



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102015000072639
Data Deposito	13/11/2015
Data Pubblicazione	13/05/2017

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	21	V	9	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	21	V	3	04

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
E	04	B	9	32

Titolo

SISTEMA DI ILLUMINAZIONE CHE SIMULA L'ILLUMINAZIONE NATURALE E INCLUDE UNA SORGENTE DI LUCE INFRAROSSA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:
"SISTEMA DI ILLUMINAZIONE CHE SIMULA L'ILLUMINAZIONE
NATURALE E INCLUDE UNA SORGENTE DI LUCE INFRAROSSA"

di 1) COELUX S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA GIUSEPPE FERRARI, 14

COMO (CO)

2) UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELL'INSUBRIA

di nazionalità italiana

con sede: VIA RAVASI, 2

VARESE (VA)

Inventore: DI TRAPANI Paolo

La presente invenzione è relativa a un sistema di illuminazione che simula l'illuminazione naturale ed include una sorgente di luce infrarossa.

È noto che attualmente sono disponibili sistemi di illuminazione artificiale per ambienti al coperto ("indoor"), i quali si prefiggono lo scopo di migliorare il comfort visivo degli utenti. In particolare, sono noti sistemi di illuminazione che simulano l'illuminazione naturale, cioè il tipo di illuminazione presente in ambienti all'aria aperta ("outdoor").

Ad esempio, la domanda di brevetto Europeo EP2304480

descrive un sistema di illuminazione che comprende una sorgente luminosa, atta a generare luce visibile, e un pannello contenente nanoparticelle. In uso, il pannello riceve i raggi luminosi provenienti dalla sorgente luminosa e agisce come un cosiddetto diffusore di Rayleigh, cioè diffonde i raggi luminosi in maniera analoga a quanto avviene nell'atmosfera terrestre in condizioni di cielo sereno. Ulteriori dettagli relativi al pannello di cui alla domanda di brevetto Europeo EP2304480 sono descritti nella domanda di brevetto Europeo EP2304478.

In particolare, il sistema di illuminazione descritto nella domanda di brevetto Europeo EP2304480 simula l'illuminazione naturale poiché genera, all'interno di un ambiente da esso illuminato, luce diretta avente bassa temperatura di colore correlata ("correlated color temperature", CCT), la quale simula la luce diretta proveniente dal Sole e genera ombre, in presenza di oggetti illuminati; inoltre, il sistema di illuminazione genera luce diffusa ad alta CCT, la quale simula la luce del cielo e conferisce alle ombre una tonalità azzurra.

La domanda di brevetto PCT/IB2013/060141, depositata il 14/11/2013, descrive invece un sistema di illuminazione basato sul fatto che, data una sorgente luminosa che si staglia su uno sfondo ed è osservata da un osservatore attraverso un pannello diffusore di Rayleigh, l'osservatore

ha difficoltà a percepire l'effettiva distanza della sorgente luminosa, se lo sfondo è uniforme. In pratica, il sistema di illuminazione si basa sul fatto che l'osservatore è indotto a percepire la luce emessa dal pannello di diffusore come proveniente da una distanza virtualmente infinita, purché la luce generata dalla sorgente luminosa sia all'interno del campo visivo dell'osservatore. Infatti, il pannello diffusore agisce come una sorgente secondaria di radiazione luminosa, la quale, a causa dell'elevata uniformità spaziale, impedisce all'osservatore di valutare l'effettiva distanza che lo separa dal pannello diffusore.

Il sistema di illuminazione descritto nella domanda di brevetto PCT/IB2013/060141 consente effettivamente di simulare in modo molto verosimile condizioni di illuminazione naturale, ed in particolare consente di generare stimoli ottici visibili del tutto paragonabili a quelli che si generano quando una stanza è illuminata da una finestra. Tuttavia, tale sistema di illuminazione si limita appunto a replicare in modo artificiale stimoli di natura prettamente visiva, sebbene in realtà, quando un osservatore si trova in una stanza illuminata da una finestra, egli sia soggetto anche a stimoli di tipo differente.

Scopo della presente invenzione è quindi fornire un

sistema di illuminazione che risolva almeno in parte gli inconvenienti dell'arte nota.

Secondo l'invenzione, viene fornito un sistema di illuminazione come definito nelle rivendicazioni allegate.

Per una migliore comprensione dell'invenzione vengono ora descritte forme di realizzazione, a puro titolo di esempi non limitativi, e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- le figure 1, 4 e 9 mostrano schematicamente viste prospettiche di forme di realizzazione del presente sistema di illuminazione;

- la figura 2 mostra schematicamente una vista prospettica di un illuminatore impiegato in una forma di realizzazione del presente sistema di illuminazione;

- le figure 3a e 3b mostrano schematicamente sezioni trasversali di una sorgente infrarossa;

- la figura 5 mostra schematicamente una sezione trasversale di un sistema accoppiato al presente sistema di illuminazione;

- le figure 6 e 7 mostrano schematicamente sezioni trasversali di forme di realizzazione del presente sistema di illuminazione, accoppiate ad una stanza; e

- la figura 8 mostra schematicamente una sezione trasversale di una porzione di una forma di realizzazione del presente sistema di illuminazione.

La figura 1 mostra un sistema di illuminazione 1, il quale comprende una prima sorgente ottica 2 ed un pannello diffusore 4, il quale, senza alcuna perdita di generalità, ha la forma di un parallelepipedo e ha uno spessore ad esempio compreso tra 1µm e 50mm, preferibilmente tra 10µm e 15mm. Si noti che nel contesto della presente descrizione il termine pannello non esclude che il pannello stesso sia flessibile, anziché rigido.

Il pannello diffusore 4 è delimitato superiormente e inferiormente da, rispettivamente, una prima ed una seconda superficie S_1 , S_2 , parallele tra loro. Inoltre, il sistema di illuminazione 1 comprende un sistema riflettente 5, il quale include almeno uno specchio 6 ed è otticamente interposto tra la prima sorgente ottica 2 ed il pannello diffusore 4, come descritto in seguito. Per semplicità di descrizione, nel seguito si assume che, anche nel caso in cui siano presenti ulteriori specchi (caso non mostrato), lo specchio 6 sia l'ultimo specchio prima del pannello diffusore 4; in altre parole, dato un cammino ottico che è formato dal sistema riflettente 5 e collega la sorgente visibile 2 al pannello diffusore 4, ed in particolare alla prima superficie S_1 , lo specchio 6 causa un'ultima deviazione (ossia un'ultima variazione di direzione) del cammino ottico, prima del pannello diffusore 4.

La sorgente visibile 2 emette principalmente

radiazione visibile, cioè radiazione con lunghezza d'onda nell'intervallo compreso tra 400nm e 700nm; in particolare, la sorgente visibile 2 emette radiazione elettromagnetica avente la maggior parte del flusso radiante, ad esempio almeno il 55%, preferibilmente almeno il 70%, più preferibilmente almeno l'80%, compreso nell'intervallo tra 400nm e 700nm. Nel seguito della presente descrizione, tale definizione di radiazione visibile (compresa tra 400nm e 700nm) viene mantenuta.

In particolare, la sorgente visibile 2 emette luce visibile con una larghezza spettrale $\Delta\lambda$ preferibilmente superiore a 100nm, più preferibilmente superiore a 170nm. La larghezza spettrale $\Delta\lambda$ può essere definita come la deviazione standard dello spettro di lunghezza d'onda della sorgente visibile 2. Ulteriori dettagli della sorgente visibile 2 sono descritti in seguito.

Il pannello diffusore 4 opera come un diffusore di Rayleigh, cioè sostanzialmente non assorbe la radiazione visibile e diffonde ("scatter") più efficacemente le componenti della luce a lunghezze d'onda corte rispetto alle componenti a lunghezze d'onda lunghe. In particolare, il pannello diffusore 4 diffonde i raggi luminosi ad una lunghezza d'onda $\lambda = 450$ nm (blu) almeno 1.2 volte, preferibilmente almeno 1.4 volte, più preferibilmente almeno 1.6 volte più efficacemente rispetto ai raggi

luminosi ad una lunghezza d'onda $\lambda = 650$ nm (rosso), l'efficienza di diffusione essendo data dal rapporto tra la potenza radiante della luce diffusa e la potenza radiante della luce incidente.

In dettaglio, assumendo che un fascio ottico standard, generato da una sorgente illuminante puntiforme standard D65 CIE (Commissione Internazionale dell'Illuminazione) disposta a grande distanza dal pannello diffusore 4 (un fascio, quindi, costituito da raggi luminosi paralleli tra loro) incida perpendicolarmente sulla prima superficie S_1 , il pannello diffusore 4 è tale per cui esso separa il fascio ottico standard nelle seguenti componenti:

- una componente trasmessa ("transmitted component"), formata da raggi luminosi del fascio ottico standard che passano attraverso il pannello diffusore 4 e non subiscono significative deviazioni, cioè raggi luminosi che subiscono una deviazione inferiore ad esempio a $0,1^\circ$, con un flusso luminoso che è una frazione $\tau_{diretta}$ del flusso luminoso complessivo associato al fascio ottico standard che incide sul pannello diffusore 4;

- una componente di diffusione in avanti ("forward diffuse component"), formata da raggi luminosi del fascio ottico standard che escono dalla seconda superficie S_2 lungo direzioni che sono distribuite attorno ad una direzione perpendicolare alla seconda superficie S_2 (ad

eccezione di tale direzione perpendicolare e delle direzioni che differiscono da tale direzione perpendicolare di un angolo inferiore ad esempio a $0,1^\circ$), con un flusso luminoso che è una frazione τ_{diffusa} del flusso luminoso complessivo associato al fascio ottico standard che incide sul pannello diffusore 4;

- una componente di diffusione all'indietro ("backward diffuse component"), formata da raggi luminosi del fascio ottico standard che escono dalla prima superficie S_1 lungo direzioni che sono distribuite attorno ad una direzione perpendicolare alla prima superficie S_1 (ad eccezione di tale direzione perpendicolare e di direzioni che differiscono da tale direzione perpendicolare di un angolo inferiore ad esempio a $0,1^\circ$), con un flusso luminoso che è una frazione ρ_{diffusa} del flusso luminoso complessivo associato al fascio ottico standard che incide sul pannello diffusore 4; e

- una componente riflessa ("reflected component"), formata dai raggi luminosi del fascio ottico standard che escono dalla prima superficie S_1 lungo direzioni distribuite attorno ad una direzione perpendicolare alla prima superficie S_1 e differenti da tale direzione perpendicolare di un angolo inferiore ad esempio a $0,1^\circ$, con un flusso luminoso che è una frazione ρ_{diretta} del flusso luminoso complessivo associato al fascio ottico standard

che incide sul pannello diffusore 4.

In maggior dettaglio, le proprietà ottiche del pannello diffusore 4 sono tali per cui:

- τ_{diffusa} rientra nell'intervallo 0.05-0.5, preferibilmente 0.07-0.4, più preferibilmente 0.1-0.3, ancora più preferibilmente 0.15-0.25;

- la temperatura di colore correlata media $\text{CCT}_{\tau_{\text{diffusa}}}$ della componente di diffusione in avanti è superiore rispetto alla temperatura di colore correlata media $\text{CCT}_{\tau_{\text{diretta}}}$ della componente trasmessa, cioè $\text{CCT}_{\tau_{\text{diffusa}}} > h * \text{CCT}_{\tau_{\text{diretta}}}$ con $h=1.2$, preferibilmente $h=1.3$, più preferibilmente $h=1.5$;

- preferibilmente, il pannello diffusore 4 non assorbe significativamente la luce incidente, cioè la somma $\tau_{\text{diretta}} + \tau_{\text{diffusa}} + \rho_{\text{diretta}} + \rho_{\text{diffusa}}$ è almeno pari a 0.8, preferibilmente a 0.9, più preferibilmente a 0.95, ancora più preferibilmente a 0.97;

- preferibilmente, il pannello diffusore 4 diffonde per lo più in avanti, cioè $\tau_{\text{diffusa}} > \eta * \rho_{\text{diffusa}}$, in cui η è almeno pari a 1.1, preferibilmente $\eta=1.3$, più preferibilmente $\eta=1.5$, ancora più preferibilmente $\eta=2$; e

- preferibilmente, il pannello diffusore 4 ha una bassa riflessione, cioè $\rho_{\text{diretta}} < 0.09$, preferibilmente < 0.06 , più preferibilmente < 0.03 , ancora più preferibilmente < 0.02 .

Da un punto di vista strutturale, il pannello diffusore 4 comprende una matrice solida di un primo materiale (preferibilmente vetro, o sol-gel di silice, perché non assorbe radiazione visibile ed infrarossa, oppure una resina termoplastica, una resina termoindurente, una resina fotoinduribile, una resina acrilica, una resina epossidica, una resina a base di poliestere, una resina a base di polistirene, una resina poliolefinica, una resina poliammidica, una resina poliimmidica, una resina a base di alcol polivinilico, una resina butirralica, una resina a base di fluoro, una resina di vinil acetato o plastiche quali policarbonato, polimeri a cristalli liquidi, polifenilen etere, polisolfone, polieter solfone, poliarilato, poliolefina amorfa o loro miscele o copolimeri), in cui sono disperse nanoparticelle di un secondo materiale (per esempio, un ossido inorganico quale ZnO , TiO_2 , ZrO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , o un materiale polimerico, oppure una combinazione di due o più tra tali materiali), il secondo materiale avendo un indice di rifrazione differente dall'indice di rifrazione del primo materiale. Sia il primo che il secondo materiale sostanzialmente non assorbono radiazione elettromagnetica visibile. Il pannello diffusore 4 è quindi privo, ad esempio, di fosfori o elementi fluorescenti, sebbene siano possibili altre forme di realizzazione, non mostrate, in cui il pannello

diffusore 4 contiene uno o più di tali elementi.

Senza alcuna perdita di generalità, nella forma di realizzazione illustrata nella figura 1 il pannello diffusore 4 è uniforme, nel senso che, dato un qualsiasi punto del pannello diffusore 4, le caratteristiche fisiche del pannello diffusore 4 in tale punto non dipendono dal punto stesso. Inoltre, il pannello diffusore 4 è monolitico, cioè la matrice solida non presenta alcuna discontinuità dovuta ad accoppiamento per incollaggio o meccanico. Ancora, il pannello diffusore 4 è privo di fori/cavità, cioè la prima e la seconda superficie S_1 , S_2 sono semplicemente connesse. Tali caratteristiche del pannello diffusore 4 non sono necessarie ai fini della presente invenzione, ma rendono il pannello diffusore 4 più facile da fabbricare.

In dettaglio, le nanoparticelle possono essere monodisperse o polidisperse; inoltre, le nanoparticelle possono essere di forma sferica o di altra forma. Il diametro effettivo D delle nanoparticelle (per una definizione nel caso di forma non sferica si veda di seguito) rientra nell'intervallo [5nm-350nm], preferibilmente [10nm-250nm], più preferibilmente [40nm-180nm], ancora più preferibilmente [60nm-150nm], il diametro effettivo D essendo dato dal prodotto del diametro delle nanoparticelle per l'indice di rifrazione del primo

materiale. In caso di nanoparticelle non sferiche, il diametro effettivo D può essere definito come il diametro effettivo delle particelle sferiche equivalenti, cioè il diametro effettivo delle particelle sferiche aventi lo stesso volume delle particelle summenzionate; a tal proposito, le particelle sferiche equivalenti hanno un diametro noto come diametro equivalente e tale per cui le particelle sferiche equivalenti hanno appunto il medesimo volume delle corrispondenti particelle.

Ancora con riferimento al pannello diffusore 4, esso è almeno parzialmente trasparente nel visibile, quindi consente la trasmissione di luce atta a formare immagini. A tal proposito, come precedentemente accennato, nel contesto della presente descrizione la luce "trasmessa" da un elemento ottico è intesa, salvo laddove specificato diversamente, come la parte dei raggi luminosi che incidono sull'elemento ottico e attraversano l'elemento ottico senza subire una significativa deviazione angolare imputabile a processi di diffusione, per esempio essendo deviati di un angolo minore di $0,1^\circ$. Inoltre, un elemento ottico è considerato almeno parzialmente trasparente per un dato fascio luminoso incidente su di esso se trasmette almeno una parte di tale fascio luminoso.

In particolare, considerando ancora il summenzionato fascio ottico standard generato da una sorgente di

illuminazione standard D65 puntiforme disposta a grande distanza dal pannello diffusore 4 e diretto perpendicolarmente a quest'ultimo, preferibilmente il pannello diffusore 4 è tale per cui almeno il 50%, più preferibilmente il 70%, ancora più preferibilmente l'85% dei raggi luminosi del fascio ottico standard sono emessi dal pannello diffusore 4 all'interno di un cono con una apertura angolare, misurata come larghezza a metà altezza ("full width at half maximum, FWHM"), non maggiore di 8° , preferibilmente di 4° , ancora più preferibilmente di 2° .

Nuovamente con riferimento alla forma di realizzazione mostrata in figura 1, il sistema di illuminazione 1 è accoppiato otticamente ad un ambiente, formato ad esempio da una stanza 7 (cioè, da un ambiente chiuso, o comunque coperto), attraverso il pannello diffusore 4. Ad esempio, il pannello diffusore 4 consente di accoppiare otticamente la sorgente visibile 2 alla stanza 7, della quale in figura 1 è mostrata solamente una porzione del pavimento F.

Il sistema di illuminazione 1 comprende inoltre una seconda sorgente ottica 15, alla quale ci si riferisce in seguito come alla sorgente infrarossa 15.

In maggior dettaglio, la sorgente infrarossa 15 emette radiazione infrarossa, cioè radiazione con lunghezza d'onda compresa nell'intervallo tra $0.7\mu\text{m}$ e 1mm , preferibilmente tra $0.7\mu\text{m}$ e $25\mu\text{m}$, più preferibilmente tra $0.7\mu\text{m}$ e $10\mu\text{m}$, il

quale comprende la regione spettrale tra $0.7\mu\text{m}$ e $1.44\mu\text{m}$ (anche nota come vicino infrarosso o IR-A) e la regione spettrale tra $1.44\mu\text{m}$ e $3\mu\text{m}$ (anche nota come infrarosso a corte lunghezze d'onda o IR-B) e la regione spettrale con lunghezze d'onda maggiori di $3\mu\text{m}$ (anche nota come infrarosso a lunghe lunghezze d'onda o IR-C).

In particolare, la sorgente infrarossa 15 emette radiazione elettromagnetica avente la maggior parte del flusso radiante, ad esempio almeno il 55%, preferibilmente almeno il 70%, più preferibilmente almeno l'80%, compreso nell'intervallo tra $0.7\mu\text{m}$ e $3\mu\text{m}$. Inoltre, la sorgente infrarossa 15 sostanzialmente non emette luce visibile, come descritto in maggior dettaglio in seguito.

La sorgente infrarossa 15 può comprendere ad esempio un LED che emette nell'infrarosso, ma non nel visibile, come ad esempio un LED che emette nella regione tra 800nm e $1\mu\text{m}$, per esempio un LED che emette a 810nm, o a 850nm, o a 880nm, o a 940nm oppure a 950nm.

In alcune configurazioni, la sorgente di radiazione infrarossa non comprende alcun convertitore ottico-ottico, come ad esempio un fosforo che assorbe la luce ad una determinata lunghezza d'onda e la riemette a lunghezza d'onda maggiore.

La sorgente di radiazione infrarossa può comprendere un emettitore Planckiano, ovvero sia una sorgente che emette

uno spettro prossimo allo spettro di corpo nero ad una determinata temperatura, ad esempio una temperatura compresa tra i 3000K ed i 300K, preferibilmente tra i 2000K ed i 500K, più preferibilmente tra i 1500 ed i 1000K.

La sorgente infrarossa 15 può essere tale per cui la dipendenza della densità spettrale di flusso radiante dalla lunghezza d'onda esibisce un picco che cade nell'infrarosso, preferibilmente nella regione tra 1 μ m e 2.5 μ m, più preferibilmente tra 1.2 μ m e 2 μ m, ancora più preferibilmente tra 1.3 μ m e 1.6 μ m. A tal fine, la sorgente infrarossa 15 può comprendere un radiatore Planckiano il quale ha preferibilmente una temperatura compresa nell'intervallo 1160-2900K, più preferibilmente 1450-2416K, ancora più preferibilmente 1810-2230K. Inoltre, preferibilmente la sorgente infrarossa 15 è priva di convertitori di lunghezza d'onda di tipo ottico-ottico, come ad esempio i fosfori.

La sorgente di radiazione infrarossa può ad esempio comprendere un resistore attraversato da corrente elettrica come una lampada a filamento o alogena, o un elemento radiante riscaldato per combustione di un combustibile gassoso, come ad esempio il propano, il metano o il butano, o da un combustibile liquido, come ad esempio il gasolio, l'alcool, il GPL, o la paraffina, o da un combustibile solido, come il legno, il carbone, la torba. La sorgente di

radiazioni infrarossa può anche comprendere un pannello radiante operante a bassa temperatura, ad esempio a temperatura inferiore ai 100 °C, essendo tale pannello ad esempio in materiale ceramico, o in nichel, o in fibra di carbonio, che emette nella regione dell'IR-C.

In alcune configurazioni, come ad esempio nel caso di una sorgente comprendente un radiatore Planckiano, quale un radiatore Planckiano a temperatura superiore ai 1000K, o superiore ai 2000K, o superiore ai 2500K, la sorgente di radiazione infrarossa può comprendere ed essere otticamente accoppiata ad un filtro ottico passa-basso (non mostrato in figura 1) atto filtrare (e quindi rimuovere) la componente visibile della radiazione emessa da suddetta sorgente. Ad esempio tale filtro ottico passa-basso può operare mediante assorbimento della radiazione con lunghezza d'onda minore di 700nm, o minore di 800nm, o minore di 900nm, da parte di un materiale semiconduttore avente band-gap per un valore di energia del fotone corrispondente alla frequenza di taglio. Il filtro ottico passa-basso può operare anche mediante riflessione della componente di radiazione visibile, ad esempio della componente con lunghezza d'onda minore di 700nm, o minore di 800nm, o minore di 900nm, e trasmissione della componente infrarossa.

In una certa configurazione, la sorgente di radiazione infrarossa genera esclusivamente o

prevalentemente radiazione nella regione dell'IR-A, ad esempio nella regione tra 780 nm e 1400 nm, alla temperatura di circa of 1300°C. Questa configurazione consente una relativamente precisa collimazione della radiazione IR, grazie alla corta lunghezza d'onda.

In una diversa configurazione, la sorgente di radiazione infrarossa genera esclusivamente o prevalentemente radiazione nella regione dell'IR-B ed IR-C, essendo sostanzialmente priva di radiazione nella regione dell'IR-A, o contenendo una limitata frazione di potenza nella regione dell'IR-A, ad esempio una frazione minore del 40%, preferibilmente minore del 25%, più preferibilmente minore del 15% della potenza totale. Infatti, a dispetto del fatto che la radiazione solare contenga soprattutto IR-A, l'efficacia della radiazione IR al fine di produrre un confortevole riscaldamento del corpo si ottiene maggiormente con la radiazione IR-B ed IR-C, a causa dell'elevato coefficiente di riflessione della cute per l'IR-A (>35%) e dell'elevata penetrazione della radiazione IR-A al di sotto del derma. L'IR-A infatti può essere trasmesso negli strati lipidici sottocutanei, penetrando attraverso il derma e riscaldando i bulbi piliferi, le ghiandole sebacee, i nervi e le ghiandole sudorifere. A causa dell'elevata energia, elevata trasmissione e basso assorbimento, la radiazione IR-A può danneggiare la cute e,

per tale motivo, è la meno indicata per utilizzi finalizzati al riscaldamento confortevole.

In un'ulteriore configurazione, la sorgente di radiazione infrarossa contiene prevalentemente radiazione nella regione dell'IR-B, ad esempio contiene almeno il 55% della potenza nell'IR-B, o almeno il 60%, o preferibilmente il 70%, o più preferibilmente almeno l'80%. Ad esempio, la sorgente comprende un emettitore a temperature comprese tra 500°C e 800°C. A causa dell'efficace assorbimento dell'acqua in questa regione spettrale, l'IR-B è efficacemente assorbito dalla cute, venendo trasmesso attraverso l'epidermide fino agli strati superficiali del derma, senza però riscaldare gli organi funzionali della cute (ghiandole, nervi, etc).

In un'ulteriore configurazione, la sorgente di radiazione infrarossa contiene prevalentemente radiazione nella regione dell'IR-C, ad esempio contiene almeno il 55% della potenza nell'IR-C, o preferibilmente almeno il 70%, o più preferibilmente almeno l'80%. L'IR-C è la radiazione che garantisce il massimo assorbimento da parte della cute, che la assorbe in modo pressoché integrale nello strato superficiale o epidermide, massimizzando l'efficienza e minimizzando il rischio di danneggiamento della cute. Lo svantaggio nell'uso dell'IR-C è il costo elevato delle sorgenti, oltre che la maggior difficoltà nell'imporre una

precisa direzionalità alla radiazione.

In una diversa configurazione, la sorgente di radiazione infrarossa contiene tutti i contributi IR-A, IR-B ed IR-C; ed esempio, è possibile che la sorgente infrarossa contenga prevalentemente l'IR-B, avendo ad esempio almeno il 55% della potenza nell'IR-B, o almeno il 60%, o preferibilmente il 70%, o più preferibilmente almeno l'80%, mentre la parte restante di potenza è suddivisa in modo pressoché uguale tra IR-A ed IR-C, ad esempio garantendo che il rapporto di potenza $P(\text{IR-A})/P(\text{IR-B})$ sia compreso tra 0.5 ed 1.5, preferibilmente tra 0.7 ed 1.3, o più preferibilmente tra 0.8 ed 1.2. Tale configurazione garantisce un ottimo riscaldamento di tutti gli strati della cute, garantendo un ottimo compromesso tra efficienza, comfort, costi e sicurezza per quanto concerne la salute.

La sorgente visibile 2 e la sorgente infrarossa 15 sono tra loro differenti e generano radiazione in modo indipendente, sulla base di fenomeni fisici differenti (ad esempio, emissione spontanea/stimolata associata ad una eventuale conversione ottica ad una prima ed ad una seconda frequenza, oppure emissione di corpo nero). Pertanto, il flusso radiante per unità di lunghezza d'onda della radiazione complessivamente emessa può esibire almeno un picco nel visibile (ad esempio, a 470nm) e un picco

nell'infrarosso (ad esempio, a $1.4\mu\text{m}$). Inoltre, indicando con P_{vis} l'integrale nella regione visibile dello spettro del flusso radiante per unità di lunghezza d'onda emesso dalla sorgente visibile 2, e indicando con P_{IR} l'integrale nella regione infrarossa dello spettro del flusso radiante per unità di lunghezza d'onda emesso dalla sorgente infrarossa 15, si ha preferibilmente $P_{\text{vis}}/P_{\text{IR}} < 0.3$, più preferibilmente $P_{\text{vis}}/P_{\text{IR}} < 0.1$, ancora più preferibilmente $P_{\text{vis}}/P_{\text{IR}} < 0.05$.

Nel seguito ci si riferisce alla radiazione emessa dalla sorgente infrarossa 15 come al fascio ottico infrarosso. Come spiegato in precedenza, il fascio ottico infrarosso è sostanzialmente privo di componenti nel visibile.

Ciò premesso, come mostrato in figura 1, lo specchio 6 definisce una superficie riflettente S_x di tipo concavo.

In dettaglio, la superficie riflettente S_x ha la forma di una superficie concava, quale ad esempio un paraboloide con simmetria cilindrica, cioè ha la forma di una porzione di un cilindro parabolico, questa porzione essendo ottenuta intersecando il cilindro parabolico con tre piani secanti. A tal proposito, è noto che, dati una parabola generatrice e una linea di riferimento R, il cilindro parabolico è la superficie rigata formata dalle linee parallele alla linea di riferimento R e incidenti sulla parabola generatrice; in

altri termini, il cilindro parabolico è ottenuto mediante traslazione della parabola generatrice lungo la linea di riferimento R. In quanto segue, la linea di riferimento R è anche denominata asse del cilindro ed è coincidente con l'asse x di un sistema di riferimento ortogonale xyz. Inoltre, la linea dei fuochi delle parabole che formano il cilindro parabolico coincide con l'asse x (in figura 1, per semplicità di visualizzazione, il sistema di riferimento xyz è mostrato in posizione sfalsata). Senza alcuna perdita di generalità, si assume inoltre che il piano xy sia parallelo al pavimento F della stanza 7 e che i vertici delle parabole siano verticalmente, cioè parallelamente all'asse z, allineati alla linea dei fuochi. Per completezza, in figura 1 gli angoli θ_x e θ_y sono impiegati per indicare direzioni angolari, rispettivamente nel piano xz e nel piano yz.

Nuovamente con riferimento alla sorgente visibile 2, essa comprende un illuminatore 126, il quale ha una forma allungata lungo l'asse x, in modo da giacere, in prima approssimazione, lungo la linea dei fuochi. Inoltre, si assume che la direzione di massimo flusso luminoso generato dall'illuminatore 126 sia parallela all'asse z.

In pratica, riferendosi al fascio ottico visibile per indicare la radiazione visibile emessa dall'illuminatore 126, la superficie riflettente S_x riceve il fascio ottico

visibile e lo riflette, collimandolo nel piano yz . In altre parole, il fascio ottico riflesso ha, nel piano yz , una divergenza che dipende, in modo di per sé noto, dalla focale della superficie riflettente S_x , oltre che, tra l'altro, dalla larghezza dell'illuminatore 126 lungo l'asse y .

Per quanto concerne, invece, il piano xz , il processo di riflessione, da parte della superficie riflettente S_x , del fascio ottico visibile non comporta alcuna variazione della divergenza. Pertanto, il fascio ottico riflesso mantiene, nel piano xz , la medesima divergenza del fascio ottico visibile, come generato dall'illuminatore 126. A tal proposito, l'illuminatore 126 emette preferibilmente il fascio ottico visibile in modo che abbia una ridotta divergenza nel piano xz , nonché in modo che abbia un profilo angolare di luminanza $L(\theta_x)$ nel piano xz il più possibile uguale al profilo di luminanza $L(\theta_y)$ nel piano yz del fascio ottico riflesso, ad esempio per qualsiasi valore di posizione x, y e per qualsiasi valore di direzione angolare θ_x nel piano xz per cui la luminanza $L(x, y, \theta_x, \theta_y)$ è significativa (ad esempio, superiore al 10% del massimo valore di luminanza). Inoltre, il profilo di luminanza generato dall'illuminatore 126 (ad esempio, in un piano parallelo al piano xy) è in prima approssimazione indipendente dalla coordinata x , cioè lungo l'asse x è

preferibile che si verifichi:

$$L_{x=x_1}(\theta_x, \theta_y) = L_{x=x_2}(\theta_x, \theta_y)$$

A tal proposito, si ricorda come la luminanza sia il flusso luminoso in un fascio che origina da una superficie (o che cade su una superficie) lungo una data direzione, per unità di area proiettata della superficie, come vista lungo la data direzione, e per unità di angolo solido, come riportato ad esempio nello standard ASTM (American Society for Testing and Materials) E284-09a.

In pratica, l'illuminatore 126 può essere tale per cui il fascio ottico visibile da esso generato esibisce una luminanza che sostanzialmente non dipende dalla coordinata x , ha una debole dipendenza rispetto a θ_y (ad esempio, nel piano yz può avere un profilo di luminanza $L(\theta_y)$ con FWHM superiore a 60° , preferibilmente 90° , più preferibilmente 120°) ed inoltre esibisce un picco relativamente stretto rispetto a θ_x (ad esempio, nel piano xz può avere un profilo di luminanza $L(\theta_x)$ con FWHM inferiore a 45° , preferibilmente 30° , più preferibilmente 15°).

Riassumendo, dal momento che la superficie riflettente S_x ha un potere focalizzante nel piano yz , a valle di essa il fascio ottico riflesso ha comunque un profilo di luminanza $L(\theta_y)$ con FWHM inferiore a 45° , preferibilmente

30°, più preferibilmente 15°, e comunque preferibilmente pari, all'incirca, al profilo di luminanza $L(\theta_x)$, cioè con FWHM che differiscono tra loro preferibilmente per non più di un fattore 3, preferibilmente 2, più preferibilmente 1.5. Tale risultato si ottiene a partire dall'illuminatore 126, il cui profilo di luminanza è uniforme lungo l'asse z , ma è angolarmente anisotropo, nel senso che la dipendenza del profilo di luminanza da θ_x e da θ_y si caratterizza per FWHM differenti. In particolare, il fascio ottico visibile generato dall'illuminatore 126 ha una divergenza ridotta nel piano xz ed una divergenza elevata nel piano yz ; in altri termini, il fascio ottico visibile generato dall'illuminatore 126 è più collimato nel piano xz di quanto non lo sia nel piano yz .

Il fascio ottico riflesso così generato incide quindi sulla prima superficie S_1 del pannello diffusore 4, il quale, come spiegato, genera una componente diffusa ad ampia divergenza ed una componente trasmessa, alla quale nel seguito ci si riferisce anche come al fascio ottico trasmesso. A tal proposito, in prima approssimazione si può assumere che le proprietà ottiche del fascio ottico trasmesso dal pannello diffusore 4 siano sostanzialmente simili a quelle del fascio ottico riflesso, a meno di una traslazione dello spettro verso lunghezze d'onda più elevate.

In tal modo, a valle del pannello diffusore 4, un osservatore che osserva la seconda superficie S_2 percepisce un sole che si staglia in un cielo azzurro, tale sole avendo una medesima ampiezza lungo gli assi x e y ed essendo posto, virtualmente, a distanza infinita; tale effetto è ottenuto avendo comunque un illuminatore di lunghezza qualsiasi lungo l'asse x . Un osservatore che attraversa il fascio camminando lungo l'asse y vedrà il cielo azzurro stando nell'ombra e vedrà apparire il sole sopra la sua testa quando entra nel fascio luminoso. Un osservatore che cammina sotto il fascio nella direzione dell'asse x vedrà il sole sopra la sua testa che lo segue mentre egli cammina, consistentemente con il fatto che il sole è percepito a distanza infinita.

In altre parole, la forma di realizzazione mostrata in figura 1 prevede di emettere radiazione visibile da una superficie emissiva (la seconda superficie S_2), la quale simula un lucernario o una finestra. Inoltre, sulla superficie emissiva, la radiazione visibile ha un profilo di luminanza simile a quello prodotto dal sole e dal cielo sul piano di una finestra. In particolare, a valle della seconda superficie S_2) è presente una componente visibile diretta a relativamente bassa divergenza, ad esempio a divergenza minore di 15° , preferibilmente minore di 10° , alla quale nel seguito ci si riferisce ancora come al

fascio ottico visibile, ed una componente diffusa ad alta divergenza (in prima approssimazione, isotropa), la componente diffusa avendo CCT maggiore (ad esempio 1.2 volte maggiore) della CCT della componente diretta.

Ai fini pratici, l'illuminatore 126 può essere formato come mostrato in figura 2.

In dettaglio, l'illuminatore 126 è formato da una schiera di emettitori 158, ad esempio di tipo anisotropo (ad esempio, LED bianchi rettangolari), i quali sono disposti lungo l'asse x. Ciascun emettitore 158 è otticamente accoppiato a un corrispondente concentratore parabolico composto ("Compound parabolic concentrator", CPC) 160, di tipo riflettente.

Ad esempio, i CPC 160 sono uguali tra loro. Inoltre, ciascun CPC 160 è disposto a valle del corrispondente emettitore 158 ed ha un'apertura d'ingresso di forma rettangolare, atta a ricevere la radiazione emessa dal corrispondente emettitore 158. Inoltre, ciascun CPC 160 ha un'apertura d'uscita di forma rettangolare, la quale è parallela al piano xy e alla corrispondente apertura d'ingresso ed ha area maggiore dell'area della corrispondente apertura d'ingresso.

In maggior dettaglio, ciascun CPC 160 comprende una prima coppia di faccette paraboliche 162, tra loro opposte e affacciate l'una all'altra; tali faccette paraboliche 162

sono riflettenti ed hanno una curvatura tale da ridurre la divergenza della radiazione emessa dal corrispondente emettitore 158 nel piano xz, ad esempio fino ad un valore pari a 15° . Inoltre, ciascun CPC 160 include un'ulteriore coppia di faccette paraboliche 164 (opzionali), le quali sono riflettenti, sono tra loro opposte e sono affacciate l'una all'altra. Inoltre, le faccette paraboliche 164 hanno una curvatura tale da ridurre la divergenza della radiazione emessa dal corrispondente emettitore 158 nel piano yz, ad esempio fino ad un valore pari a 90° . Preferibilmente, le aperture d'uscita dei CPC 160, le quali sono rivolte verso lo specchio 6, sono disposte in modo contiguo.

Sebbene non mostrate, sono comunque possibili forme di realizzazione in cui le faccette paraboliche 164 sono piane, nel qual caso, nel piano yz, la radiazione in uscita dai CPC 160 mantiene la medesima divergenza che caratterizza la radiazione emessa dagli emettitori 158. Più in generale, la forma e la curvatura dei CPC 160 possono variare rispetto a quanto descritto. Inoltre, gli emettitori 158 possono essere equipaggiati con rispettive lenti, ad esempio al fine di ridurre la divergenza nel piano xz. Ancora, in luogo o in aggiunta ai CPC 160, possono essere presenti riflettori basati sul principio delle riflessione totale, anche noti come lenti TIR

("total-internal-reflector").

Nuovamente con riferimento alla forma di realizzazione mostrata in figura 1, la sorgente infrarossa 15 ha anch'essa forma allungata, parallelamente all'asse x. Ad esempio, la sorgente infrarossa 15 può essere formata da un filamento 115 atto ad essere riscaldato, il quale è allungato parallelamente all'asse x, dal quale si discosta quanto meno possibile, compatibilmente con la forma dell'illuminatore 126. E' ad esempio possibile che l'asse x, e quindi l'asse dei fuochi della superficie riflettente S_x , giaccia nel piano in cui giacciono le aperture d'uscita dei CPC 160. In figura 1 la posizione del filamento 115 è puramente esemplificativa.

Il filamento 115 è ad esempio circondato da un filtro ottico 116 (mostrato solo qualitativamente in figura 3a), il quale è atto a filtrare, e quindi rimuovere, le componenti visibili della radiazione emessa dal filamento 115, quando riscaldato.

In pratica, il filamento 115 ed il relativo filtro ottico 116 emettono radiazione infrarossa in modo lambertiano; tuttavia, almeno parte della radiazione infrarossa viene collimata nel piano yz dallo specchio 6. Pertanto, dopo essere stato riflesso dallo specchio 6, il fascio ottico infrarosso ha comunque una divergenza relativamente ridotta nel piano yz, mentre ha una maggior

divergenza nel piano xz.

In generale, indipendentemente da come viene generato il fascio ottico infrarosso, a valle della superficie riflettente S_x esso può quindi avere una divergenza nel piano xz maggiore rispetto alla corrispondente divergenza del fascio ottico visibile. Ciò vale quindi anche sulla prima e sulla seconda superficie S_1 , S_2 . A tal proposito, è possibile assumere che il fascio ottico infrarosso attraversi il pannello diffusore 4 sostanzialmente senza subire alcun processo di diffusione; equivalentemente, il fascio ottico infrarosso viene interamente trasmesso dal pannello diffusore 4. Pertanto, il fascio ottico infrarosso ed il fascio ottico visibile sono ancora sovrapposti su almeno parte della seconda superficie S_2 , nonché in uno spazio a valle di quest'ultima.

In figura 1 è altresì mostrato un elemento di blocco 154, il quale definisce una superficie addizionale S_{x2} atta a riflettere la radiazione generata dal filamento 115.

Ad esempio, è possibile che l'elemento di blocco 154 sia formato da un riflettore, ad esempio di tipo parabolico, rivolto verso la superficie riflettente S_x e con asse dei fuochi parallelo all'asse x. In tal caso, il filamento 115 risulta interposto tra la superficie riflettente S_x e la superficie addizionale S_{x2} . Eventualmente, il filamento 115 può estendersi lungo l'asse

dei fuochi della superficie addizionale S_{x2} . La sorgente infrarossa 15 è quindi lateralmente sfalsata rispetto alla sorgente visibile 2.

Sono inoltre possibili forme di realizzazione del tipo mostrato in figura 1, ma in cui il filtro ottico 116 si estende in modo da chiudere l'apertura definita dalla superficie addizionale S_{x2} , in maniera tale per cui il filamento 115 risulta interposto tra la superficie addizionale S_{x2} ed il filtro ottico 116, come mostrato in figura 3b. In tal modo, la radiazione ottica e visibile generata dal filamento 115 viene riflessa dalla superficie addizionale S_{x2} e successivamente incide sul filtro ottico 116, dopo di che la porzione non filtrata (infrarossa) giunge sulla superficie riflettente S_x .

Peraltro, sono altresì possibili forme di realizzazione in cui il sistema di illuminazione 1 contiene ulteriori elementi di blocco (non mostrati), ad esempio atti ad evitare che la radiazione visibile emessa dall'illuminatore 126 possa giungere nella stanza 7 senza prima essere stata riflessa dalla superficie riflettente S_x , ad esempio nel caso in cui l'illuminatore 126 abbia forme diverse rispetto a quanto illustrato in precedenza.

Ai fini pratici, la Richiedente ha osservato come l'osservatore abbia una minore sensibilità per quanto concerne la radiazione infrarossa, ed in particolare per

quanto concerne la direzionalità della radiazione infrarossa. In particolare, per quanto concerne la sorgente infrarossa 15, l'osservatore non è in grado di percepire un'immagine di essa. Tuttavia, l'osservatore percepisce il calore, o meglio percepisce una discontinuità tra assenza e presenza di calore, quando entra nel fascio della radiazione visibile, ovverosia quando passa dall'ombra alla luce.

Nel caso in cui il fascio ottico visibile abbia una sezione rettangolare nel piano xy con dimensione nella direzione x molto maggiore che nella direzione y , si ottiene che la massima discontinuità nel passaggio ombra-luce si verifica per un attraversamento del fascio lungo la direzione y , piuttosto che lungo la direzione x . E' quindi preferibile che la radiazione infrarossa sia maggiormente collimata nella direzione y , ovverosia nella direzione lungo la quale il fascio ottico visibile ha la minore dimensione, al fine di garantire una naturalezza della percezione, ed in particolare al fine di garantire la sovrapposizione tra massima discontinuità nel passaggio ombra-luce nel piano e la massima discontinuità nel passaggio freddo-caldo.

In altri termini, nel caso di un fascio ottico visibile che illumina a terra o su una parete uno spot rettangolare, avente lunghezza nella direzione x

significativamente maggiore che nella direzione y , è preferibile che il fascio infrarosso illumini il medesimo rettangolo con precisione maggiore per quanto riguarda il contrasto lungo i lati di dimensione maggiore. In questo modo, un osservatore che entra nello spot luminoso lungo la direzione y di massimo contrasto percepisce il calore quando è illuminato, senza prestare attenzione al fatto che il calore possa non provenire da alcuna particolare direzione nel piano xz . Solo se l'osservatore fosse dotato di un visore infrarosso potrebbe vedere l'immagine della sorgente IR estendersi nella direzione z molto di più che nella direzione y . Poiché l'osservatore non vede la sorgente infrarossa, è possibile evitare di collimarla anche lungo la direzione x , consentendo un risparmio di componenti ed un minor costo del dispositivo. Invece, se la sorgente infrarossa emettesse componenti visibili, l'osservatore percepirebbe l'immagine di un oggetto luminoso elongato in una direzione, con perdita di naturalezza della percezione.

In generale, indipendentemente dal fatto che la sorgente infrarossa sia collimata in una sola piuttosto che in due direzioni, ottenere un'esatta sovrapposizione tra l'angolo solido sotto cui l'osservatore percepisce la radiazione visibile e l'angolo solido da cui proviene la radiazione infrarossa è molto complesso, dato che le due

sorgenti non sono facilmente sovrapponibili. Per questo è in generale importante che la sorgente infrarossa non contenga componenti visibili, ovvero sia invisibile all'osservatore.

Tutto ciò premesso, nella forma di realizzazione mostrata in figura 1 il fascio di radiazione visibile ed il fascio di radiazione infrarossa hanno rispettivamente dei profili di illuminanza [lux] e di irradianza [W/m^2] tali per cui su (almeno un) piano a valle della superficie emissiva (la seconda superficie S_2) è presente un'area illuminata ed irradiata da entrambe le radiazioni. In altri termini, i due fasci garantiscono la presenza di un piano a valle della superficie emissiva, in cui una prima area caratterizzata da un valore di illuminanza della radiazione visibile $>50\%$ del valore di massima illuminanza (spot visibile) su detto piano ed una seconda area caratterizzata da un valore di irradianza della radiazione infrarossa $>50\%$ del valore di massima irradianza (spot IR) su detto piano risultano sovrapposte, ad esempio sovrapposte su un'area pari ad almeno il 50% della prima e della seconda area.

La summenzionate caratteristiche derivano dal fatto che la Richiedente ha notato come, al fine di simulare una finestra, è possibile controllare la radiazione visibile in termini del profilo di luminanza e di distribuzione in angoli e lunghezze d'onda, oltre che controllare sia la

radiazione visibile che la radiazione infrarossa in termini dei profili di illuminanza ed irradianza nel piano dove preferibilmente sarà posizionato l'osservatore. Questo perché l'osservatore, percependo un'immagine visiva della scena riprodotta dalla radiazione visibile, è estremamente sensibile ai colori ed alla direzione da cui proviene la luce, mentre è meno sensibile alla direzionalità da cui proviene la radiazione infrarossa. A tal proposito, la Richiedente ha inoltre notato l'esistenza di un effetto psicologico tale per cui, in presenza di una radiazione visibile che simula la presenza del cielo e del sole, un osservatore percepisce la radiazione infrarossa come proveniente dalla stessa direzione del sole anche se in realtà la radiazione infrarossa proviene da una direzione differente. In altri termini, la presenza di una credibile ricostruzione dell'immagine del cielo e del sole favorisce l'insorgere di una sorta di illusione termica tale per cui le caratteristiche fisiche che consentono di indurre la percezione di trovarsi esposti al calore del sole sono meno stringenti rispetto a quelle che si avrebbero in assenza della radiazione visibile. La Richiedente ha quindi osservato come, sfruttando tale illusione termica, sia possibile implementare un sistema di illuminazione meno costoso e complesso rispetto al caso in cui i problemi della ricostruzione della percezione visiva e della

percezione termica fossero risolti in modo tra loro indipendente. Per contro, la cosiddetta illusione termica rischia di essere resa inefficace, nel caso in cui la sorgente infrarossa sia percepibile da un punto di vista visivo.

Nel caso di finestra di piccole dimensioni, si verifica che, al diminuire della dimensione dell'area della superficie emissiva, e quindi al diminuire della dimensionale trasversale del fascio ottico visibile, diminuisce anche la profondità di campo per cui si ottiene la summenzionata sovrapposizione tra spot visibile e spot IR. Pertanto, al fine di ottenere una buona sovrapposizione dello spot visibile e dello spot IR su diversi piani a diverse distanze dalla superficie emissiva, è possibile formare il fascio infrarosso in modo che abbia un profilo di radianza simile al profilo di luminanza che caratterizza il fascio visibile; tuttavia, ciò comporta l'adozione di ulteriori componenti ottici. Al fine di contenere costi e complessità, la Richiedente ha appunto osservato come sia possibile adottare una superficie emissiva allungata lungo una prima direzione (asse x); in tal modo, la radiazione visibile viene collimata nel piano xy usando meccanismi di collimazione che agiscono indipendentemente nel piano xz e nel piano yz, il meccanismo che agisce nel piano yz essendo particolarmente economico. Inoltre, nel caso di superficie

emissiva allungata, l'ottenimento di una buona profondità di campo per quanto concerne la sovrapposizione tra spot visibile e spot IR a diversa distanza dalla superficie emissiva si ottiene condizionando l'irradianza del fascio IR anche solo nel piano yz, in cui essa ha un profilo simile al profilo di luminanza del fascio ottico visibile; il profilo di irradianza del fascio infrarosso nel piano xz è irrilevante. Ciò è dovuto al fatto che l'osservatore percepisce il maggior contrasto visivo nel passaggio ombra-luce-ombra attraversando lo spot visibile lungo la direzione y, piuttosto che lungo la direzione z; per tale motivo, è preferibile che egli percepisca il contrasto freddo-caldo-freddo lungo la stessa direzione. Inoltre, la dimensione ridotta della superficie emissiva lungo la direzione y causa una separazione dei fasci principalmente lungo la direzione y, per cui la profondità di campo viene aumentata controllando il profilo di irradianza nel solo piano yz.

In aggiunta, la Richiedente ha osservato come lo stesso componente ottico utilizzato per controllare il profilo di luminanza del fascio visibile nel piano yz può essere efficacemente utilizzato per controllare il profilo di irradianza del fascio IR nel medesimo piano.

Secondo una differente forma di realizzazione, mostrata in figura 4, la superficie riflettente S_z è

rivestita da uno strato diffusore 64, il quale a sua volta definisce una superficie concava S_k , opposta rispetto alla superficie riflettente S_r . La superficie concava S_k funge da superficie emissiva.

Da un punto di vista ottico, lo strato diffusore 64 assolve la funzione ottica del pannello diffusore 4, il quale può quindi essere assente; inoltre, lo strato diffusore 64 è configurato in maniera tale per cui le caratteristiche ottiche del fascio ottico visibile e del fascio ottico infrarosso a valle della superficie concava S_k corrispondono a quanto precedentemente descritto relativamente alla seconda superficie S_2 del pannello diffusore 4, salvo laddove specificato diversamente.

Lo strato diffusore 64 è formato ad esempio da un materiale polimerico, al cui interno sono disperse nanoparticelle del tipo descritto in precedenza. Aumentando la densità delle nanoparticelle, è possibile ridurre lo spessore dello strato diffusore 64, ad esempio fino a valori inferiori a 50µm, preferibilmente inferiori a 20µm, ancora più preferibilmente inferiori a 10µm; a tal proposito, la funzione di supporto allo strato diffusore 64 è appunto svolta dallo specchio 6. In pratica, lo strato diffusore 64 può essere formato da una vernice polimerica contenente nanoparticelle del tipo precedentemente descritto.

Sulla base di quanto descritto, consegue che lo strato diffusore 64 diffonde preferenzialmente le componenti del fascio ottico visibile a corta lunghezza d'onda, rispetto alle componenti a lunga lunghezza d'onda; in altre parole, componenti a lunga lunghezza d'onda hanno maggiori probabilità di attraversare lo strato diffusore 64, essere riflesse dalla superficie riflettente S_x e riattraversare lo strato diffusore 64 senza essere diffuse, rispetto alle componenti a corta lunghezza d'onda. Inoltre, si può assumere che la radiazione eventualmente diffusa si propaghi successivamente in modo isotropo, cioè sia tale da esibire uguale intensità in circa tutte le direzioni. La luce diffusa genera quindi un profilo di luminanza in prima approssimazione costante lungo le direzioni che puntano verso il semipiano delimitato dalla superficie riflettente S_x e contenente lo strato diffusore 64. In modo più generale, la luce diffusa genera un profilo di luminanza che varia di meno di 5 volte, preferibilmente meno di 3 volte lungo le direzioni che puntano verso il semipiano delimitato dalla superficie concava S_x e non contenente lo strato diffusore 64; tale caratteristica, peraltro, è applicabile anche alla luce diffusa generata sulla seconda superficie S_2 nella forma di realizzazione mostrata in figura 1. Tale profilo di luminanza emula il profilo di luminanza del cielo sereno.

In aggiunta, in prima approssimazione lo strato diffusore 64 viene attraversato dalla radiazione infrarossa senza subire alcun processo di diffusione, analogamente a quanto avviene nel caso del pannello diffusore 4.

In pratica, lo specchio 6 e lo strato diffusore 64 formano uno specchio cromatico CM. Inoltre, la porzione di fascio ottico visibile che viene riflessa dallo specchio cromatico CM senza subire alcuna diffusione, alla quale nel seguito ci si riferisce come al fascio ottico riflesso, ha un contenuto spettrale spostato verso maggiori lunghezze d'onda, rispetto al contenuto spettrale che il fascio ottico visibile ha in uscita dalla sorgente visibile 2.

Le considerazioni precedentemente esposte con riferimento alla superficie S_2 si applicano quindi anche alla superficie concava S_k .

I vantaggi che il presente sistema di illuminazione consente di conseguire emergono chiaramente dalla precedente descrizione. In particolare, il presente sistema di illuminazione consente di indurre nell'utente una percezione di calore, come se egli fosse effettivamente illuminato dalla luce solare, in modo efficiente.

Risulta infine evidente che al presente sistema di illuminazione possono essere apportate modifiche e varianti, senza uscire dall'ambito della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, la figura 5 mostra un'ulteriore forma di realizzazione, in cui il sistema di illuminazione 1 comprende un modulo di riscaldamento 20, integrato ad esempio nel pavimento F della stanza 7. Senza alcuna perdita di generalità, nel seguito si descrive il modulo di riscaldamento 20 con riferimento al caso in di una forma di realizzazione includente il pannello diffusore 4. Il modulo di riscaldamento 20 può comunque essere incluso in ciascuna delle forme di realizzazione qui descritte.

In dettaglio, il modulo di riscaldamento 20 comprende una regione superiore 22, atta ad essere calpestata dall'osservatore e avente una forma stratificata. La regione superiore 22 è formata ad esempio da vetro, o comunque da un materiale avente assorbimento sostanzialmente nullo, o comunque molto debole, nell'infrarosso e nel visibile.

Il modulo di riscaldamento 20 comprende inoltre una regione inferiore 24, formata ad esempio da sabbia bianca o da ciottoli chiari, o comunque da un materiale che sostanzialmente non assorbe la radiazione visibile che lo colpisce, ma la diffonde all'indietro, in modo da agire come una sorgente secondaria di luce diffusa. La regione inferiore 24 è disposta al di sotto della regione superiore 22 e a distanza da quest'ultima, in modo tale per cui la regione superiore 22 e la regione inferiore 24 delimitano

una cavità 26.

La cavità 26 fa parte di un circuito fluidico 30. In particolare, il circuito fluidico 30 comprende, oltre alla cavità 26, una conduttura 32 (mostrata solo schematicamente in figura 5); inoltre, la cavità 26 è in comunicazione fluidica con il circuito fluidico 30 attraverso una porta di ingresso IN ed una porta di uscita OUT.

All'interno del circuito fluidico 30 circola un fluido 35 (ad esempio, un liquido come, ad esempio, l'acqua); inoltre, la cavità 26 riceve in ingresso il fluido 35 attraverso la porta di ingresso IN, mentre fornisce in uscita il fluido 35 attraverso la porta di uscita OUT. Il fluido 35 attraversa quindi la cavità 26. Inoltre, preferibilmente, il fluido 35 non riempie completamente la cavità 26, bensì ne occupa solamente una porzione inferiore; in tal caso, come mostrato appunto in figura 5, una porzione superiore della cavità 26 (indicata con 36) è occupata da aria 36.

Il modulo di riscaldamento 20 è disposto in maniera tale per cui il fascio ottico infrarosso illumina almeno una parte di una superficie sommitale S_{22} , la quale delimita superiormente la regione superiore 22. Inoltre, il fluido 35 (ad esempio, liquido) sostanzialmente non assorbe nel visibile, dunque non assorbe il fascio ottico visibile, ma assorbe nell'infrarosso, dunque assorbe il fascio ottico

infrarosso; ad esempio, per il coefficiente di assorbimento $\alpha_{1.4\mu\text{m}}$ del fluido 35 alla lunghezza d'onda $\lambda=1.4\mu\text{m}$ vale preferibilmente la relazione $\alpha_{1.4\mu\text{m}} \geq 0.1\text{cm}^{-1}$, più preferibilmente $\alpha_{1.4\mu\text{m}} \geq 0.3\text{cm}^{-1}$, ancora più preferibilmente $\alpha_{1.4\mu\text{m}} \geq 1\text{cm}^{-1}$. Inoltre, definendo $\alpha_{\text{vis-MAX}}$ come il massimo valore del coefficiente di assorbimento del fluido 35 nel visibile, preferibilmente vale la relazione $\alpha_{\text{vis-MAX}}/\alpha_{1.4\mu\text{m}} < 0.4$, più preferibilmente $\alpha_{\text{vis-MAX}}/\alpha_{1.4\mu\text{m}} < 0.3$, ancora più preferibilmente $\alpha_{\text{vis-MAX}}/\alpha_{1.4\mu\text{m}} < 0.2$.

In uso, il fascio ottico infrarosso riscalda il fluido 35, il quale successivamente trasporta il calore assorbito, ad esempio in differenti porzioni della stanza 7, oppure all'esterno della stessa stanza 7, a seconda della forma della conduttura 32. In modo di per sé noto, la conduttura 32 può ad esempio formare serpentine di riscaldamento (non mostrate); inoltre, il circuito fluidico 30 può includere, ad esempio, una o più pompe idrauliche (non mostrate) e/o una o più valvole (non mostrate), ad esempio controllabili elettronicamente.

Preferibilmente, anche il fascio ottico visibile in uscita dalla seconda superficie S_2 viene convogliato su almeno una parte della superficie sommitale S_{22} . Successivamente, il fascio ottico visibile attraversa la regione superiore 22 ed il fluido 35, fino ad incidere sulla regione inferiore 24, dove viene diffuso, nuovamente

in direzione della stanza 7, contribuendo così all'illuminazione di quest'ultima.

In pratica, la forma di realizzazione mostrata in figura 5 consente di migliorare il comfort prodotto nella stanza 7 e ottimizzare la distribuzione del calore. In particolare, tale forma di realizzazione consente di recuperare parte del calore associato al fascio ottico infrarosso per riscaldare porzioni non illuminate della stanza 7 o del mondo esterno, cioè porzioni dello spazio dove un individuo, non essendo riscaldato direttamente dal fascio ottico infrarosso, necessita di beneficiare di una temperatura dell'aria maggiore rispetto alle porzioni di spazio attraversate dal fascio ottico infrarosso. Inoltre, tale forma di realizzazione consente eventualmente di smaltire calore (ad esempio, d'estate), grazie al fluido 35.

Ancora, con riferimento alle forme di realizzazione che includono il modulo di riscaldamento 20, è inoltre possibile che tra il pannello diffusore 4/specchio cromatico CM e la regione superiore 22 sia interposto un elemento ottico, quale ad esempio uno specchio disposto su una parete della stanza. Relativamente al modulo di riscaldamento 20, è possibile che esso sia privo della regione inferiore 24. Ancora, il modulo di riscaldamento 20 può essere disposto, ad esempio, su una parete della stanza

7.

Relativamente ai CPC 160, è possibile che le aperture d'ingresso abbiano ad esempio area maggiore rispetto all'area dei corrispondenti emettitori 158.

Relativamente al filtro ottico 116, se presente, esso può essere disposto in posizione diversa rispetto a quanto descritto.

Relativamente alla sorgente visibile 2, essa può comprendere una lampada a scarica, come ad esempio una sorgente al plasma, oppure può comprendere:

- un emettitore (non mostrato) di radiazione ottica a piccola lunghezza d'onda, cioè nella regione del blu e/o del vicino ultravioletto (ad esempio, una radiazione compresa nell'intervallo 350nm-490nm), tale emettitore operando ad esempio sulla base di processi fisici di emissione spontanea e/o stimolata ed essendo formato, ad esempio, da un LED o un laser; e

- un convertitore di lunghezza d'onda di tipo ottico-ottico (non mostrato), il quale è atto a convertire una prima radiazione elettromagnetica, avente lunghezza d'onda compresa in un primo intervallo di lunghezze d'onda e formata ad esempio da almeno una parte della radiazione emessa dal summenzionato emettitore, in una seconda radiazione elettromagnetica, avente lunghezza d'onda compresa in un secondo intervallo di lunghezze d'onda, tale

secondo intervallo essendo formato almeno in parte da lunghezze d'onda maggiori rispetto alle lunghezze d'onda del primo intervallo; ad esempio, la seconda radiazione elettromagnetica può avere lunghezza d'onda compresa tra 410nm e 750nm; inoltre, il convertitore ottico-ottico può essere formato da un fosforo o da un sistema di fosfori.

Preferibilmente, la sorgente visibile 2 è formata da una sorgente tale per cui la dipendenza della densità spettrale di flusso radiante (ovverosia il flusso radiante per unità di lunghezza d'onda) dalla lunghezza d'onda medesima esibisce almeno un picco che cade nel visibile. La sorgente visibile 2 è dunque formata, preferibilmente, da una sorgente diversa da un radiatore Planckiano, il quale è anche noto come radiatore termico con spettro di corpo nero e si caratterizza per una densità spettrale di flusso radiante che presenta un picco nel vicino infrarosso (ad esempio, ad una lunghezza d'onda di circa 1 μ m). La sorgente visibile 2 è dunque preferibilmente diversa, ad esempio, da una sorgente a incandescenza o alogena.

Sono inoltre possibili forme di realizzazione del tipo mostrato in figura 6, in cui la sorgente visibile 2, di tipo di per sé noto, genera un fascio ottico visibile già collimato, o comunque con divergenza inferiore a 2π sterad, preferibilmente inferiore a π sterad, ancora più preferibilmente inferiore a 0.5π sterad. In tal caso, lo

specchio 6 può essere di tipo piano. A titolo puramente esemplificativo, la forma di realizzazione mostrata in figura 6 prevede la presenza del pannello diffusore 4, sebbene siano comunque possibili forme di realizzazione del tipo mostrato in figura 7, in cui è presente lo specchio cromatico CM, di tipo piano.

Similmente, nelle forme di realizzazione mostrate nelle figure 6 e 7, la sorgente infrarossa 15 può generare un fascio ottico infrarosso, già collimato, o comunque con una divergenza inferiore a 4π sterad, preferibilmente inferiore a 2π sterad, più preferibilmente inferiore a π sterad, ancora più preferibilmente inferiore a 0.5π sterad.

In pratica, il fascio ottico infrarosso ed il fascio ottico visibile rimangono sovrapposti in un volume di spazio. In aggiunta, preferibilmente esiste almeno una porzione di tale volume in cui la direzione di massima radianza del fascio ottico visibile è prossima alla direzione di massima radianza del fascio ottico infrarosso, ovvero sia queste due direzioni coincidono, o comunque non differiscono tra loro per più di 40° , preferibilmente 30° , ancora più preferibilmente 20° . A tal proposito, per radianza di un fascio in un determinato piano si intende il flusso radiante per unità di superficie e di angolo solido emesso in un determinato punto ed in una determinata

direzione. In aggiunta, per ciascun punto della summenzionata porzione di volume, la larghezza del picco angolare di radianza del fascio ottico visibile è inferiore a 15° , preferibilmente a 10° , ancora più preferibilmente a 5° , mentre la larghezza del picco angolare di radianza del fascio ottico infrarosso è inferiore a 30° , preferibilmente a 20° , ancora più preferibilmente a 10° .

Sono inoltre possibili forme di realizzazione del tipo mostrato nelle figure 6 e 7, ma prive del sistema riflettente. Inoltre, sono possibili forme di realizzazione del tipo descritto in precedenza, ma in cui il fascio ottico infrarosso viene diretto in modo da penetrare nella stanza, ove si sovrappone con il fascio ottico visibile e con la luce diffusa, senza prima aver attraversato il pannello diffusore 4/strato diffusore 64 (a seconda della forma di realizzazione).

Sono inoltre possibili forme di realizzazione del tipo mostrato nelle figure 6 e 7, ma includenti un divisore di fascio ottico (mostrato in figura 8). In dettaglio, il divisore di fascio ottico 400, quale accoppia il fascio ottico visibile, generato dalla sorgente visibile 2, ed il fascio ottico infrarosso, generato dalla sorgente infrarossa 15. Senza alcuna perdita di generalità, nella forma di realizzazione mostrata in figura 8, il fascio ottico visibile ed il fascio ottico infrarosso vengono

diretti sul pannello diffusore 4. Ad esempio, il divisore di fascio ottico 400 è un elemento dicroico di tipo di per sé noto, il quale funge da accoppiatore ottico. In particolare, il divisore di fascio ottico 400 è disposto in modo da ricevere il fascio ottico infrarosso, generato dalla sorgente infrarossa 15, e trasmetterlo lungo una prima direzione, tale per cui il fascio ottico infrarosso incide poi sul pannello diffusore 4. Inoltre, il divisore di fascio ottico 400 è disposto in modo da ricevere il fascio ottico visibile, generato dalla sorgente visibile 2, e rifletterlo lungo la prima direzione, in modo tale per cui esso incide successivamente sul pannello diffusore 4.

Inoltre, sono possibili varianti in cui il divisore di fascio ottico riflette il fascio ottico infrarosso e trasmette il fascio ottico visibile.

In generale, sono comunque possibili forme di realizzazione (non mostrate) corrispondenti a forme di realizzazione precedentemente descritte, ma comprendenti inoltre il divisore di fascio ottico 400. Ad esempio, è possibile una forma di realizzazione del tipo mostrato in figura 1 o 4, in cui il divisore di fascio ottico 400 è disposto nella linea dei fuochi della superficie riflettente S_x , in modo da creare due linee virtuali dei fuochi, in cui sono rispettivamente disposti l'illuminatore 126 ed il filamento 115.

Sono inoltre possibili forme di realizzazione uguali a forme di realizzazione descritte in precedenza, ma in cui il pannello diffusore 4 o lo strato diffusore 64 (a seconda delle forme di realizzazione) sono delimitati da una superficie ondulata, o comunque rugosa, atta ad indurre nella radiazione visibile che la attraversa un ulteriore processo di diffusione acromatica a basso angolo (ad esempio, fino a 20° , preferibilmente 10° , ancora più preferibilmente 5°), al fine di ridurre ulteriormente l'effetto indotto dalla differenza tra le FWHM dei profili angolari di luminanza del fascio ottico visibile nei piani xz e yz, o comunque al fine di creare un profilo angolare di luminanza isotropo, ovvero sia il più possibile uguale in tutti i piani contenenti la direzione del picco di luminanza per ciascun punto della superficie emissiva, così da consentire all'osservatore di percepire l'immagine del sole come un disco circolare. In aggiunta, o in alternativa, il pannello diffusore 4 o lo strato diffusore 64 (a seconda della forma di realizzazione) possono includere un'ulteriore dispersione di microparticelle aventi diametri compresi ad esempio tra $0.2\mu\text{m}$ e $20\mu\text{m}$ micron (preferibilmente $0,7\mu\text{m}$ - $15\mu\text{m}$, più preferibilmente $1\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$). Peraltro, come mostrato in figura 9, è inoltre possibile che il summenzionato processo di diffusione acromatica a basso angolo sia implementato disponendo un pannello 133, al quale nel seguito ci si riferisce come al

pannello acromatico 133, il quale è disposto otticamente a valle dello specchio cromatico CM o del pannello diffusore 4 (ad esempio, la figura 9 si riferisce al caso in cui è presente lo specchio cromatico CM). Il fatto che il pannello acromatico 133 venga attraversato anche dal fascio ottico infrarosso e/o la disposizione del pannello stesso lungo il cammino ottico seguito dal fascio ottico visibile sono irrilevanti.

In pratica, sulla base degli insegnamenti precedenti, è quindi possibile implementare una forma di realizzazione includente un sistema di illuminazione, il quale comprende una sorgente ottica visibile configurata per emettere una radiazione ottica visibile ed un dispositivo ottico cromatico, il quale comprende una regione diffusiva e definisce una prima superficie emissiva, disposta a valle della regione diffusiva. Il dispositivo cromatico è configurato per ricevere la radiazione ottica visibile e per generare, sulla prima superficie emissiva, un fascio visibile d'uscita, il quale ha un profilo angolare di luminanza che esibisce un picco con FWHM inferiore a 20° in due piani ortogonali tra loro e contenenti la direzione di massima luminanza. Inoltre, in ciascun punto della prima superficie emissiva, il fascio visibile d'uscita comprende una componente diretta, emessa nella direzione del picco di luminanza, ed una componente diffusa emessa ad angoli che differiscono ad esempio per più di 40° dalla direzione della componente diretta. Ad esempio, la CCT della componente

diffusa è almeno 1,2 volte maggiore della CCT della componente diretta. Inoltre, il sistema di illuminazione comprende una sorgente infrarossa configurata per definire una seconda superficie emissiva e per emettere, a valle della seconda superficie emissiva, un fascio infrarosso d'uscita sostanzialmente privo di componenti visibili.

Secondo una variante, la prima e la seconda superficie emissiva coincidono.

Secondo una variante, il profilo angolare di luminanza ha rispettivamente una prima ed una seconda FWHM in detti due piani (xz,yz), la seconda FWHM differendo dalla prima FWHM per non più di due volte.

Secondo una variante, la sorgente ottica infrarossa è configurata per generare il fascio infrarosso d'uscita in modo che abbia un profilo angolare di radianza con un picco avente FWHM inferiore ad esempio a 90° , preferibilmente a 40° , in un primo dei summenzionati due piani.

Secondo una variante, il picco del profilo angolare di radianza dista dal picco del profilo angolare di luminanza di non più di 20° , per ogni punto della prima superficie emissiva.

Secondo una variante, la FWHM del profilo angolare di radianza è minore di due volte la FWHM del profilo angolare di luminanza nel piano yz.

Secondo una variante, il fascio visibile d'uscita ed il fascio infrarosso d'uscita determinano su un terzo piano (F) a

valle della prima e della seconda superficie emissiva un primo ed un secondo spot che sono sovrapposti per un'area pari ad almeno il 50% dell'area del maggiore tra tali spot, tali primo e secondo spot essendo definiti da un'illuminanza e da una irradianza rispettivamente pari ad almeno il 50% dei massimi valori di illuminanza e di irradianza del fascio visibile d'uscita e del fascio infrarosso d'uscita su tale terzo piano. Secondo una variante, il terzo piano dista dalla prima superficie emissiva di una distanza compresa tra uno e tre metri.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema di illuminazione configurato per simulare una finestra aperta sul cielo e comprendente un sistema ottico (2,4;2,CM) includente:

- una sorgente ottica visibile (2,S_v) configurata per emettere una radiazione ottica visibile; e

- un dispositivo ottico cromatico (4,CM) comprendente una regione diffusiva (4;64) e definente una prima superficie emissiva (S₂,S_k) disposta a valle della regione diffusiva, detto dispositivo cromatico essendo configurato per ricevere detta radiazione ottica visibile e per generare, su detta prima superficie emissiva, un fascio visibile d'uscita, il quale ha un profilo angolare di luminanza che esibisce un picco con FWHM inferiore a 20° in due piani (yz,xz) ortogonali tra loro e contenenti la direzione di massima luminanza; ed in cui, in ciascun punto di detta prima superficie emissiva, detto fascio visibile d'uscita comprende una componente diretta, emessa nella direzione del picco di luminanza, ed una componente diffusa emessa ad angoli che differiscono per più di 40° dalla direzione della componente diretta; ed in cui la CCT della componente diffusa è almeno 1,2 volte maggiore della CCT della componente diretta;

detto sistema di illuminazione comprendendo inoltre una sorgente ottica infrarossa (15) configurata per definire una seconda superficie emissiva (S₂,S_k) e per emettere, a valle di

detta seconda superficie emissiva, un fascio infrarosso d'uscita sostanzialmente privo di componenti visibili.

2. Sistema di illuminazione secondo la rivendicazione 1, in cui la prima e la seconda superficie emissiva (S_2, S_k) coincidono.

3. Sistema di illuminazione secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto profilo angolare di luminanza ha rispettivamente una prima ed una seconda FWHM in detti due piani (xz, yz), detta seconda FWHM differendo dalla prima FWHM per non più di due volte.

4. Sistema di illuminazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta sorgente ottica infrarossa (15) è configurata per generare detto fascio infrarosso d'uscita in modo che abbia un profilo angolare di radianza con un picco avente FWHM inferiore a 90° , preferibilmente 40° , in un primo (yz) di detti due piani.

5. Sistema di illuminazione secondo la rivendicazione 4, in cui detto picco del profilo angolare di radianza dista da detto picco di profilo angolare di luminanza di non più di 20° , per ogni punto della prima superficie emissiva (S_2, S_k).

6. Sistema di illuminazione secondo la rivendicazione 4 o 5, in cui, in detto primo piano (yz), la FWHM di detto profilo angolare di radianza è minore di due volte la FWHM di detto profilo angolare di luminanza.

7. Sistema di illuminazione secondo una qualsiasi delle

rivendicazioni 4-6, in cui detta prima superficie emissiva (S_2, S_k) è allungata in una direzione (z) ortogonale a detto primo piano (yz).

8. Sistema di illuminazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 7, in cui la sorgente ottica visibile (2) comprende un illuminatore (126) avente forma allungata lungo una direzione di allungamento (x), detto primo piano (yz) essendo perpendicolare a detta direzione di allungamento.

9. Sistema secondo la rivendicazione 8, in cui detto illuminatore (126) comprende una schiera di emettitori (158) ed una schiera di CPC (160), ciascun emettitore essendo otticamente accoppiato ad un corrispondente CPC.

10. Sistema di illuminazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 9, in cui detto profilo di luminanza è sostanzialmente invariante lungo una direzione (x) perpendicolare a detto primo piano (yz).

11. Sistema di illuminazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 10, in cui detta sorgente ottica infrarossa (15) ha forma allungata lungo una direzione (x) perpendicolare a detto primo piano (yz).

12. Sistema di illuminazione secondo a qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 11, in cui detto dispositivo ottico cromatico (CM) comprende una superficie riflettente (S_2) avente la forma di un cilindro parabolico avente asse perpendicolare a detto primo piano (yz).

13. Sistema di illuminazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la sorgente ottica infrarossa (15) include un emettitore Planckiano (115) ed un filtro ottico (116) configurato per filtrare radiazione visibile.

14. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti in cui il fascio infrarosso d'uscita ha una potenza nella regione spettrale IR-B maggiore della potenza nella regione spettrale IR-A.

15. Sistema di illuminazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il fascio visibile d'uscita ed il fascio infrarosso d'uscita determinano su un terzo piano (F) a valle della prima e della seconda superficie emissiva (S_2, S_3) un primo ed un secondo spot che sono sovrapposti per un'area pari ad almeno il 50% dell'area del maggiore tra detti spot, detti primo e secondo spot essendo definiti rispettivamente da un'illuminanza e da un'irradianza rispettivamente pari ad almeno il 50% dei massimi valori di illuminanza e di irradianza di detti fascio visibile d'uscita e fascio infrarosso d'uscita su detto terzo piano.

16. Sistema di illuminazione secondo la rivendicazione 15, in cui detto terzo piano (F) dista dalla prima superficie emissiva (S_2) di una distanza compresa tra uno e tre metri.

17. Sistema comprendente un sistema di illuminazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti ed un

modulo di riscaldamento (20) disposto in modo da ricevere detto fascio infrarosso d'uscita; in cui detto modulo di riscaldamento (20) comprende una cavità (26) otticamente accessibile al fascio infrarosso d'uscita ed inoltre accessibile a un liquido (35) atto ad assorbire almeno parte del fascio infrarosso d'uscita, detta cavità essendo inoltre accoppiabile ad un circuito idraulico (32).

18. Sistema di illuminazione secondo la rivendicazione 17, in cui il modulo di riscaldamento (20) comprende inoltre:

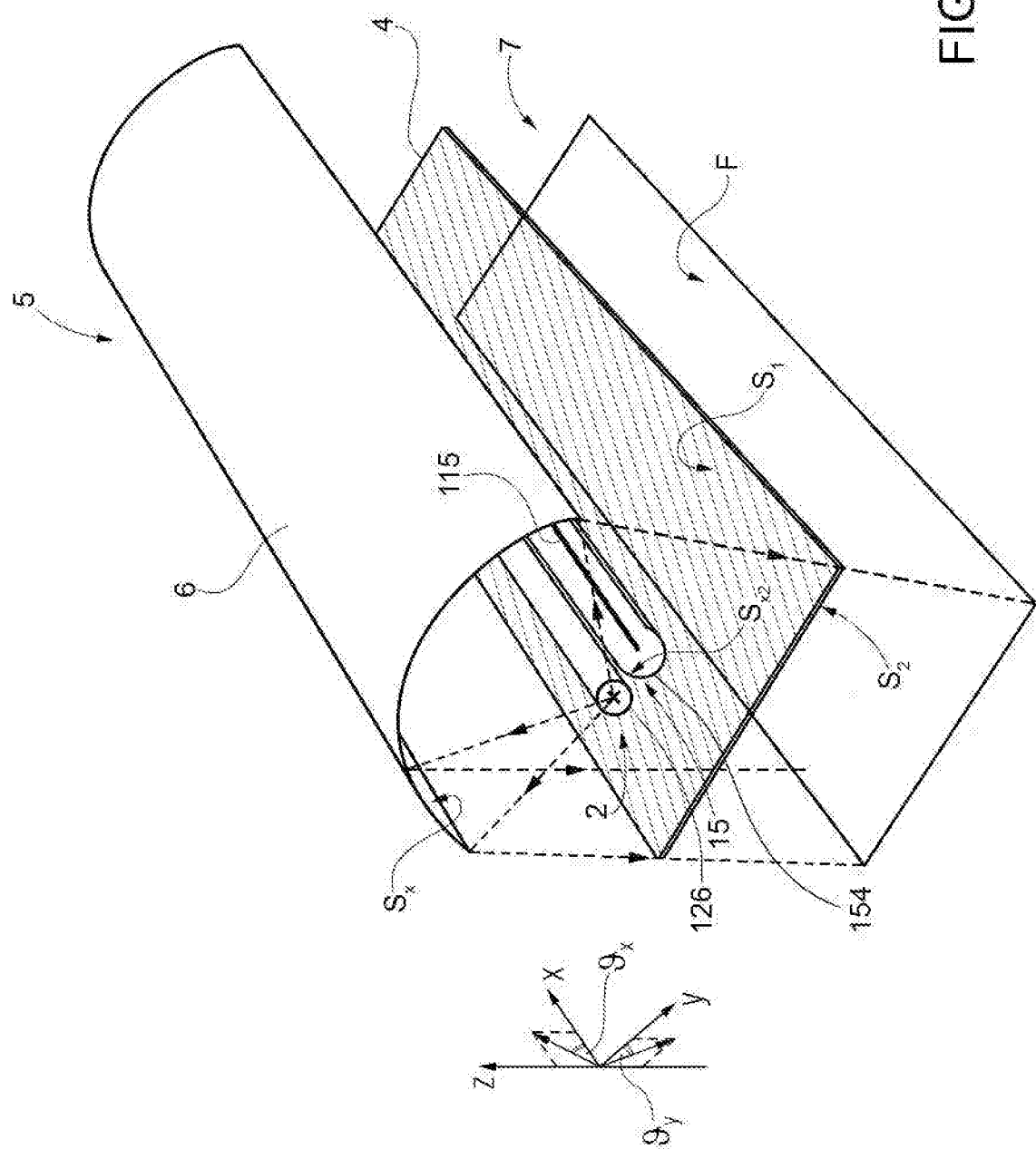
- una regione superiore (22), la quale delimita la cavità (26); e

- una regione inferiore (24), disposta in maniera tale per cui, in uso, il liquido (35) è disposto tra detta regione inferiore e la regione superiore, detta regione inferiore essendo atta a diffondere all'indietro nel visibile.

p.i.: 1) COELUX S.R.L.

2) UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELL'INSUBRIA

Pietro SPALLA



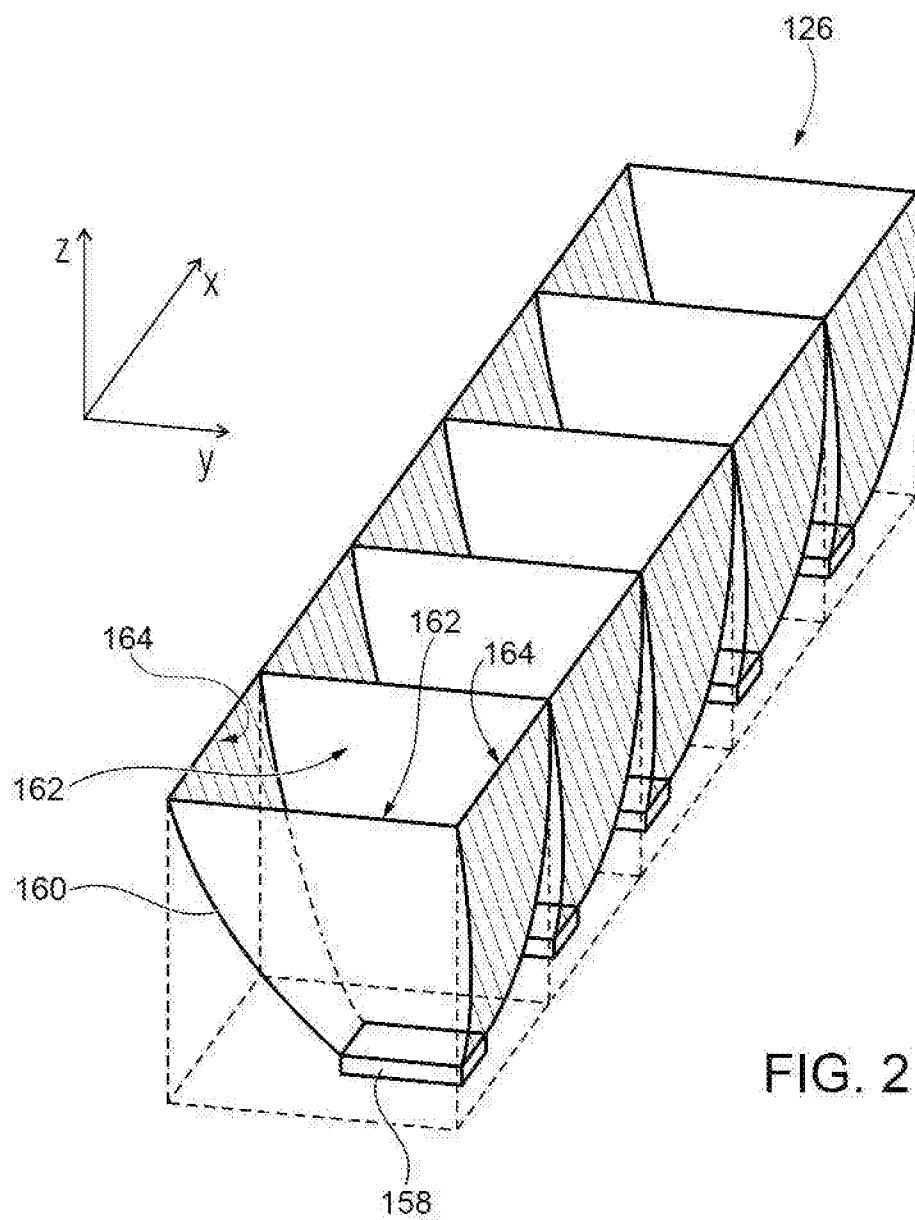


FIG. 2

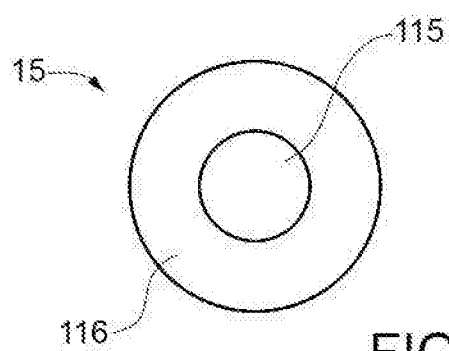


FIG. 3A

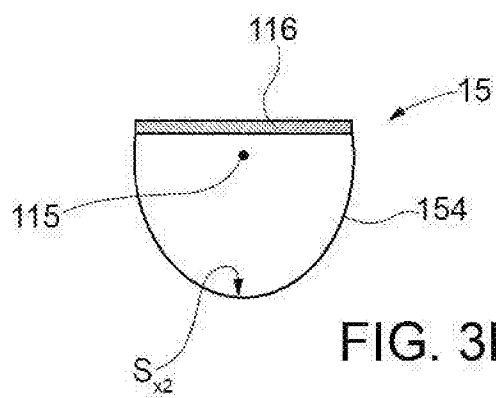


FIG. 3B

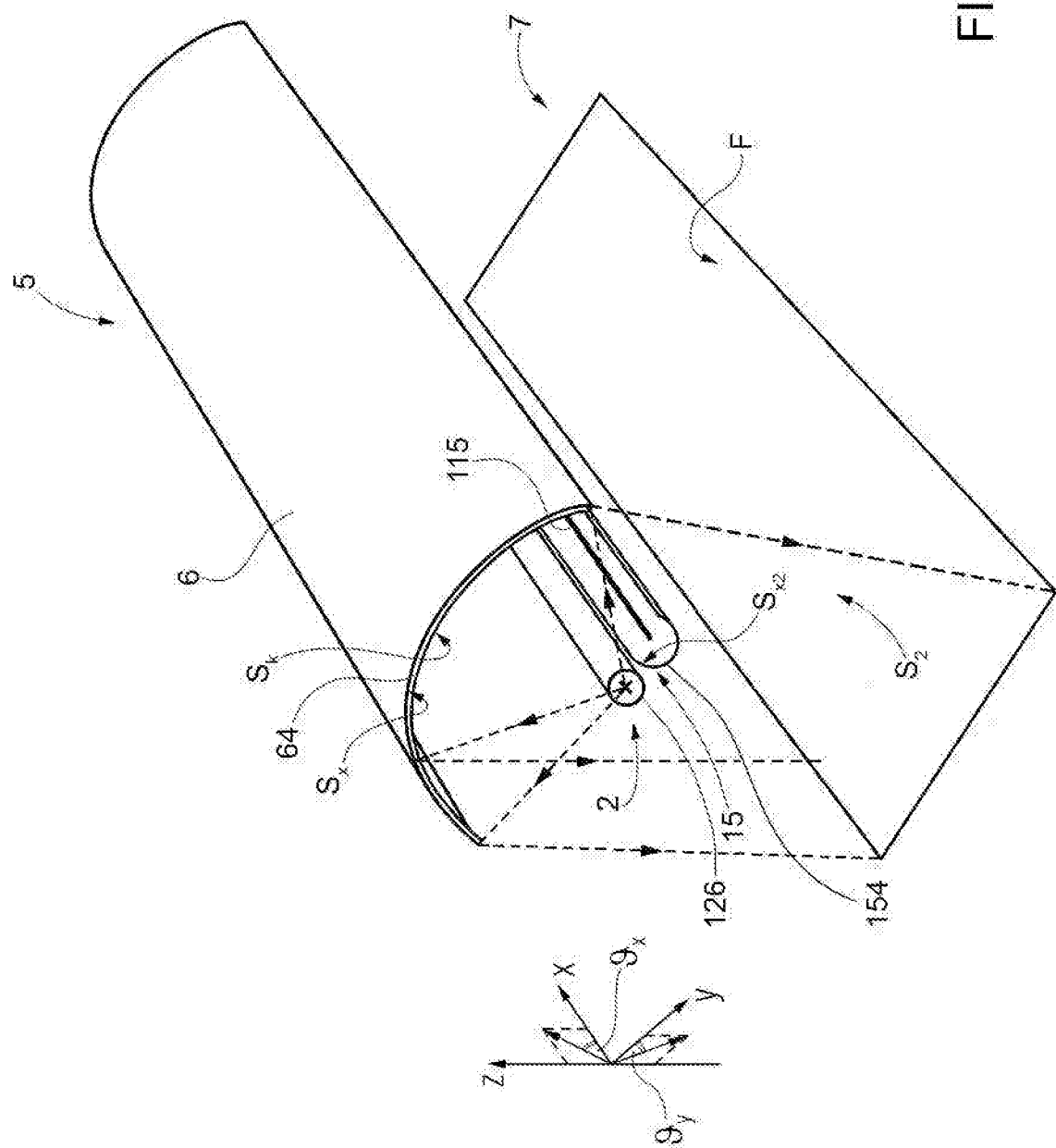


FIG. 4

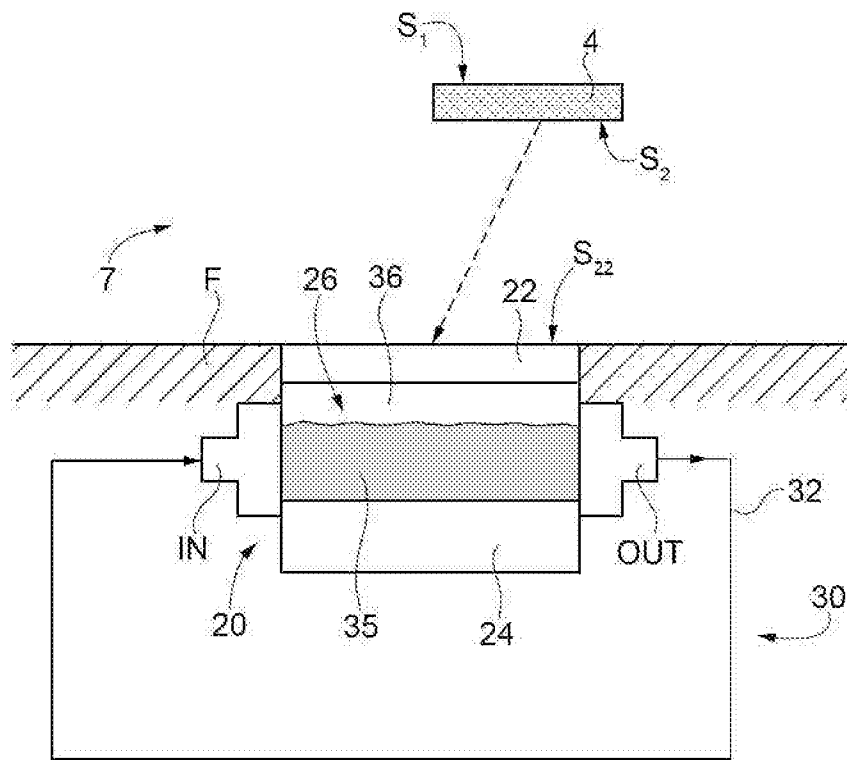


FIG. 5

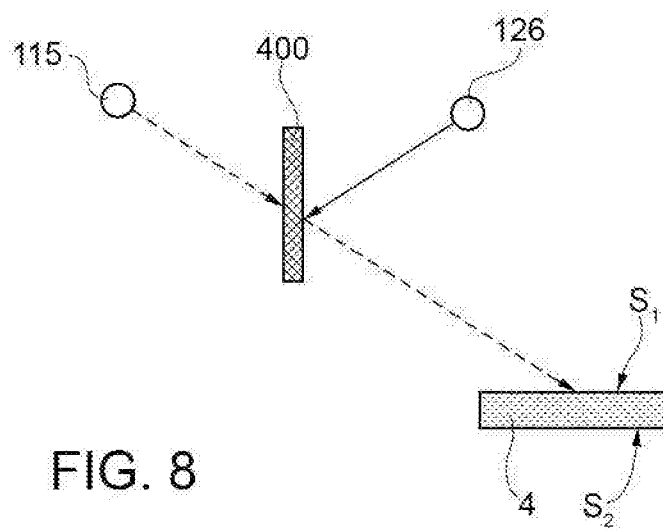


FIG. 8

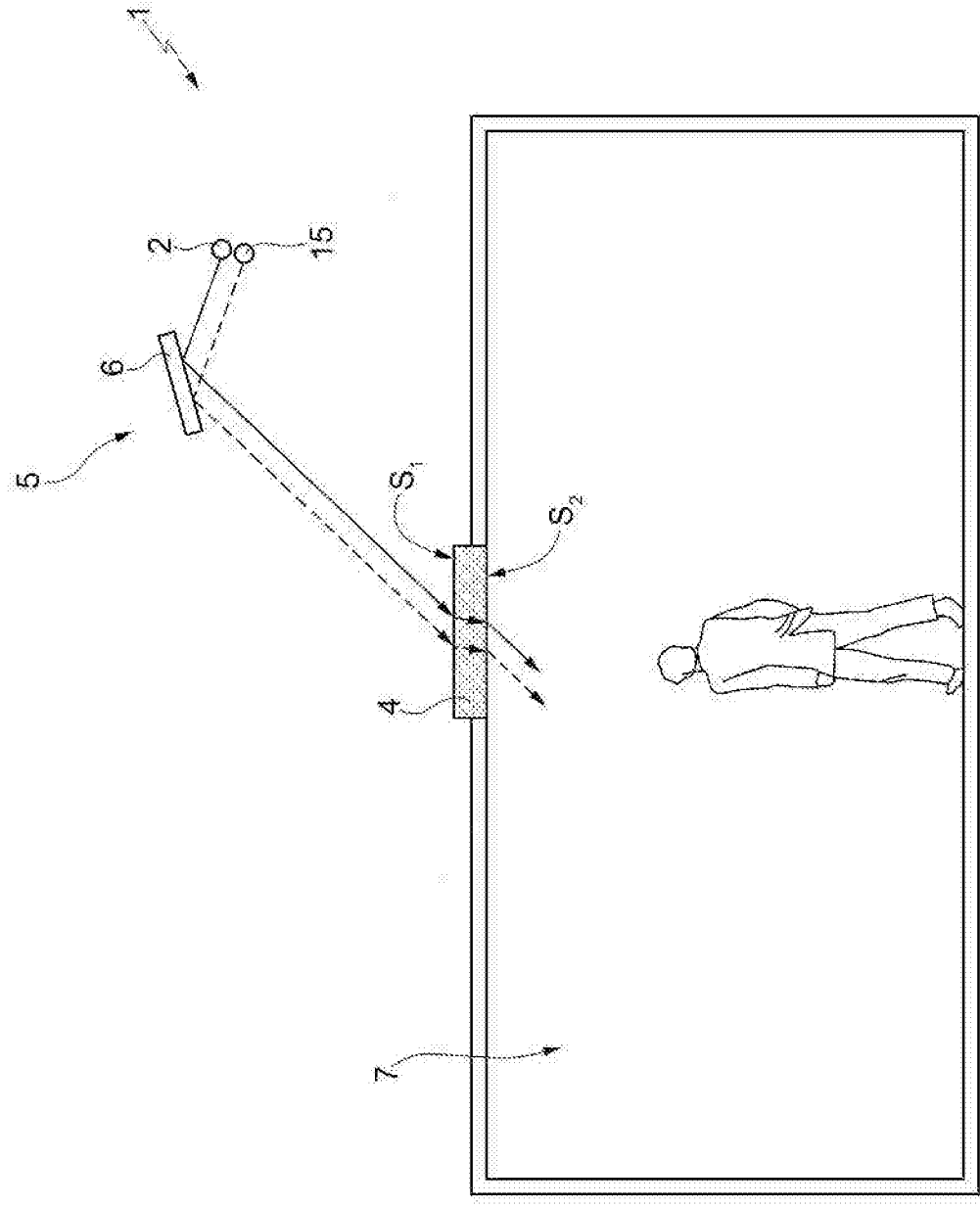


FIG. 6

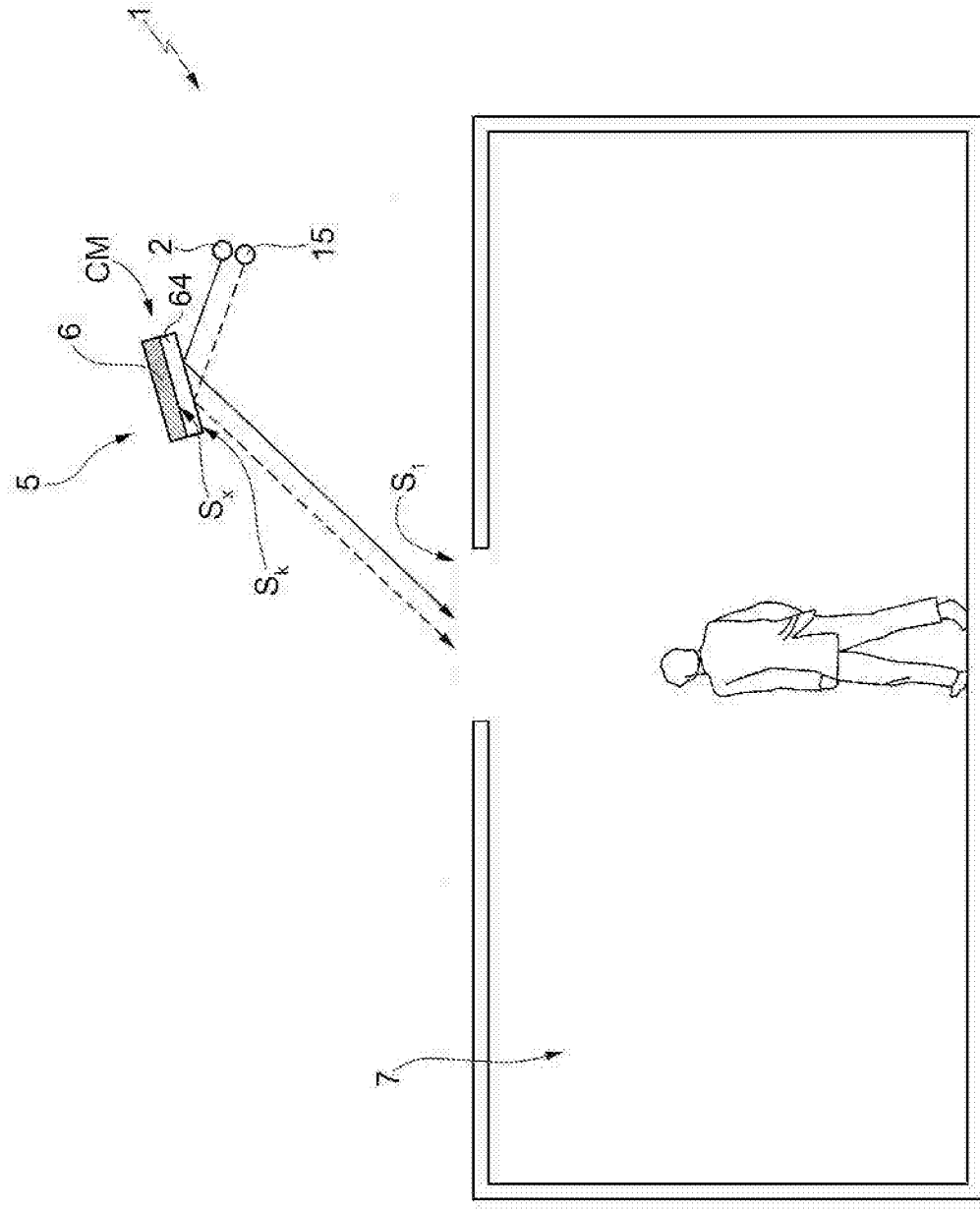


FIG. 7

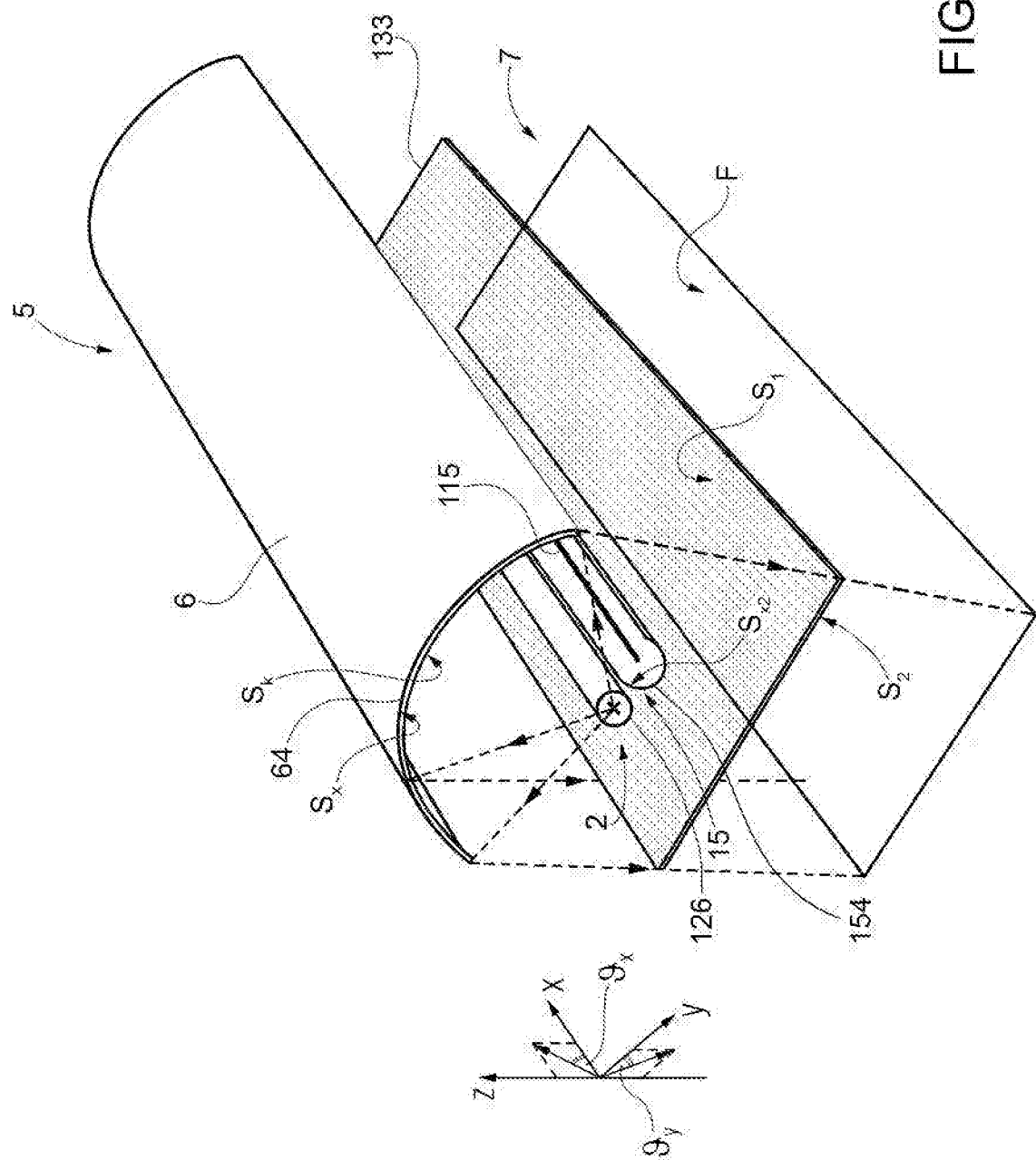


FIG. 9