



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

UTBM

DOMANDA NUMERO	101995900487110
Data Deposito	22/12/1995
Data Pubblicazione	22/06/1997

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F		

Titolo

SISTEMA PER TELECOMUNICAZIONI OTTICHE

DESCRIZIONE

RM95 A 00084 11

a corredo di una domanda di brevetto per invenzione dal titolo: "Sistema per telecomunicazioni ottiche" a nome: THE FURUKAWA ELECTRIC CO. LTD.

===

La presente invenzione si riferisce ad un sistema per telecomunicazioni ottiche per modulare lo stato di polarizzazione della luce che viene trasmessa attraverso una fibra ottica mediante applicazione esterna di un segnale di modificazione della polarizzazione alla fibra ottica.

E' noto il fenomeno che lo stato di polarizzazione della luce che viene trasmessa attraverso una fibra ottica a singolo modo di funzionamento viene modificato quando un segnale magnetico o ultrasonico esterno viene applicato ad essa a causa di un fenomeno generalmente noto come effetto fotoelastico oppure effetto di Faraday. Questo fenomeno può fornire un ostacolo che deve essere superato per telecomunicazioni tramite luce coerente.

Tuttavia, è possibile realizzare una trasmissione di segnali del tipo a modulazione esterna utilizzando positivamente questo fenomeno e sono stati sviluppati numerosi modulatori ottici del tipo esente da disconnessioni, prodotti combinando un modulatore

ING. BARZANO & ZANARDO ROMA S.p.A.

esterno ultrasonico ed un ricevitore che utilizza la luce di perdita dovuta ad una curvatura localizzata della fibra ottica e discriminatori per identificare e selezionare uno desiderato fra una pluralità di percorsi per telecomunicazioni ottiche, per esempio cavi ottici, cordoni ottici, fibre ottiche oppure fibre ottiche rivestite a forma di nastro.

Vi è un tipo di modulatore ottico per applicare un segnale ad onda ultrasonica ad una fibra ottica in qualità di segnale esterno con lo scopo di modificare lo stato di polarizzazione.

La figura 6(b) dei disegni allegati illustra il principio di funzionamento per la modulazione del piano di polarizzazione mediante applicazione di un segnale esterno sotto forma di onda ultrasonica.

La figura 6(a) dei disegni allegati illustra un convenzionale sistema per telecomunicazioni ottiche comprendente una sorgente di luce 21, una fibra ottica 22, un elemento piezoelettrico 23, un rivelatore di luce 24 ed un ricevitore di luce 25.

A questo punto, si supponga un sistema di coordinate a tre dimensioni avente un asse Z che coincide con l'asse longitudinale della fibra ottica 22. Il sistema presenta assi X ed Y che si estendono perpendicolarmente all'asse Z. Quando la luce passa

attraverso la fibra ottica 22 lungo il suo asse, la fibra ottica viene sottoposta ad una sollecitazione esercitata da un'onda ultrasonica con una frequenza o applicata ad essa lungo la direzione Y per mezzo di un elemento piezoelettrico 23. A causa della sollecitazione, la fibra ottica è in grado di presentare una maggiore densità nella direzione Y ed una minore densità nella direzione X e di conseguenza può dare origine ad una differenza di indice di rifrazione fra le direzioni X ed Y.

La differenza dell'indice di rifrazione, a sua volta, produce una differenza di fase nella luce che passa attraverso la fibra ottica fra la polarizzazione nella direzione di applicazione della sollecitazione e la polarizzazione che si estende in una direzione perpendicolare ad essa. Un segnale che rappresenta la differenza di fase viene trasmesso attraverso la fibra ottica 22 e passa attraverso il rivelatore di luce 24 del lato di ricezione, prima di essere convertito in un segnale di modulazione di intensità e ricevuto dal ricevitore di luce 25. La summenzionata procedura di modulazione può essere espressa dalle seguenti formule.

Si supponga che lo stato iniziale della luce incidente sulla sezione di applicazione dell'onda

γ = angolo fra il rivelatore di luce e l'asse X.

L'intensità della luce rivelata viene espressa dalla seguente equazione (4):

$$I = CE \cdot E^* \quad (4) \\ = CD^2 [(a^2 \cos^2 \gamma + b^2 \sin^2 \gamma) + ab \sin^2 \gamma \sin [a(t) - \beta(t) - \pi/2]]$$

in cui C = costante.

Quindi, il segnale ricevuto può essere diviso in una componente continua espressa dal primo termine ed in una componente alternata espressa dal secondo termine della equazione (4).

Con un sistema di modulazione esterna del piano di polarizzazione, vi può teoricamente essere uno stato in cui la luce di un segnale non viene modulata se un segnale esterno di modulazione viene applicato in dipendenza dallo stato di modulazione della luce incidente.

Questo stato viene riferito come punto di non-modulazione (o punto di zero) e fornisce un problema per le telecomunicazioni ottiche.

Si comprenderà che la luce del segnale non può essere modulata mediante modulazione esterna se la componente alternata del secondo termine dell'equazione (4) è uguale a zero.

Un tale stato si verifica quando sono soddisfatte le seguenti condizioni:

$$a = 0 \text{ oppure } b = 0 \quad (5)$$

e

$$g = n \pi/2 \quad (6)$$

La precedente espressione (5) è un fattore attribuibile ad una sezione di applicazione del segnale e si mantiene vera quando l'onda polarizzata incidente viene modulata linearmente e l'angolo dell'asse principale dell'onda e dell'asse delle coordinate è uguale a zero oppure a $\pi/2$.

L'espressione (6) rimane vera quando l'angolo formato fra il rivelatore di luce e l'asse principale della luce incidente sul rivelatore di luce è uguale a 0 oppure a $\pi/2$ moltiplicato per un numero intero.

Un punto di zero si riferisce ad uno stato in cui nell'intensità della luce ovvero la equazione (4) non varia se viene applicato un segnale esterno di modulazione. In un tale stato, rimane vera l'espressione (5) o la espressione (6).

La condizione nella quale l'equazione (6) rimane vera può essere evitata facendo ruotare l'asse principale del rivelatore di luce oppure utilizzando una pluralità di rivelatori di luce.

La condizione nella quale almeno una delle equazioni (5) rimane vera può essere evitata applicando identici segnali di modulazione

simultaneamente lungo una pluralità di direzioni, alcune delle quali adiacenti sono differenziate di un angolo inferiore a $\pi/2$.

Tuttavia, questa tecnica diventa inutile quando i segnali possono essere applicati soltanto lungo una singola direzione.

Pertanto, uno scopo della presente invenzione è di risolvere il summenzionato problema fornendo un procedimento per telecomunicazioni ottiche il quale possa modulare esternamente un piano di polarizzazione senza produrre un qualsiasi punto di zero.

SOMMARIO DELLA INVENZIONE

In conformità con l'invenzione, lo scopo sopra riferito viene raggiunto facendo ricorso ad un sistema per telecomunicazioni ottiche per modulare esternamente il piano di polarizzazione della luce che viene trasmessa attraverso una fibra ottica per la trasmissione di un segnale sottoforma di onda polarizzata applicando esternamente un segnale per modificare lo stato di polarizzazione, il tutto caratterizzato dal fatto che la sorgente di luce per la trasmissione di un segnale ad onda polarizzata è costituita da un laser ad anello di fibra.

Un sistema per telecomunicazioni ottiche per

modulare esternamente il piano di polarizzazione secondo l'invenzione utilizza per la sorgente di luce per la trasmissione di un segnale ad onda polarizzata un laser ad anello a fibra avente un piano di polarizzazione ellittico il quale viene prodotto mediante una polarizzazione non lineare rotatoria e ruota con una velocità migliorata. Un laser ad anello di fibra può formare una sorgente di luce con cui l'asse principale dell'onda polarizzata ruota con una frequenza $G1$ (Hz).

Più specificamente con un sistema secondo la presente invenzione, un laser ad anello di fibra viene utilizzato come disorganizzatore dell'onda polarizzata che genera luce in uno stato di polarizzazione randomica o casuale.

Lo stato di polarizzazione della luce generata da un laser ad anello di fibra varia uniformemente come funzione della frequenza $G1$ (Hz) e pertanto la esistenza di un punto di zero come espresso dalla formula (5) viene eliminata mediante modulazione di ω ($< G1$) (Hz) nella sezione di applicazione del segnale.

A questo punto, la presente invenzione verrà descritta con riferimento ai disegni allegati che illustrano il modo preferito per eseguire in pratica

l'invenzione.

DESCRIZIONE DEI DISEGNI ALLEGATI

La figura 1 rappresenta uno schema di una forma di una forma di realizzazione di un sistema per telecomunicazioni ottiche secondo l'invenzione e comprendente un laser ad anello di fibra in qualità di sorgente di luce,

la figura 2 rappresenta uno schema di un laser ad anello di fibra che può essere usato per la forma di realizzazione della figura 1,

la figura 3 è una illustrazione che mostra il principio dell'operazione di modulazione del piano di polarizzazione nella sezione di applicazione del segnale della forma di realizzazione della figura 1,

la figura 4 rappresenta un grafico che mostra la relazione fra l'angolo formato dall'asse principale dell'onda polarizzata incidente e la direzione lungo la quale la sollecitazione viene applicata e la intensità del segnale ricevuto dal ricevitore di luce secondo la forma di realizzazione del sistema per telecomunicazioni ottiche della figura 1,

la figura 5 rappresenta un grafico che mostra la relazione fra l'angolo formato dall'asse principale dell'onda polarizzata incidente e dalla direzione lungo la quale la sollecitazione viene applicata e

laser ad anello di fibra che può essere usato per la forma di realizzazione della figura 1.

Il laser ad anello di fibra comprende una sorgente di pompaggio 11 che può tipicamente essere costituita da un laser a semiconduttore avente una lunghezza d'onda centrale di 1,48 micrometri, un accoppiatore a moltiplicazione a divisione di lunghezza d'onda (riferito nel seguito con la sigla WDM) 7, un isolatore 8 indipendente dalla polarizzazione, un accoppiatore di uscita 9 ed un accoppiatore 10 drogato con erbio. In questa forma di realizzazione, la lunghezza del risuonatore è di 10 metri.

Lo stato di polarizzazione del segnale di uscita dalla sorgente 1 costituita dal laser ad anello di fibra viene ripetuto con una frequenza di $G1$ (Hz) la quale è determinata dalla lunghezza del risuonatore di 10 metri ed espressa dalla seguente equazione (7):

$$G1 = \frac{c/n}{L} = \frac{c}{nL} \quad (7)$$

in cui c = velocità della luce,

n = indice di rifrazione del nucleo.

La luce generata dal laser a semiconduttore 6 viene trasmessa attraverso la fibra 10 drogata con erbio per mezzo di un accoppiatore a moltiplicazione a

divisione di lunghezza d'onda 7. L'isolatore 8 viene inserito nel risuonatore ad anello per una oscillazione monolaterale.

La popolazione degli ioni di erbio (Er^{3+}) vale a dire l'elemento di attivazione del laser nel risuonatore ad anello di fibra è invertita dalla luce di eccitazione nel risuonatore ad anello di fibra per dare origine ad una emissione di luce stimolata. La luce emessa viene quindi estratta tramite l'accoppiatore di uscita avente un rapporto di suddivisione di 9:1.

La figura 3 è una illustrazione che mostra il principio di funzionamento per la modulazione del piano di polarizzazione nella sezione di applicazione dei segnali della forma di realizzazione della figura 1. Si suppongono un asse Z che si estende lungo l'asse longitudinale della fibra ottica 2 ed assi X e Y che sono perpendicolari all'asse Z. Il principio è essenzialmente identico a quello del funzionamento convenzionale per la modulazione del piano di polarizzazione come illustrato nella figura 6 (a). La luce generata dal laser ad anello di fibra 1 ed avente un piano di polarizzazione disorganizzato viene introdotta nella sezione 4 di applicazione dell'onda ultrasonica, nella quale la luce viene sottoposta ad

una sollecitazione di un'onda ultrasonica avente una frequenza $\omega (< G1)$ (Hz) lungo l'asse Y per mezzo di un elemento piezoelettrico. La luce avente un piano di polarizzazione disorganizzato presenta una componente di polarizzazione che periodicamente non presenterebbe un angolo di 0 e neanche di $\pi/2$ rispetto alla direzione lungo la quale viene applicata la sollecitazione (direzione Y) con un periodo di $1/G1$ (sec).

Pertanto, il requisito della espressione (5) per un punto di zero non viene soddisfatto nella sezione 4 di applicazione del segnale se la frequenza viene trovata in una regione di $\omega (< G1)$ (Hz).

Come verrà descritto nel seguito, applicando la forma di realizzazione precedentemente spiegata è stato eseguito un esperimento.

In questo esperimento, una sorgente costituita da un laser ad anello di fibra è stata usata come sorgente di luce ed il suo comportamento è stato confrontato con quello di un convenzionale diodo laser 21 della figura 6(a).

Se l'angolo di rotazione del polarizzatore (placca ad $1/2$ di lunghezza d'onda) è ϕ , la direzione dell'asse principale dell'onda polarizzata della luce emessa dalla sorgente di luce viene spostata di 2ϕ

gradi dalla sezione di applicazione della sollecitazione.

Un punto di zero nel quale la intensità del segnale viene minimizzata è stato osservato per il sistema comprendente il diodo laser 21.

La variazione di intensità del segnale ricevuto dal ricevitore di luce 6 relativamente alla variazione dell'angolo di 2ϕ fra l'asse principale dell'onda polarizzata incidente e la direzione di applicazione della sollecitazione osservata nell'esperimento è rappresentata nella figura 4 per la sorgente 1 costituita dal laser ad anello di fibra e nella figura 5 per il diodo laser 21, quando l'angolo formato fra l'asse principale dell'onda polarizzata incidente e la direzione di applicazione della sollecitazione era di 0 gradi nel punto di zero osservato e l'angolo di rotazione ϕ del polarizzatore era di 0 gradi.

Nel caso di uso di un diodo laser 21, un punto di zero è stato osservato per $2\phi = 0, 90, 180, 270$ e 360 gradi, come si vede dalla figura 5. La differenza di intensità fra il punto più alto ed il punto più basso era di 24 dB.

Nel punto più basso (punto di zero), nessun segnale di modulazione può essere trasmesso se il piano

di polarizzazione è esternamente modulato. Perciò, si comprenderà dalla figura 5 che i valori di $2\phi = 45, 135, 225$ e 315 gradi sono da scegliere allo scopo di ottenere una intensità massima del segnale, quando viene usato un diodo laser 21 ed il piano di polarizzazione viene esternamente modulato. Come si vede dalla figura 5, esistono dei punti di minimo per la intensità del segnale se viene usata una sorgente 1 costituita da un laser ad anello di fibra.

Ciò può verificarsi perchè la luce emessa dalla sorgente 1 costituita dal laser ad anello di fibra non è completamente priva di polarizzazione, ma comprende una componente polarizzata che soddisfa la condizione della formula (5).

Tuttavia, la differenza esistente fra il punto più alto ed il punto più basso per la sorgente 1 costituita dal laser ad anello di fibra è di 1 dB al massimo, come rappresentato nella figura 4, e la esistenza di punti di zero non può influenzare significativamente la modulazione del piano di polarizzazione, in confronto con il caso in cui viene usato un diodo laser 21.

Perciò, un laser ad anello di fibra può essere usato come una sorgente di luce che sia sostanzialmente esente dal problema del piano di

polarizzazione della luce incidente per un sistema per telecomunicazioni ottiche che implichi una modulazione esterna del piano di polarizzazione.

Come precedentemente descritto, un sistema per telecomunicazioni ottiche per modulare esternamente il piano di polarizzazione secondo l'invenzione utilizza, per la sorgente di luce per la trasmissione di un segnale ad onda polarizzata, un laser ad anello di fibra che presenta un piano di polarizzazione ellittico che viene prodotto mediante una polarizzazione rotatoria non lineare e ruota con una velocità migliorata.

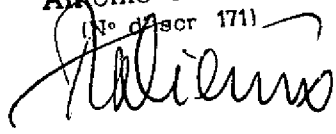
Un laser ad anello di fibra può produrre una sorgente di luce con cui l'asse principale dell'onda polarizzata ruota con una frequenza di G_1 (Hz).

Più specificamente, con un sistema secondo la presente invenzione, un laser ad anello di fibra viene utilizzato come disorganizzatore dell'onda polarizzata che genera luce in uno stato di polarizzazione casuale. Lo stato di polarizzazione della luce generata da un laser ad anello di fibra varia uniformemente come funzione della frequenza G_1 (Hz) e, pertanto, l'esistenza di un punto di zero come espressa dalla formula (5) viene eliminata mediante la modulazione di ϕ ($\ll G_1$) (Hz) nella sezione di

ING. PIERLUIGI C. ZAMBARDI ROMA S.p.A.

applicazione dei segnali.

UN MANDATARIO
per se e per gli altri
Antonio Taliervo
(N° d'iscr 171)



ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.



RM95A000841

RIVENDICAZIONE

Sistema per telecomunicazioni ottiche per modulare esternamente il piano di polarizzazione della luce che viene trasmessa attraverso un fibra ottica per la trasmissione di un segnale ad onda polarizzata mediante applicazione esterna di un segnale per modificare lo stato di polarizzazione, caratterizzato dal fatto che la sorgente di luce per la trasmissione di un segnale ad onda polarizzata è costituita da un laser ad anello di fibra.

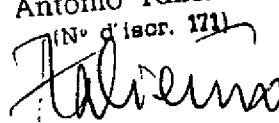
Roma, 22 DIC. 1995

p.: THE FURUKAWA ELECTRIC CO. LTD.

Ing. Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

14108/TA

UN MANDATARIO
per se e per gli altri
Antonio Taliercio
(N° d'iscr. 171)



ING. BARZANO & ZANARDO ROMA S.p.A.



FIG.1

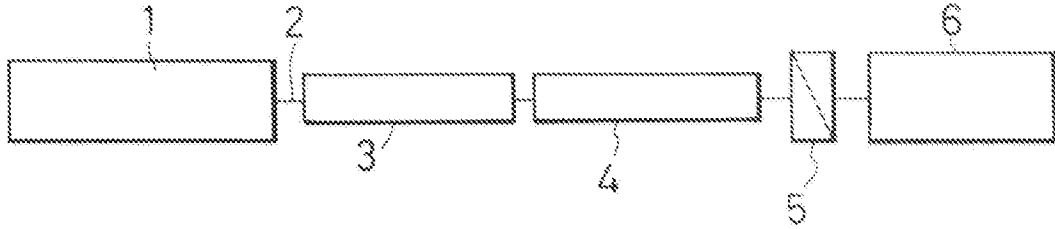


FIG.2

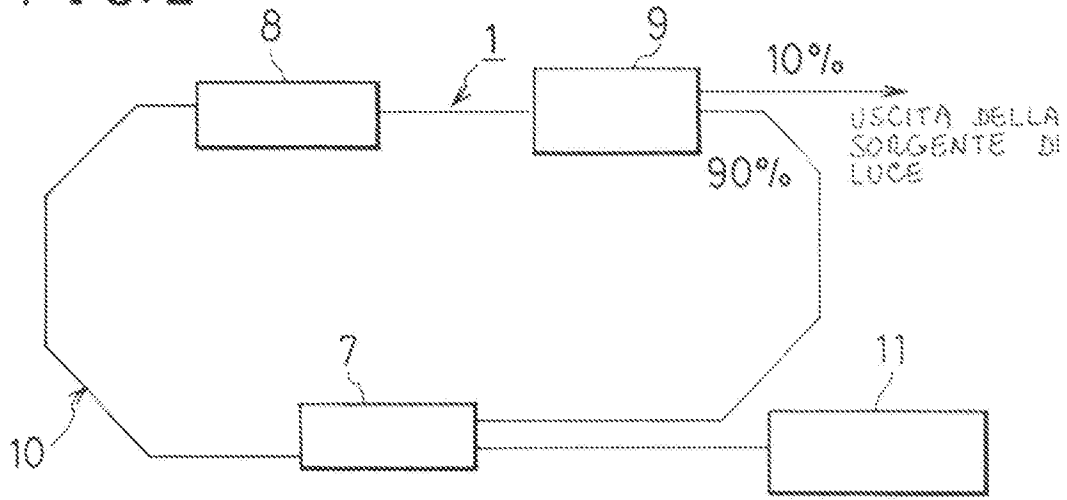
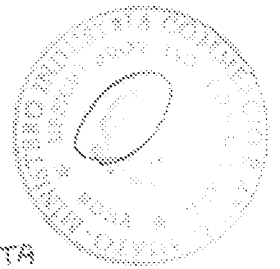
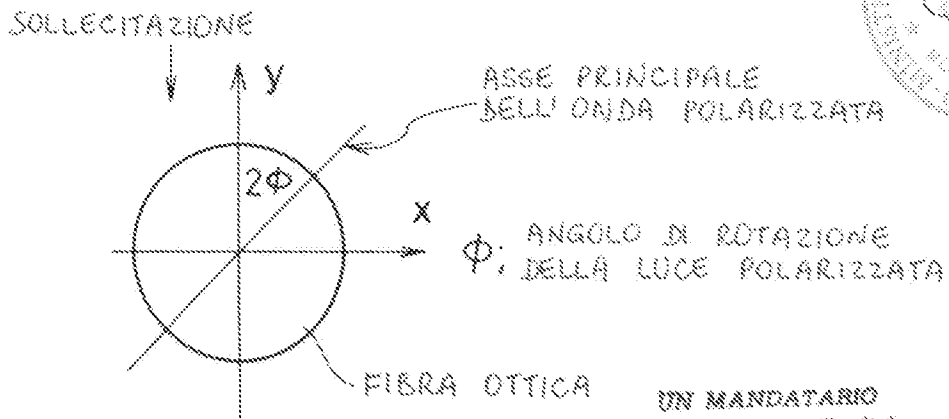


FIG.3



D.P.O.: THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.
ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.

UN MANDATARIO
per ee e per gli altri
Antonio Tallero
(N° d'iscr. 173)

Tallero

FIG.4

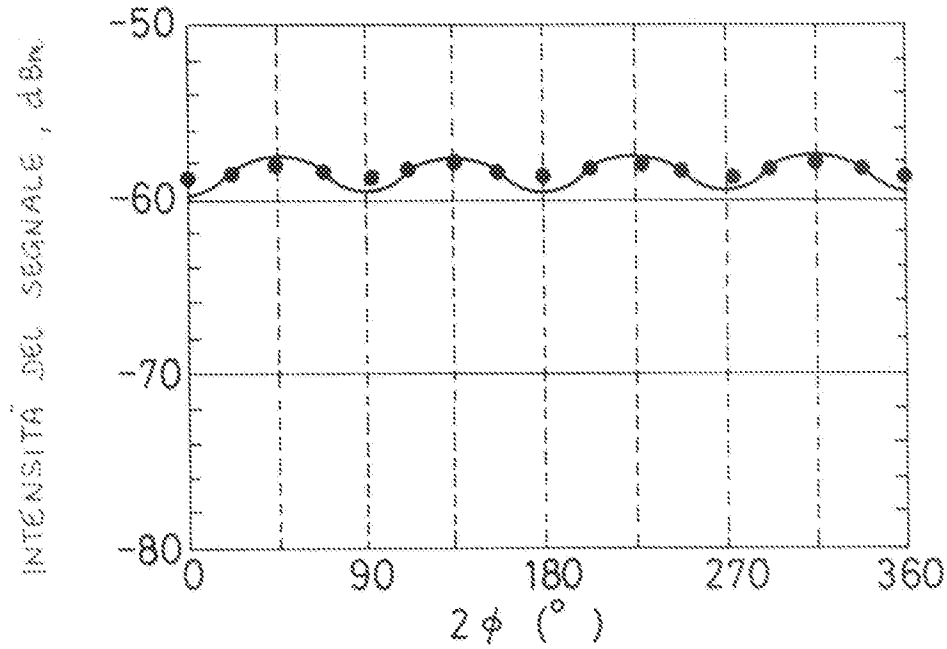
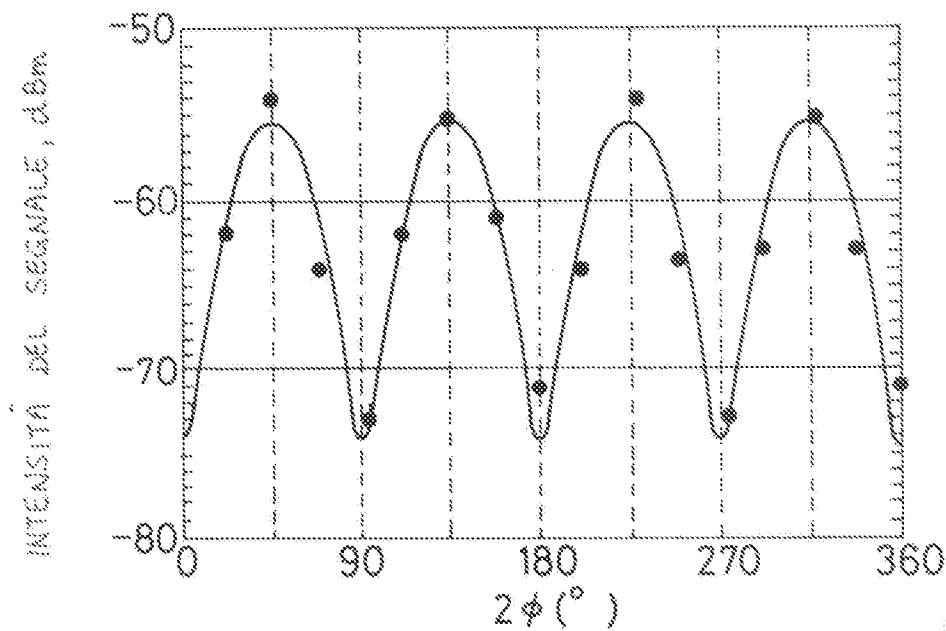


FIG.5



D.P.: THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.
 ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.P.A.

UN MANDATARIO
 per se e per gli altri
 Antonio Tolergio
 (n° d'iscr. ITI)

Tolergio

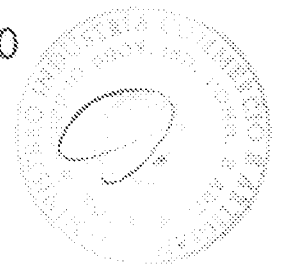


FIG. 6(a)

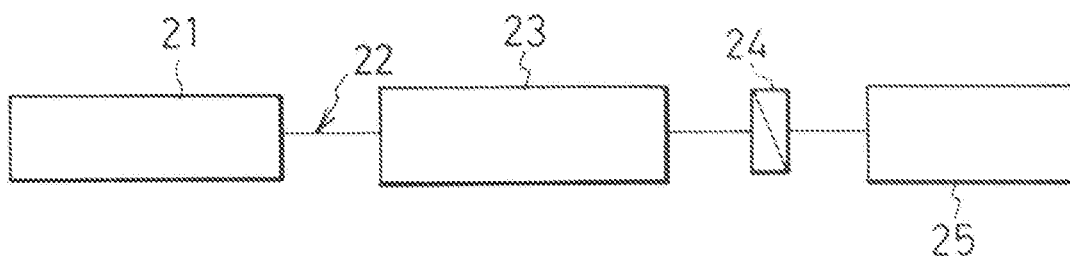
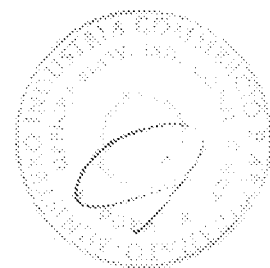
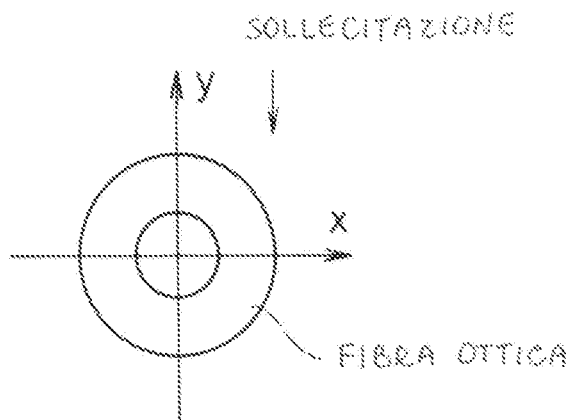


FIG. 6(b)



P.D.: THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.
ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.

UN MANDATO
per me e per gli altri
Antonio Talliercio
(N° d'iscr. 1331)
Talliercio