECCHIO CON BANDA DI RIFLESSIONE ALTAMENTE SELETTIVA.
--

17 NOV. 2000

SPECCHIO CON BANDA DI RIFLESSIONE ALTAMENTE SELETTIVA

Dominio dell'invenzione

L'invenzione consiste di specchi "multistrato", particolarmente adatti a svolgere la funzione di specchi retrovisori per autoveicoli. Con la dizione "specchio multistrato" si definiscono dispositivi in grado di riflettere la luce visibile che possono in genere essere composti: a) di un supporto trasparente, b) di una serie di strati dielettrici (il multistrato), c) di uno strato metallico altamente riflettente, d) eventuali strati assorbenti.

Arte pregressa e natura dell'innovazione prodotta dal brevetto

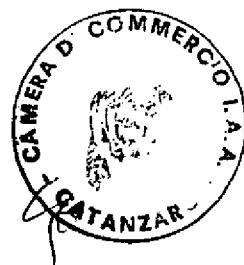
In questo contesto gli specchi più semplici sono quelli tradizionali di alluminio i quali riflettono le radiazioni del visibile senza alterare lo spettro. Gli Specchi che contengono oltre allo strato metallico anche una serie di strati dielettrici, e che per tale ragione vengono detti multistrato, hanno la proprietà di riflettere spettri luminosi modificati nelle loro componenti cromatiche in modo tale da assicurare un minore abbagliamento al guidatore da parte dei moderni fari alogeni dei veicoli che marciano nella stessa direzione. In altri termini gli specchi multistrato sono stati introdotti per eliminare dallo spettro luminoso le componenti cromatiche che maggiormente disturbano l'occhio del guidatore [1]. Tuttavia su tale punto esistono prescrizioni severe sulle caratteristiche dei sistemi impiegati in quanto l'eliminazione di componenti monocromatiche può portare a distorsioni che modificano la natura dell'informazione ottica tale da indurre il guidatore ad errori di identificazione degli oggetti e del loro movimento. Ad esempio, uno specchietto retrovisore deve avere una riflessione integrale dello spettro luminoso superiore a 0.4 e deve avere proprietà cromatiche tali da non

*Reverto*

indurre errori d'identificazione. Gli specchi multistrato sono caratterizzati dalla deposizione su un supporto vetroso di diversi strati di materiale metallico e di materiali dielettrici. Lo strato più esterno rispetto alla base vetrosa può essere o una superficie metallica altamente riflettente (costituito generalmente da alluminio o cromo) oppure uno strato semiconduttore (generalmente a base di germanio) anch'esso ad alta riflessione. Tra questo strato altamente riflettente e la superficie vetrosa vengono intercalati vari strati di materiali dielettrici (generalmente ossidi, fluoruri e solfuri) a diverso indice di rifrazione e spessore. Secondo le leggi della fisica ottica [2] lo spettro di riflessione di uno specchio multistrato del tipo sopra descritto, dipende criticamente dalla disposizione dei vari strati dielettrici intercalati tra il supporto vetroso e la superficie riflettente, dal loro spessore e dal loro indice di rifrazione.

Descriviamo di seguito una serie di specchi con multistrati dielettrici intermedi (tra la superficie vetrosa e la superficie metallica esterna) già noti, prima della presente invenzione.

E' noto ad esempio uno specchio [3] nel quale viene utilizzato un multistrato intermedio costituito da tre strati aventi le seguenti caratteristiche. Il primo strato (A_1) è un materiale ad alto indice di rifrazione avente spessore ottico pari a $\lambda_0/4$ (essendo λ_0 la lunghezza d'onda della luce scelta per il controllo della formazione del rivestimento). Il secondo strato con basso indice di rifrazione (B) ha uno spessore anche pari a $\lambda_0/4$. Il terzo strato ($2A_2$) dallo spessore $\lambda_0/2$ è di nuovo ad alto indice di rifrazione. La formula del rivestimento multistrato intermedio è in questo caso $A_1 B 2A_2$. Lo stesso brevetto presenta una ulteriore soluzione secondo la quale il multistrato intermedio è formato da quattro strati $A_1 B_1 A_2 B_2$ ciascuno dei quali avente spessore $\lambda/4$. Questo tipo di



Prodotto

specchio multistrato ha un alto coefficiente di riflessione nell'intervallo spettrale compreso tra 430 e 550 nm, mentre presenta una bassa riflessione tra 550 e 700 nm. Esso mostra pertanto un colore celeste. Un inconveniente notevole di questo specchio è l'alterazione notevole dell'equilibrio cromatico degli oggetti. Ad esempio gli oggetti di colore rosso sono poco visibili in luce riflessa. Un secondo gravissimo inconveniente presentato da un tale specchio è costituito dal fatto che il massimo della luce da esso riflessa corrisponde proprio alla banda, centrata intorno ad una lunghezza d'onda $\lambda=510$ nm, alla quale l'occhio ha la massima sensibilità notturna [4]. Il guidatore, di un veicolo portatore di un tale specchio, è fortemente abbagliato dai fari dei veicoli in coda, anche se lo specchio taglia una notevole visibilità nella banda cromatica del rosso.

Altri specchi con multistrato riflettente, di recente invenzione, Sono riportati nel riferimento [5]. Questi specchi, per la natura, disposizione e spessore degli strati impiegati, presentano l'inconveniente di non abbassare selettivamente la riflessione della banda verde dello spettro, ed in alcuni casi di tagliare fortemente la banda del rosso. Mentre da una parte non viene diminuita la componente spettrale alla quale ha la massima sensibilità nella visione notturna, d'altra parte viene abbassata la luminosità e viene distorta la cromaticità degli oggetti (gli oggetti di colore rosso diventano meno visibili)

Ulteriori specchi noti del tipo multistrato [6,7] sono sicuramente validi sul piano della qualità della luce riflessa, in quanto il minimo di tale luce cade nella banda di lunghezze d'onda compresa tra 480 e 550 nm. In questo caso però il multistrato dielettrico compreso tra la superficie vetrosa e la superficie metallica esterna è composto da molteplici strati che sono tra di loro diversi non solo per i materiali utilizzati ma anche per le metodologie di deposizioni impiegate. Ciò



17 NOV. 2000

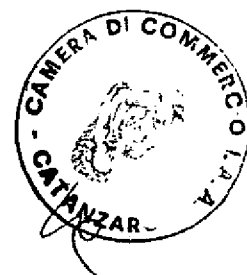
Proietto

rende questi specchi poco adatti alla produzione industriale e quindi costosi. Un altro inconveniente ad essi ascrivibile è la bassa luminosità globale che li rende poco adatti alla guida notturna.

Lo specchio descritto nel riferimento [8] ha un multistrato dielettrico il cui numero di strati (da 3 a 6) è più basso rispetto a quelli presenti negli specchi rivendicati nei riferimenti [6] e [7]. In questo caso l'invenzione può essere industrializzata con costi inferiori, ma permane l'inconveniente di una relativamente bassa luminosità notturna dello specchio.

Nel brevetto [9] e' inoltre descritto uno specchio nel quale i parametri ottici sono analoghi a quelli dello specchio descritto nel riferimento [8], sebbene sia meno protetto dal punto di vista meccanico.

Uno specchio multistrato, nel quale viene depressa la riflessione delle componenti spettrali centrate intorno a 550 nm, è quello riportato nel riferimento [10]. Questo specchio, di seguito descritto in dettaglio, sarà utilizzato come termine di paragone per illustrare la qualità superiore degli specchi oggetto della presente invenzione. Esso contiene, tra il supporto di vetro ed uno strato metallico o semiconduttore esterno ad alta riflessione, un multistrato dielettrico costituito almeno da uno strato ad alto indice di rifrazione spesso $\lambda_0/2$ (depositato sul supporto vetroso) ed almeno uno strato a basso indice di rifrazione con uno spessore ottico compreso tra 0.05 e 0.4 volte λ_0 . In questa invenzione lo strato dielettrico ad alto indice di rifrazione (1.9-2.4) è costituito da almeno uno dei seguenti composti: SiO_2 , TiO_2 , Ta_2O_5 , ZrO_2 , HfO_2 , ZnS . Lo strato dielettrico a basso indice di rifrazione (1.3-1.8) è invece costituito da almeno uno dei seguenti composti: SiO_2 , Al_2O_3 , MgF_2 , CeF_3 . Alternativamente, lo strato ad alto indice di rifrazione può essere costituito da



17 NOV. 2000

Brevetto

17 NOV. 2000

Al_2O_3 e/o CeF_3 , quando si scelgono opportunamente i materiali per lo strato a più basso indice di rifrazione. Lo strato esterno riflettente viene realizzato con metalli e semiconduttori quali: Cr, Ni, Al, Ag, Co, Fe, Si e Ge, oppure con leghe contenenti almeno uno di questi componenti.

La fig.1 mostra la efficienza luminosa spettrale dell'occhio umano in condizione notturna $V'(\lambda)$ (curva 1). Nella stessa figura è riportata la curva 2 che rappresenta l'energia spettrale emessa da una lampada alogena di automobile $P(\lambda)$, mentre la curva 3 è invece il prodotto $V'(\lambda) \cdot P(\lambda)$ e illustra pertanto lo spettro della sensibilità che l'occhio umano riesce ad avere di notte rispetto alla luminosità di una lampada alogena di automobile. La figura 1 mostra inequivocabilmente che la massima sensibilità dell'occhio umano nella visione notturna cade nel range di frequenze compreso tra 510 e 530 nm. Quindi il massimo potere di abbagliamento notturno è dato proprio da questa banda luminosa. Partendo da questa considerazione, gli autori del brevetto del riferimento [10] hanno proposto di correggere l'abbagliamento dei fari alogeni per mezzo di specchi retrovisori aventi una riflessione minima nella banda di frequenza 510-530 nm.

In fig.2 sono riportati gli spettri di riflessione degli specchi multistrati proposti nel riferimento [10]. Le curve 1 - 5 (fig.2) corrispondono alle caratteristiche spettrali del coefficiente riflessione di vari specchi, secondo il seguente schema:

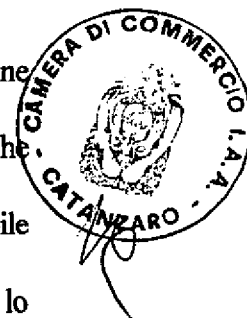
curva 1 - S $2A_1 B_1 M_1$ $\lambda_0 = 540 \text{ nm}$,

curva 2 - S $2A_1 1/2B_1 M_1$ $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$,

curva 3 - S $B_2 2A_1 B_1 M_2$ $\lambda_0 = 540 \text{ nm}$,

curva 4 - S $A_1 A_2 B_2 M_1$ $\lambda_0 = 540 \text{ nm}$,

curva 5 - S $B_2 A_1 A_2 1/2B_1 M_1$ $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$,



Pravito

dove S è il supporto;

17 NOV. 2000

A è il materiale dielettrico ad alta rifrazione;

B è il materiale dielettrico a bassa rifrazione;

M è lo strato metallico o semiconduttore ad alta riflessione;

In particolare:

$A_1 - \text{TiO}_2$;

$B_2 - \text{SiO}_2$;

$A_2 - \text{ZrO}_2$;

$M_1 - \text{Cr}$;

$B_1 - \text{MgF}_2$;

$M_2 - \text{Ge}$;

lo spessore ottico degli strati rivestimento è tale che gli strati A e B corrispondono a $\lambda_0/4$; 2A corrisponde a $\lambda_0/2$; 1/2B corrisponde a $\lambda_0/8$.

Le curve di fig.2 mostrano che lo specchio retrovisivo del riferimento [10] sopprime efficacemente l'abbagliamento. In particolare la massima efficacia si raggiunge con lo specchio nel quale il dielettrico è composto da quattro strati (curva 5, fig.2). Bisogna tuttavia sottolineare il fatto che lo specchio in questione non assicura al guidatore la massima luminosità che può essere raggiunta con le tecnologie impiegate. Nel caso dello specchio oggetto della presente invenzione la luminosità è stata invece ottimizzata.

Secondo i riferimenti [1,4,13] la luminosità relativa $V(\lambda)$ avvertita di notte dal guidatore quando guarda uno specchietto retrovisivo è data dalla seguente equazione:

$$V(\lambda) = V'(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot P(\lambda),$$

dove

$V'(\lambda)$ è la luminosità relativa media dell'occhio umano di notte in un sistema ottico «sorgente monocromatica – occhio umano» [4];

$P(\lambda)$ è la potenza spettrale del faro alogeno dell'automobile;



Accettato

$R(\lambda)$ è il coefficiente di riflessione dello specchio retrovisivo multistrato.

Usando i dati di $P(\lambda)$, $V(\lambda)$ e $R(\lambda)$ del riferimento [10] riportati nelle figg. 1 e 2 e' facile ottenere la luminosità relativa degli specchi. I risultati di tale procedura di calcolo di $V(\lambda)$ sono riportati nella fig. 3.

Tra i parametri principali che caratterizzano gli spettri (quello ottico incluso) vi sono la larghezza dello spettro a metà altezza, e la loro forma.

Questi parametri sono estremamente importanti in riferimento alla capacità di non distorcere oltre certi limiti le caratteristiche cromatiche degli oggetti (si veda ad esempio la figura 3, nella quale sono definiti λ_1 (limite blu) e λ_2 (limite rosso) che definiscono la larghezza spettrale $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$. Per i cinque specchi multistrati 1-5 riportati nel riferimento [10] $\Delta\lambda$ risulta uguale rispettivamente a 84, 87, 95, 90 e 100 nm. Riteniamo che questo parametro sia molto importante ai fini del confort del guidatore notturno. Infatti più grande risulta $\Delta\lambda$ più il guidatore riesce a percepire i colori degli oggetti senza distorsioni cromatiche che possano alterare la sua comprensione della natura degli stessi oggetti.

L'obiettivo dell'invenzione è stato la realizzazione di uno specchio retrovisivo multistrato per veicoli che abbinasse

- a) un più forte effetto antiabbagliante, rispetto agli specchi noti, attraverso una riduzione efficace delle componenti cromatiche comprese tra 510 e 530 nm;
- b) una più alta luminosità relativa per il guidatore, rispetto agli specchi multistrato già noti;
- c) una distorsione cromatica inferiore a quella degli altri specchi già noti ($\Delta\lambda$ più grande);

17 NOV. 2000



Baratta

17 NOV. 2000

d) una maggiore facilità di costruzione, per garantire l'abbattimento dei costi di produzione ed una facile adattabilità, obiettivo questo perseguito attraverso l'impiego di nuovi materiali e la riduzione al minimo del numero degli strati componenti il multistrato dielettrico interfacciato tra il supporto e lo strato metallico esterno.

In altre parole l'invenzione qui presentata, pur ricollegandosi a concetti noti nel campo della tecnologia degli specchi retrovisori, concerne l'utilizzazione di materiali non ancora utilizzati in questo contesto e la disposizione ottimale degli stessi, per l'ottenimento di specchietti retrovisori che pur avendo alta luminosità, abbassano selettivamente la componente luminosa che abbaglia l'occhio umano nella visione notturna senza eliminare componenti cromatiche essenziali a mantenere la cromaticità il più possibile naturale degli oggetti. Dimostreremo con dati quantitativi che la nuova soluzione tecnica qui presentata soddisfa questi requisiti in maggiore misura rispetto ad altri trovati analoghi fabbricati con materiali e disposizioni alternative. Oltre agli aspetti che riguardano la qualità dello specchio da noi prodotto, l'invenzione fa riferimento anche alla sua facilità di fabbricazione. Da questo punto di vista bisogna considerare che il passaggio più complesso dal punto di vista della fabbricazione industriale di specchi multistrato è proprio la deposizione dei vari strati dielettrici e metallico. Il rivestimento multistrato si realizza con diversi metodi fisico-chimici quali ad esempio l'evaporazione sotto vuoto, la spruzzatura ionica a plasma o quella di magnetrone, la deposizione plasmochimica dagli idruri e dai composti metallorganici. Uno dei problemi che in passato ha complicato la industrializzazione di specchi antiabbaglianti è stata la necessità di dover utilizzare processi differenti per la deposizione degli strati metallici

*F. Rizzuto*

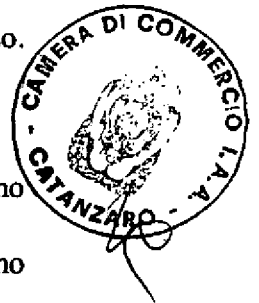
altamente riflettenti e per la deposizione degli strati dielettrici a diverso indice di rifrazione. Per la natura dei materiali impiegati negli specchi che rappresentano l'oggetto della presente invenzione, la pellicola metallica ad alta riflessione viene depositata con lo stesso metodo utilizzato per la deposizione del rivestimento dielettrico multistrato, all'interno dello stesso ciclo di processo. Questo assicura una notevole semplificazione del processo di fabbricazione.

Nel nostro caso il multistrato dielettrico intermedio contiene almeno uno strato di materiale semiconduttore ad alto indice di rifrazione e almeno uno strato di materiale dielettrico con basso indice di rifrazione. Lo strato ad alto indice di rifrazione, nel range 3,4-3,8, può essere costituito da a) silicio amorfo (α -Si); b) silicio amorfo idrogenato (α -Si:H), c) una lega amorfa di silicio e germanio (α -SiGe), d) una lega amorfa idrogenata di silicio e germanio (α -SiGe:H). Lo strato di materiale dielettrico a basso indice di rifrazione, nel range 1,3-2,3, è preferibilmente costituito da ossidi come SiO_2 , Al_2O_3 , oppure da fluoruri come MgF_2 , CaF_2 o anche da loro miscele o altri materiali dielettrici con di rifrazione nel range indicato.

Lo strato metallico ad alta riflessione formato sul rivestimento multistrato ha preferibilmente un coefficiente di riflessione uguale a 0,6 o più grande di 0,6, nel range del visibile. Esso può essere costituito da un metallo singolo come Cr, Ni, Al, Ag o altri simili, oppure da una lega metallica con coefficiente di riflessione analoghi a quelli sopra indicati.

Si sottolinea che un elemento di innovazione introdotto dal presente brevetto è costituito dall'impiego di materiali amorfi quali α -Si, α -Si:H, α -SiGe, α -SiGe:H, in almeno uno degli strati del multistrato riflettente. Tali materiali

17 NOV. 2000



Perrotto

semiconduttori amorfi presentano almeno tre vantaggi rispetto ad altri materiali

non amorfi:

- sono depositabili a bassa temperatura,
- sono perfettamente trasparenti,
- il loro indice di rifrazione può essere variato.

In questo brevetto presenteremo le seguenti tre differenti formule di specchi:

1. Specchi di formula S A 2B M, nel quale :

S è il supporto di vetro o altro materiale trasparente;

A è uno strato semiconduttore ad alto indice di rifrazione (nel range 3,4-3,8);

B è uno strato di materiale dielettrico a bassa rifrazione (indice di rifrazione 1,3-2,3) avente spessore ottico pari a $\lambda_0/2$;

M è uno strato metallico ad alta riflessione.

2. Specchi di formula S $1/2A_1$ $1/2A_2$ 2B M, oppure S $1/4A_1$ $3/4A_2$ 2B M,

nel quale :

$1/2A_1$, $1/4A_1$ sono strati dielettrici ad alto indice di rifrazione, compreso nel range 3,4-4,8, aventi spessore ottico $\lambda_0/8$ e $\lambda_0/16$;

$1/2A_2$, $3/4A_2$ sono strati dielettrici con alto indice di rifrazione dello spessore ottico $\lambda_0/8$ e $3\lambda_0/16$, che sono realizzati con materiali aventi indice di rifrazione più alto rispetto a quelli con i quali si realizza lo strato B.

B è uno strato di materiale dielettrico a bassa rifrazione (indice di rifrazione 1,3-2,3) avente spessore ottico pari a $\lambda_0/2$;

M è uno strato metallico ad alta riflessione.



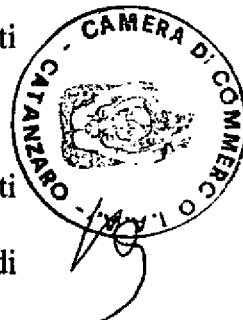
A. Zorrotto

17 NOV. 2000

3. Specchi nei quali viene eliminato lo strato riflettente metallico e nei quali la funzione riflettente è generata dall'effetto interferenziale di strati di semiconduttori separati da strati dielettrici.

Come si potrà vedere, osservando gli spettri di riflessione degli specchi descritti negli esempi di seguito riportati, detti specchi, pur avendo un coefficiente di riflessione integrato analogo, ed in molti casi superiore, in confronto agli specchi già noti, riducono di più di tre volte l'abbagliamento, in visione notturna, rispetto allo specchio di alluminio. Mentre i migliori specchi già noti riducono l'abbagliamento, rispetto allo specchio di alluminio, di un fattore inferiore a due. Inoltre, mentre i migliori specchi antiabbaglianti già noti sono specchi blu [14], gli specchi qui presentati riflettono il blu quanto il rosso. Essi hanno un coefficiente di riflessione che rispetta lo standard imposto (superiore al 35%) per tutte le regioni spettrali, ma riducono fino al del 20% la riflettività soltanto nella zona spettrale dove è massima la sensibilità dell'occhio umano. Secondo gli standard internazionali (si veda in particolare [11,12]), il coefficiente integrale di riflessione degli specchi retrovisori non deve essere inferiore a 0.38-0.40. I nostri specchi in tutti i casi hanno un coefficiente integrale di riflessione nel range visivo superiore a 0.47.

In definitiva i nostri specchi hanno un coefficiente di riflessione effettivo notevolmente più alto rispetto a quello di altri specchi. Essi, quando vengono utilizzati come specchietti retrovisori nelle autovetture, forniscono una informazione più completa e cromaticamente precisa delle vetture retrostanti, rispetto a quella fornita dagli specchi blu. Inoltre, essi presentano il vantaggio



A. Revetto

17 NOV. 2000

di un migliore contrasto visivo e pertanto aumentano la sicurezza soprattutto nelle ore crepuscolari e nelle giornate con cielo coperto.

Esempio 1.

Un primo esempio dell'invenzione è costituito da specchio retrovisivo multistrato per i veicoli, contenente un supporto trasparente, un film dielettrico multistrato depositato sul supporto trasparente ed uno strato metallico ad alta riflessione depositato sul film dielettrico multistrato. Il film dielettrico multistrato, intermedio tra il supporto e lo strato metallico, comprende uno strato di materiale con alto indice di rifrazione e uno strato di materiale con basso indice di rifrazione.

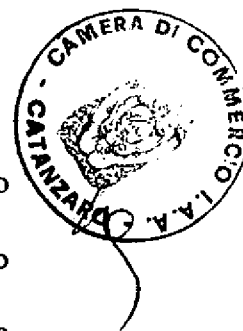
Il supporto che si usa nella soluzione tecnica presentata e' trasparente. Esso deve essere prevalentemente piatto da entrambi i lati, ma può essere anche convesso o concavo, in conformità alle norme tecniche vigenti [13].

Lo spessore ottico dello strato semiconduttore ad alto indice di rifrazione e' uguale a $\lambda_0/4$ (dove λ_0 è la lunghezza d'onda usata per il controllo nella formazione del rivestimento) e lo spessore ottico dello strato con basso indice di rifrazione è $\lambda_0/2$. Lo spessore ottico dello strato semiconduttore ad alto indice di rifrazione non deve superare il valore di $\lambda_0/4$ anche per escludere gli effetti dell'assorbimento di luce nello strato, che ridurrebbero la luminosità dello specchio.

Quindi lo specchio multistrato trattato in questo esempio ha un rivestimento multistrato a due strati e la sua formula e':

S A 2B M,

dove S è il supporto di vetro;



Beccato

COMMUNES

A è lo strato semiconduttore ad alto indice di rifrazione nel range 3,4-

,8);

2B è lo strato di materiale dielettrico a bassa rifrazione (indice di rifrazione 1,3-2,3) avente spessore ottico pari a $\lambda_0/2$; M è lo strato metallico ad alta riflessione.

La disposizione degli strati ad alta e a bassa rifrazione del rivestimento multistrato dielettrico intermedio non può essere variata e deve necessariamente rispettare il seguente ordine. Lo strato semiconduttore ad alto coefficiente di rifrazione deve essere depositato sulla superficie del supporto trasparente. Sullo strato ad alto indice di rifrazione si deposita lo strato a basso indice di rifrazione. Sullo strato a basso indice di rifrazione si deposita quello metallico ad alta riflessione. La disposizione degli strati indicata è importante per la realizzazione di caratteristiche spettrali caratterizzate da buona luminosità e basso abbagliamento.

In fig.4a e' presentata in scala maggiorata la sezione dello specchio nel quale il multistrato dielettrico contiene due strati. Nella figura sono evidenziati:

1. è il supporto di vetro;
2. è uno strato semiconduttore (A) in silicio amorfo (α -Si), avente l'indice di rifrazione 3,5; di spessore ottico $\lambda_0/4$ (in questo esempio λ_0 e' la lunghezza d'onda di controllo per la formazione del rivestimento : uguale a 520 nm e quindi $\lambda_0/4$ e' uguale a 130 nm),
3. è uno strato di materiale in SiO_2 con basso indice di rifrazione ($n=1,46$) (2B) di spessore ottico $\lambda_0/2$ (260 nm);
4. è una pellicola metallica in Al.



1977 NOV. 2000

Aravotto

Lo strato A può essere costituito anche da, α -SiH, α -SiGe, α -SiGeH

La caratteristica spettrale del coefficiente riflessione dello specchio multistrato dato e' riportata in fig.5. Osservando fig.5 si vede bene che lo specchio sopprime efficacemente l'abbagliamento avendo un basso coefficiente di riflessione nel range lunghezze d'onde compreso tra 480 e 530 nm in cui il prodotto della sensibilità dell'occhio umano nella visione notturna per la potenza spettrale di un faro alogeno di automobile raggiunge i valori più grandi. Si vede anche che lo specchio ha alto coefficiente di riflessione nella zona blu (430-480 nm) e nella zona rossa (540-700 nm) dello spettro dove la sensibilità dell'occhio umano alla luminosità e' bassa. La selettività di riflessione dello specchio non abbassa il valore integrale della riflessione nella banda del visibile che risulta uguale a 0,51. In fig.6 e' paragonato il prodotto $P(\lambda) * V(\lambda) * R(\lambda)$ nella banda visibile calcolato per lo specchio descritto in questo esempio (curva 1) rispetto a quello calcolato per uno degli specchi più efficaci descritti nel riferimento [10] (curva 2). Dalla fig.6 si evince che per lo specchio descritto nell'esempio la semilarghezza della sensibilità relativa $\Delta\lambda$ e' uguale a 110 nm ed e' più larga di 10 nm rispetto a quella dello specchio descritto nel riferimento [10] il quale tra l'altro contiene un maggior numero di strati dielettrici nel multistrato dielettrico(quattro) . In definitiva lo specchio descritto nell'esempio si caratterizza per avere una più alta capacità antiabbagliante, una più alta luminosità, una minore distorsione cromatica , una maggiore semplicità di fabbricazione, rispetto a specchi già noti di tipo analogo.

Esempio 2.

Questo esempio riporta uno specchio multistrato nel quale lo strato dielettrico intermedio tra la superficie del supporto e lo strato metallico ad alta



17 NOV. 2000

A. Ferretti

riflessione, è costituita da tre strati.

La formula dello specchio è pertanto:

$S \ 1/2A_1 \ 1/2A_2 \ 2B \ M$ oppure $S \ 1/4A_1 \ 3/4A_2 \ 2B \ M$,

Dove $1/2A_1$, $1/4A_1$ sono strati con indice di rifrazione compreso tra 3.4 e 3.8, di spessore ottico pari a $\lambda_0/8$ e $\lambda_0/16$, mentre

$1/2A_2$, $3/4A_2$ sono strati dielettrici di spessore ottico $\lambda_0/8$ e $3\lambda_0/16$, realizzati con materiali aventi indice di rifrazione più alto rispetto a quelli con i quali si realizza lo strato B. Se lo strato B si realizza in SiO_2 ($n=1,46$) o MgF_2 ($n=1,38$) con spessore ottico $\lambda_0/2$ allora per lo strato A_2 si usano TiO_2 ($n=2,30$), ZrO_2 ($n=2,02$), HfO_2 ($n=1,98$) et al. B è uno strato di materiale dielettrico a bassa rifrazione (indice di rifrazione 1,3-2,3) avente spessore ottico pari a $\lambda_0/2$; M è uno strato metallico ad alta riflessione.

In fig.4b e' illustrata, in scala maggiorata, una sezione dello specchio multistrato presentato in questo esempio. 11 è il supporto di vetro. 12 è lo strato semiconduttore ($1/2A_1$) di spessore ottico $\lambda_0/8$ (in questo esempio λ_0 e' uguale a 520 nm e quindi $\lambda_0/8$ e' uguale a 65 nm), costituito da silicio amorfo (a-Si), avente l'indice di rifrazione 3,5. 13 è lo strato di materiale dielettrico con alto indice di rifrazione ($1/2A_2$) di spessore ottico $\lambda_0/8$ (65 nm), costituito da ZrO_2 ($n=2,02$). 14 è lo strato di materiale dielettrico con basso indice di rifrazione (2B), di spessore ottico $\lambda_0/2$ (260 nm), costituito da SiO_2 ($n=1,46$). 15 è la pellicola in Al. Lo strato A_1 può essere costituito anche da $\alpha\text{-SiH}$, $\alpha\text{-SiGe}$, $\alpha\text{-SiGeH}$

La disposizione degli strati ad alta e a bassa rifrazione e' definita. Lo strato semiconduttore (A_1) e' depositato sulla superficie del supporto; sullo strato (A_1) è depositato lo strato dielettrico ad alta rifrazione (A_2) sul quale e'



17 NOV. 2000

Freccia

depositato lo strato dielettrico a bassa rifrazione (B) che a sua volta è ricoperto dallo strato metallico ad alta riflessione (M). Tale disposizione degli strati deve essere rispettata se si vuole impartire caratteristiche spettrali, al coefficiente di riflessione dello specchio, tali da garantire alta luminosità e alto potere antiabbagliante.

Scegliendo lo spessore ottico ottimale dello strato semiconduttore ad alta rifrazione (non più' di $\lambda_0/4$) l'assorbimento di luce nello strato semiconduttore risulta trascurabile e non influisce negativamente sulla qualità dello strato riflettente. D'altra parte, la grande differenza (dovuta all'impiego di un materiale semiconduttore) tra i valori degli indici di rifrazione degli strati alternanti del rivestimento multistrato consente di ottenere un antiabbagliamento più efficace rispetto a quello fornito da specchi già noti contenenti 2 o 3 strati negli strati dielettrici intermedi. Questa soluzione consente inoltre di allargare il parametro $\Delta\lambda$ di 10-30 nm, ovvero di migliorare la luminosità relativa, e di eliminare distorsioni cromatiche.

La caratteristica spettrale del coefficiente di riflessione dello specchio descritto e' riportata in fig.7 nella quale si può constatare che lo specchio ha un alto coefficiente riflessione sia nella zona blu (430-480 nm), sia nella zona rossa (540-700 nm) dello spettro dove la sensibilità dell'occhio umano all'irraggiamento e' bassa. La selettività di riflessione dello specchio non abbassa il valore integrale (della banda visibile) del coefficiente riflessione, che e' uguale a 0,38.

In fig.8 e' riportato il prodotto $P(\lambda) * V(\lambda) * R(\lambda)$ nella banda visibile calcolato per lo specchio di questo esempio (curva 1) rispetto a quello calcolato per lo specchio del riferimento [10] (curva 2). Dalla fig.8 si evince che per lo



17 NOV. 2000

Avvocato

specchio di questo esempio la semilarghezza della sensibilità relativa $\Delta\lambda$ è uguale a 128 nm, e risulta più larga di 30 nm rispetto a quella dello specchio con 4 strati dielettrici presentato nel riferimento [10].

CAMERA

Esempio 3.

Lo specchio presentato in questo esempio è illustrato nella figura 9. Esso è composto da una base di vetro standard 1, da un multistrato dielettrico/semiconduttore a più strati 2, e da uno strato protettivo di assorbimento 3. In questo specchio non esiste lo strato di metallo che nei precedenti esempi era necessario per ottenere una riflessione sufficientemente alta. In questo caso, l'alto coefficiente di riflessione nel range spettrale si raggiunge tramite la riflessione interferenziale a livello del multistrato dielettrico/semiconduttore.

La superficie a più strati è composta da una successione di strati alternati di semiconduttori e dielettrici di spessore diverso. Come strato con il massimo coefficiente di rifrazione ($n > 3.5$) viene utilizzato il кремний amorfo. Tutti gli strati di tale superficie sono stati depositati tramite evaporazione elettronica sotto vuoto.

La formula dello specchio è:

$$S A_1 B_1 2A_1 B_1 A_2 C,$$

dove S - supporto trasparente;

A_1 - ZrO_2 con lo spessore ottico pari a $\lambda_0/4$;

A_2 - a -Si con lo spessore ottico pari a $\lambda_0/4$;



197 NOV. 2000

A. Fucato

B₁- SiO₂ con lo spessore ottico pari a $\lambda_0/4$;

C - strato assorbente.

Lo strato A₂ può essere costituito anche da α -SiH, α -SiGe, α -SiGeH

Per ottenere tale superficie in qualità dell'onda di sostegno si usava l'onda $\lambda_0 = 510$ nm.

Lo strato protettivo di assorbimento 3 deve assorbire la luce nell'intero range del visibile. Tale strato si può realizzare in resina nera epoxida (black epoxy spray paint) oppure in vernice nera (lacquer), depositabili sul retro dello specchio tramite metodi di spraying, curtain-coating oppure roller-coating.

La caratteristica spettrale del coefficiente di riflessione dello specchio è riportata nella figura 10. Il coefficiente di riflessione integrale supera il 47% (Secondo le norme esistenti non deve essere inferiore al 38%).

Per analogia con gli esempi 1 e 2, nella figura 11 e' riportato il prodotto $V(\lambda)R(\lambda)P(\lambda)$ nel range visibile ottenuto per lo specchio di questo esempio (curva 1), in comparazione con gli analoghi prodotti ottenuti per gli specchi del riferimento [10] (curve 2 e 3) si noti che per lo specchio rivendicato in questo brevetto la larghezza spettrale di visibilita' e' piu' grande di 20 nm, cio' testimonia la maggiore fedeltà nella trasmissione dei colori.



17 NOV. 2000

A. Ferraro

RIVENDICAZIONI

1. Specchio con banda di riflessione altamente selettiva adatto a svolgere la funzione di specchi retrovisori per autoveicoli costituito da:

- un supporto trasparente in vetro o in materiali plastici,
- un multistrato depositato sul supporto trasparente che contiene:
 - Uno strato con indice di rifrazione non inferiore a 3.4.
 - Uno o più strati di materiali aventi indice di rifrazione compreso tra 1.3 ed 1.5
 - Un terzo strato

Caratterizzato dal fatto che lo strato con il più alto indice di rifrazione è costituito da materiali amorfi, non pirolitici, e che lo strato o gli strati con indice di rifrazione compreso tra 1.3 ed 1.5 hanno uno spessore pari $\lambda/2$.

2. Specchio con banda di riflessione altamente selettiva adatto a svolgere la funzione di specchi retrovisori per autoveicoli del tipo rivendicato nella rivendicazione 1, nel quale il multistrato sia composto dai seguenti strati:

- 1- uno strato semiconduttore, di spessore $\lambda/4$, scelto tra :a) silicio amorfo ($a\text{-Si}$); b) silicio amorfo idrogenato ($a\text{-Si:H}$); c) una lega amorfa di silicio e germanio ($a\text{-SiGe}$), d) una lega amorfa idrogenata di silicio e germanio ($a\text{-SiGe:H}$);
- 2- uno strato di materiale dielettrico, di spessore $\lambda/2$, a più basso indice di rifrazione, nel range 1,3-1.5, costituito da ossidi come SiO_2 , Al_2O_3 , oppure da fluoruri come MgF_2 , CeF_3 o anche da loro miscele con indice di rifrazione nel range indicato.
- 3-uno strato metallico ad alta riflessione.



177 NOV. 2000

Ferraro

Gli strati 1,2,3 sono depositati in ordine progressivo sul supporto.

3
CA
CA
Specchio con banda di riflessione altamente selettiva adatto a svolgere la funzione di specchi retrovisori per autoveicoli del tipo rivendicato nella rivendicazione 1, nel quale il multistrato sia composto dai seguenti strati:

1- uno strato semiconduttore, di spessore $\lambda/8$ o $\lambda/16$, scelto tra :a) silicio amorfo (α -Si); b) silicio amorfo idrogenato (α -Si:H); c) una lega amorfa di silicio e germanio (α -SiGe), d) una lega amorfa idrogenata di silicio e germanio (α -SiGe:H);

2- uno strato ad indice di rifrazione intermedio, di spessore $\lambda/8$ o $\lambda/16$ costituito preferibilmente da TiO_2 ($n=2,30$) o da ZrO_2 ($n=2,02$) o da HfO_2 ($n=1,98$) o da altri dielettrici con indice di rifrazione analoghi;

3-uno strato con basso indice di rifrazione, di spessore $\lambda/2$, preferibilmente costituito da SiO_2 ($n=1,46$) o MgF_2 ($n=1,38$) o da altri dielettrici con indici di rifrazione analoghi.

4-uno strato metallico riflettente.

Gli strati 1,2,3,4 sono depositati in ordine progressivo sul supporto vetroso.

4. Specchio con banda di riflessione altamente selettiva adatto a svolgere la funzione di specchi retrovisori per autoveicoli del tipo rivendicato nella rivendicazione 1, nel quale il multistrato sia composto dai seguenti strati:

-due strati (A_2) di materiali ad indice di rifrazione intermedio (1.9-2.4)
quali TiO_2 ($n=2,30$) o ZrO_2 ($n=2,02$) o HfO_2 ($n=1,98$) o altri



17 NOV. 2000

Accettato

dielettrici con indice di rifrazione analoghi; ti a basso indice di rifrazione

-due strati (B) di materiali a basso indice di rifrazione (1.3-1.5) quali SiO_2 ($n=1,46$) o MgF_2 ($n=1,38$) o altri dielettrici con indici di rifrazione analoghi.

-uno strato (A_1) di materiale ad alto indice di rifrazione (3.4-3.8), scelto tra :a) silicio amorfo ($a\text{-Si}$); b) silicio amorfo idrogenato ($a\text{-Si:H}$); c) silicio amorfo bi-coordinato, d) una lega amorfa di silicio e germanio ($a\text{-SiGe}$), e) una lega amorfa idrogenata di silicio e germanio ($a\text{-SiGe:H}$);

-uno strato (C) otticamente assorbente costituito da una resina epossidica nera o altri materiali analoghi.

Gli strati sono depositati sul supporto nell'ordine $A_2B_2A_2BA_1C$. A_1 , A_2 ,

B corrispondono ad uno spessore pari a $\lambda/4$.

5. Un processo per la produzione degli specchi di cui alle rivendicazioni 1-4, nel quale tutti gli strati dielettrici, semiconduttori e metallici vengono depositati sul supporto in unico step di lavorazione, ovvero con un unico procedimento di deposizione nel quale vengono progressivamente cambiati i materiali che danno origine ai vari strati.

6. Un processo del tipo rivendicato nella rivendicazione 5 nel quale la temperatura di processo rimane inferiore a 100°C



17 NOV. 2000

Alverotto

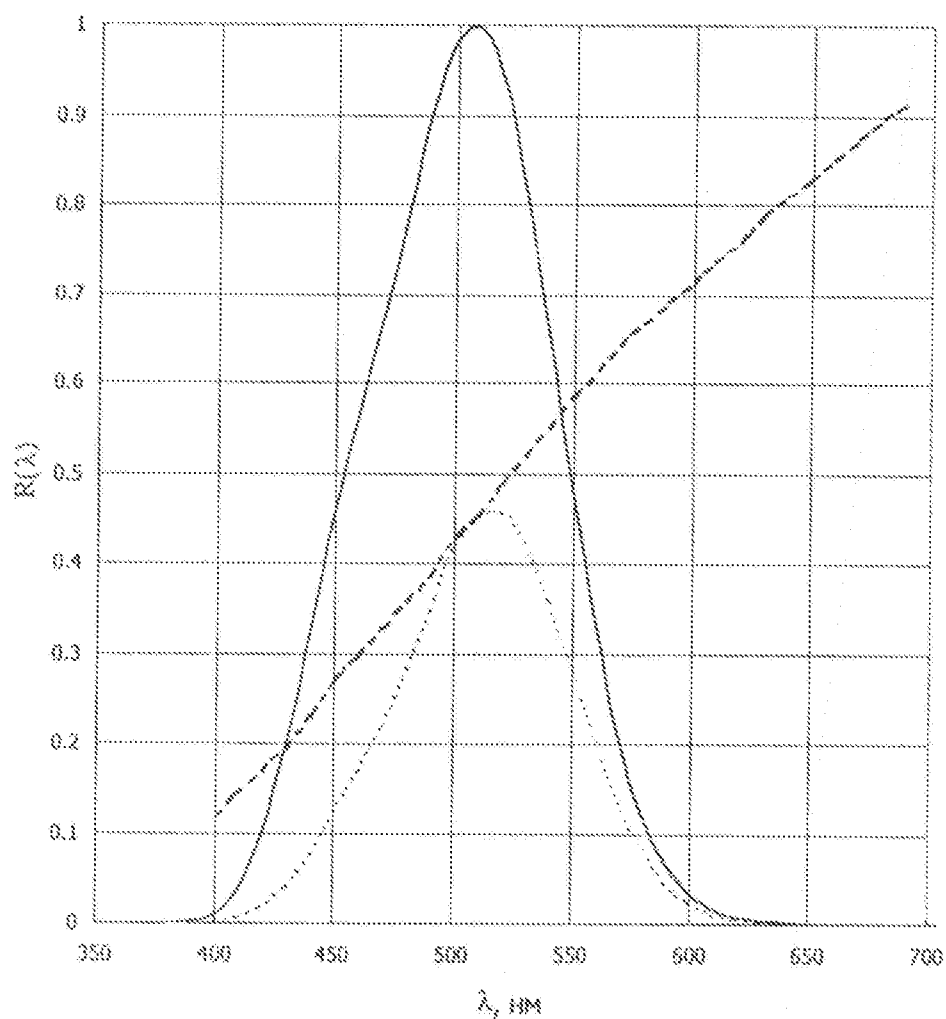


fig. 1

Dati dal riferimento [10].

Efficienza luminosa spettrale dell'occhio umano in condizione notturna $V'(\lambda)$ (curva 1).

Energia spettrale emessa da una lampada alogena di automobile $P(\lambda)$ (curva 2).

Prodotto $V'(\lambda) \cdot P(\lambda)$ (curva 3)

17 NOV. 2000

Fioritto

CZ2 000A000 n 7

CZ2 000A000 n 7

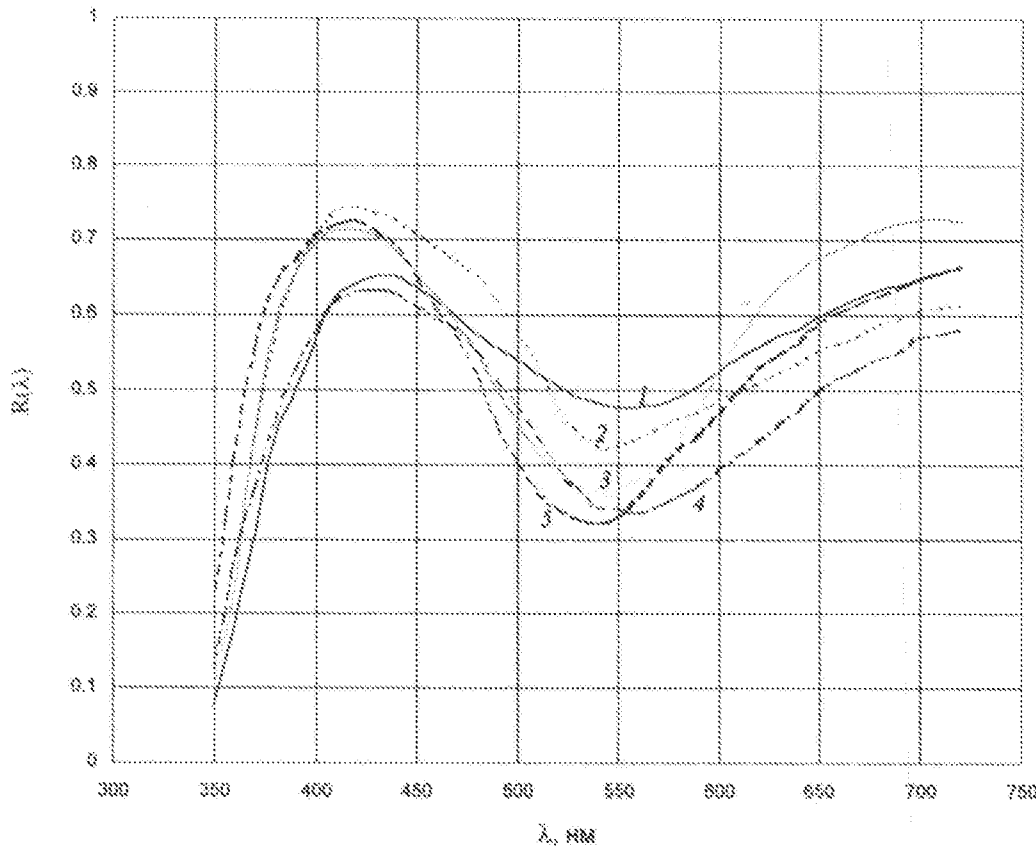
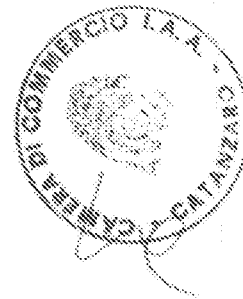


fig. 2

Spettri di riflessione degli specchi multistrati proposti nel riferimento [10]. Le curve 1-5 corrispondono alle caratteristiche spettrali del coefficiente riflessione di vari specchi.



CZ2 000A00007

CZ2 000A00007

17 NOV. 2000

Alcorno

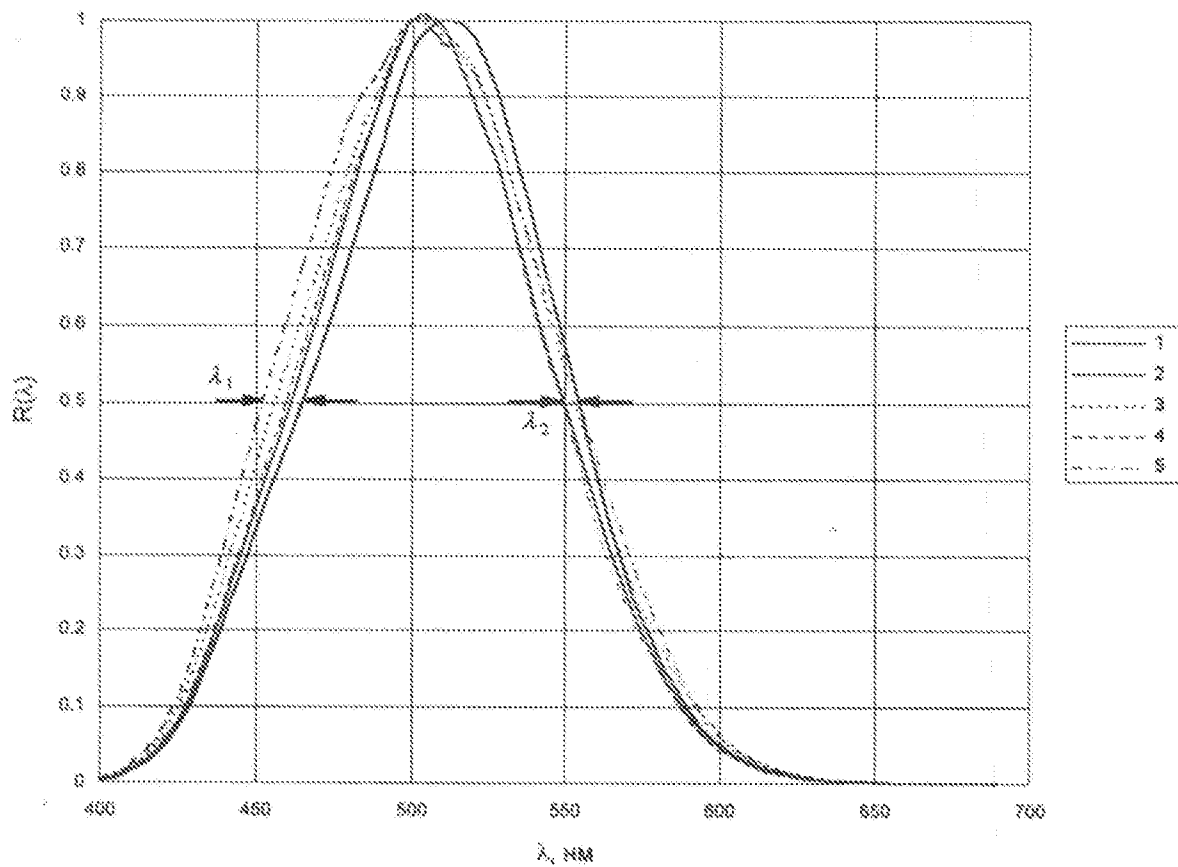


fig. 3

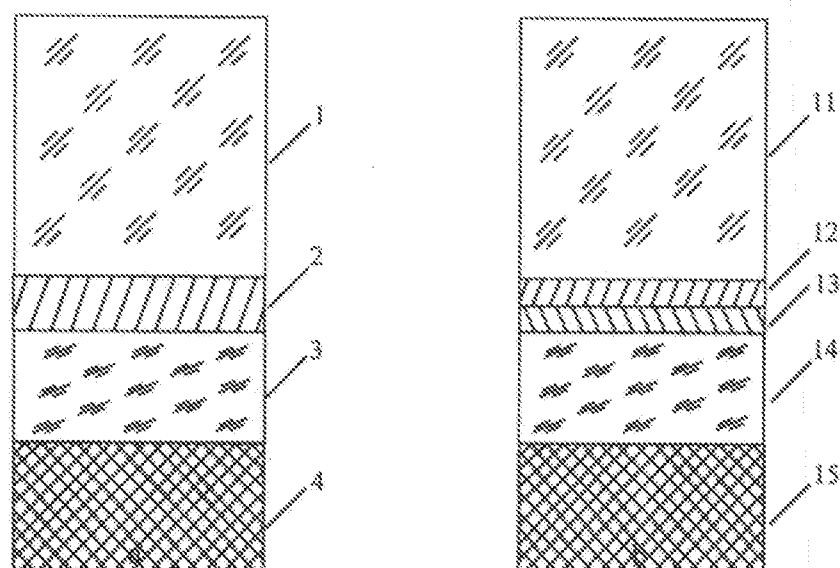
Luminosità relativa degli specchi del riferimento [10] calcolata usando i dati di $P(\lambda)$, $V(\lambda)$ e $R(\lambda)$ riportati nelle figg. 1 e 2.



Fiorito

022 000 A 0 0 0 0 7

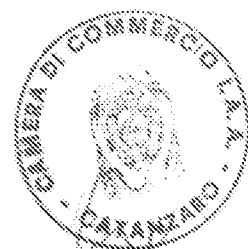
17 NOV. 2000



figg. 4a, 4b

Fig. 4a Sezione in scala maggiorata dello specchio riportato nell'esempio 1

Fig. 4b Sezione in scala maggiorata dello specchio riportato nell'esempio 2



■, CZ2 000A000 n7

■, CZ2 000A000 07

17 NOV. 2000

Ficente

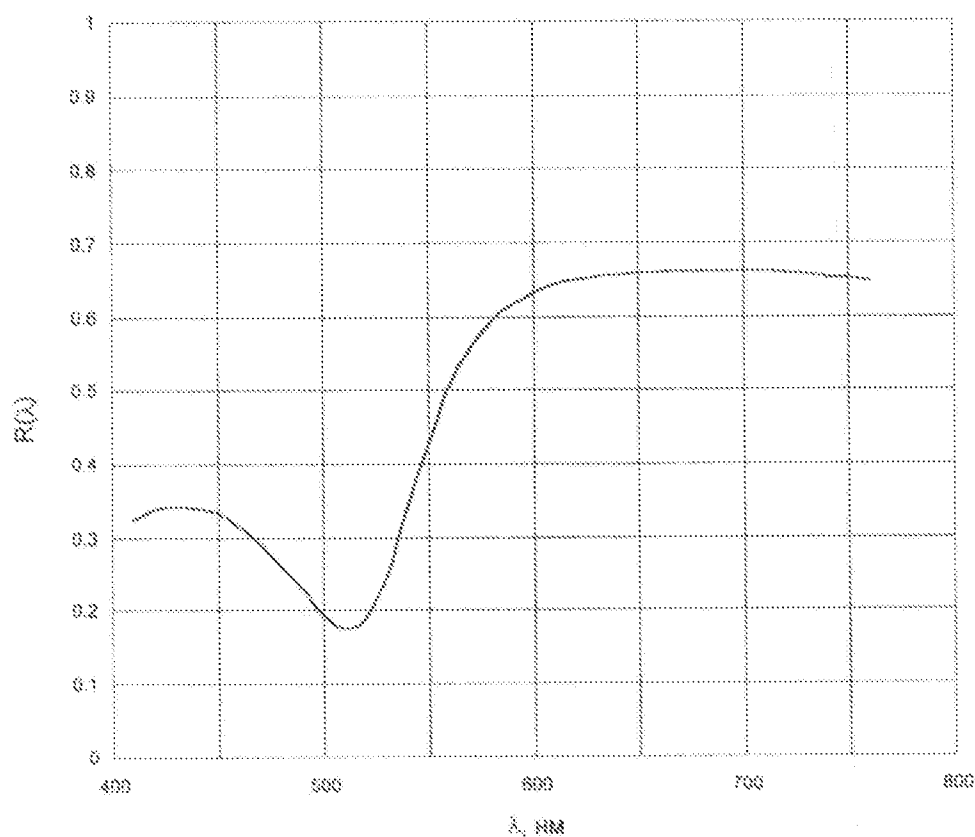


fig. 5

Caratteristica spettrale del coefficiente riflessione dello specchio multistrato illustrato nell'esempio 1.



1 # C22 000400007

7 NOV. 2000

Accetto

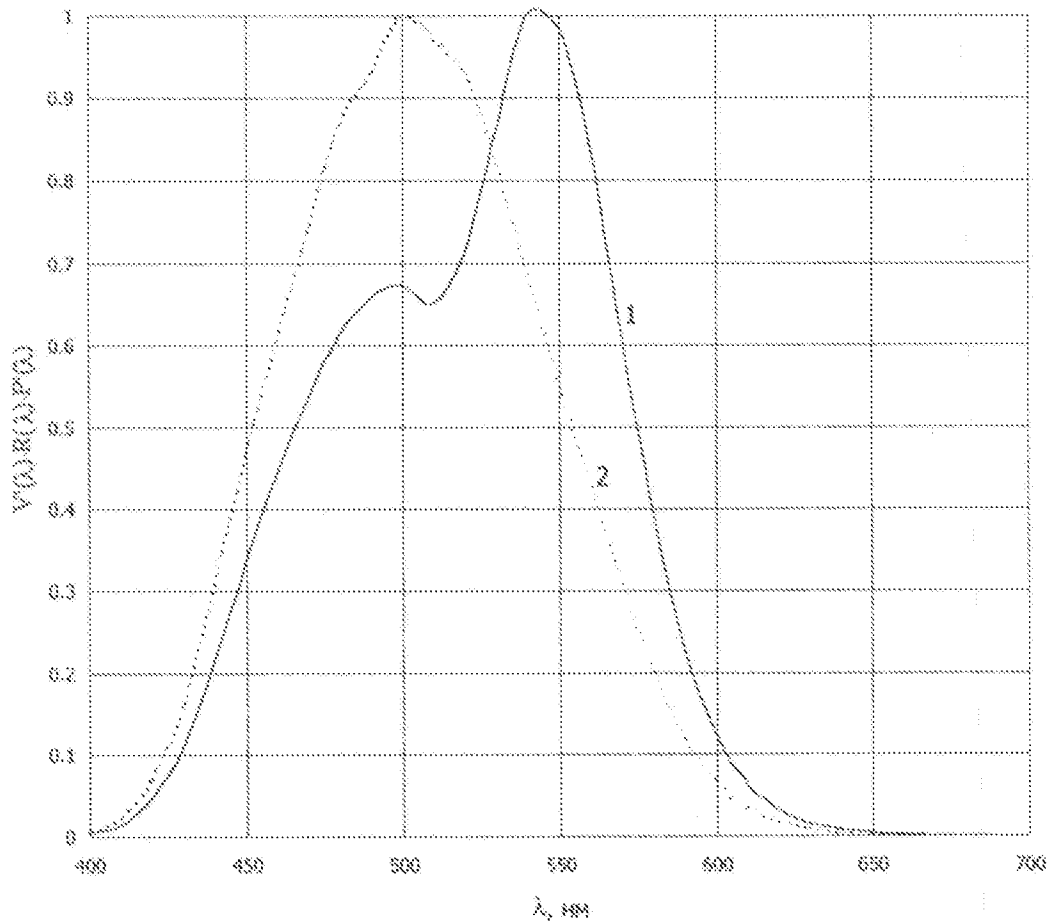
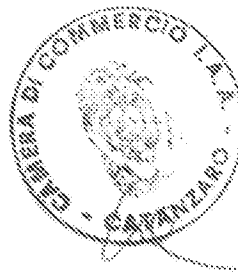


fig. 6

Prodotto $P(\lambda) * V(\lambda) * R(\lambda)$ nella banda visibile calcolato per lo specchio descritto nell'esempio 1 (curva 1) rispetto a quello calcolato per uno degli specchi più efficaci descritti nel riferimento [10] (curva 2).



022 000400007

17 NOV. 2000

Firenze

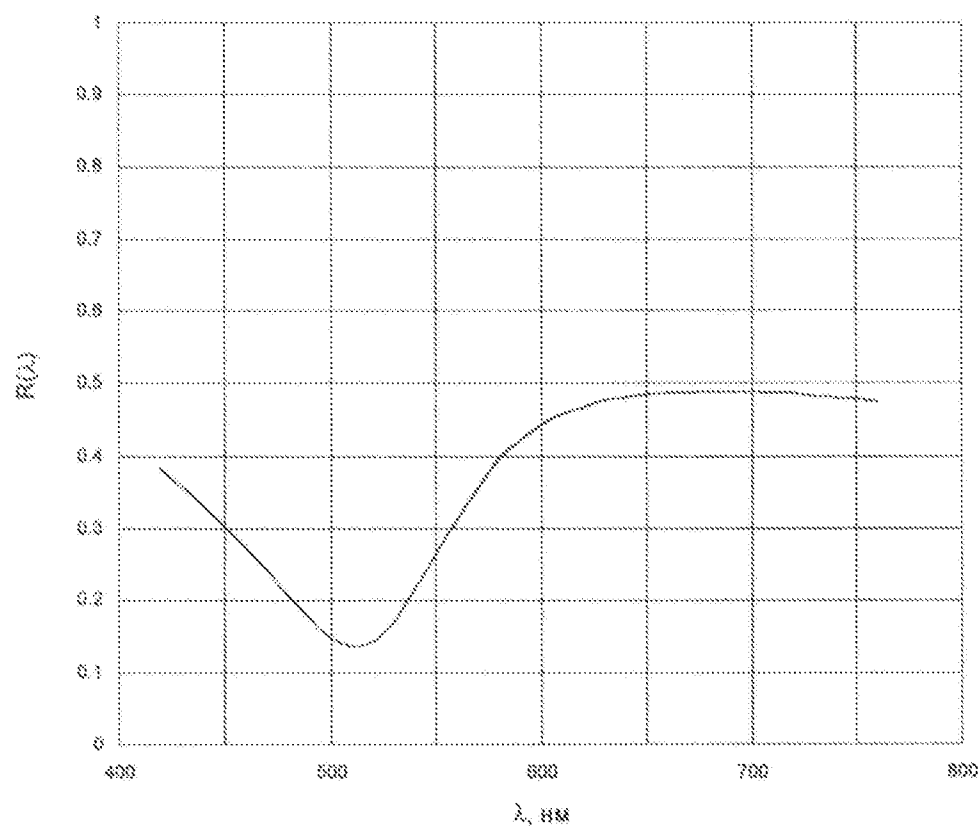


fig. 7

Caratteristica spettrale del coefficiente di riflessione dello specchio descritto nell'esempio 2.



CZ2 000400007

17 NOV. 2000

Adorno

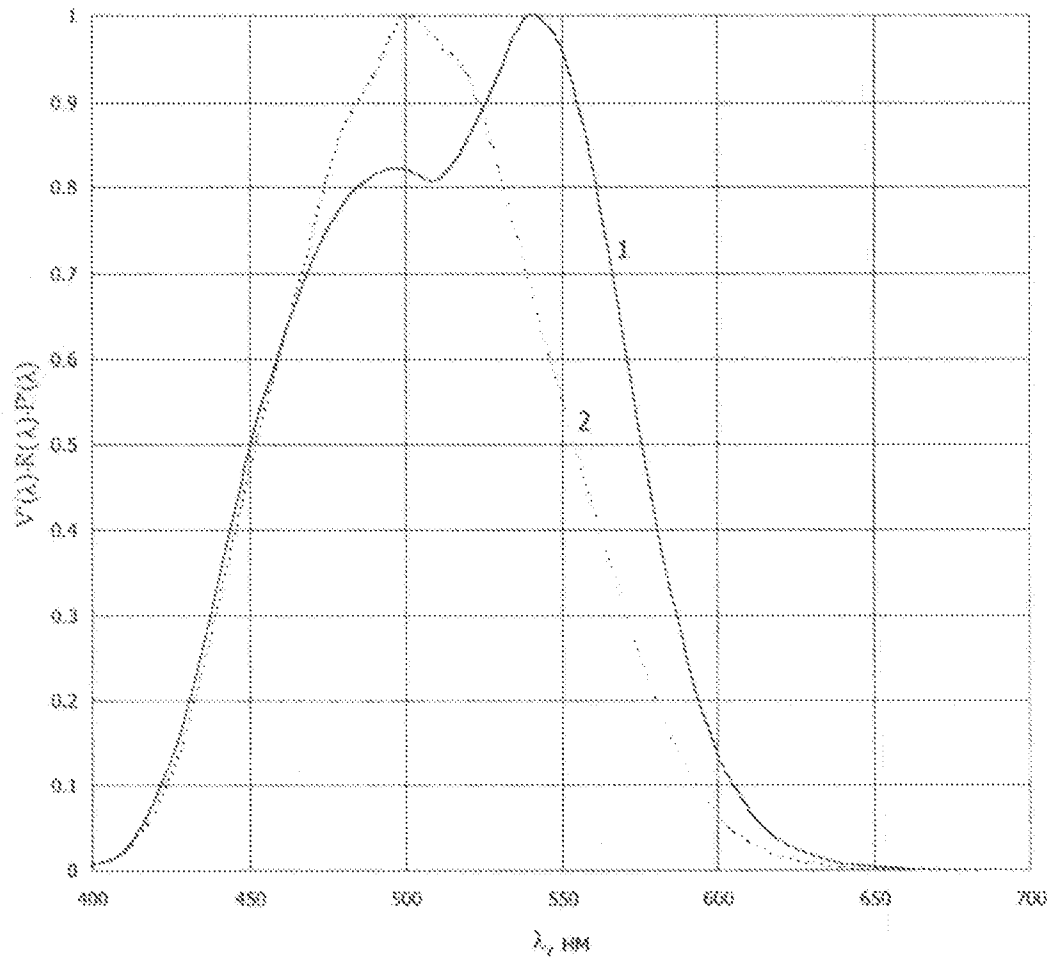


fig. 8

Prodotto $P(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot R(\lambda)$ nella banda visibile calcolato per lo specchio descritto nell'esempio 2 (curva 1) rispetto a quello calcolato per uno degli specchi più efficaci descritti nel riferimento [10] (curva 2).



CZ2 000400007

17 NOV. 2003

Atterotto

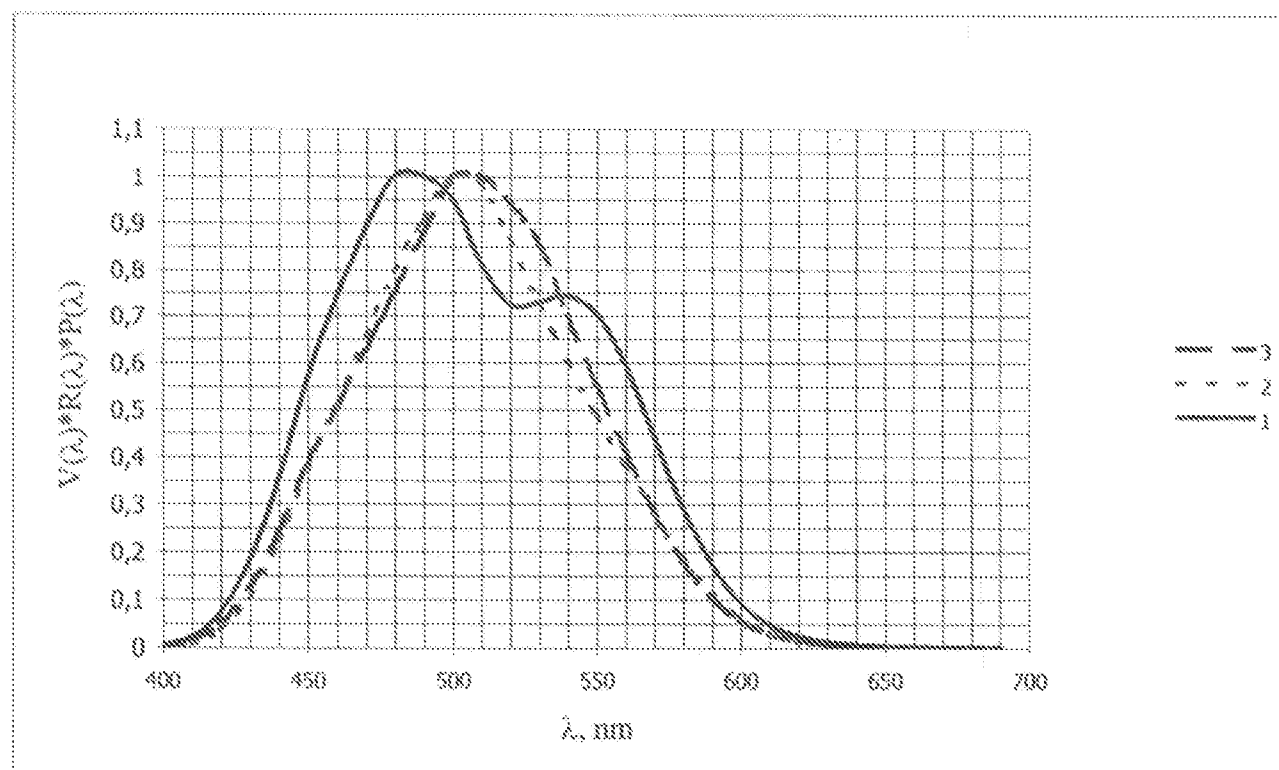
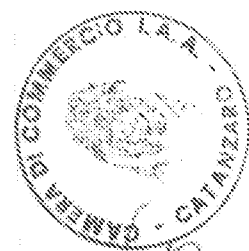


fig. 11

Prodotto $P(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot R(\lambda)$ nella banda visibile calcolato per lo specchio descritto nell'esempio 3 (curva 1) rispetto a quello calcolato per uno degli specchi più efficaci descritti nel riferimento [10] (curvi 2 e 3).



CZ2 000A000 07

17 NOV. 2000

Arca