

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901701595A1

Publication Date

20100809

Applicant

NIROX SRL

Title

METODO E STRUMENTO PER LA MISURA OTTICA DI SPESSORE DI
MATERIALI TRASPARENTI O SEMI-TRASPARENTI

DESCRIZIONE

del BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE

avente per titolo:

“METODO E STRUMENTO PER LA MISURA OTTICA DI SPESSORE
DI MATERIALI TRASPARENTI O SEMI-TRASPARENTI”

a nome di NIROX Srl, di nazionalità italiana, con sede in Piazza Martiri
della Resistenza 2 - 25010 ACQUAFREDDA (Brescia).

Inventori designati: BANDERA, Andrea

DONINI, Maurizio

PASQUALI, Andrea

Campo dell'Invenzione

La presente invenzione si riferisce in generale agli strumenti di
misura e riguarda segnatamente uno strumento ed un metodo per la
misura dello spessore di materiali otticamente trasparenti o semi-
5 trasparenti in forma di film o pellicole, rientranti in particolare in una
ampia tipologia.

Stato dell'Arte

I film, ed in particolare i film sottili, costituiti da materiali
otticamente trasparenti o semi-trasparenti, quali plastica o vetro qui
10 considerati trovano larga applicazione in vari settori. Usualmente
vengono prodotti con un processo di estrusione da un materiale di
partenza, possono essere costituiti da un singolo strato o da più strati
sovrapposti e sono poi avvolti in bobine oppure tagliati in strisce di
varia larghezza. Ad esempio nel settore degli impianti di

trasformazione delle materie plastiche in film viene richiesta una accurata misura dello spessore del film da effettuarsi durante la fase produttiva al fine di controllare che il profilo trasversale di una bobina, prodotta sia mediante "linee cast" che in linee a bolla, resti costante
5 entro una tolleranza dichiarata. Questo per evitare sprechi di materiale o la restituzione di prodotto finito, qualora non sia conforme a determinate specifiche. A tal fine l'impianto di estrusione può essere equipaggiato con uno strumento di misura atto a rilevare lo spessore del prodotto e ad inviare, in caso di difformità, un segnale di
10 retroazione per un arresto della linea di produzione in modo manuale o automatico.

In generale gli strumenti utilizzati per la misura dello spessore di un film si basano su differenti tecniche. Ad esempio, sempre con riferimento al settore degli impianti per la produzione di film in materia
15 plastica, vengono utilizzati strumenti basati su tecnologie elettromagnetiche, tecniche meccaniche, tecniche a radiazioni ionizzanti.

Gli strumenti che adottano le tecniche elettromagnetiche utilizzano il principio capacitivo oppure il principio induttivo. In
20 entrambi i casi, comprendono sostanzialmente due testine di misura contrapposte e il film viene fatto passare tra le due testine di misura dove altera una proprietà elettro-magnetica, induttiva o capacitiva, che viene allora rivelata dallo strumento stesso. La conversione della caratteristica elettrica in una informazione di spessore è ottenuta
25 utilizzando curve di taratura ottenute con campioni di riferimento.

Le tecniche meccaniche si basano sull'utilizzo di un tastatore da porre a contatto con il film, e di un elemento di riscontro della struttura meccanica, tipicamente un rullo di rinvio del film.

Nelle tecniche a radiazioni ionizzanti vengono utilizzate sorgenti radioattive, ad esempio raggi beta oppure raggi x, in grado di emettere una radiazione che abbia sufficiente energia per poter attraversare qualunque combinazione di spessore/colorazione di film di interesse produttivo, al fine di estrarre l'informazione di spessore.

Tra le tecniche di misura ottiche vengono utilizzati, ad esempio, misuratori a raggi infrarossi, i quali sfruttando le linee spettrali di assorbimento ottico caratteristiche dei materiali, in particolare delle materie plastiche, sono in grado di convertire la misura di attenuazione ottica in una misura di spessore.

Sebbene normalmente utilizzati per la misura di spessore, anche nell'ambito del controllo in linee di produzione, questi strumenti presentano alcuni svantaggi.

In particolare le tecniche elettromagnetiche sono contraddistinte da una bassa risoluzione per spessori del film piccoli, necessitano di accurate procedure di calibrazione e richiedono accurate installazioni meccaniche sulle linee di movimentazione. Inoltre, il principio di funzionamento dei sistemi di misura capacitivi non è applicabile per alcune tipologie di film con costanti dielettriche con valori al di fuori di certi campi.

Dal canto loro, le tecniche meccaniche richiedono necessariamente un contatto fisico tra un testatore di misura ed il film, il che può esser causa di danni per la superficie di contatto.

Le tecniche a radiazioni ionizzanti possono essere usate con una qualsiasi tipologia di film, ma richiedono l'uso di sorgenti radioattive, il loro corretto funzionamento è legato a complesse procedure di taratura e l'accuratezza della misura è dipendente dal rapporto segnale/rumore e diminuisce nel tempo in quanto gli elementi radioattivi sono soggetti a decadimento. Per di più la presenza di sorgenti radioattive richiede particolari licenze per l'installazione e l'utilizzo, che comportano un incremento dei tempi e costi di gestione.

La tecnologia ad infrarossi consente di superare alcune delle limitazioni che caratterizzano gli approcci di misura precedentemente citati, ma richiede l'utilizzo di due teste di misura contrapposte; qualora la misura fosse effettuata con testa singola in riflessione, detta one-sided, essa sarebbe possibile solo per film depositati su substrati di tipo metallico in grado di agire da specchio per il fascio ottico che attraversa il materiale.

La misurazione di uno spessore mediante teste contrapposte può essere utilizzata in molte applicazioni, come ad esempio gli impianti di trasformazione delle materie plastiche con tecnologia cast, nei quali il layout meccanico dell'impianto consente l'installazione del misuratore ai due lati del film da misurare. Negli impianti di trasformazione basati su tecnologia a bolla, invece, è preferibile un'installazione di tipo one-sided in quanto è posizionabile fisicamente

più vicino alla testa di estrusione del film con una conseguente diminuzione della costante di tempo della retroazione ed un miglioramento della procedura di controllo ad anello chiuso. Pertanto, in questi impianti, possono essere utilizzati sensori capacitivi a testa
5 singola oppure sensori a teste contrapposte, ma con questi posizionati solo dopo il collassamento della bolla, quindi con un aumento del tempo di retroazione e una diminuzione dell'efficienza del controllo.

Vi è dunque, ancor'oggi, la necessità di poter disporre di uno strumento di misura non a contatto, a testa singola, di elevata
10 accuratezza, atto a rilevare in continuo lo spessore di un film sottile anche direttamente in linee di produzione/estrusione e quindi caratterizzato da un alto grado di integrazione e compattezza che ne consenta l'installazione con semplicità su sistemi di scansione necessari ad ottenere il profilo trasversale dello spessore del film.

15 Le tecniche ottiche, ed in particolare l'interferometria a bassa coerenza, consentono di ottenere l'informazione di spessore desiderata con le caratteristiche sopra citate; questa tecnica è stata applicata con successo in numerosi ambiti applicativi tra i quali, ad esempio, la tomografia ottica in campo biomedicale (OCT, Optical Coherence
20 Tomography), il monitoraggio strutturale e la caratterizzazione del comportamento ottico di mezzi di trasmissione in fibra ottica, mentre nel campo delle misure di spessore è stata utilizzata solo per misure di spessore di film non in movimento e quindi non su linee di produzione.

In effetti, nella realizzazione classica di interferometro a bassa
25 coerenza, cosiddetta time-domain TD, quale mostrata indicativamente

nella nello schema in Fig.1 - la luce, generata da una sorgente a bassa coerenza, ovvero a banda larga è separata mediante un beam-splitter, in due cammini spazialmente distinti detti braccio di misura e braccio di riferimento, i quali sono diretti rispettivamente verso un campione che si desidera indagare e un elemento ottico di riferimento, tipicamente uno specchio. La luce che viene riflessa dal campione e dall'elemento ottico è ricombinata mediante lo stesso beam-splitter e inviata verso un ricevitore. Lungo il cammino dal beam-splitter al ricevitore i due fasci ottici sono sovrapposti spazialmente e quindi danno luogo a fenomeni di interferenza; l'intensità ottica rivelata dal ricevitore è data dalla somma delle singole componenti e della componente interferometrica, la cui intensità dipende dalla differenza di cammino ottico tra i due bracci dell'interferometro. In particolare questa risulta massima quando le distanze percorse sui due cammini sono identiche e decade rapidamente a zero quando la differenza di cammino è maggiore della lunghezza di coerenza della sorgente, tipicamente nell'ordine di qualche micron. Muovendo lo specchio che termina il braccio di riferimento è possibile tracciare le posizioni, all'interno del materiale, nelle quali si verificano effetti di riflessione pura oppure eventi di back-scattering. Ad esempio, considerando il caso in cui l'oggetto da misurare sia un film sottile omogeneo è possibile individuare la posizione delle interfacce aria-film e film-aria in corrispondenza delle quali parte della luce incidente viene riflessa; la distanza tra le posizioni delle interfacce è l'informazione di spessore.

Un'evoluzione di questo schema è invece indicata come frequency-domain FD – schematizzato in Fig. 2 - ed è caratterizzata da una maggiore sensibilità e da un minor tempo di misura in quanto non necessita di elementi in movimento.

5 In tale schema, infatti, lo specchio sul braccio di riferimento è mantenuto fisso mentre come rivelatore viene utilizzato un dispositivo in grado di risolvere le componenti spettrali del segnale interferometrico; l'informazione di posizione e quindi di spessore risulta codificata nell'intensità delle varie componenti spettrali.

10 In particolare il segnale ottenuto dal ricevitore è dato dalla somma di tre componenti:

- la prima, rappresenta la distribuzione di intensità della sorgente ottica,
- la seconda è determinata dalla intensità delle retro-riflessioni all'interno del materiale, mentre
- 15 - la terza rappresenta la mutua interferenza, detta anche auto-correlazione, tra le varie riflessioni presenti all'interno del materiale.

Mediante opportuni accorgimenti realizzativi ed algoritmi di
20 elaborazione digitale del segnale, vengono rimossi e/o ridotti i contributi della prima e terza componente, con l'obiettivo di concentrare l'analisi sulla seconda, che consente di ottenere la posizione delle varie interfacce di passaggio tra aria e film o tra strati diversi del film stesso.

La realizzazione di strumentazione basata sulle tecniche sia TD che FD richiede, però, per un funzionamento efficace, l'utilizzo di uno schema ottico complesso caratterizzato da un allineamento critico e l'utilizzo di sorgenti a bassa coerenza temporale, ma elevata coerenza spaziale (tipicamente diodi superluminescenti SLD). Questo determina una certa complessità realizzativa che si traduce in un costo elevato della strumentazione. Inoltre per la realizzazione FD occorre sottolineare che un movimento relativo del campione rispetto alla testa ottica di misura, sia esso un movimento di tipo traslazionale oppure
5
10
vibrazionale, degrada rapidamente il segnale ottico a causa del processo di integrazione del ricevitore che deve essere utilizzato per questo tipo di schema; di conseguenza questo svantaggio rende l'approccio difficilmente applicabile per il controllo di linea dove sia il materiale da misurare che la realizzazione del sistema sono in movimento.

15
Inoltre tali strumenti sono costituiti da una parte ottica da porsi in prossimità dell'oggetto da misurare e che si collega, usualmente attraverso un cavo, ad un'unità di elaborazione esterna che comprende mezzi di amplificazione, mezzi di elaborazione e, nel caso di uno strumento basato sulla tecnica TD, anche di una unità di controllo della
20
posizione e del movimento del braccio di riferimento. Questo comporta ulteriori difficoltà di installazione soprattutto nel caso in cui il sistema debba essere montato a bordo di una linea di produzione.

Scopi e Sommario dell'Invenzione

25
E' scopo della presente invenzione proporre uno strumento per la misura di spessori non-invasivo e non a contatto, che utilizzi una

sorgente ottica non-ionizzante, per la misura di spessore di un film sottile e una tecnica di misura ottica.

Un altro scopo è di proporre uno strumento basato su un approccio di tipo interferometrico a bassa coerenza, ma con uno schema
5 ottico semplificato in modo da risultare più robusto, insensibile a vibrazioni e spostamenti dell'oggetto da misurare, più economico e facile da realizzare e che risulti più compatto e semplice da installare anche su linee di produzione.

Detti scopi e gli impliciti vantaggi sono raggiunti con uno
10 strumento di misura secondo la rivendicazione 1 e con un metodo di misura secondo la rivendicazione 10.

In effetti, con riferimento alla realizzazione classica di un interferometro a bassa coerenza di tipo frequency-domain FD, dal momento che anche la componente o segnale di mutua-interferenza
15 contiene informazioni circa la struttura del campione sotto esame in quanto derivante dall'interazione tra le varie riflessioni presenti all'interno del campione, la richiedente ha pensato di utilizzare proprio questa componente per ottenere la misura dello spessore.

Se si considera, infatti, il caso di una struttura semplice come
20 quella di un film a monostrato, la sequenza di interfacce è composta solamente da due termini, cioè dall'interfaccia aria-film e dall'interfaccia film-aria e il segnale di mutua-interferenza è composto da un unico termine che è proporzionale alla distanza tra le due interfacce, ossia allo spessore totale.

In caso di strutture a più strati questo segnale risulta più complesso da analizzare, ma nella maggior parte dei film prodotti, ad esempio nel settore della trasformazione delle materie plastiche, il numero di strati è tipicamente di 3 oppure 5 con una distribuzione
5 simmetrica; questa caratteristica rende il segnale di mutua-interferenza più semplice da interpretare e fa sì che, all'interno di questo segnale, l'informazione relativa allo spessore totale del film, ossia quella derivante dall'interazione tra le interfacce di ingresso (aria-film) e di uscita (film-aria), sia di intensità dominante, ossia dotata di maggior
10 visibilità rispetto alle componenti che sono invece determinate dalle interazioni delle interfacce ottiche in corrispondenza degli strati interni.

Inoltre questo segnale, in quanto generato solo dalle componenti riflesse internamente al materiale, risulta essere stabile rispetto alle vibrazioni o al movimento del materiale che si sta misurando
15 relativamente alla testa ottica, ed è presente anche in assenza del braccio di riferimento; questo consente una realizzazione ottica semplificata, che non richiede allineamenti critici per ottenere la sovrapposizione spaziale dei fasci ottici di ritorno dal braccio di riferimento e di misura.

20 Il segnale di mutua-interferenza, però, è caratterizzato da una minore intensità rispetto alle altre componenti; per ovviare a tale inconveniente lo schema ottico in grado di generare un segnale utilizzabile per effettuare una misura di spessore, è stato realizzato con una opportuna scelta della componentistica opto-elettronica, la quale

deve avere caratteristiche tali da poter amplificare adeguatamente questo segnale.

Breve Descrizione dei Disegni

L'invenzione sarà peraltro illustrata più in dettaglio nella
5 descrizione che segue fatta con riferimento agli allegati disegni
indicativi e non limitativi, nei quali:

le Figg. 1 e 2 mostrano gli schemi di interferometri secondo la
tecnologia dello stato dell'arte sopra riferito;

la Fig. 3 è uno schema a blocchi dello strumento di misura
10 secondo l'invenzione; e

la Fig. 4 mostra schematicamente lo strumento di misura
applicato a una linea di produzione di un film.

Descrizione Dettagliata dell'Invenzione

Nelle Figg. 3 e 4 sono rappresentati uno strumento 10 per la
15 misura di spessori e un film 11 in un materiale otticamente trasparente
o semi-trasparente da misurare.

Lo strumento comprende, all'interno di un corpo di
contenimento, una sorgente ottica 12 atta ad emettere una radiazione
luminosa e a generare un fascio luminoso, una guida ottica 13, una testa
20 ottica 14, un ricevitore 15, una scheda di elaborazione 16 e una scheda
di supervisione 17.

La sorgente ottica, è costituita da una sorgente in grado di
emettere una radiazione luminosa ad ampia larghezza spettrale,
caratterizzata da una bassa coerenza temporale e possibilmente da una
25 elevata coerenza spaziale; è possibile utilizzare, per esempio, una

lampada alogena, ma anche sorgenti basate su LED, diodi
superluminescenti, lampade allo Xenon oppure lampade al Mercurio-
Argon. Inoltre contiene gli elementi in grado di formare un fascio
luminoso che possa essere trasportato mediante la guida ottica verso il
5 film sottile oggetto della misura.

La guida ottica 13 provvede a convogliare il fascio luminoso
generato dalla sorgente verso il film 11 che si sta misurando e a
raccogliere e trasportare verso il ricevitore 15 un fascio ottico riflesso,
contenente le componenti luminose riflesse dal film. La guida ottica
10 deve essere concepita in modo da consentire una ottimale
sovrapposizione spaziale delle componenti riflesse; ad esempio, può
essere realizzata mediante una fibra ottica multi-elemento con una
configurazione M attorno ad 1, in cui M corrisponde al numero di fibre
che trasmettono il fascio luminoso verso il film da misurare e che sono
15 disposte attorno a una fibra centrale di raccolta delle componenti
riflesse.

La testa ottica 14 contiene gli elementi ottici, sostanzialmente
costituiti da un numero finito di lenti, necessari per formare un fascio
ottico incidente per illuminare il film e garantirne la messa a fuoco
20 all'interno di un determinata distanza di lavoro. La scelta dei
componenti deve essere fatta tenendo conto della possibilità che il film,
ad esempio in un impianto di trasformazione delle materie plastiche,
viaggi a velocità elevate e quindi sia soggetto ad ampie vibrazioni.
Parte del fascio ottico incidente sul film viene riflesso dalle interfacce
25 aria-film, film-aria ed eventualmente interne al film stesso. La testa

ottica consente allora di far sovrapporre spazialmente le varie componenti riflesse e di generare il fascio ottico riflesso da inviare al ricevitore mediante la guida ottica.

Il ricevitore 15 riceve in entrata il fascio ottico riflesso, lo converte
5 in un segnale elettrico, lo amplifica e lo converte in un segnale digitale
18 di uscita, in forma di pacchetto di dati, da inviare alla scheda di
elaborazione. Si tratta di un dispositivo in grado di separare
spazialmente le componenti spettrali del fascio ottico riflesso e fornire
segnale elettrico proporzionale all'intensità di ciascuna componente ed
10 è costituito da una serie di ottiche di ingresso che provvedono a dare
opportune caratteristiche spaziali al fascio ottico riflesso inviato dalla
guida ottica, seguito da un elemento ottico in grado di separare
spazialmente le varie componenti spettrali del fascio ottico riflesso e da
una ulteriore serie di ottiche per convogliare le varie componenti
15 spettrali verso una serie di elementi foto-rivelatori. Questi convertono
ciascuna componente spettrale in un segnale elettrico mediante un
processo di integrazione e sono seguiti da una serie di stadi di
amplificazione e filtraggio elettronico dei segnali prodotti atti a
generare il segnale digitale 18. Le caratteristiche di funzionamento
20 ottico del ricevitore determinano in maniera univoca le principali
caratteristiche metrologiche e la accuratezza di tutto il sistema di
misura; di conseguenza la configurazione ottica di questo elemento
risulta determinante ai fini del funzionamento di tutto il sistema.

La scheda di elaborazione 16 riceve il segnale digitale 18 e
25 provvede ad effettuare le operazioni matematiche necessarie al calcolo

dello spessore del film. Si tratta di una scheda a microprocessore che si occupa di pilotare ed interrogare il ricevitore; ad ogni interrogazione il ricevitore risponde inviando un pacchetto di dati composto da un numero N di dati corrispondenti all'intensità di ciascuna componente
5 spettrale che il ricevitore è in grado di convertire. Ogni pacchetto di dati viene quindi processato dalla scheda di elaborazione al fine di ottenere l'informazione di spessore e viene utilizzato per calcolare vari parametri di qualità che possano servire come indicatori del rapporto segnale-rumore e del corretto funzionamento di tutta la realizzazione,
10 con particolare attenzione allo schema ottico che deve generare il segnale di mutua-interferenza.

Il processo di elaborazione dei dati, attraverso la suddetta scheda di elaborazione 16, comprende le seguenti fasi:

- eliminazione di componenti spettrali con intensità inferiore ad
15 una soglia pre-determinata sulla base di evidenze sperimentali;
- eliminazione di discontinuità nel segnale, eventualmente generate dalla fase precedente, mediante operazioni di filtraggio e finestrazione;
- conversione dell'intensità del segnale dal dominio delle
20 lunghezze d'onda al dominio delle frequenze ottiche, per poter trattare il segnale ottico;
- procedure di interpolazione e ricampionamento per incrementare la qualità del segnale;
- analisi delle componenti in frequenza dell'intensità al fine di
25 estrarre il segnale di mutua-interferenza;

- filtraggio del segnale di mutua-interferenza ottenuto, estrazione delle componenti dominanti ed analisi delle stesse al fine di individuare univocamente il segnale relativo allo spessore del film;

- calcolo del rapporto segnale-rumore della misura effettuata ed eventuale scarto della misura stessa qualora l'indice di qualità sia inferiore ad una soglia pre-determinata; e

-calcolo dei parametri di qualità associati alla misura stessa.

La scheda di supervisione 17 si occupa di generare un segnale di pilotaggio 19 da inviare alla sorgente ottica, al ricevitore e alla scheda di elaborazione per la loro accensione/spegnimento. Inoltre la scheda di supervisione gestisce opportunamente il flusso di dati da e verso l'esterno tramite una linea di alimentazione 20 in entrata e una linea di trasmissione dati 21 in uscita. Inoltre questa scheda esercita una funzione di controllo, detta anche di watch-dog, sulla scheda di elaborazione e sul ricevitore al fine di garantire un corretto flusso di dati. In caso di errore persistente, di una mancata comunicazione con la scheda di controllo o con il ricevitore o di un numero insufficiente di dati con adeguato rapporto segnale-rumore la scheda di supervisione genera una serie di segnali di allarme, atti a distinguere ed identificare i vari eventi che si sono verificati e li invia sulla linea di trasmissione dati.

Lo strumento può interfacciarsi a un display - non rappresentato - per la visualizzazione in tempo reale delle informazioni di spessore e degli eventuali segnali di allarme, inviati attraverso la linea di trasmissione dati 21 e/o, qualora sia associato a una linea di

produzione, a un sistema di controllo 22 della linea stessa. Nel caso di un eventuale segnale di allarme il sistema di controllo può comunicare il mancato o cattivo funzionamento dello strumento per interrompere in modo manuale o automatico un eventuale controllo in retro-azione, ad esempio nel caso in cui il dato di spessore venga utilizzato come controllo del processo in tempo-reale.

Lo strumento può essere applicato alla linea di produzione tramite un supporto 23 ed essere mobile rispetto al film sia in maniera lineare come mostrato in Fig. 4, o nel caso di produzione di film in bolla - non rappresentato -, in rotazione attorno al film stesso.

Brescia, 09 Febbraio 2009

Enrico BARBIERI (No. 320)

“METODO E STRUMENTO PER LA MISURA OTTICA DI SPESSORE
DI MATERIALI TRASPARENTI O SEMI-TRASPARENTI”

RIVENDICAZIONI

1. Strumento per la misura ottica di spessore di materiali in forma di film trasparenti o semitrasparenti, comprendente in combinazione dei componenti ottici di illuminazione, componenti di lettura, componenti di controllo e di supervisione caratterizzato dal fatto che detti componenti sono integrati e contenuti in un unico corpo.

2. Strumento di misura secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che è applicabile nel suo insieme a una linea di produzione del materiale da misurare sia in posizione fissa che in posizione dinamica e che è interfacciato con mezzi di visualizzazione remoti.

3. Strumento di misura secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che è interfacciato ed interagente con un sistema di controllo dell'esercizio della linea di produzione cui è associato.

4. Strumento di misura secondo la rivendicazione 1, 2 o 3, caratterizzato dal fatto che comprende in combinazione una sorgente ottica (12) per l'emissione di una radiazione luminosa a bassa coerenza temporale e alta coerenza spaziale e la formazione di un fascio ottico, una guida ottica (13) di ricezione e guida del fascio ottico da detta sorgente verso una testa ottica (14) avente delle lenti destinate a focalizzare il fascio ottico sul materiale in film da misurare e causare una riflessione di un fascio di componenti ottiche da parte del prodotto in film verso la testa ottica, la testa ottica essendo configurata per far

sovrapporre spazialmente le componenti ottiche retroriflesse, e un ricevitore (15) destinato a ricevere il fascio ottico ricevuto dalla suddetta guida ottica e a fornire un segnale digitale di lettura di un valore di spessore, in connessione con i componenti di controllo e di supervisione.

5
5. Strumento di misura secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che il ricevitore comprende mezzi per separare spazialmente le componenti spettrali del fascio ottico riflesso dal prodotto in film, mezzi per convogliare le componenti spettrali separate
10 verso una serie di elementi foto-rivelatori per una conversione di ciascuna componente spettrale in un segnale elettrico proporzionale all'intensità di ciascuna componente spettrale e una serie di stadi di amplificazione e filtraggio elettronico dei segnali risultanti.

15 6. Strumento di misura secondo le rivendicazioni 4 e 5, caratterizzato dal fatto che i mezzi di controllo e supervisione includono una scheda di elaborazione (16) per elaborare ogni segnale digitale inviato dal ricevitore e calcolare lo spessore del film e una scheda di supervisione (17) per il pilotaggio di sorgente ottica, testa ottica e ricevitore e per generare un segnale di trasmissione dati.

20 7. Strumento di misura secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che la scheda di elaborazione è una scheda a microprocessore per pilotare ed interrogare il ricevitore, processare il segnale digitale inviato dal ricevitore e ottenere l'informazione di spessore e per calcolare parametri di qualità indicativi del rapporto
25 segnale-rumore e del corretto funzionamento dello strumento.

8. Strumento di misura secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che la scheda di supervisione gestisce il flusso di dati verso i mezzi di visualizzazione e/o il sistema di controllo della linea di produzione del prodotto in film attraverso il segnale di trasmissione dati e svolge una funzione di controllo su sorgente ottica, scheda di elaborazione e ricevitore per garantire un corretto flusso di dati e generare segnali di allarme indicativi di errori, di mancata comunicazione con scheda di elaborazione e ricevitore, o di un numero insufficiente di dati con adeguato rapporto segnale-rumore da inviare ai mezzi di visualizzazione e/o al sistema di controllo attraverso il segnale di trasmissione dati.

9. Strumento di misura secondo la rivendicazione 4, in cui la sorgente ottica può essere costituita da una lampada alogena, sorgenti a LED, diodi superluminescenti, una lampada allo Xenon, o una lampada al Mercurio-Argon.

10. Metodo per la misura ottica di spessori con uno strumento secondo la rivendicazione 1 comprendente i passi di:

- posizionare lo strumento in prossimità dell'elemento da misurare;
 - illuminare l'elemento da misurare;
 - rilevare l'intensità ottica della radiazione luminosa retrodiffusa dall'elemento da misurare;
- caratterizzato dai passi di:
- eliminare componenti spettrali con intensità inferiore ad una soglia pre-determinata;

- eliminare eventuali discontinuità nel segnale, generate dalla fase precedente, mediante operazioni di filtraggio e finestratura;
- convertire l'intensità del segnale dal dominio delle lunghezze d'onda al dominio delle frequenze ottiche;
- 5 - interpolare e ricampionare il segnale per incrementarne la qualità;
- analizzare le componenti in frequenza dell'intensità al fine di estrarre un segnale di mutua-interferenza;
- filtrare il segnale di mutua interferenza ottenuto;
- 10 - estrarre le componenti dominanti ed analizzarle per individuare univocamente un segnale indicativo dello spessore dell'elemento da misurare;
- calcolare il rapporto segnale-rumore della misura effettuata;
- eventualmente scartare la misura ottenuta qualora abbia un rapporto segnale-rumore inferiore ad una soglia pre-determinata; e
- 15 - calcolare parametri di qualità associati alla misura stessa.

Brescia, 09 Febbraio 2009

Enrico BARBIERI (No. 320)

Italian Patent Application No. BS2009A000020 filed on 09/02/2009 in the name of NIROX Srl.

“METHOD AND INSTRUMENT FOR OPTICAL THICKNESS
MEASUREMENT OF TRANSPARENT OR SEMITRANSSPARENT
MATERIALS”

C L A I M S

1. Instrument for optical thickness measuring of materials in form of transparent or semitransparent film, comprising in combination optical lighting components, optical signal receiving component, control and supervisor components characterized in that said
5 components are integrated and contained in a sole body.

2. Measuring instrument according to claim 1, characterized in that it is as a whole applicable to a production line of the material that has to be measured both in fixed and dynamic position and it is interfaced with remote display interface.

10 3. Measuring instrument according to claims 1 and 2, characterized in that it is interfaced and interacting with a control system of the operating of the production line it is connected with.

4. Measuring instrument according to claims 1, 2 or 3, characterized in that it comprises in combination an optic source (12)
15 for the emission of a light radiation with low temporal coherence and high spatial coherence and for the forming of an optical beam, an optical guide (13) for receiving and guiding the optical beam from said optic source towards an optical head (14) having some lenses intended for focusing the optical beam on the film material that has to be

measured and for giving rise to a reflection of a beam of optical components from the film product towards the optical head, the optical head being shaped to get the retroreflected optic components superimposed spatially, and a receiver (15) intended for getting the optical beam received by said optical guide and for giving a thickness digital reading signal, in connection with control and supervisor components.

5. Measuring instrument according to claim 4, characterized in that the receiver comprises means to separate spatially the spectral components of the optical beam reflected by the film product, means to direct the separate spectral components towards a photodetector element series for a conversion of every spectral component into an electric signal proportional to every spectral component's intensity and a series of electronic amplification and filtering stages of the resulting signals.

6. Measuring instrument according to claims 4 and 5, characterized in that the control and supervisor means include a processing board (16) for processing every digital signal sent by the receiver and for calculating the film's thickness and a supervisor card (17) for optic source, optical head and receiver piloting and for generating a data communication signal.

7. Measuring instrument according to claim 6, characterized in that the processing card is a microprocessor card for piloting and asking questions to the receiver, processing the digital signal sent by the receiver and getting the thickness information and for calculating

quality parameters indicative of the signal-to-noise ratio and of the instrument correct working.

8. Measuring instrument according to claim 6, characterized in that the supervisor card runs the data stream towards the display interface and/or the control system of the film product's production line through the data communication signal, and performs a control function of optic source, processing card and receiver in order to assure that the data stream is correct and in order to generate alarm signals indicative of errors, of non-communication with processing card and receiver, or of an insufficient number of data with adequate signal-to-noise ratio to send to the display interface and/or to the control system through the data communication signal.

9. Measuring instrument according to claim 4, wherein the optic source can be formed by a halogen lamp, LED sources, superluminescent diodes, a Xenon lamp, or a Mercury-Argon lamp.

10. Method for measuring of optical thicknesses by an instrument according to claim 1 including the steps of:

- positioning the instrument in proximity to the element to measure;
 - illuminating the element to measure;
 - measuring the optical intensity of the light radiation retrodiffused by the element to measure;
- characterized by the steps of:
- eliminating spectral components with intensity lower than a predetermined threshold;

- eliminating possible signal discontinuances, produced by the preceding phase, through filtering and windowing operations;
- turning the signal intensity from the wavelengths' domain into the optic frequencies' domain;
- 5 - signal interpolating and resampling for quality increasing;
- analysing the intensity components in order to extract a mutual-interference signal;
- filtering the obtained mutual-interference signal;
- extracting the dominant components and analysing them in order to find univocally a signal out indicative of the thickness of the element to measure;
- 10 - calculating the signal-to-noise ratio of the executed measurement;
- in case, rejecting the obtained measure if it has a signal-to-noise ratio lower than a predetermined threshold; and
- 15 - calculating quality parameters associated with the measure itself.

Brescia, 02 April 2009

Enrico BARBIERI (No. 320)

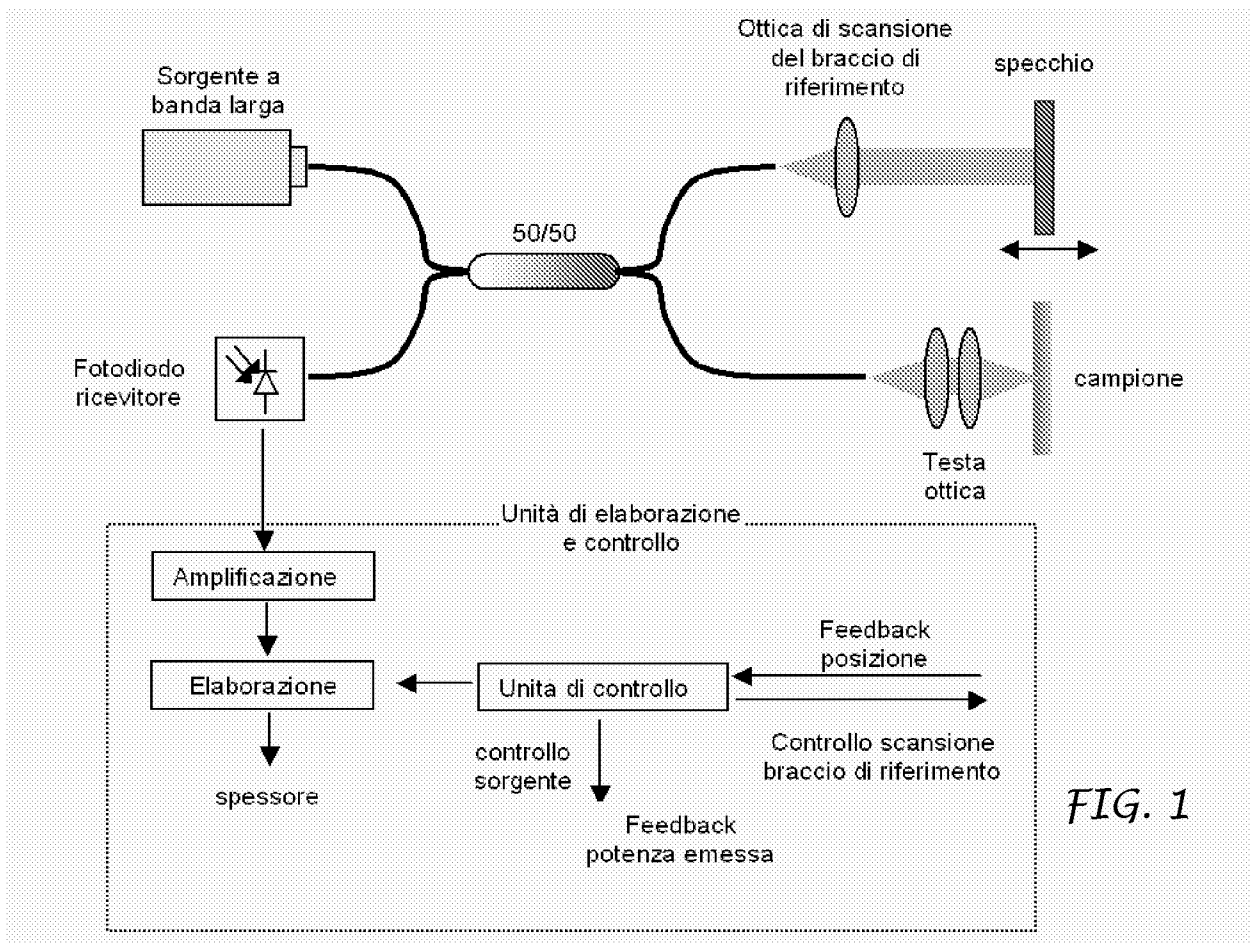


FIG. 1

FIG. 2

