

**Domenico Marini • I8CVS**  
Via A. de Gasperi 89 - Parco Merola  
80059 Torre del Greco (NA)

Parte 1<sup>a</sup>

## Illuminatore a polarizzazione circolare per 10,5 GHz

**I**N seguito al successo del lancio del vettore Ariane-503, avvenuto il 21 ottobre 1998, e nella speranza che Phase-3D venga immesso presto in orbita, ho ripreso l'argomento downlink di P-3D a 10451 MHz che era stato momentaneamente interrotto con RR 12/97, dove a pag 31 si concludeva la parte costruttiva del transverter a 10,5 GHz con la sua taratura.

Scopo di questo articolo è la descrizione dell'antenna e dell'illuminatore destinati a ricevere il downlink in banda X nei due segmenti 10451,025-10451,275 MHz per l'analogico e 10451,450-10451,750 MHz per il digitale di P-3D.

Come si vede nella matrice dei transponder riportata in fig. 2, pag. 39 di RR 5/98, P-3D userà due antenne a tromba circolare, ciascuna da  $G=20$  dBic, una per il TX a TWT da 60 W pep e l'altra per il TX di riserva a stato solido da 10 W pep.

La tabella 3 di pag. 46, su RR 3/95, mostra che per ricevere il downlink a 10,5 GHz con un rapporto S/N da 20 a 28 dB, in normali condizioni di traffico, ci basta avere a terra un'antenna con  $G=33$  dBi, ossia una parabola da 60 cm e un buon RX con temperatura equivalente di rumore totale  $T_e=150$  kelvin, vale a dire con cifra di rumore totale di circa  $NF=1,8$  dB.

Queste erano le condizioni progettuali all'inizio, quando nel 1995 si prevedeva che il TX a 10,5 GHz di P-3D avrebbe avuto potenza di circa 32 W pep, che su antenna da 20 dBic, danno una EIRP di 3200 W pari a 35 dBW pep.

Attualmente la potenza del TX a TWT è stata raddoppiata a 60 W pep e quindi la stessa antenna da  $G=20$  dBic irraderà una EIRP di 6000 W, pari a circa 38 dBW pep, fornendo

così un margine di 3 dB in più di S/N a chi vorrà usare a terra delle parabole con diametro anche inferiore ai 60 cm di specifica.

Va precisato che in caso di uso del TX da 10 W di potenza, il satellite irraderà una EIRP di 1000 W pep pari a 30 dBW, ma anche in questa circostanza le condizioni di ricezione con parabola da 60 cm saranno tali da consentire di ricevere comodamente con rapporti medi S/N variabili da 15 a 23 dB.

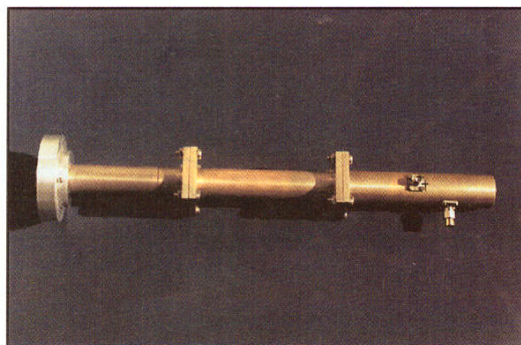
Ciò premesso bisogna ricordare che fino all'inizio del 1998 non era stato ufficializzato se l'antenna in banda X di P-3D avrebbe trasmesso in polarizzazione circolare oppure lineare.

Oggi sappiamo che l'antenna a tromba circolare di foto 7, a pag. 42 di RR 5/98, irraderà polarizzazione circolare destra (RHCP).

La RHCP in ricezione a terra è anche standard per quelle poche stazioni al mondo che fanno EME a 10 GHz e che usano la circolare anziché la lineare.

Questo è un vantaggio per tutti, tuttavia nel 1996, quando realizzai l'antenna con illuminatore visibile anche su RR 12/96 a pag. 32, non si conosceva ancora con quale polarizzazione P-3D avrebbe irradiato, e così, nell'incertezza, decisi di realizzare un illuminatore RHCP ed LHCP che si sarebbe potuto riciclare e usare, volendo, anche per 10 GHz EME.

E' da notare tuttavia che il downlink di P-3D in RHCP, sarà ricevibile benissimo con un'antenna a polarizzazione lineare di qualunque tipo usata attualmente in 10 GHz tropo, purché la parabola non superi di tanto i 60 cm, coi quali si ottiene già un fascio molto stretto di circa 3,5 gradi a -3 dB, il che rende il tracking di un satellite in or-



**Foto 1 - Illuminatore Chaparral a polarizzazione circolare destra e sinistra per 10,5 GHz completamente montato. La sezione lanciatori a destra porta una terminazione da 50 Ω montata sul connettore della polarizzazione RHCP del lanciatore non utilizzato (Vedi testo)**

bita Molniya piuttosto laborioso se vengono impiegati i normali rotori commerciali che spesso hanno notevole gioco.

Tuttavia, chi userà RHCP riceverà segnali più forti di 3 dB e meno QSB rispetto a chi impiegherà illuminatori in polarizzazione lineare.

Coloro che non sono disposti a duplicare questo illuminatore potrebbero anche modificare uno dei tanti LNB per TVRO, banda bassa 11 GHz, che hanno due lanciatori disposti a 90 gradi fra loro, uno per polarizzazione orizzontale e l'altro verticale.

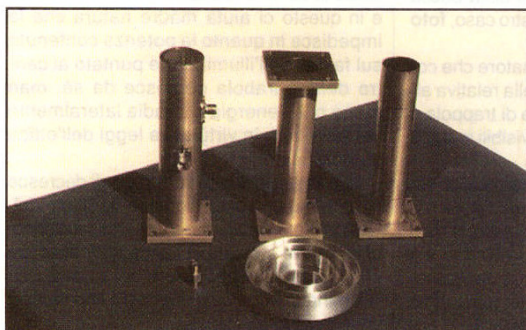
Per l'uso in banda stretta CW ed SSB, si può riutilizzare il solo front-end di questi LNB eliminando l'oscillatore DRO, che per noi ha stabilità inadeguata, e il mixer inutile.

Da questi LNB si può ricavare un illuminatore in polarizzazione lineare con preamplificatore originale incorporato, che nella nostra banda avrà infine NF di circa 2 dB, ma questi LNB modificati saranno ovviamente utilizzabili solo su parabole offset per TVRO.

Alcuni tipi di LNB in guida d'onda sono anche dotati di due lanciatori disposti a 90 gradi fra loro ma distanziati di  $\lambda_g/2$  che producono nell'interno della guida d'onda circolare.

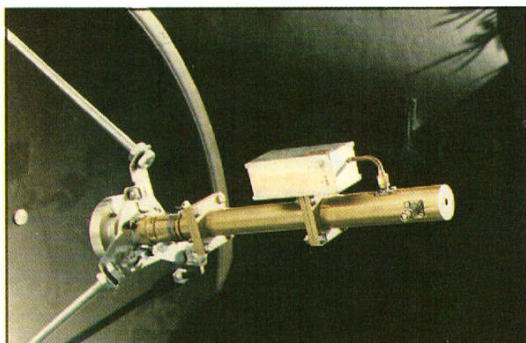
Nei tipi esaminati la guida in genere è troppo corta per infilarci dentro il depolarizzatore in teflon per ottenere il ritardo di 90 gradi di fase, necessario a generare la polarizzazione circolare, e questi LNB sono riutilizzabili facilmente come illuminatori in polarizzazione lineare già dotati di front-end.

Queste informazioni sono utili per chi non volesse affrontare tanto lavoro per realizzare un illuminatore ex novo, ma questo descritto ha caratteristiche di tutto rispetto giac-



**Foto 2 - Le tre sezioni dell'illuminatore sono visibili smontate dalle flangie. La suddivisione in tre pezzi facilita l'uso dell'illuminatore che può essere impiegato anche per polarizzazione lineare verticale od orizzontale smontando la sezione centrale che contiene il depolarizzatore.**





**Foto 3 - L'illuminatore completo di preamplificatore connesso sul lanciatore LHCP. La parabola inverte il senso di polarizzazione del segnale trasmesso RHCP dal satellite e lo invia LHCP all'illuminatore. Tutto l'illuminatore è scorrevole in senso longitudinale per posizionare il suo centro di fase nel fuoco F della parabola.**

ché in RX è utilizzabile per satelliti ma in RX e TX anche per EME e con parecchia potenza.

### L'acquisizione di notizie tecniche

La letteratura tecnica degli Handbook ARRL e RSGB non riporta illuminatori a polarizzazione circolare adatti per parabole e così mi sono rivolto a I4BER, I4CHY e DF7FJ che sono fra i pochi OM che conosco ad averci fatto studi ed esperienze.

Da loro ho ricevuto disegni e notizie fondamentali con cui è stato realizzato questo illuminatore RHCP ed LHCP in guida d'onda circolare di tipo Chaparral, adatto per parabole a fuoco corto che hanno rapporti  $f/D$  bassi ed entro un range da 0,3 a 0,45.

Con Josef, DJ7FJ ebbi poi l'opportunità di discuterne durante moltissimi QSO via Oscar-13, Modo-L da cui trassi ulteriori notizie.

Per affrontare questo argomento ho trovato molto utile lo studio di un articolo dal titolo "Illuminatori e paraboloidi, note di calcolo", scritto da I4BER su RR 7/85, che ha il pregio di permettere una facile visualizzazione dei fenomeni fisici che stanno chiusi dentro le formule utilizzate quando si fanno calcoli su illuminatori e su parabole e che difficilmente vengono colti quando le utilizziamo troppo brutalmente senza chiederci cosa ci sia dentro le formule e il perché ci sia.

Altro articolo utile alla facile comprensione del comportamento di un'onda elettromagnetica in guida d'onda è "Introduzione alle Microonde", scritto da I4AOR su RR 3/75.

Questi articoli, unitamente al testo "Microonde" di Giuseppe Dilda, sono le fonti che ho trovato più adatte alla facile comprensione del meccanismo e delle caratteristiche della propagazione di un'onda guidata entro un tubo.

Nella bibliografia ci sono altri testi della ARRL ed RSGB e tutti insieme sono importanti per integrare le conoscenze di base in microonde.

### Breve descrizione della parabola più illuminatore

Come da specifica AMSAT-DL per P-3D, la parabola scelta è in alluminio pieno imbutito, ha diametro 60 cm e mi fu consigliata da I0LVA in quanto, oltre ad avere buona fattura superficiale, il tripode fornito è in tondo di acciaio trafilato da 9,5 mm e quindi è molto robusto e inamovibile, anche montandoci nel fuoco un illuminatore piuttosto pesante come il tipo Chaparral di **foto 3**.

In prima approssimazione e da verificare, diremo che una parabola in primo fuoco da 60 cm a 10,5 GHz ha guadagno  $G=33$  dBi, e quindi è rispondente alla specifica AMSAT-DL.

L'illuminatore Chaparral con RHCP ed LHCP che si vede nella **fig. 3 A-B-C-D**, e in **foto 1-3-4**, è in guida d'onda circolare da 20 mm, ha un anello corrugato con diametro di circa 64 mm visibile in **foto 5**, consente di ottenere buona simmetria assiale, ampiezza del fascio quasi uguale sui due piani E ed H, riduzione notevole dei lobi laterali e soprattutto una buona polarizzazione circolare con un rapporto assiale di circa 0,2 dB nella banda stretta di 2 MHz, su cui è stato dimensionato il depolarizzatore in teflon di **fig. 3D**.

Questo illuminatore, molto diffuso nei ricevitori TVRO e TVBS, consente di ottenere un'efficienza relativamente elevata con parabole in primo fuoco a bassi rapporti  $f/D$ , variabili da 0,3 a 0,45, anche se la sua efficienza intrinseca di apertura è bassa in quanto l'area effettiva è solo quella della bocca della guida circolare che nel nostro caso, **foto 5**, ha diametro 20 mm.

L'area maggiore dell'illuminatore che copre parte della parabola, è quella relativa all'anello corrugato con funzione di trappola o choke, e costituito dagli anelli visibili in **fig. 2** e **foto 5**.

Senza l'anello corrugato si formerebbero lobi secondari molto ampi a causa della diffrazione dovuta alla brusca transizione fra il bordo vivo circolare della guida d'onda e il libero spazio, quando cioè l'onda elettromagnetica esce bruscamente da un tubo, dove si propaga nel modo fondamentale  $TE_{11}$ , per

irradiarsi altrettanto bruscamente in un altro modo nel libero spazio.

Questo fenomeno è facilmente verificabile osservando i fenomeni naturali sulla luce dove la fisica dell'ottica geometrica di madre natura dimostra che il passaggio, ad esempio, fra luce ed ombra al tramonto, è impossibile senza che si formi naturalmente una zona di transizione che è la penombra.

Quando la luce entra invece in una stanza buia attraverso la fenditura di una persiana, ivi si crea diffrazione ai bordi, perché il passaggio fra luce ed ombra avviene troppo bruscamente e senza zone di transizione.

L'illuminatore Chaparral visibile nelle figg. **2, 3A-B-C-D** e **foto 1-3**, ha l'anello corrugato di diametro pari a  $2\lambda$  nel libero spazio, e il suo uso è sconsigliato per parabole di diametro inferiore a  $10\lambda$  in quanto l'anello schermerebbe eccessivamente la superficie centrale della parabola creando un bloccaggio eccessivo.

Nel nostro caso, la parabola da 600 mm ha diametro di circa  $20\lambda$  che risulta il doppio del minimo consentito per l'uso di questo illuminatore e perciò l'anello da 64 mm, su una parabola da 600 mm, crea sullo specchio un bloccaggio percentuale del tutto accettabile come risulta da **foto 6** dove si vede che la piastra originale del tripode è più grande dell'anello.

Il centro di fase dell'illuminatore di Chaparral, come si vede nelle figg. **1** e **3A**, si trova sull'asse longitudinale della guida d'onda circolare e cade nel suo interno a circa 2 mm dal piano trasversale della bocca.

Il centro di fase deve coincidere col fuoco geometrico (F) della parabola di **fig. 1** e questo illuminatore ha il vantaggio che il centro di fase, in cui si concentra tutta l'energia dell'onda piana raccolta dalla bocca della parabola, è circa il medesimo, sia sul piano E che quello H.

### Interazioni fra illuminatori e parabole

Come regola generale, una parabola va illuminata in modo che l'energia irradiata dall'illuminatore non sia uniformemente distribuita su tutta la superficie dello specchio e in questo ci aiuta madre natura che lo impedisce in quanto la potenza contenuta sul fascio dell'illuminatore puntato al centro della parabola decresce da sé, man mano che l'energia si irradia lateralmente verso i bordi, in virtù delle leggi dell'ottica geometrica.

L'energia irradiata verso i bordi decresce man mano che ci si allontana dall'asse dell'illuminatore rivolto verso il centro dello specchio, anche a causa della maggior distanza che l'onda deve percorrere per andare dall'illuminatore posto nel fuoco (F) fino ai bordi della parabola.



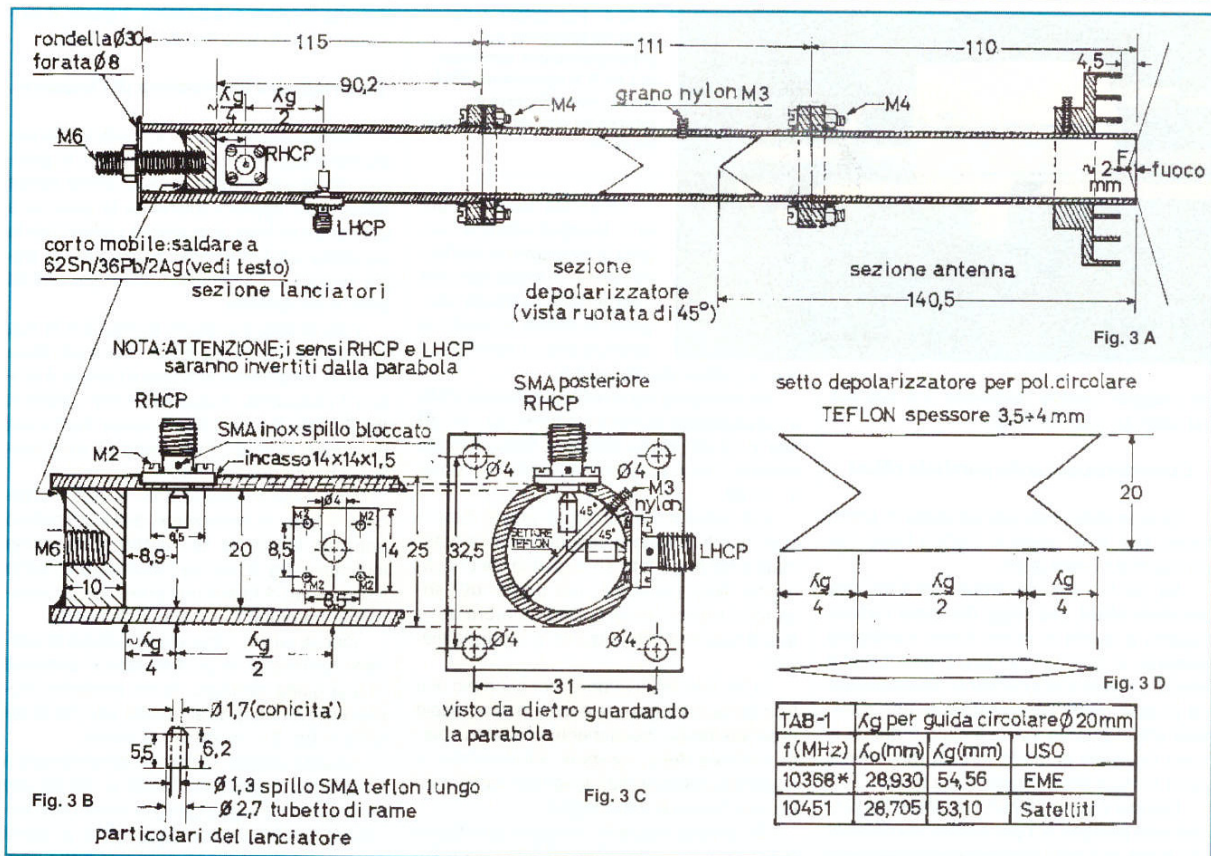


Fig. 3-A-B-C-D - Sezione longitudinale dell'illuminatore montato. Le quote sono in mm, la guida circolare sezione lanciatori è in tubo di ottone 25 x 20 mentre le sezioni depolarizzatore e antenna sono in tubo 22 x 20. Le flangie autocostruite sono in piatto di ottone 40 x 5 e l'anello corrugato è un blocco di alluminio tornito. Maggiori dettagli costruttivi saranno dati nella prossima puntata.

Come si vede in **fig. 1**, la distanza dal fuoco (F) fino ai bordi della parabola, è sempre maggiore di quella fra (F) e il centro della parabola, e quindi l'attenuazione nel libero spazio fra illuminatore e bordo è sempre maggiore di quella fra l'illuminatore e il centro del disco.

Ciò è ovvio perché se i due percorsi fossero uguali, anziché avere a che fare con una superficie parabolica ci troveremmo di fronte a una superficie sferica.

Questa attenuazione "aggiuntiva" sul percorso tra (F) e i bordi torna a vantaggio in quanto i bordi della parabola devono ricevere un'energia inferiore a quella che cade al centro e per diversi motivi.

Quello principale è che l'energia che raggiunge il bordo trova una brusca transizione fra superficie parabolica metallica e libero spazio e quì, sui bordi, si crea diffrazione.

chiamata appunto "diffrazione al bordo" che in conseguenza crea i lobi secondari.

## Illuminatore e parabola per uso spazio

Se usiamo un illuminatore con forte guadagno e quindi con fascio stretto, la parabola viene illuminata con molta energia al centro e molto meno ai bordi.

Ciò comporta una riduzione del guadagno dell'antenna perché sarebbe come avere a che fare con una parabola di diametro inferiore al reale, ma il vantaggio è quello di irradiare poca energia ai bordi, ottenendo così maggiore attenuazione dei lobi secondari.

In queste condizioni, la parabola, puntata verso lo spazio, e usata per ricevere il satellite, ha un illuminatore che, da solo, e direttamente, vede poco la terra che si trova sul retro della parabola, in quanto l'illuminatore che ha fascio stretto, guarda meglio verso il centro e meno bene verso i bordi.

Il risultato che abbiamo conseguito è poco "spillover" che riduce il rumore raccolto in modo diretto dalla terra che lo irradia a temperatura equivalente di rumore ambiente pari a 290 kelvin, o 17 gradi centigradi.

Questa configurazione, che sacrifica qualche dB di guadagno in favore di minori

lobi secondari e minor raccolta di rumore, a causa del basso spillover, è molto adatta per chi lavora satelliti ed EME.

### Illuminatore e parabola per uso Tropo

Se usiamo un illuminatore che ha un lobo di radiazione più largo dell'angolo geometrico  $\theta$  in **fig. 1** che sottende il fuoco (F) della parabola coi suoi bordi, l'energia irradiata verso il centro è di certo inferiore al caso precedente, ma aumenta quella irradiata verso i bordi.

Come conseguenza della migliore utilizzazione della superficie parabolica, si ottiene un guadagno maggiore di qualche dB rispetto a prima, ma si formano lobi secondari di maggior ampiezza, a causa della diffrazione ai bordi illuminati con maggiore potenza rispetto alla configurazione precedente, adatta per uso spazio.

Nella configurazione troppo, l'illuminatore, che ha fascio più largo, raccoglie da solo in ricezione più rumore dalla terra, perché la vede trasbordare tutto intorno e al di fuori dalla superficie dello specchio.

Tale configurazione, con illuminatore a più basso guadagno, è più adatta per traffico troppo, dove normalmente è preferibile avere un paio di dB di guadagno in più, a sacrificio di



## Antenne

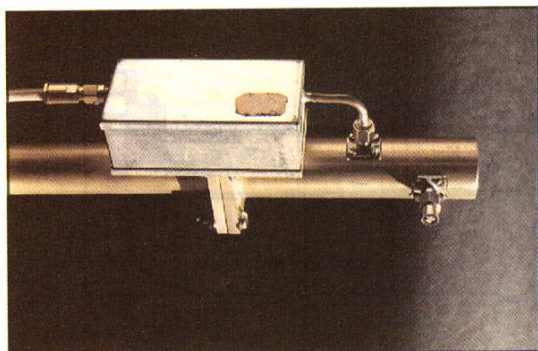


Foto 4 - Particolare della sezione lanciatori col preamplificatore connesso in LHCP. Il connettore SMA RHCP non utilizzato è chiuso su una terminazione da 50  $\Omega$ .

un maggior rumore tollerabile che nell'uso via satellite, oppure EME.

### Considerazioni sulle parabole offset

Quanto detto, vale per parabole in primo fuoco, che sono usate in traffico tropo con elevazione di zero gradi.

Se, però, anche per tropo usassimo una parabola offset, i vantaggi del minor rumore rispetto a quelle in primo fuoco sarebbero evidenti, in quanto, per avere un lobo che irradia o riceve azimutalmente con elevazione di zero gradi, l'illuminatore di una parabola offset guarda verso il cielo e quindi si trova orientato in modo tale da raccogliere poco rumore direttamente dalla terra.

Questo vantaggio non è indifferente perché vale sempre, sia per traffico via satellite che tropo, in quanto l'illuminatore di una parabola offset comincia a guardare la terra solo per elevazioni superiori a circa 45 gradi.

E allora perché hai usato una parabola in primo fuoco? Dirà qualcuno. Il motivo è che, per ora, non sono riuscito a trovare un illuminatore a polarizzazione circolare adatto per parabole offset.

Queste, per essere illuminate richiedono un fascio stretto e quindi usano illuminatori a maggior guadagno dei nostri normali amatoriali per dischi in primo fuoco.

Ciò è verificabile svitando il tappo di protezione di un LNB e si vedrà nel suo interno un'antenna a tromba circolare corrugata, con intuibile elevato guadagno.

Tutto questo preambolo serve a dire che normalmente, si progetta l'illuminatore in funzione della distanza focale ( $f$ ) della parabola e del rapporto  $f/D$ , ma anche e, soprattutto, in funzione del traffico che si vuol fare.

### Osservazioni sulla geometria della parabola

Come si vede in fig. 1, l'angolo al fuoco  $\theta$  è quell'angolo sotto il quale un osservatore posto nel fuoco  $F$  vedrebbe tutto lo specchio, e se questo è rotondo come uno in primo fuoco, quest'angolo sarà uguale da qualsiasi parte lo si guardi.

Una volta fissato l'angolo  $\theta$ , bisogna stabilire l'angolo di irradiazione dell'illuminatore, in modo tale che i bordi della parabola vengano illuminati al livello di potenza che ci serve per il tipo di traffico che facciamo.

Se lavoriamo via satellite o facciamo EME è consigliabile illuminare i bordi da -10 dB fino a -15 dB, ma se facciamo tropo, il livello minimo con cui conviene irradiare i bordi è -10 dB.

Ciò stabilito, ne consegue che le dimensioni dell'illuminatore vengono fissate automaticamente e infatti: se vogliamo minor guadagno della parabola, ma pochi lobi secondari e poco rumore, l'illuminatore deve avere fascio stretto e quindi guadagno elevato.

In tal caso l'illuminatore, per esempio una trombetta, sarà grande e avrà lo svantaggio di coprire proporzionalmente una buona parte centrale della parabola riducendone la superficie esposta alla radiazione aumentando così l'area di "bloccaggio".

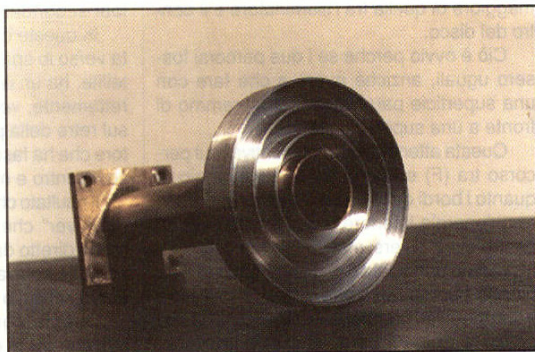
Se invece vogliamo maggior guadagno dalla parabola, a sacrificio di lobi secondari più forti, e tolleriamo più rumore irradiato dalla terra, abbiamo bisogno di una trombetta con fascio più largo che guadagna meno della precedente.

Questa trombetta, illuminerà i bordi della parabola con più energia, per esempio a livello di -10 dB o forse di -8 dB, e perciò è più piccola della precedente e causa meno bloccaggio.

Come si vede, una volta determinato il guadagno e, in conseguenza, fissate le dimensioni dell'illuminatore in grado di illuminare i bordi della parabola al livello di potenza voluto, le cose resteranno immutabili a meno di non cambiare illuminatore.

Questo è il motivo per cui la teoria e la pratica indicano che il miglior compromesso fra guadagno, riduzione di lobi secondari e

Foto 5 - Particolare dell'anello corrugato tornito da un blocco di alluminio e scorrevole sulla guida circolare con funzione di choke per attenuare l'ampiezza dei lobi secondari che si creano sull'apertura della guida circolare per diffrazione sul bordo del tubo.



raccolta di rumore della terra, è quello di illuminare i bordi della parabola a -10 dB.

### Proprietà dell'illuminatore di Chaparral

Se disponiamo di un illuminatore, che posto nel fuoco, ci permette di variare, in qualche modo, l'ampiezza del suo fascio senza influenzare apprezzabilmente la posizione del centro di fase, è possibile ottimizzare la parabola per il massimo guadagno via tropo, oppure per il minimo rumore per attività EME o via satellite.

L'illuminatore in grado di regolare la sua apertura a -10 dB sui bordi di una parabola in modo veramente semplice e banale, è proprio il Chaparral, in quanto, come visibile in fig. 2 e foto 6, si può fare il collare degli anelli del choke, in modo che l'anello sia scorrevole sul bordo della guida.

Con questa regolazione, si può modificare il lobo di radiazione dell'illuminatore entro un fascio da 121 a 159 gradi, come indicato in fig. 2, senza influenzare di molto il suo centro di fase o una preesistente asimmetria fra piano E e piano H dell'onda.

Questi motivi, oltre alla possibilità di ottenere facilmente la polarizzazione circolare in una guida circolare, fanno preferire l'illuminatore di Chaparral, anche perché la tabella in fig. 2 ci rende la vita facile.

Questa tabella ci dice direttamente qual'è l'ampiezza in gradi del fascio a -10 dB che ha l'illuminatore guardando i bordi della parabola, attenuazione aggiuntiva ai bordi compresa, e ciò viene dato per tutti i rapporti  $f/D$  da 0,3 a 0,45.

L'ottimizzazione della parabola per traffico via satellite o EME, si effettua molto semplicemente ricevendo il rumore del sole e facendo scorrere l'anello di foto 6 per il massimo rapporto  $S+N/N$ , cercando di rispettare la quota  $L$  in fig. 2 che è espressa in frazioni di  $\lambda_0$ , ossia in frazioni di lunghezza d'onda nel libero spazio.

Questa flessibilità del Chaparral non è poco, perché semplifica tutti i calcoli dell'illuminatore.

Se dovessimo calcolare l'apertura dello stesso angolo a -10 dB per un'altro tipo di illuminatore, come, ad esempio, una trom-



## Antenne

betta, bisognerebbe utilizzare delle formule empiriche, che in base all'angolo  $\theta$  a -10 dB della nostra parabola, ci fornirebbero quello "corretto" a -3 dB dell'illuminatore.

Conosciuto l'angolo a -3 dB, potremmo fare il calcolo della trombeta anche se oggi esiste un programma come lo HDL-ANT di Paul Wade, N1BWT, che è specifico per antenne ad apertura e fornisce direttamente le dimensioni della tromba per fascio a -10 dB.

Ciò premesso, passiamo al calcolo vero e proprio di tutto il sistema parabola più illuminatore, che è molto più semplice da fare di quanto è stato detto finora.

### Note e procedura di calcolo

I termini del problema sono: progettare un illuminatore in guida d'onda circolare del tipo Chaparral, che illumini a 10451 MHz uno specchio parabolico da 60 cm con guadagno  $G=33$  dB circa, in modo che la polarizzazione irradiata dallo specchio, sia circolare destra RHCP oppure sinistra LHCP.

Nel contempo, essendo l'antenna destinata al traffico via satellite, bisogna ottimizzare il sistema, in modo da avere il minimo possibile di lobi secondari e il minimo possibile di rumore raccolto direttamente dalla terra.

Con riferimento alla **fig. 1**, le caratteristiche della parabola sono:

Diametro  $D = 600$  mm

Profondità  $c = 100$  mm

La profondità ( $c$ ) si misura tendendo uno spago diametralmente sulla bocca della parabola e misurando con cura la distanza fra lo spago ben teso e il fondo.

Con l'ausilio di una normale calcolatrice e con le formule riportate in **fig. 1**, ricaviamo gli altri dati che ci interessano:

- 1) Calcoliamo la distanza focale ( $f$ ) applicando la formula:

$$f = D^2 / 16 c$$

sostituendo alle lettere i numeri si ottiene:

$$f = 600^2 / 16 \times 100 = 225 \text{ mm}$$

- 2) Calcoliamo il rapporto fuoco/diametro con la formula:  $f/D = D / 16 c$

$$f/D = 600 / 16 \times 100 = 0,375$$

In pratica, consideriamo il nostro  $f/D = 0,38$  in quanto l'estrema precisione di un dato verrebbe certamente vanificata dall'estrema imprecisione di altri dati poco verificabili e quindi sarebbe inutile.

In generale, il rapporto  $f/D$  varia da 0,3 a 0,7 ed è specifico per ogni parabola nata per determinate applicazioni.

Una parabola con  $f/D=0,3$  ha l'illuminatore più vicino al fondo, di un'altra con rapporto  $f/D=0,7$ .

Un rapporto  $f/D=0,3$  è adatto per applicazioni spaziali, perché l'illuminatore si trova quasi all'interno della parabola che gli schermi la terra, impedendogli di raccogliere molto rumore ma, come rovescio della medaglia, l'illuminazione dei suoi bordi a -10 dB, è più difficile da ottenere con illuminatori normali perché l'angolo  $\theta$  è molto grande.

Un valore medio ottimale per  $f/D$  è 0,5 giacché rappresenta un buon compromesso per varie applicazioni terra e spazio, ma come vedremo, il rapporto  $f/D=0,38$  è quello buono per le applicazioni spazio associandolo all'illuminatore di Chaparral perché questo rapporto si trova al centro del suo range di lavoro, come mostra la tabella dei rapporti  $f/D$  in **fig. 2**.

- 3) Calcoliamo ora l'angolo al fuoco  $\theta$  che è l'angolo sotto il quale l'occhio di un osservatore posto nel fuoco vedrebbe tutta la parabola.

E' ovvio che l'illuminatore ideale non deve avere dissimmetrie sui piani E ed H e l'angolo solido con cui vede la parabola sotto l'angolo  $\theta$  in **fig. 1**, dovrebbe essere un cono con base perfettamente circolare ma, in pratica, ciò è irrealizzabile.

L'illuminatore che dobbiamo progettare verrà posto a coincidere col fuoco ( $F$ ) della parabola e quindi, in teoria, tutta l'energia raccolta dallo specchio verrà concentrata in un angolo solido  $\theta$  che ha vertice nel fuoco ( $F$ ) e sarà raccolta nel centro di fase dell'illuminatore.

Calcoliamo ora l'angolo  $\theta$  della nostra parabola in **fig. 1** con la formula:

$$\theta = 2 \arctan ((D/2)/(f-c)) \text{ e sostituendo i numeri otteniamo:}$$

$$\theta = 2 \arctan ((600/2)/(225-100)) = 135 \text{ gradi}$$

Chi avesse difficoltà nel calcolare la funzione  $\arctan$ , ossia l'arcotangente, con una normale calcolatrice con funzioni trigonometriche, basta ricordare che il risultato 2,4 che otteniamo da questo rapporto, è il valore naturale della tangente di un angolo e per trovare il valore in gradi dell'angolo, basta usare la funzione INV tan.

Facendo 2,4 INV tan, otterremo 67 gradi, che moltiplicati per 2, danno un angolo di 135 gradi.

Come si vede dalla tabella in **fig. 2**, siamo molto ben messi perché usando un rapporto  $f/D=0,38$ , l'illuminatore di Chaparral irradia a -10 dB con un angolo di 135 gradi esatti e, quest'angolo che cade sui bordi della parabola, è  $\theta$ .

Ciò si può facilmente verificare interpolando fra i 146 gradi di  $f/D=0,35$  e 130 gradi di  $f/D=0,40$

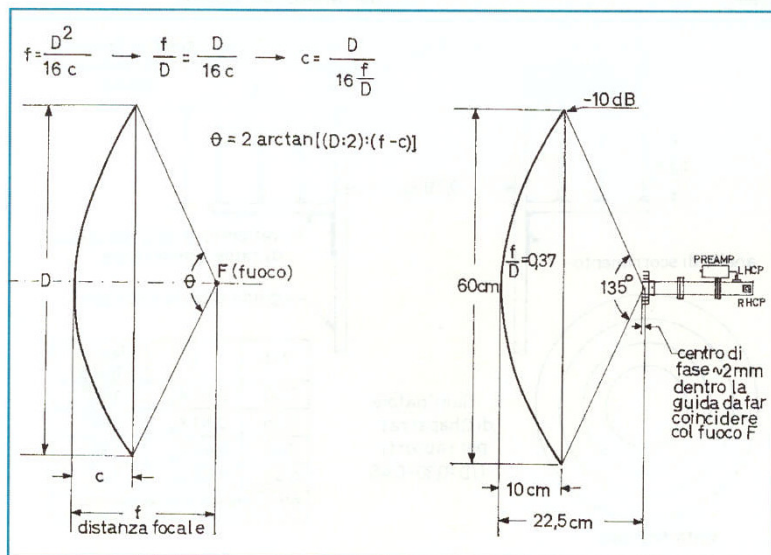
Poiché molto del lavoro di adattamento angolare a -10 dB fra illuminatore e parabola, ci è stato risolto da mister Chaparral, passiamo alla

### Descrizione dell'illuminatore, suo funzionamento e calcolo

Come si vede in **fig. 3 A-B-C-D** si compone di 3 sezioni in guida d'onda circolare con diametro interno 20 mm interflangiate fra loro per comodità di prove ed esperimenti, come mostrano i pezzi in **foto 2**.

La sezione "lanciatori" porta due connettori SMA, con i due lanciatori montati a 90 gradi fra loro.

**Fig.1 - Geometria della parabola con le formule per il calcolo dei parametri principali rapporto ( $f/D$ ), distanza focale ( $f$ ) e angolo ( $\theta$ ).** La parabola a destra riporta le quote di quella descritta nel testo, unitamente all'illuminatore, il cui centro di fase cade nell'interno della guida. Il preamplificatore è montato sul lanciatore LHCP, perché la parabola inverte il senso di polarizzazione dell'onda ricevuta dallo spazio o trasmessa dall'illuminatore.





Il primo lanciatore dista circa  $\lambda_g/4$  dal fondo e la distanza è regolabile, mentre il secondo lanciatore dista esattamente  $\lambda_g/2$  dal primo.

Come si vede in **fig. 3 A**, il fondo della guida è un corto mobile che serve per ottenere le giuste relazioni di fase fra l'onda incidente e quella riflessa sul fondo della guida, affinché le due onde eccitate dal lanciatore, si irradiano in fase verso la bocca dell'illuminatore, come più avanti vedremo in dettaglio.

La seconda sezione è quella "depolarizzatore" di SM4DHN, costituita da una guida circolare da 20 mm in cui è stato inserito un setto di teflon sagomato a coda di rondine e disposto a 45 gradi coi lanciatori, come visibile in **fig. 3C e 3D**.

La funzione del depolarizzatore che ha fattore di velocità diverso dall'aria, è quella di ritardare di 90 gradi il fronte d'onda che si propaga nell'interno della guida in modo che alla fine del setto di teflon, e per ciascun lanciatore, si formino due fronti d'onda componenti in quadratura fra loro, ossia ruotati di 90 gradi l'uno con l'altro che, componendosi all'uscita del depolarizzatore, danno luogo a un'onda risultante, che ruota assialmente di 360 gradi ad ogni periodo della frequenza del segnale.

Un lanciatore, dà luogo a polarizzazione circolare destra RHCP e l'altro, sinistra LHCP, **fig. 3C**, ma attenzione, lo specchio parabolico inverte il senso di polarizzazione, per cui, quando lo specchio riceve dal satellite un segnale in RHCP, lo rimanda all'illuminatore in LHCP.

I lanciatori in **fig. 3A**, sono contrassegnati con i sensi di rotazione del solo illuminatore, per cui nel caso di P-3D, il preamplificatore andrà collegato sul lanciatore LHCP come si vede nelle **foto 3 e 4**.

La terza sezione "antenna" in **fig. 3A**, mostra l'anello scorrevole corrugato di Chaparral che attenua i lobi secondari, mentre la sua quota L in lunghezze d'onda  $\lambda_0$  nel libero spazio riportata in **fig. 2**, determina l'apertura angolare del fascio a -10 dB.

Ciò è molto comodo perché la tabella in **fig. 2**, tiene già in conto l'attenuazione spaziale fra illuminatore in (F) e bordi della parabola.

Facendo scorrere più in su e più in giù l'anello corrugato, si può regolare più o meno l'intensità con cui i bordi vengono illuminati intorno ai -10 dB nominali.

**Fig. 2 - Anello corrugato dell'illuminatore Chaparral in versione semplificata costruito con piattello di vetronite G-10 ed anelli in bandella di rame saldati sul fondo. Le quote per le scanalature e la quota L sono in lunghezze d'onda  $\lambda_0$  nel libero spazio. La tabella riporta la quota L in funzione del rapporto f/D per avere una illuminazione pari a -10 dB ai bordi della parabola.**

## Propagazione di un'onda elettromagnetica in una guida d'onda

Come si vede dalla tabella in **fig. 3D**, a parità di frequenza, la lunghezza d'onda in guida  $\lambda_g$  che si propaga dentro una guida d'onda rettangolare o circolare, è sempre maggiore di quella  $\lambda_0$  che si propaga nel libero spazio.

Per comprendere a fondo il perché, è opportuno studiare un buon testo come il "Microonde" di G. Dilda, in bibliografia.

Allo scopo di visualizzare in modo intuitivo la propagazione in una guida d'onda, ho riportato un disegno e anche le parole scritte da I4AOR su RR 3/75 nel suo articolo "introduzione alle Microonde".

Quanto segue, spiega molto bene la propagazione guidata, che viene riassunta testualmente in questi semplici concetti che si comprendono osservando attentamente la **fig. 4**.

"...Una visione più intuitiva del fenomeno della propagazione guidata, consiste nel considerarlo come risultante della interferenza di più onde elementari piane, che si propagano riflettendosi a zig-zag sulle pareti e che viaggiano come onde nel vuoto tra una riflessione e la successiva.

Si può quindi facilmente dimostrare come l'angolo di riflessione di una tale onda aumenta al diminuire della sua frequenza.

Nel caso limite in cui quest'ultima è uguale alla frequenza critica del modo fondamentale, l'onda si riflette perpendicolarmente alle pareti, senza potersi propagare lungo la guida.

Dalla stessa figura (**fig. 4**) è facile rendersi conto come la lunghezza d'onda nel vuoto è sempre minore di quella nella guida, per qualunque valore della frequenza del segnale.

Infatti, poiché la lunghezza d'onda è la distanza fra due punti successivi in cui il campo elettrico è massimo positivo (più in generale fra due punti ad egual fase), quella tra le successive riflessioni va calcolata lungo il percorso a zig-zag dell'onda, mentre quella nella guida lungo la direzione longitudinale della stessa.

La prima è ovviamente minore della seconda, dato che un cateto è sempre minore dell'ipotenusa.....**fig. 4**".

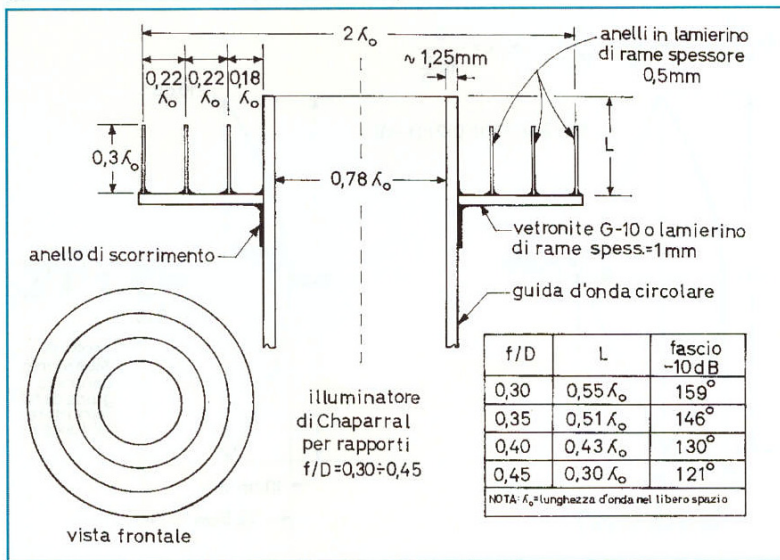
Per spiegare le cose con un paragone molto banale, io aggiungo che, nel caso specifico a 10451 MHz, la lunghezza d'onda nel libero spazio è  $\lambda_0=28,705$  mm, mentre quella in guida circolare è  $\lambda_g=57,100$  mm, e questa è più lunga perché l'onda  $\lambda_0$  si propaga dentro la guida proprio come camminerebbe un "ubriaco" dentro un tunnel, sbattendosi spallate fra una parete e l'altra in modo tale che per fare ad esempio 28,705 metri di tunnel in linea retta, alla fine del percorso avrà camminato molto di più.

Tornando alla propagazione guidata in guida circolare, abbiamo individuato tre diverse lunghezze d'onda che sono:

$\lambda_0$ =lunghezza d'onda nel libero spazio  
 $\lambda_c$ =lunghezza d'onda critica aumentando la quale l'onda non si propaga più nella guida circolare  
 $\lambda_g$ =Lunghezza d'onda che si propaga longitudinalmente dentro la guida circolare e che dobbiamo calcolare.

## Modo di propagazione fondamentale $T_{11}$ in guida d'onda circolare

Per avere un'idea di come sono disposte realmente le linee del campo elettrico e di quello magnetico in una guida circolare e fare i conti, è necessario guardare la **fig. 5**, tratta dal "Microonde" di Dilda.





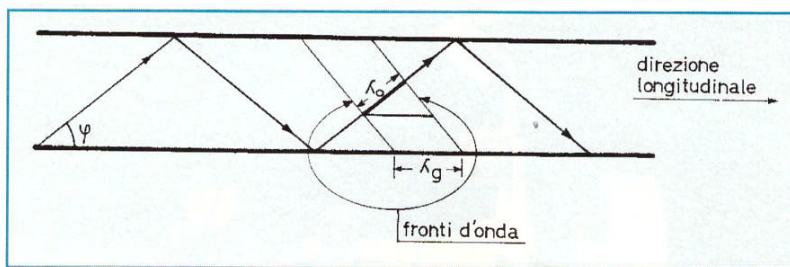


Fig. 4 - Percorso semplificato a zig-zag di un'onda elettromagnetica in una generica guida d'onda. L'onda  $\lambda_0$  è quella nel libero spazio e quella  $\lambda_g$  è la lunghezza d'onda in guida che essendo l'ipotenusa del triangolo, è sempre più lunga del cateto  $\lambda_0$ .

Come si vede in **fig. 5**, in una guida circolare, e nel modo di propagazione fondamentale  $TE_{11}$  (leggi T uno uno) che ci interessa, le linee di forza del campo elettrico disegnate in linea piena sono trasversali, ossia sono perpendicolari all'asse longitudinale della guida e quindi sono parallele alla sezione della bocca.

Le linee di forza del campo magnetico disegnate in tratteggio, sono invece longitudinali, ossia sono parallele all'asse della guida e quindi sono perpendicolari alla sezione della bocca.

La **fig. 5** mostra che la lunghezza d'onda critica o di taglio  $\lambda_c$  di una guida circolare, è 3,412 volte il suo raggio e così ora abbiamo tutti i dati per calcolare la lunghezza d'onda in guida  $\lambda_g$ .

## Calcolo della lunghezza d'onda $\lambda_g$ in una guida circolare

Calcoliamo prima la lunghezza d'onda  $\lambda_0$  nel libero spazio per 10451 MHz con  $\lambda_0 = f/c$ , dove  $f$  è la frequenza e  $c$  la velocità della luce.

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^{11}}{10,451 \times 10^9} = 28,705 \text{ mm}$$

Calcoliamo poi la lunghezza d'onda critica o di taglio per guida circolare di raggio interno 10 mm con  $\lambda_c = 3,412 \times r$

$$\lambda_c = 3,412 \times 10 = 34,12 \text{ mm}$$

Calcoliamo, infine, la lunghezza d'onda in guida circolare con la seguente formula:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_c)^2}} = \frac{28,705}{\sqrt{1 - (28,705/34,12)^2}} = 53,100 \text{ mm}$$

La tabella in **fig. 3 D** riporta  $\lambda_0$  e  $\lambda_g$  in mm per 10368 MHz e per 10451 MHz in modo da determinare le lunghezze di  $\lambda_g/4$  fra lanciatore e fondo guida, di  $\lambda_g/2$  fra i due lanciatori e quelle del depolarizzatore, sia per chi volesse realizzare l'illuminatore per uso EME, che per traffico via satellite.

## Determinazione del guadagno della parabola

Esistono molte formule applicando le quali si ottengono risultati precisi, ma queste non permettono di visualizzare due parametri fon-

damentali che sono la direttività  $D$  e il guadagno  $G$  di una parabola.

$D$  e  $G$  sono correlati fra loro ma non sono la stessa cosa, salvo nel caso ideale.

Il modo per visualizzare  $D$  e  $G$  è osservare la **fig. 6** dove al centro della sfera in  $P$  c'è la parabola.

Se facciamo il rapporto fra lunghezza d'onda e diametro della parabola, otteniamo un angolo  $\theta$  espresso in radianti, (rad).

Questo è l'angolo geometrico solido, chiamato  $\lambda/D$ , entro il quale è contenuta tutta l'energia irradiata dalla parabola.

Al di fuori di questo cono, la potenza cade bruscamente a zero, senza passare per alcuna transizione come in realtà accade.

L'angolo  $\lambda/D$  non è quindi quello a -3dB o a metà potenza che conosciamo, ma se supponiamo che questo sia simmetrico nei due piani  $E$  e  $H$ , possiamo calcolare che una parabola da 600 mm che lavora a  $\lambda_0 = 28,705$  mm ha un angolo solido di:

$$\lambda/D = 28,705 / 600 = 0,0478 \text{ rad (radianti)}.$$

Com'è noto 1 rad = 57,29 gradi e ciò deriva dal fatto che oltre 2000 anni orsono i greci al tempo di Eulero, si resero conto che in qualunque cerchio, dividendo la lunghezza della sua circonferenza per quella del suo raggio, si ottiene sempre 6,28.

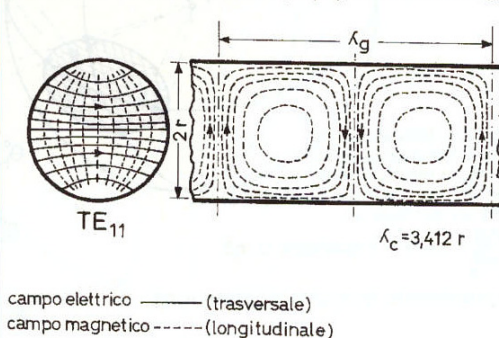
Dal momento che, una circonferenza contiene 360 gradi, facendo  $360/6,28$ , si ha 57,29 gradi che è il "famigerato" radiante, che si scrive rad.

Dunque l'apertura in gradi del nostro fascio è:

$$\lambda/D = 0,0478 \times 57,29 = 2,74 \text{ gradi}$$

Fig. 5 - Rappresentazione reale delle linee di forza trasversali del campo elettrico, e longitudinali del campo magnetico, di un'onda che si propaga in guida circolare nel modo fondamentale  $TE_{11}$ .  $\lambda_c$  è la lunghezza d'onda critica o di taglio, mentre  $\lambda_g$  è la lunghezza d'onda in guida. Il raggio interno del tubo è  $r$  (vedi testo).

Fig. 5 - guida d'onda circolare-modo di propagazione fondamentale  $TE_{11}$



Per trovare l'angolo  $\theta$  a -3 dB del fascio senza bisogno di studiare tutto "Antennas" di J.Kraus, W8JK, il VHF-UHF Manual della RSGB dice di moltiplicare il rapporto  $\lambda/D$  per 70 gradi anziché 57,29 gradi, in modo da farlo allargare circa alla giusta ampiezza in modo empirico e così nei punti a -3dB avremo che la larghezza del fascio è:

$$\theta = 0,0478 \times 70 = 3,35 \text{ gradi (circa)}.$$

Supponendo che questo angolo solido sia simmetrico in azimuth  $E$  ed elevazione  $H$ , la parabola illumina la calotta tratteggiata sulla sfera in **fig. 6** con una densità di potenza ai bordi che è attenuata di 3 dB rispetto al centro e la cui superficie vale:

$$3,35 \times 3,35 = 11,2 \text{ gradi quadrati}$$

Ma noi sappiamo che la superficie  $A$  della sfera si calcola con:

$$A = 4 \times 3,14 \times r^2$$

Se però sostituiamo a  $r$  il suo valore di 1 rad = 57,29 gradi, otteniamo che la superficie della sfera è composta da 41253 gradi quadrati.

Guardando la sfera in **fig. 6**, si intuisce concettualmente che la direttività  $D$  dell'antenna aumenta con l'aumentare della superficie dove l'energia non viene inviata, e col diminuire della superficie tratteggiata dove invece viene inviata energia.

Quindi, la direttività della nostra parabola rispetto a una sorgente puntiforme isotropica, che messa anche lei in  $P$ , irradia uniformemente tutta la sfera, è:

$$D = 41253 / 11,2 = 3678$$

Se facciamo  $10 \log_{10} 3678 = 36$  dB circa, otteniamo la direttività  $D$  della parabola rispetto all'isotropia.

Il concetto della direttività  $D$ , è diverso da quello del guadagno  $G$ , per calcolare il quale bisogna tenere conto del rendimento della parabola.



**Foto 6 - Particolare del supporto elastico dell'illuminatore che consente lo scorrimento longitudinale e il bloccaggio finale con fascetta serflex. Si vede il grano da 4 MA che blocca l'anello corrugato a regolazione avvenuta.**

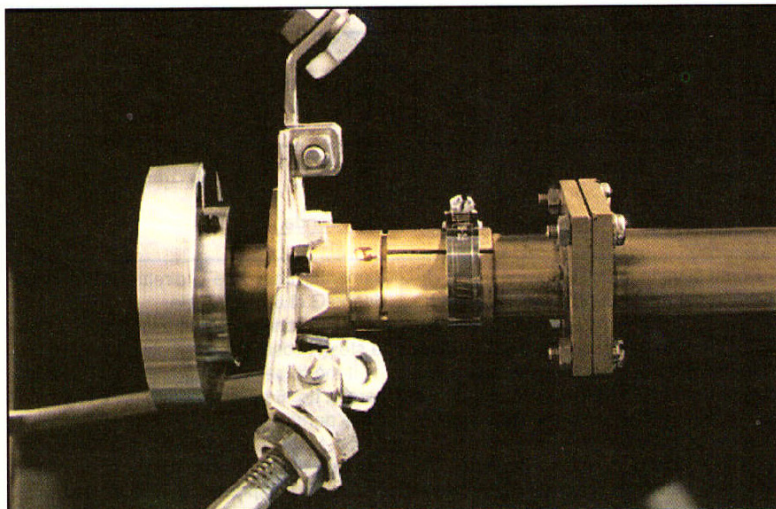
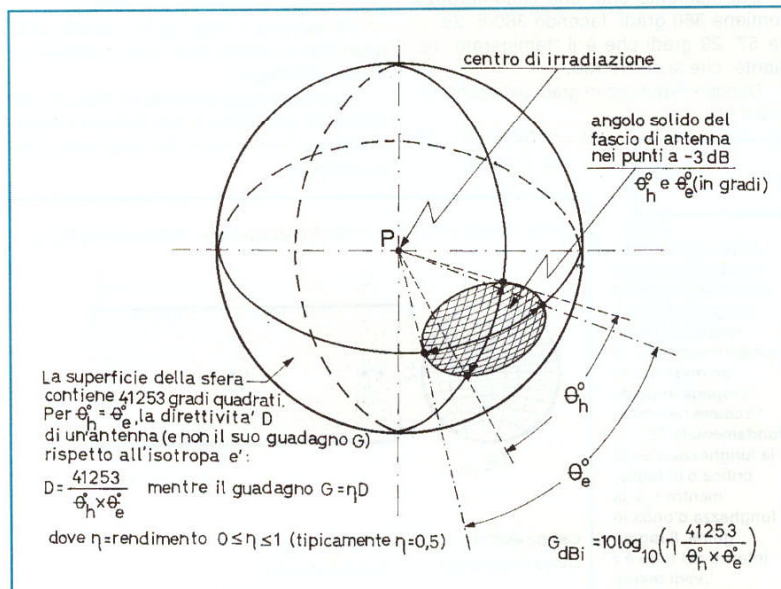
Nelle nostre parabole, generalmente il rendimento non supera il 50 %, il che significa che, per ottenere il guadagno  $G$  rispetto all'isotropia, basta moltiplicare  $D$  per 0,5 e rifare il conto ma, più velocemente, basta togliere 3 dB alla direttività  $D$  e, nel nostro caso, otterremo che nella migliore delle ipotesi, e se tutto è perfetto, la parabola da 60 cm a 10451 MHz ha  $G = 33$  dBi circa e (rispetto all'isotropia) ovviamente.

La differenza fisica fra direttività e guadagno, a parità di fascio largo 3, 5 gradi, si comprende facilmente con un esempio banale.

Accendiamo i due fari uguali dell'automobile e sporchiamone uniformemente uno in modo che dal faro esca metà della potenza luminosa della lampadina.

Se l'apertura del fascio di ogni faro è 3, 5 gradi, l'angolo resta lo stesso per quello pulito e quello sporco, ma il faro sporco illumina di meno ed è più corto di quello pulito senza perdite, per cui, a parità di fascio e lampadina, il faro sporco guadagna di meno perché perde di più.

**Fig. 6 - Rappresentazione dell'angolo solido a -3dB irradiato da una parabola posta al centro della sfera in P. L'angolo solido in tratteggio ha dimensioni azimutale ( $\theta_h$ ) e zenitale ( $\theta_e$ ) in gradi. La direttività  $D$  è data dal rapporto fra tutta la superficie della sfera e la sola superficie tratteggiata dell'angolo solido dove l'energia viene inviata. Il guadagno  $G$  è il prodotto della direttività per il rendimento dell'antenna.**



Ne consegue che potremmo anche fare sogni felici perché abbiamo un'antenna altamente direttiva con fascio molto stretto ma che, in realtà, guadagna di meno di quanto dovrebbe, a causa delle sue perdite e forse anche meno di una a fascio più largo, ma con rendimento maggiore e allora, dopo questa lettura, ci si potrebbe anche svegliare con gli incubi.

## Conclusioni

Per quanto riguarda il guadagno della parabola, i risultati numerici ricavati corrispondono con buona approssimazione a quelli ottenibili con altre formule riportate sugli Handbook ARRL, RSGB e anche usando il regolo calcolatore per parabole della Comelit, Division SiemensTelecomunicazioni

spa, che permette di ricavare velocemente e con precisione i principali parametri elettrici e meccanici per dischi in primo fuoco, da 40 cm fino a 60 metri.

Per quanto attiene i risultati complessivi della parabola completa di illuminatore, ne parleremo alla prossima puntata che sarà dedicata anche alla realizzazione dell'illuminatore vero e proprio, con l'ausilio di altri disegni costruttivi e fotografie.

Ringrazio I4BER, I4AOR, I4CHY e DJ7FJ per l'aiuto diretto e indiretto che mi hanno dato e prego i lettori di segnalarmi possibili errori ed omissioni che avranno riscontrato con la certezza di farmi cosa gradita.

*Continua*

## Bibliografia

- 1) "Illuminatori e paraboloidi, note di calcolo" di Goliardo Tomassetti, I4BER RR 7/85, pagg 42-44
- 2) "Introduzione alle Microonde", di Roberto Ambrosini, I4AOR RR 3/75 pagg 110-114
- 3) "MICROONDE", di Giuseppe Dilda, Libreria Editrice Universitaria, Levrotto & Bella, Torino
- 4) "VHF-UHF Manual" By G.R.Jessop, C.Eng., Mire, G6JP, Published by the Radio Society of Great Britain
- 5) "Antennas", By John D.Kraus, Ph.D., McGraw-Hill Electrical and Electronic Engineering Series Cat N° 35410
- 6) "Radio Astronomy", By John D.Kraus, Ph.D. McGraw-Hill Book Company Cat.N°35392
- 7) "Microwave Primer", By Albert Camps and Joseph A.Markum.Howard W.Sams & Co., Inc. The Bobbs-Merrill Company, Inc. Indianapolis-New York, Library of Congress Catalog Card Number 65-22432
- 8) "Practical Microwave Antennas", by Paul Wade, N1BWT QEX September 1994, October 1994, November 1994, January 1995
- 9) "Corrispondenza tecnica epistolare con Josef Fehrenbach, DF7FJ-Goliardo Tomassetti, I4BER e Carlo Carini, I4CHY.



Domenico Marini • I8CVS  
Via A.de Gasperi 89-Parco Merola  
80059 Torre del Greco (NA)

Seconda parte  
da RR. 1/99

## Illuminatore a polarizzazione circolare per 10,5 GHz

### Premessa

La realizzazione pratica di un dispositivo a guida d'onda come un illuminatore, presuppone l'uso di tratti di guida rettangolare o circolare a cui verrà saldata almeno una flangia.

Per le guide rettangolari in banda X esistono flange commerciali o ricavate dal surplus, mentre per guide circolari bisogna autocostruire tutto.

Scopo dell'articolo è fornire informazioni sul come lavorare di meccanica su guide e flange e questo argomento ha importanza fondamentale per l'autocostruttore di antenne in microonde.

Durante questa realizzazione ho attinto abbondantemente nelle tecnologie descritte da I4BER su R.R. ottobre 1975 nel suo articolo teorico-pratico "Circuiti e dispositivi a microonde" di cui si consiglia caldamente la lettura.

L'articolo citato, e da cui ho tratto spunto per questi disegni, descrive il modo di lavorare i metalli per costruire e saldare fra loro guide e flange con mezzi semplici e accessibili a tutti.

Oggi, la moderna tecnologia circuitale delle microonde, a partire dai 10 GHz a salire, si limita all'uso delle guide d'onda soltanto fra TX ed RX e le rispettive antenne, quasi come se il confine ufficiale riconosciuto alle microonde si fosse spostato più in alto e iniziasse a frequenze dove il cavo coassiale cessa di essere utilizzabile e occorre ancora la guida d'onda.

Ne consegue che realizzare transizioni fra guide e cavi e specialmente illuminatori per parabole, a partire dai 70 cm fino ad arrivare in banda X e superiori, comporta il trasformarsi in idraulici e stagnini per realizzare con soddisfazione e, da soli, strutture meccaniche difficilmente reperibili altrove e questi mestieri per noi diventano "un'arte".

### La scelta dei materiali

I materiali da usare per costruire l'illuminatore a polarizzazione circolare per 10451 MHz di P-3D, oppure 10368 MHz EME sono riportati nel seguente elenco:

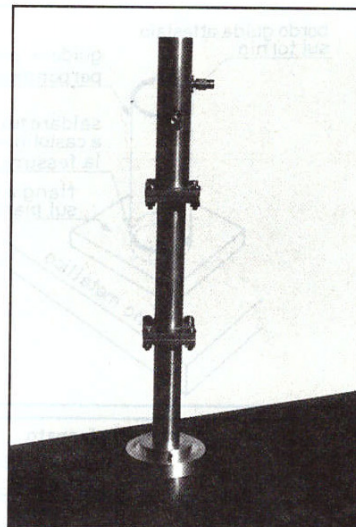


Foto 1 - Illuminatore completamente montato con le tre sezioni allineate e flangiate.

Sezione lanciatori fig. 3: Tubo di ottone 25/20 mm

Sezione depolarizzatore fig. 4: Tubo di ottone 22/20 mm

Sezione antenna fig. 5: Tubo di ottone 22/20 mm

Flange fig. 1: Piatto di ottone 40x40x5 mm

Anello corrugato fig. 6: Tondo pieno in lega di anticorodal o paralluman di diametro non inferiore a 65 mm

Depolarizzatore in teflon fig. 3D: Lastra di PTFE vergine spessore 3, 5 o 4 mm.

La scelta è stata fatta con questi criteri:

Il tubo della sezione lanciatori in Fig. 3 e Foto 4, ha diametro esterno 25 mm, e interno 20 mm solo perché lo spessore di 2,5 mm è necessario a ricavarci i due incassi per ospitare le flange dei connettori SMA.

L'anello corrugato in Fig. 6 e Foto 8, è in lega di anticorodal o paralluman che si usa in costruzioni aeronautiche e ciò perché l'alluminio puro, esposto alle intemperie, si corrode e si incolla col sottostante tubo in ottone della guida diventando inamovibile col tempo.

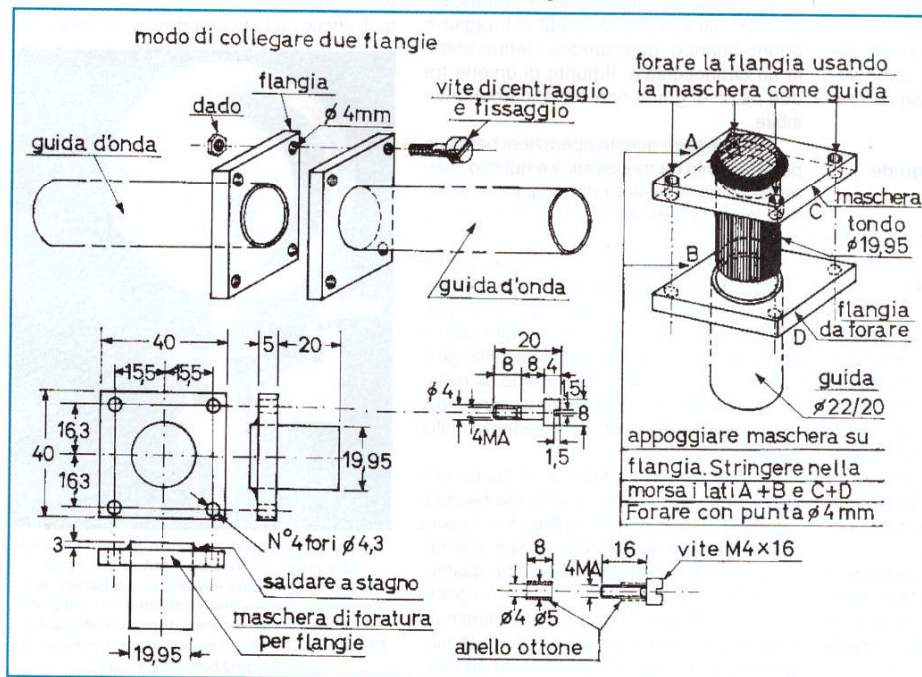
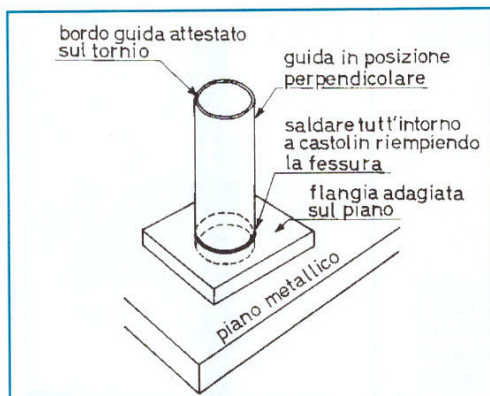


Fig. 1 - Disegni costruttivi della maschera di foratura per flange con guida circolare, loro modo di collegamento mediante viti di centratura e serraggio.

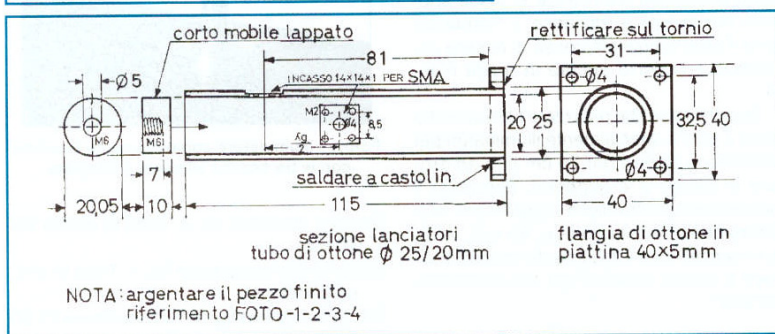


## Antenne



**Fig. 2 - Piano metallico di riscontro su cui appoggiare la flangia con guida, prima di effettuare la saldatura a castolin oppure a stagno. Il piano di appoggio garantisce la perpendicolarità dell'asse longitudinale della guida col piano della flangia.**

**Fig. 3 - Disegno costruttivo della guida sezione lanciatori e relativi incassi per connettori SMA. Le quote per la distanza di  $\lambda/2$  fra i due lanciatori va scelta in base alle frequenze di lavoro riportate nella tabella di Fig.3D.**



La lastra di teflon che si trova più facilmente è della Lanza Product ed è anche reperibile presso la GAPI s.r.l. Via Molinaretti, 49 in Castelli Calepio (BG).

Lo spessore del depolarizzatore in PTFE di **Fig. 3D**, usato da DJ7FJ, è 3,5 mm, mentre quello impiegato da I4CHY è 4 mm.

Nelle due versioni le dimensioni del depolarizzatore non cambiano, ma come vedremo, quello di I4CHY è più facile da realizzare meccanicamente.

## Come lavorare i metalli di guide e flange

La guida circolare da 22/20 mm è un tubo di ottone che viene ricavato per estrusione e quindi non fa parte della famiglia dei tubi saldati.

L'estrusione rende il tubo perfettamente speculare nell'interno e ciò concorre a ridurre l'attenuazione ma bisogna fare di tutto per non sciupare o rigare la specularità nell'interno delle guide durante la lavorazione.

I pezzi di tubo di **Figg. 3-4-5-7** non si possono tagliare col seghetto ma ci vuole assolutamente il tornio che consente di ottenere la perpendicolarità fra la superficie della bocca e l'asse longitudinale del tubo.

Il lavoro è semplice e basta stringere il tubo nel mandrino autocentrante tagliando i vari pezzi a misura passandoci contro un ferro adatto e spianandoli in testa in modo che il bordo vivo resti privo di ribava.

Durante il taglio bisogna evitare di togliere la ribava infilando l'utensile da taglio nell'interno del tubo che dovrà combaciare necessariamente con un altro e questa giunzione richiede un taglio netto.

La bontà del taglio si vede affiancandoci un altro pezzo di guida e il taglio è buono quando, guardandoci dentro come in un cannocchiale, il punto di unione fra due pezzi di guida non è praticamente visibile.

Per eseguire queste operazioni basta un piccolo tornio da modellistica e nel mio caso questi lavori sono stati tutti eseguiti da I8KCL con tornio HOBBYMAT dotato di mandrino da 12 cm.

Affidarsi ad un amico OM che coltiva l'hobby della meccanica è un notevole vantaggio perché l'OM, a differenza di un qualunque tornitore, comprende subito che le guide dovranno essere saldate alle flange e dovranno essere centrate in modo da evitare "salti" e disassamenti che provocano modi spuri e disadattamenti di impedenza nella guida.

Come si vede da **Foto 1**, le flange che occorrono sono in tutto quattro ma bisogna tagliarne cinque perché la **Fig. 1** ci mostra una di queste che sarà utilizzata per costruire la maschera di foratura delle altre quattro.

L'ottone usato per le flange è un piatto commerciale da 40x40x5 mm ed è laminato a caldo per cui i suoi lati, per tutta la lunghezza, sono larghi rigorosamente 40 mm.

Per tagliare le flange a pezzi esatti di 40x40 mm, non si può usare il seghetto perché i lati verrebbero inevitabilmente storti anche operando di buon aggiustaggio con la lima.

L'ottenimento di una flangia quadrata di 40x40 mm precisi è fondamentale per la foratura centrale successiva e quindi il taglio va fatto fare in officina usando la sega meccanica o la fresa, ma volendo si può fare anche col tornio da hobbistica con mandrino a quattro griffe disponendo la flangia in modo che il tornio lavori da fresa in questo modo: tagliare il piatto un po' più lungo, a misura 40x42 mm e infilare questa flangia nel mandrino in modo da stringerla orizzontalmente sul suo spessore di 5 mm usando due griffe sotto e due griffe sopra la superficie del piatto come fossero le dita di una mano.

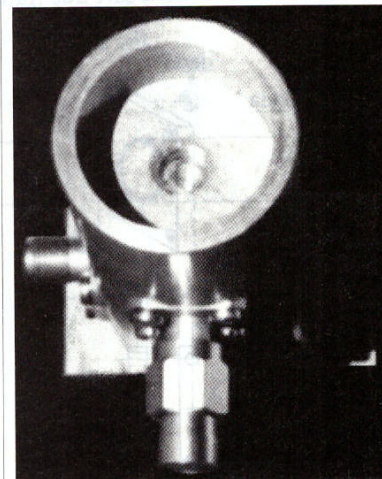
I due lati originali da 40 mm devono essere orientati secondo l'asse del mandrino.

Montare sul carrello un utensile a punta e, tenendo il mandrino fermo, girare la manovella del carrello facendo scorrere la punta lungo lo spessore di uno dei due lati da 40 mm.

Dare piccoli colpi alla flangia fin quando la punta dell'utensile strusci a distanza costante sullo spessore della flangia dopodiché serrare le griffe del mandrino.

A questo punto mettere in moto il tornio alla minima velocità e con l'utensile che funziona da fresa, rettificare o, meglio, smangiucchiare a piccoli pezzi lo spessore della flangia sul lato sporgente che abbiamo tagliato e che ora è rivolto alla nostra destra.

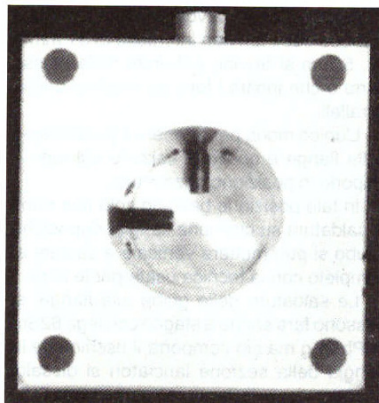
Girando molto lentamente avanti e indietro il carrello, asportare a pezzetti 1 mm esatto di ottone su tutto lo spessore della flangia.



**Foto 2 - Particolare del corto mobile inserito che mostra il foro da 6 MA in cui verrà avvitato il bullone estraattore. Le flange dei connettori SMA sono visibilmente incassate nel tubo mentre il connettore non utilizzato, RHCP rivolto verso l'osservatore, è chiuso su una terminazione da 50 ohm.**



## Antenne



**Foto 3** - Dettaglio dei lanciatori diametro 2,7 mm e lunghi 6,2 mm visti inseriti e montati a 90 gradi fra loro. Nonostante la loro distanza longitudinale sia 26,55 mm, pari a  $\lambda_g/2$ , questi sembrano allineati per effetto ottico sullo stesso piano trasversale della guida. Dopo la taratura per il minimo di ROS, l'asse del lanciatore verticale RHCP è risultato distante 8,9 mm dal corto mobile. In alto e a sinistra sono visibili i fori da 2 MA delle viti dei connettori che però non sporgono all'interno della guida.

Rigirare la flangia di 180 gradi e riinfilare la orizzontale nel mandrino e questa si appoggerà per forza in squadra sul fondo.

Senza fare ulteriori verifiche di centratura che sarebbero inutili, rettificare lentamente lo spessore opposto della flangia e consumarla fino a quando misurando frequentemente col calibro, la larghezza fra i due lati tagliati risulti 40 mm e per tutta la lunghezza.

E' evidente che i due lati fresati risulteranno distanziati 40 mm fra loro ma saranno anche a 90 gradi coi due lati originali larghi 40 mm e così avremo ottenuto una flangia squadrata con precisione.

Le quattro flange che servono per l'illuminatore, vanno forate al centro secondo i diametri riportati in **Figg. 1-3-4-5** e più precisamente, a 20 mm quella destinata alla maschera di foratura, a 25 mm quella sezione lanciatore, e 22 mm le due destinate rispettivamente alle sezioni depolarizzatore e antenna.

Il lavoro di foratura va fatto sul tornio auto-centrando con cura i quattro lati della flangia che vanno stretti fra le griffe del mandrino.

Per verificare la centratura della flangia, montare nel mandrino del carrello una matita tonda come fosse una contropunta.

La flangia è centrata quando, girando il tornio a mano, la matita descrive sulla faccia della flangia un punto e non un cerchio.

Montare ora nel mandrino del carrello una punta da trapano da 2 mm e, avviato il tornio, avanzare la punta fino a forare lo spessore di 5 mm.

Continuare ad allargare il foro con punte di diametro crescente di 0,5 mm fino ad arrivare a un diametro di 10 o 12 mm dopodiché

continuare ad allargare il foro con l'utensile, arrivando alle misure dei disegni in **Figg. 1-3-4-5**.

### La maschera di foratura

Ora bisogna realizzare una maschera di foratura che ci serve per avere un riferimento uguale e sicuro per praticare i quattro fori da 4 mm in cui introdurre le viti per fissare fra loro le flange visibili in **Fig. 1**.

Non potendo forare riferendosi ai bordi della flangia che darebbero luogo a imprecisioni, si deve ricorrere a un altro sicuro riferimento, il più importante, come l'interno della guida stessa e, infatti, il cilindro pieno che si vede in **Fig. 1**, viene infilato nella guida che porta già saldata la sottostante flangia da forare.

La **Fig. 1** mostra i quattro fori che hanno diametro standard 4,3 mm come nelle flange tipo WR-90 per guida rettangolare.

Per evitare errori di montaggio, questi fori hanno interasse di 31 mm su due lati opposti della flangia e di 32,6 mm sugli altri due.

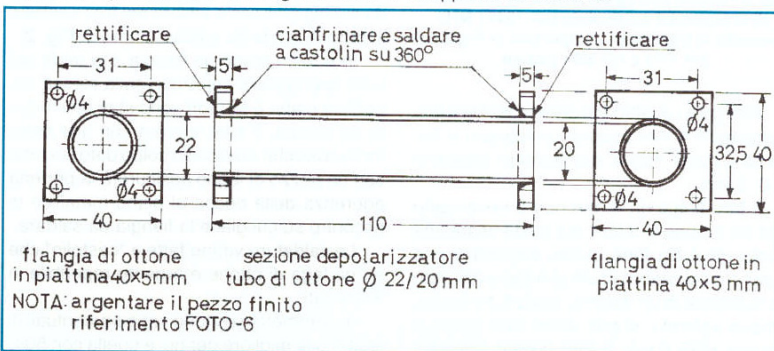
Questo serve per avere un riferimento obbligato che impedisce di unire fra loro due guide rettangolari in modo errato e ortogonale.

Ciò fa comodo anche in guide circolari per ottenere più facilmente che in caso di smontaggio delle tre sezioni, durante il rimontaggio, i tubi ritornino in asse perfetto e coi lanciatori correttamente orientati rispetto alla lamina in teflon del depolarizzatore.

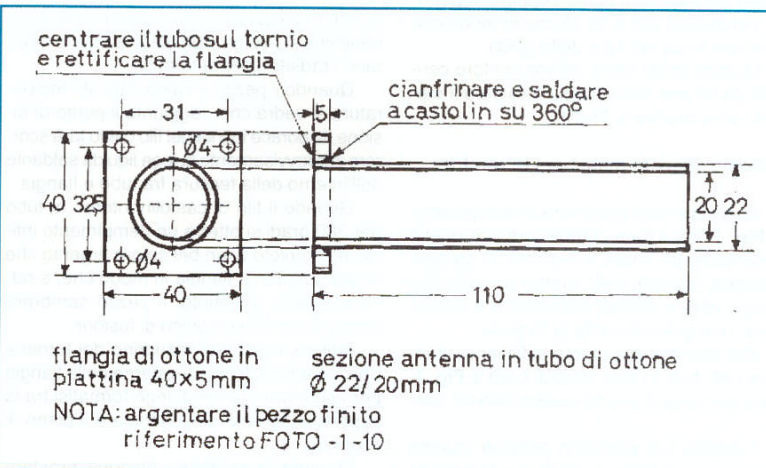
I quattro fori della flangia della maschera di foratura in **Fig. 1** vanno tracciati a mano usando con abilità la punta fine di acciaio di un ago da cucito incidendo sul metallo la croce di riferimento passante per il centro.

Dopo aver segnato con esattezza il centro dei quattro fori, bisogna marcarli con cura battendoci col martello un colpo di punteruolo in acciaio sottile che scava un cono nel metallo per impedire alla prima punta da 1,5 mm del trapano di scivolare rispetto al centro.

Questi punteruoli si fanno in casa utilizzando gli steli di acciaio delle valvole di motori a scoppio che verranno opportunamente appuntite sulla mola.

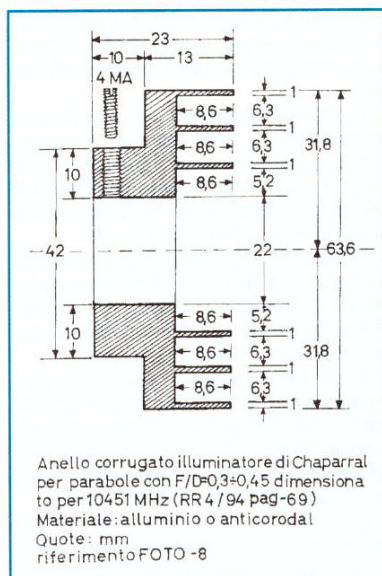


**Fig. 4** - Disegno costruttivo della guida sezione depolarizzatore. La quota indicativa dove posizionare il setto in teflon e praticare il foro da 3 MA di bloccaggio è riportata sulla **Fig-3A** di RR 1/99.



**Fig. 5** - Disegno costruttivo della guida sezione antenna che verrà infilata nel collimatore di **Fig. 7** e all'estremo della quale sarà calzato l'anello corrugato visibile in **Fig. 6**.





**Fig. 6 - Anello corrugato tornito da un blocco di anticorodal e calcolato per 10451 MHz secondo le frazioni di  $\lambda$  riportate in Fig-2 su RR 1/99 e RR 4/94 pag-69.**

Allargare i quattro fori della maschera fino a diametro 4 mm usando un trapano a colonna e punte nuove con diametri crescenti di 0,5 mm.

Il foro finale da 4 mm non è necessario che sia proprio 4,3 mm, ma basta usare una punta da 4 fra tutte quelle disponibili che misurata col calibro risulti almeno a tolleranza superiore di un decimo, ossia 4,1 mm ma, proprio volendo, si può usare una punta di acciaio HSS da 4,3 mm codice RS 242-1651.

Ora dobbiamo tagliare un cilindro lungo 28 mm ricavato da un pieno di ottone di diametro commerciale 20 mm oppure superiore, tornendolo fino a 19,95 mm in modo che entri con forza nel tubo della guida.

Questo tondo verrà infilato nel foro centrale da 20 mm della flangia e saldato a stagno come mostra la Fig. 1.

## Come usare la maschera di foratura

La flangia della maschera si stringe come in Fig. 1 fino a farla combaciare con quella sottostante da forare e siccome la guida è circolare, bisogna che i quattro lati delle due flange, oltre a essere sovrapposti e coincidenti, non girino durante la foratura.

Per ottenere lo scopo è sufficiente stringere i lati A+B e i suoi opposti C+D di Fig. 1, fra le ganasce di una robusta morsa da banco.

I quattro fori andranno praticati usando un trapano elettrico a mano e a bassa velocità forando direttamente con punta nuova da 4 mm nominali.

In tal modo, se la robustezza della morsa lo consente e se la velocità del trapano è sufficientemente bassa da mordere il metallo con decisione, si può forare la flangia per tutto lo spessore di 5 mm.

Laddove queste condizioni non sussistono, sarà sufficiente limitarsi a scavare sul metallo un primo avviamento centrale profondo almeno 1 mm e proseguire la foratura su un trapano a colonna iniziando con punte da 2 mm.

Se tutti i fori sulle flange verranno fatti con la stessa maschera, l'allineamento interno dei tre pezzi di guida circolare è assicurato.

Da quanto detto risulta evidente che tutte le flange dovranno essere forate dopo averle saldate alle rispettive guide.

## La saldatura delle flange alle guide circolari

Per fare la saldatura, adagiare la flangia su una superficie metallica sicuramente liscia come quella ad esempio di una piastra da cucina elettrica e infilare nel foro centrale il tratto di guida da saldare come in Fig. 2.

In questo modo, la flangia e la testa del tubo appoggiano entrambe sulla stessa superficie piana e se i fori sono stati fatti misura su misura, il tubo entrerà con una certa forza cosicché un piccolo colpo dato sul tubo con un pezzo di legno assicurerà la perfetta aderenza della bocca al piano metallico di riscontro su cui giace la flangia da saldare.

Le saldature vanno fatte a "castolin" che è una lega di ottone e argento reperibile in fili trafalati.

In commercio esistono varie percentuali di lega ma la migliore per noi è quella con 50% di ottone e 50% di argento.

Il castolin è una lega a bassa temperatura di fusione intorno a 600 gradi centigradi ma chi non è attrezzato col cannello a butano ad aria aspirata e disossidante borace è bene che si rivolga a un'officina dove si riparano i radiatori per automobili.

Quando il pezzo è caldo a giusta temperatura si vedrà che, raggiunto il punto di fusione, la borace intinta nel filo caldo farà scorrere improvvisamente la lega liquida saldante nell'interno della fessura fra tubo e flangia.

Girando il filo di castolin intorno al tubo per 360 gradi si otterrà un riempimento intimo e completo di un bel colore argento che scorre fra tubo e flangia in modo che, a raffreddamento avvenuto, il pezzo sembrerà uscito da un blocco unico di fusione.

Infilare il tubo nel mandrino del tornio e rettificare tutta la faccia esterna della flangia per asportare i grumi di lega formati tra la superficie esterna della flangia e il piano di riscontro.

Durante la saldatura bisogna prestare attenzione alla sezione depolarizzatore di Fig. 4, che monta due flange contrapposte.

Queste flange devono essere orientate in modo che i fori con interasse di 31 mm e 32,5 mm si trovino entrambi dalla stessa parte e che inoltre i loro lati risultino anche paralleli.

L'unico modo per ottenere il parallelismo delle flange è quello di calzarle sul tubo e disporlo in posizione orizzontale.

In tale posizione bastano solo due punti di saldatura su ciascuna flangia, dopodiché il tubo si può mettere verticale e saldare al completo con la tecnica usata per le altre.

Le saldature delle guide alle flange, si possono fare anche a stagno con lega 62Sn/36Pb/2Ag ma ciò comporta il rischio che la flangia della sezione lanciatori si dissaldi quando, dopo la taratura, sarà necessario saldare a stagno il corto mobile sul fondo del tubo di Fig. 3B.

Un modo di saldare a stagno, è usare come piano di appoggio la piastra metallica di un forno elettrico della cucina domestica portandolo alla massima temperatura.

Aiutandosi con un saldatore elettrico da 100 watt e punta sottile, si fa fondere lo stagno con le stesse modalità del castolin.

Quando infine occorrerà saldare a stagno il corto mobile che si vede in Fig. 3B, sarà necessario avvolgere la flangia in un panno bagnato.

Il vapore che si forma serve ad asportare calore impedendo che lo stagno fra tubo e flangia possa raggiungere la temperatura di fusione.

## La giunzione delle flange

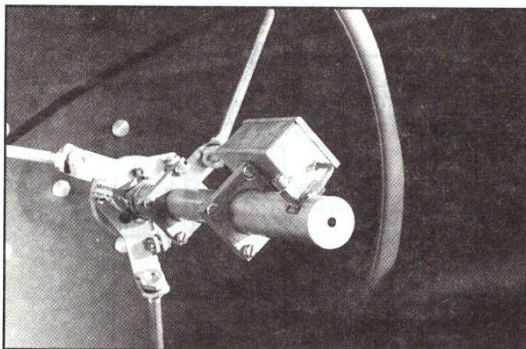
Le flange vengono affacciate in corrispondenza della foratura a interasse obbligato e poi fissate come in Fig. 1 mediante quattro viti che hanno il compito di stringerle fra loro.



**Foto 4 - Il bullone da 6 MA è avvitato sul fondo del corto mobile. Durante la taratura, avvitando il dado che scarica forza sulla rondella, il corto mobile viene estratto, mentre svitando leggermente il dado e, con piccoli colpi di martello, il corto viene inserito.**



## Antenne



**Foto 5** - Dopo la taratura il corto mobile viene saldato a stagno, il bullone estratto e la parte superflua del fondo guida è asportata sul tornio. Il foro da 6 MA sarà utilizzato per fissare un coperchio di protezione per la pioggia. Il preamplificatore è quello descritto da iOLVA su RR 1/94 o DUBUS 3/94. L'illuminatore completamente montato non crea un bloccaggio superiore a quanto ne produca il supporto originale del tripode.

Le quattro viti, con la parte cilindrica non filettata, debbono provvedere soprattutto un sicuro allineamento delle due guide d'onda affiancate fra loro.

I fori standard per guide rettangolari WR-90 sono di 4,3 mm e le viti standard come quelle di **Fig. 1** hanno diametro 4,1 mm sulla parte cilindrica non filettata.

Queste viti, lunghe 19 mm si trovano facilmente nel surplus e hanno filettatura 4 MA ma se risulta difficile reperirle o farsele fare da un tornitore, bisogna ripiegare su comuni viti di ottone commerciali di misura standard M4 x 16 come quelle RS Cat.290-213 con dadi e rondelle Cat.522-437 che sono in ottone nichelato a testa bombata.

Un'alternativa migliore per ottenere l'allineamento delle guide e il bloccaggio delle flange consiste nel reperire presso qualunque negozio di modellistica navale un tubetto di ottone commerciale di diametro esterno 5 mm, interno 4 mm e tagliarlo sul tornio in pezzetti lunghi 8 mm.

Allargare i quattro fori delle flange fino a 5 mm, infilare i canotti lunghi 8 mm sopra comuni viti di ottone 4 MA lunghe 14 mm sotto la testa come in **Fig. 1**, allineare e stringere le flange come in **Foto 1**.

### Lavorazione sezione lanciatori

Il lavoro più delicato consiste nel praticare i due incassi per le flange quadrate dei connettori SMA che si vedono in **Figg. 3 e 3B**.

Questi devono essere rapidamente smontabili durante le operazioni di taratura e le flange devono fare un buon contatto su tutta la loro superficie di appoggio.

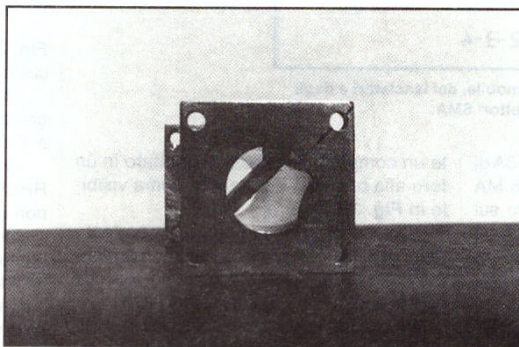
Per ricavare l'incasso, il diametro esterno della guida sezione lanciatori è stato scelto in 25 mm e, per fare un lavoro a regola d'arte, ci vuole la fresa, anche se, un buon aggiustatore elettromeccanico ci riesce discretamente a mano.

Qualunque artigiano che tratti infissi di alluminio anodizzato, ha la fresa adatta al caso nostro in quanto gli serve per fare le asole alle porte.

Queste frese sono graduate per rigirare il tubo in modo che gli incassi risultino esattamente a 90 gradi fra loro.

I quattro fori per le flange dei connettori SMA andranno segnati usando la stessa flangia del connettore come maschera di foratura.

Per questo motivo il foro centrale da 4 mm del cilindro in teflon sullo spillo va fatto per primo.



**Foto 6** - Particolare del setto depolarizzatore in teflon inserito a 45 gradi rispetto ai lanciatori allineandoli sulla diagonale della flangia che si vede tracciata al suo esterno col pennarello. L'ombreggiatura che si vede anche in **Fig. 7** fra il setto e l'interno della guida non è assolutamente collante bensì un riverbero della luce.

Dopo aver tracciato i quattro fori col solito ago da cucito rigirato per bene nei buchi delle flange, bisogna punzonare il centro di ogni foro col punteruolo e forare

**Fig. 7** - Collimatore per scorrimento e fissaggio dell'illuminatore sul tripode per ricercare il punto di fase da far coincidere col fuoco F della parabola. Il canotto è stato tornito da un tubo di ottone diametro esterno 30 mm e interno 20 mm

direttamente a 1,7 mm per filettare poi con maschi da 2 MA

Di norma, per non spezzare irrimediabilmente le punte nell'ottone ma soprattutto nel rame, bisogna oleare la punta, andare a bassa velocità di trapano dando poca pressione e forare direttamente al diametro voluto.

Nel nostro caso, forare a 1 mm e allargare poi a 1,7 mm significa spezzare quasi certamente nell'ottone la punta da 1,7 mm che, durante la rotazione, più che tagliare, si infila solo nel metallo, va in avanti, si blocca, e spezza.

In genere la punta si spezza a livello del tubo e la sua estrazione dal metallo in cui è rimasta incastrata, talvolta risulta impossibile.

La stessa regola vale per filettare i quattro fori a 2 MA per non spezzare i maschi nell'ottone.

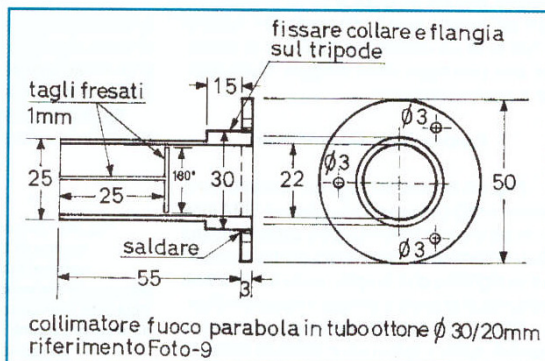
Le viti di fissaggio delle flange in **Fig. 3C**, sono da 2 MA e in acciaio inox mentre la loro lunghezza, comprensiva di spessore flangia più rondella, deve essere tale da evitare che parte delle vite penetri nell'interno della guida.

Ogni vite che entra in una guida si comporta come uno stub che introduce una certa reattanza che varia con la sua lunghezza e provoca disadattamenti di impedenza, ma volutamente anche adattamenti, a seconda dei casi.

Come si vede in **Fig. 3 e 3B**, il corto mobile, che serve come vedremo in fase di taratura, deve consentire un ottimo contatto con le pareti interne della guida e nello stesso tempo la sua distanza dai lanciatori deve essere aumentata o

diminuita per ottenere il massimo di return loss.

Allo scopo bisogna tornire con cura un pistone di ottone che entri forzato a piccoli colpi di martello nell'interno della guida ma che sia anche facilmente estraibile per cui il diametro di 20,03 mm in **Fig. 3**, è puramente indicativo a causa delle tolleranze del tubo e, in pratica, bisogna provare.





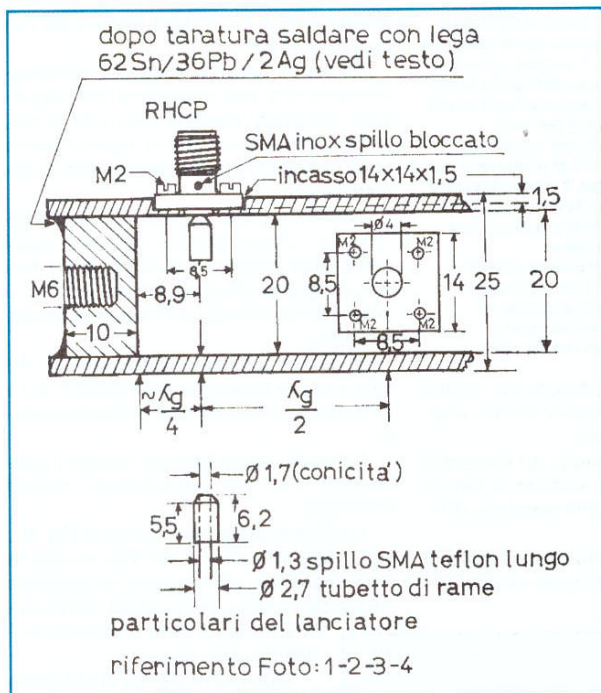


Fig. 3B - Dettagli costruttivi del corto mobile, dei lanciatori e degli incassi dei due connettori SMA.

La manovra risulta evidente da Fig. 3A di RR 1/99 dove si vede un bullone da 6 MA avvitato al centro del pistone battendo sul quale il pistone entra, e avvitando il cui dado il pistone si estrae perché il dado estrattore è appoggiato su una rondella infilata sul bullone il cui battente è il tubo.

Il dettaglio di **Foto 2** mostra il pistone col foro filettato 6 MA senza il bullone, mentre in **Foto 4** si vede il bullone avvitato sul pistone con la rondella infilata e appoggiata sulla testa del tubo insieme al dado estrattore.

A fine taratura bisognerà saldare a stagno il pistone in giusta posizione e tutta la parte posteriore del tubo, che non serve più, sarà asportata sul tornio.

All'esterno resterà il fondo del corno mobile visibile in **Foto 5** dove il foro da 6 MA sul centro verrà utilizzato per fissarci il fondo di un coperchio tubolare di plastica che protegge dalla pioggia illuminatore e preamplificatore.

## Costruzione dei lanciatori

**Fig. 3B** riporta i dettagli dei lanciatori che vanno realizzati usando connettori SMA inox o dorati ma con teflon lungo e soprattutto del tipo denominato "captivated center contact" il che significa che lo spillo resta inamovibile comunque si avviti o stringa il maschio SMA.

Questi SMA si riconoscono facilmente perché, spillo e teflon sono bloccati median-

te un composto vetrificante iniettato in un foro alla base del connettore come visibile in **Fig. 3B**.

Il bloccaggio dello spillo è importante perché un suo eventuale minimo allungamento, rotazione o accorciamento provoca certamente un cambiamento del ROS.

Preparare il connettore infilando lo spillo nel foro centrale, misurare quanto teflon resta nello spessore della guida e tagliare la restante parte usando una lametta da barba.

La parte di spillo dorato che resta fuori va tagliata col tronchesino in modo che sporga dal teflon per 7 mm.

Affinché i lanciatori abbiano ROS basso su una banda di lavoro abbastanza estesa, il loro diametro deve essere maggiore di quello dello spillo che sarà aumentato infilandoci sopra un tubetto di rame diametro esterno 2,7 mm che si trova facilmente nei negozi di modellistica aerea e navale.

Tagliare i tubetti sul tornio e sagomarli con la conicità data dalle quote di

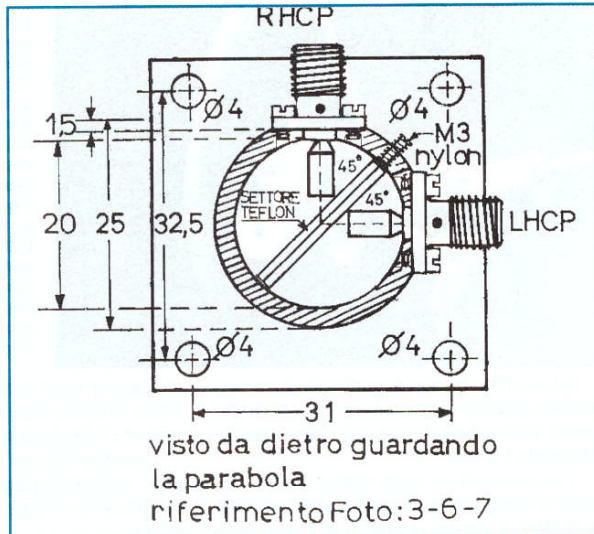


Fig. 3C - Vista posteriore in sezione dei lanciatori e del setto depolarizzatore col corto mobile estratto. In questo disegno l'occhio vedrebbe sul fondo il centro della parabola.

**Fig. 3B** infilarli sugli spilli e tenendoli verticali e allineati saldarli a stagno.

Spianare la superficie di entrata dello stagno ma lasciare la lunghezza del lanciatore a 7 mm per trimmarlo in fase di taratura.

Ora bisogna battezzare i due SMA uno RHCP e l'altro LHCP in modo che in seguito non vengano invertiti.

Per evitare che la flangia possa essere comunque ruotata, occorre punzonare un lato della flangia e quello della guida con uno o due colpi di punteruolo in modo che le posizioni di riferimento restino le stesse in caso di smontaggio.

Se infatti, dopo aver ottenuto un buon ROS si rigira di soli 90 gradi la flangia del

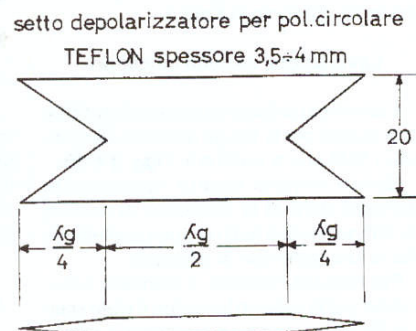
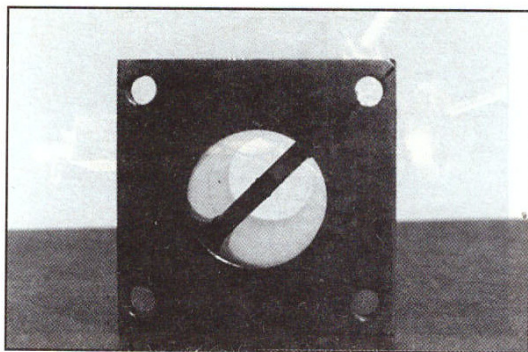


Fig. 3D - Depolarizzatore di DJ7FJ in lamina di teflon da 3,5 mm le cui estremità a coda di rondine sono rastremate (tapered). Il depolarizzatore di DJ4DHN realizzato da i4BER e i4CHY, ha dimensioni uguali ma non è rastremato e lo spessore del teflon è 4 mm.

TAB-1	$\lambda_g$ per guida circolare $\phi$ 20 mm		
f (MHz)	$\lambda_o$ (mm)	$\lambda_g$ (mm)	USO
10368 *	28,930	54,56	EME
10451	28,705	53,10	Satelliti





**Foto 7 - Come in Foto 6 ma per mostrare il setto inserito a 45 gradi seguendo la tracciatura sulla diagonale della flangia.**

**Fig. 3C, Foto 6 e 7,** deve essere infilato in guida con una certa forza e deve essere orientato secondo la diagonale della flangia a 45 gradi coi lanciatori.

connettore si verifica che il ROS peggiora, oppure migliora.

I lanciatori montati si vedono in dettaglio in **Foto 3**.

#### Sezione depolarizzatore

E' stata realizzata separatamente dalle altre due come ha fatto DJ7FJ, e ciò allo scopo di lavorarci con comodo.

Per ottenere un buon isolamento fra le porte, i due probe RHCP ed LHCP in **Fig. 3** sono distanziati di  $\lambda/2$  per cui dentro la guida rimarrebbe poco spazio per infilarci il depolarizzatore lungo 53,10 mm e questo perché in fase di taratura, la posizione longitudinale del setto rispetto ai lanciatori va regolata per ottenere il minimo di ROS.

Il depolarizzatore che si vede in **Fig. 3D** è una lamina in teflon di spessore 3,5 mm sul cui modo di funzionare per ottenere la polarizzazione circolare si parlerà in dettaglio durante la taratura dell'illuminatore.

Questa lamina verrà ritagliata qualche decimo di più in larghezza e con cura mediante un tagliabalsa del tipo X-ACTO con lama n. 1 per modellistica.

Ho riportato le misure della versione usata da DJ7FJ che ha provveduto a rastremare i due tratti a coda di rondine lunghi ciascuno  $\lambda/4$  in modo da evitare che la transizione dell'onda fra costante dielettrica aria e teflon avvenga troppo bruscamente.

Per la verità non sono riuscito a rastremare il teflon perché questo materiale non si consuma sotto la mola e assottigliarlo con la lametta significa deturparlo inevitabilmente e per fare un buon lavoro ci vorrebbe una pialla adatta.

Come si vede nelle **Foto 6 e 7** ho lasciato costante lo spessore del teflon come hanno fatto I4BER e I4CHY i quali però hanno realizzato il depolarizzatore di SM4DHN che ha identiche misure del DJ7FJ ma sezione costante per tutta la lunghezza e spessore di 4 mm.

Se i mezzi a disposizione ci consentono di assottigliare il teflon, si può provare quello di DJ7FJ ma diversamente è meglio costruire la versione SM4DHN anche perché i4BER e i4CHY lo hanno sperimentato con successo.

Il teflon va tagliato qualche decimo più largo di 20 mm perché il setto visibile in

Se la larghezza è proprio 20 mm, durante la taratura, e dopo qualche manovra avanti e indietro, i bordi longitudinali del teflon si arrotondano, e "fanno faccia" col tubo, l'aderenza diventa molto minore e la lamina si sposta troppo facilmente.

A fine taratura bisognerà bloccare comunque il setto in posizione definitiva mediante un grano di nylon da 3 MA perché le dilatazioni della guida da caldo e freddo farebbero scivolare la lamina di teflon nell'interno del tubo ma evitare in modo assoluto l'uso di collanti dentro la guida.

Il grano di fermo è visibile in **Fig. 3A** di RR 1/98 dove il disegno è stato ruotato di 45 gradi e di proposito per poterlo visualizzare insieme al depolarizzatore e quindi la posizione angolare in cui il setto si vede disegnato in realtà è sbagliata.

La tabella in **Fig. 3D** riporta le quote in mm di  $\lambda/4$  per 10368 e 10451 MHz per uso EME o satelliti alle quali dovranno uniformarsi necessariamente anche le distanze fra i lanciatori.

#### Sezione antenna

E' visibile in **Fig. 5, Foto 1e10** ed è lunga circa 2 $\lambda$ . L'anello corrugato è tornito secondo le quote e frazioni di  $\lambda$  riportate in Fig. 2 sulla prima parte in RR 1/99.

L'anello in **Fig. 4 e Foto 8** è per 10451 MHz ed è stato tornito da I8KCL da un massello in lega di anticorodal.

Chi non avesse amici che sanno lavorare di tornio può realizzare l'anello su un piattello di vetronite G-10 saldandoci a stagno gli anelli avvolti con sottile bandella di rame da 0,5 mm come indicato in Fig. 2 su RR 1/99 ma il lavoro di lattoniere non sarà certo paragonabile con quello di tornitura anche se il funzionamento è uguale.

L'anello per i 10368 MHz mi è stato tornito da I4CHY che lo ha ottimizzato per EME con una scanalatura in più e ha diametro esterno 87,6 mm, adatto quindi per parabole con diametro molto maggiore, su cui produce bloccaggio percentuale minore.

Per trasformare tutto l'illuminatore da 10451 MHz satelliti a 10368 MHz EME, se fosse necessario, basta sostituire la sezione lanciatori e quella depolarizzatore riutilizzando la sezione antenna con l'anello di I4CHY.

La polarizzazione lineare orizzontale o verticale si ottiene semplicemente togliendo

## Antenne

la sezione depolarizzatore, specie in EME, dove la polarizzazione lineare tende a sostituire quella circolare.

#### Argentatura dei pezzi

Tutti i pezzi vanno accuratamente argentati elettroliticamente con spessore pesante da 25 o 50 micron.

L'argentatura garantisce basse perdite anche perché da un punto di vista elettrico, l'ottone, pur essendo una lega di rame e stagno, non è un ottimo conduttore.

Inoltre il metallo argentato si preserva meglio dalle intemperie e se l'argentatura annerisce col tempo formando il classico "silver tarnish", non perde comunque le caratteristiche di conducibilità che aveva in origine.

#### Montaggio delle Sezioni

Si effettua semplicemente unendo le flange alle guide come indicato in **Fig. 1** e stringendo le viti in modo che guardando l'interno del lanciatore con l'occhio sulla bocca, (a TX SPENTO!) i due punti di giunzione non siano visibili, il che è garanzia di un allineamento perfetto.

Per rendere le sezioni impermeabili all'acqua, a fine taratura occorre spalmare del silicone all'esterno sui bordi delle flange e proteggere tutto l'illuminatore con un cilindro di plastica che copra anche il preamplificatore.



**Foto 8 - Anello corrugato per 10451 MHz tornito da I8KCL e ricavato da un massello di lega in anticorodal, visto montato all'estremo della guida. La distanza delle corrugazioni dal bordo della guida è regolabile mediante scorrimento sul tubo esterno in funzione del rapporto f/D della parabola, come riportato in Fig. 2 di RR 1/99. L'anello ottimizzato e tornito da I4CHY per 10368 MHz EME ha invece una corrugazione in più ed è adatto per parabole di grande diametro su cui produce bloccaggio percentualmente trascurabile e meno lobi secondari.**



## Antenne

I perfezionisti avranno orrore di questa soluzione perché le flange dovrebbero avere scanalature per gli O-RING e anche quelle del "CHOKE" calcolato magari per la nostra frequenza.

Queste cose si trovano già fatte su flange commerciali o surplus per guide rettangolari.

Le cose fatte dai radioamatori sono belle così come sono perché funzionano senza eccessivi perfezionismi tanto è vero che questo illuminatore, fatto anche da I2BEM, è stato protetto dall'acqua usando due cilindri di plastica ricavati da bottiglie di acqua Vera da 2 litri ed Elio in attesa di P-3D, si diverte con parabola da 60 cm ricevendo il rumore del sole con S+N/N=3,8 dB.

### Il supporto collimatore del fuoco

Si vede in Fig. 7, Foto 9 e 10 e la sua funzione è quella di permettere il fissaggio dell'illuminatore al vertice del tripode in modo che resti inamovibile e nel contempo possa scorrere avanti e indietro per far coincidere il centro di fase col fuoco F della parabola.

Il dispositivo di Fig. 7 è dimensionato specificamente per il tripode della parabola da 60 cm Codice 0700 della PR Elettronica Sat ma con piccole modifiche della flangia può essere adattato a qualunque altra parabola.

I tagli longitudinale e trasversale sul canotto, servono a conferire l'elasticità al tubo, per ottenere lo scorrimento e il bloccaggio dell'illuminatore con fascetta serflex visibile in Foto 10.

Un modo per verificare l'allineamento del collimatore è infilare un pezzo di tubo 22/20 nel collare, stringere la fascetta e guardarci dentro regolando i bulloni sui tre bracci del tripode fino a che l'occhio veda esattamente il centro

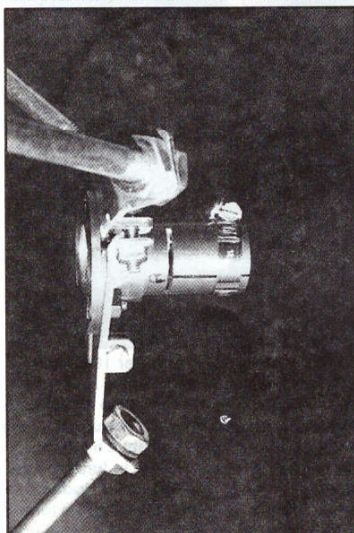


Foto 9 - Dispositivo collimatore montato all'estremo del tripode originale della parabola da 600 mm della PR Elettronica Sat Codice 0700 con rapporto f/D=0,38

della parabola che porta un foro di riferimento servito alla sua lavorazione su tornio per lastra.

### Conclusioni

Il desiderio di realizzare questo illuminatore mi ha obbligato ad acquisire, oltre alle fonti bibliografiche citate, anche e soprattutto, una vasta e preesistente documentazione tecnica dalla Rubrica MICROONDE di Radio Rivista a partire dal n. 8/74 fino al n. 4/79, il cui studio mi è stato assolutamente indispensabile.

Questi articoli trattano la tecnologia delle microonde in banda X in epoca in cui tutti i componenti attivi erano montati nell'interno delle guide.

Anche se queste tecniche sono oggi superate, la tecnologia del lavorare i metalli su guide e flange resta sempre la stessa e questi articoli, ricchi di bellissimi disegni meccanici, sono fondamentali e propedeutici per qualunque OM voglia interessarsi di microonde perché ne rappresentano un corso di "Storia dell'Arte".

Il fatto di aver descritto nei dettagli elettrici e meccanici questo dispositivo, che per uso via satellite si poteva anche sostituire acquistando, o peggio, facendosi fare da un amico un più semplice illuminatore lineare, è stato un pretesto provocatorio per imparare io stesso qualcosa in più nella materia e, nel contempo, rimettere in discussione attraverso le pagine di Radio Rivista un preesistente patrimonio tecnologico e culturale in microonde di cui negli scritti si vanno perdendo lentamente le tracce e la memoria storica.

Questa nobile "arte" dell'OM meccanico e idraulico, tende sempre più a divenire un patrimonio chiuso nei confini dei gruppi specialistici ristretti e in conseguenza "l'arte", viene tramandata in modo quasi orale, come all'epoca in cui non esisteva la scrittura e così la dottrina resta sconosciuta alla maggior parte dei giovani OM che nel campo della radio devono attingere anche dalle radici del passato affinché meglio attecchisca in loro la linfa vitale delle attuali tecnologie nuove e moderne, per le quali, mai così pochi pionieri lavorarono per così molti e qualcuno di loro tanti anni orsono scrisse su Radio Rivista queste parole:

"...La premessa fondamentale è che non è vero che tutti i radioamatori siano degli sprovveduti "pigiabottoni". Ci sono tra noi più sperimentatori di quanto non sia comunemente creduto.

La realtà è che non si conoscono perché non hanno tempo di fare QSO. E poi il bello viene prima di fare QSO, quando "l'oggetto" è in costruzione! Questa Rubrica è dedicata a loro, agli sperimentatori, anche a quelli in potenza, sottoponendo un mondo diverso

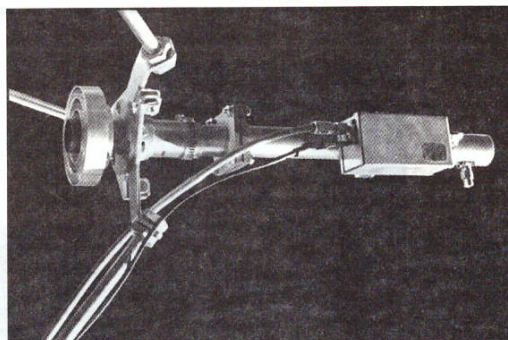


Foto 10 - L'illuminatore completo e funzionante montato col preamplificatore sul connettore LHCP per ricevere dal satellite un segnale RHCP il cui senso di rotazione viene invertito dallo specchio. Le misure di rumore effettuate il 28/6/96 con un flusso solare di circa 75 sfu a 2800 MHz e con la tecnica descritta su RR 2/96, pag.24, dettero un rapporto S+N/N=3,8 dB fra sole/cielo freddo e 4 dB fra terra/cielo freddo, e ciò in conformità alle caratteristiche dell'impianto.

e divertente di fare "la radio"... Se vogliamo che questa pagina costituisca il "trait-d'union" degli sperimentatori, specie di quelli in microonde, sarà necessario che tutti gli interessati quando fanno qualcosa nel campo specifico lo dicano; bastano due righe su una cartolina postale. Grazie anticipate e buon divertimento con la radio..."

(Continua)

### Bibliografia

- 1) "67 km a 10.000 MHz di: I4BER, Goliardo Tomassetti, RR 8/74, pag.369
- 2) "Circuiti e dispositivi a microonde": di I4BER, Goliardo Tomassetti, RR 10/75 pagg. 480-485
- 3) "Introduzione alle Microonde": di Roberto Ambrosini, I4AOR RR 3/75 pagg. 110-114
- 4) "Introduzione alle Microonde": (2ª parte), di Roberto Ambrosini, I4AOR, RR 6/75 pagg. 257-259
- 5) "Componenti e circuiti a microonde": di I4AOR, Roberto Ambrosini, RR 5/76 pagg. 398-402
- 6) Rubrica "Microonde": di I4BER, Goliardo Tomassetti, RR 1/77 pagg. 44-45
- 7) Rubrica "Microonde": di I4BER, Goliardo Tomassetti, RR 7/79 pag. 703 che riporta l'elenco di "Articoli e scritti più importanti riguardanti le microonde, pubblicati su Radio Rivista" (dal n. 8/74 al n. 4/79)
- 8) "VHF-UHF Manual" By G.R.Jessop, C.Eng., Miere, G6JP, Published by the Radio Society of Great Britain.
- 9) "Antennas", By John D.Kraus, Ph.D., McGraw-Hill Electrical and Electronic Engineering Series Cat. No. 35410
- 10) "Radio Astronomy", By John D.Kraus, Ph.D. McGraw-Hill Book Company Cat. N°35392
- 11) "Microwave Primer", By Albert Camps and Joseph A.Markum. Howard W.Sams & Co., Inc. The Bobbs-Merrill Company, Inc. Indianapolis-New York, Library of Congress Catalog Card Number 65-22432
- 12) "Practical Microwave Antennas", by Paul Wade, N1BWT QEX September 1994, October 1994, November 1994, January 1995

**Nota:** Chi avesse difficoltà nel reperire i numeri citati di Radio Rivista può richiederli in copia, a titolo gratuito, indirizzando la richiesta all'attenzione dello scrivente, presso la Segreteria Amministrativa dell'ARI in Via Sciallati 31-20124 Milano.