

SINGLE PROBE FED BROADBAND SLOTTED PATCH ANTENNA FOR CIRCULAR POLARIZATION

C. Vegni¹, F. Bilotti²

¹Alenia Spazio S.p.A. – Roma
Via Saccomuro, 24 – 00131 – Roma
c.vegni@roma.alespazio.it

²Università degli Studi “Roma Tre”
Via della Vasca Navale, 84 – 00146 – Roma
bilotti@uniroma3.it

Abstract

In this work, we present the electric design of a single-layer probe fed circularly polarized microstrip patch antenna. The proposed configuration is obtained as a standard corner truncated (CT patch) layout with two pairs of diagonal slots starting from the four corners of the squared patch (SCT patch = Slotted Corner Truncated). These patch antenna configurations have been analysed via numerical codes based on the method of moments in order to estimate the role of each geometric parameter (such as the slot dimensions) on antenna electric performances (such as working frequency and impedance bandwidth in terms of return loss) and radiative properties (such as polarization purity in terms of Axial Ratio on the four principal planes and gain). Some samples have been also realized and measured by Alenia Spazio S.p.A. Finally, a comparison between electrical and radiating performances of the standard CT patch antenna and the configuration we propose (SCT patch antenna) is presented.

INTRODUZIONE

In letteratura sono ben note le tecniche per eccitare due modi di radiazione ortogonali sfasati spazialmente e temporalmente di 90° per ottenere un campo elettromagnetico polarizzato circolarmente. Tale modalità di funzionamento è ottenibile usando una o più alimentazioni. Nel campo delle antenne in microstriscia esistono vari tipi di patch che permettono il funzionamento in polarizzazione circolare (nearly squared, corner truncated patch, ecc.) Tali configurazioni prevedono l'uso di uno o più ingressi di alimentazione [1]-[2]. Usare un solo ingresso di alimentazione (in microstriscia o in probe) per eccitare due modi ortogonali offre una banda di lavoro limitata (tipicamente 3-4%) ma riduce la complessità e l'ingombro della struttura. Tale aspetto può essere interessante se si pensa all'inserimento di un'antenna in un allineamento. Tuttavia, nel caso di alimentazione tramite cavo coassiale, il posizionamento del probe sulla superficie del patch è abbastanza critico a causa delle tolleranze di lavorazione e le prestazioni elettriche e radiative dell'antenna possono variare sensibilmente per piccoli scostamenti dalla posizione ottimale. Le soluzioni, invece, che prevedono l'uso di due o quattro porte d'ingresso, offrono migliori prestazioni in termini di banda di lavoro e purezza di radiazione. È importante a tale fine che tali porte di alimentazione siano disaccoppiate tra loro e che sia prevista un'ibrida di polarizzazione a monte. Quando si usano più eccitazioni, dunque, è necessario progettare anche una rete formatrice con conseguente complicazione della struttura che risulta meno compatta.

Lo scopo del presente lavoro è quello di considerare configurazioni standard di antenne in microstriscia a singolo ingresso in polarizzazione circolare destra e migliorare le prestazioni elettriche e radiative per mezzo di fenditure disposte opportunamente. In

particolare, dapprima si propone il progetto di un patch standard di tipo Corner Truncated (CT) alimentato da un singolo ingresso in cavo coassiale. Si propone, poi, il progetto di una nuova configurazione generata dalla precedente praticando delle fenditure in opportune posizioni sulla metallizzazione radiante (Slotted Corner Truncated – SCT). La configurazione CT e quella SCT vengono progettate utilizzando codici numerici basati sul metodo dei momenti. In particolare, per la prima si utilizza un codice autoprodotta che impiega funzioni di base originali a dominio intero, mentre per la seconda il software commerciale Ensemble 7.0. Le antenne progettate sono state realizzate e misurate da Alenia Spazio S.p.A. tramite un analizzatore vettoriale HP8510 (per i parametri di scattering) e un sistema di test in camera anecoica (per le proprietà di radiazione). Infine, si propone un confronto tra le caratteristiche elettriche (larghezza di banda d'impedenza) e radiative (rapporto assiale sui quattro piani principali) delle due antenne progettate e realizzate.

PROGETTO DELLE ANTENNE E RISULTATI NUMERICI

La prima configurazione d'antenna che è stata progettata, realizzata e misurata è descritta in Figura 1a.

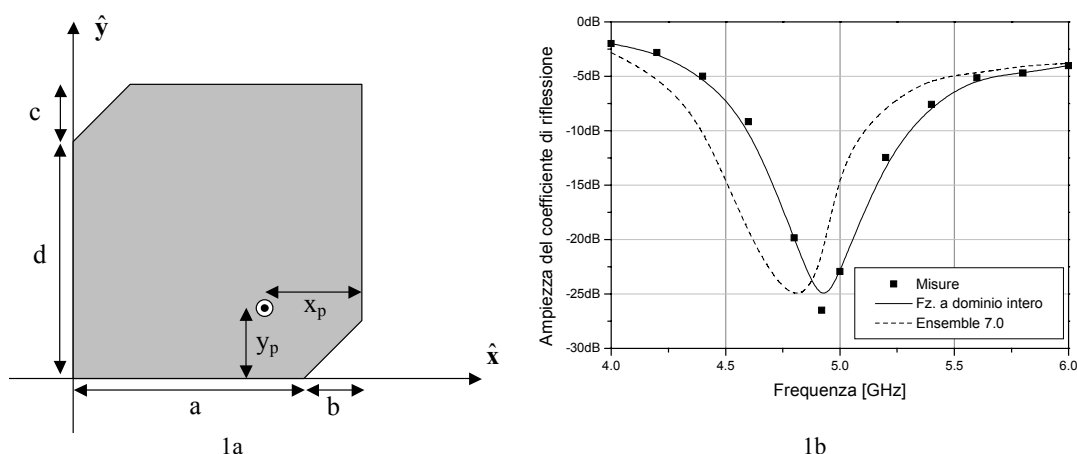


Figura 1 Geometria della configurazione CT (1a) e ampiezza del coefficiente di riflessione alla porta d'ingresso (1b). I valori numerici dei parametri geometrici espressi in mm sono: $a=20$, $b=7$, $d=20$, $c=7$, $x_p=10$, $y_p=5$.

Si tratta di una classica configurazione ad un singolo ingresso con metallizzazione quadrata a spigoli troncati (Corner Truncated) su honeycomb di quarzo ($\epsilon_r=1.06$) di spessore $t=3.15$ mm. Tale struttura è stata analizzata e progettata attraverso un codice numerico autoprodotta basato sul metodo dei momenti che impiega funzioni di base a dominio intero per lo sviluppo della densità di corrente indotta incognita [3]. I risultati ottenuti mediante l'impiego delle nuove funzioni sono stati confrontati sia con le simulazioni prodotte da Ensemble 7.0 che con le misure eseguite (Figura 1b e Figura 2). In Figura 3a è riportata la configurazione del patch SCT ottenuta dalla CT di Figura 2 introducendo due coppie di fenditure a partire dagli spigoli. Le dimensioni del patch e la posizione del probe sono le stesse del caso precedente. Come si vede dalla Figura 3b, l'introduzione delle fenditure permette di allargare la banda di adattamento d'impedenza. Tale allargamento risulta da due risonanze vicine determinate dalla posizione e dalla dimensione delle fenditure stesse.

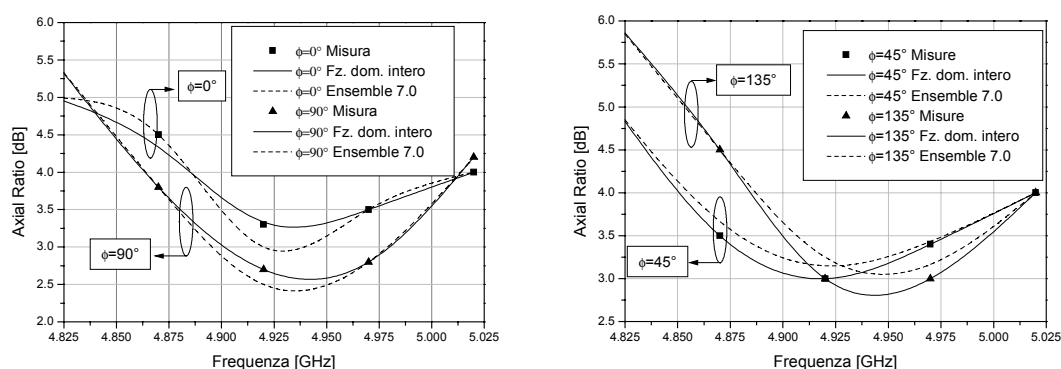


Figura 2 Confronto tra le misure, le simulazioni effettuate con Ensemble 7.0 e quelle ottenute con il codice autoprodotta che impiega funzioni di base a dominio intero per l'Axial Ratio in funzione della frequenza sui piani principali dell'antenna descritta in Figura 1a.

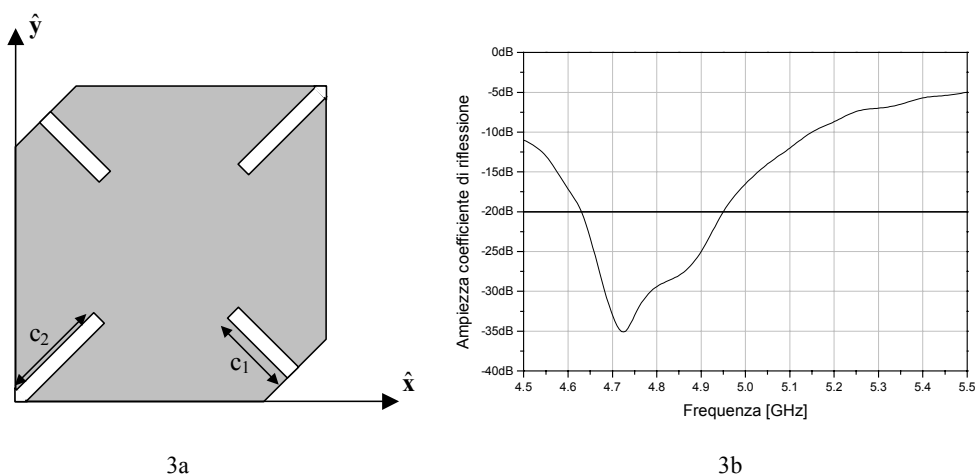


Figura 3 Geometria della configurazione SCT (3a) e ampiezza misurata del coefficiente di riflessione alla porta d'ingresso (3b). I valori numerici dei parametri geometrici sono riportati nella didascalia della Figura 1. La larghezza delle fenditure è 1 mm e le loro lunghezze sono $c_1=3.5$ mm, $c_2=6.0$ mm.

Queste, infatti, perturbano il modo fondamentale del patch ed introducono una nuova risonanza cosicché la frequenza centrale di funzionamento risulta ridotta rispetto al caso CT. L'introduzione delle fenditure, dunque, permette di ridurre la metallizzazione (e, quindi, il peso e l'ingombro dell'antenna), di aumentare la larghezza di banda e di rendere maggiormente compatta l'antenna rispetto alla configurazione CT a parità di frequenza di lavoro. Tali caratteristiche sono maggiormente evidenti, naturalmente, in configurazioni di allineamento. In Figura 4 si riportano i valori misurati di Axial Ratio in funzione della frequenza sui piani principali in un tipico di osservazione ($-15^\circ \leq \theta \leq 15^\circ$). Come si vede, la larghezza di banda complessiva dell'antenna non è limitata dall'adattamento d'impedenza, ma dall'Axial Ratio la cui larghezza di banda (definita per valori inferiori a 3 dB a cui corrisponde un livello di cross-polarizzazione di -15 dB), comunque, risulta notevolmente migliorata rispetto al caso CT. Per quanto riguarda il guadagno dell'antenna CT e SCT, si osserva che la seconda configurazione presenta un guadagno inferiore. Tale diminuzione può essere compensata pensando ad una configurazione di allineamento.

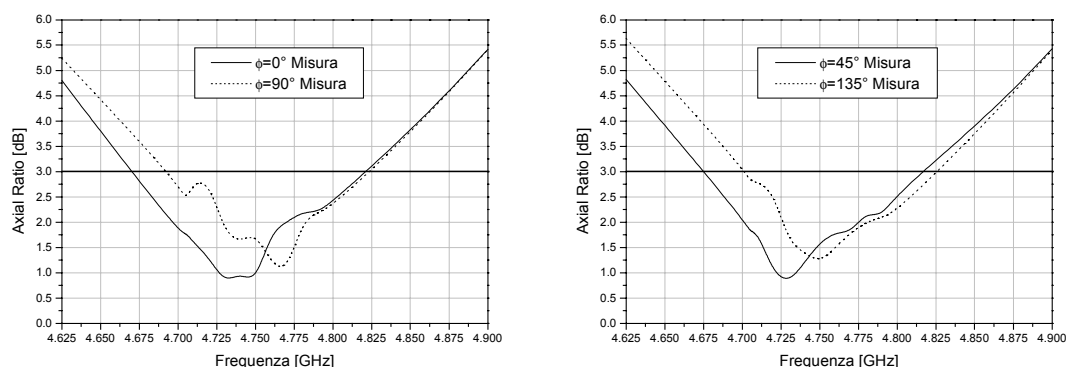


Figura 4 Valori misurati dell'Axial Ratio in funzione della frequenza sui quattro piani principali dell'antenna di Figura 3.

Le caratteristiche principali delle due configurazioni CT e SCT sono riassunte in Tabella I dove la banda d'impedenza è definita per $|S_{11}| < -20\text{dB}$ e quella di ellitticità per $|AR| < 3\text{ dB}$.

Tabella I Riassunto delle caratteristiche delle due antenne progettate e realizzate.

Configurazione	BW (impedenza)	BW(ellitticità)	Guadagno
CT	4.0%	1.5%	9.4 dBi
SCT	6.7%	2.5%	8.8 dBi

CONCLUSIONI

In questo lavoro si è presentata una configurazione di antenna in microstriscia caricata con due coppie di fenditure per ottenere un campo polarizzato circolarmente impiegando un solo ingresso. Tale configurazione è stata ottenuta a partire da una classica Corner Truncated che è stata assunta come riferimento. Entrambe le configurazioni sono state realizzate e misurate in Alenia Spazio S.p.A. Dal confronto emerge che la nuova configurazione proposta permette di migliorare notevolmente le caratteristiche di banda dell'antenna Corner Truncated sia in termini di adattamento d'impedenza che di ellitticità. Il guadagno risulta inferiore alla configurazione CT standard: tale effetto può essere compensato utilizzando configurazioni d'allineamento.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- [1] M. Haneishi, Y. Suzuki, "Circular polarization and bandwidth," Handbook of Microstrip Antennas, J.R. James and P.S. Hall, Eds. London, U.K.: Peter Peregrinus, 1989, Vol.1, Ch.4, pp.219-274.
- [2] N.C. Karmakar, M.E. Bialkowski, "Circularly Polarized Aperture-Coupled Circular Microstrip Patch Antennas for L-Band Applications," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol.AP-47, No.5, pp.933-940, Maggio 1999.
- [3] F. Bilotti, C. Vegni, "Patch Antennas with Convex Polygonal Shape," Proc. International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA'01), pp. 485-488, Torino, Italia, 10-14 Settembre, 2001.