

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902016092A1

Publication Date

20130724

Applicant

VISIA IMAGING S.R.L.

Title

UN METODO PER RIDURRE IL TEMPO DELLA MISURA A SCANSIONE
DELLA LUNGHEZZA ASSIALE OCULARE E DISPOSITIVO PER ATTUARE
TALE METODO.

Descrizione a corredo della domanda di brevetto per modello di utilità dal titolo:

**UN METODO PER RIDURRE IL TEMPO DELLA MISURA A SCANSIONE
5 DELLA LUNGHEZZA ASSIALE OCULARE E DISPOSITIVO PER ATTUARE
TALE METODO**

A nome di:

VISIA imaging s.r.l., in persona del suo legale
10 rappresentante Sig. Foggi Alessandro, con sede legale in
Corso Italia n. 24, CAP 52027 San Giovanni Valdarno (AR),
P.I. 01406610517,
rappresentata dall'Ing. Mario Emmi dello Studio Brevetti
Turini s.r.l., Via Lamarmora n. 55, CAP 50121 Firenze
15 (FI), iscritto all'Albo Consulenti Brevetti con il n. 1298
B.

Inventori designati: FOGGI Alessandro, PEZZATI Luca

Ambito dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce al settore
20 tecnico inerente gli strumenti di misurazione ottica, in
particolare gli strumenti oftalmologici attraverso cui si
rilevano i parametri necessari per la progettazione di
lenti intraoculari da installare nelle operazioni di
cataratta.

25 In particolare l'invenzione si riferisce ad un
innovativo elemento riflettente da utilizzare negli
interferometri di Michelson.

Brevi cenni alla tecnica nota

30 Macchinari più o meno complessi per la misurazione
di parametri atti alla progettazione di lenti intraoculari
sono da tempo noti.

Tali macchinari consentono il calcolo dei seguenti
parametri essenziali per la progettazione di una lente

oculare:

1) La cheratometria, che si traduce nella misura delle tre grandezze R_f , R_s , Δk . Questa misura serve alla valutazione della forma della cornea attraverso la
5 rilevazione dei parametri R_f e R_s (raggio del meridiano più piatto e raggio del meridiano più curvo) e del parametro Δk che rappresenta la differenza tra i due suddetti raggi.

2) Profondità centrale della camera anteriore (ACD):
10 questo parametro misura la distanza intraoculare tra la faccia posteriore della cornea e la faccia anteriore del cristallino, la quale generalmente è dell'ordine di circa $2\div 4\text{mm}$.

3) Lunghezza assiale (AL): questo terzo parametro misura
15 invece la distanza assiale intraoculare tra la superficie esterna della cornea e la retina, la quale distanza in media si aggira intorno ai 25mm.

La conoscenza esatta di questi parametri aiuta alla progettazione di una lente intraoculare che meglio
20 interpreta le caratteristiche rifrattive di ciascun paziente.

I macchinari noti generalmente integrano tra loro varie parti, ogni una delle quali deputata alla valutazione di uno dei parametri sopra enunciati.

25 In particolare tali macchinari prevedono un telaio di supporto su cui è predisposto lo strumento di misura e un sostegno su cui appoggiare il mento e la fronte del paziente, in modo da consentire un agevole posizionamento dell'occhio rispetto al sistema di puntamento.

30 Uno dei principi noti su cui si basa la misurazione della lunghezza assiale è l'interferometria a bassa coerenza, ed in particolare viene utilizzato il ben noto interferometro di Michelson nella sua configurazione in fibra ottica.

35 L'interferometro di Michelson in fibra ottica è composto da quattro rami di fibra ottica attraversati da

radiazione elettromagnetica (e.m.) coerente o incoerente. I quattro rami si dipartono da un nodo centrale denominato accoppiatore di fibre ottiche. Un ramo di ingresso è collegato ad una sorgente luminosa accoppiata in fibra.

5 Tale sorgente è un diodo superluminescente (SLED) che emette radiazione attorno ad una lunghezza d'onda di 820nm. La radiazione emessa dallo SLED viene indirizzata verso l'accoppiatore, dove subisce una divisione nei due rami opposti: circa il 10% dell'energia entra nel ramo a

10 bassa intensità, mentre il 90% entra nell'altro. La radiazione in uscita dal ramo a bassa intensità è collimata da una lente e diretta verso l'occhio del paziente, mentre quella in uscita dall'altro ramo è collimata da una seconda lente e diretta verso la

15 superficie di riferimento (mobile) dell'interferometro. Questa è generalmente un elemento a bassa riflettanza (circa il 4%) costituito da una singola lamina piana di vetro ottico (od altro materiale ottico) traslabile lungo una guida parallela all'asse del fascio collimato uscente

20 dalla fibra.

La radiazione riflessa dalle superfici oculari del paziente, in condizioni di buon allineamento, rientra nella fibra attraversando all'indietro la lente di collimazione del ramo a bassa intensità. La radiazione

25 riflessa dalla superficie di riferimento altresì rientra nell'altro ramo attraversando la seconda lente. I due fasci di rientro attraversando l'accoppiatore vengono riuniti in questo modo: il 90% dell'energia proveniente dall'occhio viene riunito con il 10% dell'energia

30 proveniente dalla superficie di riferimento. Questa radiazione, presente nel quarto ramo dell'interferometro, viene indirizzata verso un fotodiodo che ne misura l'intensità, a sua volta connesso ad un amplificatore, ad un convertitore analogico/digitale(ADC) e ad un

35 elaboratore elettronico.

Il collimatore che punta l'occhio è fissato ad una predeterminata distanza in modo tale che i due bracci dell'interferometro abbiano differenza di cammino ottico quasi uguali, con il braccio della lamina più corto di qualche millimetro.

Sia le superfici oculari che la lamina riflettono indietro certe quantità di radiazione che, attraverso i due collimatori, rientrano all'interno delle fibre ottiche e ricombinandosi attraverso il nodo centrale vengono indirizzate al fotodiodo. Durante la misurazione la lamina trasla in modo tale da raggiungere la posizione nella quale la sua distanza ottica dalla sorgente equivale a quella della superficie esterna dell'occhio. In questa condizione l'interferometro è a bracci uguali e produce interferenza con qualsiasi tipo di radiazione venga illuminato (coerente o incoerente). In questa prima posizione, in particolare, le due onde riflesse (quella della superficie esterna della cornea e quella della lamina) si sovrappongono in interferenza costruttiva generando un massimo del segnale.

Continuando la traslazione, altri massimi del segnale si ottengono in tutte quelle posizioni nelle quali la distanza ottica tra la superficie di riferimento e una delle superfici intraoculari oggetto della misura è identica. Il tracciato temporale del segnale ottenuto dall'interferometro durante la traslazione della lamina di riferimento contiene quindi una serie di massimi, in corrispondenza di tutte le posizioni assiali delle superfici intraoculari da misurare. In particolare si hanno due massimi intensi in corrispondenza della superficie anteriore della cornea e della superficie della retina. Tutti i massimi sono circondati da un involuppo avente forma oscillante e causato da minimi e massimi secondari dell'interferenza, dovuti alla coerenza parziale della luce emessa dallo SLED. I massimi secondari, nel caso in questione, sono circa un centinaio per ogni

massimo principale. Analizzando l'inviluppo con opportune tecniche matematiche note, si ottiene la posizione del picco principale. Conoscendo infine la velocità di scansione, o in alternativa la posizione di ciascun punto del tracciato temporale (ad esempio tramite un campionamento opportuno, eseguito utilizzando il segnale di un encoder) si può ricavare la distanza ottica dei picchi principali, dalla quale si ricava la distanza geometrica della lunghezza assiale (AL) ricercata.

Un problema della misura con questa tecnologia risiede nel fatto che la distanza che deve percorrere la lamina di riferimento per poter misurare la lunghezza assiale anche di occhi più grandi della media è relativamente lunga, dell'ordine ad esempio dei 45mm. Durante il tempo di scansione, nel quale la lamina percorre tale distanza, è facile che, in maniera inavvertita, il paziente ruoti o più genericamente sposti l'occhio con un moto incontrollato e repentino. Questo movimento dell'occhio durante la misura causa la registrazione di distanze non corrette tra le superfici intraoculari misurate.

E' da sottolineare come una semplice soluzione al suddetto problema tecnico che prevede un aumento della velocità di scansione non è praticabile in quanto ci sarebbero problemi di rilevazione di un segnale a frequenze molto alte. Il segnale che sale di frequenza è la portante dell'inviluppo dovuta all'alternanza di frange chiare e scure nel profilo.

E' dunque sentita l'esigenza di un dispositivo, in particolare di un arrangiamento riflettente, che risulti configurato in modo tale da ridurre quanto più possibile, preferibilmente dimezzare, il tempo di percorrenza attualmente richiesto senza dover aumentare la velocità di scansione.

Sintesi dell'invenzione

È quindi scopo della presente invenzione fornire un nuovo dispositivo interferometrico del tipo "Michelson" che consenta di risolvere, almeno in parte, i suddetti
5 inconvenienti tecnici.

In particolare è scopo della presente invenzione fornire un nuovo dispositivo interferometrico in cui la corsa richiesta all'elemento o arrangiamento riflettente risulti notevolmente ridotta (addirittura dimezzata)
10 rispetto a quella di arte nota, pur risultando particolarmente semplice strutturalmente e consentendo al contempo di non dover aumentare oltre i limiti pratici la velocità di scansione.

Questi e altri scopi sono dunque ottenuti con il
15 presente dispositivo interferometrico per la misurazione di una lunghezza assiale (AL) in accordo alla rivendicazione 1.

L'interferometro, oggetto dell'invenzione, comprendente un elemento (7) almeno parzialmente
20 riflettente e traslabile lungo una direzione di moto in modo tale da potersi allontanare ed avvicinare rispetto ad una sorgente luminosa (5) emittente. Detto elemento (7) prevede dunque almeno una prima superficie (8) ed almeno una seconda superficie (9) le quali sono entrambe almeno
25 parzialmente riflettenti. Le due superfici sono predisposte tra loro parallele e ad una predeterminata distanza (**d**) reciproca.

In accordo all'invenzione le due superfici (8, 9) sono predisposte nell'arrangiamento (7) in modo tale da
30 mantenere costante detta distanza (**d**) reciproca almeno durante la traslazione dell'arrangiamento (7) nella fase di scansione.

In questa maniera, durante la traslazione dell'intero elemento (7) per effettuare la misurazione, l'elemento riflettente posteriore (9) raggiunge quasi immediatamente la posizione in cui la sua distanza dalla sorgente equivale a quella della retina andando in
5 interferenza costruttiva e producendo il picco che misura la distanza ricercata rispetto al picco generato dalla superficie anteriore (8) al raggiungimento della cornea.

Questa soluzione è come se consentisse di fatto un
10 utilizzo simultaneo di due interferometri separati e di cui gli "Output" sono però combinati in un tracciato unico contenente gli inviluppi relativi a tutti i picchi generati dall'azzeramento della differenza di cammino ottico da parte della prima (8) e della seconda (9)
15 superficie durante la scansione.

La prima superficie (8), non appena intercetta la cornea, genera un primo picco mentre la seconda superficie, in virtù della distanza (**d**) a cui è posizionata rispetto alla prima (8), intercetta subito
20 dopo la retina generando il secondo picco. E' evidente come la rilevazione dei due picchi, utilizzata in apposita formula per ricavare la distanza assiale ricercata, avvenga in accordo a detta soluzione in un tempo dimezzato rispetto all'arte nota descritta.

Tale soluzione è dunque strutturalmente semplice ed economica e consente di ridurre notevolmente o addirittura dimezzare la distanza di scansione percorsa dalla
25 superficie di riferimento, il tutto a parità di velocità di scansione. Il tempo necessario per operare la misurazione è dunque ridotto notevolmente riducendo al
30 minimo il rischio di movimentazione accidentale dell'occhio del paziente durante la misurazione.

Ulteriori vantaggi sono desumibili dalle

rivendicazioni dipendenti.

Breve descrizione dei disegni

Ulteriori caratteristiche e i vantaggi del presente
5 dispositivo e relativo metodo, in accordo all'invenzione,
risulteranno più chiaramente con la descrizione che segue
di alcune forme realizzative, fatte a titolo
esemplificativo e non limitativo, con riferimento ai
disegni annessi, in cui:

10 - La figura 1 e la figura 2 mostrano una
schematizzazione dell'interferometro di Michelson in
accordo alla presente invenzione;

- La figura 3 schematizza la fase di rilevazione
del primo picco;

15 - La figura 4 schematizza la fase di rilevazione
del secondo picco;

- La figura 5 mostra schematicamente il grafico
complessivo con i relativi picchi (lastra doppia) e, a
titolo di esempio, mostra come il grafico sia una sorta di
20 sovrapposizione tra due interferometri che lavorano
indipendentemente e simultaneamente.

- La figura 6 schematizza graficamente il calcolo
che consente l'ottenimento della distanza assiale
ricercata;

25 - La figura 7 mostra una possibile soluzione
tecnica per la movimentazione dell'arrangiamento 7
provvisto delle due lamine (8, 9).

Descrizione di alcune forme realizzative preferite

30 Con riferimento alla figura 1 e alla figura 2, è
descritto un interferometro 1 in accordo alla presente
invenzione.

L'interferometro, come da arte nota, prevede dunque
un accoppiatore 6 ("fiber coupler" come da figura 2) a cui

convergono i quattro rami di fibra ottica (2', 3', 4', 5'). Un primo ramo 2' è connesso ad una sorgente 2 (SLED in figura 2) ed un secondo ramo 3' è connesso al fotodiodo ricevente 3 (Photodiode 3 in figura 2) che elabora in
5 ritorno il fascio luminoso riflesso. Dalla parte opposta al nodo 6 convergono gli altri due rami di fibra ottica (4', 5') e di cui uno (il ramo 4') connesso al collimatore 4 posto di fronte all'occhio 100 e l'altro (il ramo 5') connesso ad un collimatore 5 posto frontalmente ad un
10 elemento riflettente 7.

La figura 2, come anche già descritto nella parte di preambolo di arte nota, descrive inoltre l'elaboratore elettronico (PC) il quale è posto in comunicazione con il fotodiodo 3 attraverso un convertitore (ADC).

15 Come da arte nota, dunque, il fascio emesso dalla sorgente 2 viene inviato in parte all'occhio 100 ed in parte all'elemento riflettente 7 attraverso le due diramazioni (4', 5') in modo tale che il fotodiodo 3, in ritorno, riceva il fascio riflesso attraverso il ramo 3' e
20 analizzi l'interferenza tra dette onde riflesse.

In accordo all'invenzione, l'elemento riflettente 7 (detto anche arrangiamento riflettente 7) prevede una prima lamina 8 ed una seconda lamina 9 almeno parzialmente riflettenti tra loro, parallele e distanziate di una
25 predeterminata quantità fissa (**d**). Le lamine sono preferibilmente piane.

Nella configurazione preferita dell'invenzione l'elemento riflettente 7 è in forma di un cilindro la cui faccia anteriore prevede la prima lamina riflettente 8
30 mentre la faccia posteriore costituisce la seconda lamina riflettente 9 le quali sono tra loro coassiali (oltre ad essere come detto parallele).

Il cilindro 7, come mostrato schematicamente in figura 1 ed in figura 2, è dunque traslabile lungo un
35 binario di scorrimento e in accordo al doppio verso della

freccia sempre mostrata in figura 1 ed in figura 2. In questa maniera la traslazione del cilindro causa una traslazione solidale delle due facce riflettenti (8, 9) le quali, appartenendo al cilindro ed essendo ad esso fisse, mantengono invariata la loro distanza reciproca (**d**) durante tutta la traslazione.

Sempre la figura 2 mostra inoltre un motore di guida 500 (motor driver di figura 2) il quale viene azionato dal PC e controlla la movimentazione del cilindro.

10 Il cilindro 7, ai fini della seguente invenzione, può avere lunghezze preferibilmente comprese in un range tra 12mm e 19mm e, più preferibilmente, una lunghezza di circa 12,5mm in modo da assicurare il massimo disaccoppiamento tra le posizioni dove i massimi misurati di cornea e retina vanno, in condizioni normali, a cadere.

Si ricorda come, in realtà, le distanze qui riportate sono le geometriche del cilindro e dunque, dato che la configurazione preferita dell'invenzione prevede l'uso di un vetro standard (BK7, con un indice di rifrazione $n=1.5$), le distanze ottiche sono quelle geometriche moltiplicate per detto fattore n di 1.5. In sostanza la lunghezza ottica è data dal prodotto della lunghezza geometrica con indice di rifrazione del materiale misurato a 820nm. Con i valori della lunghezza geometrica del cilindro entro i suddetti range, si può estrapolare un valore di lunghezza ottica del cilindro ottimale compreso tra 15mm e 21mm.

Naturalmente altre dimensioni del cilindro ed altre tipologie di vetro potrebbero essere utilizzati senza per questo allontanarsi dal presente concetto inventivo.

La figura 7 mostra strutturalmente una soluzione costruttiva adottata per consentire la traslazione dell'arrangiamento 7. La soluzione mostra due ruote 12 girevoli intorno al loro asse di incernieramento e collegate da un elemento di trascinamento, ad esempio una

cinghia 15. Un sistema motorizzato, ad esempio elettrico, è utilizzato per comandare la rotazione di una o entrambe le ruote 12 causando dunque il trascinamento in moto della cinghia 15. Un elemento di afferraggio 14, ad esempio una
5 coppia di dadi contrapposti, una pinza o un perno che si inserisce nella cinghia, è solidale alla slitta 13 ed è interposto tra la slitta 13 e la cinghia 15. L'elemento 14 afferra la cinghia in modo tale da consentire alla cinghia di trascinare la slitta durante il suo moto alternato.
10 Come mostrato in figura 7 sono evidenziati i due versi di moto alternato dall'arrangiamento 7.

In una possibile variante dell'invenzione sarebbe possibile prevedere che l'arrangiamento 7, ad esempio in forma di cilindro o altra forma, preveda un sistema di
15 regolazione della distanza (**d**) reciproca tra le due lamine (8, 9). Ad esempio un semplice sistema di scorrimento, montando le due lamine su opportuni binari entro il cilindro 7, consentirebbe di regolarne la distanza (**d**) reciproca. Un sistema di bloccaggio consente poi di
20 fissare la posizione selezionata in modo tale da poter condurre la scansione con detta distanza (**d**) fissa.

Questa soluzione, sebbene strutturalmente più complessa, consente di adattare l'arrangiamento 7 a particolari caratteristiche biometriche del paziente in
25 esame, ad esempio nel caso di bambini in cui le distanze da misurare potrebbero essere diverse da quelle di un adulto.

Sebbene in tutte le configurazioni descritte si sia indicato che, preferibilmente, le due lamine sono tra loro
30 coassiali, in realtà nulla vieterebbe di predisporle in maniera non coassiale. È infatti sufficiente che il fascio entrante nella prima lamina intercetti anche la seconda lamina senza che queste siano per forza perfettamente coassiali.

35 Una ulteriore variante potrebbe addirittura

prevedere che le due lamine siano predisposte in modo tale da non risultare ne coassiali e neanche tra loro parallele. Questa soluzione sarebbe possibile predisponendo ad esempio la seconda lamina ad angolo retto
5 rispetto alla prima, formando dunque uno spigolo. In questo caso sarebbe sufficiente predisporre un elemento riflettente in modo tale che quest'ultimo rifletta il fascio entrante attraverso la prima lamina sulla seconda posta ad angolo retto rispetto alla prima.

10 Inoltre è evidente come soluzioni equivalenti possono comunque prevedere forme diverse dell'elemento riflettente, ad esempio non un cilindretto ma bensì un parallelogrammo.

In uso dunque il funzionamento è il seguente.

15 Inizialmente la figura 1 mostra una posizione iniziale in cui il cilindro 7 è messo ad una distanza dal collimatore 5 tale per cui la prima lamina 8 risulta ad una distanza (d'') inferiore alla distanza (d') tra il collimatore 4 e la superficie 100 dell'occhio. In questa
20 maniera, in funzione della opportuna lunghezza geometrica del cilindro, è come se virtualmente il cilindro 7 risulti a cavallo della superficie esterna dell'occhio, ovvero della superficie dell'umor vitreo 100. Con il termine a cavallo si intende che la prima lamina è posta ad una
25 distanza ottica inferiore rispetto alla superficie di cornea mentre la seconda lamina sta ad una distanza ottica superiore alla cornea ma inferiore alla retina. La prima superficie riflettente 8 si troverà dunque in una posizione arretrata rispetto all'occhio 100 esattamente
30 come nella posizione iniziale del dispositivo discusso in arte nota. A questo punto inizia la traslazione sino a quando la prima superficie riflettente 8 raggiunge la prima distanza di equilibrio (cammini ottici uguali) generando, attraverso un raggio riflesso dal fascio 20, il
35 primo picco di interferenza 30 (vedi figura 3).

Come discusso in arte nota, il tracciato temporale del segnale ottenuto dall'interferometro durante la traslazione delle lamine di riferimento contiene quindi una serie di massimi, in corrispondenza di tutte le
5 posizioni assiali delle superfici intraoculari da misurare. In particolare si ha il primo massimo intenso proprio in corrispondenza del raggiungimento dalla prima lamina 8 in corrispondenza della superficie anteriore della cornea. Tutti i massimi sono circondati da un
10 inviluppo avente forma oscillante e causato da minimi e massimi secondari dell'interferenza, dovuti alla coerenza parziale della luce emessa dallo SLED. Algoritmi noti di inviluppo consentono dunque l'estrazione del massimo.

Le lamine sono in vetro non trattato, riflettenti in
15 un range variabile tra 1% e circa il 4%, preferibilmente il 4%. In tal maniera le lamine non sono oscuranti e la luce passa e viene riflessa anche dalla lamina posteriore 9. Il sistema non funzionerebbe con specchi o lamine ad alta riflettanza dato che in tal caso la lamina posteriore
20 non sarebbe investita da alcun fascio il quale è invece schermato totalmente dalla lamina anteriore.

Continuando nella traslazione il cilindro raggiunge la superficie della retina 200 (vedi figura 4). In particolare la seconda lamina 9, quando raggiunge un
25 cammino ottico equivalente a quello della retina, riflette il fascio 20 generando il secondo picco di interferenza 40 (vedi figura 4). Il 4% di energia che ritorna da ciascuna lamina è più che sufficiente per effettuare la misura. Ovviamente la seconda superficie 9 è investita dal 96%
30 della radiazione che incide sulla prima 8 (se la prima lamina è riflettente al 4%).

Grazie al fatto che il cilindro ha una predeterminata lunghezza geometrica L la seconda superficie riflettente intercetterà la retina (ovvero la
35 distanza di equilibrio in cui i cammini ottici sono

uguali) molto prima rispetto all'arte nota, ovvero i due picchi saranno tra loro molto più ravvicinati.

A tal scopo la figura 5 è chiarificatrice in quanto assimila il suddetto sistema a due interferometri che
5 lavorano indipendentemente. Si evidenzia dunque come la prima lamina 8, intercettata la cornea, generi il picco 30. Il picco 30' è quello che si genera quando la stessa lamina raggiunge la distanza ottica corrispondente alla
10 posizione di una seconda superficie oculare riflettente, ad esempio la retina. In questo caso, come da arte nota, il tempo **T** richiesto per la misurazione sarebbe elevato.

Il secondo interferometro ha però la sua propria lamina 9 posta ad un cammino ottico prossimo alla retina. Dunque genera, quasi subito dopo la generazione del primo
15 picco 30, il secondo picco 40. La lastra o lamina doppia, in accordo all'invenzione, genera dunque un segnale che prevede i due picchi 30 e 40 molto vicini tra loro e dunque ottenuti in un tempo **T** dimezzato rispetto ad un sistema ad arte nota.

20 In questa maniera, come schematicamente mostrato in figura 6, la distanza AL ricercata viene adesso facilmente implementata con un calcolo che sfrutta la distanza P percorsa dal cilindro, distanza in cui il cilindro 7 ha generato i due picchi (30, 40), sommata alla lunghezza L
25 del cilindro (questa moltiplicata opportunamente per l'indice di rifrazione del vetro cilindro) e il tutto diviso per l'indice di rifrazione dell'occhio.

Come da figura 1, il PC controlla il moto del cilindro attraverso un motore di guida 500. In particolare
30 il PC memorizza posizioni iniziali e finali di moto comandando sempre tale traslazione tra questi due punti estremi ogni qual volta viene comandata una misurazione ottica.

Nella presente descrizione si indica in maniera del
35 tutto generica e non limitativa con il termine fascio

luminoso un fascio che, come detto, è generalmente nel campo dell'infrarosso.

5

10

15

20

25

30

35

RIVENDICAZIONI

1. Un interferometro (1) di tipo Michelson per la
5 misurazione della lunghezza assiale (AL) intraoculare
e comprendente un arrangiamento (7) almeno
parzialmente riflettente della luce traslabile lungo
una direzione (P) di moto in modo tale da potersi
allontanare ed avvicinare rispetto ad una sorgente
10 luminosa (5) emittente, detto arrangiamento (7)
comprendendo almeno una prima superficie (8) ed almeno
una seconda superficie (9) almeno parzialmente
riflettenti e predisposte tra loro parallele e ad una
predeterminata distanza (**d**) reciproca;
- 15 **e caratterizzato dal fatto che** dette due
superfici (8, 9) sono predisposte nell'arrangiamento
(7) in modo tale da mantenere costante detta distanza
(**d**) reciproca almeno durante la traslazione
dell'arrangiamento (7) nella fase di scansione.
- 20
2. Un interferometro (1), secondo la rivendicazione 1, in
cui sono previsti mezzi di regolazione per consentire
un scorrimento reciproco delle due superfici (8, 9)
nell'arrangiamento (7) in modo tale da regolarne la
25 distanza reciproca (**d**) e mezzi di fissaggio per
bloccare detta distanza reciproca.
3. Un interferometro (1), secondo la rivendicazione 1, in
cui le due superfici (8, 9) sono fisse.
- 30
4. Un interferometro, secondo una o più rivendicazioni
precedenti, in cui detto arrangiamento riflettente

(7) è di forma cilindrica.

- 5 **5.** Un interferometro, secondo una o più rivendicazioni precedenti, in cui detto arrangiamento riflettente (7) ha una lunghezza ottica compresa tra 15mm e 25mm.
- 10 **6.** Un interferometro, secondo una o più rivendicazioni precedenti, in cui è previsto un sistema motorizzato di guida (500) per comandare la movimentazione dell'arrangiamento riflettente.
- 15 **7.** Un interferometro, secondo la rivendicazione 6, in cui il sistema motorizzato è collegato ad un elaboratore elettronico (PC) che comanda il moto entro due posizioni estreme.
- 20 **8.** Un interferometro (1), secondo una o più rivendicazioni precedenti, in cui le due superfici riflettenti (8, 9) sono a bassa riflettanza in modo tale da riflettere in un range compreso tra 1% e il 4% del fascio che le investe e preferibilmente del 4%.
- 25 **9.** Un interferometro (1), secondo una o più rivendicazioni precedenti, in cui le due superfici riflettenti (8, 9) sono predisposte nell'arrangiamento (7) in modo tale da risultare ulteriormente coassiali.
- 30 **10.** Un metodo per effettuare una misurazione della lunghezza assiale (AL) intraoculare attraverso un interferometro (1) di tipo Michelson comprendente un arrangiamento (7) almeno parzialmente riflettente

della luce e provvisto di almeno una prima (8) ed di almeno una seconda (9) superficie almeno parzialmente riflettenti, predisposte tra loro parallele e ad una predeterminata distanza (**d**) reciproca, detto metodo

5 comprendendo le seguenti operazioni:

- Posizionamento iniziale dell'arrangiamento riflettente (7) in modo tale che la prima superficie riflettente (8) si trovi ad una distanza (d'') dal collimatore (5) inferiore alla distanza (d') del
- 10 collimatore (4) dalla cornea (100) dell'occhio;
- Invio del fascio luminoso attraverso i due rami ($4'$, $5'$) terminanti nei due collimatori (4, 5);
- traslazione dell'elemento riflettente lungo una direzione di misurazione in modo tale da ottenere la
- 15 generazione di due picchi di interferenza (30, 40) in corrispondenza del raggiungimento delle due posizioni di interferenza in cui rispettivamente la distanza ottica della prima superficie (8) dalla sorgente (5) equivale a quella della superficie esterna dell'occhio
- 20 (100) con la sorgente (4) e la distanza ottica della seconda superficie (9) dalla sorgente (5) equivale a quella della sorgente (4) dalla retina;
- ed in cui le due dette superfici (8, 9) sono predisposte nell'arrangiamento (7) in modo tale da
- 25 mantenere costante detta distanza (**d**) reciproca almeno durante la traslazione dell'arrangiamento (7) nella fase di scansione.

CLAIMS

1. A Michelson-type interferometer (1) for measuring the intraocular axial length (AL) and comprising an arrangement (7) at least partially reflecting of the translatable light along a direction of motion (P) so as to be able to move apart and come near with respect to an emitting source of light (5), said arrangement (7) comprising at least a first surface (8) at least partially reflecting and at least a second surface (9) at least partially reflecting and arranged parallel between them and at a reciprocal pre-determined distance (**d**);

and characterized in that said two surfaces (8, 9) are arranged in the arrangement (7) so as to maintain constant said reciprocal distance (**d**) at least during the translation of the arrangement (7) in the scanning phase.

2. An interferometer (1), according to claim 1, wherein adjustment means are included to allow a reciprocal sliding of the two surfaces (8, 9) in the arrangement (7) so as to adjust their reciprocal distance (**d**) and fixing means to block said reciprocal distance.

25

3. An interferometer (1), according to claim 1, wherein the two surfaces (8, 9) are fixed.

4. An interferometer, according to one or more of the preceding claims, wherein said reflecting arrangement (7) is cylindrical.

30

5. An interferometer, according to one or more of the preceding claims, wherein said reflecting arrangement (7) has an optical length comprised between 15mm and 25mm.

5

6. An interferometer, according to one or more of the preceding claims, wherein a motorized guide system (500) is included for controlling the movement of the reflecting arrangement.

10

7. An interferometer, according to claim 6, wherein the motorized system is connected to an electronic processor (PC) that controls the motion within two extreme positions.

15

8. An interferometer (1), according to one or more of the preceding claims, wherein the two reflecting surfaces (8, 9) are of low reflectance so as to reflect within a range comprised between the 1% and the 4% of the beam that invests them, and preferably of the 4%.

20

9. An interferometer (1), according to one or more of the preceding claims, wherein the two reflecting surfaces (8, 9) are arranged in the arrangement (7) so as to result further coaxial.

25

10. A method for realizing a measurement of the intraocular axial length (AL) through a Michelson-type interferometer (1) comprising an arrangement (7) at least partially reflecting the light and provided with at least a first (8) and at least a second (9) surface

30

at least partially reflecting, arranged parallel between them and at a reciprocal pre-determined distance (**d**), said method comprising the following operations:

- 5 - Initial positioning of the reflecting arrangement (7) so that the first reflecting surface (8) is located at a distance (d'') from the collimator (5) inferior to the distance (d') from the collimator (4) to the cornea (100) of the eye;
- 10 - Sending of the light beam through the two branches ($4'$, $5'$) finishing in the two collimators (4, 5);
- Translation of the reflecting element along a measuring direction so as to obtain the generation of two interference peaks (30, 40) in correspondence of
- 15 reaching the two positions of interference wherein respectively the optical distance of the first surface (8) from the source (5) is equal to that of the external surface of the eye (100) with the source (4), and the optical distance of the second surface (9)
- 20 from the source (5) is equal to that of the source (4) from the retina;
- And wherein the said two surfaces (8, 9) are arranged in the arrangement (7) so as to maintain constant said reciprocal distance (**d**) at least during
- 25 the translation of the arrangement (7) in the scanning phase.

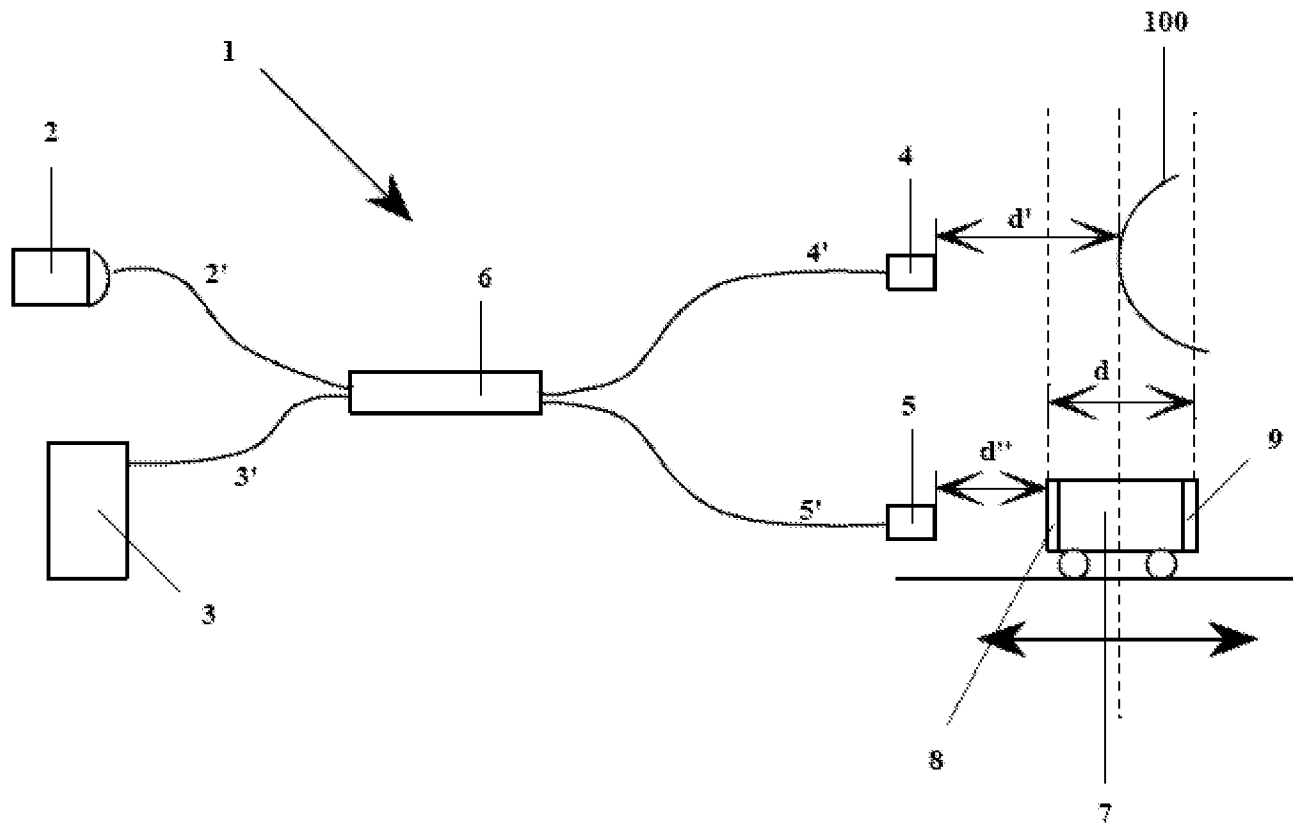
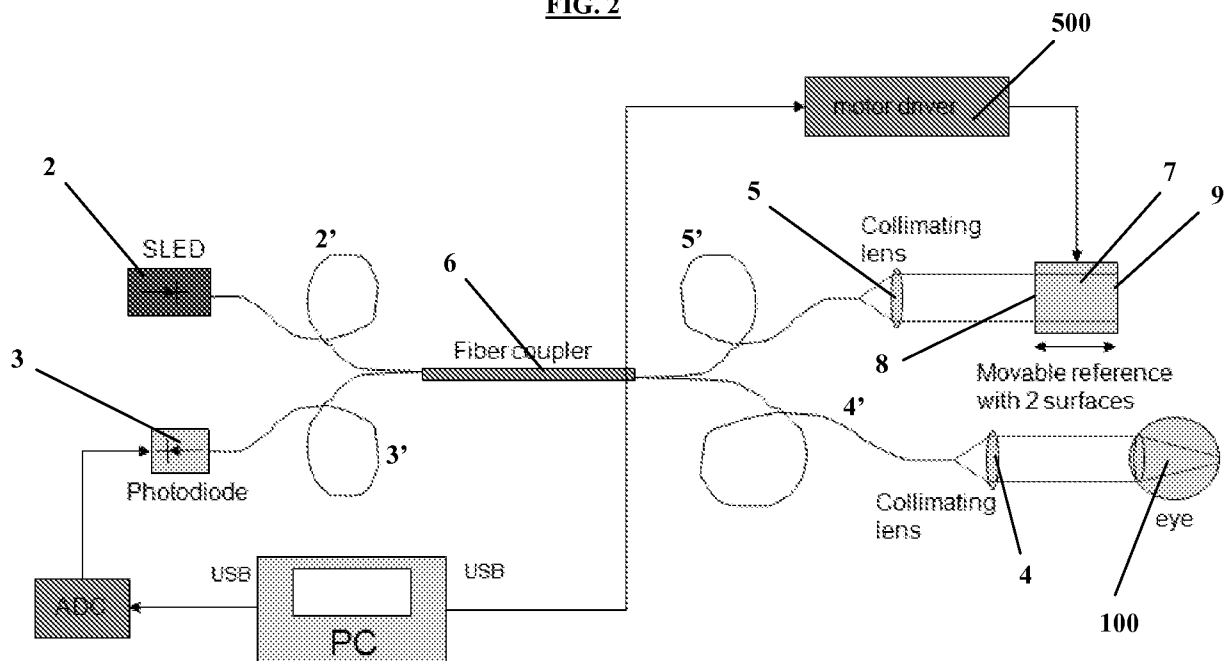
FIG. 1**FIG. 2**

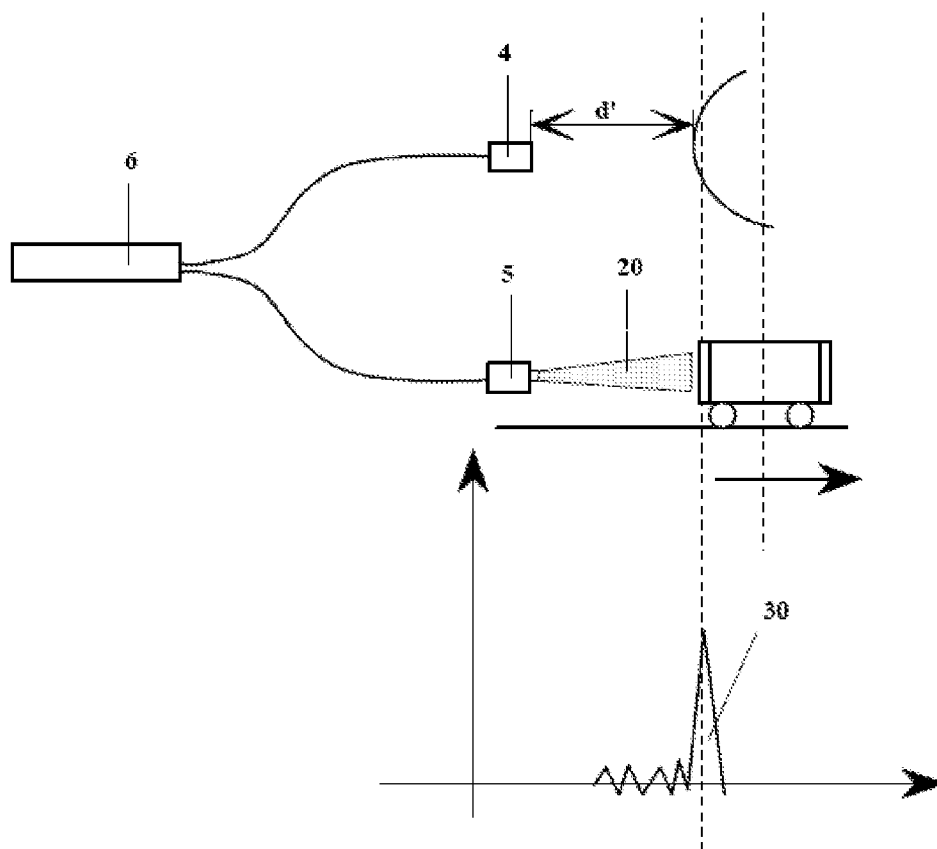
FIG. 3

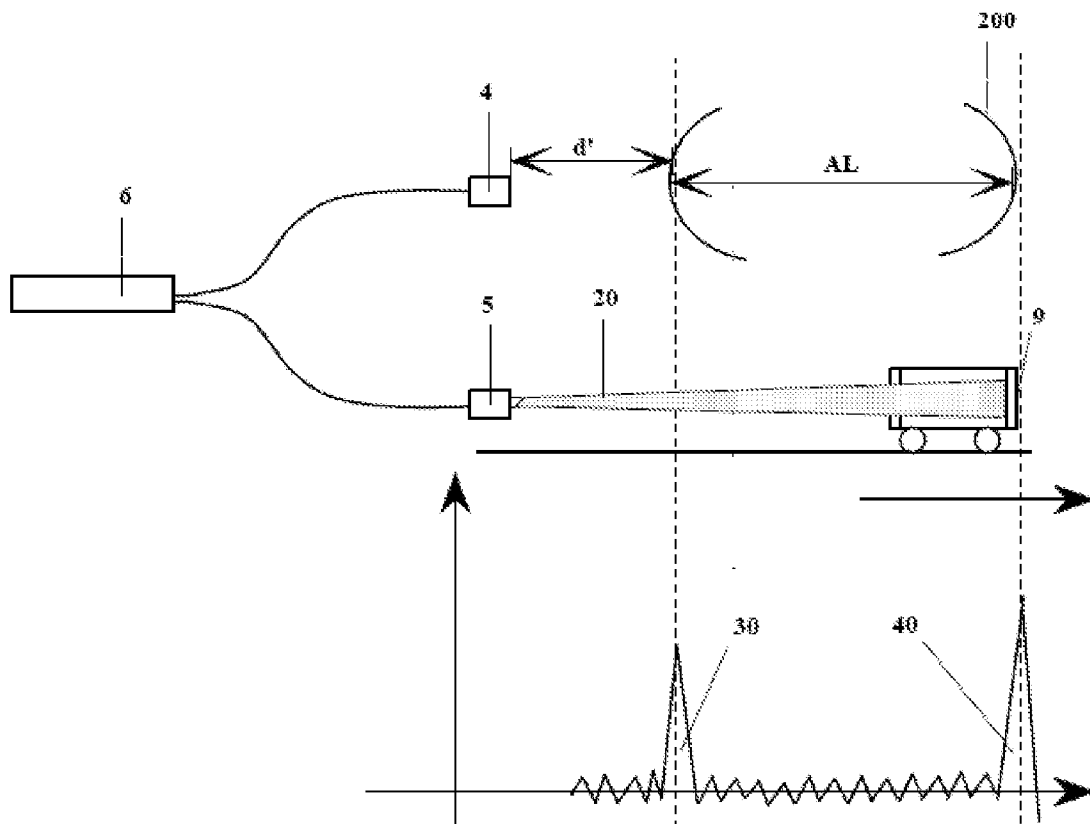
FIG. 4

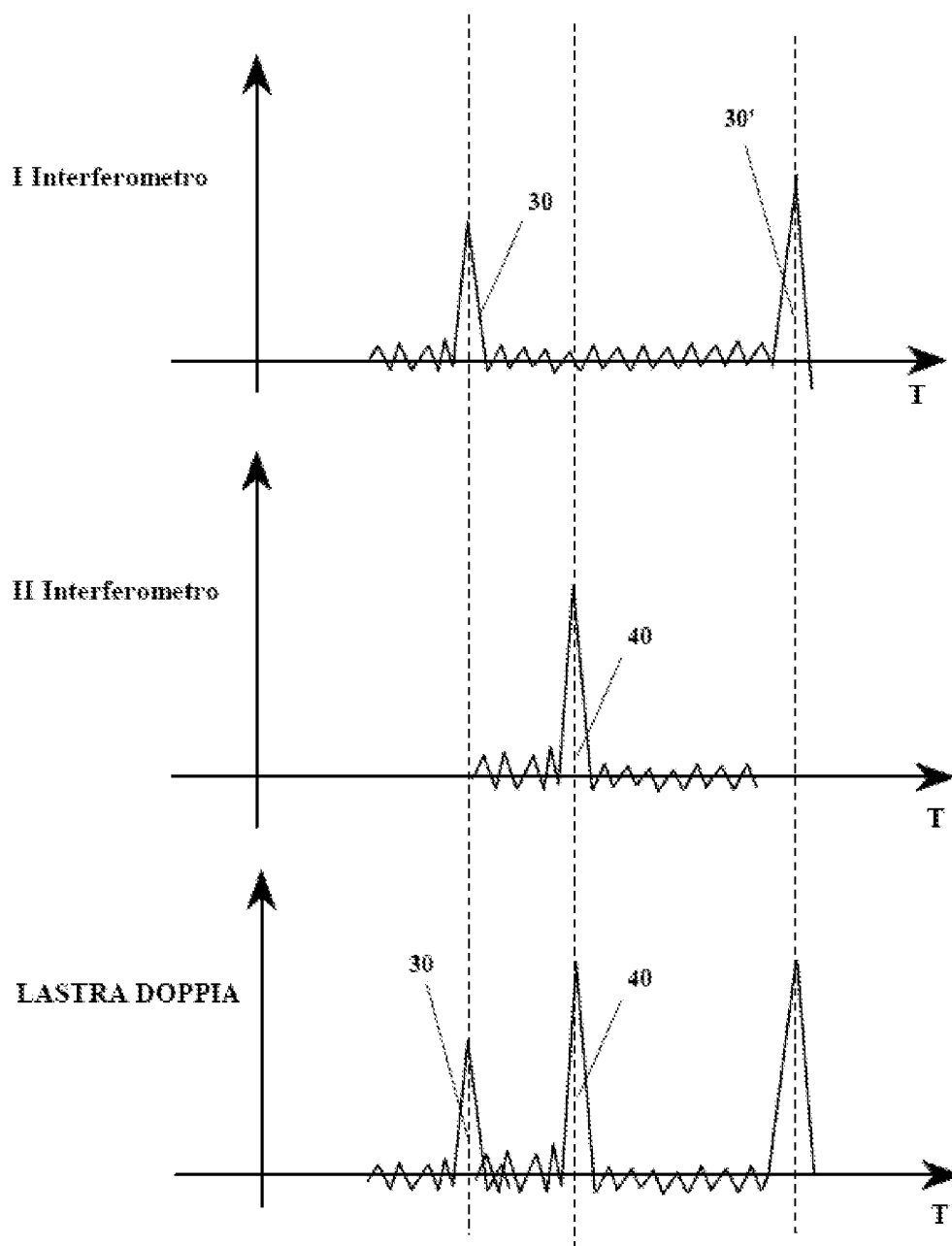
FIG. 5

FIG. 6

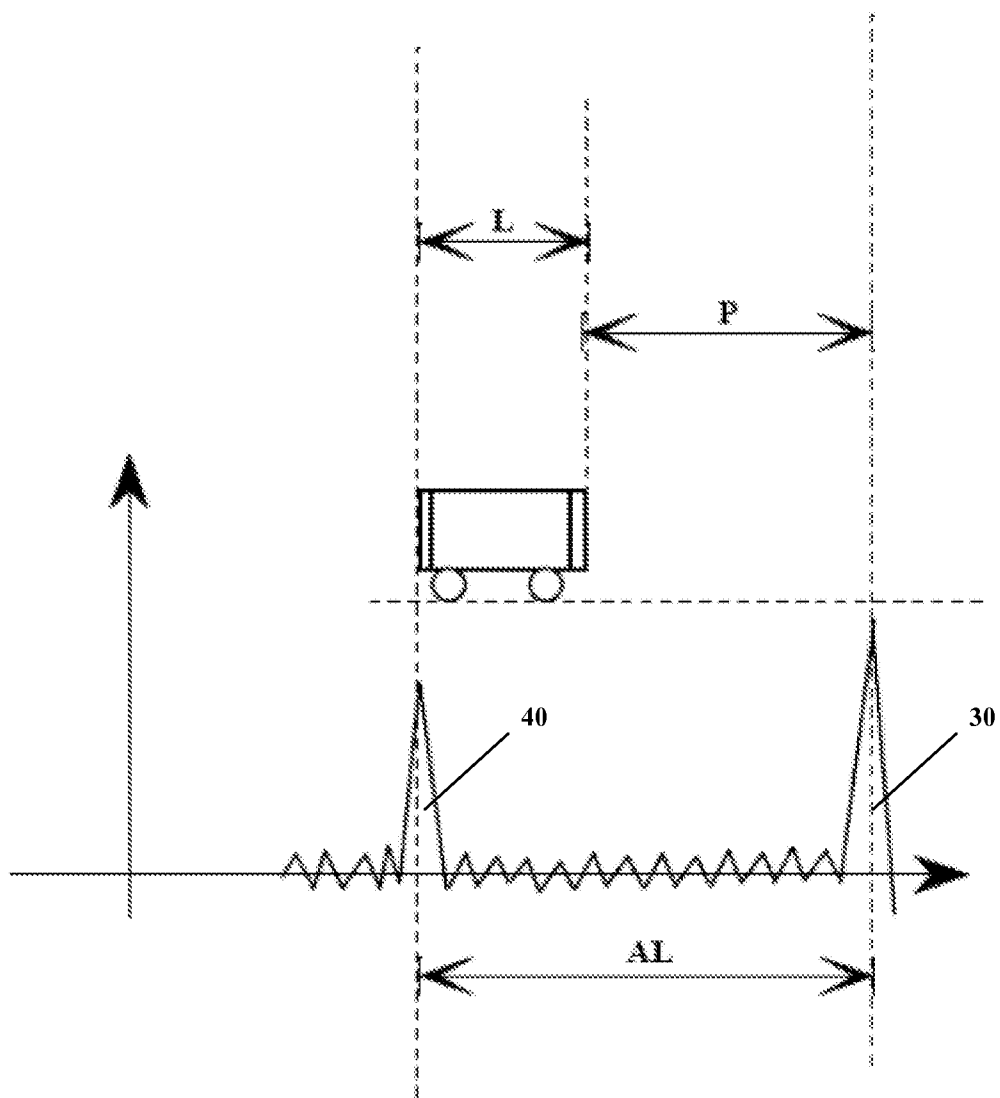


FIG. 7