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

DOMANDA NUMERO	**101998900697645**
Data Deposito	**07/08/1998**
Data Pubblicazione	**07/02/2000**

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	B		

Titolo

DISPOSITIVO E METODO PER IL POSIZIONAMENTO DI UNA TESTA DI MISURA IN UNA MACCHINA PER LA MISURA TRIDIMENSIONALE SENZA CONTATTO.

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale

di BROWN & SHARPE DEA SpA

di nazionalità Italiana,

a 10024 MONCALIERI (TO) - VIA VITTIME DI PIAZZA DELLA LOGGIA, 6

Inventore: CERRUTI Piero

TO 98A 000693

*** *** ***

La presente invenzione è relativa ad un dispositivo e ad un metodo per il posizionamento di una testa di misura in una macchina per la misura tridimensionale senza contatto.

Sono note macchine per la misura tridimensionale senza contatto in cui un elemento è mobile secondo tre assi coordinati X,Y,Z di un primo sistema di riferimento della macchina. L'elemento mobile porta una testa di misura snodata rispetto all'elemento mobile stesso e supportante un sensore di visione provvisto di una telecamera e di un generatore di fascio laser.

La telecamera è atta a riprendere uno spazio tridimensionale (ad esempio un angolo solido di forma piramidale) presentante un asse ottico di simmetria che si interseca con l'asse di simmetria del fascio laser in un punto (centro di riferimento) nel quale è disposto l'origine di un secondo sistema di riferimento

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

X', Y' e Z' proprio del sensore di visione ed avente asse Z' allineato con l'asse ottico di simmetria della telecamera.

L'immagine rilevata dalla telecamera comprende l'immagine bidimensionale dell'oggetto disposto nello spazio di misura sul quale è visibile di una riga (riga laser) data dall'intersezione del fascio laser sull'oggetto stesso. Tale immagine viene presentata su un monitor ed è visibile ad un operatore che utilizza la macchina di misura.

Analizzando in modo automatico mediante un dispositivo elaboratore l'immagine bidimensionale rilevata dalla telecamera, e la posizione del fascio laser sull'immagine bidimensionale stessa rispetto ad una posizione di riferimento (convenientemente una posizione centrale dell'immagine rilevata - centro immagine), vengono rilevate le coordinate di punti dell'oggetto rispetto al secondo sistema di riferimento X' Y' Z' del sensore di visione. La misura viene successivamente riportata al primo sistema di riferimento X, Y e Z della macchina di misura dal dispositivo elaboratore.

Le macchine di misura note presentano un grave inconveniente durante la fase di posizionamento della testa di misura, cioè durante quella fase in cui la

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

testa di misura viene spostata al fine di disporla in prossimità dell'oggetto da sottoporre a misura. Il comando manuale per la movimentazione della testa di misura è infatti impartito mediante un dispositivo di controllo, in particolare un Joystick, che genera un segnale per muovere la testa di misura secondo i tre assi X, Y e Z della macchina. L'operatore vede però nel monitor l'immagine come rilevata dal sensore di visione ed orientata secondo i tre assi X' Y' e Z' che non corrispondono con gli assi X, Y e Z della macchina. A sua volta, l'operatore può solo impartire comandi lungo gli assi X, Y e Z e non conosce la disposizione degli assi X', Y' e Z' rispetto agli assi X, Y, Z. Per tale motivo, la testa di misura non può essere posizionata agevolmente dall'operatore mediante il dispositivo di controllo manuale osservando l'immagine rappresentata sul monitor.

Scopo della presente invenzione è quello di realizzare una macchina di misura mediante la quale sia possibile utilizzare l'immagine dell'oggetto presentata sul monitor per comandare agevolmente uno spostamento voluto della testa di misura e disporre la testa di misura in una posizione prefissata rispetto all'oggetto.

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

Il precedente scopo è raggiunto dalla presente invenzione in quanto essa è relativa ad un dispositivo per il posizionamento di una testa di misura di una macchina per la misura tridimensionale senza contatto come descritto nella rivendicazione 1.

La presente invenzione è inoltre relativa ad un metodo per il posizionamento di una testa di misura di una macchina per la misura tridimensionale senza contatto come descritto nella rivendicazione 7.

L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

la figura 1 illustra una macchina per la misura tridimensionale senza contatto realizzata secondo i dettami della presente invenzione;

la figura 2a illustra, in scala ingrandita, una testa di misura della macchina di figura 1 disposta in una prima posizione operativa;

la figura 2b illustra la testa della figura 2a disposta in una seconda posizione operativa;

la figura 3 illustra il principio di funzionamento del sensore di visione portato dalla testa di misura;

le figure 4a, 4b e 4c illustrano rispettive immagini rilevate dal sensore di visione;

la figura 5 illustra le relazioni esistenti tra

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

due diversi sistemi di riferimento utilizzati nella macchina di misura della presente invenzione;

la figura 6 illustra una serie di fasi svolte dalla macchina di misura della presente invenzione;

la figura 7 illustra una prima immagine elaborata dalla macchina di misura della presente invenzione;

la figura 8 illustra una seconda immagine elaborata dalla macchina di misura della presente invenzione;

la figura 9 illustra una variante alla macchina di misura di figura 1; e

le figure 10a, 10b, 10c e 10d illustrano immagini rilevate dal sensore di visione della macchina di figura 9.

Con particolare riferimento alla figura 1 è indicato con 1, nel suo insieme, una macchina per la misura tridimensionale senza contatto in cui una macchina di misura 10 di tipo noto, ad esempio del tipo a portale mobile, è provvista di un elemento 12 (colonna) che è mobile, sotto la spinta di attuatori (non rappresentati), in uno spazio tridimensionale di misura T secondo tre direzioni coordinate X, Y e Z ortogonali tra di loro.

La macchina di misura 10 è pertanto provvista di un proprio sistema di riferimento X, Y, Z (detto anche

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

sistema di riferimento macchina con gli assi X, Y e Z detti assi macchina) avente origine O e comprende trasduttori elettronici di misura di tipo noto (non rappresentati) atti a rilevare la posizione X, Y, Z dell'elemento mobile 12 rispetto all'origine O del sistema di riferimento X, Y e Z.

Il dispositivo di misura 1 comprende inoltre una testa di misura 15 (di tipo noto) la quale è atta ad essere portata dall'elemento mobile 12. In particolare, la testa di misura 15 comprende un primo corpo 18 che è atto ad essere stabilmente fissato sull'elemento mobile 12 ed un secondo corpo 20 (figure 2a, 2b) che presenta simmetria assiale ed è mobile rispetto al primo corpo 18. In particolare, il secondo corpo 20 presenta una prima porzione di estremità incernierata con una porzione mobile di estremità 18a del primo corpo e può pertanto ruotare intorno ad un asse sostanzialmente orizzontale la cui traccia è indicata con la lettera P nelle figure 2a, 2b (angolo di PITCH). La porzione mobile di estremità 18a può inoltre ruotare rispetto alla colonna 12 attorno ad un proprio asse di simmetria R (angolo di ROLL).

Gli angoli di PITCH e di ROLL variano in modo discreto; per tale motivo gli angoli di PITCH e di ROLL possibili sono un numero finito.

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo n. 615/BM

La testa di misura 15 è pertanto provvista di due "gradi di libertà" che sono rispettivamente costituiti dalle rotazioni di ROLL e di PITCH sopra dette.

Il corpo 20 presenta una seconda porzione di estremità provvista di un dispositivo di aggancio 22 (indicato schematicamente) atto a consentire il montaggio di un sensore di visione 25 (illustrato schematicamente).

Con particolare riferimento alla figura 3, il sensore di visione 25 comprende un involucro esterno 28 atto ad essere agganciato al dispositivo di aggancio 22 ed alloggiante una telecamera 31 (illustrata schematicamente) ed una sorgente 33 di un fascio laser 35. La telecamera 31 è atta a riprendere uno spazio tridimensionale 38 rappresentato in figura 3 mediante un angolo solido di forma piramidale avente vertice disposto in corrispondenza dell'obbiettivo (non rappresentato) della telecamera 31. L'angolo solido 38 presenta un proprio asse ottico 41 (indicato mediante il tratteggio con il tratto e punto) ed è limitato da quattro piani P1,P2,P3,P4 che si intersecano tra di loro definendo quattro spigoli K,L,M,N (indicati con rette) dell'angolo solido 38 stesso.

Il fascio laser 35 presenta un proprio asse di simmetria 44 (indicato con il tratteggio tratto e

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

punto) che interseca lo spazio tridimensionale 38. Il punto di incontro tra gli assi 44 e 41 è indicato con CR (centro di riferimento).

L'intersezione tra il fascio laser 35 e l'angolo solido 38 definisce uno spazio di misurabilità 47 avente forma di tronco di piramide limitato lateralmente da porzioni dei piani P1,P2,P3,P4 e da piani rettangolari di base P5 e P6 perpendicolari all'asse 41. In particolare, il piano P5 presenta un proprio bordo rettilineo LM dato dell'intersezione del fascio 35 sul piano P1 ed il piano P6 presenta un proprio bordo rettilineo RM dato dell'intersezione del fascio 35 sul piano P3 opposto al piano P1.

Nelle figure 4a, 4b, 4c sono illustrate alcune immagini atte a chiarire il principio di funzionamento del sensore di visione 25. Nelle figure 4a,4c sono illustrate rispettivamente immagini rilevate dalla telecamera 31 e relative ad un oggetto piano (ad esempio una lamina metallica, non illustrata) disposto complanare al piano P5 ed al piano P6; in tale immagini è visibile una riga 50 (riga laser) data dall'intersezione del fascio 35 sull'oggetto stesso.

In particolare, nella figura 4a la riga laser 50 è disposta in corrispondenza di un bordo laterale sinistro dell'immagine mentre nella figura 4c la riga

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo n. 615/BM)

laser 50 è disposta in corrispondenza di un bordo laterale destro dell'immagine stessa. Nel caso che l'oggetto piano sia disposto complanare ad un piano passante per il punto CR (centro di riferimento) e perpendicolare all'asse 41, la riga laser 50 è disposta a metà dell'immagine (figura 4b).

Si rileva pertanto come lo spostamento dell'oggetto nello spazio di misurabilità 47 produce lo spostamento della riga laser 50 all'interno dell'immagine rilevata; tale spostamento rispetto ad un punto fisso di riferimento dell'immagine, ad esempio la distanza D esistente tra la riga laser 50 ed il centro dell'immagine CI, è legato alla posizione dell'oggetto lungo l'asse 41 e quindi alla distanza dell'oggetto stesso dalla telecamera 31. Nell'esempio di realizzazione illustrato la immagine è di forma rettangolare ed il centro immagine CI coincide con il punto di incontro delle bisettrici degli angoli interni del perimetro rettangolare dell'immagine, mentre la distanza D è misurata parallelamente ad un lato maggiore di tale immagine rettangolare.

In questo modo misurando tale distanza D sull'immagine rilevata dalla telecamera è possibile ricavare, mediante calcoli trigonometrici di tipo noto, la distanza reale dell'oggetto dalla telecamera stessa.

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

Il sensore di visione 25 presenta un proprio sistema di riferimento interno X' Y' e Z' avente origine O' disposta nel centro di riferimento CR ed asse Z' allineato lungo l'asse 41 (figura 3).

In particolare, sull'immagine bidimensionale rettangolare rilevata dalla telecamera 31 è possibile orientare gli assi X', Y' complanari al piano dell'immagine ed aventi origine O' disposta al centro CI dell'immagine stessa (figure 4a-4c). L'asse Z' non è pertanto rilevabile direttamente su tale immagine ma la sua posizione è ricavata mediante l'ausilio della riga laser 50 come detto precedentemente.

Il dispositivo 1 (figura 1) comprende inoltre una unità centrale di elaborazione 52 (figura 1), convenientemente costituita da un micro-calcolatore VAX, la quale comunica con la macchina di misura 10 (da cui riceve la misura della posizione dell'elemento 12) ed il sensore di visione 25. In particolare, il sensore 25 è connesso ad un computer PC (ad esempio un PC 486) per l'elaborazione di immagine, il quale è collegato tramite una rete DECNET 53 all'unità 52 per l'invio dell'informazione tridimensionale rivelata all'interno dello spazio di misurabilità 47.

Sono anche presenti un terminale video 54 connesso all'unità 52 per l'interfacciamento alla macchina di

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

misura, ed un terminale video 54a (monitor) connesso al PC per la visualizzazione dell'immagine e l'impostazione di alcuni parametri caratteristici del sensore.

Il dispositivo 1 necessita per il suo funzionamento di una pluralità di parametri di calibrazione detti parametri intrinseci e parametri estrinseci.

I parametri intrinseci descrivono il comportamento del sensore di visione 25 al suo interno e sono propri del sensore di visione 25 stesso.

La telecamera 31 fornisce infatti una immagine bidimensionale (figure 4a-4c) costituita da una matrice rettangolare di pixel (ad esempio 500x582 pixel). In tale immagine l'informazione relativa alla posizione dell'oggetto lungo l'asse Z' (cioè la sua distanza lungo Z') viene ricavata indirettamente misurando ed elaborando il valore di distanza D della riga laser 50 dal centro immagine CI come precedentemente detto.

Le dimensioni reali dell'oggetto (secondo X',Y') sono direttamente rilevabili esaminando corrispondenti dimensioni dell'immagine e convertendole tramite un opportuno fattore di scala.

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

Ad ogni pixel dell'immagine rilevata dalla telecamera corrisponde pertanto una effettiva dimensione (in millimetri) che è funzione della distanza dell'oggetto dalla telecamera 31, cioè, una dimensione reale dell'oggetto (secondo X' o Y') è legata alla dimensione rilevata sull'immagine attraverso un fattore di scala che è funzione della distanza lungo Z':

dimensione reale (in mm) = dimensione in pixel* f(Z')

dove f(Z') è definita appunto da un insieme di parametri intrinseci.

I parametri estrinseci mettono invece in relazione il sensore di visione 25 con il volume di misura della macchina di misura 10.

Il sensore di visione 25 genera infatti delle misure riferite al sistema di riferimento X'Y'Z' all'interno dello spazio di misurabilità 47; tali misure vengono riportate al sistema di riferimento X,Y,Z della macchina 10 mediante i parametri estrinseci.

In particolare, il dispositivo 1 utilizza:

- un primo insieme di parametri estrinseci dato dalla matrice di rotazione ROT-MAT che lega la terna X,Y,Z con la terna X',Y',Z';

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

- un secondo insieme di parametri estrinseci che descrive il vettore CT-CR detto vettore di OFFSET (dove CR è l'origine del sistema di riferimento X'Y'Z' e CT è il centro dell'elemento mobile 12 (figura 3).

Tali parametri estrinseci vengono calcolati per ogni orientamento possibile della testa di misura 15.

Con particolare riferimento alla figura 5, sono illustrate le relazioni esistenti tra i vari sistemi di riferimento al fine di chiarire le operazioni della macchina di misura 1 e l'utilizzo dei parametri intrinseci ed estrinseci per lo svolgimento della misura.

In particolare, nella figura 5 è illustrato la terna cartesiana X,Y,Z della macchina di misura 10 ed il sistema di riferimento X',Y',Z' del sensore di visione 25. Nella figura 5 è inoltre illustrato il vettore di OFFSET che si estende tra l'origine O' del sistema di riferimento X',Y',Z' ed il centro testa CT dell'elemento mobile 12. Il vettore che si estende tra l'origine O del sistema di riferimento X,Y,Z al centro testa CT è indicato con CTPOS. E' inoltre indicato il vettore V che si estende tra l'origine O del sistema di riferimento X,Y,Z e l'origine del sistema di riferimento X',Y',Z'.

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

Il sensore di visione 25 fornisce, per un generico punto P dello spazio, una misura espressa da un vettore m' riferito ed orientato rispetto alla terna cartesiana X',Y',Z'; tale vettore m' deve essere riportato al sistema di riferimento X,Y,Z.

A tale scopo la macchina di misura 1 converte (in modo noto) mediante la matrice di rotazione ROT-MAT il vettore m' rilevato dal sensore di visione 25 secondo una espressione m = ROT-MAT x(m') generando un vettore m orientato secondo il sistema di riferimento X,Y,Z.

Al vettore m deve inoltre essere sommato il vettore V per riportare la misura del punto P rispetto al sistema di riferimento X,Y,Z ed ottenere una misura M di P rispetto ad X,Y, Z, cioè M = m + V.

Il calcolo del vettore V viene svolto sommando al vettore CTPOS il vettore di OFFSET; in particolare il vettore CTPOS viene fornito dai trasduttori (non rappresentati) collocati sui tre assi della macchina 10 (il vettore CTPOS descrive la posizione del centro testa CT dell'elemento mobile 12 rispetto al sistema di riferimento X,Y,Z) mentre il vettore di OFFSET è, come detto precedentemente, uno dei parametri estrinseci.

Il calcolo dei parametri di calibrazione (parametri intrinseci e parametri estrinseci) è

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

effettuato in modo noto, ad esempio come detto nella domanda italiana di brevetto TO95A-000388, e non viene qui, per brevità, ripetuto.

Con particolare riferimento alla figura 6 è illustrato il diagramma logico a blocchi delle operazioni svolte dal dispositivo di posizionamento della presente invenzione. Tale dispositivo di posizionamento è realizzato da circuiti elettronici integrati nell'unità centrale di elaborazione 52 e/o nel personal computer PC; resta comunque chiaro che il dispositivo di posizionamento potrebbe comprendere una serie di circuiti elettronici separati e comunicanti con la macchina di misura 1.

Inizialmente si perviene ad un blocco 100 che provvede ad rilevare, mediante la telecamera 31, l'immagine Im di quanto disposto nello spazio di misurabilità 47. Tale immagine, come detto precedentemente, è formata da una matrice di punti P(x,y) ciascuno dei quali è definito da un numero intero associato alla luminosità del punto P(x,y) stesso. L'immagine Im viene memorizzata in modo temporaneo e viene inoltre presentata sul terminale video 54a in modo tale che un operatore può rilevare direttamente ciò che "vede" il sensore di visione 25.

Un esempio di immagine Im visibile sul terminale

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

video 54a è rappresentata nella figura 7; tale immagine Im, relativa alla misura di una lamina piana B (figura 1) sulla quale è presente un foro H, comprende appunto uno sfondo BK (che rappresenta l'immagine della lamina piana B) avente luminosità sostanzialmente costante ed una porzione circolare CIR (che rappresenta l'immagine del foro H) avente luminosità inferiore a quella dello sfondo BK.

Convenientemente, ma non esclusivamente, sull'immagine Im potrebbero essere rappresentate le tracce degli assi Y' e X' aventi origine O' disposta nel centro CI dell'immagine Im.

Gli assi Y' e X' sono ortogonali tra di loro e disposti sul piano definito dall'immagine bidimensionale Im rilevata.

Il blocco 100 è seguito da un blocco 110 che comanda la presentazione di un cursore P sull'immagine Im; convenientemente, ma non esclusivamente, il cursore P può essere rappresentato mediante una freccia.

Il cursore P può inoltre muoversi (mediante le normali operazioni implementate nei dispositivi elaboratori) mediante comando manuale (figura 1) impartito da un dispositivo di comando 55 (mouse) collegato con il personal computer PC. L'operatore (non illustrato) può pertanto posizionare manualmente il

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

cursore P in qualsiasi punto dell'immagine Im.

A tale scopo il blocco 110 è seguito da un blocco 120 che si dispone in attesa di un comando manuale (impartito mediante il mouse 55) per la movimentazione dal cursore P; al rilevamento di tale comando, il blocco 120 è seguito da un blocco 130 che trasforma il segnale elettrico generato dal mouse 55 in un segnale elaborato del personal computer PC che effettua lo spostamento richiesto del cursore sull'immagine Im.

Il blocco 130 è seguito da un blocco 140 che attende un ulteriore comando manuale indicante il raggiungimento di una posizione prefissata per il cursore P; tale comando può essere impartito, ad esempio, premendo uno dei due tasti TS associati al mouse 55. In assenza di tale ulteriore comando, il blocco 140 è seguito dal blocco 120 per rendere possibile l'ulteriore movimento del cursore P sull'immagine Im, ed al rilevamento di tale ulteriore comando, il blocco 140 è seguito da un blocco 150.

Resta chiaro che in parallelo alle operazioni illustrate con l'ausilio dei blocchi precedenti possono essere svolti altri processi e/o altre operazioni.

In altre parole, il blocco 150 viene selezionato quando viene raggiunta una posizione prefissata del cursore P; tale blocco 150 rileva le coordinate xp e yp

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

del cursore P rispetto al sistema di riferimento X', Y' e Z' dell'immagine Im. La coordinata xp è espressa come numero di punti (pixel) dell'immagine misurati tra il cursore P ed il centro immagine CI misurati parallelamente ad un lato minore dell'immagine Im (l'immagine Im è rettangolare) e la coordinata yp è espressa come numero di punti (pixel) dell'immagine misurati tra il cursore P ed il centro immagine CI misurati parallelamente ad un lato maggiore dell'immagine rettangolare Im.

La posizione del cursore P indica un punto di interesse P(xp, yp) dell'immagine bidimensionale Im a cui corrisponde un punto fisico Pf (figura 1) dell'oggetto disposto nello spazio tridimensionale di misurabilità 47. Nell'esempio illustrato con l'ausilio delle figure 1 e 7, il punto fisico Pf corrisponde al centro del foro H.

Il blocco 150 è seguito da un blocco 160 che rileva la distanza dp (misurata in pixel sull'immagine Im) tra l'immagine della linea laser 50 ed il centro immagine CI.

Il blocco 160 è seguito da un blocco 170 che converte la distanza in pixel dp precedentemente misurata sull'immagine (bidimensionale) Im in una distanza dm in millimetri riferita al sistema di

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

riferimento X', Y' e Z' del sensore di visione 25. La grandezza dm rappresenta la distanza, misurata lungo l'asse Z', esistente tra la riga laser 50 e l'origine O'.

Come detto precedentemente, la conversione è svolta (in modo noto) mediante l'ausilio dei parametri intrinseci sopra citati e, per tale motivo, le operazioni di conversione non verranno ulteriormente dettagliate.

Il blocco 170 è seguito da un blocco 180 che assegna la distanza dm precedentemente calcolata al punto fisico Pf, cioè la distanza lungo Z' del punto fisico Pf individuato sull'immagine Im dal cursore P viene approssimata con la distanza misurata lungo Z' della linea laser 50, cioè viene svolta l'operazione:

pz = dm

dove pz rappresenta la distanza lungo Z' del punto fisico Pf.

L'approssimazione sopra detta è sicuramente accettabile quando il punto fisico Pf e la linea laser 50 sono sostanzialmente complanari ad uno stesso piano (non illustrato) perpendicolare all'asse ottico 41 (si veda la figura 3).

Il blocco 180 è seguito da un blocco 190 che richiama le coordinate xp e yp precedentemente rilevate

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

nel blocco 150. Tali coordinate xp e yp (misurate in pixel sull'immagine Im) vengono convertite (blocco 200 successivo al blocco 190) in rispettive distanze xm, ym in millimetri riferite al sistema di riferimento X', Y' e Z' del sensore di visione 25. Anche in questo caso, la conversione è svolta (in modo noto) mediante l'ausilio dei parametri intrinseci sopra citati e, per tale motivo, le operazioni di conversione non verranno ulteriormente dettagliate.

Il blocco 200 genera pertanto, in uscita, una coppia di coordinate xm, ym che rappresentano la posizione lungo X' e Y' del punto fisico Pf corrispondente al punto di interesse selezionato con il puntatore P.

Il blocco 200 è seguito da un blocco 210 che converte le coordinate xm, ym e dm precedentemente calcolate e definenti le coordinate del punto fisico Pf rispetto al sistema di riferimento cartesiano X', Y' e Z' del sensore di visione 25 nel sistema di riferimento X, Y, Z della macchina 10; vengono così generate le coordinate Xm, Ym e Dm che descrivono la posizione dl punto fisico Pf rispetto agli assi X, Y e Z della macchina 10.

Il blocco 210 è seguito da un blocco 220 che provvede a spostare la testa di misura 15 in modo tale che

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

l'origine O' del sistema di riferimento X', Y' e Z' sia disposta nella posizione individuata dalle coordinate Xm, Ym e Dm.

Le coordinate del punto fisico Pf rispetto a X, Y e Z sono infatti note in base alle operazioni sopra descritte e le coordinate di O' rispetto a X, Y e Z sono altresì sempre note dalla machina 10 che conosce il valore e l'orientazione del vettore V che si estende tra l'origine O del sistema di riferimento X, Y, Z e l'origine del sistema di riferimento X', Y', Z' (si veda la figura 5).

In questo modo, la testa di misura 15 viene mossa automaticamente ed è disposta in una posizione dello spazio tridimensionale per cui l'origine O' del secondo sistema di riferimento X', Y' e Z' è disposta in un punto dello spazio tridimensionale (punto fisico Pf) che sulla immagine bidimensionale Im corrisponde al punto di interesse selezionato. Pertanto, il centro immagine CI (che corrisponde, appunto, all'origine O' o al punto CR come visibile sull'immagine Im) viene fatto corrispondere al punto di interesse precedentemente individuato dal puntatore P (figura 8).

Il blocco 220 è seguito da un blocco 230 che attende un comando manuale di fine ciclo, al ricevimento di tale comando si esce dalla procedura

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

sopra descritta, altrimenti, dal blocco 230 si ritorna al blocco 100 per la presentazione dell'immagine Im rilevata dal sensore di visione 25 sul video. La nuova immagine rappresentata, in seguito allo spostamento della testa di misura 15 operata dal blocco 220, comprenderà il puntatore P indicante il punto di interesse disposto in corrispondenza del centro immagine CI. In altre parole, il centro immagine CI è ora stato "spostato" dalla posizione precedente alla posizione indicata dal puntatore P.

Al termine del posizionamento automatico sopra descritto la linea laser 50 si dispone nel centro dell'immagine indicando il corretto posizionamento l'ungo l'asse Z'.

In uso, un operatore, dopo aver attivato la macchina di misura 1 ed alimentato l'unità centrale di elaborazione 52 ed il personal computer PC, osserva sul video l'immagine rilevata dalla telecamera 31. L'operatore seleziona pertanto con il puntatore P il punto di interesse dell'immagine Im attorno alla quale deve essere centrata l'immagine e dopo aver spostato il cursore su tale punto di interesse invia un segnale di conferma mediante azionamento del tasto del mouse 55. In seguito vengono attivate in modo automatico le operazioni illustrate con l'ausilio dei blocchi 150-220

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

e la testa di misura vene automaticamente spostata in modo tale che la nuova immagine rilevata (cioè quella rilevata dopo lo spostamento della testa di misura) presenta centro immagine disposto in corrispondenza del punto precedentemente selezionato dal puntatore.

Viene così utilizzata l'immagine dell'oggetto presentata sul monitor congiuntamente al puntatore P per comandare uno spostamento voluto della testa di misura e disporre la testa di misura 15 in una posizione prefissata rispetto all'oggetto.

Risulta infine chiaro che modifiche e varianti possono essere apportate al dispositivo ed al metodo descritto senza peraltro uscire dall'ambito di tutela della presente invenzione.

Ad esempio, il dispositivo illustrato in figura 9 utilizza un sensore di visione 25a utilizzante due fasci laser. Analogamente a quanto illustrato nella figura 3, il sensore di visione 25a comprende un involucro esterno 28 atto ad essere agganciato al dispositivo di aggancio 22 ed alloggiante una telecamera 31 (illustrata schematicamente) ed una prima sorgente 33a di un fascio laser 35a.

La telecamera 31 è atta a riprendere uno spazio tridimensionale 38 rappresentato in figura 9 mediante un angolo solido di forma piramidale avente vertice

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

disposto in corrispondenza dell'obbiettivo (non rappresentato) della telecamera 31. L'angolo solido 38 presenta un proprio asse ottico 41 (indicato mediante il tratteggio con il tratto e punto) ed è limitato da quattro piani P1,P2,P3,P4 che si intersecano tra di loro definendo quattro spigoli K,L,M,N (indicati con rette) dell'angolo solido 38 stesso.

Il fascio laser 35a presenta un proprio asse di simmetria 44a (indicato con il tratteggio tratto e punto) che interseca lo spazio tridimensionale 38.

Il sensore di visione 25 comprende inoltre una seconda sorgente 33b di un fascio laser 35b presentante un proprio asse di simmetria 44b (indicato con il tratteggio tratto e punto) che interseca lo spazio tridimensionale 38.

Il punto di incontro comune tra gli assi 44a, 44b e 41 è indicato con CR (centro di riferimento) ed il sensore di visione 25a presenta un proprio sistema di riferimento interno X' Y' e Z' avente origine O' disposta nel centro di riferimento CR ed asse Z' allineato lungo l'asse 41.

L'intersezione tra il fascio laser 35 e l'angolo solido 38 definisce uno spazio di misurabilità 47 avente forma di tronco di piramide limitato lateralmente da porzioni dei piani P1,P2,P3,P4 e da

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

piani rettangolari di base minore P5 e maggiore P6 perpendicolari all'asse 41.

In particolare, il piano P5 presenta un proprio bordo rettilineo KN dato dell'intersezione del fascio 35a sul piano P1 ed il piano P6 e presenta un proprio bordo rettilineo LM dato dell'intersezione del fascio 35a sul piano P3.

Analogamente, il piano P5 presenta un proprio bordo rettilineo KL dato dell'intersezione del fascio 35b sul piano P2 ed il piano P6 presenta un proprio bordo rettilineo NM dato dell'intersezione del fascio 35a sul piano P4.

Nelle figure 10a, 10b, 10c e 10d sono illustrate immagini atte a chiarire il principio di funzionamento del sensore di visione 25a.

Nella figura 10a è illustrata una immagine rilevata dalla telecamera 31 e relativa ad un oggetto piano (ad esempio una lamina metallica, non illustrata) disposto complanare ad un piano perpendicolare all'asse 41 e passante per il centro di riferimento; in tale immagine è visibile una prima riga laser 50a data dall'intersezione del fascio 35a sull'oggetto ed una seconda riga laser 50b data dall'intersezione del fascio 35b sull'oggetto stesso; le righe laser 50a e 50b sono inoltre perpendicolari tra di loro e si

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

incontrano nel centro CI dell'immagine corrispondente al centro di riferimento CR.

In particolare, sull'immagine bidimensionale rettangolare rilevata dalla telecamera 31 è possibile orientare gli assi X', Y' complanari al piano dell'immagine ed aventi origine O' disposta al centro CI dell'immagine stessa (figure 10a).

Analogamente a quanto detto precedentemente, lo spostamento dell'oggetto nello spazio di misurabilità 47 perpendicolarmente all'asse 41 produce lo spostamento delle righe laser 50a, 50b all'interno dell'immagine rilevata; tali spostamenti rispetto ad un rispettivo punto fisso di riferimento dell'immagine, ad esempio la distanza Da, Db esistente tra la riga laser 50a, 50b ed il centro dell'immagine CI, è legato alla posizione dell'oggetto lungo l'asse 41 e quindi alla distanza dell'oggetto stesso dalla telecamera 31.

Nell'esempio di realizzazione illustrato nella figura 10a, la immagine è di forma rettangolare ed il centro immagine CI coincide con il punto di incontro delle bisettrici degli angoli interni del perimetro rettangolare dell'immagine, mentre la distanza Da è misurata parallelamente ad un lato maggiore di tale immagine rettangolare e la distanza Db è misurata parallelamente ad un lato minore di tale immagine

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

rettangolare.

L'asse Z' non è rilevabile direttamente su tale immagine ma la sua posizione è ricavata mediante l'ausilio della riga laser 50a, 50b come detto precedentemente.

La rotazione dell'oggetto piano intorno ad un asse parallelo ai bordi KN, LM non modifica l'inclinazione della linea laser 50a che continua ad essere perpendicolare ai lati maggiori dell'immagine (figura 10b) ma modifica l'inclinazione della linea laser 50b che si inclina rispetto alla linea laser 50a.

Analogamente, la rotazione dell'oggetto piano intorno ad un asse parallelo ai bordi KL, NM non modifica l'inclinazione della linea laser 50b che continua ad essere perpendicolare ai lati minori dell'immagine (figura 10c) ma modifica l'inclinazione della linea laser 50a che si inclina rispetto alla linea laser 50b.

La rotazione combinata dell'oggetto piano intorno ad un asse parallelo ai bordi KN, LM ed intorno ad un asse parallelo ai bordi KL, NM produce una inclinazione delle due linee laser 50a e 50b che formano rispettivi angoli α, β rispetto agli assi X' e Y'.

Le operazioni del dispositivo di posizionamento della variante di figura 9 sono analoghe a quelle

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

illustrate con riferimento alla figura 6 relativamente ai blocchi 100-150 e 190, 200, 210 e 220; la principale differenza è data dal calcolo della distanza dm (blocchi 160, 170, 180) che nell'esempio di realizzazione precedentemente descritto (figura 6) veniva calcolata in base ad una unica linea laser (linea laser 50).

Al fine del calcolo di tale distanza dm vengono utilizzate entrambe le linee laser 50a, 50b svolgendo le seguenti operazioni (figura 10d):

- viene misurata sulla immagine Im la distanza dp1, misurata in pixel, tra un punto L1 che giace sulla prima linea laser 50a ed il centro immagine CI; tale punto L1 presenta coordinata lungo X' pari alla coordinata xp lungo X' del cursore P - viene cioè misurata la distanza dp1 tra l'asse X' ed il punto L1;

- la distanza dp1 viene rapportata al sistema di riferimento X', Y', Z' mediante i parametri intrinseci e trasformata in una distanza millimetri; viene così calcolata una prima quota Z1;

- viene calcolato un primo asse ausiliario X'' passante per il punto L1 e parallelo all'asse X';

- viene calcolato il punto di intersezione L20 tra il primo asse ausiliario X'' e la seconda linea laser 50b;

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

- viene calcolato un secondo asse ausiliario Y'' passante per il punto L20 e parallelo all'asse Y';

- viene misurata sulla immagine Im la distanza dp2, misurata in pixel, tra un punto L2 che giace sulla seconda linea laser 50b e l'asse Y''; tale punto L2 presenta coordinata lungo Y' (o Y'') pari alla coordinata yp lungo Y' del cursore P;

- la distanza dp2 viene rapporta al sistema di riferimento X', Y', Z' mediante i parametri intrinseci e trasformata in una distanza millimetri; viene così calcolata una seconda quota Z2; e

- la seconda quota Z2 viene sommata alla prima quota ottenendo la distanza dm, cioè:

dm = Z1 + Z2.

Il calcolo della distanza dm sopra svolto è più preciso di quello descritto nella figura 6 in quanto viene presa in considerazione anche l'inclinazione dell'oggetto rispetto all'asse 41. Resta comunque chiaro che per alcune situazioni operative l'approssimazione svolta dal blocco 180 può essere sufficiente.

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

R I V E N D I C A Z I O N I

1.- Dispositivo per il posizionamento di una testa di misura in una macchina di misura tridimensionale senza contatto in cui la detta testa di misura (15) della detta macchina di misura (1,10) è mobile in uno spazio tridimensionale di misura (T); la macchina di misura (10) essendo provvista di mezzi atti a rilevare la posizione della testa di misura (15) rispetto ad un primo sistema di riferimento X, Y, Z proprio della macchina di misura (1,10) e definito da una prima terna cartesiana formata da assi X, Y e Z coordinati ortogonali;

detta macchina di misura (1,10) comprendendo inoltre almeno un sensore di visione (25) portato dalla testa di misura (15) e provvisto di almeno una telecamera (31) e mezzi di generazione (33) di almeno un fascio laser (35);

detta telecamera (31) rilevando una immagine bidimensionale (Im) dello spazio tridimensionale (T); detta immagine bidimensionale (Im) comprendendo almeno un punto di riferimento (CI) corrispondente all'origine di un secondo sistema di riferimento X' Y' Z' proprio del sensore di visione (25) e disposto con primi e secondi assi coordinati X',Y' ortogonali tra di loro e

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

disposti sul piano definito dall'immagine bidimesionale (Im),

caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi di elaborazione e controllo (52, PC) comprendenti:

- mezzi visualizzatori (100) cooperanti con mezzi di visione (54a) per presentare ad un operatore la detta immagine bidimensionale (Im) rilevata dalla detta telecamera (31);

- mezzi di presentazione (110) di mezzi puntatori (P) sulla detta immagine bidimensionale (Im);

- mezzi di controllo (55) azionabili dal detto operatore per muovere (120, 130) sulla detta immagine visualizzata (Im) i mezzi puntatori (P) e individuare zone dell'immagine visualizzata (Im);

- mezzi di selezione (140) di un punto di interesse (xp, yp) della detta immagine visualizzata (Im) individuato da detti mezzi puntatori (P);

- mezzi di controllo automatico (150-220) atti a muovere (220) automaticamente (150-210) detta testa di misura disponendola in una posizione dello spazio tridimensionale per cui l'origine (O') del detto secondo sistema di riferimento (X', Y' e Z') è disposta in un punto fisico dello spazio tridimensionale (Pf) che sulla detta immagine bidimensionale corrisponde al

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo n. 615/BM

detto punto di interesse (xp, yp) selezionato mediante detto puntatore (P).

2.- Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che i detti mezzi di controllo automatico (150-220) comprendono:

- mezzi di detezione (150, 160) atti a rilevare le coordinate (xp, yp, dp) del punto di interesse selezionato (140) sulla detta immagine bidimensionale (Im);

- mezzi di conversione (170,200) atti a convertire le coordinate (xp, yp, dp) rilevate sulla detta immagine bidimensionale (Im) in coordinate tridimensionali (xm, ym, zm) riferite al detto secondo sistema di riferimento;

- ulteriori mezzi di conversione (210) atti a convertire le dette coordinate tridimensionali (xm, ym, zm) riferite al detto secondo sistema di riferimento in coordinate tridimensionali riferite al detto primo sistema di riferimento (Xm, Ym, Dm) generando in uscita coordinate (Xm,Ym,Dm) definenti una posizione di riposizionamento;

- mezzi di comando (220) atti a spostare la detta testa di misura in modo tale che l'origine (O') del detto secondo sistema di riferimento X', Y' e Z' sia

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

disposta nella posizione individuata dalle coordinate (Xm, Ym e Dm) definenti detta posizione di riposizionamento.

3.- Dispositivo secondo la rivendicazione 2, in cui detto fascio laser incide su un oggetto in fase di misura disposto in detto spazio tridimensionale realizzando almeno una linea laser (50) sull'oggetto stesso, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di detezione (150, 160) comprendono:

- primi mezzi di detezione (160) atti a rilevare la posizione (dp) della detta linea laser (50) rispetto al detto punto di riferimento (CI) della detta immagine bidimensionale (Im); e

- detti mezzi di conversione (170,200) comprendendo primi mezzi di conversione (170) atti a convertire detta posizione (dp) rilevata della linea laser (50) in una distanza misurata lungo l'asse Z' del detto secondo sistema di riferimento X, Y', Z' ricavando una prima coordinata tridimensionale (zm) riferita al secondo sistema di riferimento.

4.- Dispositivo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi di assegnazione (180) atti ad attribuire detta prima coordinata tridimensionale (zm) rilevata mediante

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

l'ausilio di detta linea laser al detto punto fisico (Pf) dello spazio tridimensionale che sulla detta immagine bidimensionale corrisponde al punto di interesse (Pf) dell'immagine selezionato mediante detto puntatore (P).

5.- Dispositivo secondo la rivendicazione 3, in cui sono previsti ulteriori mezzi di generazione (33b) di un ulteriore fascio laser (35b);

detto fascio laser (35a) incidendo su un oggetto in fase di misura disposto in detto spazio tridimensionale realizzando una prima linea laser (50a) sull'oggetto stesso e detto ulteriore fascio laser (35b) incidendo sul detto oggetto realizzando una seconda linea laser (50b) sull'oggetto;

i detti mezzi di detezione (150, 160) essendo atti a rilevare la disposizione della detta prima linea laser (50a) e della detta seconda linea laser (50b) rispetto al detto punto di riferimento (CI) della detta immagine bidimensionale (Im) per rilevare una prima coordinata tridimensionale (zm) lungo l'asse Z' del detto punto fisico (Pf).

6.- Dispositivo secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che i detti mezzi di detezione svolgono le seguenti operazioni:

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

- misurare sulla detta immagine (Im) una prima distanza (dp1) tra un primo punto (L1) che giace sulla prima linea laser (50a) ed il detto punto di riferimento (CI); detto primo punto (L1) presentando coordinata lungo un primo asse (X') del secondo sistema di riferimento pari ad una prima coordinata (xp) lungo tale primo asse (X') del punto di interesse individuato dai mezzi puntatori (P);

- convertire la detta prima distanza (dp1) rilevata sulla detta immagine in una distanza riferita al secondo sistema di riferimento X', Y', Z' calcolando una prima quota (Z1);

- calcolare un primo asse ausiliario (X'') passante per il primo punto (L1) e parallelo al detto primo asse (X') del secondo sistema di riferimento;

- calcolare il punto di intersezione (L20) tra il primo asse ausiliario (X'') e la seconda linea laser (50b);

- calcolare un secondo asse ausiliario (Y'') passante per il punto di intersezione (L20) e parallelo ad un secondo asse (Y') del secondo sistema di riferimento X', Y', Z';

- misurare sulla immagine (Im) una seconda distanza (dp2) tra un secondo punto (L2) che giace sulla seconda linea laser (50b) ed il secondo asse

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

ausiliario (Y''); detto secondo punto (L2) presentando coordinata lungo un secondo asse (Y') del secondo sistema di riferimento pari ad una seconda coordinata (yp) lungo tale secondo asse (Y') del punto di interesse individuato dai mezzi puntatori (P);

- convertire la detta seconda distanza (dp2) rilevata sulla detta immagine in una distanza riferita al secondo sistema di riferimento (X', Y', Z') calcolando una seconda quota (Z2); e

- comporre la prima (Z1) e la seconda quota (Z2) ottenendo detta prima coordinata tridimensionale (zm) del detto punto fisico (Pf) lungo Z'.

7.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 2 a 6, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di detezione (150) comprendono inoltre:

- secondi mezzi di detezione (150) atti a rilevare le posizioni (xp, yp) del detto puntatore (P) rispetto al punto di riferimento della detta immagine bidimensionale (Im) e lungo due assi coordinati della immagine bidimensionale stessa (Im); e

- detti mezzi di conversione (170,200) comprendendo inoltre secondi mezzi di conversione (200) atti a convertire dette posizioni (xp, yp) rilevate in rispettive distanze, misurate lungo gli assi X' e Y'

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

del detto secondo sistema di riferimento ricavando una seconda ed una terza coordinata tridimensionale (xm, ym) riferite al detto secondo sistema di riferimento.

8.- Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la detta telecamera (31) è atta a riprendere detto spazio tridimensionale (38), in particolare uno spazio avente forma di angolo solido, presentante un proprio asse ottico (41);

detto almeno uno fascio laser (35) presentando un proprio asse di simmetria (44; 44a, 44b) intersecante detto spazio tridimensionale (38);

il punto di incontro tra il detto asse ottico (41) ed il detto almeno uno asse di simmetria (44) definendo l'origine della seconda terna cartesiana (X',Y',Z') del detto secondo sistema di riferimento;

l'origine della detta seconda terna cartesiana corrispondendo, sulla detta immagine bidimensionale (Im), al detto punto di riferimento (CI);

detta seconda terna cartesiana essendo formata da assi X',Y' e Z' coordinati ortogonali di cui l'asse Z' è orientato lungo detto asse ottico (41).

9.- Metodo per il posizionamento di una testa di misura in una macchina di misura tridimensionale senza

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

contatto in cui la detta testa di misura (15) della detta una macchina di misura (1,10) è mobile in uno spazio tridimensionale di misura (T); la macchina di misura (10) essendo provvista di mezzi atti a rilevare la posizione della testa di misura (15) rispetto ad un primo sistema di riferimento X, Y, Z proprio della macchina di misura (1,10) e definito da una prima terna cartesiana formata da assi X, Y e Z coordinati ortogonali;

detta macchina di misura (1,10) comprendendo inoltre almeno un sensore di visione (25) portato dalla testa di misura (15) e provvisto di almeno una telecamera (31) ed una sorgente (33) di un fascio laser (35);

detta telecamera (31) rilevando una immagine bidimensionale (Im) dello spazio tridimensionale (T); detta immagine bidimensionale (Im) comprendendo almeno un punto di riferimento (CI) corrispondente all'origine di un secondo sistema di riferimento X', Y' e Z' proprio del sensore di visione (25) e disposto con primi e secondi assi coordinati X',Y' ortogonali tra di loro e disposti sul piano definito dall'immagine bidimesionale (Im);

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo n. 615/BM)

caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

- visualizzare (100) su mezzi di visione (54a) la detta immagine bidimensionale (Im) rilevata dalla detta telecamera (31);

- presentare (110) sulla detta immagine visualizzata (Im) mezzi puntatori (P) mobili (120, 130) in seguito a comando manuale (55) sull'immagine stessa per individuare zone dell'immagine visualizzata (Im);

- selezionare (140) mediante detti mezzi puntatori (P) un punto di interesse (xp, yp) individuato sulla detta immagine visualizzata (Im);

- muovere (220) automaticamente (150-210) detta testa di misura in una posizione dello spazio tridimensionale per cui l'origine (O') del detto secondo sistema di riferimento X', Y' e Z' sia disposta in un punto (Pf) dello spazio tridimensionale che sulla detta immagine bidimensionale corrisponde al detto punto di interesse selezionato.

10.- Metodo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che la detta fase di muovere (220) automaticamente (150-210) detta testa di misura comprende le fasi di:

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

- rilevare (150) le coordinate (xp, yp, dp) del detto punto di interesse selezionato (140) sulla detta immagine bidimensionale (Im);

- convertire (170,190) dette coordinate (xp, yp, dp) rilevate sulla detta immagine bidimensionale (Im) in coordinate tridimensionali (xm, ym, zm) riferite al detto secondo sistema di riferimento;

- convertire (200) le dette coordinate tridimensionali (xm, ym, zm) riferite al secondo sistema di riferimento X', Y' e Z' in coordinate tridimensionali (Xm, Ym, Dm) riferite al detto primo sistema di riferimento X, Y, Z ricavando una posizione di riposizionamento;

- spostare (220) detta testa in modo tale che l'origine (O') del detto secondo sistema di riferimento X', Y' e Z' sia disposta nella posizione individuata dalle coordinate (Xm, Ym e Dm) definenti detta posizione di riposizionamento.

11.- Metodo secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che la detta fase di rilevare (150) le coordinate (xp, yp, dp) della detto punto di interesse selezionato (140) sulla detta immagine bidimensionale (Im) comprende le sotto fasi di:

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo n. 615/BM)

- fare incidere detto fascio laser su un oggetto in fase di misura disposto in detto spazio tridimensionale realizzando una linea laser (50) sull'oggetto stesso;

- rilevare (160) la posizione (dp) della detta linea laser (50) rispetto al detto punto di riferimento della detta immagine bidimensionale (Im); e

- convertire (170) la posizione (dp) rilevata della linea laser in una distanza misurata lungo l'asse Z' del detto secondo sistema di riferimento X', Y', Z' ricavando una prima coordinata tridimensionale (zm) riferita al secondo sistema di riferimento.

12.- Metodo secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre la fase di attribuire (180) detta prima coordinata tridimensionale (zm) rilevata mediante l'ausilio di detta linea laser al detto punto fisico (Pf) dello spazio tridimensionale che sulla detta immagine bidimensionale corrisponde al punto di interesse selezionato mediante detto puntatore (P).

13.- Metodo secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che la detta fase di rilevare (150) le coordinate (xp, yp, dp) della detto punto di

BONGIOVANNI Simone
Iscrizione Albo nr. 615/BM

interesse selezionato (140) sulla detta immagine bidimensionale (Im) comprende le sotto fasi di:

- generare (33a) un primo fascio laser (35a) e fare incidere detto primo fascio laser (35a) su un oggetto realizzando una prima riga laser (50a) visibile in detta immagine bidimensionale (Im);

- generare (33b) un secondo fascio laser (35b) e fare incidere detto secondo fascio laser (35a) sul detto oggetto realizzando una seconda riga laser (50a) visibile in detta immagine bidimesionale (Im);

- rilevare la disposizione della detta prima linea laser (50a) e della detta seconda linea laser (50b) rispetto al detto punto di riferimento (CI) della detta immagine bidimensionale (Im) per rilevare una prima coordinata tridimensionale (zm) lungo l'asse Z' del detto punto fisico (Pf).

14.- Metodo secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che detta fase di rilevare una prima coordinata tridimensionale (zm) comprende le dette sotto - fasi:

- misurare sulla detta immagine (Im) una prima distanza (dp1) tra un primo punto (L1) che giace sulla prima linea laser (50a) ed il detto punto di riferimento (CI); detto primo punto (L1) presentando

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 015/BM)

coordinata lungo un primo asse (X') del secondo sistema di riferimento X', Y', Z' pari ad una prima coordinata (xp) lungo tale primo asse (X') del punto di interesse individuato dai mezzi puntatori (P);

- convertire la detta prima distanza (dp1) rilevata sulla detta immagine in una distanza riferita al secondo sistema di riferimento X', Y', Z' calcolando una prima quota (Z1);

- calcolare un primo asse ausiliario (X'') passante per il primo punto (L1) e parallelo al detto primo asse (X') del secondo sistema di riferimento;

- calcolare il punto di intersezione (L20) tra il primo asse ausiliario (X'') e la seconda linea laser (50b);

- calcolare un secondo asse ausiliario (Y'') passante per il punto di intersezione (L20) e parallelo ad un secondo asse (Y') del secondo sistema di riferimento X', Y', Z';

- misurare sulla immagine (Im) una seconda distanza (dp2) tra un secondo punto (L2) che giace sulla seconda linea laser (50b) ed il secondo asse ausiliario (Y''); detto secondo punto (L2) presentando coordinata lungo un secondo asse (Y') del secondo sistema di riferimento pari ad una seconda coordinata (yp) lungo tale secondo asse (Y') del punto di

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

interesse individuato dai mezzi puntatori (P);

- convertire la detta seconda distanza (dp2) rilevata sulla detta immagine in una distanza riferita al secondo sistema di riferimento (X', Y', Z') calcolando una seconda quota (Z2); e

- comporre la prima (Z1) e la seconda quota (Z2) ottenendo detta prima coordinata tridimensionale (zm) del detto punto fisico (Pf) lungo l'asse Z'.

15.- Metodo secondo una delle rivendicazioni da 11 a 14, caratterizzato dal fatto che la detta fase di rilevare (150) le coordinate (xp, yp, dp) della detta zona di interesse selezionata (140) sulla detta immagine bidimensionale (Im) comprende le sotto fasi di:

- rilevare (150) le posizioni (xp, yp) del detto puntatore (P) rispetto al punto di riferimento (CI) della detta immagine bidimensionale (Im) lungo due assi coordinati della detta immagine bidimensionale stessa (Im); e

- convertire (200) dette posizioni (xp, yp) rilevate in rispettive una distanze, misurate lungo gli assi X' e Y' del detto secondo sistema di riferimento ricavando una seconda ed una terza coordinata

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo n. 615/BM)

tridimensionale (xm, ym) riferite nel detto secondo sistema di riferimento.

16.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 15, caratterizzato dal fatto che la detta telecamera (31) è atta a riprendere detto spazio tridimensionale (38), in particolare uno spazio avente forma di angolo solido, e presentante un proprio asse ottico (41);

detto fascio laser (35) presentando un proprio asse di simmetria (44) intersecante detto spazio tridimensionale 38;

il punto di incontro tra il detto asse ottico (41) ed il detto asse di simmetria (44) definendo l'origine della seconda terna cartesiana (X',Y',Z') appartenente al detto secondo sistema di riferimento del detto sensore di visione;

l'origine della detta seconda terna cartesiana corrispondendo, sulla detta immagine bidimensionale (Im), al detto punto di riferimento;

detta seconda terna cartesiana essendo formata da assi X',Y' e Z' coordinati ortogonali di cui un asse Z' è orientato lungo detto asse ottico (41).

17.- Dispositivo per il posizionamento di una testa di misura in una macchina di misura

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

tridimensionale senza contatto e metodo per il posizionamento di una testa di misura in una macchina di misura tridimensionale senza contatto sostanzialmente come descritti ed illustrati con riferimento ai disegni allegati.

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)



BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

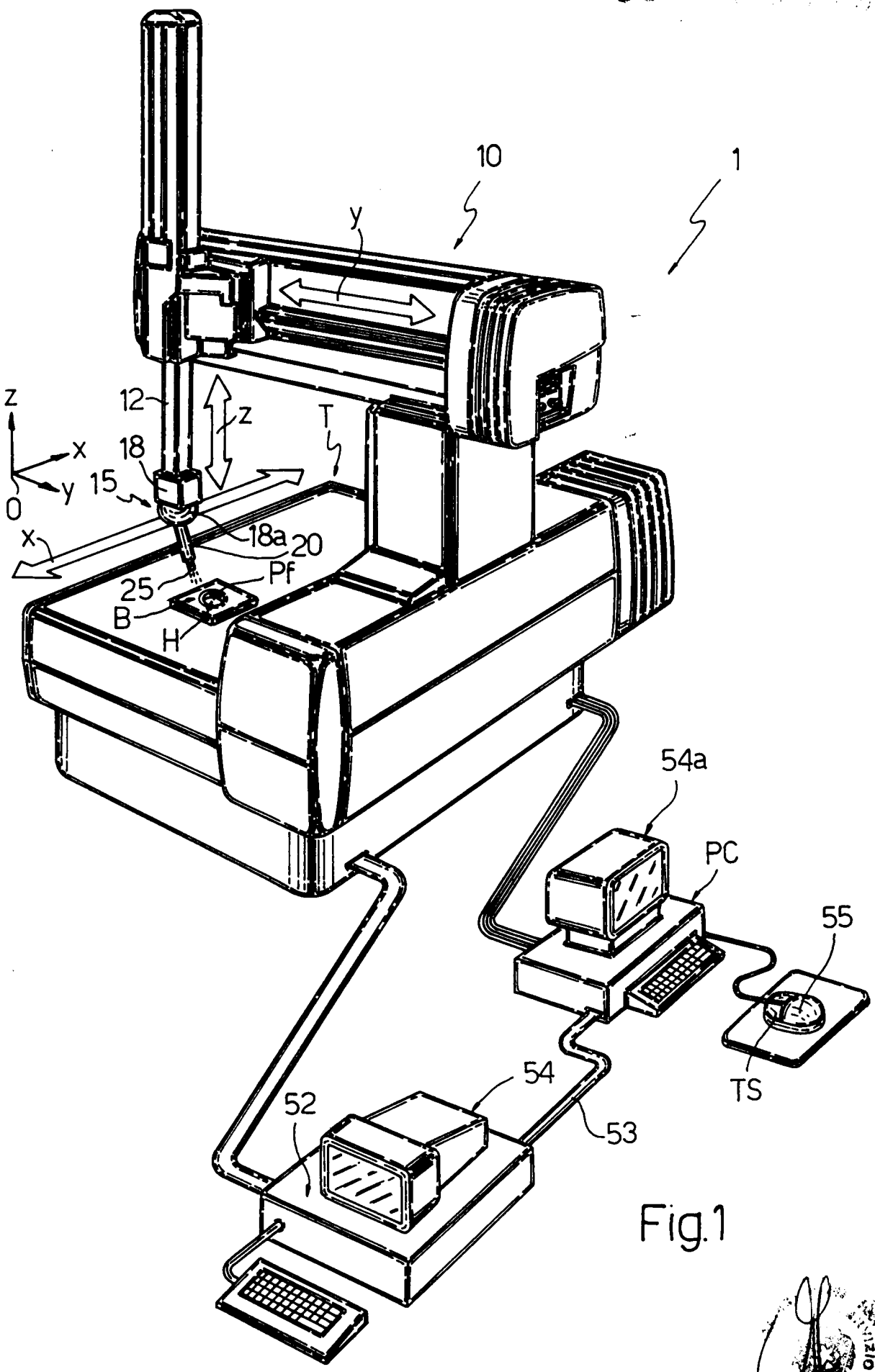


Fig.1

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr 615/BM)

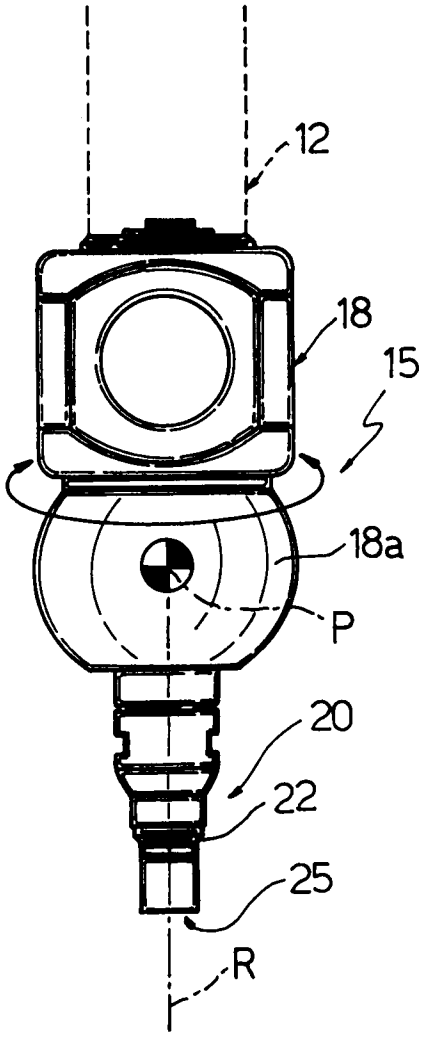


Fig. 2a

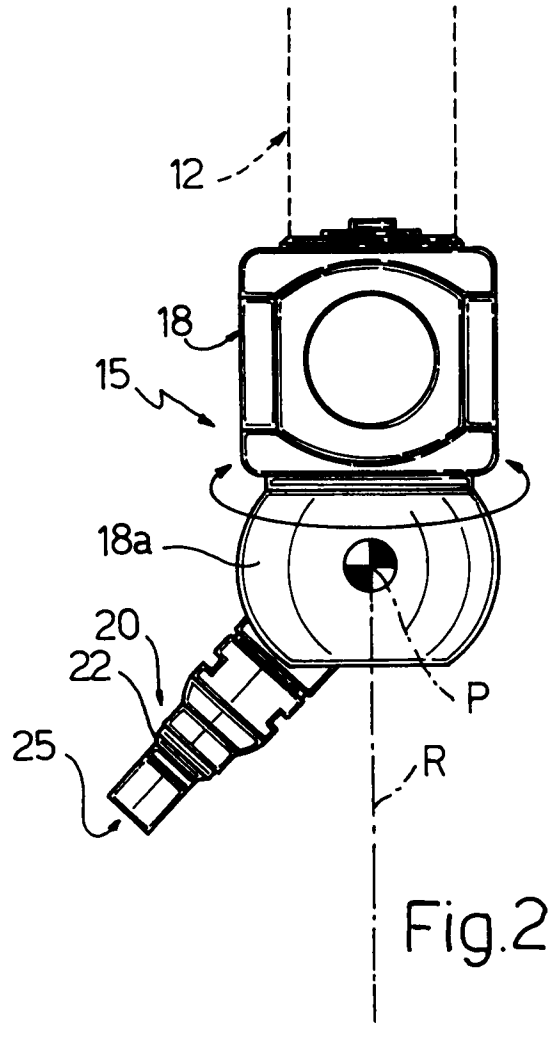


Fig. 2b

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

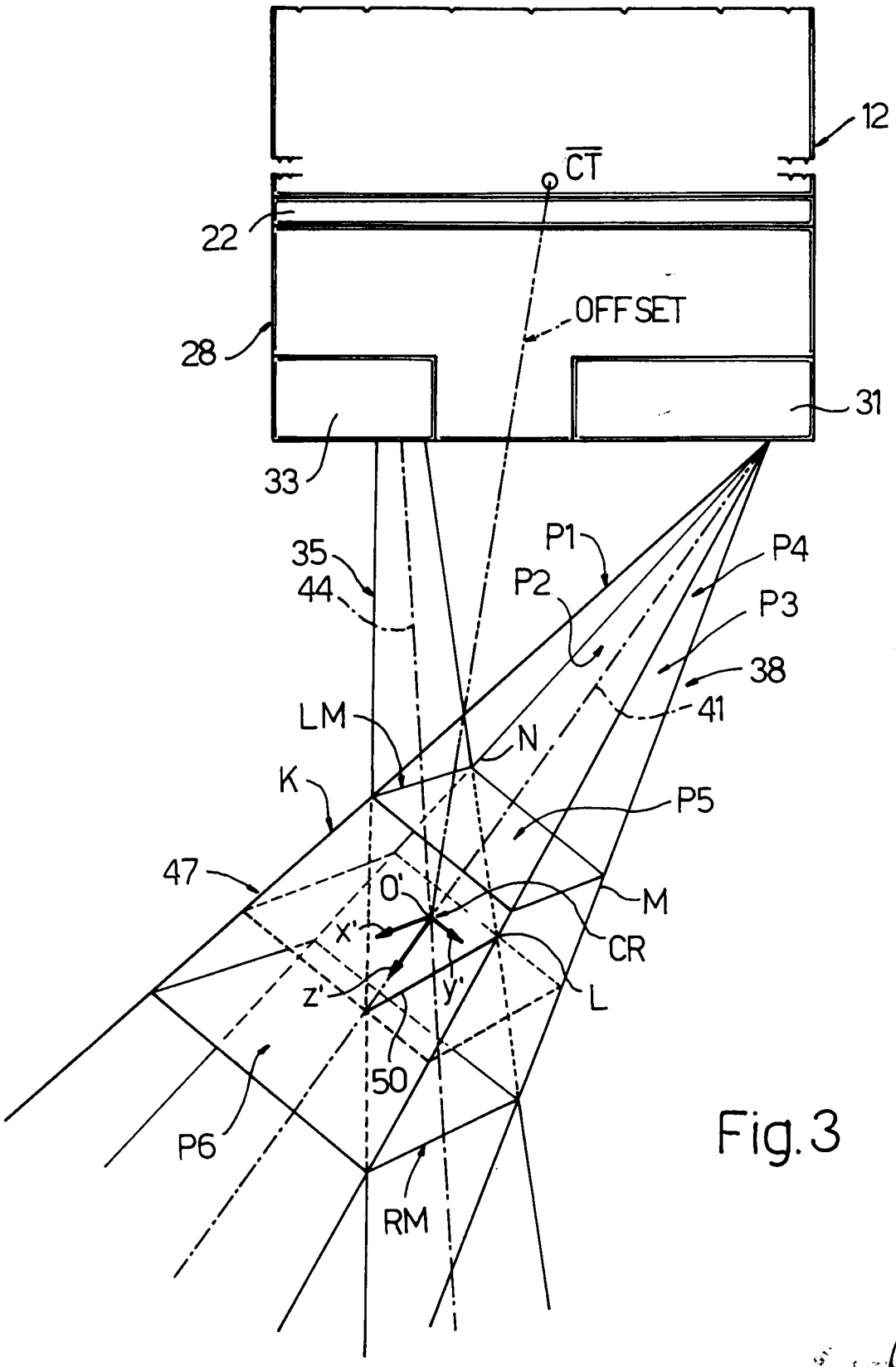


Fig.3

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA

BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo n. 674/BM)

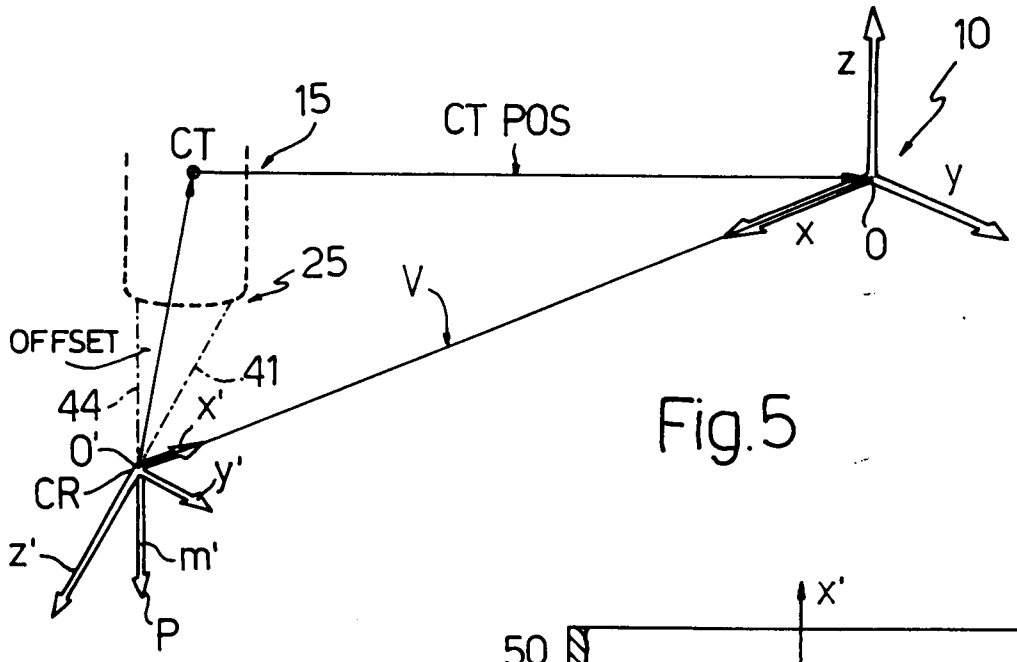


Fig.5

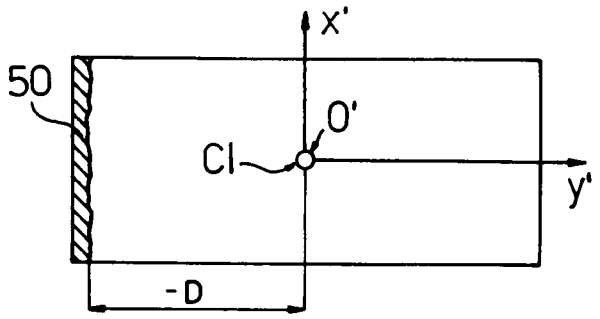


Fig.4a

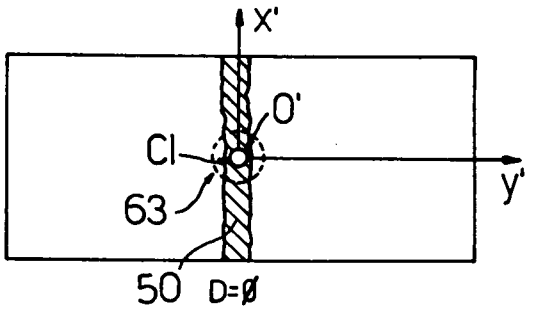


Fig.4b

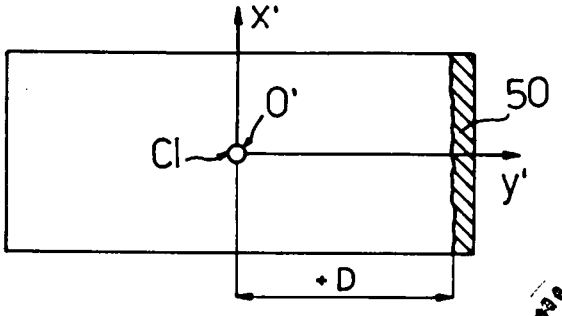


Fig.4c

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA
BONGIOVANNI Simone
(iscrizione ... 715/BM)

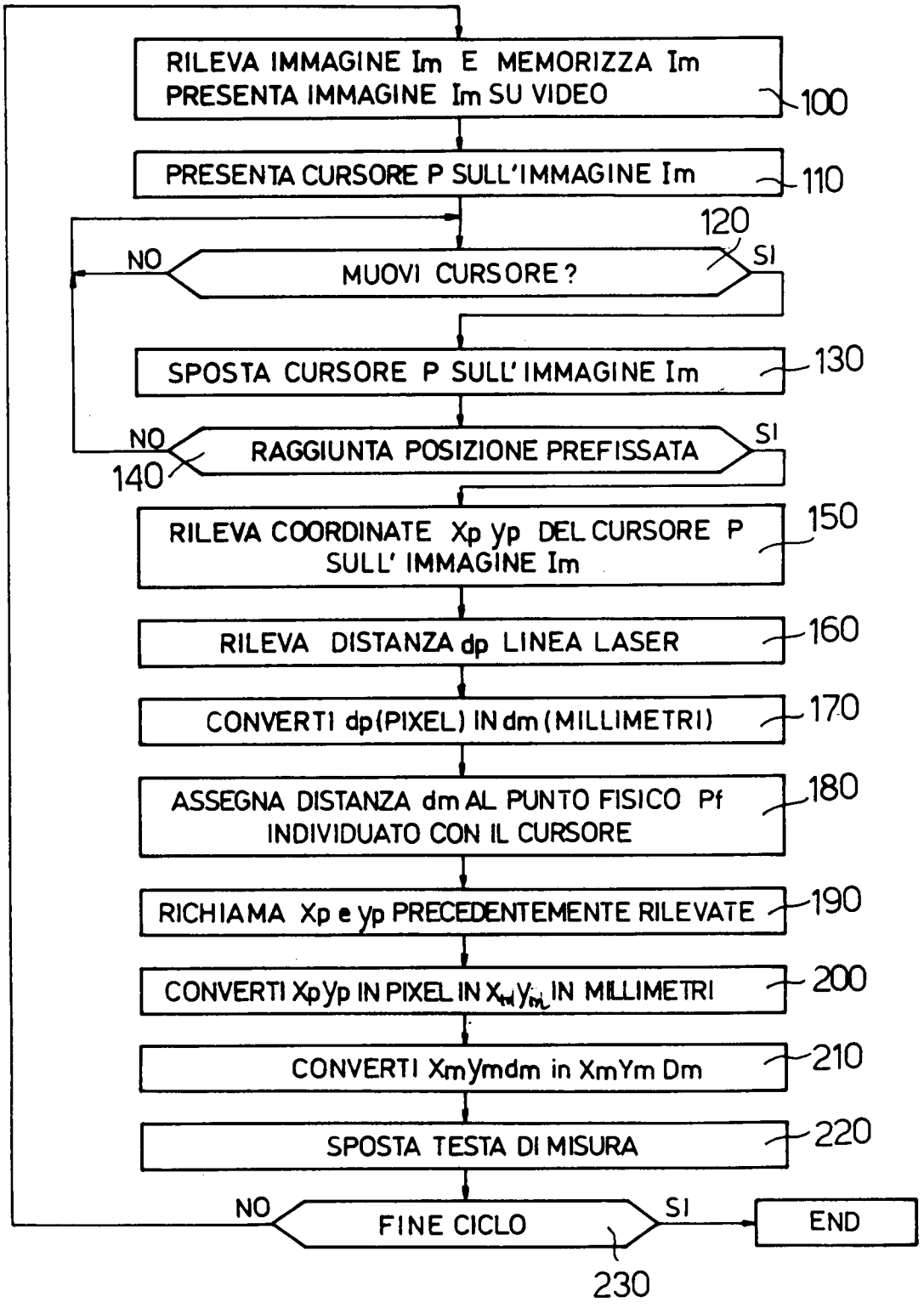


Fig.6

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA

BONGIOVANNI Simone

(iscrizione [illegible])

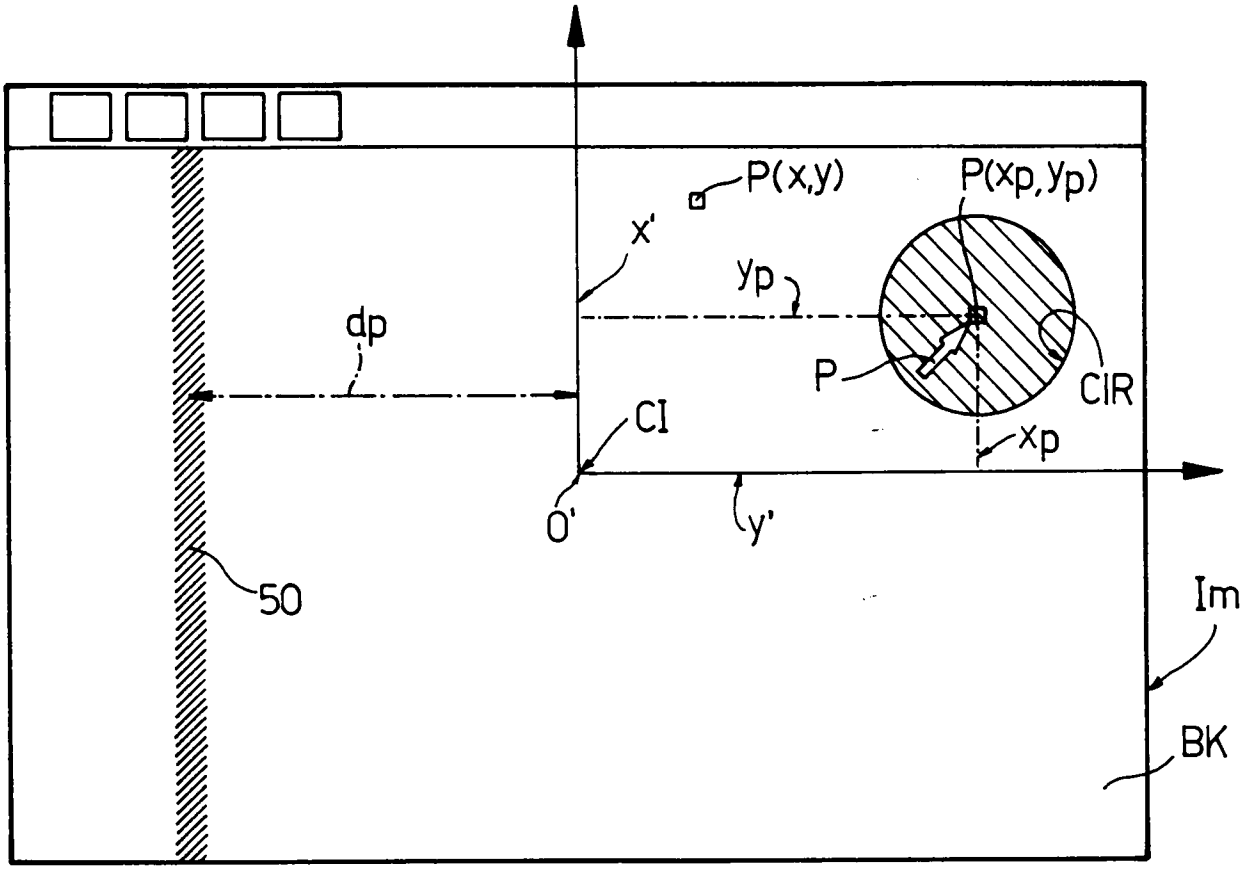
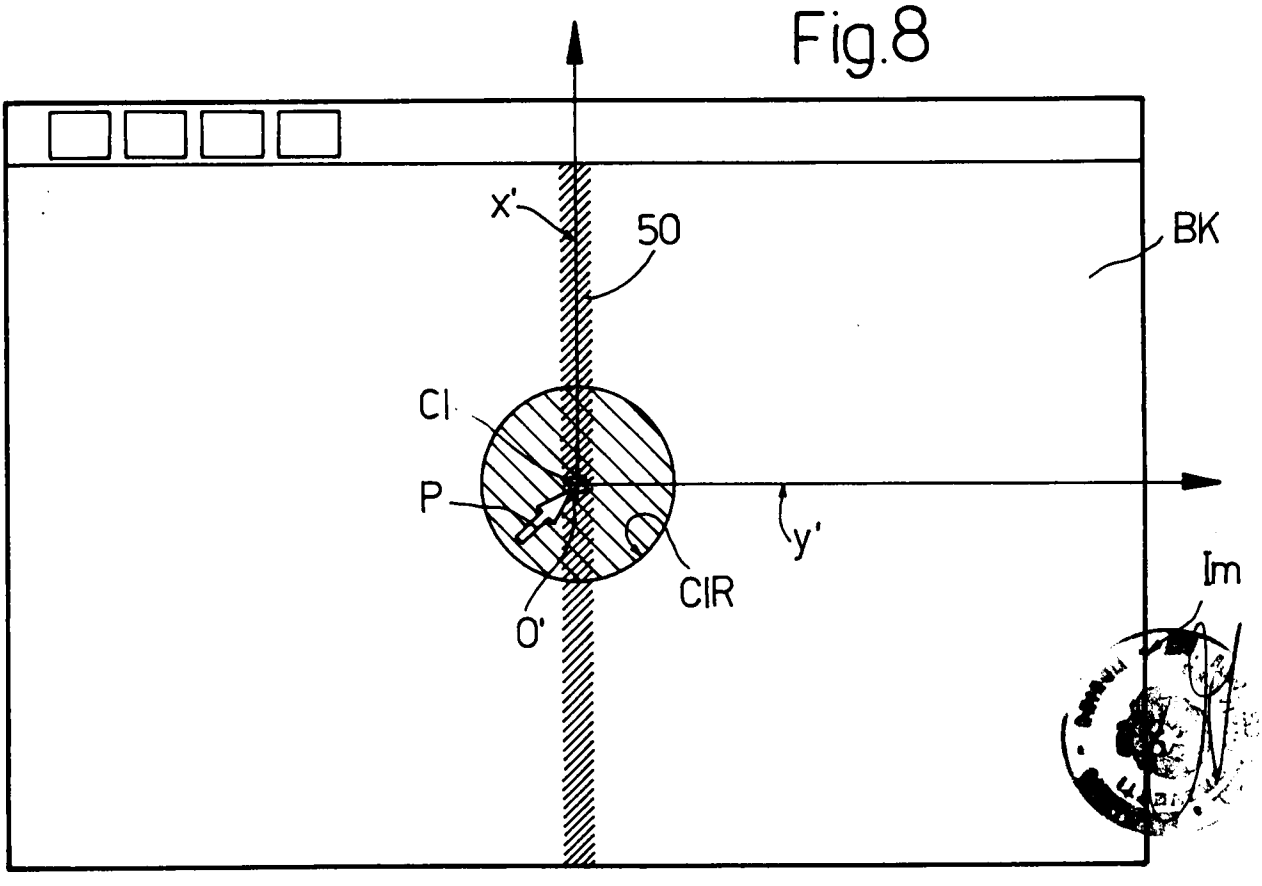


Fig.7

Fig.8



p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA

BONGIOVANNI Simone

(iscrizione Albo n. 515/BM)

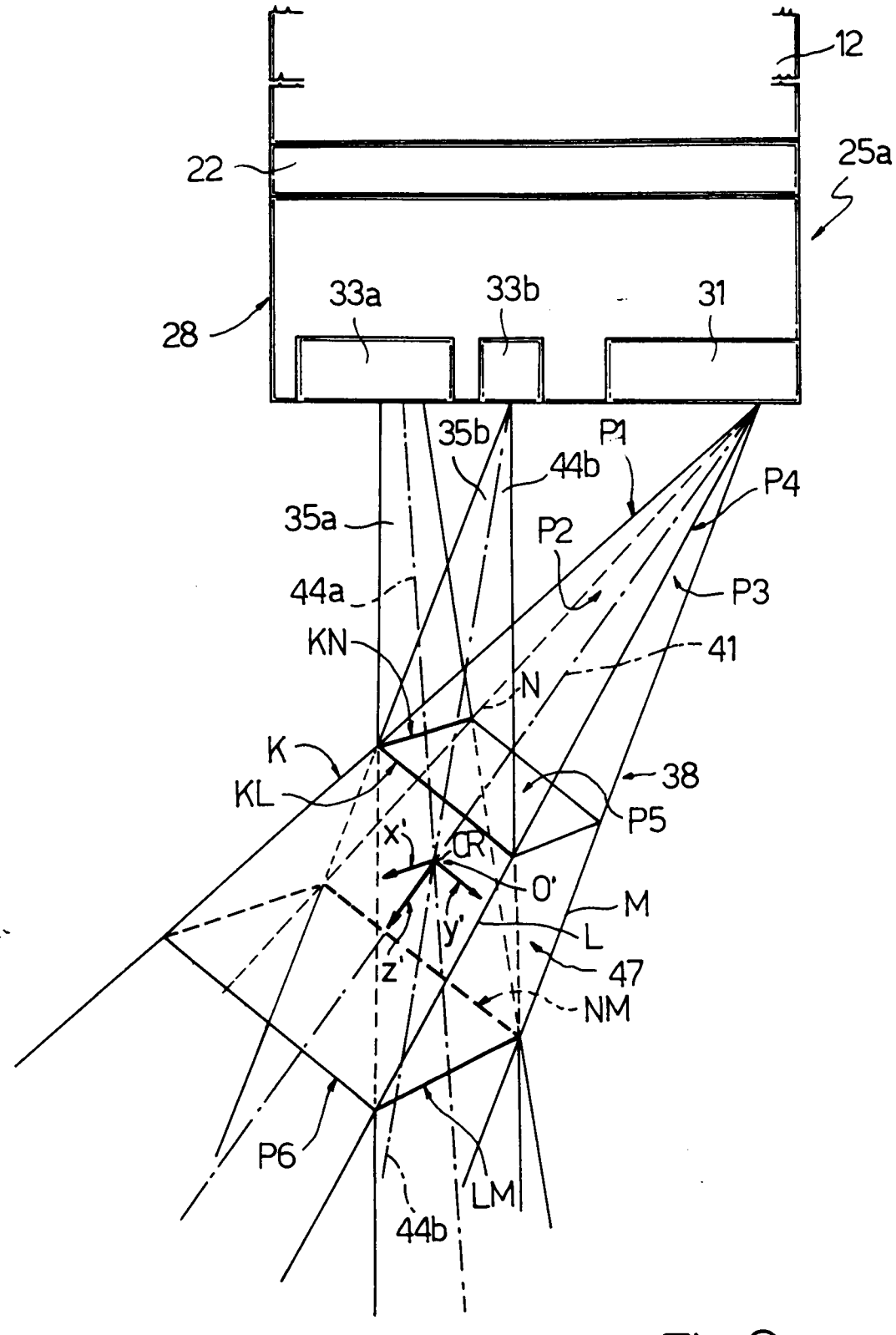


Fig.9

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA
BONGIOVANNI Simone
(iscrizione [illegible])

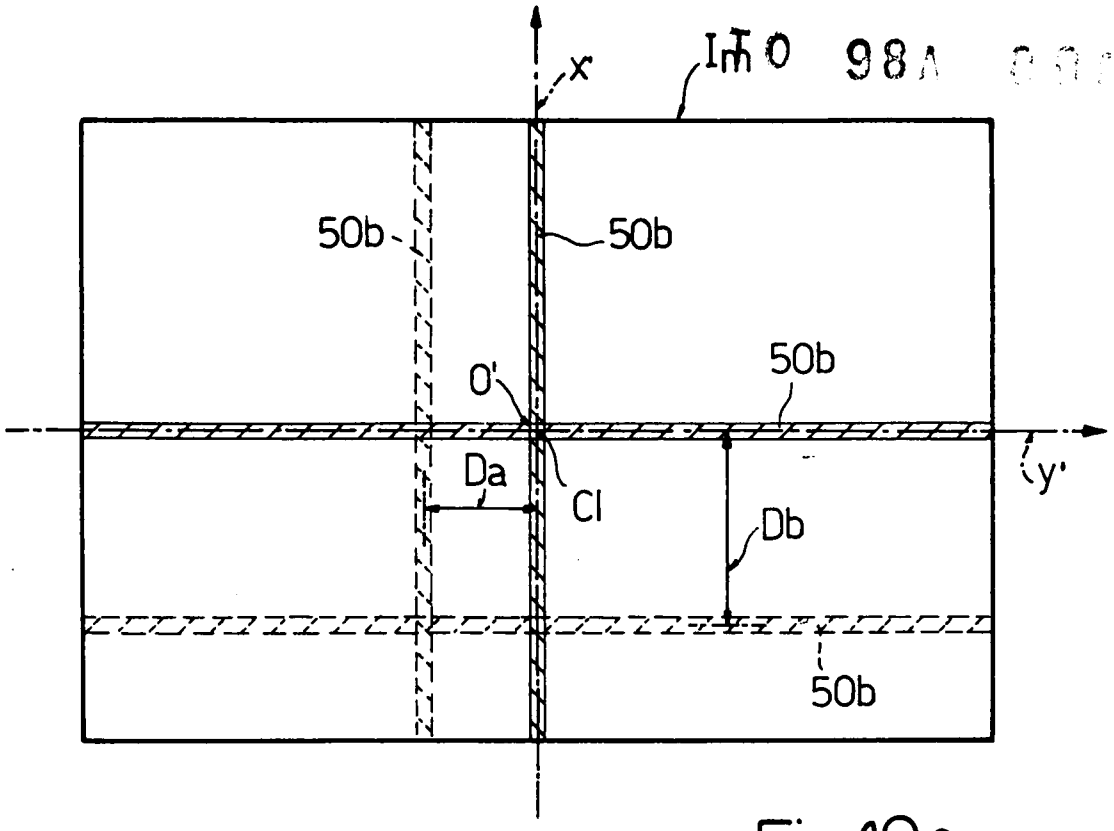


Fig.10a

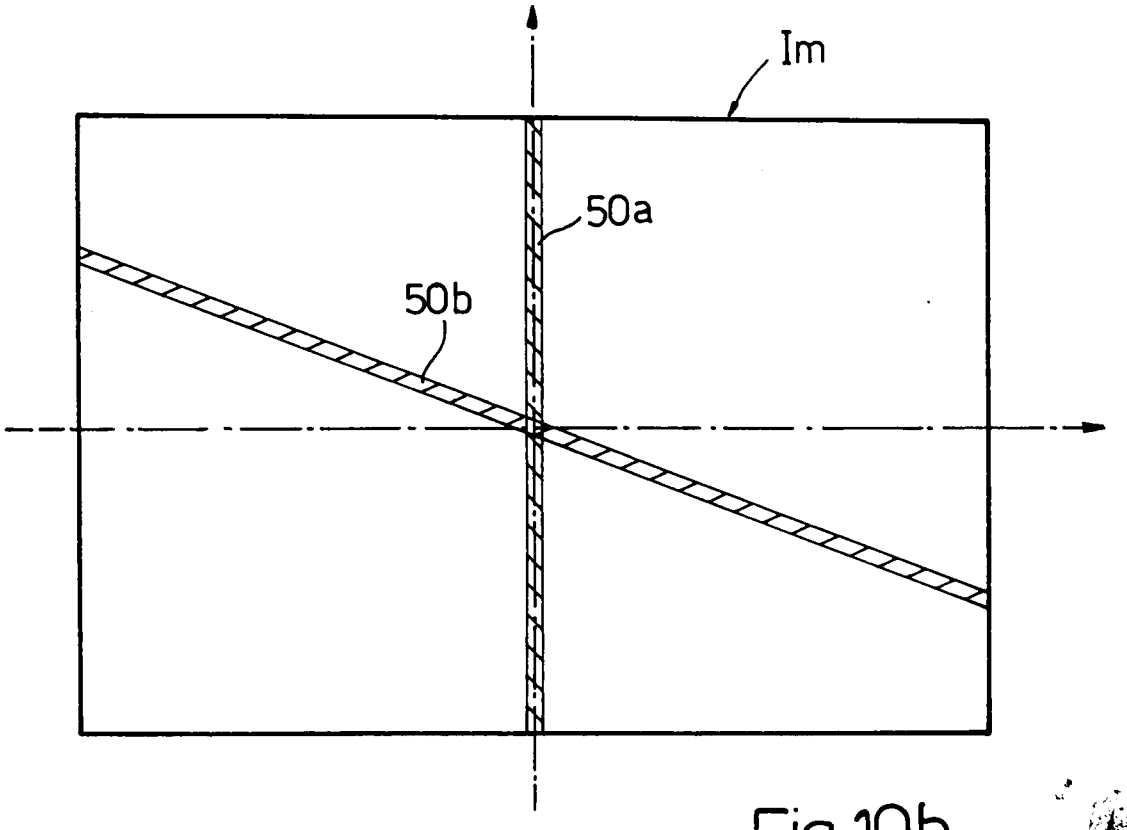


Fig.10b

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA
BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)

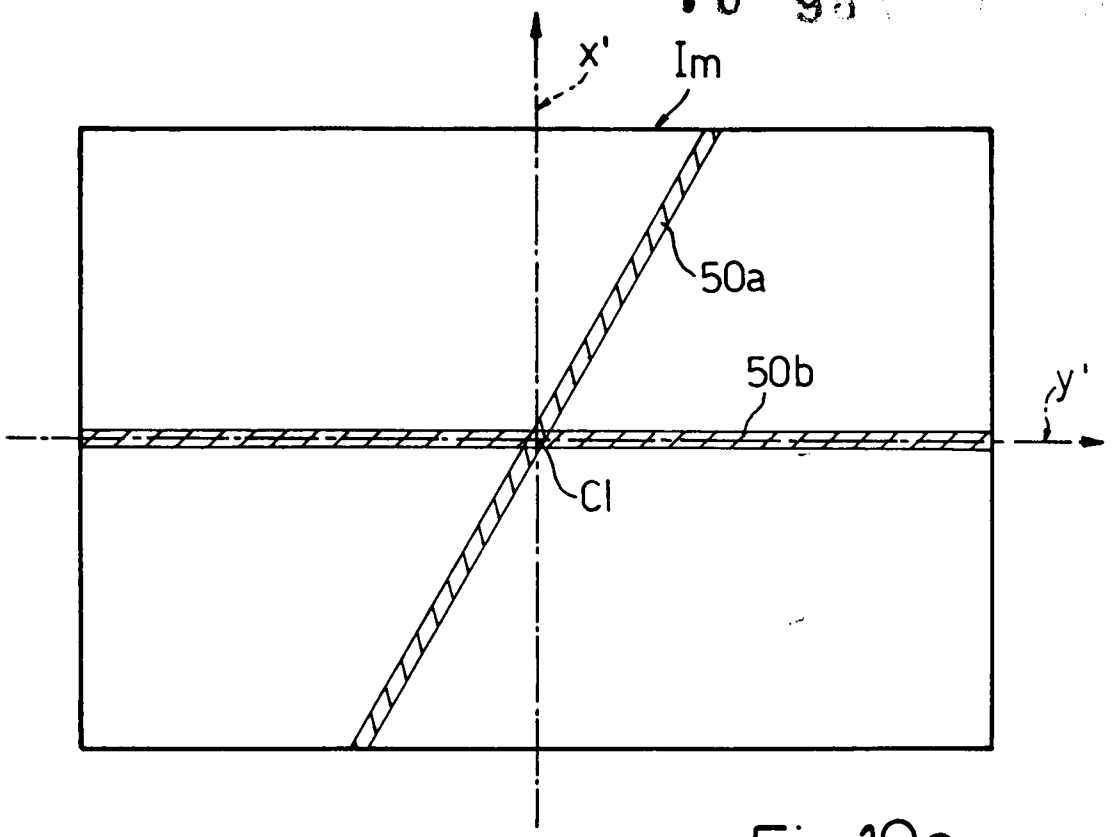


Fig.10c

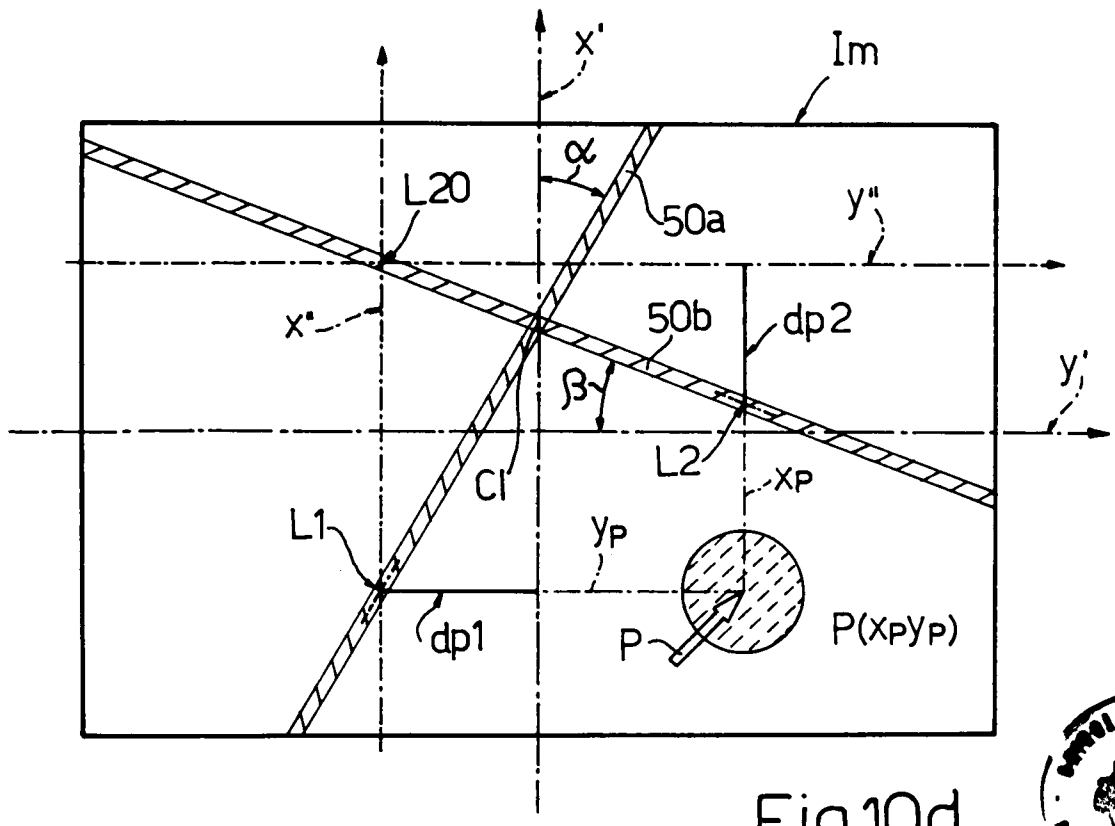


Fig.10d

p.i.: BROWN & SHARPE DEA SpA
BONGIOVANNI Simone
(iscrizione Albo nr. 615/BM)