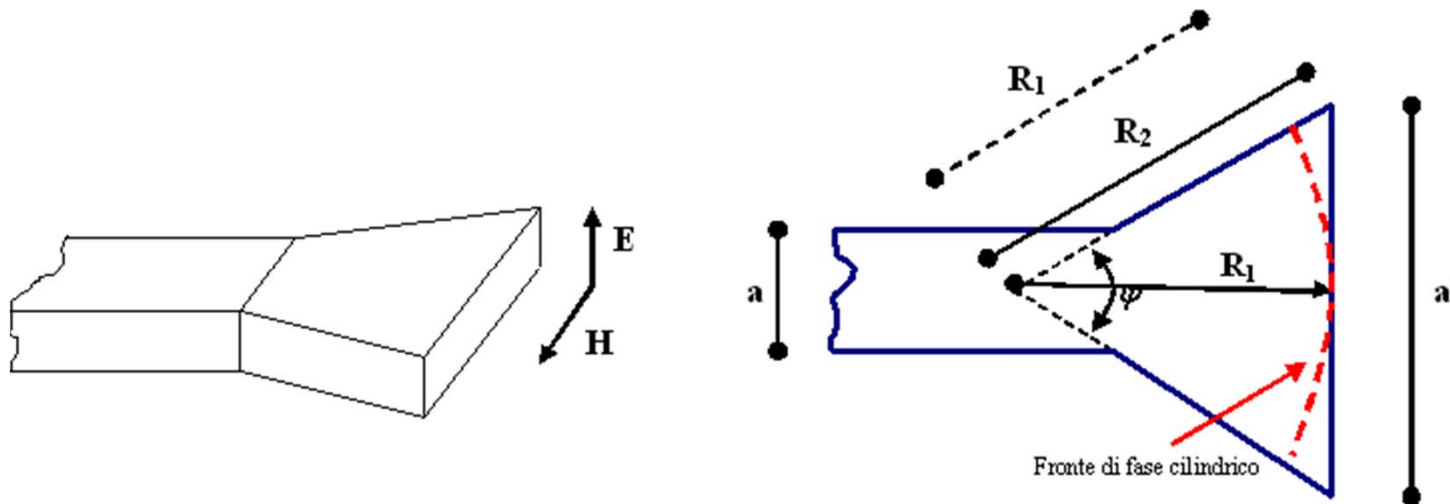


HORNS

H-Plane Horn

Se si vogliono ottenere un fascio irradiato più stretto ed una direttività più elevata rispetto al caso di una semplice antenna a guida d'onda troncata, la guida d'onda deve essere allargata per formare un horn (trombino), in modo da avere così una terminazione aperta più larga.

Se la dimensione a della guida d'onda rettangolare è incrementata ad a' allargando la guida stessa nel piano H (piano che contiene il campo magnetico), si ottiene l'antenna ad horn in figura (H-Plane Horn):



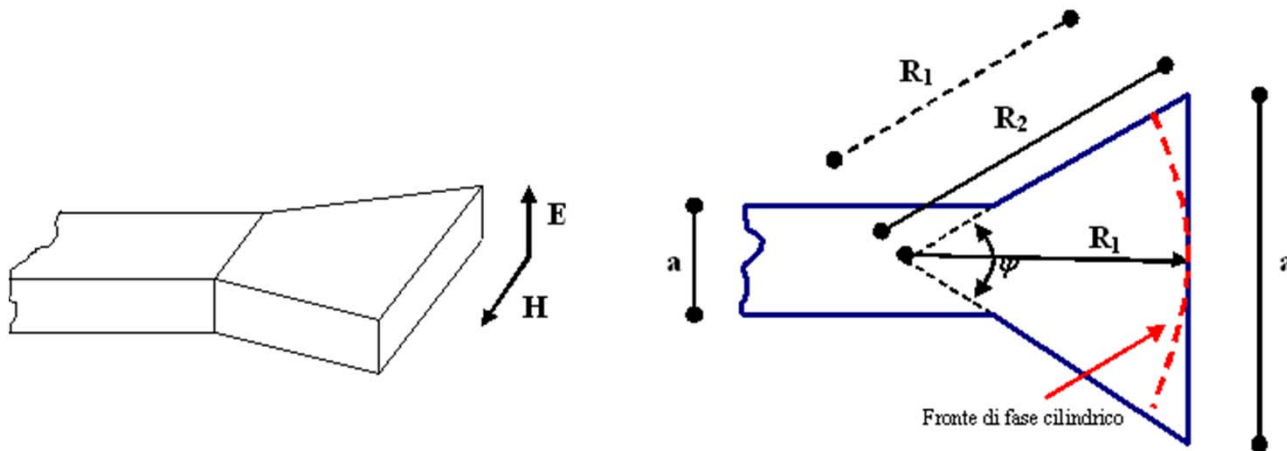
HORNS

H-Plane Horn

Il campo che la guida principale lancia nell'horn è costituito da un'onda cilindrica con un fronte di fase circolare costante.

Affinché il campo di apertura sia con buona approssimazione in fase su tutta l'apertura dell'horn, l'angolo di allargamento deve essere piccolo.

Il guadagno ed il pattern di irradiazione sono molto simili a quelli di una apertura uniformemente illuminata, a patto che l'errore di fase sull'apertura dell'horn non superi ai bordi dell'apertura l'angolo di $\pm \pi / 4$.



HORNS

H-Plane Horn

Con riferimento alla figura, questa limitazione sulla fase può essere espressa come:

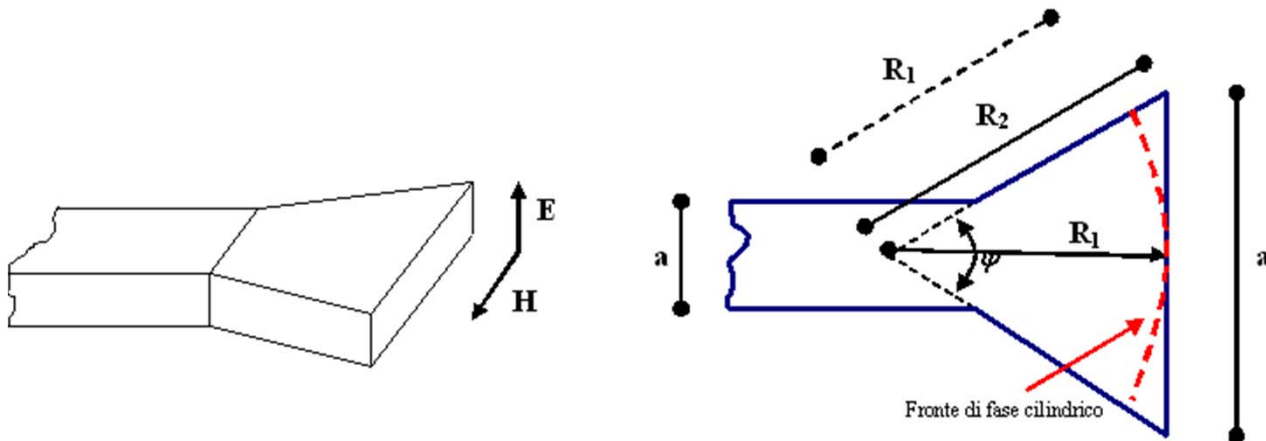
$$k_0(R_2 - R_1) \leq \frac{\pi}{4}$$

Essendo inoltre:

$$R_1 = R_2 \cos \frac{\psi}{2} \quad a' = 2R_2 \sin \frac{\psi}{2}$$

si ottiene:

$$\frac{2\pi}{\lambda_0} R_2 \left(1 - \cos \frac{\psi}{2}\right) = \frac{\pi}{\lambda_0} a' \cdot \operatorname{cosec} \frac{\psi}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{\psi}{2}\right) \leq \frac{\pi}{4} \rightarrow \tan \frac{\psi}{4} \leq \frac{\lambda_0}{4a'}$$

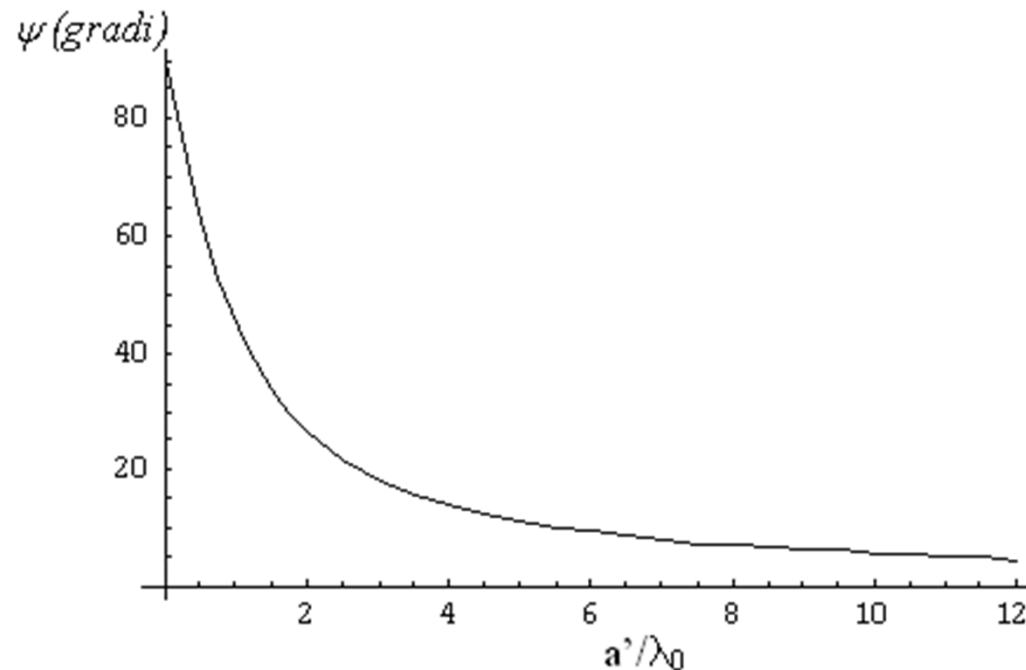


HORNS

H-Plane Horn

Il grafico rappresenta il massimo valore dell'angolo di apertura ψ che soddisfa la condizione sulle fasi, in funzione di a'/λ_0 .

Dal grafico risulta che per ottenere una apertura larga dell'horn (ossia a' elevato) l'angolo di apertura ψ deve essere piccolo, e quindi l'horn risultante sarà molto lungo e ingombrante.

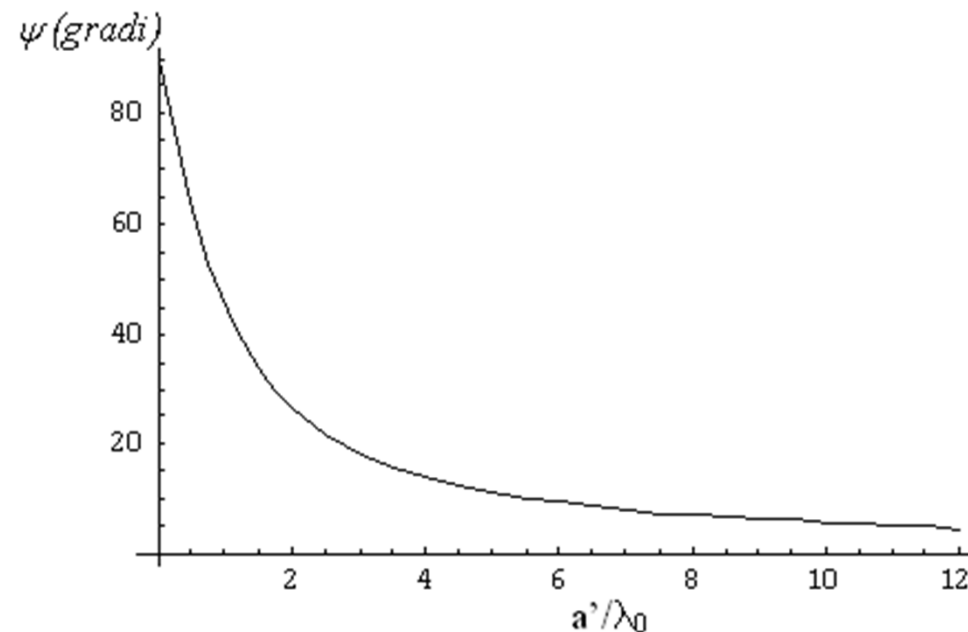


HORNS

H-Plane Horn

Questa caratteristica degli horn ne ha limitato l'uso a quei casi in cui è richiesto solo un guadagno modesto, in modo che l'apertura possa essere in larghezza minore di 10 lunghezze d'onda in guida.

Infatti, anche per $a'=10\lambda_0$ ad esempio, l'horn corrispondente dovrà avere una lunghezza pari a circa 100 lunghezze d'onda in guida (che è un ingombro inaccettabile).



HORNS

H-Plane Horn

Quando la variazione di fase sul campo di apertura può essere trascurata, la distribuzione corrispondente del campo di apertura sull'horn può considerarsi la stessa del modo dominante TE_{10} nella guida d'onda di ingresso, ossia:

$$\underline{E}_a = E_0 \cos \frac{\pi \cdot x}{a'} \underline{i}_y \quad \text{per } |x| \leq \frac{a'}{2} \quad \text{ed} \quad |y| \leq \frac{b}{2}$$

Il campo irradiato è quindi ottenibile mediante le stesse espressioni valide per la guida rettangolare, semplicemente sostituendo a con a' .

Si ha quindi (utilizzando lo spettro di onde piane ed il metodo della fase stazionaria per la valutazione del campo lontano irradiato da una apertura):

$$E_{\vartheta} = \frac{jk_0 a' b E_0}{4r} e^{-jk_0 r} \sin \phi \frac{\sin v}{v} \frac{\cos u}{(\pi/2)^2 - u^2}$$
$$E_{\phi} = \frac{jk_0 a' b E_0}{4r} e^{-jk_0 r} \cos \vartheta \cos \phi \frac{\sin v}{v} \frac{\cos u}{(\pi/2)^2 - u^2}$$

dove $v = (k_0 b / 2) \sin \vartheta \sin \phi$ e $u = (k_0 a' / 2) \sin \vartheta \cos \phi$.

HORNS

H-Plane Horn

La direttività può essere espressa come:

$$D = 10.2 \frac{a'b}{\lambda_0^2}$$

dove $\beta = (k_0^2 - \pi^2 / a'^2)^{1/2} \approx k_0^2$ (essendo di norma a' grande rispetto a π).

Il guadagno di una antenna ad horn è sostanzialmente uguale alla sua direttività, dato che le perdite di norma sono trascurabili.

Le strutture in guida d'onda sono caratterizzate infatti da perdite molto basse, e da una elevata efficienza di irradiazione, ed un horn non è altro che una guida d'onda allargata.

Se la lunghezza dell'horn è fissata, un guadagno maggiore può essere ottenuto incrementando a sufficienza l'angolo di apertura ψ ed accettando di conseguenza un errore di fase più grande, dato che la maggiore larghezza dell'apertura, in pratica, compensa la diminuzione del guadagno dovuta all'aumento dell'errore di fase.

HORNS

H-Plane Horn

Analizzando gli effetti dell'errore di fase sul guadagno si è visto che, per una lunghezza fissata, il massimo guadagno è ottenuto incrementando la larghezza dell'apertura a' fino ad arrivare ad un errore di fase di circa 0.75π .

Questo valore ottimale del guadagno (o della direttività) è minore di 1.3 rispetto a quello espresso dalla formula , ed evidenzia l'effetto dell'errore di fase sul guadagno dell'antenna (l'errore di fase crescente fa diminuire il guadagno rispetto al caso in cui tale errore di fase risulti trascurabile).

HORNS

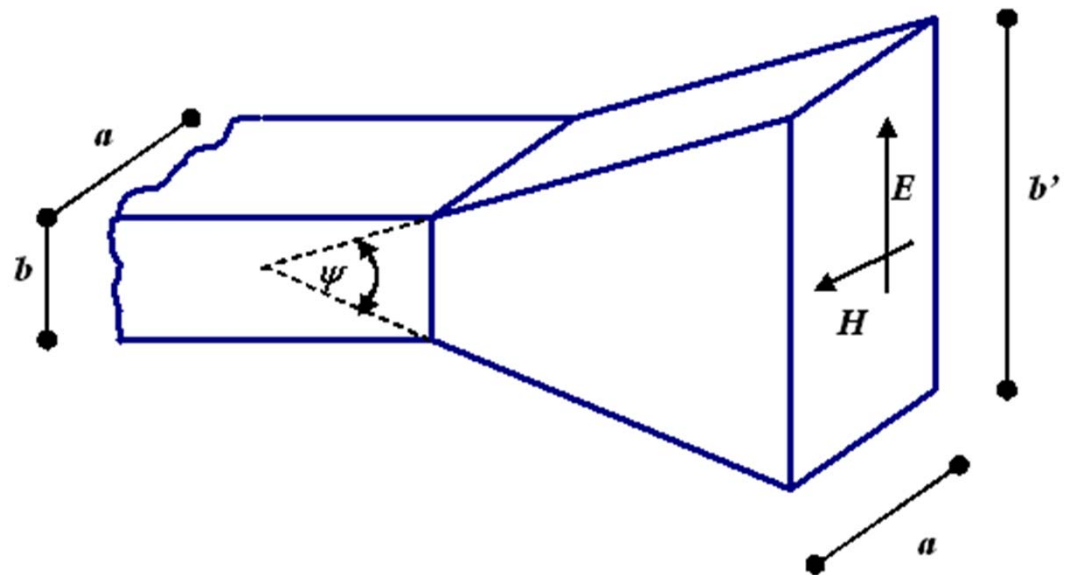
E-Plane Horn

Se una guida rettangolare non viene allargata nel piano H, ma nel piano E, si ottiene l'E-Plane Horn.

Anche in tale caso valgono le stesse considerazioni dell'H-Plane Horn riguardo agli errori di fase ed all'angolo di apertura ψ .

Quindi l'andamento di tale angolo di apertura ψ rispetto all'apertura b' è lo stesso del caso precedente; basta semplicemente sostituire a' con b' .

Anche le espressioni del campo irradiato e della direttività saranno le stesse dell'H-Plane Horn, sostituendo semplicemente b con b' ed a' con a .

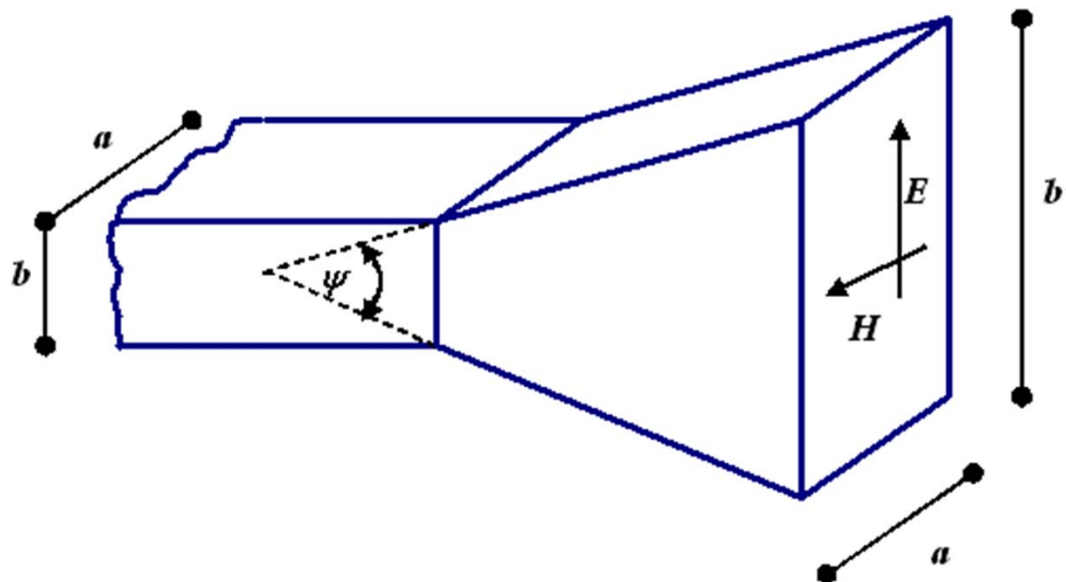


HORNS

E-Plane Horn

Se la lunghezza dell'horn è fissata, in tal caso il massimo guadagno è ottenuto incrementando la larghezza dell'apertura b' fino ad arrivare ad un errore di fase di circa 0.5π .

Questa differenza è dovuta al fatto che l'errore massimo di fase tollerabile per un H-Plane Horn è maggiore, in quanto il campo di apertura va a zero ai bordi dell'apertura stessa nel piano H, mentre per un E-Plane Horn il campo di apertura è costante nel piano E.



HORNS

Horn Piramidale

Il valore ottimale del guadagno (o della direttività) per un E-Plane Horn, a causa dell'effetto dell'errore di fase, è minore di un fattore 1.25 rispetto a quello espresso dalla formula .

Per un horn di lunghezza fissata, il massimo guadagno è ottenibile allargando la guida d'onda in entrambi i piani E ed H, ottenendo l'horn piramidale.

Per avere un errore di fase trascurabile, l'angolo di apertura per entrambi i piani deve soddisfare la condizione sulle fasi, ossia:

$$\begin{cases} \tan \frac{\psi_{H_Plane}}{4} \leq \frac{\lambda_0}{4a'} \\ \tan \frac{\psi_{E_Plane}}{4} \leq \frac{\lambda_0}{4b'} \end{cases}$$

dove ψ_{H_Plane} e ψ_{E_Plane} sono rispettivamente l'angolo di apertura sul piano H e l'angolo di apertura sul piano E.

HORNS

Horn Piramidale

Le espressioni del campo irradiato e della direttività saranno analoghe a quelle dell'H-Plane Horn, sostituendo semplicemente b con b' .

Per un horn piramidale di lunghezza fissata, il massimo guadagno è ottenuto incrementando gli angoli di apertura fino ad arrivare ad un errore di fase di circa 0.75π sul piano H e di circa 0.5π sul piano E.

Per un horn progettato con questi criteri, la direttività, espressa per un horn piramidale generico dalla relazione $D = 10.2 a' b' / \lambda_0^2$, va moltiplicata per un fattore 0.63, ottenendo:

$$D = 6.4 \frac{a' b'}{\lambda_0^2}$$

che esprime la direttività di un horn piramidale a guadagno ottimo (horn a massimo guadagno).

Gli horn piramidali vengono comunemente usati come horn a guadagno standard, per determinare il guadagno di altre antenne mediante la tecnica del confronto. Inoltre piccoli horn piramidali sono spesso utilizzati come horn di alimentazione (feed) per riflettori parabolici.

HORNS

Horn Corrugati

Si può dimostrare che, affinché un horn irradi un campo elettromagnetico con cross-polarizzazione nulla, il campo elettromagnetico di apertura sulla bocca dell'horn deve avere il campo elettrico ed il campo magnetico legati da una relazione analoga a quella che lega tali campi in una onda piana.

In una normale guida d'onda, invece, le condizioni al contorno richiedono che il campo elettrico tangente ed il campo magnetico normale siano nulli sulle pareti di conduttore elettrico perfetto che costituiscono la guida stessa.

Di conseguenza, in un qualunque piano trasverso alla guida che costituisce l'horn (ad esempio su di un piano parallelo alla bocca dell'horn) la relazione fra la componente trasversa del campo elettrico e la componente trasversa del campo magnetico non sono collegate come in una onda piana polarizzata linearmente, e questa è la ragione fondamentale per la quale gli horn convenzionali irradiano un campo con un livello relativamente elevato di cross-polarizzazione.

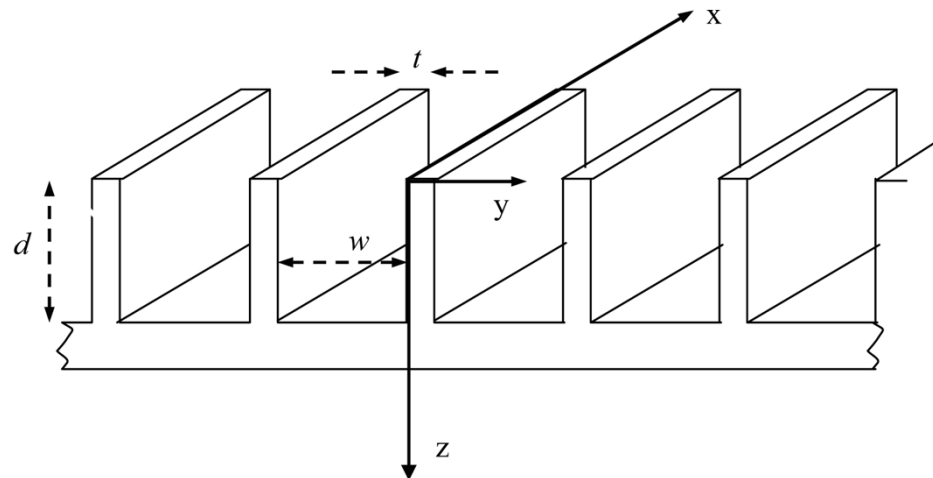
HORNS

Horn Corrugati

Per ridurre la cross-polare del campo irradiato è quindi necessario costruire l'horn in modo che le condizioni a contorno per il campo elettrico tangente e per il campo magnetico tangente siano le stesse, in modo che il campo irradiato dall'horn abbia una cross-polare molto bassa.

Tale requisito si può ottenere inserendo all'interno dell'horn delle corrugazioni.

Una superficie corrugata composta di 5 o più slot per lunghezza d'onda e con profondità pari a $\lambda_0/4$ è in grado di simulare una superficie che richiede che entrambe le componenti tangenziali dei campi siano nulle all'interfaccia.



HORNS

Horn Corrugati

Gli horn corrugati sono dunque horn le cui pareti interne sono lavorate meccanicamente, come una superficie corrugata descritta precedentemente.

Si ottiene in tal modo una parete d'impedenza dalle caratteristiche opportune, che consente di avere le stesse condizioni a contorno per il campo elettrico tangente e per il campo magnetico tangente, e che permette quindi di ottenere un campo irradiato con una cross-polare molto bassa

