



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

# UIBM

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| <b>DOMANDA NUMERO</b>     | <b>101994900356158</b> |
| <b>Data Deposito</b>      | <b>22/03/1994</b>      |
| <b>Data Pubblicazione</b> | <b>22/09/1995</b>      |

|                |               |                    |               |                    |
|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| <b>Sezione</b> | <b>Classe</b> | <b>Sottoclasse</b> | <b>Gruppo</b> | <b>Sottogruppo</b> |
| G              | 02            | F                  |               |                    |

Titolo

|                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|
| <b>DISPOSITIVO PER L'ELABORAZIONE OTTICA DI RADIAZIONI LUMINOSE</b> |
|---------------------------------------------------------------------|

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

"DISPOSITIVO PER L'ELABORAZIONE OTTICA DI RADIAZIONI LUMINOSE"

a nome CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A. - Via  
Guglielmo Reiss Romoli, 274 - 10148 Torino - cittadinanza italiana.

Inventori: Domenico CAMPI

Heinz-Christoph NEITZERT

10 94A000204

Domanda n.

depositata il 22 MAR. 1994

==.==.==.==.

Testo della descrizione

La presente invenzione riguarda il campo dell'optoelettronica applicata alle telecomunicazioni utilizzando radiazioni luminose come veicoli d'informazione e in particolare si riferisce ad un dispositivo per l'elaborazione ottica di radiazioni luminose.

Come è noto, l'elaborazione ottica dei segnali costituisce un aspetto importante nello sviluppo dei sistemi di telecomunicazioni in fibra ottica, in quanto essa permette di realizzare complesse funzioni attualmente ottenute con sistemi elettronici. A tale scopo sono richiesti dispositivi che siano in grado di realizzare diverse funzioni di trasferimento tra i segnali ottici in ingresso e in uscita.

Di particolare interesse e di più difficile ottenimento sono le funzioni di trasferimento non lineari. Queste, analogamente alle funzioni già note nel campo dell'elettronica, permettono la realizzazione di dispositivi molto importanti per il trattamento dei segnali ottici, quali

CSELT  
Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.

i discriminatori di soglia, i limitatori di livello, i ricostruttori di impulso, gli oscillatori, le memorie. Di pari interesse sono le funzioni di logica combinatoria e sequenziale del tipo: NAND, NOR, flip-flop, etc.

Riveste anche grande interesse realizzare queste funzioni in dispositivi che costituiscano guide d'onda ottiche per i segnali trasmessi, in quanto risulta tecnologicamente molto più agevole inviare in tali dispositivi, o prelevare, la radiazione proveniente da un altro sistema guidante, quale la fibra ottica. Inoltre la guida d'onda ottica si presta particolarmente bene ad essere disposta su un piano comune con laser, amplificatori ottici, modulatori elettro-ottici, etc, per essere integrata nello stesso substrato.

Una soluzione nota per realizzare alcune funzioni di trasferimento non lineari è offerta da un dispositivo detto SEED (Self Electrooptic Effect Device), consistente in un modulatore elettro-ottico controreazionato mediante un circuito elettronico. Nel caso che la reazione sia positiva, tale dispositivo presenta un andamento della caratteristica assorbimento della luce-tensione inversa applicata, a lunghezza d'onda costante, con una zona dove l'assorbimento diminuisce al crescere della tensione. Questa condizione fa sì che la fotocorrente che attraversa il dispositivo influenzi la capacità stessa del dispositivo di assorbire la luce, che a sua volta influenza la fotocorrente. L'effetto di ciò è una bistabilità ottica che permette l'ottenimento di funzioni di trasferimento non lineari.

La descrizione di tale dispositivo è riportata nell'articolo dal titolo "The quantum well self-electrooptic effect device: optoelectronic bistability and oscillation, and self-linearized modulation" di D. A. B.

Miller et alii, apparso su IEEE Journal of quantum electronics, Vol. 21, Settembre 85, pag. 1462-1476. Il modulatore elettro-ottico utilizzato è un diodo PIN, dove la parte attiva è un'etero-struttura contenente una sequenza di quantum well disaccoppiati. Il sistema non è in guida d'onda, né si presta ad essere modificato per operare in guida d'onda a causa della bassa trasmissività ai segnali ottici. Per ovviare a ciò sarebbe necessario realizzare guide estremamente corte (20  $\mu\text{m}$ ), il che costituisce una notevole difficoltà tecnologica.

Il dispositivo per l'elaborazione ottica di radiazioni luminose, oggetto della presente invenzione, permette di realizzare le suddette funzioni in guida ottica, permettendo la realizzazione di circuiti ottici integrati in grado di svolgere funzioni logiche e di elaborazione particolarmente complesse e consentendo un agevole accoppiamento a fibre ottiche.

E' particolare oggetto della presente invenzione un dispositivo per l'elaborazione ottica di radiazioni luminose, in cui un modulatore elettro-ottico è polarizzato inversamente da una sorgente di tensione continua regolabile attraverso un'impedenza in modo da presentare una funzione di trasferimento non lineare, caratterizzato dal fatto che detto modulatore elettro-ottico è un modulatore a pozzi quantici accoppiati, comprendente una zona guidante consistente in una sequenza di pozzi quantici alternati a strati barriera, in cui sono inviate parallelamente agli strati le radiazioni luminose da elaborare.

Queste ed altre caratteristiche della presente invenzione saranno meglio chiarite dalla seguente descrizione di una forma preferita di realizzazione della stessa, data a titolo di esempio non limitativo, e dai disegni allegati in cui:

- la Fig. 1 è uno schema funzionale del dispositivo per l'elaborazione ottica di radiazioni luminose;

- la Fig. 2 è un diagramma cartesiano in cui sono rappresentate diverse funzioni di trasferimento;

- la Fig. 3 è un diagramma temporale che illustra l'elaborazione di un segnale ottico;

- la Fig. 4 è una vista in sezione trasversale della struttura di un modulatore a pozzi quantici accoppiati.

In Fig. 1 un modulatore a pozzi quantici accoppiati  $M$  è polarizzato inversamente da una sorgente di tensione continua regolabile  $U$  attraverso un'impedenza di carico  $Z$ . Nel dispositivo è inviato un fascio ottico  $F_i$ , iniettato nella zona guidante da un opportuno sistema ottico focalizzante  $L_1$ , ed è prelevato un fascio ottico  $F_o$ , collimato da un sistema ottico  $L_2$ .

L'impedenza di carico  $Z$ , oltre a determinare il punto di lavoro del modulatore  $M$ , elettricamente equivalente ad un diodo PIN, introduce anche una reazione positiva. Infatti, alla lunghezza d'onda di lavoro il coefficiente di assorbimento della radiazione ottica diminuisce, e quindi diminuisce la fotocorrente che attraversa il modulatore, all'aumentare della tensione inversa applicata. La diminuzione di fotocorrente induce una riduzione della caduta di tensione sull'impedenza di carico e di



conseguenza provoca un'ulteriore aumento della tensione inversa applicata.

La voluta funzione di trasferimento  $P_o/P_i$  (potenza ottica uscente)/(potenza ottica entrante) può essere scelta tra quelle possibili cambiando la tensione fornita dal generatore regolabile  $U$  e il valore dell'impedenza di carico  $Z$ . I due parametri possono essere cambiati sia contemporaneamente, sia uno alla volta.

In Fig. 2 sono rappresentate quattro funzioni di trasferimento, ottenute utilizzando come impedenza di carico una resistenza del valore di 1 MOhm.

La curva A è relativa a un comportamento lineare, ottenuto con una tensione di polarizzazione di 0 V.

La curva B è relativa al comportamento di un discriminatore ottico, ottenuto con una tensione di polarizzazione di -50 V, con potenza di soglia  $P_t$ .

Un esempio di elaborazione ottica di un segnale d'ingresso  $S_i$ , effettuata utilizzando questa funzione di trasferimento, è rappresentato nel diagramma temporale di Fig. 3, dove le ordinate rappresentano in unità arbitrarie i livelli di potenza.

I segnali sotto la soglia di intensità  $P_t$  vengono soppressi dal segnale d'uscita  $S_o$ , aumentando in tal modo il rapporto segnale/rumore del segnale ottico binario.

Cambiando solo la tensione possono essere realizzate diverse funzioni. Per esempio, utilizzando una pura reattanza induttiva come impedenza di carico  $Z$  e una tensione di polarizzazione di -35 V, si può

ottenere un oscillatore ottico. In questo caso, inviando in ingresso un segnale ottico continuo, si ottiene in uscita un segnale ottico di ampiezza oscillante alla frequenza determinata dal circuito elettrico risonante, costituito dall'induttanza  $Z$  e dalla capacità propria del modulatore a pozzi quantici accoppiati  $M$ . La funzione di trasferimento ottenuta è quella indicata con  $C$  in Fig. 2.

Grazie all'andamento non monotono della funzione di trasferimento  $C$ , può anche essere realizzato un moltiplicatore di frequenza. Inviando in ingresso un segnale ottico con ampiezza oscillante nella parte della funzione di trasferimento non monotona, per esempio nel tratto che comprende una parte a pendenza positiva, una parte a pendenza negativa e una parte a pendenza ancora positiva, si ottiene in uscita un segnale oscillante a frequenza doppia di quella del segnale in ingresso.

E' anche possibile sfruttare la funzione di trasferimento con l'andamento indicato con  $D$  in Fig. 2, ottenuto con una tensione di polarizzazione di  $-20$  V. Questa funzione presenta una zona di isteresi, cioè una zona in cui la potenza d'uscita assume valori diversi a seconda che la potenza d'ingresso stia aumentando o diminuendo. In questo caso l'intensità del segnale trasmesso dal dispositivo non dipende solo dall'intensità del segnale entrante, ma anche dalla storia precedente. Si ha così una funzione di memoria che può essere utilizzata per realizzare un dispositivo per logica sequenziale.

Un modulatore a pozzi quantici accoppiati, adatto a realizzare il dispositivo appena descritto, può avere una struttura del tipo di quella

rappresentata in Fig. 4. Le prestazioni del modulatore sono ottenute partendo da una struttura con una successione di strati convenzionale, ma utilizzando spessori degli strati sottili che realizzano i pozzi quantici e dello strato barriera opportunamente determinati per far sì che i pozzi quantici risultino accoppiati dal punto di vista quantomeccanico.

La struttura del modulatore a pozzi quantici accoppiati è particolarmente adatta ad operare su una radiazione luminosa inviata parallelamente agli strati.

Gli spessori dei singoli strati rappresentati in figura non sono in scala.

Con 1 è indicato uno strato metallico atto a permettere la connessione della struttura ad un reoforo per l'applicazione della tensione di polarizzazione.

Con 2 è indicato uno strato in InGaAs, di tipo p e con spessore di circa  $0,1\ \mu\text{m}$ , che ha funzione di strato di contatto.

Con 3 è indicato uno strato di InP di tipo p e con spessore di circa  $2\ \mu\text{m}$ .

Con 4 e 6 sono indicati due strati intrinseci ancora di InP e con spessore di  $0,1\ \mu\text{m}$ .

Con 5 è indicata una sequenza di pozzi quantici e di barriere, rispettivamente di InGaAs e di InP, composta da un numero di pozzi quantici compreso tra 2 e 100. La luce trasmessa attraverso il dispositivo è confinata in questa sequenza di strati.

Con 7 è indicato uno strato di InP di tipo n e con spessore di circa  $2\ \mu\text{m}$ .

Con 8 è indicato uno strato in InGaAs, di tipo n e con spessore di circa  $0,1\ \mu\text{m}$ , che ha funzione di assorbire la luce sfuggita dagli strati guidanti.

Con 9 è indicato uno strato in InP, di tipo n e con spessore di circa  $0,1\ \mu\text{m}$ , che ricopre il substrato commerciale, di solito imperfetto.

Con 10 è indicato il substrato in InP di tipo n.

Infine con 11 è indicato uno strato metallico atto a permettere la connessione della struttura ad un secondo reoforo per l'applicazione della tensione di polarizzazione.

Come si può notare, la struttura è di tipo PIN (strato drogato p, strato intrinseco e strato drogato n) e per il suo funzionamento richiede una tensione di polarizzazione inversa, tale da generare un campo elettrico dell'ordine di  $10^4\ \text{V/cm}$ .

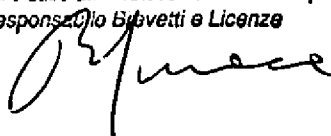
E' evidente che quanto descritto è stato dato a titolo di esempio non limitativo. Varianti e modifiche sono possibili senza per questo uscire dall'ambito di protezione delle rivendicazioni. Per esempio, i sistemi ottici L1 e L2 possono essere assenti e la radiazione luminosa essere focalizzata da fibre ottiche con facce terminali focalizzanti. Anche l'impedenza di carico Z può essere realizzata con componenti attivi, quali transistor, FET, amplificatori operazionali.

## Rivendicazioni

1. Dispositivo per l'elaborazione ottica di radiazioni luminose, in cui un modulatore elettro-ottico è polarizzato inversamente da una sorgente di tensione continua regolabile (U) attraverso un'impedenza (Z) in modo da presentare una funzione di trasferimento non lineare, caratterizzato dal fatto che detto modulatore elettro-ottico è un modulatore a pozzi quantici accoppiati (M), comprendente una zona guidante consistente in una sequenza (5) di pozzi quantici alternati a strati barriera, in cui sono inviate parallelamente agli strati le radiazioni luminose da elaborare.

CSELT

Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.  
Il Responsabile Brevetti e Licenze



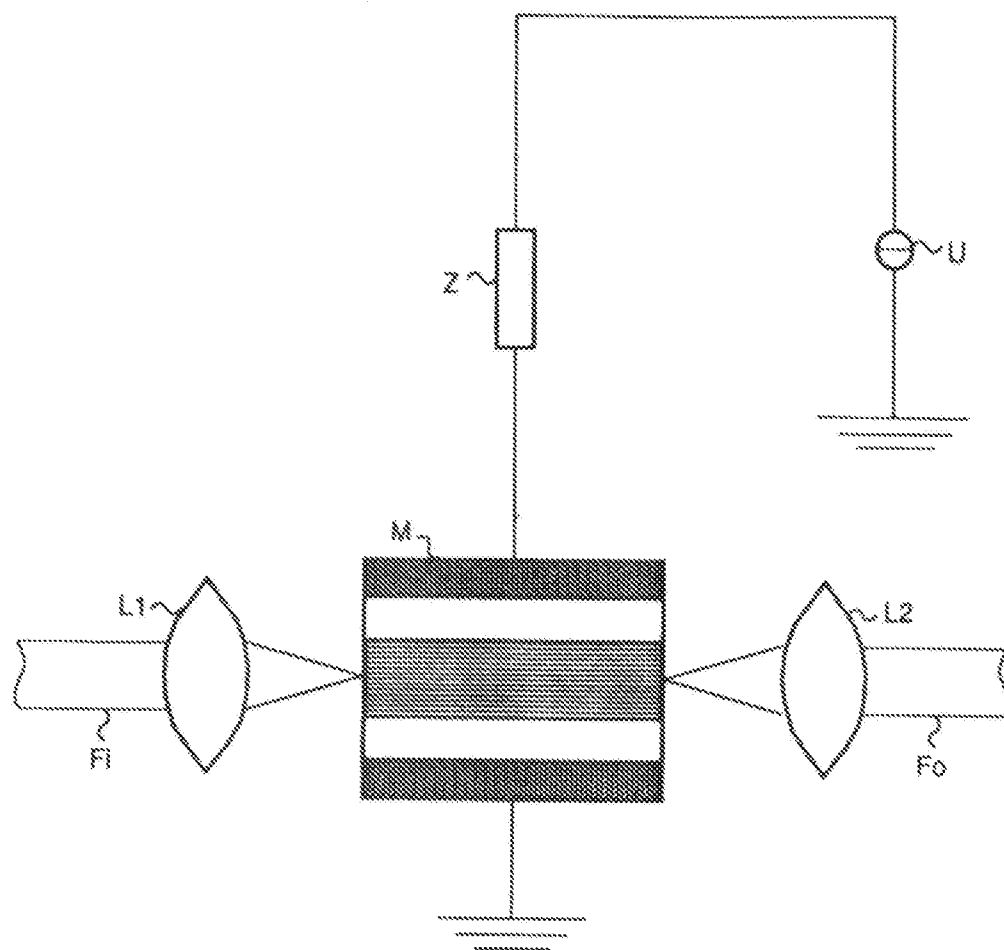


Fig. 1

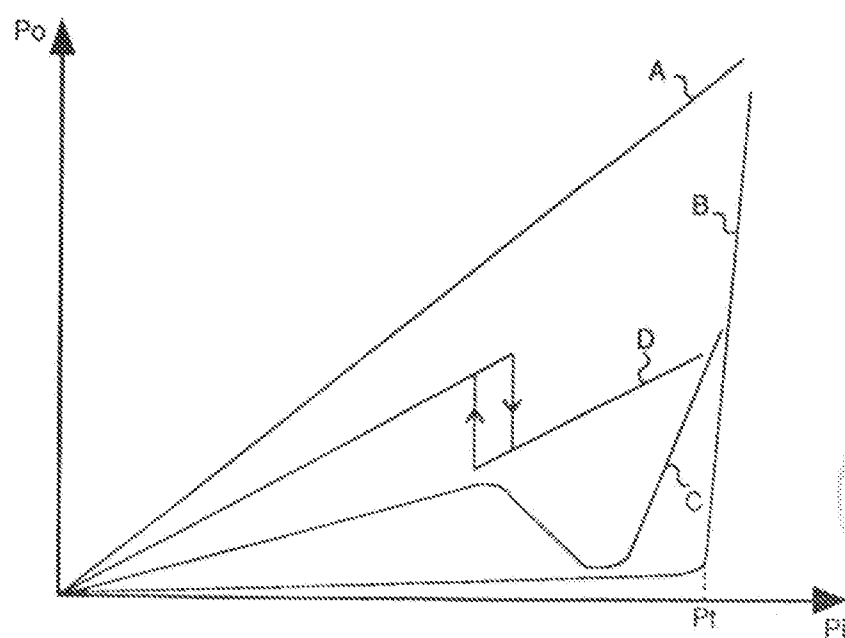


Fig. 2

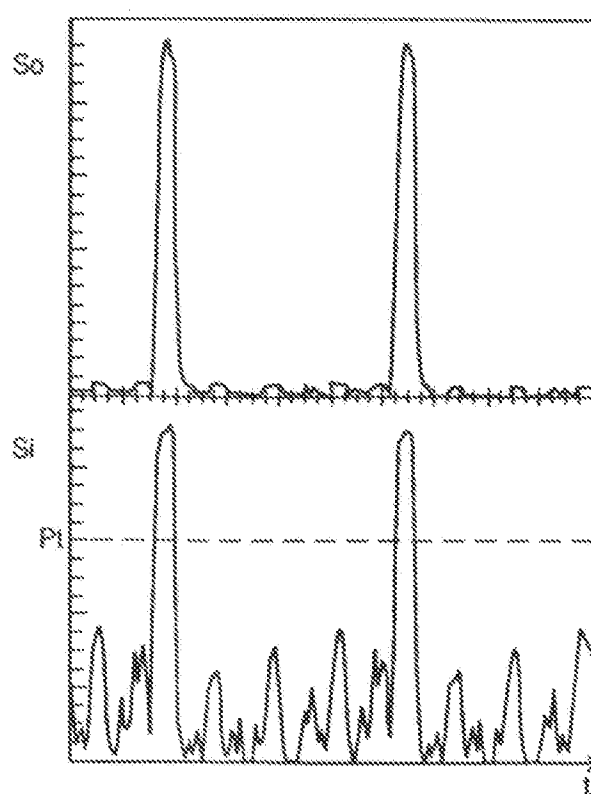


Fig. 3

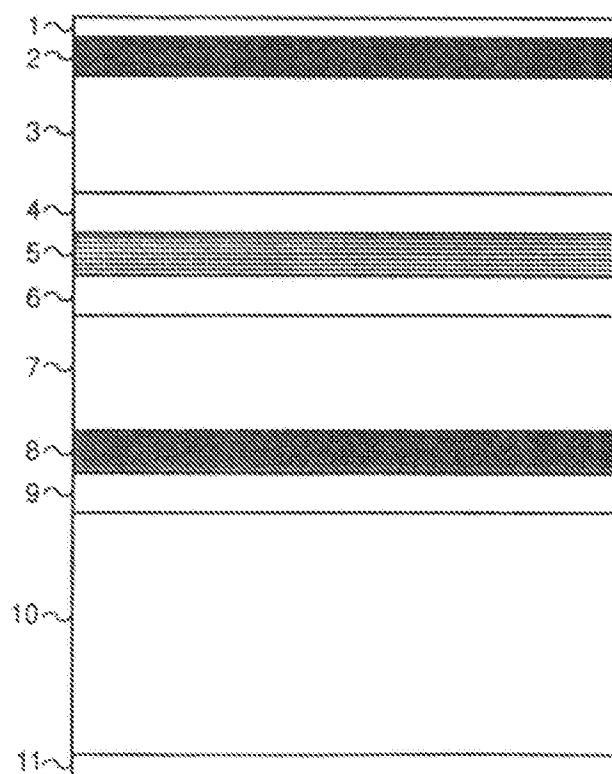


Fig. 4

