

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902053386A1

Publication Date

20131124

Applicant

G.D S.P.A.

Title

METODO DI ISPEZIONE DI UN PRODOTTO IN UNA MACCHINA
IMPACCHETTATRICE.

DESCRIZIONE

dell'invenzione industriale dal titolo:

"Metodo di ispezione di un prodotto in una macchina impacchettatrice."

5 a nome di G.D S.p.A., di nazionalità italiana, con sede a 40133
BOLOGNA, Via Battindarno, 91.

Inventori designati: Luca CERATI, Alberto CASAGRANDE, Eleonora
CESARINI, Eugenio OSTI, Stefano NEGRINI.

Depositata il: Domanda N°

10

— · — · — · — · — · — · — · — · — · —

L'invenzione concerne un metodo di ispezione di un prodotto in una
macchina impacchettatrice del settore del tabacco. In particolare, il
metodo comprende un metodo di ispezione di un prodotto, in cui il
prodotto è un gruppo di sigarette avvolto in materiali di incarto, in una
15 macchina per impacchettare pacchetti di sigarette, oppure in cui il
prodotto è un gruppo di pacchetti di sigarette avvolto in materiali di
incarto, in una macchina per impacchettare gruppi di pacchetti di
sigarette, e cioè stecche di pacchetti.

Sono note macchine automatiche per impacchettare gruppi di sigarette o
20 gruppi di pacchetti di sigarette, nelle quali ciascun gruppo è avanzato da
mezzi convogliatori lungo un percorso di formazione di incarto, in cui
viene alloggiato in, e/o avvolto da, e/o riceve uno o più materiali di
incarto.

Tali materiali di incarto comprendono tipicamente un componente di
25 incarto interno di stabilizzazione del gruppo di sigarette o del gruppo di

pacchetti di sigarette ed uno o più componenti di incarto esterno, dotati di scritte o loghi destinati ad un utente e/o di protezione dall'umidità del gruppo avvolto. Ad esempio, in un pacchetto di sigarette, un componente di incarto interno è un foglio di carta stagnola o carta metallizzata di avvolgimento di un gruppo di sigarette, mentre un foglio di cellophane è un componente di incarto esterno sia per un pacchetto che per una stecca di pacchetti. Il componente di incarto esterno può anche essere un foglio di carta stampata e/o un fustellato anch'esso stampato, di avvolgimento del prodotto, gruppo di sigarette o gruppo di pacchetti di sigarette, avvolto nel componente di incarto interno, per realizzare rispettivamente un pacchetto di sigarette e/o una stecca di pacchetti morbida oppure un pacchetto di sigarette e/o una stecca di pacchetti rigida.

Un'ispezione ottica è di solito eseguita sui gruppi di sigarette e/o sui gruppi di pacchetti di sigarette avvolti dal materiale di incarto, nell'ambito delle procedure di controllo qualità, al fine di individuare possibili lacerazioni o macchie indesiderate nel materiale di incarto stesso, erronee modalità di incarto del materiale, oppure se presenti, erronee applicazioni di elementi di incarto aggiuntivi.

Ad esempio, un'ispezione ottica viene eseguita per verificare che le facce di testa e di fondo di un gruppo di sigarette avvolto in una carta metallizzata o foglio di alluminio siano ripiegate in modo corretto, senza pieghe aggiuntive, e/o che grinze non volute siano presenti in una faccia di un sovraincarto in cellophane e/o che il bollino di stato, apposto, ad esempio, su di una faccia posteriore maggiore di un pacchetto rigido tradizionale sia disposto in posizione corretta e cioè presentante il

proprio asse longitudinale sovrapposto alla linea di cerniera del coperchio.

Tale ispezione ottica viene usualmente eseguita per ogni prodotto (ovvero ad ogni ciclo di macchina) tramite un'unità di ispezione ottica
5 comprendente un'apparecchiatura ottica di acquisizione ed un illuminatore associato a tale apparecchiatura, la quale è in grado di acquisire immagini del prodotto quando quest'ultimo viene avanzato da un convogliatore della macchina impacchettatrice.

Con l'espressione "apparecchiatura ottica di acquisizione di immagini"

10 si intende un'apparecchiatura optoelettronica di acquisizione di immagini, in grado di acquisire immagini di un oggetto, ed in particolare di elaborare tali immagini in modo da estrarre da esse caratteristiche di interesse, ad esempio caratteristiche geometriche e/o di forma, di tale oggetto. Le immagini acquisite possono essere a colori o in bianco e nero
15 e da tali immagini posso essere estratte informazioni sul colore (la tonalità, la saturazione, ecc.) o rispettivamente sul livello di grigio, e sulla intensità luminosa.

L'apparecchiatura ottica comprende un corpo su cui è disposto un sensore elettronico, ad esempio un allineamento o array di elementi foto-
20 sensibili di tipo lineare o matriciale bidimensionale, ad esempio del tipo a CCD o CMOS, e mezzi ottici di ricezione appropriati fissati al corpo, ad esempio un obiettivo composto da una o più lenti, tramite i quali il sensore è atto a ricevere la luce diffusa dall'oggetto da acquisire. Al numero di elementi foto sensibili del sensore elettronico corrisponde il
25 numero di pixel ovvero degli elementi puntiformi che compongono la

5 rappresentazione di una immagine raster o bitmap nella memoria dell'apparecchiatura ottica. Si noti che un'immagine di risoluzione $[n * m]$ pixel può essere ottenuta tramite un'unica acquisizione con l'utilizzo di un sensore bidimensionale, o matriciale, di $[n * m]$ elementi fotosensibili oppure tramite n acquisizioni successive, denominate anche
10 scansioni, con l'utilizzo di un sensore lineare di m elementi fotosensibili. Ad esempio, apparecchiature ottiche a sensore lineare sono vantaggiosamente utilizzate per acquisire immagini di prodotti avanzati da un convogliatore, nel qual caso è noto disporre l'apparecchiatura
15 ottica in una postazione fissa di lettura ed eseguire successive scansioni, ognuna delle quali rappresenta una sottilissima "linea", o "riga" dell'immagine complessiva, quando il prodotto avanza in corrispondenza di tale postazione fissa di lettura. In questo caso, l'immagine completa del prodotto è ricostruita mettendo assieme e disponendo affiancate tutte
20 le righe, memorizzate dopo ogni scansione.

Un dispositivo di controllo è compreso in un'apparecchiatura ottica per comandare l'acquisizione dell'immagine, l'accensione dell'illuminatore e anche, in alcune applicazioni, per elaborare l'immagine acquisita al fine di estrarre caratteristiche di interesse dall'immagine stessa e per
25 comunicare il risultato della ispezione ottica ad un sistema di controllo esterno.

Apparecchiature ottiche di tale tipo sono note come telecamere o camere, lineari o matriciali, e nel caso in cui siano in grado di elaborare l'immagine acquisita per analizzare informazioni di interesse, sono
anche denominate come "smart camera".

Il risultato della ispezione ottica è comunicato al sistema di controllo esterno, ad esempio il sistema di controllo della macchina impacchettatrice, tramite una rete di comunicazione di tipo Ethernet o di altro tipo, ad alta velocità di trasmissione dati. Possono essere previsti
5 anche mezzi di comunicazione alternativi, realizzati tramite un insieme di segnali digitali in ingresso e in uscita dall'apparecchiatura ottica, collegati con analoghi segnali digitali rispettivamente in uscita ed in ingresso del sistema di controllo della macchina impacchettatrice.

Il sistema di controllo della macchina impacchettatrice è così in grado di
10 scartare direttamente (o di comunicare un'informazione di difettosità ad un dispositivo esterno che esegue l'operazione di scarto) il prodotto ispezionato, giudicato non conforme ai requisiti di qualità richiesta, non appena tale prodotto raggiunge una stazione di scarto.

Si noti che l'apparecchiatura ottica può inquadrare una qualsiasi faccia di
15 interesse del prodotto, normalmente a forma di parallelepipedo, e cioè una faccia laterale, una faccia anteriore, una faccia posteriore, una faccia di testa o una faccia di fondo, in relazione alla modalità di avanzamento del prodotto, alla tipologia di convogliatore considerata, al posizionamento dell'apparecchiatura ottica rispetto alla faccia del
20 prodotto da ispezionare e al materiale di incarto che avvolge il prodotto.

Nel caso della formazione di un prodotto comprendente un gruppo di sigarette, da avvolgere con un foglio di carta stagnola o metallizzata, il convogliatore è usualmente realizzato come una ruota di incarto, girevole a attorno ad un asse di rotazione, che include vani, o tasche, per
25 l'alloggiamento dei gruppi di sigarette. Considerazioni dello stesso tipo

possono essere fatte per altri tipi di convogliatori di incarto presenti nelle macchine impacchettatrici.

Un'indicazione di cattiva qualità del gruppo avvolto è data da una porzione più scura o più chiara presente nell'immagine acquisita dalla
5 apparecchiatura ottica, che può denotare una lacerazione nella carta stagnola stessa o una macchia di origine oleosa oppure una particella indesiderata (un granello di sporco appiccicoso, una fibra di foglia di tabacco di riempimento di sigarette, un frammento di carta stracciata già in parte gommata) e collegata in modo permanente al gruppo stesso
10 durante tale formazione. Un frammento di carta stracciata può, ad esempio, incastrarsi tra le pieghe di lembi sovrapposti di carta stagnola nella faccia di testa del prodotto ed in questo caso il gruppo avvolto sarebbe da scartare. La faccia di testa, infatti, è la faccia che il consumatore vede all'atto della prima apertura del prodotto ed è soggetta
15 a particolari requisiti di qualità.

Un effetto indesiderato di tale ispezione ottica è che può essere considerato di cattiva qualità e quindi da scartare un prodotto (gruppo di sigarette avvolto oppure gruppo di pacchetti di sigarette avvolti) che in realtà non è difettoso.

20 La particella indesiderata potrebbe infatti essere trasportata dall'aria e solo in transito di fronte all'apparecchiatura ottica al momento dell'acquisizione dell'immagine di ispezione, ma non collegata al prodotto in modo permanente. Tuttavia, non essendo possibile identificare a priori una forma riconoscibile rispettivamente associabile
25 ad una macchia e/o lacerazione del foglio di incarto e/o ad una particella

trasportata dall'aria, non è possibile elaborare l'immagine acquisita allo scopo di scartare solo prodotti effettivamente difettosi.

Per cercare di risolvere questo problema, è noto predisporre in una macchina impacchettatrice un'unità di ispezione ottica comprendente
5 una camera lineare e mezzi pneumatici di erogazione di una lama d'aria interposta tra i mezzi ottici dell'apparecchiatura ottica e la faccia del prodotto da inquadrare, per pulire almeno la porzione della faccia del prodotto inquadrato dal sensore lineare da eventuali particelle presenti nell'aria. Tale pulizia, efficace in corrispondenza della lama d'aria,
10 provoca tuttavia turbolenze in un volume circondante tale lama, nelle quali il moto delle particelle eventualmente presenti può avvenire in maniera caotica. Ne segue che particelle indesiderate possono accumularsi a seguito di tali turbolenze in zone adiacenti la lama d'aria e quindi disporsi in modo non prevedibile nelle zone della faccia del
15 prodotto non interessate dalla lama d'aria stessa.

In alternativa alla lama d'aria, sono note unità d'ispezione con apparecchiatura ottica a sensore matriciale ed erogazione di aria di pulizia a getti distribuiti. Tuttavia, la pulizia del piano della faccia di un prodotto inquadrato da un sensore matriciale è a maggior ragione
20 un'operazione ancora più complessa. Infatti, dal momento che occorre prevedere una pulizia su un'area estesa pari a quella interessata dall'immagine da acquisire, risulta pressoché impossibile evitare moti turbolenti nel volume d'aria interessato dalla pulizia e pertanto la stabilità del risultato non è garantita.

25 Uno scopo dell'invenzione è superare i difetti dei metodi di ispezione di

tipo noto.

Ulteriore scopo della presente invenzione è fornire un metodo di ispezione in una macchina impacchettatrice, che consenta di identificare le particelle di materiale estraneo trasportate dall'aria e solo in transito di fronte all'apparecchiatura ottica al momento dell'acquisizione di un'immagine del prodotto, e di individuare anche le macchie permanenti indicative di difetti del prodotto.

Tali scopi ed altri ancora sono tutti raggiunti da un metodo di ispezione di un prodotto in una macchina impacchettatrice come definito secondo la rivendicazione 1 e le ulteriori rivendicazioni sotto riportate.

L'invenzione potrà essere meglio compresa ed attuata con riferimento agli allegati disegni che ne illustrano forme esemplificative e non limitative di attuazione, in cui:

- Figura 1 mostra un'immagine di un vano di una ruota di incarto di una macchina impacchettatrice, contenente un gruppo di sigarette avvolto in carta stagnola o carta metallizzata, come inquadrata in una zona di ispezione da un'apparecchiatura ottica disposta affacciata alla ruota di incarto stessa, ed acquisita in un determinato istante di acquisizione;
- Figura 2 mostra un'ulteriore immagine della tasca di Figura 1, come acquisita successivamente all'acquisizione dell'immagine di Figura 1;
- Figura 3 mostra una vista schematica di un sistema di controllo di una macchina impacchettatrice, comprendente un'unità di controllo ed un'unità di ispezione di un prodotto, in collegamento tra loro, in cui tale unità di ispezione è dotata di un'unica apparecchiatura ottica;
- Figura 4 mostra una vista schematica di una variante dell'unità di

ispezione di Figura 3, comprendente due apparecchiatura ottiche, entrambe in collegamento con l'unità di controllo;

- Figura 5 mostra una vista schematica di una variante dell'unità di ispezione di Figura 3, comprendente un proiettore per illuminare una faccia di un oggetto con una lama di luce, in cui tale oggetto è inquadrato da un'apparecchiatura ottica disposta affacciata a tale oggetto;
- Figura 6 mostra una immagine prospettica di una estremità del gruppo di sigarette avvolto in carta stagnola o carta metallizzata di Figura 1, come inquadrata dal proiettore a lama di luce di Figura 5, ed acquisita in un determinato istante di acquisizione.

La Figura 3 mostra un sistema di controllo 1 di una macchina impacchettatrice (non illustrata) comprendente un'unità di controllo 2, tipicamente la centralina della macchina impacchettatrice, ed un'unità di ispezione 3 di un prodotto 4, alla quale l'unità di controllo 2 è collegata tramite mezzi di comunicazione 5. Tramite i mezzi di comunicazione 5, l'unità di controllo 2 è in grado di ricevere e/o fornire dati e/o comandi alla unità di ispezione 3, come sarà meglio illustrato di seguito.

I mezzi di comunicazione 5 possono essere realizzati tramite una rete ad alta velocità di trasmissione dati oppure tramite un cablaggio specifico per segnali digitali di ingresso e uscita (*digital I/O interface*), comprendente un insieme di segnali digitali in ingresso a, ed in uscita da, l'unità di ispezione 3 collegati ad analoghi segnali digitali rispettivamente in uscita da, ed in ingresso a, l'unità di controllo 2 della macchina impacchettatrice.

L'unità di ispezione 3 comprende un'apparecchiatura ottica 6, in

particolare un'unica e prima apparecchiatura ottica, per l'acquisizione di immagini digitali provvista di un corpo 7 e di mezzi ottici ovvero di un obiettivo 8. L'obiettivo 8 dell'apparecchiatura ottica 6 presenta un asse ottico A, il quale è atto ad inquadrare almeno una faccia 4a del prodotto 4 in una zona di ispezione quando quest'ultimo è avanzato da un convogliatore (non illustrato) della macchina impacchettatrice lungo un percorso di avanzamento P, in una determinata direzione D.

Un illuminatore (non illustrato) può opzionalmente essere presente in associazione all'apparecchiatura ottica 6, per illuminare il prodotto 4 inquadrato durante un'acquisizione di una immagine. Per consentire un'ispezione ottica corretta che sia indipendente da eventuali riflessi del materiale di incarto è preferibile un illuminatore che generi luce diffusa, e cioè un illuminatore per il quale si possa considerare che per ciascun punto della superficie illuminata la luce provenga da tutte le direzioni.

In Figura 3, la faccia 4a è una faccia di testa del prodotto 4, la quale viene inquadrata dall'apparecchiatura ottica 6 quando tale faccia 4a si trova all'interno del campo di vista dell'apparecchiatura ottica stessa. Si precisa che s'intende con campo di vista (*field of view*), un campo di acquisizione dell'apparecchiatura ottica 6, ovvero un'area predeterminata all'interno della quale le immagini del prodotto 4 possono essere acquisite, la quale si trova all'interno di un intervallo di messa a fuoco (*focusing range*) e per la quale, lungo l'asse ottico A dell'obiettivo 8 è possibile definire una profondità di campo determinata (*depth of field*).

L'apparecchiatura ottica 6 comprende un proprio dispositivo di controllo

(non illustrato), contenuto nel corpo 7 dell'apparecchiatura ottica 6 stessa, per comandare l'acquisizione dell'immagine ed eventualmente l'accensione dell'illuminatore. Il dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 può anche essere realizzato e configurato in modo da elaborare l'immagine acquisita al fine di estrarre una caratteristica di interesse dall'immagine. In alternativa e/o in aggiunta, l'unità di ispezione 3 può essere dotata di proprio dispositivo di controllo, non illustrato, per l'elaborazione dell'immagine acquisita ed il dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 può in questo caso essere più semplice, con sole funzioni di acquisizione dell'immagine e di controllo dell'illuminatore. Ad esempio, il dispositivo di controllo dell'unità di ispezione 3 può essere realizzato tramite una circuiteria elettronica propria (ad esempio una scheda DSP per la elaborazione di immagini) alla quale l'apparecchiatura ottica 6 è collegata mediante i mezzi di comunicazione 5, analogamente a quanto già detto in precedenza per il collegamento tra l'unità di controllo 2 e l'unità di ispezione 3. Ciò consente di ridurre le dimensioni dell'apparecchiatura ottica 6 stessa e di collocarla nella posizione più opportuna vicino al prodotto 4, sufficientemente distante dalla circuiteria elettronica dell'unità di ispezione 3, denominata anche Sistema di Visione (*Vision System*).

Ne segue che l'unità di controllo 2 può essere configurata per essere in comunicazione tramite i mezzi di comunicazione 5 sia con l'apparecchiatura ottica 6 direttamente, se il dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 è in grado di elaborare l'immagine

acquisita, sia con l'unità di ispezione 3, se invece l'elaborazione dell'immagine è delegata al dispositivo di controllo dell'unità di ispezione 3. Quest'ultimo, interposto ed in comunicazione sia con l'unità di controllo 2 che con l'apparecchiatura ottica 6 è presente in alcune
5 forme realizzative del metodo della presente invenzione, come sarà di seguito meglio precisato.

Come già detto in precedenza, l'apparecchiatura ottica 6 può comprendere un sensore di elementi fotosensibili CCD o CMOS monodimensionale oppure bidimensionale.

10 Nel caso di sensore monodimensionale, l'acquisizione dell'immagine avviene mediante scansioni successive eseguite riga per riga e l'apparecchiatura ottica 6 è posizionata per l'acquisizione in modo che il sensore lineare sia trasversale rispetto al prodotto 4 avanzato dal convogliatore lungo il percorso di avanzamento P. Ciascuna scansione è
15 attivabile dal dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 oppure dell'unità di ispezione 3, ad intervalli di tempo consecutivi e di medesima durata, determinati dalla velocità di avanzamento del prodotto 4, in modo da acquisire righe contigue equispaziate dell'immagine complessiva. L'immagine complessiva acquisita, composta da un
20 numero determinato di tali righe, viene memorizzata nel dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 per comporre l'immagine della faccia 4a del prodotto 4.

Nel caso di sensore bidimensionale, l'immagine completa della faccia 4a è invece acquisita con una unica scansione attivata in un determinato
25 istante.

Un protocollo di comunicazione è previsto sui mezzi di comunicazione 5 tra l'unità di controllo 2 ed il dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 e/o il dispositivo di controllo dell'unità di ispezione 3, tramite il quale l'unità di controllo 2 è in grado di comandare l'apparecchiatura ottica 6 ad acquisire un'immagine quando un prodotto 4 si trova inquadrato dall'apparecchiatura ottica 6 stessa e che inoltre consente all'apparecchiatura ottica 6 di ricevere comandi aggiuntivi e parametri di configurazione.

Tramite i mezzi di comunicazione 5, l'apparecchiatura ottica 6 è inoltre in grado di fornire all'unità di controllo 2 un insieme di dati digitali (come ad esempio l'immagine acquisita e/o una informazione dati complessa ottenuta come il risultato della ispezione ottica e che è memorizzata nel dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 o in dispositivi di memorizzazione ausiliari) o di ricevere un comando complesso dall'unità di controllo 2. Un comando complesso comprende ad esempio sia un codice comando, associabile cioè al comando da eseguire, sia una informazione dati complessa, ad esempio una struttura dati contenente più dati elementari, ad esempio valori di parametri impostabili nell'apparecchiatura ottica 6.

Come detto in precedenza, il prodotto 4 inquadrato dall'apparecchiatura ottica 6 è un gruppo di sigarette o un gruppo di pacchetti di sigarette avvolto in materiali di incarto. Figura 1 e Figura 2 mostrano una faccia di testa 4a del prodotto 4, il quale è un gruppo di sigarette, o più propriamente una composizione di sigarette nel caso di pacchetti speciali, alloggiato ed avvolto in un foglio di carta stagnola 9 o carta

metallizzata.

Il prodotto 4 è avanzato lungo un percorso di formazione di incarto circolare (non illustrato), comprendente il percorso di avanzamento P, da una ruota di incarto (non illustrata) comprendente una pluralità di vani periferici 10, uno dei quali è presente nelle immagini acquisite di Figura 1 e Figura 2. Tali vani periferici 10 sono posizionati radialmente sulla periferia della ruota di incarto per ricevere i prodotti 4.

Il citato percorso di formazione di incarto si estende da una stazione di carico, in cui il gruppo di sigarette è ricevuto in uno dei vani 10 della ruota di incarto dopo aver intercettato un rispettivo foglio di carta stagnola 9, ad una stazione di scarico, in cui il gruppo di sigarette completamente avvolto a realizzare il prodotto 4 è trasferito ad una successiva ruota di incarto.

Ciascun vano 10 ha un profilo di riscontro 11 a forma come di “U”. Alla ruota di incarto sono associati mezzi di trattenimento, comprendenti una pluralità di coperture di trattenimento 12, una delle quali è mostrata nelle Figure 1 e 2. Ciascuna copertura di trattenimento 12 è affacciata ad un rispettivo vano periferico 10, per trattenere i prodotti 4 all’interno del vano periferico 10 stesso durante la rotazione della ruota di incarto. In alternativa, può essere prevista una copertura di trattenimento 12 fissa affacciata ad un determinato settore circolare della periferia della ruota di incarto.

Secondo una modalità d’incarto nota, la faccia di testa 4a e la faccia di fondo (non illustrata) del prodotto 4 presentano entrambe due lembi di estremità 13 e 13’ di carta stagnola 9 ripiegati, in particolare di forma

trapezoidale, che sono stati sovrapposti durante l'avanzamento del prodotto 4 lungo il citato percorso di formazione di incarto.

La faccia di testa 4a è la faccia corrispondente all'estremità superiore del prodotto 4 che viene aperta dall'utilizzatore per estrarre il contenuto del
5 prodotto 4 stesso (una sigaretta o un pacchetto di sigarette, come detto in precedenza), pertanto la faccia di testa 4a è oggetto di particolare attenzione nell'ambito delle procedure di controllo qualità e ad essa si fa riferimento nel seguito senza peraltro perdere di generalità.

La faccia di testa 4a può essere inquadrata dalla apparecchiatura ottica 6
10 dell'unità di ispezione 3 ad essa affacciata nella zona di ispezione, dopo che i lembi di estremità 13 e 13' sono stati piegati e sovrapposti, per verificare prima della stazione di scarico l'integrità del gruppo di sigarette avvolto e la correttezza dell'incarto.

In uso, l'apparecchiatura ottica 6 dell'unità di ispezione 3 riceve
15 dall'unità di controllo 2 un comando di inizio ispezione tramite i mezzi di comunicazione 5 quando un prodotto 4, in particolare una faccia 4a del prodotto 4 rivolta verso l'apparecchiatura ottica 6, disposto in un vano periferico 10 ed avanzato dalla ruota d'incarto, è inquadrato dall'apparecchiatura ottica 6 nel campo di vista.

20 Si precisa che di seguito, faremo sempre riferimento alla acquisizione di immagini tramite una camera digitale a sensore bidimensionale salvo quando l'utilizzo di una camera a sensore lineare sarà esplicitamente indicato. Per ciò che riguarda invece l'elaborazione di una immagine, la modalità con cui l'immagine è acquisita non interviene nella
25 elaborazione stessa.

Il comando di inizio ispezione può essere un comando di ispezione completa delegata all'apparecchiatura ottica 6.

Il dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6, alla ricezione di tale comando di inizio ispezione completa, comanda l'acquisizione dell'immagine ed eventualmente l'accensione dell'illuminatore.

L'immagine così acquisita dalla apparecchiatura ottica 6, mostrata in Figura 1, viene elaborata dal dispositivo di controllo per identificare nell'immagine stessa una eventuale porzione 14 più scura o più chiara della immagine rispetto all'immagine di un prodotto 4 non difettoso che potrebbe essere associata ad una macchia e/o lacerazione del foglio di incarto e/o ad una particella indesiderata trasportata dall'aria.

Un'immagine in bianco e nero può essere considerata come una matrice numerica $\mathbf{I}$ di dimensione pari al prodotto del numero di righe e di colonne dell'immagine stessa, in cui ciascun elemento della matrice $\mathbf{I}$ rappresenta un pixel (ovvero un punto dell'immagine) ed ha associato un valore numerico, pari all'intensità luminosa. Tale valore numerico è dato in scala di grigi e dipende dal tipo del sensore elettronico impiegato.

Un'immagine a colori è invece da considerare come un insieme $\mathbf{n}$ di matrici di dimensioni uguali $\mathbf{I}_n$, una per ciascun colore base componente associabile nella rappresentazione considerata (RGB, HSV o altre). Ciascun elemento di una matrice $\mathbf{I}_n$ ha associato un valore numerico pari all'intensità luminosa del colore base a cui tale matrice è associata.

Le porzioni 14 più scure o più chiare osservabili dall'unità di ispezione 3 sono normalmente di forma irregolare e a tale scopo l'unità di ispezione 3 è programmata, secondo una tecnica nota, per rilevare alcuni parametri

caratteristici di ogni porzione 14, fra cui una posizione nell'immagine acquisita e la dimensione.

La posizione è associata alle coordinate di un punto baricentrico dell'area della porzione 14. La dimensione è associata al raggio di una
5 zona circolare centrata sul punto baricentrico e che ricopre la parte geometricamente più significativa della porzione 14 stessa.

In alternativa la dimensione è misurata come numero di pixel con intensità luminosa inferiore, se la porzione 14 è più scura, o intensità luminosa superiore, se la porzione 14 è più chiara, rispettivamente a
10 determinate soglie inferiore e superiore di luminosità e rispetto alla media dell'intensità luminosa della corrispondente area dell'immagine di un prodotto 4 non difettoso, in quanto l'intensità media di un'immagine varia a seconda delle aree dell'immagine stessa.

I pixel della porzione 14 devono soddisfare tre condizioni: essere
15 adiacenti, essere in un numero sufficientemente grande, e cioè un numero superiore alla media tollerata delle micro variazioni di intensità luminosa, ed avere sostanzialmente la medesima tonalità di colore (per immagini a colori) o il medesimo livello di grigio (per immagini in bianco e nero). Per gli scopi che si prefigge il presente metodo di
20 ispezione si ritiene preferibile l'impiego di apparecchiature ottiche 6 monocromatiche e quindi l'elaborazione di sole immagini in bianco e nero.

Per evitare che il risultato dell'elaborazione di una immagine dipenda dalle condizioni esterne di illuminazione con cui un'immagine viene
25 acquisita, che determinano un'intensità luminosa media più chiara o più

scura dell'immagine stessa, una tecnica nota per individuare una porzione 14 consiste nell'elaborare l'immagine considerando non l'intensità luminosa dell'immagine dopo l'acquisizione (ovvero i livelli di grigio nel caso di una immagine in bianco e nero), ma il gradiente dell'intensità luminosa calcolato sull'intera immagine o su porzioni di
5 essa, secondo le note regole del calcolo vettoriale.

Sulla singola matrice $\mathbf{I}$ di un'immagine in bianco e nero, o su ciascuna delle $\mathbf{n}$ matrici $\mathbf{I}_n$ di un'immagine a colori, si può infatti definire un gradiente di intensità luminosa.

10 Il gradiente ha la proprietà di non dipendere dal valore assoluto, ma dalle variazioni di esso ed in tal modo si può evidenziare un insieme di pixel che rappresentano un contorno, o perimetro, delimitante un'area di differente intensità luminosa in corrispondenza della quale avviene una variazione di livello di intensità. Una porzione 14 più scura o più chiara
15 è identificata e delimitata da tale insieme di pixel di contorno. Si osserva che, applicando il calcolo di un gradiente di intensità luminosa, lo stesso algoritmo di elaborazione può essere impiegato sia per la ricerca del contorno di una porzione 14 scura sia per la ricerca di un contorno di una porzione 14 chiara.

20 La posizione e la dimensione di tale porzione 14 nell'immagine acquisita vengono in tale modo calcolate e memorizzate.

Se è presente una porzione 14 più scura o più chiara nell'immagine acquisita, viene elaborata una seconda immagine, acquisita dall'apparecchiatura ottica 6 successivamente alla prima immagine.

25 Il dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 può comandare

l'acquisizione dell'immagine ed eventualmente l'accensione dell'illuminatore solo dopo l'identificazione della porzione 14 nella prima immagine oppure può sempre acquisire la prima e la seconda immagine, distanziate nel tempo di un ritardo predefinito, e
5 l'elaborazione inizialmente della sola prima immagine, eseguendo l'elaborazione della seconda immagine solo se nella prima immagine è presente la porzione 14 più chiara o più scura.

Tale seconda immagine è mostrata in Figura 2. La seconda immagine così acquisita viene confrontata con la prima immagine acquisita in
10 precedenza e se nella seconda immagine acquisita è identificata una porzione 14 più scura o più chiara e se tale porzione 14 più scura o più chiara è presente nella prima immagine e nella seconda immagine nella medesima posizione, e cioè la prima e la seconda posizione sostanzialmente coincidono, allora il prodotto 4 è giudicato come
15 difettoso e da scartare. Si precisa che la prima posizione viene considerata sostanzialmente coincidente con la seconda posizione, quando la seconda posizione è all'interno di una zona circolare di tolleranza centrata sulla prima posizione ed avente raggio pari ad un raggio di soglia di tolleranza.

20 Se invece la posizione in cui si trova la porzione 14 più scura o più chiara nella prima immagine acquisita è diversa dalla posizione in cui si trova la porzione 14 nella seconda immagine acquisita, allora il prodotto 4 non viene giudicato come difettoso dal momento che la porzione 14 più scura o più chiara è associabile ad una particella indesiderata
25 trasportata dall'aria.

Nell'esempio delle Figure 1 e 2, si può notare che la porzione scura 14 è presente in entrambe le immagini acquisite ma in posizioni diverse. Il prodotto 4 inquadrato non deve essere considerato difettoso, in quanto la porzione scura è evidentemente una particella indesiderata presente in
5 aria nella zona di ispezione.

Si osserva che una variante ancora di maggiore precisione del metodo di ispezione prevede di analizzare la prima posizione e la seconda posizione della porzione 14 rispettivamente nella prima e nella seconda immagine in associazione con la corrispondente prima dimensione e
10 seconda dimensione della porzione 14 calcolata nella prima e nella seconda immagine. La particella trasportata dall'aria potrebbe infatti avvicinarsi o allontanarsi dal sensore ottico, pur mantenendo costante la propria orientazione e posizione. Ne segue che il prodotto 4 è giudicato come difettoso se rispettivamente la prima e la seconda posizione
15 sostanzialmente coincidono e se anche la prima e la seconda dimensione sostanzialmente coincidono. Se invece la prima posizione e la seconda posizione sostanzialmente coincidono ma la prima e la seconda dimensione sono diverse, la particella è stata trasportata dall'aria in avvicinamento o allontanamento dal sensore ottico.

20 Di nuovo, la prima dimensione viene considerata sostanzialmente coincidente con la seconda dimensione all'interno di un intervallo di soglia di tolleranza determinato.

Al termine dell'ispezione completa, tramite i mezzi di comunicazione 5, il dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 trasmette all'unità
25 di controllo 2 una risposta di fine ispezione completa, indicando se il

prodotto 4 inquadrato è conforme ai requisiti di qualità richiesta o se è da considerare difettoso.

L'unità di controllo 2 è così in grado di scartare il prodotto 4 ispezionato e giudicato effettivamente difettoso, quando il prodotto 4 raggiunge la
5 più vicina stazione di scarto associata alla ruota di incarto.

Il ritardo nell'acquisizione della seconda immagine rispetto alla acquisizione dell'immagine è al massimo pari a 50 msec e preferibilmente, è compreso in un intervallo tra 30 msec e 40 msec. Se si considera infatti una velocità di produzione di almeno 1000 pacchetti al
10 minuto, il tempo di ispezione massimo teorico per ciascun prodotto 4 è pari a 60 msec e quindi l'apparecchiatura ottica 6 deve essere in grado di garantire una frequenza di acquisizione di immagini di almeno 20 frame/sec e cioè un frame ogni 50 msec. È evidente che la frequenza di acquisizione delle immagini è strettamente correlata alla velocità di
15 produzione della macchina.

Tuttavia, l'apparecchiatura ottica 6 deve anche garantire un tempo di elaborazione sufficientemente breve per ogni immagine acquisita, dal momento che un'ispezione di tipo completo di un prodotto 4 in transito davanti all'apparecchiatura ottica 6 prevede l'acquisizione di due
20 immagini in successione ma anche l'elaborazione di entrambe, nel caso si presenti una porzione 14 più scura o più chiara nella prima immagine.

Si osserva inoltre che esiste un intervallo di tempo non nullo tra la fine dell'ispezione di un prodotto 4 ed il momento in cui il prodotto successivo 4, avanzato dal convogliatore, viene trovarsi ad essere
25 inquadrato davanti all'apparecchiatura ottica 6. Questo tempo di

indisponibilità all'ispezione ottica riduce ulteriormente il tempo utile per un'ispezione di tipo completo e aumenta la velocità di acquisizione di immagini richiesta all'apparecchiatura ottica 6.

L'apparecchiatura ottica 6 deve essere cioè in grado di acquisire ed elaborare velocemente due immagini per ogni prodotto 4 da ispezionare e quindi deve essere scelta tra apparati di alte prestazioni. L'apparecchiatura ottica 6 deve presentare elevata compattezza, ridotti ingombri e soprattutto deve richiedere un tempo di elaborazione ridotto da parte del dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 stessa.

Secondo una variante realizzativa del metodo di ispezione sopra descritto, l'unità di controllo 2 trasmette tramite i mezzi di comunicazione 5, in modo analogo a quanto descritto in precedenza, un comando di inizio ispezione affinché l'apparecchiatura ottica 6 esegua conseguentemente l'acquisizione della prima immagine della faccia 4a del prodotto 4 inquadrato ed eventualmente l'accensione dell'illuminatore associato. Tale comando di inizio ispezione è un comando di ispezione semplice.

Tramite il comando di ispezione semplice, la prima immagine così acquisita non viene elaborata dalla apparecchiatura ottica 6, ma viene trasmessa in occasione e congiuntamente ad una risposta di fine ispezione semplice all'unità di controllo 2 tramite i mezzi di comunicazione 5.

La prima immagine è quindi elaborata dall'unità di controllo 2, la quale, se la porzione 14 più scura o più chiara è presente nella prima immagine ricevuta, trasmette all'apparecchiatura ottica 6 un ulteriore comando di

inizio ispezione semplice per ricevere una seconda immagine acquisita e quindi giudicare il prodotto 4 inquadrato come difettoso se nella seconda immagine acquisita è identificata la porzione 14 più scura o più chiara e se la porzione 14 è presente nella prima immagine e nella seconda
5 immagine nella medesima posizione, analogamente a quanto detto in precedenza.

Secondo questa variante, in altre parole, l'apparecchiatura ottica 6 è solo incaricata dell'acquisizione delle immagini, ma non della loro elaborazione. Ne segue che l'apparecchiatura ottica 6 deve garantire
10 un'adeguata velocità di acquisizione di immagini e di trasmissione dati all'unità di controllo 2. L'apparecchiatura ottica 6 deve essere cioè in grado solo di acquisire due immagini per ogni prodotto 4 da ispezionare e può per questo essere scelta tra apparati di medie prestazioni. In questo modo, l'apparecchiatura ottica 6 può presentare elevata compattezza e
15 ridotti ingombri ma, per contro, si richiede che l'unità di controllo 2 presenti un tempo di elaborazione delle immagini inferiore ad un predeterminato tempo massimo di risposta, anche a fronte di un maggiore carico di elaborazione dati per l'unità di controllo 2 stessa.

Il processo di acquisizione delle immagini, eseguito dall'apparecchiatura
20 ottica 6 con una determinata frequenza di acquisizione, può procedere indipendentemente dal processo di elaborazione, eseguito dall'unità di controllo 2 non solo in un momento successivo ma anche con una frequenza di elaborazione diversa. Con le tecnologie attualmente a disposizione l'intervallo di tempo di acquisizione fra due immagini
25 successive può scendere fino a 10 msec. Rimane il vincolo del tempo

massimo ammissibile per la elaborazione delle due immagini (detto tempo massimo di risposta). Tale elaborazione deve essere conclusa entro la durata di un ciclo di macchina, ovvero prima che si presenti il successivo prodotto 4 davanti all'apparecchiatura ottica 6.

- 5 Come detto in precedenza, l'unità di ispezione 3 può essere dotata di un proprio dispositivo di controllo per l'elaborazione dell'immagine acquisita, se il dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6 ha sole funzioni di acquisizione dell'immagine e di controllo dell'illuminatore.
- 10 Secondo ancora una variante del metodo di controllo della presente invenzione, l'unità di ispezione 3 riceve dall'unità di controllo 2 un comando di inizio ispezione completa tramite i mezzi di comunicazione 5.

Alla ricezione di tale comando di inizio ispezione completa, l'unità di
15 ispezione 3 trasmette un comando di inizio ispezione semplice all'apparecchiatura ottica 6 per comandare l'acquisizione di una prima immagine ed eventualmente, se la porzione 14 più scura o più chiara è presente nella prima immagine ricevuta, invia un ulteriore comando di inizio ispezione semplice all'apparecchiatura ottica 6 per ricevere
20 dall'apparecchiatura ottica 6 stessa una seconda immagine.

In altre parole, l'elaborazione delle immagini è eseguita dal dispositivo di controllo dell'unità di ispezione 3, tramite la scheda DSP per l'elaborazione di immagini, il quale, al termine dell'ispezione completa, trasmette all'unità di controllo 2 una risposta di fine ispezione completa,
25 indicando se il prodotto 4 inquadrato è conforme ai requisiti di qualità

richiesta o se è da considerare difettoso.

Si noti che anche in questa forma di attuazione, l'apparecchiatura ottica 6 ha il solo compito di acquisizione delle immagini. Pertanto vale quanto detto in precedenza in relazione alle caratteristiche tecniche che l'apparecchiatura ottica deve presentare, relativamente alla velocità di acquisizione di immagini e di trasmissione dati. L'apparecchiatura ottica 6 può essere scelta tra apparati di medie prestazioni.

Secondo un'ulteriore variante del metodo di ispezione sopra descritto, mostrata in Figura 2, l'unità di ispezione 3 viene predisposta in modo da comprendere una seconda apparecchiatura ottica 6' di acquisizione di immagini, per inquadrare la faccia 4a del prodotto 4 ed acquisire in tale modo la seconda immagine.

L'unità di controllo 2 del sistema di controllo 1 della macchina impacchettatrice trasmette tramite i mezzi di comunicazione 5 un comando di inizio ispezione semplice alla prima apparecchiatura ottica 6 per comandare l'acquisizione di una prima immagine e se la prima immagine ricevuta tramite la risposta di fine ispezione semplice presenta la porzione 14 più chiara o più scura, invia un ulteriore comando di inizio ispezione semplice alla seconda apparecchiatura ottica 6' per ricevere da essa una seconda immagine.

Se l'unità di ispezione 3 è dotata di un proprio dispositivo di controllo per l'elaborazione dell'immagine acquisita, l'unità di controllo 2 può anche trasmettere un comando di inizio ispezione completa all'unità di ispezione 3, rimanendo in attesa da tale unità di ispezione 3 di una risposta di fine ispezione completa.

L'unità di ispezione 3 a sua volta trasmette un comando di inizio ispezione semplice alla prima apparecchiatura ottica 6 per comandare l'acquisizione della prima immagine e se la prima immagine ricevuta tramite la risposta di fine ispezione semplice presenta la porzione 14 più
5 chiara o più scura, invia l'ulteriore comando di inizio ispezione semplice alla seconda apparecchiatura ottica 6' per comandare l'acquisizione della seconda immagine.

Secondo questa ulteriore variante, l'elaborazione delle immagini è eseguita dall'unità di controllo 2 e/o dall'unità di ispezione 3 e ciascuna
10 apparecchiatura ottica 6 oppure 6' acquisisce una sola immagine ad ogni ciclo di macchina. La prima apparecchiatura ottica 6 e la seconda apparecchiatura ottica 6' devono essere in grado, cioè, di acquisire solo una immagine per ogni prodotto 4 da ispezionare e possono quindi presentare un costo ed un ingombro inferiori. Pertanto il ritardo nella
15 acquisizione della seconda immagine rispetto alla acquisizione della prima immagine non è più vincolato alle prestazioni della singola apparecchiatura ottica (o telecamera), ma può essere scelto in modo tale da ottimizzare l'individuazione delle particelle in movimento.

La presenza di due apparecchiature ottiche 6 e 6' consente anche di
20 realizzare un'ulteriore variante del metodo di ispezione che prevede sempre l'acquisizione della prima e della seconda immagine, distanziate nel tempo di un ritardo predefinito, e l'elaborazione in una fase iniziale del metodo della sola prima immagine. L'elaborazione della seconda immagine, per rilevare l'eventuale difetto, viene invece eseguita solo se
25 nella prima immagine è presente la porzione 14 più chiara o più scura.

Indicando con v la velocità di avanzamento del prodotto 4 lungo il percorso di avanzamento P nella direzione D, con l è la larghezza del prodotto 4 (pari al lato maggiore della sezione rettangolare del parallelepipedo), e con T la durata del ciclo di macchina, per la durata τ
5 dell'intervallo di acquisizione vale la relazione:

$$\frac{l}{2v} < \tau < T$$

Si osserva che questa ulteriore variante può prevedere anche l'utilizzo di due apparecchiature ottiche 6 e 6' a sensore lineare. Le due acquisizioni sono in questo caso distanziate nel tempo di un ritardo predefinito, che
10 dipende solo dalla velocità di acquisizione di una singola riga. Il ritardo tipico fra due acquisizioni successive è pari a 0,05 msec. Analogamente a quanto detto sopra, è sempre prevista l'acquisizione della prima e della seconda immagine, distanziate nel tempo, e l'elaborazione della prima immagine.

15 Si osserva che l'apparecchiatura ottica 6 di Figura 3 e la prima e la seconda apparecchiatura ottica 6, 6' di Figura 4, sono rappresentate come disposte frontalmente rispetto al prodotto 4 e cioè presentanti l'asse ottico A e rispettivamente l'asse ottico A' sostanzialmente perpendicolare ad un piano definito dalla faccia 4a del prodotto 4 da
20 inquadrare.

Tale disposizione dell'apparecchiatura ottica 6 rispetto alla faccia 4a del prodotto 4 non è sempre possibile, per motivi di ingombro e di posizionamento vincolato dell'apparecchiatura ottica 6 in punti predefiniti nella macchina impacchettatrice, oppure perché tale

disposizione non è sempre consigliabile per le condizioni di illuminazione ambientali presenti nella zona di ispezione.

La prima e unica apparecchiatura ottica 6, presentante asse ottico A, può essere tuttavia vantaggiosamente disposta in modo che l'asse ottico A sia
5 inclinato di un angolo α determinato, ad esempio compreso fra 10° e 30° , rispetto ad un asse B perpendicolare al piano definito dalla faccia 4a del prodotto 4 da inquadrare. Quanto detto, vale in modo analogo anche per la seconda apparecchiatura ottica 6,' se presente, di asse ottico A' ed inclinata di un angolo α' .

10 Grazie all'invenzione, è pertanto possibile fornire un metodo di ispezione il quale è in grado di identificare le particelle di materiale estraneo trasportate dall'aria ed in transito nella zona di ispezione in modo affidabile e senza aggiungere costosi dispositivi di pulizia alla apparecchiatura ottica 6 e/o 6' eventualmente già presente. In tal modo è
15 possibile identificare difetti reali nei prodotti 4, che sono quindi da scartare, senza la necessità di dotare l'unità di ispezione 3 di un flusso di aria di pulizia.

Inoltre, predisponendo l'unità di controllo 2 e ciascuna apparecchiatura ottica 6, 6' eventualmente presente nella zona di ispezione per
20 trasmettere e/o ricevere un comando e/o una risposta sia di inizio ispezione completa, sia di ispezione semplice, è possibile variare il metodo di ispezione durante il funzionamento della prima e/o della seconda apparecchiatura ottica 6, 6' garantendo flessibilità di utilizzo senza necessità di complesse configurazioni nella/nelle apparecchiature
25 ottiche 6, 6' stesse.

Secondo una forma di attuazione ulteriore del metodo di ispezione ottica della presente invenzione, è previsto dotare l'unità di ispezione 3 di un assieme ottico per la scansione tridimensionale 19 della faccia 4a del prodotto 4. Come mostrato in Figura 5, l'assieme ottico per la scansione tridimensionale 19 comprende un'apparecchiatura ottica 6'' per profilo 3D in grado di rilevare un profilo tridimensionale ed un proiettore 15 di una lama di luce 16, preferibilmente una lama di luce laser. Se infatti una lama di luce illumina una superficie, la linea riflessa è una retta se la superficie illuminata è piana; è una linea curva, in presenza di concavità o convessità; è una linea spezzata, in presenza di uno spigolo. Se la superficie illuminata dalla lama di luce è una superficie nello spazio, la linea riflessa è una linea spezzata mista, con segmenti rettilinei, tratti curvilinei e linee spezzate. Applicazioni di tale tipo sono anche indicate come applicazioni di visione tridimensionale.

Mediante tale assieme ottico 19 per la scansione tridimensionale è possibile ottenere una mappa delle distanze dei punti dell'oggetto inquadrato rispetto il piano del sensore elettronico dell'apparecchiatura ottica 6'' stessa. Il proiettore 15 illumina tramite la lama di luce 16 un prodotto 4 avanzato da un convogliatore lungo un percorso P di avanzamento. La lama di luce 16 giace su un piano di luce trasversale rispetto ad un piano di ispezione definito dalla superficie della faccia 4a del prodotto 4 da ispezionare. Si noti che la lama di luce 16 è anche trasversale rispetto al percorso P di avanzamento del prodotto 4, parallelo a tale piano di ispezione.

L'apparecchiatura ottica 6'' per profilo 3D è disposta in modo che il

proprio asse ottico A'' non giaccia sul piano della lama di luce 16 e formi un angolo α'' compreso fra 30° e 60° rispetto ad un asse B perpendicolare al piano di ispezione. In questo modo, l'apparecchiatura ottica 6'' per profilo 3D rileva un profilo 17 della linea luminosa generata dalla lama di luce 16 sulla faccia 4a di testa del prodotto 4, e ad ogni acquisizione tale profilo lineare 17 luminoso può essere comunicato all'unità di ispezione 3 o all'unità di controllo 2. Confrontando tale profilo lineare 17 luminoso con il profilo ottenuto rispetto ad una faccia 4a di un prodotto 4 di riferimento non difettoso, ed in base a note regole trigonometriche, l'unità di ispezione 3 ricava i dati di distanza dei punti del profilo lineare 17 luminoso dalla faccia 4a del prodotto 4.

Durante l'avanzamento del prodotto 4 lungo il percorso di avanzamento P, l'apparecchiatura ottica 6'' per profilo 3D può eseguire successive acquisizioni del profilo lineare 17, ad intervalli di tempo consecutivi e di medesima durata, determinati dalla velocità di avanzamento del prodotto 4 stesso, in modo da acquisire profili lineari contigui ed equispaziati dell'immagine complessiva. Il profilo completo tridimensionale della superficie della faccia 4a del prodotto 4, e cioè una mappa completa delle distanze dei punti della superficie della faccia 4a del prodotto 4, è ricostruito mettendo assieme e disponendo affiancati un numero determinato di profili lineari contigui, memorizzati dopo ogni acquisizione.

Si noti che tale ricostruzione del profilo completo tridimensionale a partire da un singolo profilo lineare 17 acquisito e memorizzato dall'apparecchiatura ottica 6'' può essere eseguita ad opera del

dispositivo di controllo dell'apparecchiatura ottica 6" e il profilo completo tridimensionale così ricostruito può essere comunicato all'unità di ispezione 3 o all'unità di controllo 2 come informazione dati complessa. In alternativa, la stessa ricostruzione può essere eseguita
5 dall'unità di ispezione 3 o dall'unità di controllo 2 che ricevono singoli profili lineari 17.

L'apparecchiatura ottica 6" per profilo 3D è una apparecchiatura ottica di elevate prestazioni e cioè con elevata velocità di acquisizione in successione, comprendente un sensore bidimensionale per acquisire il
10 profilo lineare luminoso 17 anche in presenza di tratti curvilinei o linee spezzate, ed è in comunicazione con l'unità di ispezione 3 o con l'unità di controllo 2, secondo modalità analoghe a quanto sopra descritto in riferimento alla apparecchiatura ottica di acquisizione di immagini.

Secondo questa variante ulteriore del metodo di ispezione ottica, in uso
15 l'unità di ispezione 3 acquisisce ed elabora almeno un'immagine acquisita da un'apparecchiatura ottica 6, elaborando il gradiente dell'intensità luminosa come illustrato in precedenza.

Se l'eventuale porzione 14 più scura o più chiara è presente nella immagine ricevuta dall'apparecchiatura ottica 6, l'assieme ottico 19
20 esegue una scansione tridimensionale per rilevare un profilo completo tridimensionale, e cioè la mappa delle distanze dei punti, della superficie della faccia 4a. Se la porzione 14 più chiara o più scura è riferita ad un oggetto distante dalla superficie della faccia 4a, e cioè una particella 18 trasportata dall'aria, un tratto 17' del profilo 17 lineare luminoso è
25 distanziato oltre un determinato valore di soglia dalla superficie della

- faccia 4a. Pur in presenza di una porzione 14 più scura o più chiara, il prodotto 4 è in questo caso non difettoso. In particolare, viene innanzitutto identificata una prima posizione nella immagine acquisita in cui è collocata la porzione 14 più chiara o più scura ed una rispettiva
- 5 posizione nel profilo tridimensionale nella quale è presente il tratto 17' distanziato dalla superficie della faccia 4a. Il prodotto 4 è giudicato come non difettoso se rispettivamente la prima posizione e la posizione nel profilo sono sostanzialmente uguali o comunque entro un intervallo di soglia di tolleranza determinato.
- 10 Se invece è presente una lacerazione e/o macchia sulla superficie della faccia 4a e quindi il prodotto 4 è da giudicare difettoso e quindi da scartare, il profilo completo tridimensionale rilevato è sostanzialmente coincidente rispetto al medesimo profilo di un prodotto non difettoso a meno di variazioni di soglia di tolleranza determinate.
- 15 L'elaborazione del profilo completo tridimensionale consente inoltre anche considerazioni aggiuntive rispetto alla identificazione di una particella trasportata dall'aria. Il profilo completo tridimensionale della superficie della faccia 4a del prodotto 4 consente di individuare le piegature dei lembi di estremità 13 e 13' presenti nella faccia 4a di un
- 20 prodotto.
- Confrontando un profilo tridimensionale rilevato tramite una scansione tridimensionale di una faccia 4a di un prodotto 4 con un profilo tridimensionale di un prodotto di riferimento non difettoso, è possibile evidenziare eventuali sbandamenti o piegature indesiderate di tali lembi
- 25 13, 13'. Si osserva che le piegature indesiderate sarebbero difficilmente

rilevate tramite una elaborazione di una immagine, in quanto non presentano un colore (o un livello di grigio) difforme in modo evidente da quello del prodotto 4 non difettoso.

Il differente contenuto informativo delle immagini acquisite dalla
5 apparecchiatura ottica 6 o 6' (atte a rilevare un gradiente di colore o di livello di grigio che evidenzi una porzione 14) e dalla apparecchiatura ottica 6'' per profilo 3D (atte a rilevare il profilo della superficie della faccia 4a che evidenzi un tratto 17' del profilo 17 lineare luminoso distanziato dalla superficie stessa), rende possibile attivare tali
10 acquisizioni quasi contemporaneamente.

Se l'apparecchiatura ottica 6 comprende un sensore matriciale, è necessario che il proiettore 15 sia spento nel momento in cui l'apparecchiatura ottica 6 acquisisce l'immagine della faccia 4a e cioè è necessario che l'acquisizione dell'immagine della faccia 4a sia
15 completata prima della acquisizione del profilo completo tridimensionale. Un ritardo tipico tra l'acquisizione dell'immagine e l'acquisizione del profilo è pari a 5 msec.

Se invece, l'apparecchiatura ottica 6 comprende un sensore lineare, è sufficiente che la lama 16 di luce non ricada sulla riga inquadrata in
20 quell'istante dal sensore lineare stesso e quindi la lama 16 di luce precede o segue sempre immediatamente la scansione operata dal sensore lineare. Le due acquisizioni sono distanziate nel tempo con un ritardo che dipende solo dalla velocità di acquisizione di una singola riga o di un singolo profilo lineare luminoso 17 che andranno a comporre
25 rispettivamente l'immagine acquisita e la mappa delle distanze. Il ritardo

tipico fra le due acquisizioni è di 0,05 msec.

Secondo una variante della forma di attuazione ulteriore del metodo di ispezione ottica, l'unità di ispezione 3 comprende un assieme ottico 19 per la scansione tridimensionale integrante anche funzionalità di acquisizione di immagini. In altre parole, viene integrata l'apparecchiatura ottica 6 di acquisizione di immagini e l'apparecchiatura ottica 6" per il profilo 3D in un'unica apparecchiatura ottica, è in grado di acquisire sia righe di scansione quali il profilo lineare luminoso 17 generato dalla lama 16 di luce laser (dal quale si ottengono informazioni relative alle distanze), che il valore della intensità luminosa punto per punto della linea luminosa generata dalla lama 16 di luce laser riflessa dal prodotto 4, nonché le informazioni sul colore dei punti della linea luminosa (di luce retrodiffusa o di *backscattering*) generata dalla lama 16 di luce laser sul prodotto 4.

In pratica l'assieme ottico 19 per la scansione tridimensionale viene dotato di un'apparecchiatura ottica di alta tecnologia, e cioè del tipo CMOS ad alta dinamica, in grado di rilevare immagini di oggetti poco illuminati e/o illuminati da una sorgente ad alta intensità luminosa del tipo a luce laser.

In conclusione, l'ispezione è rivolta ad individuare un difetto sul prodotto 4, in cui per difetto si intende una imperfezione visibile di dimensione non inferiore ad una soglia minima predefinita. Il sistema di controllo 1 rileva tali imperfezioni come una deviazione dell'immagine (o almeno una porzione 14 di essa) del prodotto 4 oltre le soglie impostate rispetto una corrispondente immagine di riferimento di un

prodotto 4 non difettoso.

I difetti sono individuati come porzioni 14 più chiare o più scure rispetto al colore (o alla tonalità di grigio) della porzione di una immagine corrispondente che ritrae un prodotto 4 non difettoso. Le porzioni 14 di
5 immagine possono essere più scure o più chiare non solo per difetti sul pacchetto, ma anche a causa di sporco, detriti, fibre di tabacco o altro che transitano nella zona inquadrata e vengono rilevate nell'immagine dal sistema di controllo 1.

L'invenzione è rivolta ad evitare l'influenza delle particelle 18 vaganti di
10 fronte al prodotto 4 inquadrato dall'apparecchiatura ottica 6. I metodi oggetto dell'invenzione sono volti ad eliminare gli effetti casuali di tali particelle 18, riducendo o eliminando i falsi scarti ed aumentando l'efficienza della macchina impacchettatrice, di pacchetti di sigarette oppure di stecche di pacchetti di sigarette. L'invenzione consente inoltre
15 la realizzazione di un sistema di controllo 1 semplice ed economico, privo di mezzi pneumatici, elaborando una prima ed una seconda immagine acquisite in successione.

Associando alla acquisizione di immagini anche una scansione tridimensionale del profilo della faccia 4a del prodotto 4 ed elaborando
20 tale profilo in associazione alle immagini acquisite da una apparecchiatura ottica 6, particelle 18 vaganti di fronte al prodotto 4 possono essere individuate ancora con maggiore precisione, risultando un tratto 17' del profilo 17 lineare luminoso distanziato oltre un determinato valore di soglia dalla superficie della faccia 4a.

25 Infine, la scansione tridimensionale del profilo della faccia 4a del

prodotto può essere usata vantaggiosamente anche individuare prodotti 4 difettosi quando la porzione 14 più scura o più chiara sul materiale d'incarto avvolto attorno al prodotto 4 è associabile ad un profilo completo tridimensionale sostanzialmente coincidente a quello di un
5 prodotto 4 non difettoso. In questo caso infatti potrebbe essere il materiale d'incarto stesso ad essere danneggiato oppure una particella trasportata dall'aria potrebbe essere collegata al prodotto 4 in modo permanente.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo di ispezione di un prodotto (4) in una macchina impacchettatrice, in cui il prodotto (4) comprende un gruppo di sigarette avvolto in materiali di incarto e la macchina è una macchina per
5 impacchettare pacchetti di sigarette oppure il prodotto (4) comprende un gruppo di pacchetti di sigarette avvolto in materiali di incarto e la macchina è una macchina per impacchettare gruppi di pacchetti di sigarette; il metodo comprendendo le fasi di: avanzare il prodotto (4) in un convogliatore della macchina, elaborare una prima immagine
10 acquisita di una faccia (4a) del prodotto (4) avanzato dal convogliatore per identificare almeno una eventuale porzione (14) più chiara o più scura della immagine rispetto ad una corrispondente immagine di un prodotto (4) non difettoso, **caratterizzato dal fatto** di comprendere inoltre, se la porzione (14) più chiara o più scura è presente nella prima
15 immagine, le fasi di: elaborare una seconda immagine della faccia (4a), la seconda immagine essendo acquisita successivamente alla prima immagine, confrontare la seconda immagine con la prima immagine e giudicare il prodotto (4) come difettoso se la porzione (14) più chiara o più scura della faccia (4a) è presente nella prima immagine e nella
20 seconda immagine nella medesima posizione.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, e comprendente la fase di predisporre un'unica prima apparecchiatura ottica (6) inquadrante la faccia (4a) del prodotto (4) per acquisire la prima immagine e la seconda immagine, la seconda immagine essendo acquisita con un ritardo al
25 massimo pari a 50 millisecondi rispetto alla acquisizione della prima

immagine, preferibilmente un ritardo compreso in un intervallo tra 10 e 40 millisecondi.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1, e comprendente la fase di predisporre una prima apparecchiatura ottica (6) ed una seconda
5 apparecchiatura ottica (6') di acquisizione di immagini, inquadranti la faccia (4a) del prodotto (4) per acquisire rispettivamente la prima e la seconda immagine, la seconda immagine essendo acquisita con un ritardo massimo pari a 50 millisecondi rispetto alla acquisizione della prima immagine, preferibilmente un ritardo compreso in un intervallo da
10 5 a 40 millisecondi.

4. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 3, e comprendente le fasi di: identificare una prima posizione della prima immagine in cui è collocata la porzione (14) più chiara o più scura; identificare una seconda
15 posizione della seconda immagine in cui è collocata l'eventuale porzione (14) più chiara o più scura; e giudicare il prodotto (4) come difettoso se rispettivamente la prima e la seconda posizione sostanzialmente coincidono.

5. Metodo secondo la rivendicazione 4, in cui la porzione (14) più chiara o più scura è associabile ad una particella (18) in volo di fronte alla
20 faccia (4a) del prodotto (4) se la prima posizione e la seconda posizione sono diverse.

6. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 3, e comprendente le fasi di: identificare una prima posizione della prima immagine in cui è collocata la porzione (14) più chiara o più scura; identificare una seconda
25 posizione della seconda immagine in cui è collocata l'eventuale porzione

(14) più chiara o più scura; calcolare una prima dimensione della porzione (14) più chiara o più scura della prima immagine; calcolare una seconda dimensione della eventuale porzione (14) più chiara o più scura della seconda immagine; e giudicare il prodotto (4) come difettoso se
5 rispettivamente la prima e la seconda posizione sostanzialmente coincidono e la prima e la seconda dimensione sostanzialmente coincidono.

7. Metodo secondo la rivendicazione 6, in cui in cui la porzione (14) più chiara o più scura è associabile ad una particella (18) in volo di fronte
10 alla faccia (4a) del prodotto (4) se la prima posizione e la seconda posizione sono diverse oppure se la prima e la seconda posizione sostanzialmente coincidono e la prima e la seconda dimensione sono diverse.

8. Metodo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui la faccia
15 (4a) del prodotto (4) definisce sostanzialmente un piano, ed il metodo comprende la fase di disporre la prima apparecchiatura ottica (6) presentante asse ottico (A) e/o la seconda apparecchiatura ottica (6') presentante asse ottico (A') inclinata e/o inclinate rispetto al piano, in modo da definire rispettivamente un angolo (α) e/o un angolo (α')
20 determinato, in particolare compreso fra 10° e 30° , tra l'asse ottico (A) ed un asse (B) perpendicolare al detto piano e/o tra l'asse ottico (A') ed un asse (B) perpendicolare al detto piano.

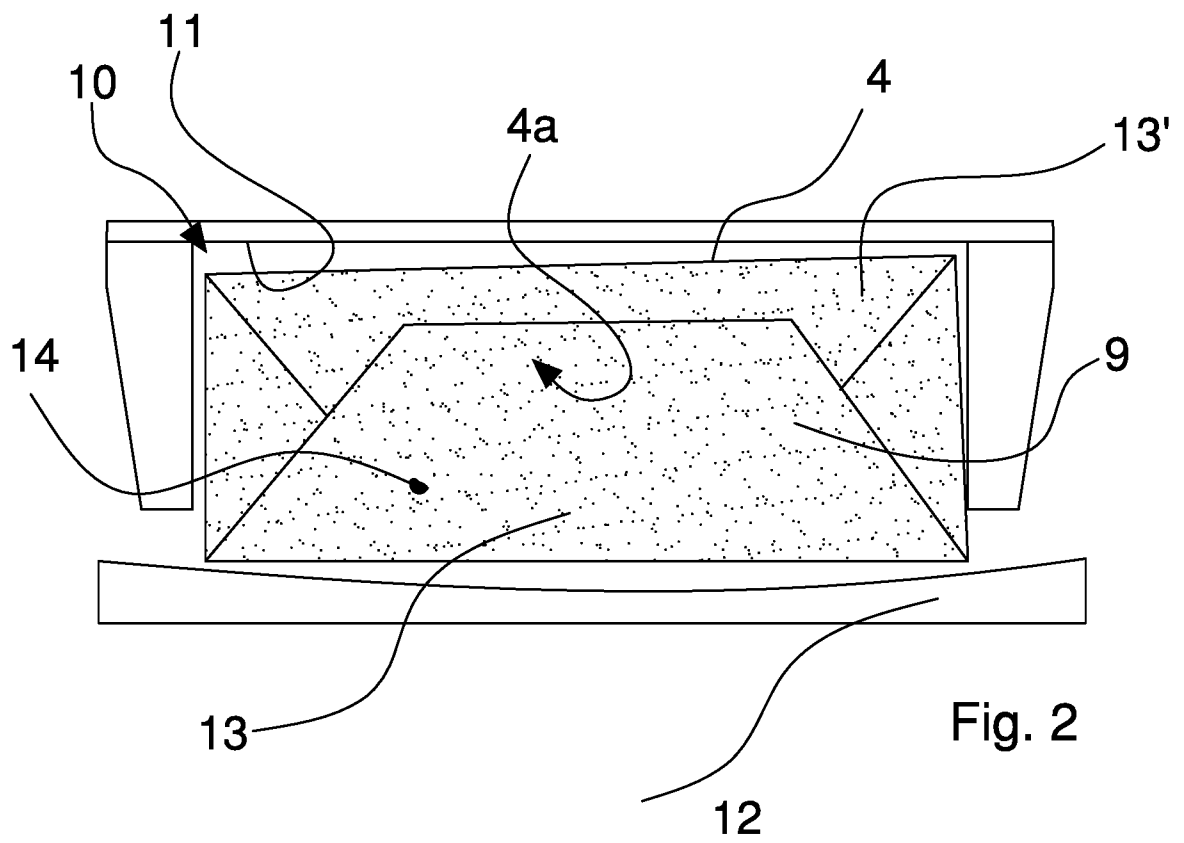
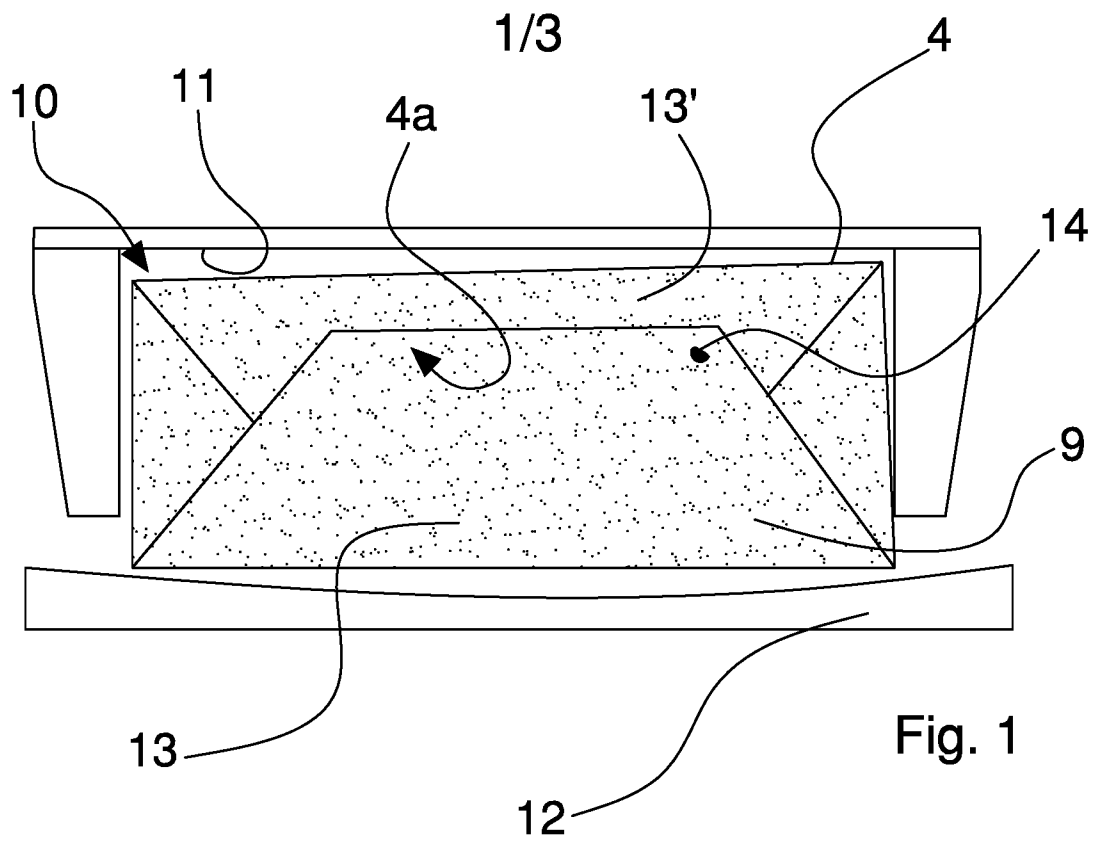
CLAIMS

1. Method for inspection of a product (4) in a packaging machine, wherein the product (4) comprises a group of cigarettes wrapped in wrapping materials and the machine is a machine for packaging packets
5 of cigarettes; or the product (4) comprises a group of packets of cigarettes wrapped in wrapping materials and the machine is a machine for packaging groups of packets of cigarettes; the method comprising the steps of: advancing the product (4) in a conveyor of the machine, processing a first acquired image of a face (4a) of the product (4)
10 advanced from the conveyor such as to identify at least a possible portion (14) of the image clearer or darker than a correspondent image of a non defective product, **characterized in that** the method further comprises, if the clearer or darker portion (14) is present in the first image the steps of: processing a second image of the face (4a) acquired
15 after said first image, comparing said second image with said first image and evaluating the product (4) as defective if the clearer or darker portion (14) of the face (4a) is present in the first image and in the second image in the same position.
2. Method according to claim1, and comprising the step of providing a
20 single first optical apparatus (6) framing the face (4a) of the product (4) for acquiring the first image and the second image, the second image being acquired with a delay at maximum equal to 50 msec. with respect to the acquisition of the first image, preferably a delay comprised in a range from 10 to 40 msec.
- 25 3. Method according to claim 1, and comprising the step of providing a

- first optical apparatus (6) and a second optical apparatus framing the face (4a) of the product (4) for acquiring respectively the first and the second image, the second image being acquired with a delay at maximum equal to 50 msec. with respect to the acquisition of the first image, preferably a
5 delay comprised in a range from 5 to 40 msec.
4. Method according to any one of claims 1 to 3, and comprising the steps of identifying a first position of the first image in which the clearer or darker portion (14) is positioned; identifying a second position of the second image in which the respective possible clearer or darker portion
10 (14) is positioned; evaluating the product (4) as defective if the first and second position substantially coincide.
5. Method according to claim 4, wherein the clearer or darker portion (14) is associable to an airborne particle (18) facing the face (4a) of the product if the first position and the second position are different.
- 15 6. Method according to any one of claims 1 to 3, and comprising the steps of: identifying a first position of the first image in which the clearer or darker portion (14) is positioned; identifying a second position of the second image in which the respective possible clearer or darker portion (14) is positioned; calculating a first dimension of the clearer or
20 darker portion (14) of the first image; calculating a second dimension of the clearer or darker possible portion (14) of the second image; evaluating the product (4) as defective if respectively the first and second position substantially coincide and the first and the second portion substantially coincide.
- 25 7. Method according to claim 6, wherein the clearer or darker portion

(14) is associable to an airborne particle (18) if the first and second position are different or if if the first and second position substantially coincide and the first and the second dimensions are different.

8. Method according to any preceding claims, wherein the face (4a) of
5 the product (4) define substantially a plane, and the method comprises the step of providing the first optical apparatus (6) having an optical axis (A) inclined with respect to the plane and/or the second optical apparatus (6') having optical axis (A') inclined with respect to the plane, such as to define respectively a preset angle (α) and/or a preset angle (α'), in
10 particular comprised in the range from 10° to 30° , between the optical axis (A) and an axis (B) at right angles to said plane and/or the optical axis (A') and an axis (B) at right angles to said plane.



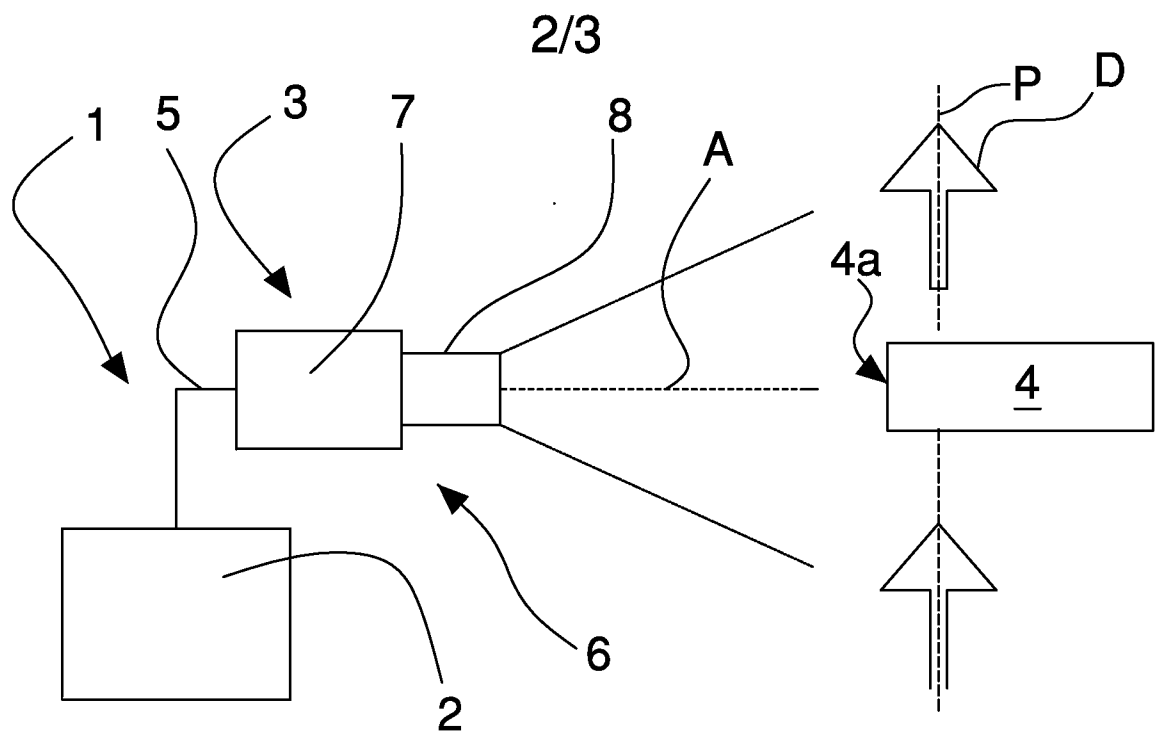


Fig. 3

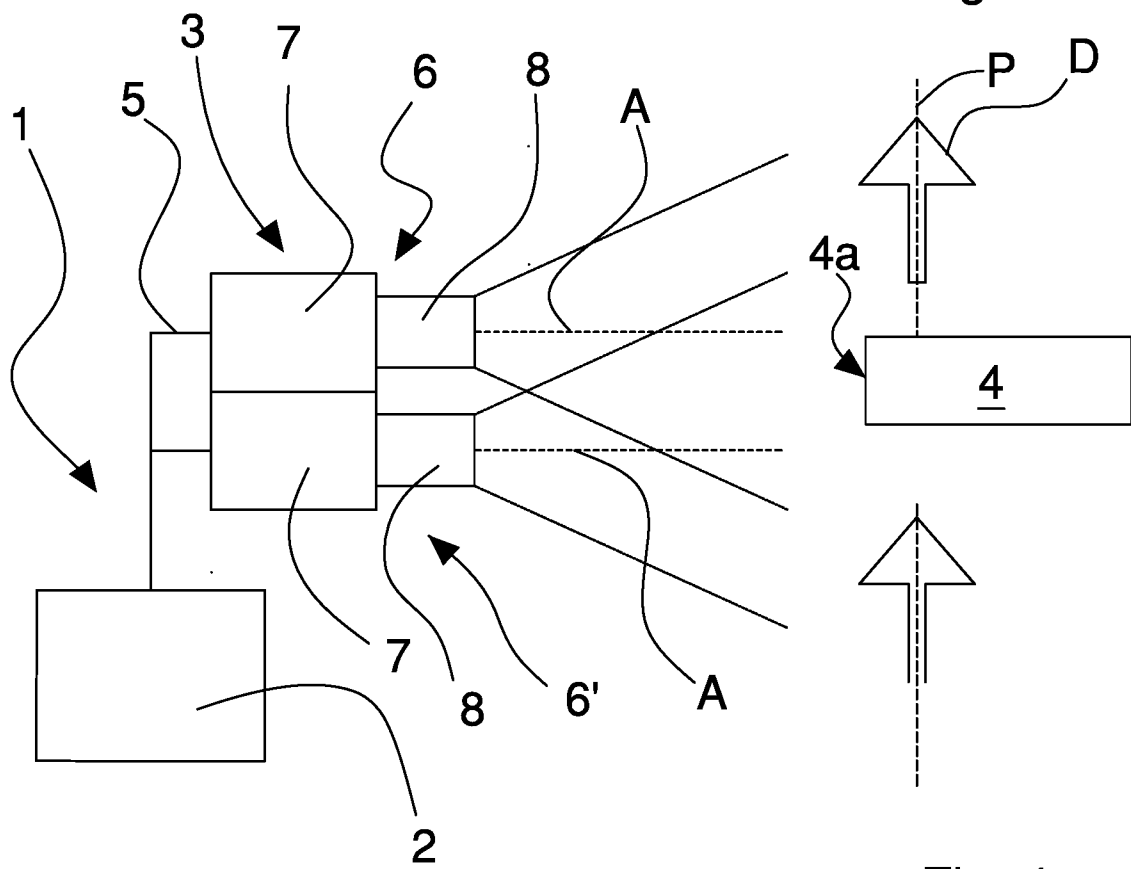


Fig. 4

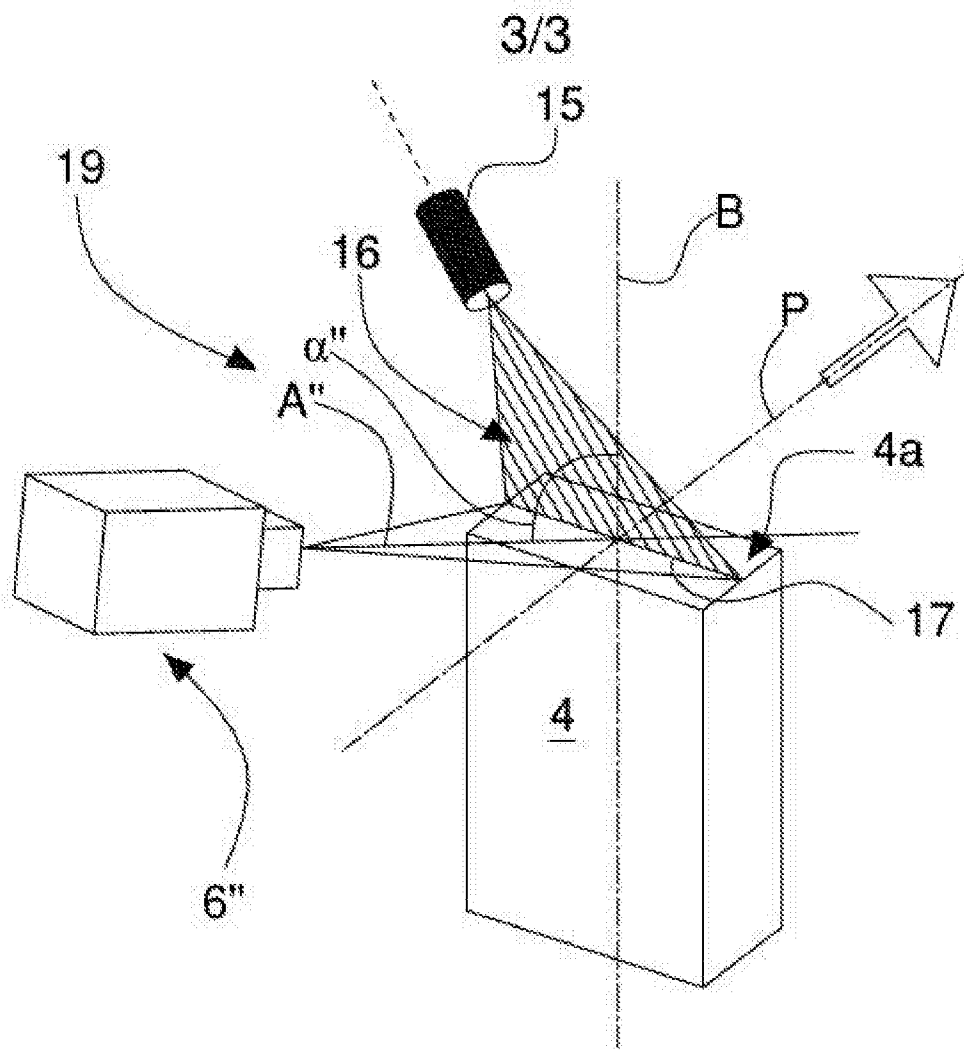


Fig. 5

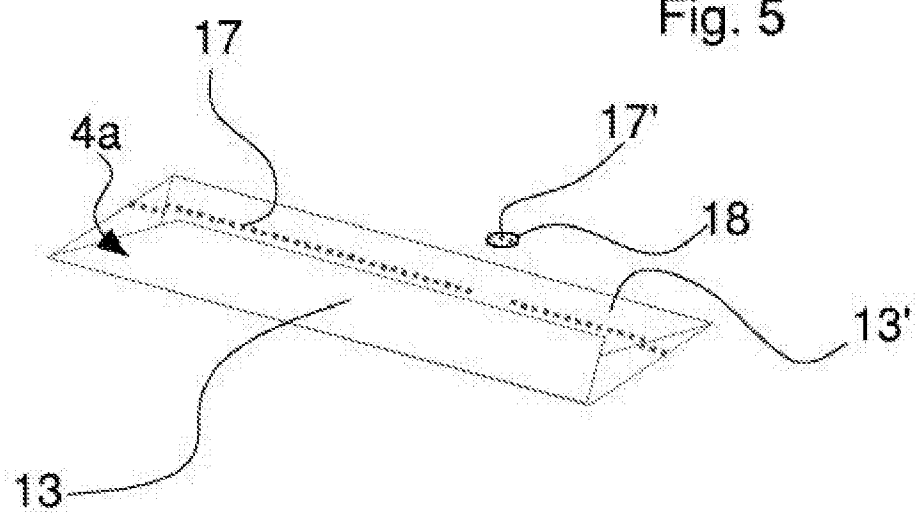


Fig. 6