



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

# UTBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>101995900415838</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>20/01/1995</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>20/07/1996</b>

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	P		

Titolo

**FILTRO A MICROONDE IN GUIDA D'ONDA RETTANGOLARE A CAVITA' BIMODALI.**

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal  
titolo:

"Filtro a microonde in guida d'onda rettangolare  
a cavità bimodali"

di: Consiglio Nazionale delle Ricerche,  
nazionalità italiana, Piazzale Aldo Moro 7 -  
00185 Roma

Inventori designati: Riccardo Tascone, Renato  
Orta, Patrizia Savi

Depositata il: 20 gennaio 1995

19 95/000000

\*\*\*

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda una  
configurazione di filtri a microonde in guida  
d'onda rettangolare a cavità bimodali.

Negli apparati per comunicazioni via  
satellite è ormai diventato comune l'uso di  
filtri a cavità bimodali che presentano un  
ingombro ed un peso minore rispetto a quelli  
convenzionali a cavità monomodali. La tecnica  
tradizionale più usata per realizzare  
l'accoppiamento tra i due modi della cavità è  
quella di introdurre delle viti in posizione  
opportuna. Il vantaggio evidente di questa  
tecnica è quello di permettere un facile  
intervento sperimentale per modificare la curva

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUIX  
s.r.l.

di risposta del filtro. E' tuttavia da osservare che questo tipo di attività può essere estremamente onerosa e il suo successo può non essere assicurato. Inoltre, la presenza di viti nella mezzeria della cavità diminuisce la massima potenza sopportabile dal filtro.

Per questi motivi, e grazie alla disponibilità di software per CAD elettromagnetico che permette di predire con grande precisione la risposta del dispositivo, è preferibile indirizzarsi verso strutture che non contengono elementi mobili di accordo.

In letteratura sono state presentate configurazioni in cui l'accoppiamento tra i due modi di una stessa cavità è realizzato mediante una perturbazione della sezione della guida ("ridge"). Ad esempio, M. Guglielmi, R. Molina, A. Melcon descrivono, nell'articolo "Dual mode circular waveguide filters without tuning screw", IEEE Microwave and guided wave Letters, Vol. 2, Nov. 1992, pp. 457-458, filtri bimodali in guida d'onda circolare in cui le perturbazioni di accoppiamento sono formate da risalti ("ridge") radiali interni disposti in una sezione centrale della guida circolare.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUIX  
s.r.l.

Con riferimento ad una guida rettangolare, X. Liang, A.Zaki e A.Atia hanno proposto nell'articolo "Dual mode coupling by square corner cut in resonators and filters with flattened coupling ratio", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 40, Dec. 1992, pp. 2294-2302, di realizzare la perturbazione di accoppiamento attraverso lo smusso di uno spigolo della guida d'onda. Con questa soluzione il progetto del filtro risulta assai oneroso, poiché si richiede non solo la conoscenza dei primi due modi della cavità, ma anche quella dei modi superiori al fine di descrivere con sufficiente accuratezza le discontinuità che realizzano i vari accoppiamenti.

Anche se esistono dei metodi numerici in grado, in linea di principio, di determinare lo spettro modale di una guida di sezione trasversale arbitraria, tale studio è sempre molto oneroso e, per ordini modali elevati, l'accuratezza dei risultati può non essere soddisfacente. Si pensi a tal proposito alla necessità di una fase di ottimizzazione nella progettazione del filtro.

Risulta quindi auspicabile l'uso di strutture il cui spettro modale sia noto per via analitica.

In altri termini, sarebbe desiderabile realizzare l'accoppiamento tra i due modi della cavità mantenendo inalterata la struttura canonica della guida d'onda, ovvero non alterarne la geometria a sezione trasversale rettangolare.

In vista di conseguire tale scopo, la presente invenzione è basata sulle seguenti considerazioni.

Nel caso in cui la perturbazione introdotta nella cavità per creare l'accoppiamento modale si estenda per buona parte della cavità, o addirittura per tutta la sua lunghezza, conviene descrivere il dispositivo mediante un modello matematico a parametri distribuiti che mette in evidenza la presenza di due modi con costanti di propagazione lievemente diversa. Proprio a causa di questa lieve diversità, il fenomeno può essere proficuamente interpretato alla luce della teoria dei modi accoppiati, secondo la quale la presenza del "ridge" produce un accoppiamento per unità di lunghezza tra i due modi della guida imperturbata.

Peraltro, in una guida d'onda quadrata i primi due modi possono essere assunti con polarizzazione parallela alle diagonali del quadrato. Un accoppiamento tra questi due modi

può essere ottenuto senza introdurre alcuna deformazione della sezione della guida, ma semplicemente rendendo la sezione della guida leggermente rettangolare. In altri termini, gli usuali modi ( $TE_{10}$ ;  $TE_{01}$ ) della guida rettangolare di lati  $a$  e  $b$  e con  $a/b \sim 1$  possono essere interpretati come modi somma e differenza derivanti dall'accoppiamento di quelli, precedentemente indicati, della guida quadrata.

Basandosi su queste considerazioni, la presente invenzione ha per oggetto un filtro a microonde in guida d'onda rettangolare comprendente una o più cavità bimodali, ciascuna delle quali è definita da una guida d'onda a sezione trasversale rettangolare vista come perturbazione di una sezione di riferimento di forma quadrata. Lo scostamento dall'unità del rapporto tra i lati della sezione trasversale rettangolare della cavità dà una misura del livello di accoppiamento. Dato che l'accoppiamento tra i due modi diagonali avviene per tutta la lunghezza della cavità, e che, tipicamente, sono richieste lunghezze di banda esigue, il rapporto sopra citato differisce dall'unità di meno del 2%, per cui tali sezioni sono approssimativamente quadrate.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

L'accoppiamento tra le cavità bimodali e l'esterno avviene quindi attraverso campi elettrici polarizzati secondo le direzioni delle diagonali della sezione quadrata di riferimento delle cavità. Ne consegue che i lati delle sezioni trasversali delle guide d'onda di accesso formano angoli di  $45^\circ$  con i lati delle sezioni delle cavità bimodali.

Grazie a questa idea di soluzione, nel filtro secondo l'invenzione tutte le sezioni trasversali sono rettangolari. Con ciò si ottengono importanti vantaggi sia sotto il profilo dell'impiego del filtro, in termini di massima potenza transitabile, sia in relazione al suo progetto. Basti pensare in proposito che lo spettro modale è conosciuto per via analitica.

L'invenzione verrà ora descritta dettagliatamente nel caso di un filtro a due cavità bimodali, con riferimento ai disegni annessi forniti a puro titolo di esempio non limitativo, nei quali:

la figura 1 è una vista prospettica schematica di un filtro a microonde in guida d'onda rettangolare a due cavità bimodali accoppiate secondo l'invenzione,

la figura 2 è una vista in elevazione di estremità secondo la freccia II della figura 1,

la figura 3 è una vista prospettica sezionata secondo la linea III-III della figura 2, e

la figura 4 riporta i diagrammi che mostrano la curva di risposta del filtro realizzato secondo l'invenzione.

Nelle figure 1 a 3, con 1 è indicato genericamente un filtro a microonde in guida d'onda rettangolare a cavità bimodali accoppiate secondo l'invenzione.

Il filtro 1 comprende due sezioni di guida d'onda cilindrica 2a, 2b che definiscono internamente due cavità bimodali 3a, 3b e che sono connesse all'esterno con due guide d'onda di accesso standard rispettivamente 4a, 4b. Le sezioni di guida d'onda 2a, 2b presentano una sezione rettangolare i cui lati a, b stanno in un rapporto prossimo all'unità. In altri termini, le sezioni trasversali delle guide d'onda 2a, 2b definenti le due cavità bimodali 3a, 3b sono approssimativamente quadrate, come è meglio visibile nella figura 2.

Nel caso dell'esempio illustrato il segno negativo dell'accoppiamento di retroazione, necessario per realizzare i due zeri di

trasmissione rappresentati nel diagramma della figura 4 (sulla quale si ritornerà nel seguito), è realizzato ruotando di  $90^\circ$  la sezione trasversale della guida d'onda 2b della cavità 3b rispetto alla sezione trasversale della guida d'onda 2a della cavità 3a.

Fra le due cavità 3a, 3b è centralmente disposta un'iride spessa 6 costituita da un setto trasversale 7 avente nel suo centro un'apertura di forma rettangolare 8 orientata secondo una diagonale della sezione quadrata di riferimento delle cavità 3a, 3b.

Ciascuna delle due guide d'onda di accesso 4a, 4b presenta una sezione rettangolare con i lati orientati a  $45^\circ$  rispetto ai lati della sezione quadrata di riferimento delle cavità 3a, 3b. Più in particolare, i lati maggiori delle due guide d'onda di accesso 4a e 4b sono orientati ortogonalmente alla direzione longitudinale dell'apertura 8 dell'iride centrale 6.

L'accoppiamento della cavità 3a (rispettivamente 3b) con la guida d'onda di accesso 4a (rispettivamente 4b) avviene per mezzo di una discontinuità composta 9a (rispettivamente 9b) costituita da due iridi spesse 11a, 12a (rispettivamente 11b, 12b) con aperture

rettangolari 10a, 14a (rispettivamente 10b, 14b), posizionate geometricamente secondo il lato maggiore della guida d'onda di accesso 4a (rispettivamente 4b), cioè ortogonalmente all'apertura 8 dell'iride centrale 6, ed aventi lunghezza pari a quella di tale lato.

Le dimensioni dell'apertura delle due iridi 11a e 12a (rispettivamente 11b, 12b) e la distanza fra le stesse, indicata con 13a (rispettivamente 13b) nella figura 3, permettono di controllare sia l'intensità dell'accoppiamento tra la cavità e la guida di accesso, sia l'accordo di fase del filtro.

Dalla descrizione che precede risulta evidente che, nel filtro a guida d'onda a cavità bimodali accoppiate secondo l'invenzione, tutte le sezioni trasversali sono rettangolari. Ciò consente di semplificare notevolmente sia il progetto, sia la realizzazione del filtro, e soprattutto di evitare la presenza di "ridge" all'interno delle cavità, che possono limitare la massima potenza transitabile.

La rotazione geometrica sopra descritta della sezione trasversale delle guide d'onda di accesso 4a, 4b e le corrispondenti discontinuità composte 9a, 9b, consentono di eccitare i modi diagonali

accoppiati delle cavità 3a, 3b in modo tale che, in linea di principio, l'accoppiamento si realizzi attraverso soltanto un unico modo diagonale.

La tecnica di progetto sviluppata per definire la geometria del filtro a due cavità bimodali sopra descritto è basata su un modello matematico a parametri distribuiti secondo il quale le connessioni con l'esterno e tra le cavità sono descritte dalle corrispondenti matrici scattering generalizzate.

In tal modo il controllo sia dell'intensità sia della fase degli accoppiamenti avviene in modo diretto. In particolare, assegnati il "ripple" in banda passante e la larghezza di banda, si determinano le dimensioni delle cavità e le ampiezze dei coefficienti di riflessione che le varie connessioni offrono alle cavità. Le fasi dei vari coefficienti di riflessione non vengono fissate in senso assoluto, ma devono soddisfare una relazione di risonanza; questo grado di arbitrarietà risulta peraltro molto utile in fase di sintesi dei dispositivi di connessione. Una volta noti i coefficienti di riflessione, separatamente, viene determinata la geometria dei dispositivi di connessione sempre utilizzando

tratti di guide a sezione trasversale rettangolare.

La figura 4 mostra a titolo di esempio il diagramma di risposta di un filtro simmetrico in guida d'onda rettangolare (WR90) a doppia cavità bimodale realizzato secondo quanto descritto in precedenza, ed in cui il lato della sezione quadrata di riferimento delle cavità è:

$$a_s = (a + b)/2 = 18\text{mm}$$

e

$$a - b = 0.191\text{mm}$$

dove a e b indicano le lunghezze dei lati della sezione delle due cavità bimodali 3a, 3b, entrambe di lunghezza 21.34 mm.

Nel diagramma della figura 4 la linea piena rappresenta la risposta in frequenza relativa al progetto elettrico con coefficienti di trasmissione della discontinuità composta 9a (9b) e dell'iride centrale 6, di valori rispettivamente -9.9 dB e -29.4 dB. La discontinuità composta 9a (9b) carica la cavità 3a (3b) con un coefficiente di riflessione la cui fase è di  $165.74^\circ$ , la frequenza centrale è 11.075 GHz. Nella stessa figura la linea a tratti rappresenta l'analisi multimodale del filtro.

LUZZI, NOTAPCO &  
CONIEMI D'OUJ  
S.p.A.

L'accoordo tra le due curve dimostra la validità dell'invenzione.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, i particolari di costruzione e le forme di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto e illustrato, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione, così come definita dalle rivendicazioni che seguono.

In particolare, sebbene l'esempio di attuazione descritto a titolo esemplificativo con riferimento ai disegni preveda due cavità bimodali, l'invenzione è parimenti applicabile nel caso di filtri in guida d'onda aventi diverso numero di cavità, ivi compreso il caso di un'unica cavità.

BUZZI, NOVARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
S.r.l.

## RIVENDICAZIONI

1. Filtro a microonde in guida d'onda rettangolare (1) comprendente una o più cavità bimodali (3a, 3b), in cui ciascuna cavità bimodale (3a, 3b) è costituita da una guida d'onda a sezione trasversale rettangolare (2a, 2b) ed in cui, per l'accoppiamento con l'esterno, sono previste due guide d'onda di accesso a sezione trasversale rettangolare (4a, 4b) in asse con le guide d'onda definenti le cavità, caratterizzato dal fatto che l'accoppiamento tra le cavità bimodali (3a, 3b) e l'esterno è realizzato attraverso campi polarizzati secondo le diagonali delle sezioni trasversali delle guide d'onda (2a, 2b) che definiscono le cavità (3a, 3b), e dal fatto che l'accoppiamento tra i due modi in ciascuna cavità (3a, 3b) è di tipo distribuito ed è realizzato direttamente dalle corrispondenti sezioni trasversali di forma rettangolare con rapporto fra i lati (a, b) prossimo all'unità, tali sezioni risultando quindi approssimativamente quadrate.

2. Filtro secondo la rivendicazione 1, comprendente iridi di accoppiamento (6, 9a, 11a, 9b, 11b) fra le cavità bimodali (3a, 3b), nonché fra tali cavità bimodali (3a, 3b) e le

NOTARIO &  
ANTONELLI D'OUX  
S.r.l.

corrispondenti guide d'onda di accesso (4a, 4b),  
caratterizzato dal fatto che dette iridi (6, 9a,  
11a, 9b, 11b) presentano fessure rettangolari (8,  
10a, 14a, 10b, 14b) con lati paralleli a quelli  
delle sezioni trasversali delle guide di accesso  
(4a, 4b).

3. Filtro secondo la rivendicazione 2,  
caratterizzato dal fatto che l' accoppiamento fra  
la cavità bimodale (3a, 3b) e la corrispondente  
guida di accesso (4a, 4b) è realizzato per mezzo  
di una discontinuità composta (9a, 9b) formata  
da due iridi spesse (11a, 12a, 11b, 12b) le cui  
aperture (10a, 14a, 10b, 14b) sono di forma  
rettangolare con lato maggiore pari al lato  
maggiore delle guide di accesso (4a, 4b).

4. Filtro sostanzialmente come descritto e  
illustrato e per gli scopi specificati.

Ing. Franco BUZZI  
N. Verb. ALBO 259  
In proprio e per gli altri



Fig. 1

10 55 010033

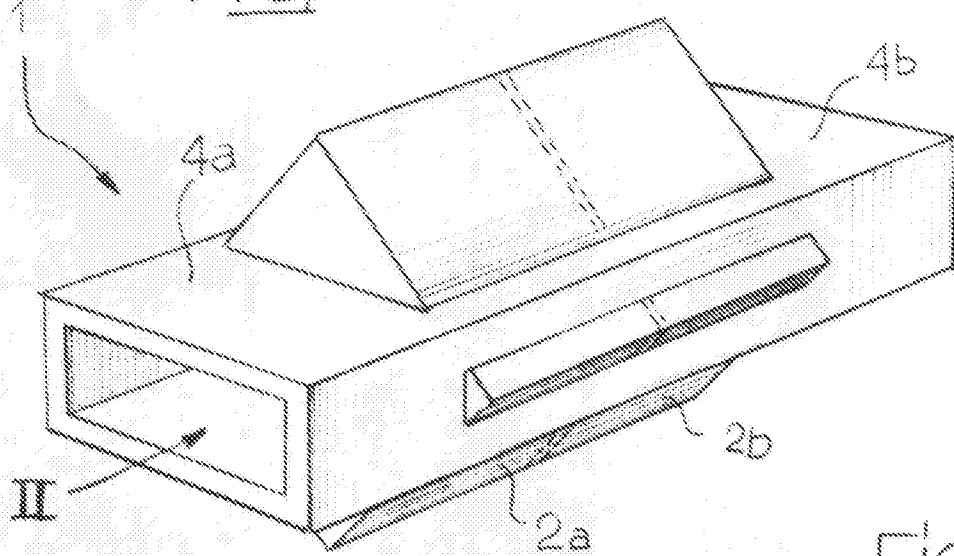


Fig. 2

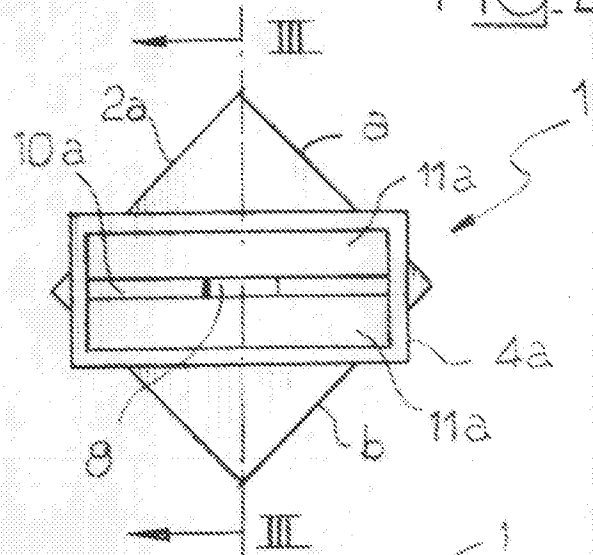
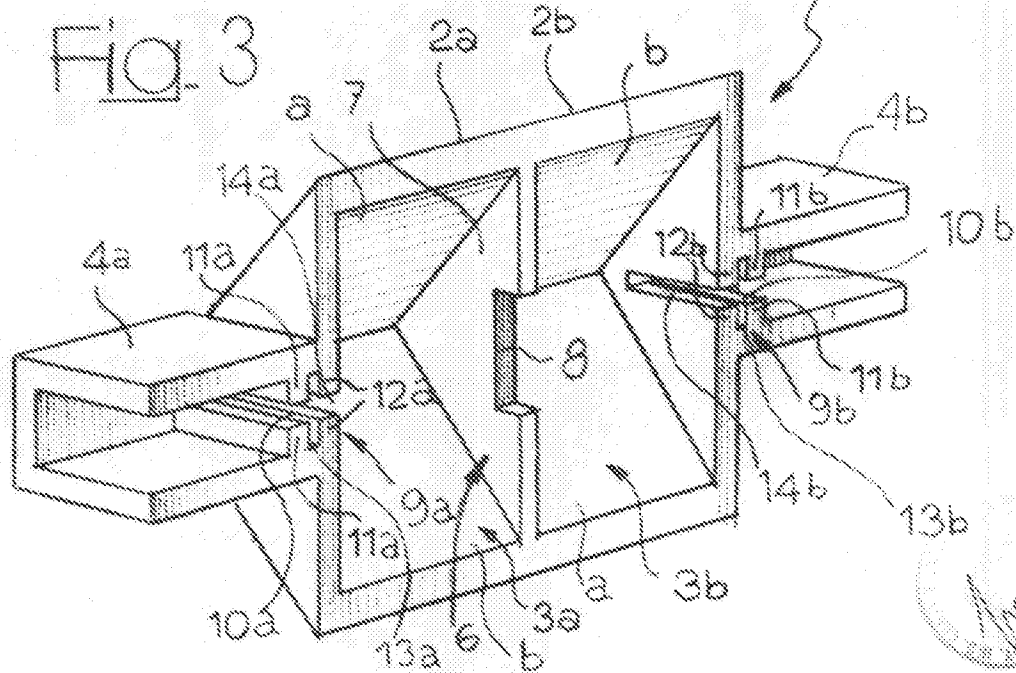


Fig. 3




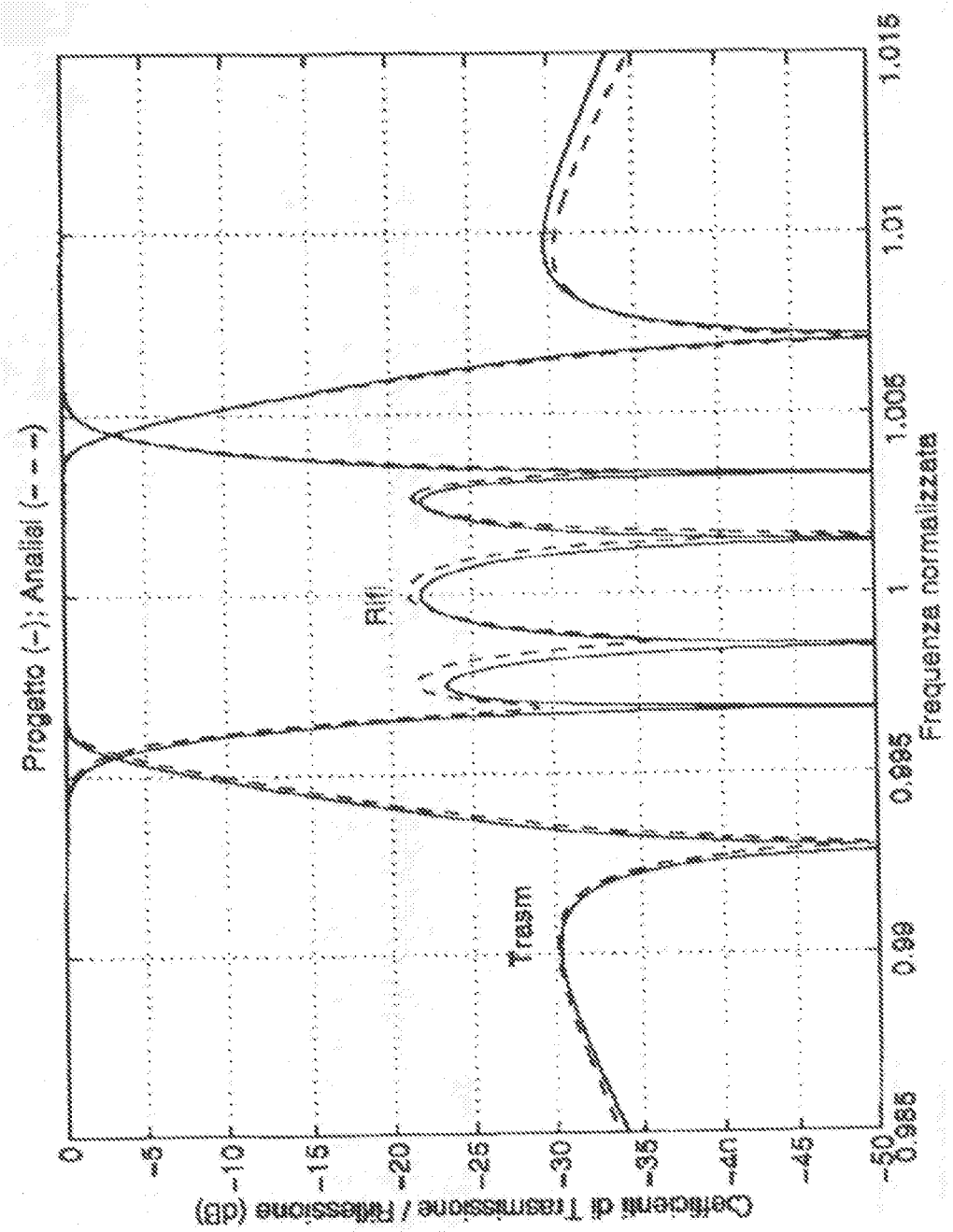
  
 Ing. Franco Bizzini  
 Roma, Italia 207  
 (in 2 copie e per gli atti)

Fig. 4



Ing. Franco BUZZI  
Via ...  
In ... e per ...