



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

# UIBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>101997900575592</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>14/02/1997</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>14/08/1998</b>

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
G	01	J		

Titolo

PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA MISURA DELLE PERDITE DI RITORNO IN COMPONENTI A FIBRA OTTICA.

Descrizione dell'invenzione avente per titolo;

"Procedimento e dispositivo per la misura delle perdite di ritorno in componenti a fibra ottica"

a nome CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S. p. A, Via G. Reiss Romoli 274, 10148 Torino, nazionalità Italiana

Inventori: Lorenzo BOTTAZZI

Silvano DONATI

Marc SOREL

Tiziana TAMBOSSO

Domanda N. **TO 91A 000 126**

depositata il **14 FEB. 1997**

=====

Il presente trovato riguarda la caratterizzazione dei componenti ottici in fibra ottica con terminazione in fibra ottica, e più in particolare ha per oggetto un procedimento e un dispositivo per misure ad alta sensibilità delle perdite di ritorno di tali componenti, cioè per la misura della frazione di potenza che viene rinvia indietro rispetto a quella lanciata nel componente.

La misura delle perdite di ritorno è largamente impiegata nella caratterizzazione delle prestazioni di componenti ottici per le telecomunicazioni e per la strumentazione elettro-ottica. Questi componenti possono essere del tipo tutto-fibra oppure ad ottica integrata o ad ottica discreta ma con terminazione in fibra ottica per l'inserzione in una linea in fibra ove transita il segnale utile.

Per misurare la perdita di ritorno di tali componenti si usano correntemente diverse tecniche, basate su interferometri ottici oppure su sorgenti impulsate, che però hanno o un'insufficiente sensibilità oppure sono particolarmente complessi e quindi costosi.

Oggetto della presente invenzione è una nuova tecnica di misura basata sulla reiniezione della radiazione laser, che ritorna dal componente sotto misura, dentro la stessa cavità della sorgente e sull'interazione coerente, nella cavità, del contributo retroriflesso dal componente sotto misura con il campo di oscillazione presente in cavità. In questo modo, vengono eliminati tutti i componenti ottici esterni alla sorgente e le relative operazioni di allineamento, e si può usare come sorgente un diodo laser in continua anziché impulsato.

Secondo l'invenzione si fornisce un procedimento in cui si invia verso un componente in esame una radiazione di lunghezza d'onda prestabilita, si fa interagire nella sorgente la frazione di radiazione riflessa dal componente con la radiazione generata dalla sorgente stessa, si rivela la radiazione risultante dall'interazione e si elabora il segnale risultante dalla rivelazione; il procedimento prevede inoltre che si sottopongano sia la radiazione diretta che la radiazione riflessa a una modulazione di fase, tale da provocare variazioni periodiche del cammino ottico di dette radiazioni, e che per detta elaborazione si misuri l'ampiezza della componente del segnale rivelato alla frequenza imposta dalla modulazione di fase, tale ampiezza essendo legata al valore di dette perdite attraverso un fattore dipendente da detta variazione di cammino ottico, e si ricavi il valore della perdita di ritorno per confronto con i valori di ampiezza di detta radiazione risultante misurati in una fase di calibrazione in cui si sottopongono la radiazione riflessa e quella diretta ad attenuazioni calibrate.

E' noto l'uso della tecnica di retroiniezione di una radiazione di ritorno nella sorgente che l'ha emessa all'interno di interferometri per misurare gli spostamenti  $s$  di un bersaglio rispetto alla sorgente: l'onda oscillante perturbata dalla retroiniezione presenta una modulazione in ampiezza di tipo  $A^{1/2}\cos 2ks$  e una modulazione in frequenza di tipo  $A^{1/2}\sin 2ks$ , ove  $A$  indica la frazione di potenza retroiniettata in

cavità,  $k=2\pi/\lambda$  è il numero d'onda collegato alla lunghezza d'onda  $\lambda$  della sorgente. La condizione di funzionamento è che  $A$  sia piccolo (ad es. inferiore all'1%). Noto  $A$  e facendo variare  $s$  si misurano le variazioni di ampiezza  $\cos 2ks$  e di frequenza  $\sin 2ks$  dalle quali si risale allo spostamento desiderato. Una tale tecnica, oltre a richiedere apparecchiature complesse per la necessità di rivelare sia la modulazione di ampiezza che quella di frequenza, non è chiaramente utilizzabile per gli scopi dell'invenzione, in quanto richiede la conoscenza di  $A$ , che è invece la grandezza da misurare nel caso presente.

L'invenzione fornisce anche un dispositivo per realizzare il procedimento, comprendente una sorgente per inviare una radiazione verso un componente in esame e un fotodiodo, posto sul lato della sorgente opposto a quello di invio della radiazione verso il componente, per raccogliere e rivelare una radiazione risultante dall'interazione fra la radiazione generata dalla sorgente e la frazione riflessa dal componente, il fotodiodo essendo associato a mezzi di elaborazione di un segnale elettrico risultante dalla rivelazione; nel dispositivo è inoltre previsto un modulatore di fase inserito tra la sorgente e il componente in esame per modulare in fase sia la radiazione inviata verso il componente sia quella riflessa e introdurre una variazione periodica del cammino ottico di dette radiazioni, e i mezzi di elaborazione di detto segnale elettrico di misura dell'ampiezza sono atti a fornire il valore di ampiezza di una componente del segnale rivelato alla frequenza imposta dal modulatore di fase .

A maggior chiarimento si fa riferimento ai disegni allegati, in cui:

- la fig. 1 è uno schema della parte ottica del dispositivo secondo l'invenzione;
- la fig. 2 mostra il dispositivo usato per la calibrazione del dispositivo, e
- la fig. 3 è uno schema dei circuiti elettronici del dispositivo secondo l'invenzione.

Come si vede in fig.1, una sorgente di radiazione 11 costituita da un laser a

semiconduttore commerciale a singolo modo del tipo Fabry-Perot oppure a riflettore distribuito invia una radiazione di una lunghezza d'onda  $\lambda$  in uno spezzone di fibra 19 attraverso la terminazione di punta 13 trattata antiriflesso. Dietro al laser 11, sullo stesso supporto 10 di questo, è posto un fotodiodo 12 adatto a rivelare l'emissione del laser dallo specchio posteriore.

Per la misura sono adatte sorgenti con potenze comprese in una gamma molto ampia, p. es. 0.1-10 mW. Anche per la lunghezza d'onda non vi sono vincoli specifici, e si possono impiegare per esempio laser a semiconduttore per lunghezze d'onda tra 600 e 2900 nm: chiaramente, nel caso di misure su componenti di sistemi di telecomunicazioni, le lunghezze d'onda da impiegare sono quelle tipicamente utilizzate in tali sistemi, per esempio 850, 1300 e 1550 nanometri. E' invece importante una larghezza di riga limitata, in particolare inferiore a 100 MHz, per garantire un'adeguata coerenza temporale.

Lo spezzone di fibra 19 è avvolto per 5-10 spire, come indicato in 18, su un modulatore di fase 14 costituito vantaggiosamente da un tubo di piezoceramica (ad es. di tipo PZT - titanato zirconato di piombo o similare). Modulatori piezoceramici sono ben noti nella tecnica.. Il modulatore 14 è alimentato da un generatore 110 di forme d'onda a dente di sega o a rampa triangolare tali da indurre per effetto piezoelettrico una variazione periodica di cammino ottico  $\Delta L$  di almeno 20 lunghezze d'onda. Per gli scopi dell'invenzione sono adatte forme d'onda con una frequenza compresa per esempio fra 10 Hz e 1 kHz. Questa modulazione di fase ha lo scopo di far sì che, in uscita dal fotodiodo 12, si abbia un segnale periodico che permette proprio di distinguere l'effetto dovuto alla riflessione da parte del componente dalle componenti continue dovute a riflessioni da parte degli altri componenti del sistema. Un'ulteriore singola spira di fibra 15 serve ad un eventuale controllo dello stato di polarizzazione.

Lo spezzone di fibra 19 termina con una punta a superficie angolata 16, complementare alla terminazione di un tratto di fibra 20 di collegamento al dispositivo sotto misura 17. Detto collegamento si eseguirà secondo la pratica corrente, mediante un connettore a contatto fisico oppure per giunto a fusione. La terminazione angolata aiuta a limitare le riflessioni all'interfaccia tra gli spezzoni di fibra 19, 20, e quindi a ridurre la componente continua nel segnale rivelato dal fotodiodo 12.

I componenti descritti costituiscono la testa ottica di misura. Il fotodiodo 12 è associato a un circuito di elaborazione (rappresentato in fig.3) che permette di ricavare la perdita di ritorno  $A$  dall'ampiezza  $A^{1/2} \cos 2ks$  della radiazione rivelata dal fotodiodo stesso; questa ampiezza, come detto, varierà periodicamente con la frequenza imposta dal modulatore di fase, data da  $2\Delta L/\lambda T$ , ove  $\Delta L$  è la variazione di cammino ottico (chiaramente legata a  $s$ ) introdotta dal modulatore di fase nel periodo di rampa  $T$  e  $\lambda$  è la lunghezza d'onda del laser. In particolare, un gruppo RC 32 effettua un filtraggio passa-basso della corrente del fotodiodo 12; il gruppo RC 32 è seguito da un amplificatore operazionale 33 che effettua una conversione di transimpedenza e da un amplificatore ad aggancio di fase (lock-in) 35 di tipo standard che effettua la misura dell'ampiezza della componente di segnale alla frequenza imposta dal modulatore di fase. L'amplificatore ad aggancio di fase 35 riceve come riferimento la rampa di comando del modulatore di fase, fornita dal generatore 110 (fig. 1) tramite una connessione 111. Il valore di  $A$  verrà ricavato per confronto con i valori riportati in una curva di calibrazione ottenuta in una apposita fase di calibrazione.

Per questa, al posto del dispositivo da misurare 17 si collega alla terminazione 16 dello spezzone di fibra 19 il blocco di calibrazione 22 illustrato in fig.2. Il blocco di calibrazione contiene un attenuatore calibrato 23 di tipo corrente nella pratica con terminazioni in fibra e uno specchio 25. Questa combinazione dà un componente di

perdita di ritorno nota pari a  $A^2 R$ , ove  $A$  è l'attenuazione dell'attenuatore calibrato 23 e  $R$  la riflettività dello specchio 25. La curva di calibrazione si ottiene diagrammando i valori di attenuazione impostata e i corrispondenti valori del segnale di uscita dall'elettronica di elaborazione del fotodiodo 12.

Lo strumento descritto può misurare la perdita di ritorno a più d'una lunghezza d'onda semplicemente adoperando più diodi laser, uno per ciascuna lunghezza d'onda di interesse.

Vantaggi del presente trovato sono, oltre alla già citata semplicità della testa di misura e al basso costo, intrinseci al funzionamento con un diodo laser commerciale in regime di retroriflessione:

- assenza di ottiche aggiuntive oppure di modulazione impulsiva veloce, quali quelle necessarie negli strumenti ordinari;
- intrinseco autoallineamento della struttura;
- intrinseca immunità alla radiazione esterna in quanto il processo di interazione nel laser è coerente;
- sensibilità adeguata per i requisiti applicativi e superiore a -70 dB.

Inoltre, se è accessibile anche il lato di uscita del dispositivo sotto misura 17, sarà possibile misurare anche la perdita di inserzione. Ciò richiede ovviamente un secondo fotodiodo, analogo al fotodiodo 12 e associato a un'elettronica di elaborazione analoga a quella descritta.

E' evidente che quanto descritto è dato unicamente a titolo di esempio non limitativo e che varianti e modifiche sono possibili senza uscire dal campo di protezione dell'invenzione. In particolare, i componenti indicati sopra potranno essere sostituiti da componenti che svolgono le stesse funzioni.

## RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la misura delle perdite di ritorno in un componente a fibra ottica, in cui si invia nel componente (17) una radiazione di lunghezza d'onda prestabilita generata da una sorgente (11), si fa interagire nella sorgente (11) la frazione di radiazione riflessa dal componente con la radiazione generata dalla sorgente stessa, si rivela la radiazione risultante dall'interazione e si elabora il segnale risultante dalla rivelazione, caratterizzato dal fatto che si sottopongono sia la radiazione diretta che la radiazione riflessa a una modulazione di fase, tale da provocare variazioni periodiche del cammino ottico di dette radiazioni; e dal fatto che per detta elaborazione si misura l'ampiezza della componente del segnale rivelato alla frequenza imposta dalla modulazione di fase, tale ampiezza essendo legata al valore di dette perdite attraverso un fattore dipendente da detta variazione di cammino ottico, e si ricava il valore della perdita di ritorno per confronto con i valori di ampiezza di detta radiazione risultante misurati in una fase di calibrazione in cui si sottopongono la radiazione riflessa e quella diretta ad attenuazioni calibrate.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta modulazione di fase è ottenuta per effetto piezoelettrico.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detto modulatore di fase introduce una variazione di cammino ottico la cui entità massima non è inferiore a 20 volte la lunghezza d'onda della radiazione generata dalla sorgente (11).

4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che per la misura di detta ampiezza si sottopone il segnale rivelato a un filtraggio passa-basso, si sottopone il segnale filtrato a conversione di transimpedenza e si seleziona la componente cercata mediante mezzi (35) di analisi

spettrale, pilotati da un segnale di controllo della modulazione di fase.

5. Dispositivo per la realizzazione del procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente una sorgente (11) per inviare una radiazione verso un componente in esame (17) e un fotodiodo (12), posto sul lato della sorgente (11) opposto a quello di invio della radiazione verso il componente (17), per raccogliere e rivelare una radiazione risultante dall'interazione fra la radiazione generata dalla sorgente e la frazione riflessa dal componente (19); il fotodiodo (12) essendo associato a mezzi (32, 33, 34, 35) di elaborazione di un segnale elettrico risultante dalla rivelazione, caratterizzato dal fatto che comprende inoltre un modulatore di fase (14) inserito tra la sorgente (11) e il componente in esame (17) per modulare in fase sia la radiazione inviata verso il componente sia quella riflessa e introdurre una variazione periodica del cammino ottico di dette radiazioni, e dal fatto che i mezzi (32, 33, 34, 35) di elaborazione di detto segnale elettrico di misura dell'ampiezza sono atti a fornire il valore di ampiezza di una componente del segnale rivelato alla frequenza imposta dal modulatore di fase (14).

6. Dispositivo secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che il modulatore di fase è un modulatore piezoelettrico.

7. Dispositivo secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che il modulatore piezoelettrico è costituito da un tubo di piezoceramica su cui sono avvolte spire di detto spezzone di fibra, ed è atto a introdurre variazioni di cammino ottico non inferiori a 20 volte la lunghezza d'onda della radiazione usata per la misura.

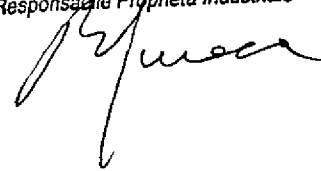
8. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 5 a 7, caratterizzato dal fatto che comprende mezzi (15) per il controllo dello stato di polarizzazione della radiazione inviata verso il componente e della radiazione riflessa.

9. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 5 a 8, caratterizzato dal

fatto che i mezzi di misura dell'ampiezza (32, 33, 34, 35) comprendono un filtro passa basso (32) collegato all'uscita del fotodiode (12), seguito da un amplificatore operativo (33) per la conversione di transimpedenza e da mezzi (35) di analisi in frequenza, pilotati dal segnale di pilotaggio del modulatore di fase (14).

10. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 5 a 9, caratterizzato dal fatto che comprende mezzi per ricevere la radiazione trasmessa dal componente in esame, per la misura delle perdite di inserzione.

**CSELT**  
Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.  
Il Responsabile Proprietà Industriale



TO 94 A 000 126

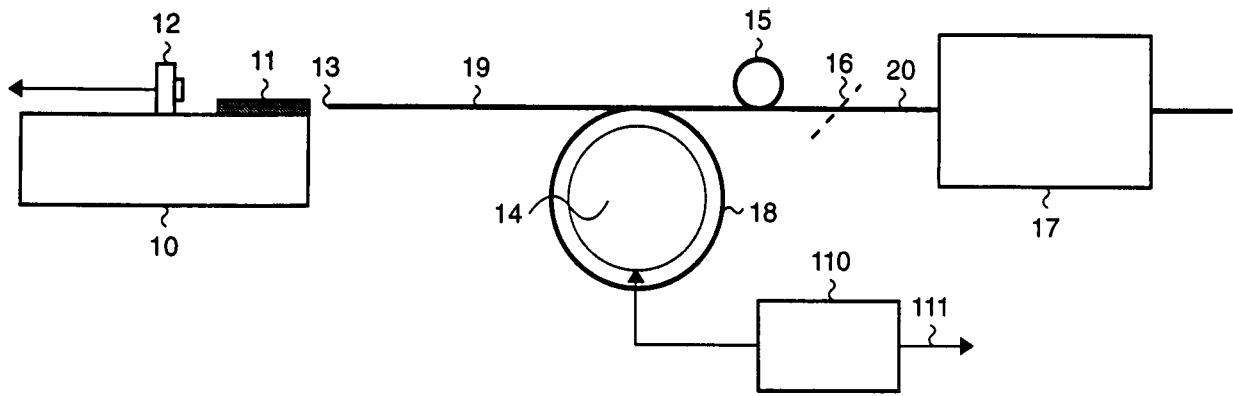


Fig. 1

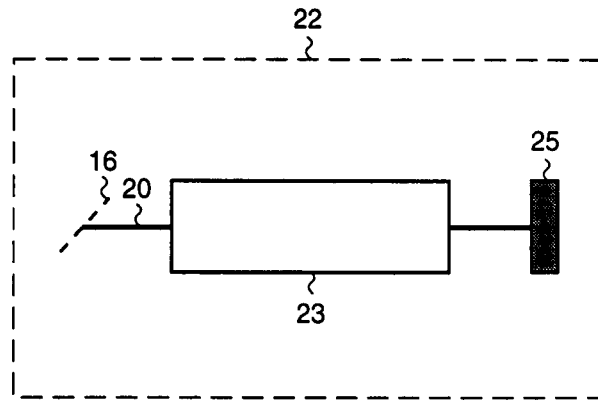


Fig. 2

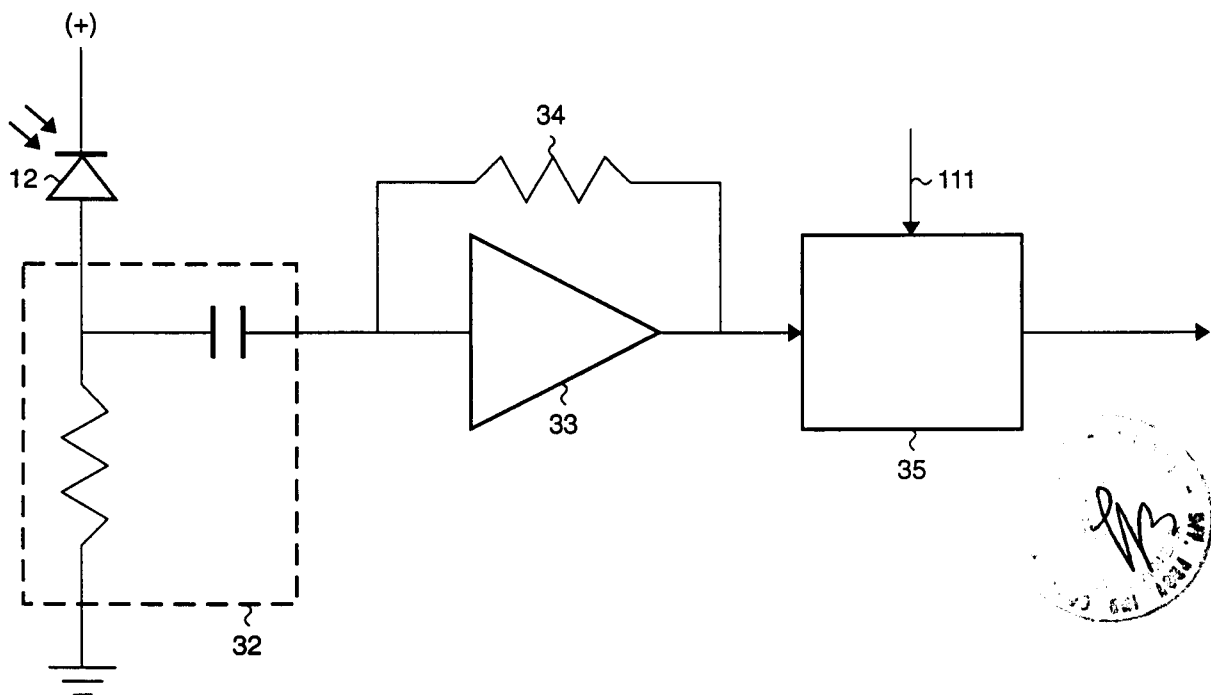


Fig. 3

*[Handwritten signature]*