

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	10202000004246
Data Deposito	28/02/2020
Data Pubblicazione	28/08/2021

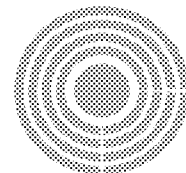
Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N	23	046

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N	33	46

Titolo

APPARECCHIATURA E METODO PER ESEGUIRE UNA TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA DI UN OGGETTO CHE PRESENTI FORMA ALLUNGATA, IN PARTICOLARE TAVOLE DI LEGNO



DESCRIZIONE

annessa a domanda di brevetto per invenzione industriale avente per titolo:
APPARECCHIATURA E METODO PER ESEGUIRE UNA TOMOGRAFIA
COMPUTERIZZATA DI UN OGGETTO CHE PRESENTI FORMA
5 ALLUNGATA, IN PARTICOLARE TAVOLE DI LEGNO

A nome : MICROTEC S.r.l.
Con sede a : BRESSANONE (BZ) – Via Julius Durst n. 98
Inventore designato : Enrico Ursella
Mandatario : Ing. Simone Ponchioli c/o Ruffini Ponchioli e
10 Associati S.r.l.

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione ha per oggetto una apparecchiatura e un metodo per
eseguire una tomografia computerizzata di un oggetto che presenti forma
15 allungata lungo un asse principale di sviluppo, in particolare di oggetti di
dimensione relativamente elevata, quali le tavole di legno comunemente
trattate nelle segherie.

Nel contesto della presente invenzione con esame tomografico si intende la
ricostruzione di un modello tridimensionale costituito da una pluralità di voxel,
20 e che sia correlato alla densità dell'oggetto. In particolare, ad ogni voxel
possono essere associati sia valori correlati alla densità assoluta dell'oggetto
in quella zona, sia valori correlati alla variazione di densità in quella zona
(quali valori rappresentativi del gradiente di densità). Nel contesto della
presente descrizione e delle rivendicazioni allegate, rientrano nella
25 definizione di modello tridimensionale ottenuto con un esame tomografico,
anche modelli che presentino approssimazioni più o meno grandi rispetto ai
valori reali; ciò che conta è che il modello sia adeguato al tipo di informazione
che si intende ottenere (ad esempio, per rilevare la presenza o meno di
corpi estranei solidi in un oggetto può essere sufficiente anche una
30 valutazione molto approssimata della variazione locale di densità).

La presente invenzione è stata inizialmente messa a punto proprio con riferimento alla lavorazione delle tavole di legno all'interno degli impianti per la lavorazione del legname. A tale applicazione si farà quindi principalmente riferimento nel seguito. Ciò nonostante, la presente invenzione deve essere
5 intesa applicabile anche a qualsiasi altro oggetto di forma allungata, quali i prodotti realizzati in materie plastiche, metalliche o composite; ad esempio può essere applicata per profilati, stampati o prodotti di fusione ma anche pezzi realizzati o assemblati di grande dimensione che hanno spesso necessità di essere verificati.

10 Come è noto, la tomografia è una tecnica di indagine non distruttiva, che può essere utilizzata sia per indagini a campione sia in una linea di produzione industriale per l'analisi sistematica dei pezzi prodotti.

Questo secondo utilizzo non è tuttavia molto diffuso nell'industria, in quanto quasi tutti i tomografi esistenti sono troppo lenti, e comunque permettono un
15 basso numero di scansioni ora, dell'ordine di qualche unità all'ora.

Tra le soluzioni realizzative più performanti attualmente presenti sul mercato, ci sono quelle messe a punto dalla richiedente che sono in grado di fare tomografie in ambiente industriale e che permettono di lavorare con oggetti che avanzano su un trasportatore con velocità comprese tra 40 m/min e 180
20 m/min. Si tratta di apparecchiature che comprendono un gantry rotante, che ruota attorno alla direzione di avanzamento degli oggetti da esaminare, e in cui il moto combinato degli oggetti e del gantry determina un irradiazione elicoidale dell'oggetto stesso.

Nel caso di oggetti di forma allungata, questa velocità lineare non è però
25 sufficiente a garantire le produttività richieste dai moderni impianti industriali. Ad esempio, negli impianti di lavorazione di tavole di legno, una velocità di lavorazione di 40 tavole/min è abbastanza comune, ma si arriva spesso anche a 100 tavole/min. Considerando che la lunghezza tipica di una tavola è di 6 metri, e tenendo conto di avere un gap, per quanto ridotto, tra due
30 tavole successive, questa produttività corrisponde ad una velocità delle

tavole sul trasporto longitudinale compresa tra 300 m/min e 1000 m/min.

Realizzare un tomografo che permetta effettuare una tomografia a queste velocità sarebbe molto complicato e costoso.

Va peraltro evidenziato che problemi analoghi si manifestano anche per tutte
5 le altre misurazioni e controlli che devono essere effettuati sulle tavole (quali
scansioni basate su telecamere a colori, scatter laser e raggi X). Per tali
sistemi di misura, le soluzioni industriali si stanno sempre più orientando a
soluzioni in cui la misura viene effettuata durante il trasporto trasversale delle
tavole. Infatti, dato che la larghezza tipica di una tavola di legno è di 30 cm,
10 in questo modo è possibile misurare ad esempio 100 tavole/min con una
velocità di avanzamento di circa 60 m/min, ben inferiore ai 1000 m/min che
servirebbero invece in caso di avanzamento longitudinale.

Per quanto riguarda i vantaggi che una indagine tomografica delle tavole di
legno dà rispetto a tutti gli altri metodi di indagine utilizzati, il principale è la
15 possibilità di valutare le seguenti caratteristiche (la maggior parte delle quali
non è misurabile con le comuni tecniche di esame basate su osservazione
dall'esterno o esecuzione di semplici radiografie):

- la posizione del midollo all'interno della tavola;
- la forma del nodo all'interno della tavola, in particolare per calcolare l'indice
20 "Knot displacement" spesso utilizzato nelle norme nordamericane di
valutazione della qualità del legname;
- la dimensione dei nodi sani;
- la presenza di crepe interne o comunque non perpendicolari alla superficie;
- la presenza di sacche di resina superficiali o interne;
- 25 • l'andamento della direzione della fibra.

Nel caso di applicazioni in altri settori, l'esame tomografico può essere
utilizzato per il controllo di qualità di prodotti di forma allungata realizzati in
materie plastiche, metalliche o composite, quali profilati, stampati o prodotti
di fusione ma anche pezzi realizzati o assemblati di grande dimensione. I
30 risultati delle indagini tomografiche possono essere utilizzati sia per scartare

i pezzi non conformi sia per comandare le lavorazioni successive.

Sebbene disporre di un tomografo in grado di esaminare oggetti allungati, ed in particolare tavole di legno, mentre avanzano disposte trasversali rispetto alla direzione di avanzamento possa apparire assolutamente auspicabile, la
5 sua realizzazione si scontra con ostacoli tecnici apparentemente insormontabili, perlomeno a costi accettabili per le applicazioni industriali.

Per quanto a conoscenza della richiedente, ad esempio, il massimo diametro di scansione di un tomografo attualmente sul mercato è di 1 metro circa, e realizzarne uno da 6 metri (in grado cioè di ospitare tavole di lunghezza tipica)

10 appare tecnicamente molto complesso (necessità di utilizzare sensori giganteschi e di mettere in rotazione masse molto elevate con velocità tangenziali altrettanto elevate) ed economicamente insostenibile (senza considerare l'ingombro che un simile tomografo avrebbe all'interno dello stabilimento).

15 In questo contesto il compito tecnico alla base della presente invenzione è mettere a punto una apparecchiatura e un metodo per eseguire una tomografia computerizzata di oggetti di forma allungata, che pongano rimedio agli inconvenienti citati.

È in particolare compito tecnico della presente invenzione mettere a punto
20 una apparecchiatura e un metodo per eseguire una tomografia computerizzata di oggetti di forma allungata, che abbiano un costo paragonabile a quello delle apparecchiature attualmente note ma che permettano di soddisfare le produttività richieste dal mercato anche per oggetti di grandi dimensioni quali le tavole di legno.

25 Il compito tecnico e gli scopi indicati sono sostanzialmente raggiunti da una apparecchiatura e da un metodo per eseguire una tomografia computerizzata di oggetti di forma allungata, in accordo con quanto descritto nelle unite rivendicazioni.

Ulteriori caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione appariranno
30 maggiormente evidenti dalla descrizione dettagliata di alcune forme di

esecuzione preferite, ma non esclusive, di una apparecchiatura e un metodo per eseguire una tomografia computerizzata di oggetti di forma allungata, illustrate negli uniti disegni, in cui:

- 5 - la figura 1 mostra, in vista frontale schematica, una zona di scansione di una apparecchiatura in accordo con una prima forma realizzativa della presente invenzione;
- la figura 2 mostra, ingrandito il particolare II di figura 1;
- la figura 3 mostra, in vista laterale schematica, la zona di scansione di figura 1, in una prima configurazione operativa;
- 10 - la figura 4 mostra la zona di scansione di figura 3, in una seconda configurazione operativa;
- la figura 5 mostra, in vista dall'alto schematica, la zona di scansione di figura 1 con illustrate alcune parti non visibili in figura 1;
- la figura 6 mostra, in vista dall'alto schematica, l'incidenza di diversi fasci di raggi X su un dispositivo di rilevazione dell'apparecchiatura di figura 5;
- 15 - la figura 7 mostra, in vista laterale schematica, una zona di scansione di un'apparecchiatura in accordo con una seconda forma realizzativa della presente invenzione, in una prima configurazione operativa;
- le figure da 8 a 11 mostrano la zona di scansione di figura 7, durante una successione di configurazioni operative che determinano il rovesciamento di una tavola rispetto alla posizione di partenza illustrata in figura 7 ;
- 20 - la figura 12 mostra, in vista laterale schematica, una zona di scansione di un'apparecchiatura in accordo con una terza forma realizzativa della presente invenzione in una prima configurazione operativa;
- 25 - le figure da 13 a 16 mostrano la zona di scansione di figura 12, durante una successione di configurazioni operative che determinano il rovesciamento di una tavola rispetto alla posizione di partenza illustrata in figura 12; e
- la figura 17 mostra, in vista dall'alto schematica, l'incidenza di diversi fasci di raggi X, su due sensori distinti di un dispositivo di rilevazione di una apparecchiatura realizzata in accordo con un ulteriore forma realizzativa della
- 30

presente invenzione.

Nel seguito verranno inizialmente descritte alcune forme realizzative preferite dell'apparecchiatura oggetto della presente invenzione e successivamente il metodo oggetto della presente invenzione. Si noti che il metodo oggetto della
5 presente invenzione, può essere attuato sia tramite l'apparecchiatura descritta e rivendicata, sia con altre apparecchiature adatte allo scopo.

In ogni caso, quanto verrà descritto con riferimento, rispettivamente, all'apparecchiatura e al metodo, deve essere inteso come valido
10 rispettivamente, anche per il metodo e per l'apparecchiatura se tecnicamente possibile.

L'idea inventiva alla base della presente invenzione è stata quella di eseguire la tomografia degli oggetti 1 allungati facendoli avanzare lungo una direzione di avanzamento 2 disposti con il proprio asse principale di sviluppo 3
15 trasversale (preferibilmente perpendicolare) alla direzione di avanzamento 2 stessa, facendo ruotare gli oggetti 1 attorno al proprio asse principale di sviluppo 3 anziché attorno ad un asse parallelo alla direzione di avanzamento 2, ed eseguendo la tomografia utilizzando un sistema radiografico fermo, disposto trasversalmente alla direzione di avanzamento 2. Trattandosi di
20 oggetti 1 lunghi, poi, è vantaggiosamente previsto di utilizzare sorgenti multiple di raggi X ciascuna delle quali irradia solo una porzione dell'oggetto 1; tale porzione di oggetto 1, nel seguito definita come "porzione assiale 4" è identificabile come una sorta di fetta dell'oggetto 1, che comprende l'intera larghezza e l'intero spessore dell'oggetto 1, ma che si sviluppa solo lungo una parte dell'asse principale di sviluppo 3. Nel contesto della presente
25 descrizione, quindi, la "porzione assiale 4" così definita non deve essere intesa come una parte dell'oggetto 1 separata dal resto, ma come un semplice sottoinsieme del suo volume che si estende tra due posizioni lungo l'asse principale di sviluppo 3 e che è interessato da un unico fascio 11 di raggi X.

30 Lungo l'asse principale di sviluppo 3 di ciascun oggetto 1 possono quindi

essere identificabili una pluralità di porzioni assiali 4 dell'oggetto 1 stesso, che possono essere tra loro anche in parte sovrapposte.

L'apparecchiatura oggetto della presente invenzione comprende in primo luogo un trasportatore 5 configurato per trasportare lungo una direzione di avanzamento 2, oggetti 1 disposti su un piano di avanzamento 6 con il proprio
5 asse principale di sviluppo 3 trasversale alla direzione di avanzamento 2 stessa. Analogamente a quanto accade in tutti i tomografi noti dotati di trasportatore 5, anche il trasportatore 5 in accordo con la presente invenzione è configurato per trasportare gli oggetti 1 da una zona di ingresso ad una
10 zona di uscita (non illustrate) facendoli passare attraverso almeno una zona di scansione 7. il piano di avanzamento 6 è parallelo sia alla direzione di avanzamento 2 sia all'asse principale di sviluppo 3 degli oggetti 1 e, preferibilmente, è orizzontale.

Nella forma realizzativa preferita illustrata nelle unite figure, il trasportatore 5
15 è un trasportatore 5 a catene 8 affiancate.

In modo di per sé noto, almeno la zona di scansione 7, ma preferibilmente anche l'intero trasportatore 5, saranno poi circondati da apposite schermature per raggi X (non illustrate), atte a limitare il più possibile la fuoriuscita di raggi X dalla zona di scansione 7, verso l'ambiente circostante.
20 In corrispondenza della zona di scansione 7, l'apparecchiatura comprende una pluralità di emettitori 9 di raggi X e un dispositivo di rilevazione 10 di raggi X affacciati tra loro e al trasportatore 5. Gli emettitori 9 di raggi X e il dispositivo di rilevazione 10 di raggi X sono fermi rispetto al trasportatore 5 e sono disposti da parti opposte del piano di avanzamento 6 da esso definito,
25 vale a dire gli emettitori 9 di raggi X sono posti, rispettivamente, o sopra o sotto al piano di avanzamento 6 e il dispositivo di rilevazione 10 di raggi X è conseguentemente posto, rispettivamente, o sotto o sopra rispetto a tale piano. I fasci di raggi X sono inoltre emessi con un asse centrale trasversale al piano di avanzamento 6 e preferibilmente perpendicolare ad esso.

30 Una unità elettronica di elaborazione e controllo (non illustrata) è

programmata per elaborare una ricostruzione tomografica tridimensionale dell'oggetto 1 utilizzando le rilevazioni del dispositivo di rilevazione 10, analogamente a quanto avviene in tutti i tomografi computerizzati, ma secondo le specifiche modalità descritte nel seguito.

5 Gli emettitori 9 di raggi X hanno la funzione di emettere in uso rispettivi fasci 11 di raggi X verso ciascun oggetto 1 che attraversa la zona di scansione 7. Vantaggiosamente ogni emettitore 9 di raggi X emette un fascio 11 di raggi X, preferibilmente di tipo divergente (vale a dire di tipo "cone beam"). Preferibilmente inoltre ciascun fascio 11 di raggi X è emesso con sezione
10 trasversale sostanzialmente rettangolare.

Ciascun fascio 11 di raggi X, perpendicolarmente ad un proprio asse centrale, presenta una dimensione longitudinale (parallela cioè alla direzione di avanzamento 2) sufficientemente ampia da interessare l'intera larghezza dell'oggetto 1 durante tutta la sua rotazione attorno all'asse principale di
15 sviluppo 3, e una dimensione trasversale (perpendicolare alla direzione di avanzamento 2) inferiore alla larghezza del trasportatore 5 (nonché inferiore alla lunghezza massima prevista per gli oggetti 1 da esaminare). Ogni fascio 11 di raggi X, quindi, ha una dimensione sufficiente a coprire una porzione assiale 4 dell'oggetto 1 in tutto il tempo necessario per l'ottenimento dei dati
20 radiografici necessari per la ricostruzione tomografica, secondo le modalità descritte nel seguito.

Allo scopo di garantire che l'oggetto 1 sia sottoposto all'esame tomografico lungo tutta la propria estensione assiale principale, i fasci 11 di raggi X emessi dagli emettitori 9 di raggi X sono tra loro sfalsati con riferimento alla direzione
25 di avanzamento 2. In particolare, il fascio 11 di raggi X emesso da ciascun emettitore 9 di raggi X è sfalsato rispetto ai fasci 11 di raggi X emessi dagli altri emettitori 9 di raggi X, in modo che ciascun fascio 11 di raggi X irradia una porzione assiale 4 di ciascun oggetto 1 almeno in parte distinta dalle porzioni assiali 4 irradiate dagli altri fasci 11 di raggi X. In altri termini, i fasci 11 di raggi
30 X sono disposti in modo tale che le proiezioni su una retta perpendicolare alla

direzione di avanzamento 2, delle loro intersezioni con il piano di avanzamento 6, sono almeno in parte sfalsate e, preferibilmente, coprono l'intera larghezza del trasportatore 5.

In accordo con una prima forma realizzativa preferita, gli emettitori 9 di raggi X sono raggruppati in un unico gruppo e sono configurati in modo tale da emettere rispettivi fasci 11 di raggi X affiancati uno all'altro, in successione, in direzione trasversale alla direzione di avanzamento 2. Tale risultato può essere vantaggiosamente ottenuto allineando gli emettitori 9 di raggi X lungo una direzione perpendicolare alla direzione di avanzamento 2 come illustrato per esempio in figura 1, 5 e 6. In figura 6, in particolare, è illustrato il risultato che si può ottenere sulla superficie del dispositivo di rilevazione 10 dei raggi X; nell'esempio sono illustrati quattro fasci 11 di raggi X, la cui incidenza sulla superficie del dispositivo di rilevazione 10 è schematizzata (per ciascuno) da un rettangolo con tratteggio inclinato a destra o a sinistra.

In accordo con una forma realizzativa particolarmente preferita, allo scopo di garantire che tutte le porzioni assiali 4 dell'oggetto 1 siano interessate da almeno un fascio 11 di raggi X, gli emettitori 9 di raggi X sono configurati in modo tale che le direzioni di irradiazione di fasci 11 di raggi X adiacenti, si estendano in volumi che interferiscono tra loro almeno in parte (nel seguito si intenderà fare riferimento a questa interferenza tra volumi definiti dalle direzioni di irradiazione anche quando, per semplicità, si parlerà semplicemente di interferenza tra fasci 11 di raggi X). In particolare, come illustrato in figura 1 e 2, allo scopo di garantire che l'intero oggetto 1 sia sottoposto all'esame tomografico, è preferibilmente previsto che la zona di interferenza 12 tra i volumi definiti dalle direzioni di irradiazione dei fasci 11 di raggi X adiacenti, inizi ad una quota, rispetto al piano di avanzamento 6, superiore allo spessore massimo previsto per gli oggetti 1 da esaminare. Si noti che quando vi è interferenza tra due fasci 11 di raggi X distinti, ciò avviene anche in corrispondenza del dispositivo di rilevazione 10. Nel seguito verrà spiegato che problemi ciò possa comportare, e verranno indicate le

soluzioni preferite ideate dalla richiedente.

In una diversa forma realizzativa, proprio allo scopo di evitare zone di sovrapposizione del tipo appena descritto, gli emettitori 9 di raggi X sono invece raggruppati in due o più gruppi (in figura 17 è illustrato il caso di due
5 soli gruppi).

Anche in questo caso gli emettitori 9 di raggi X di ciascun gruppo sono configurati in modo tale da emettere rispettivi fasci 11 di raggi X che siano allineati lungo una rispettiva retta trasversale alla direzione di avanzamento 2. Ciò che cambia rispetto al caso precedente è che le rette di allineamento
10 dei vari gruppi sono tra loro distanziate lungo la direzione di avanzamento 2, e che gli emettitori 9 di raggi X sono distribuiti nei due o più gruppi, in modo tale che le porzioni assiali 4 dell'oggetto 1 irradiate dai fasci 11 di raggi X emessi da due emettitori 9 adiacenti di un medesimo gruppo, siano separate da almeno una porzione irradiata anche da un fascio 11 di raggi X emesso
15 da un emettitore 9 di raggi X di un diverso gruppo. Un esempio di questa soluzione realizzativa è illustrato in figura 17, dove, analogamente a quanto descritto con riferimento alla figura 6, è illustrata la interferenza tra i fasci 11 di raggi X e il dispositivo di rilevazione 10, questa volta costituito da due sensori affiancati.

20 Come nel caso illustrato in figura 17, nella forma realizzativa preferita gli emettitori 9 di raggi X di ciascuno dei due gruppi sono configurati in modo tale che i fasci 11 di raggi X siano complessivamente disposti a quinconce.

Per quanto riguarda il dispositivo di rilevazione 10 di raggi X, analogamente a quelli noti, esso è configurato per generare, in uso, dati radiografici che
25 rappresentano, in formato elettronico, l'intensità dei raggi X che lo colpiscono.

In particolare, esso è configurato per generare dati radiografici che rappresentano, in formato elettronico, l'intensità residua dei raggi X emessi dagli emettitori 9 di raggi X che raggiungono il dispositivo di rilevazione 10, in particolare di quelli che lo raggiungono dopo aver attraversato un oggetto
30 1 posto nella zona di scansione 7.

Nelle forme realizzativa preferite, il dispositivo di rilevazione 10 di raggi X comprende o uno o più sensori 13 bidimensionali, rivolti verso gli emettitori 9 di raggi X, e vantaggiosamente disposti in un piano perpendicolare ad un asse centrale di ciascun fascio 11 di raggi X rivolto verso di essi. Ciascun
5 sensore 13 bidimensionale può essere configurato per ricevere raggi X appartenenti o a un unico fascio 11 di raggi X o a una pluralità di fasci 11 distinti di raggi X. Ciascun sensore 13 vantaggiosamente comprende inoltre una matrice bidimensionale di celle di rilevazione.

In particolare, in una forma realizzativa particolarmente preferita, ciascun
10 sensore 13 bidimensionale è configurato per ricevere raggi X appartenenti a una pluralità di fasci 11 di raggi X distinti, preferibilmente quelli di tutti i fasci 11 di raggi X emessi dagli emettitori 9 di raggi X di un medesimo gruppo.

Nel caso in cui sia prevista una sovrapposizione tra fasci 11 di raggi X adiacenti, sulla superficie del dispositivo di rilevazione 10 sono identificabili
15 aree di sovrapposizione 14, vale a dire aree di superficie che sono intersecate da direzioni di irradiazione di raggi X appartenenti a due fasci 11 di raggi X distinti (vedasi in figura 6 le aree che presentano un doppio tratteggio).

Come accennato sopra, questo potrebbe creare un problema nella ricostruzione perché i metodi di ricostruzione tomografica comunemente
20 utilizzati richiedono che i sensori 13 rilevino ciascuno raggi X provenienti da una sola sorgente.

D'altra parte, visto che i raggi X vengono emessi con forma divergente da emettitori 9 quasi puntiformi, e dato che gli oggetti 1 da misurare hanno uno spessore non nullo, le alternative possibili sono solo due: o si lasciano zone
25 dell'oggetto 1 che non siano irradiate da alcun fascio 11 di raggi X, oppure si deve accettare che vi siano aree interessate da due sorgenti.

Nel caso della prima alternativa, ciascun sensore 13 bidimensionale configurato per ricevere raggi X appartenenti a una pluralità di fasci 11 di raggi X distinti, è vantaggiosamente disposto in modo tale che su una sua
30 superficie di rilevazione ciascuna area riceva raggi X esclusivamente da un

fascio 11 di raggi X. In questo caso tuttavia, l'unità elettronica di elaborazione e controllo dovrà essere programmata per elaborare la ricostruzione tomografica dell'oggetto 1 trascurando le parti dell'oggetto 1 che non siano attraversate da fasci 11 di raggi X. Si noti che la dimensione delle parti
5 dell'oggetto 1 non attraversate da fasci 11 di raggi X, cresce all'aumentare sia dell'inclinazione dei raggi X sia dello spessore dell'oggetto 1.

Nelle forme realizzative preferite, comunque, si preferisce adottare la seconda alternativa sopra indicata, cioè accettare che vi siano aree potenzialmente interessate da due sorgenti in contemporanea, cercando di
10 ovviare in altro modo ai problemi che questo può comportare per la ricostruzione tomografica.

In accordo con una prima soluzione realizzativa, l'apparecchiatura comprende uno o più shutter associati a ciascuna coppia di fasci 11 di raggi X cui corrisponde un'area di sovrapposizione 14. Come è noto, gli shutter
15 sono dei dispositivi elettrici o elettromeccanici, in grado di bloccare e riattivare l'emissione di raggi X in modo molto veloce. Gli shutter sono sincronizzati con il dispositivo di rilevazione 10 per schermare selettivamente ed alternatamente, in ciascun istante di rilevazione, uno dei due fasci 11 di raggi X impedendogli di raggiungere l'area di sovrapposizione 14. In questo modo
20 è quindi possibile "attivare" alternativamente solo uno dei due fasci 11 di raggi X, evitando che due emettitori 9 in contemporanea possano irradiare la stessa zona di sensore 13.

In accordo con una seconda soluzione realizzativa, si utilizzano invece dei collimatori posti di fronte alle aree di sovrapposizione 14, atti a schermare i
25 raggi X che provengono da direzioni diverse rispetto ad una direzione predefinita.

L'apparecchiatura comprende quindi un organo di collimazione associato a ciascuna area di sovrapposizione 14. Nel contesto della presente invenzione, con la definizione organo di collimazione si intende preferibilmente un
30 insieme di sottili lamelle disposte in modo analogo alle griglie anti-scatter,

realizzate di un materiale in grado di assorbire i raggi X provenienti da direzioni diverse rispetto a quella desiderata. In corrispondenza di ciascuna cella di rilevazione, l'organo di collimazione è configurato per schermare selettivamente i raggi X di uno dei due fasci 11 e lasciar passare i raggi X dell'altro fascio; in questo modo i raggi X di ciascuno dei due fasci 11 di raggi X possono raggiungere selettivamente solo un gruppo delle celle di rilevazione di ciascuna area di sovrapposizione 14. Preferibilmente, le celle di rilevazione di ciascun gruppo sono inoltre uniformemente distribuite nell'area di sovrapposizione 14 stessa. Agendo in questo modo, in corrispondenza della zona di sovrapposizione si ottiene una risoluzione di rilevazione che è pari alla metà della risoluzione nelle altre zone del dispositivo di rilevazione 10. Per ripartire nel modo più uniforme possibile le celle di rilevazione nei due gruppi, in accordo con le forme realizzative preferite la ripartizione viene fatta per file, con riferimento alle file di celle di rilevazione che nella zona di sovrapposizione si estendono perpendicolarmente alla direzione di avanzamento 2; tutte le celle di rilevazione di una fila vengono assegnate a un gruppo, tutte le celle di rilevazione delle due file adiacenti alla prima, all'altro gruppo.

In accordo con una ulteriore forma realizzativa l'unità elettronica di elaborazione e controllo è programmata per elaborare la ricostruzione tomografica tridimensionale dell'oggetto 1, almeno in corrispondenza delle parti dell'oggetto 1 attraversate da raggi X diretti verso le aree di sovrapposizione 14, utilizzando algoritmi iterativi di ricostruzione tomografica.

Un esempio di algoritmo di questo tipo che potrebbe essere utilizzato a questo scopo è descritto nell'articolo Beister, Marcel, Daniel Kolditz, and Willi A. Kalender. "*Iterative reconstruction methods in X-ray CT.*" *Physica medica* 28.2 (2012): 94-108.

In tutti i metodi iterativi si presuppone di avere una prima ricostruzione (ad esempio basata sulle ricostruzioni ottenibili per le porzioni assiali 4 adiacenti

non interessate da sovrapposizione), calcolare tramite ray-tracing le proiezioni radiografiche che si sarebbe dovuto ottenere se l'oggetto 1 corrispondesse effettivamente alla ricostruzione ipotizzata, confrontare queste proiezioni con le immagini radiografiche misurate, e correggere la ricostruzione di conseguenza. Ripetendo questa operazione più volte l'algoritmo converge alla soluzione corretta.

In un'altra forma realizzativa ancora, è invece previsto di effettuare la ricostruzione per mezzo di reti neurali. Negli ultimi tempi sono stati infatti testati positivamente algoritmi basati su reti neurali, in cui la rete è stata addestrata a effettuare la ricostruzione tomografica in situazioni diverse (vedasi ad esempio Jin, Kyong Hwan, et al. "Deep convolutional neural network for inverse problems in imaging." IEEE Transactions on Image Processing 26.9 (2017): 4509-4522). Per addestrare una rete neurale di questo tipo ad effettuare la ricostruzione tomografica a partire da dati generati da sorgenti multiple su uno stesso sensore 13, basterebbe simulare le proiezioni da sorgenti multiple a partire da scansioni reali o ricostruzioni tomografiche note, e istruire la rete a fare l'inversione tomografica.

Va infine notato che, complessivamente, gli uno o più sensori 13 del dispositivo di rilevazione 10 devono avere una superficie molto ampia, dovendo sostanzialmente coprire l'intero oggetto 1 durante la rotazione. Questo potrebbe implicare costi molto alti se venissero utilizzati sensori 13 singoli o a pannello. Una soluzione preferita e più economica, spiegata in dettaglio nella domanda di brevetto europeo n. 19155347 a nome di questa stessa richiedente (al cui contenuto si rimanda per maggiori dettagli), prevede di utilizzare come sensori 13, dei fogli scintillatori sottili, che trasformano i raggi X in fotoni di luce visibile, e poi inquadrare tali fogli scintillatori con un array di telecamere a basso costo.

In accordo con un ulteriore aspetto della presente invenzione, poi, allo scopo di permettere l'acquisizione di dati radiografici dell'oggetto 1 da angolazioni diverse, l'apparecchiatura comprende inoltre almeno un dispositivo di

rotazione 15 degli oggetti 1 associato alla zona di scansione 7.

Il dispositivo di rotazione 15 è configurato per ruotare ciascun oggetto 1 su se stesso attorno al proprio asse principale di sviluppo 3, preferibilmente di almeno 180°, mentre l'oggetto 1 stesso è irradiato da uno o più fasci 11 di raggi X. In particolare, nel caso in cui gli oggetti 1 siano tavole di legno, è

5 vantaggiosamente previsto che il dispositivo di rotazione 15 determini un ribaltamento della tavola sul piano di avanzamento 6 (figure 7-11 e 12-16).

In particolare nelle forme realizzative dove è richiesta una produttività più elevata, è preferibilmente previsto che il dispositivo di rotazione 15 determini

10 una rotazione dell'oggetto 1 su se stesso almeno in parte incontrollata e/o la effettui senza interrompere l'avanzamento degli oggetti 1.

A seconda delle esigenze il dispositivo di rotazione 15 può quindi essere realizzato in modo diverso.

In una prima soluzione realizzativa illustrata in figura 1, il dispositivo di rotazione 15 comprende almeno un organo meccanico 16 che è commutabile

15 tra una configurazione operativa in cui in uso può trattenere un'estremità dell'oggetto 1 (ad esempio una pinza), ed una configurazione di riposo in cui in uso non impegna l'estremità dell'oggetto 1. L'organo meccanico 16 è inoltre configurato per ruotare l'oggetto 1 agendo sull'estremità dell'oggetto 1

20 da esso trattenuta nella configurazione operativa. A seconda dei casi può essere utilizzato un unico organo meccanico 16 in corrispondenza di una delle estremità dell'oggetto 1, lasciando l'oggetto 1 in parte in appoggio sul trasportatore 5, oppure possono essere previsti due organi meccanici 16 che agiscono ciascuno in corrispondenza di una estremità dell'oggetto 1, anche

25 sollevandolo dal trasportatore 5 per farlo ruotare.

Sono inoltre previste forme realizzative in cui l'organo meccanico 16 è fermo rispetto alla direzione di avanzamento 2 e può solo ruotare su se stesso eventualmente alzandosi o abbassandosi se rispetto al piano di avanzamento 6, sia forme realizzativa in cui l'organo meccanico 16 è mobile

30 lungo la direzione di avanzamento 2 e, mentre ruota l'oggetto 1, ne segue lo

spostamento lungo la direzione di avanzamento 2.

In accordo con una forma realizzativa in cui è prevista una rotazione incontrollata dell'oggetto 1, il dispositivo di rotazione 15 comprende mezzi di spinta 17 dell'oggetto 1 associati al trasportatore 5 per spingere l'oggetto 1
5 sul piano di avanzamento 6 lungo la direzione di avanzamento 2, e uno o più ostacoli fissi 18 montati lungo la direzione di avanzamento 2 trasversalmente a essa.

Gli ostacoli fissi 18, in uso, intercettano l'oggetto 1 durante il suo movimento sul piano di avanzamento 6, e ne bloccano temporaneamente l'avanzamento
10 longitudinale. Allo stesso tempo, gli ostacoli fissi 18 permettono la rotazione dell'oggetto 1 attorno a loro, a seguito dell'azione esercitata dai mezzi di spinta 17 che continuano ad avanzare con il trasportatore 5. Più in dettaglio, i mezzi di spinta 17 (che, così come gli ostacoli fissi 18 devono essere opportunamente sagomati) possono via via far sollevare la parte posteriore
15 dell'oggetto 1 ruotandola attorno ad un centro di istantanea rotazione variabile, definito dall'interazione tra la parte anteriore dell'oggetto 1 e gli ostacoli fissi 18, come illustrato schematicamente nelle figure da 7 a 11.

In una ulteriore forma realizzativa particolarmente preferita, invece, la rotazione dell'oggetto 1 è ottenuta colpendo l'oggetto 1 in corrispondenza di
20 una sua zona eccentrica rispetto al baricentro e facendogli compiere una sorta di mezza "capriola" in avanti, o all'indietro, sul trasportatore 5. Dispositivi di rotazione di questo tipo sono di per se noti e già comunemente utilizzati per altri scopi in impianti di lavorazione di tavole di legno; essi non verranno quindi qui descritti in dettaglio.

25 In generale, comunque, un dispositivo di rotazione 15 di questo tipo comprende uno o più organi di percussione 19 che sono montati al di sotto del piano di avanzamento 6, e che sono mobili tra una posizione di riposo, in cui sono posizionati completamente al di sotto del piano di avanzamento 6, e una posizione operativa, in cui sporgono almeno in parte verso l'alto rispetto
30 al piano di avanzamento 6. Lo spostamento tra le due posizioni può avvenire

in qualsiasi modo, ad esempio mediante rotazione (come nel caso illustrato nelle unite figure), o mediante traslazione rettilinea dell'intero organo di percussione o solo di una sua parte. Agli organi di percussione 19 sono associati dei mezzi di movimentazione (non illustrati), configurati per
5 movimentarli tra la posizione di riposo e la posizione operativa. I mezzi di movimentazione e gli organi di percussione 19 sono sincronizzati con il trasportatore 5 in modo tale che, in uso, gli organi di percussione 19 vengono spostati (tutti insieme) dalla posizione di riposo alla posizione operativa per colpire (pressoché contemporaneamente) una zona eccentrica (anteriore o
10 posteriore) dell'oggetto 1 posto nella zona di scansione 7. La sincronizzazione con il trasportatore 5 può essere ottenuta sia monitorando costantemente la posizione degli oggetti 1 sia utilizzando specifici sensori 13. Il tutto è inoltre dimensionato in modo tale che gli organi di percussione 19 colpiscano l'oggetto 1 con una quantità di moto tale da determinare la
15 rotazione dell'oggetto 1 attorno al proprio asse di rotazione come illustrato ad esempio nelle figure da 12 a 16.

Nel caso in cui i fasci 11 di raggi X non siano tutti allineati lungo una medesima retta è vantaggiosamente previsto che l'apparecchiatura comprenda un dispositivo di rotazione 15 degli oggetti 1 in corrispondenza di
20 ciascun gruppo di emettitori 9 di raggi X (o di ciascuna posizione lungo la direzione di avanzamento 2, in corrispondenza della quale siano presenti uno o più fasci 11 di raggi X).

Va infine notato che in tutti i casi appena descritti, il dispositivo di rotazione 15, durante la rotazione di ciascun oggetto 1, determina inoltre
25 inevitabilmente delle flessioni dell'oggetto 1 rispetto all'asse principale di sviluppo 3, sebbene si tratti di flessioni indesiderate. Ciò è particolarmente significativo nel caso di tavole di legno di lunghezza pari ad alcuni metri.

Un ulteriore caratteristica dell'apparecchiatura oggetto della presente invenzione è la presenza di mezzi elettronici di identificazione, configurati per
30 stimare la posizione e l'orientamento istantaneo delle porzioni assiali 4 di un

oggetto 1 almeno mentre tali porzioni assiali 4 sono irradiate da uno dei fasci 11 di raggi X. Vari esempi di mezzi elettronici utilizzabili a tale scopo sono descritte nella domanda di brevetto n. 102019000019454 a nome di questa stessa richiedente, al cui contenuto si rimanda per maggiori dettagli.

5 I mezzi elettronici di identificazione sono quindi attivi almeno in corrispondenza della zona di scansione 7 e, a seconda delle esigenze possono essere configurati per stimare la posizione e l'orientamento di una sola porzione assiale 4 dell'oggetto 1 (le posizioni e l'orientamento delle altre porzioni assiali 4 potendo poi essere desunti da quella della porzione assiale
10 4 per cui è stata effettivamente stimata) ad esempio stimando complessivamente la posizione e l'orientamento dell'oggetto 1 nel suo complesso, oppure per stimare la posizione e l'orientamento di una pluralità di porzioni assiali 4 distinte.

Come detto, i mezzi elettronici di identificazione in generale "stimano" la
15 posizione e l'orientamento della porzione assiale 4 con ciò intendendo che ne effettuano una misura con un certo grado di precisione, che potrà essere più o meno elevato a seconda della modalità di misura adottata e dell'esigenza di precisione richiesta per la ricostruzione tomografica.

L'esigenza poi di eseguire tale misura per un numero più o meno elevato di
20 porzioni assiali 4, dipende principalmente dal tipo di dispositivo di rotazione 15 utilizzato e dalla flessibilità dell'oggetto 1 in esame. Infatti, maggiore è la deformazione flessionale che può interessare l'oggetto 1 durante la rotazione, maggiore è l'utilità di stimare la posizione e l'orientamento di porzioni assiali 4 distinte. Al contrario, se l'oggetto 1 potesse essere
25 considerato sostanzialmente rigido, tale cioè da non subire deformazioni percepibili durante la rotazione, stimare la posizione e l'orientamento di una sola porzione assiale 4 sarebbe sufficiente per stimare con altrettanta precisione la posizione e l'orientamento di tutte le altre porzioni assiali 4.

In una prima forma realizzativa, in cui il dispositivo di rotazione 15 è costituito
30 da un organo meccanico 16, i mezzi elettronici di identificazione possono

comprendere una unità di controllo del funzionamento del dispositivo di rotazione 15, programmata anche per determinare la posizione e/o l'orientamento degli oggetti 1 in base alla posizione e/o all'orientamento dell'organo meccanico 16.

- 5 In altre forme realizzative, invece, i mezzi elettronici di identificazione sono configurati per stimare la posizione e/o l'orientamento osservando la porzione assiale 4 di interesse.

In una prima soluzione realizzativa, ad esempio, i mezzi elettronici di identificazione possono comprendere una o più telecamere 20, configurate
10 per riprendere ciascuna porzione assiale 4 di interesse durante la sua permanenza nella zona di scansione 7, e una unità di elaborazione, connessa alle una o più telecamere 20 per ricevere le immagini da esse acquisite, e programmata per elaborare le immagini e per determinare la posizione e/o l'orientamento delle porzioni assiali 4 negli istanti di interesse confrontando
15 tra loro le immagini; vantaggiosamente l'immagine dell'oggetto 1 mentre si trova sul piano di avanzamento 6 può essere utilizzata come immagine di riferimento, e tutte le altre posizioni possono essere definite rispetto ad essa (anche se possono essere utilizzati anche altri metodi). Al posto delle telecamere 20 tradizionali possono essere utilizzate anche telecamere 20 di
20 profondità.

In una diversa soluzione realizzativa, invece, i mezzi elettronici di identificazione comprendono uno o più dispositivi laser di rilevazione della conformazione superficiale delle porzioni assiali 4 di interesse, e una unità di elaborazione, connessa agli uno o più dispositivi di rilevazione laser, per
25 ricevere da essi i dati relativi alla conformazione e alla posizione della superficie dell'oggetto 1, e programmata per elaborare tali dati per determinare la posizione e/o l'orientamento delle porzioni assiali 4 negli istanti di interesse.

In una variata attuativa possono essere utilizzate anche soluzioni miste che
30 comprendano sia una o più telecamere 20, sia uno o più dispositivi laser.

In una diversa forma realizzativa, invece, i mezzi elettronici di identificazione sono costituiti dall'unità elettronica di elaborazione e controllo che è programmata per determinare la posizione e/o l'orientamento di ciascuna porzione assiale 4 di interesse, elaborando i dati radiografici relativi a tale porzione assiale 4 acquisiti nell'istante di interesse dal dispositivo di rilevazione 10. Questo risulta particolarmente vantaggioso nel caso in cui le dimensioni dell'oggetto 1, e/o la sua distribuzione di densità, siano note a priori, ad esempio grazie a precedenti esami svolti sull'oggetto 1 stesso (come spesso accade, ad esempio, per le tavole di legno).

10 In accordo con una ulteriore caratteristica della presente invenzione, l'unità elettronica di elaborazione e controllo è connessa quantomeno agli emettitori 9 di raggi X, al dispositivo di rilevazione 10 di raggi X e ai mezzi elettronici di identificazione.

In particolare, l'unità elettronica di elaborazione e controllo è connessa agli emettitori 9 di raggi X per controllarne l'attivazione, ad esempio sia commutandoli tra una configurazione accesa ed una spenta, sia controllando eventuali sistemi di interruzione dei fasci 11 di raggi X ad essi associati, quali gli shutter sopra descritti.

L'unità elettronica di elaborazione e controllo è connessa al dispositivo di rilevazione 10 di raggi X per ricevere da esso i dati radiografici da esso generati, o in continuo (vale a dire con la frequenza di aggiornamento consentita dal dispositivo di rilevazione 10 di raggi X) o in modo discontinuo (vale a dire solo in istanti di interesse, predeterminati o meno).

L'unità elettronica di elaborazione e controllo è invece connessa ai mezzi elettronici di identificazione, per ricevere da essi informazioni circa la posizione e l'orientamento di ciascuna porzione assiale 4 dell'oggetto 1, rispetto al fascio 11 di raggi X che la investe negli istanti di interesse.

L'unità elettronica di elaborazione e controllo è poi programmata per eseguire ripetutamente alcune operazioni durante la permanenza dell'oggetto 1 nella zona di scansione 7, e in particolare, almeno in ciascuno di una pluralità di

istanti di rilevazione distinti, in corrispondenza dei quali l'oggetto 1 abbia una diversa posizione e/o un diverso orientamento. Per ciascuna porzione assiale 4 irradiata da un fascio 11 di raggi X, l'unità elettronica di elaborazione e controllo è infatti programmata per acquisire un set di dati radiografici dal
5 dispositivo di rilevazione 10, e corrispondenti informazioni circa la posizione e l'orientamento dai mezzi elettronici di identificazione, in ciascun istante di rilevazione.

Va notato che gli istanti di rilevazione possono essere i medesimi per tutte le porzioni assiali 4 (ad esempio nel caso in cui tutti i fasci 11 di raggi X siano
10 allineati lungo un'unica retta trasversale alla direzione di avanzamento 2 e in cui si utilizzino dei collimatori per la gestione delle aree di sovrapposizione 14) oppure essere in tutto o in parte diversi per le diverse porzioni assiali 4 (ad esempio nel caso in cui i fasci 11 di raggi X siano generati con una disposizione a quinconce con la necessità di eseguire una doppia rotazione
15 dell'oggetto 1 attorno all'asse principale di sviluppo 3, oppure nel caso in cui si utilizzino degli shutter per gestire i problemi di sovrapposizione).

Vantaggiosamente, è opportuno che per ciascuna porzione assiale 4 sia disponibile un numero di set di dati radiografici diversi, pari o superiore al numero minimo di immagini radiografiche necessarie per una ricostruzione
20 tomografica con la precisione voluta. È inoltre opportuno che tali set di dati radiografici siano acquisiti da angolazioni distribuite attorno all'asse principale di sviluppo 3 in modo sufficientemente uniforme. A tale scopo, gli istanti di rilevazione sono vantaggiosamente concentrati nell'intervallo temporale durante il quale avviene la rotazione dell'oggetto 1 su se stesso, e
25 sono preferibilmente uniformemente distribuiti in esso.

Infine, l'unità elettronica di elaborazione e controllo è programmata per combinare i set di dati radiografici acquisiti, per ciascuna porzione assiale 4 dell'oggetto 1, nei relativi diversi istanti di rilevazione, e sulla base delle corrispondenti informazioni circa la posizione e l'orientamento, per elaborare
30 una ricostruzione tomografica tridimensionale dell'oggetto 1.

A seconda delle forme realizzative l'unità elettronica di elaborazione e controllo può essere costituita da un unico elaboratore elettronico o da più elaboratori elettronici distinti collegati tra loro.

Va altresì notato che sia il trasportatore 5 (nella parte che supporta e fa avanzare l'oggetto 1) sia il dispositivo di rotazione 15 si trovano anch'essi nella zona di scansione 7. Nel caso questi siano realizzati in materiale che assorbe molto i raggi X, si potrebbero creare delle zone in cui il segnale misurato è troppo attenuato. Una soluzione per ovviare a questo problema consiste nell'utilizzare materiali poco assorbenti come la plastica o la fibra di carbonio. Una soluzione ulteriore è utilizzare come supporto catene di trasporto del tipo descritto nella domanda di brevetto EP 3220143 A1 (al cui contenuto si rimanda per maggiori dettagli), a patto di posizionare gli emettitori 9 di raggi X al di sotto del piano di avanzamento 6 e il dispositivo di rilevazione 10 al di sopra.

Come già detto sopra, le varie forme realizzative di apparecchiatura sin qui descritte sono in grado di attuare il metodo oggetto della presente invenzione, quantomeno nella sua forma attuativa più generale.

Tale metodo prevede innanzitutto di far avanzare l'oggetto 1 lungo una direzione di avanzamento 2 perpendicolare all'asse principale di sviluppo 3, facendogli attraversare almeno una zona di scansione 7.

All'interno dell'almeno una zona di scansione 7, il metodo prevede di irradiare l'oggetto 1 con una pluralità di fasci 11 di raggi X, generati ciascuno da un diverso emettitore 9 di raggi X fisso, e che ciascun fascio 11 di raggi X sia generato in modo tale da irradiare una porzione assiale 4 dell'oggetto 1 che sia almeno in parte distinta da quelle irradiate dagli altri fasci 11 di raggi X. Vantaggiosamente la fase di irradiare l'oggetto 1 è eseguita utilizzando fasci 11 di raggi X divergenti, e i fasci 11 di raggi X sono generati in modo tale da irradiare l'intero volume dell'oggetto 1 (quindi con sovrapposizione).

Mentre ciascuna porzione assiale 4 di interesse è irradiata dal rispettivo fascio 11 di raggi X, il metodo prevede di far ruotare tale porzione assiale 4

(vale a dire l'intero oggetto 1) attorno all'asse principale di sviluppo 3, preferibilmente di almeno 180°, utilizzando un dispositivo di tipo meccanico, quali quelli sopra descritti in relazione all'apparecchiatura, o altri di diverso tipo. Preferibilmente, la fase di far ruotare ciascuna porzione assiale 4 è
5 eseguita facendo ruotare l'intero oggetto 1 su se stesso in modo almeno in parte incontrollato.

In corrispondenza di una pluralità di posizioni e/o orientamenti distinti assunti da ciascuna porzione assiale 4 rispetto al rispettivo fascio 11 di raggi X che la irradia (in particolare in una pluralità di istanti di rilevazione diversi durante
10 la rotazione) il metodo prevede di rilevare rispettivi set di dati radiografici, che rappresentino l'intensità residua almeno dei raggi X che hanno attraversato tale porzione assiale 4 in ciascun istante di rilevazione. In particolare, il metodo prevede che l'acquisizione avvenga utilizzando un dispositivo di rilevazione 10 fisso, affacciato agli emettitori 9 di raggi X.

15 Ulteriormente, il metodo prevede di generare informazioni circa la posizione e l'orientamento di ciascuna porzione assiale 4, rispetto al rispettivo fascio 11 di raggi X che la irradia, in ciascun istante di rilevazione, vantaggiosamente utilizzando mezzi elettronici di identificazione.

Infine, utilizzando i set di dati radiografici così rilevati e le corrispondenti
20 informazioni circa la posizione e l'orientamento di ciascuna porzione assiale 4 al momento della acquisizione dei set di dati radiografici, il metodo prevede di eseguire una ricostruzione tomografica tridimensionale dell'oggetto 1.

In una forma attuativa, il metodo prevede altresì che la fase di irradiare l'oggetto 1 con una pluralità di fasci 11 di raggi X, sia eseguita due volte, in
25 corrispondenza di due parti distinte della zona di scansione 7. In particolare prevede che ciascuna volta, solo un gruppo di porzioni assiali 4, distinte e distanziate assialmente una dall'altra, sia irradiata dal rispettivo fascio 11 di raggi X. Inoltre, le porzioni assiali 4 irradiate la prima volta sono diverse da quelle irradiate la seconda volta, cosicché ogni porzione assiale 4 viene
30 irradiata nella sua interezza una sola volta (situazione ad esempio illustrata

in figura 17). Infine, la fase di ruotare ciascuna porzione assiale 4 attorno all'asse principale di sviluppo 3 è attuata almeno una volta in corrispondenza di ciascuna delle parti distinte della zona di scansione 7.

Alternativamente, il metodo può prevedere che le fasi di irradiare l'oggetto 1
5 con una pluralità di fasci 11 di raggi X, e di ruotare ciascuna porzione assiale 4, siano eseguite una sola volta contemporaneamente per tutte le porzioni assiali 4.

La presente invenzione consegue importanti vantaggi.

In particolare, grazie alla presente invenzione è stato possibile mettere a
10 punto una apparecchiatura e un metodo per eseguire una tomografia computerizzata di oggetti di forma allungata, che a fronte di un costo paragonabile a quello delle apparecchiature attualmente note, permettono di eseguire tomografie complete di oggetti 1 di grandi dimensioni, quali le tavole di legno, con le produttività richieste dagli impianti attualmente utilizzati.

15 Va infine rilevato che la presente invenzione risulta di relativamente facile realizzazione e che anche il costo connesso alla sua attuazione non risulta molto elevato.

L'invenzione così concepita è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'ambito del concetto inventivo che la caratterizza.

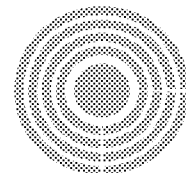
20 Tutti i dettagli sono rimpiazzabili da altri tecnicamente equivalenti ed i materiali impiegati, nonché le forme e le dimensioni dei vari componenti, potranno essere qualsiasi a seconda delle esigenze.

IL MANDATARIO

Ing. Simone Ponchioli

(Albo Prot. n. 1070BM)

25



RIVENDICAZIONI

1. Apparecchiatura per eseguire tomografie computerizzate di oggetti (1) che abbiano forma allungata, in cui ciascun oggetto (1) presenti un asse principale di sviluppo (3) lungo il quale siano identificabili una pluralità di porzioni assiali (4) dell'oggetto (1) stesso, l'apparecchiatura comprendendo:
- 5 un trasportatore (5) configurato per trasportare, lungo una direzione di avanzamento (2), oggetti (1) disposti su un piano di avanzamento (6) con l'asse principale di sviluppo (3) trasversale alla direzione di avanzamento (2), da una zona di ingresso ad una zona di uscita e attraverso almeno una zona
- 10 di scansione (7);
- una pluralità di emettitori (9) di raggi X affacciati al trasportatore (5) in corrispondenza della almeno una zona di scansione (7), per emettere in uso rispettivi fasci (11) di raggi X verso ciascun oggetto (1) che attraversa la zona di scansione (7), il fascio (11) di raggi X emesso da ciascun emettitore (9) di
- 15 raggi X essendo sfalsato, con riferimento alla direzione di avanzamento (2), rispetto ai fasci (11) di raggi X emessi dagli altri emettitori (9) di raggi X, in modo che ciascun fascio (11) di raggi X irradia una porzione assiale (4) di ciascun oggetto (1) almeno in parte distinta dalle porzioni assiali (4) irradiate dagli altri fasci (11) di raggi X;
- 20 un dispositivo di rilevazione (10) di raggi X affacciato agli emettitori (9) di raggi X per, in uso, generare dati radiografici che rappresentino, in formato elettronico, l'intensità residua dei raggi X emessi dagli emettitori (9) di raggi X e che hanno attraversato un oggetto (1) posto nella zona di scansione (7), ove gli emettitori (9) di raggi X e il dispositivo di rilevazione (10) di raggi X
- 25 sono fermi rispetto al trasportatore (5) e sono disposti da parti opposte del piano di avanzamento (6) definito dal trasportatore (5);
- almeno un dispositivo di rotazione (15) degli oggetti (1), associato alla zona di scansione (7), e configurato per ruotare ciascun oggetto (1) su se stesso attorno al proprio asse principale di sviluppo (3), mentre l'oggetto (1)
- 30 è irradiato da uno o più di detti fasci (11) di raggi X;

mezzi elettronici di identificazione per stimare la posizione e l'orientamento istantaneo delle porzioni assiali (4) di un oggetto (1) irradiate da uno di detti fasci (11) di raggi X; e

una unità elettronica di elaborazione e controllo;

5 in cui l'unità elettronica di elaborazione e controllo è connessa agli emettitori (9) di raggi X per controllarne l'attivazione, al dispositivo di rilevazione (10) di raggi X per ricevere i dati radiografici da esso generati, e ai mezzi elettronici di identificazione per ricevere da essi informazioni circa la posizione e l'orientamento di ciascuna porzione assiale (4) dell'oggetto (1)
10 rispetto al fascio (11) di raggi X che la investe;

in cui, durante la permanenza dell'oggetto (1) nella zona di scansione (7) e almeno in ciascuno di una pluralità di istanti di rilevazione distinti in corrispondenza dei quali l'oggetto (1) abbia una diversa posizione e/o un diverso orientamento, per ciascun fascio (11) di raggi X e la corrispondente
15 porzione assiale (4) dell'oggetto da esso irradiata, l'unità elettronica di elaborazione e controllo è programmata per acquisire un corrispondente set di dati radiografici dal dispositivo di rilevazione (10) e corrispondenti informazioni circa la posizione e l'orientamento della porzione assiale (4) dai mezzi elettronici di identificazione;

20 e in cui l'unità elettronica di elaborazione e controllo è programmata per combinare i set di dati radiografici acquisiti per ciascuna porzione assiale (4) dell'oggetto (1) nei diversi istanti di rilevazione, sulla base delle corrispondenti informazioni circa la posizione e l'orientamento, per elaborare una ricostruzione tomografica tridimensionale dell'oggetto (1).

25 **2.** Apparecchiatura secondo la rivendicazione 1 in cui gli emettitori (9) di raggi X sono raggruppati in un unico gruppo e sono configurati in modo tale da emettere rispettivi fasci (11) di raggi X affiancati uno all'altro in successione in direzione trasversale alla direzione di avanzamento (2).

30 **3.** Apparecchiatura secondo la rivendicazione 2 in cui gli emettitori (9) di raggi X emettono rispettivi fasci (11) di raggi X divergenti e sono configurati

in modo tale che fasci (11) di raggi X adiacenti interferiscano tra loro almeno in parte almeno in corrispondenza del dispositivo di rilevazione (10).

4. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 1 in cui gli emettitori (9) di raggi X sono raggruppati in due o più gruppi, e in cui gli emettitori (9) di raggi X di ciascun gruppo sono configurati in modo tale da emettere rispettivi fasci (11) di raggi X allineati lungo una retta che è trasversale alla direzione di avanzamento (2) ed è distanziata lungo la direzione di avanzamento (2) dalla retta lungo cui sono allineati i fasci (11) dell'altro gruppo.

5. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 4, in cui gli emettitori (9) di raggi X di ciascun gruppo sono configurati in modo tale che i fasci (11) di raggi X siano complessivamente disposti a quinconce.

6. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 4 o 5 comprendente un dispositivo di rotazione (15) degli oggetti (1) in corrispondenza di ciascun gruppo di emettitori (9) di raggi X.

7. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6 in cui il dispositivo di rilevazione (10) di raggi X comprende o uno o più sensori (13) bidimensionali rivolti verso gli emettitori (9) di raggi X, e in cui ciascun sensore (13) bidimensionale è configurato per ricevere raggi X appartenenti o a un unico fascio (11) di raggi X o a una pluralità di fasci (11) distinti di raggi X.

8. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 7 in cui ciascun sensore (13) bidimensionale è configurato per ricevere raggi X appartenenti a una pluralità di fasci (11) di raggi X distinti, ed è disposto in modo tale che su una sua superficie di rilevazione siano identificabili aree di sovrapposizione (14) intersecate da direzioni di irradiazione di raggi X appartenenti a due fasci (11) di raggi X distinti.

9. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8 comprendente inoltre uno o più shutter associati a ciascuna coppia di fasci (11) di raggi X cui corrisponde un'area di sovrapposizione (14), e in cui gli shutter sono sincronizzati con il dispositivo di rilevazione (10) per schermare

selettivamente ed alternatamente, in ciascun istante di rilevazione, uno dei due fasci (11) di raggi X impedendogli di raggiungere l'area di sovrapposizione (14).

5 **10.** Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8 in cui in ciascuna area di sovrapposizione (14) il dispositivo di rilevazione (10) comprende una matrice bidimensionale di celle di rilevazione, in cui l'apparecchiatura comprende inoltre un organo di collimazione associato a ciascuna area di sovrapposizione (14), e in cui, in corrispondenza di ciascuna cella di rilevazione, l'organo di collimazione è configurato per schermare
10 selettivamente i raggi X di uno dei due fasci (11) e lasciar passare i raggi X dell'altro fascio, in modo tale che i raggi X di ciascuno dei due fasci (11) di raggi X possano raggiungere selettivamente solo un gruppo delle celle di rilevazione di ciascuna area di sovrapposizione (14), ove le celle di rilevazione di ciascun gruppo sono uniformemente distribuite nell'area di
15 sovrapposizione (14) stessa.

11. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 8 in cui l'unità elettronica di elaborazione e controllo è programmata o per non elaborare la ricostruzione tomografica per parti dell'oggetto (1) attraversate da raggi X diretti verso le aree di sovrapposizione (14), o per elaborare la ricostruzione tomografica
20 tridimensionale dell'oggetto (1), almeno in corrispondenza delle parti dell'oggetto (1) attraversate da raggi X diretti verso le aree di sovrapposizione (14), utilizzando algoritmi iterativi di ricostruzione tomografica o reti neurali addestrate a tale scopo.

12. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 7 in cui ciascun sensore (13)
25 bidimensionale è configurato per ricevere raggi X appartenenti a una pluralità di fasci (11) di raggi X distinti, ed è disposto in modo tale che su una sua superficie di rilevazione ciascuna area riceva raggi X esclusivamente da un fascio (11) di raggi X, ed in cui l'unità elettronica di elaborazione e controllo è programmata per elaborare la ricostruzione tomografica dell'oggetto (1)
30 trascurando parti dell'oggetto (1) che non siano attraversate da fasci (11) di

raggi X.

5 **13.** Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 12 in cui il dispositivo di rotazione (15) comprende almeno un organo meccanico (16) che è commutabile tra una configurazione operativa in cui in uso può trattenere un'estremità dell'oggetto (1) ed una configurazione di riposo in cui in uso non impegna l'estremità dell'oggetto (1), e che è configurato per ruotare l'oggetto (1) agendo su tale estremità dell'oggetto da esso trattenuta nella configurazione operativa.

10 **14.** Apparecchiatura secondo la rivendicazione 13 in cui l'organo meccanico (16) è fermo rispetto alla direzione di avanzamento (2) o mobile lungo la direzione di avanzamento (2).

15 **15.** Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 14 in cui i mezzi elettronici di identificazione comprendono una unità di controllo del funzionamento del dispositivo di rotazione (15) programmata per determinare la posizione e/o l'orientamento degli oggetti (1) o di una o più loro porzioni assiali (4) in base alla posizione e/o all'orientamento dell'organo meccanico (16).

20 **16.** Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 12 in cui il dispositivo di rotazione (15) comprende mezzi di spinta (17) dell'oggetto (1) associati al trasportatore (5) per spingere l'oggetto (1) sul piano di avanzamento (6) lungo la direzione di avanzamento (2) e uno o più ostacoli fissi (18) che in uso intercettano l'oggetto (1) durante il suo movimento sul piano di avanzamento (6) per bloccarne temporaneamente l'avanzamento longitudinale e permetterne la rotazione attorno agli uno o più ostacoli a
25 seguito dell'azione esercitata dai mezzi di spinta (17).

30 **17.** Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 12 in cui il dispositivo di rotazione (15) comprende uno o più organi di percussione (19) montati al di sotto del piano di avanzamento (6), e mobili tra una posizione di riposo in cui sono posizionati completamente al di sotto del piano di avanzamento (6), e una posizione operativa in cui sporgono almeno in

parte verso l'alto rispetto al piano di avanzamento (6), e mezzi di movimentazione degli organi di percussione (19), i mezzi di movimentazione e gli organi di percussione (19) essendo configurati e sincronizzati con il trasportatore (5) in modo tale che, in uso, gli organi di percussione (19) vengono spostati dalla posizione di riposo alla posizione operativa per colpire una zona eccentrica dell'oggetto (1) posto nella zona di scansione (7) con una quantità di moto tale da determinare la rotazione dell'oggetto (1) attorno al proprio asse di rotazione.

18. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 17 in cui il dispositivo di rotazione (15), durante la rotazione di ciascun oggetto (1), determina inoltre flessioni dell'oggetto (1) rispetto all'asse principale di sviluppo (3).

19. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 18 in cui il dispositivo di rotazione (15) determina una rotazione dell'oggetto (1) su se stesso almeno in parte incontrollata.

20. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 19 in cui i mezzi elettronici di identificazione comprendono:

una o più telecamere (20) configurate per riprendere ciascun oggetto (1) durante la sua permanenza nella zona di scansione (7), e una unità di elaborazione connessa alle una o più telecamere (20) per ricevere le immagini da esse acquisite, e programmata per elaborare le immagini per determinare la posizione e/o l'orientamento dell'oggetto (1) o di sue porzioni assiali (4) negli istanti di rilevazione; e/o

uno o più dispositivi laser di rilevazione della conformazione superficiale degli oggetti (1), e una unità di elaborazione connessa agli uno o più dispositivi di rilevazione laser per ricevere da essi i dati relativi alla conformazione e alla posizione della superficie dell'oggetto (1) e programmata per elaborare tali dati per determinare la posizione e/o l'orientamento dell'oggetto (1) o di sue porzioni assiali (4) negli istanti di rilevazione.

- 5 **21.** Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 19 in cui i mezzi elettronici di identificazione sono costituiti dall'unità elettronica di elaborazione e controllo che è programmata per determinare la posizione e/o l'orientamento degli oggetti (1) o delle loro porzioni assiali (4) elaborando i set di dati radiografici relativi ad ogni istante di rilevazione.
- 22.** Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 21 in cui i mezzi elettronici di identificazione stimano la posizione e l'orientamento istantaneo di ciascuna porzione assiale (4) dell'oggetto (1), stimando una posizione e un orientamento istantaneo dell'oggetto (1) nel suo complesso.
- 10 **23.** Metodo per eseguire una tomografia computerizzata di un oggetto (1) che presenti forma allungata lungo un asse principale di sviluppo (3) lungo il quale siano identificabili una pluralità di porzioni assiali (4) dell'oggetto (1) stesso, il metodo comprendendo le fasi operative di:
- far avanzare l'oggetto (1) lungo una direzione di avanzamento (2)
 - 15 perpendicolare all'asse principale di sviluppo (3), attraverso almeno una zona di scansione (7);
 - all'interno dell'almeno una zona di scansione (7) irradiare l'oggetto (1) con una pluralità di fasci (11) di raggi X generati ciascuno da un diverso emettitore (9) di raggi X fisso, ciascun fascio (11) di raggi X irradiando una
 - 20 porzione assiale (4) dell'oggetto (1) almeno in parte distinta da quelle irradiate dagli altri fasci (11) di raggi X;
 - mentre ciascuna porzione assiale (4) è irradiata dal rispettivo fascio (11) di raggi X, mediante un dispositivo meccanico far ruotare tale porzione assiale (4) attorno all'asse principale di sviluppo (3);
 - 25 per una pluralità di posizioni e/o orientamenti distinti assunti in una pluralità di istanti di rilevazione diversi, da ciascuna porzione assiale (4) rispetto al rispettivo fascio (11) di raggi X che la irradia, utilizzando un dispositivo di rilevazione (10) fisso affacciato agli emettitori (9) di raggi X, rilevare rispettivi set di dati radiografici che rappresentino l'intensità residua
 - 30 dei raggi X che hanno attraversato tale porzione assiale (4) in ciascun istante

di rilevazione;

utilizzando mezzi elettronici di identificazione, generare informazioni circa la posizione e l'orientamento di ciascuna porzione assiale (4) rispetto al rispettivo fascio (11) di raggi X che la irradia in ciascun istante di rilevazione;

5 e

utilizzando i set di dati radiografici così rilevati e le corrispondenti informazioni circa la posizione e l'orientamento di ciascuna porzione assiale (4) al momento della acquisizione dei set di dati radiografici, eseguire una ricostruzione tomografica tridimensionale dell'oggetto (1).

10 **24.** Metodo secondo la rivendicazione 23 in cui la fase di irradiare l'oggetto (1) con una pluralità di fasci (11) di raggi X è eseguita due volte in corrispondenza di due parti distinte della zona di scansione (7), ciascuna volta solo un gruppo di porzioni assiali (4) distinte e distanziate assialmente una dall'altra essendo irradiata dal rispettivo fascio (11) di raggi X, e le
15 porzioni assiali (4) irradiate la prima volta essendo diverse da quelle irradiate la seconda volta, e in cui la fase di ruotare ciascuna porzione assiale (4) attorno all'asse principale di sviluppo (3) è attuata almeno una volta in corrispondenza di ciascuna di dette parti distinte della zona di scansione (7).

25. Metodo secondo la rivendicazione 24 in cui la fase di irradiare l'oggetto
20 (1) con una pluralità di fasci (11) di raggi X e di ruotare ciascuna porzione assiale (4) sono eseguite una sola volta contemporaneamente per tutte le porzioni assiali (4).

26. Metodo secondo la rivendicazione 25 in cui la fase di irradiare l'oggetto (1) è eseguita utilizzando fasci (11) di raggi X divergenti e in cui i fasci (11) di
25 raggi X sono generati in modo tale da irradiare l'intero volume dell'oggetto (1).

27. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 23 a 26 in cui la fase di far ruotare ciascuna porzione assiale (4) è eseguita facendo ruotare l'intero oggetto (1) su se stesso in modo almeno in parte incontrollato.

30

IL MANDATARIO

M520-12IT74
SP

Ing. Simone Ponchioli
Albo Prot. n. 1070BM

Ing. Simone Ponchioli
(Albo Prot. n. 1070BM)

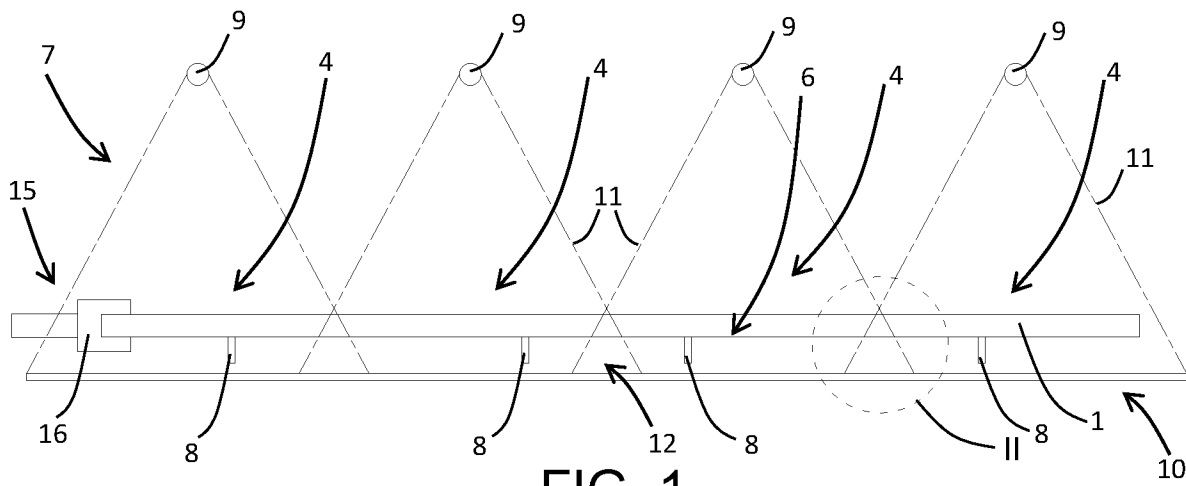
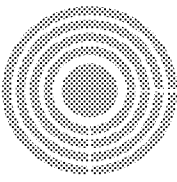


FIG. 1

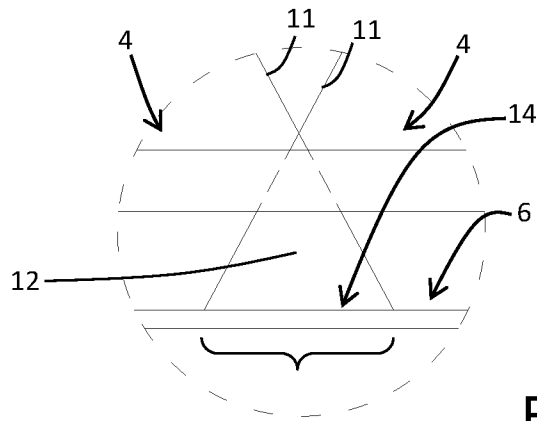


FIG. 2

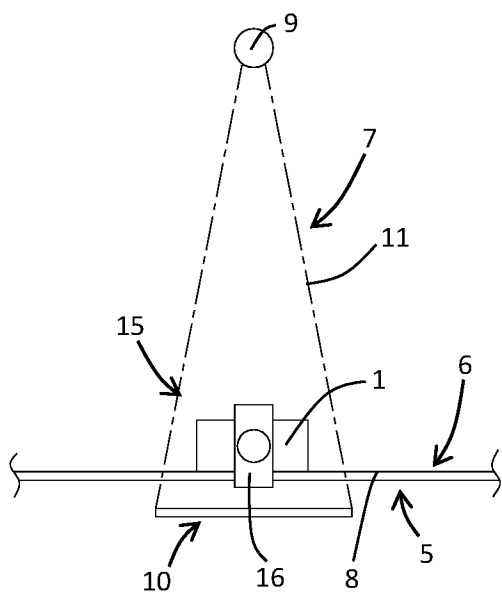


FIG. 3

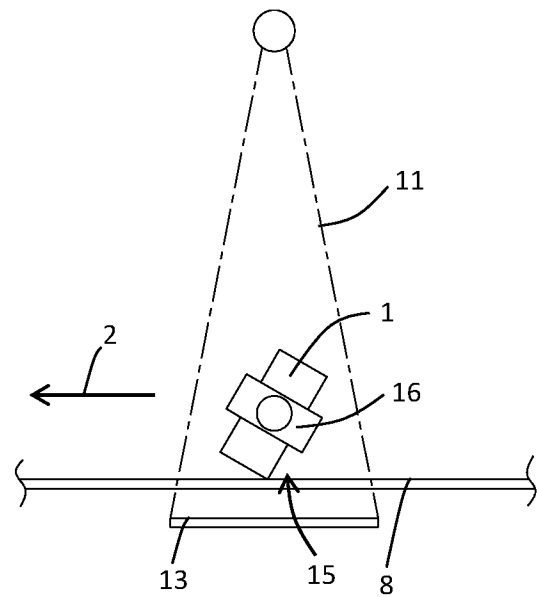


FIG. 4

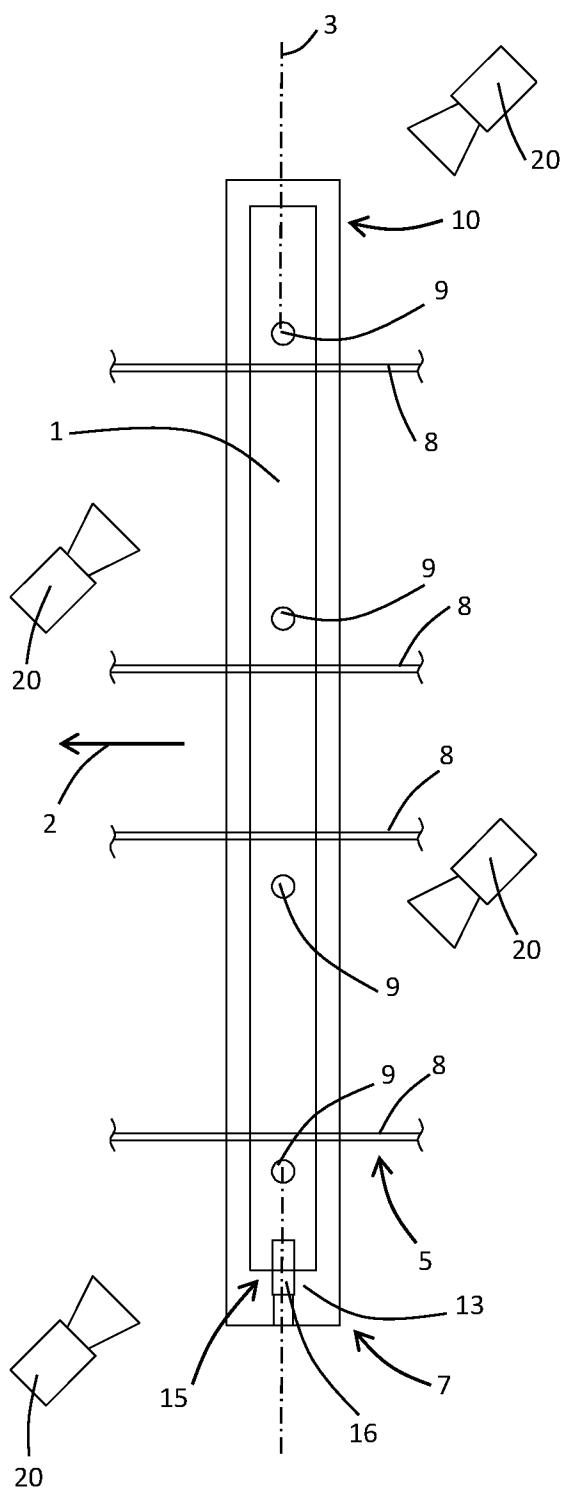


FIG. 5

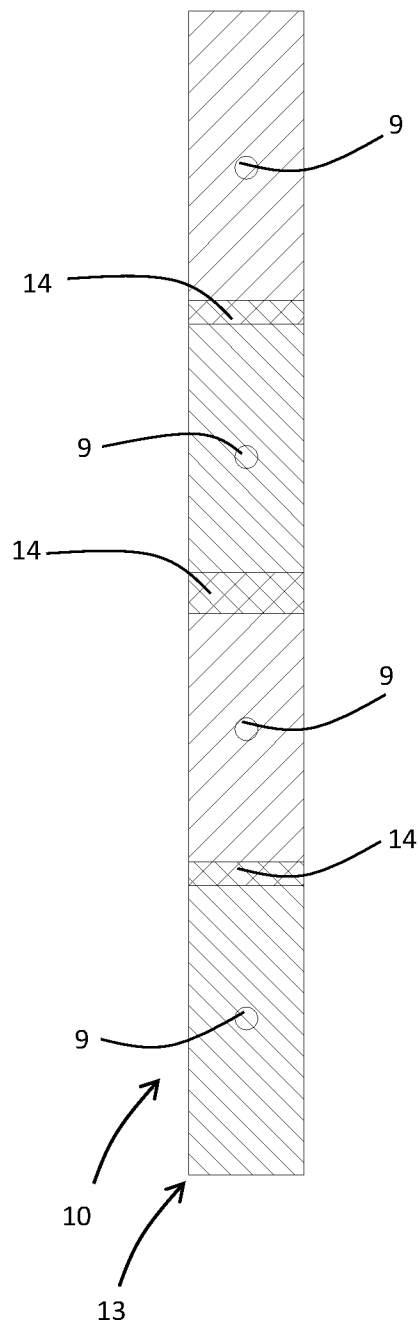
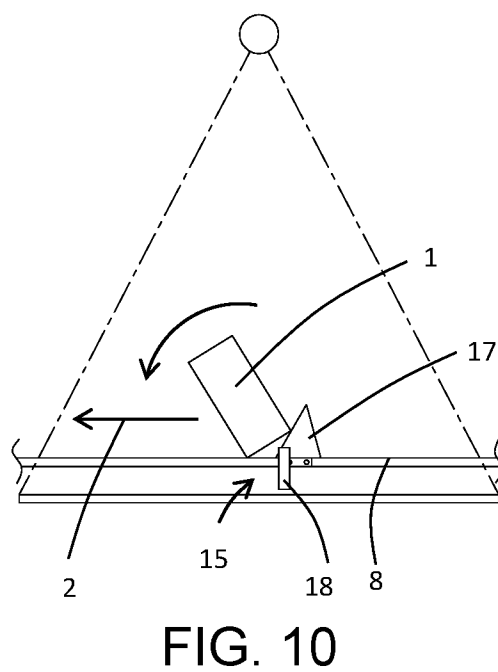
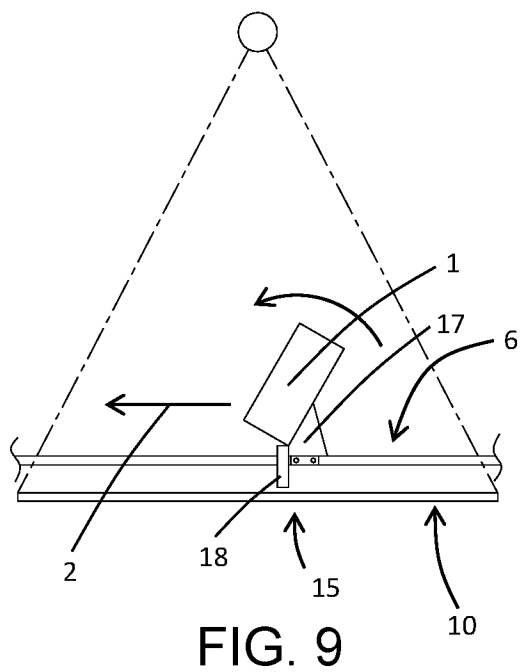
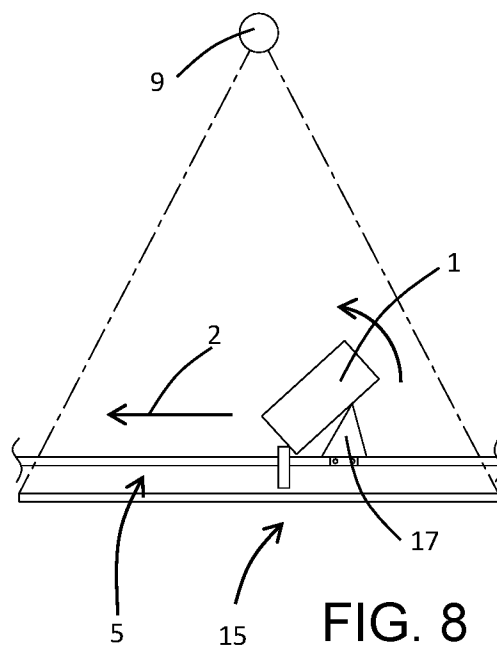
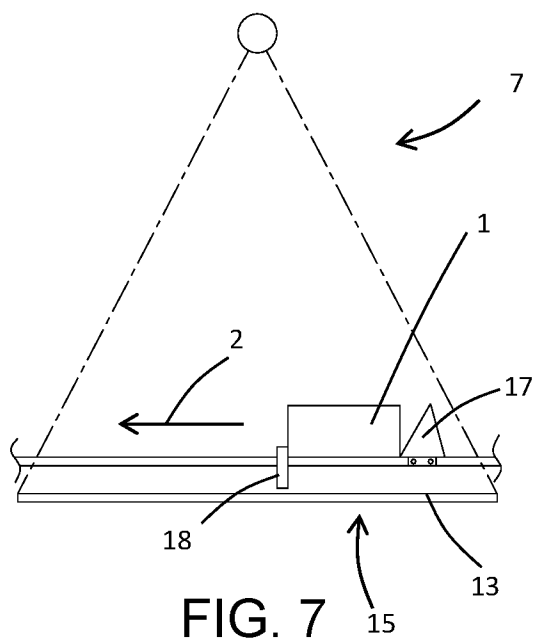


FIG. 6



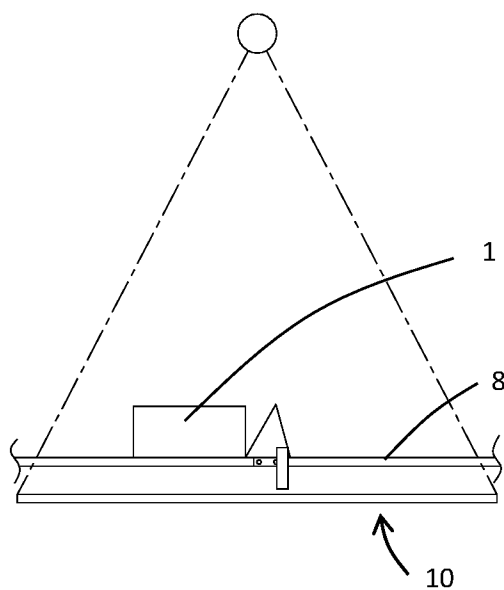


FIG. 11

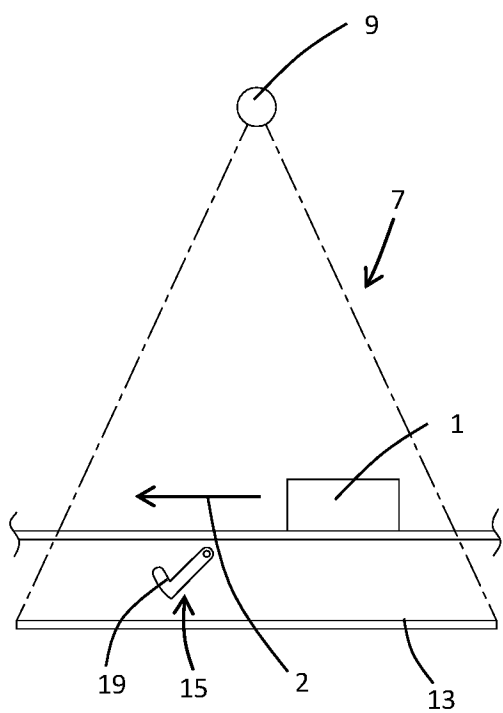


FIG. 12

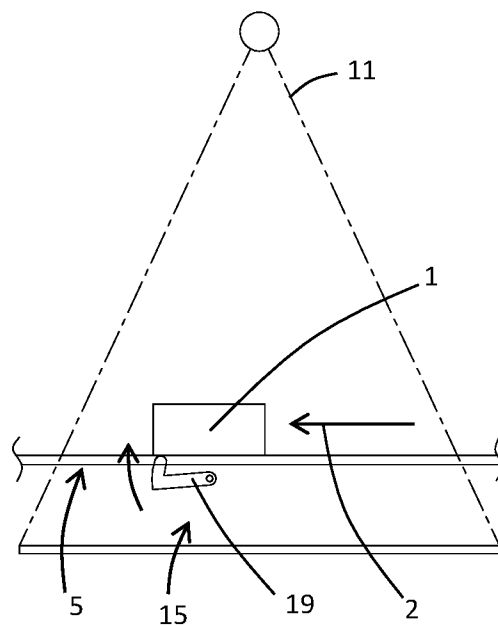


FIG. 13

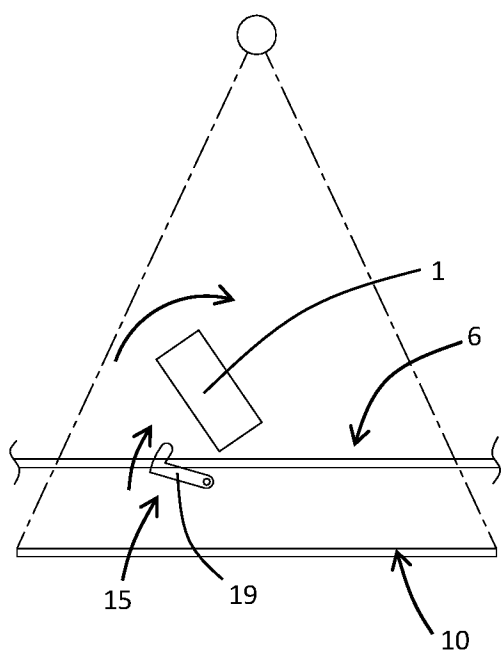


FIG. 14

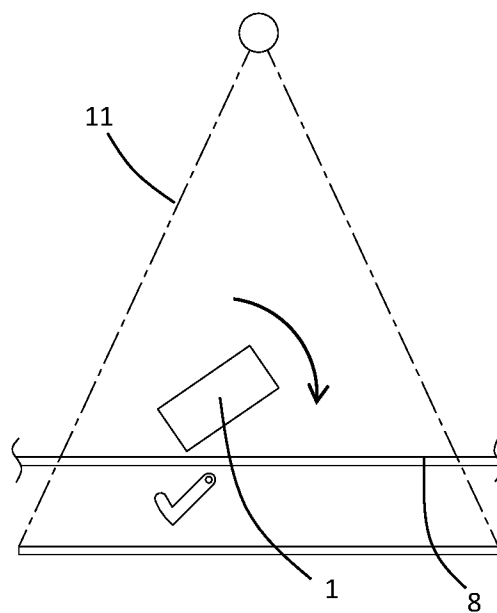


FIG. 15

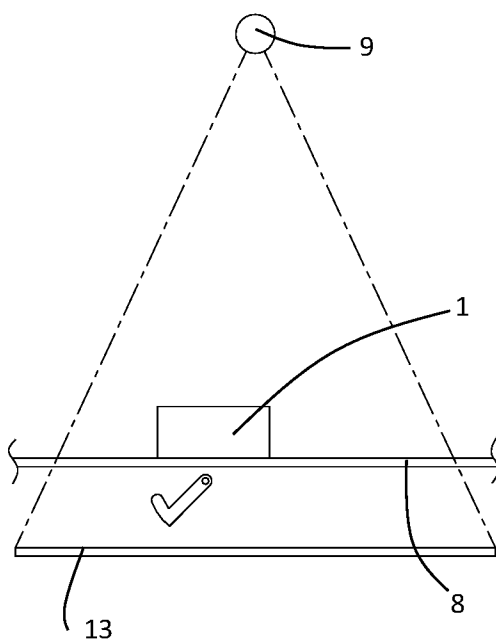


FIG. 16

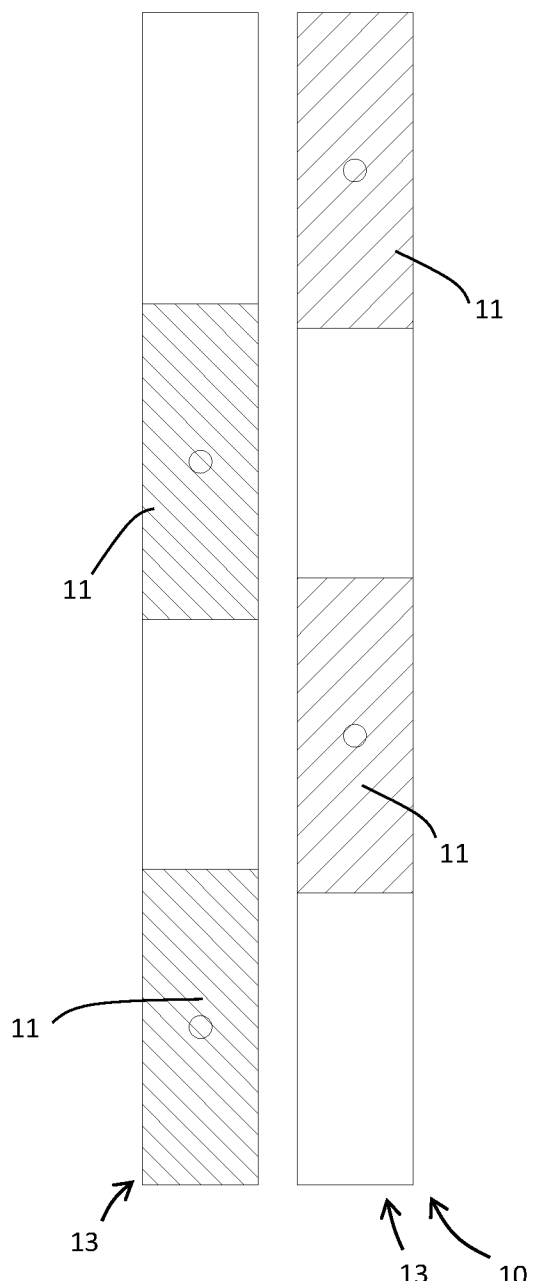


FIG. 17