




TITLE: **Progetto di un lanciatore di modo TE11 in
microstriscia**

DOC. TYPE: Internal Report IASF Bologna 511/2008

PROJECT REF: Planar Array 2006/02 **PAGEs:** 22

ISSUE/REV.: 1.0 **DATE:** 30/07/2007

| | | | |
|--------------------|--|--------------|-------------------|
| Prepared by | V. Martorelli RF Designer | Date: | 30/07/2007 |
| Approved by | F. Cuttaia Planar Array (2006) Principal Investigator | Date: | 30/07/2007 |

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | i |

CHANGE RECORD

| ISSUE | DATE | SHEET | DESCRIPTION | RELEASE |
|-------|------|-------|----------------|---------|
| 1.0 | | | Prima versione | |
| | | | | |



| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | ii |

TABLE OF CONTENTS


| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE | 1 |
| 2 | SCELTA DEL LAMINATO | 2 |
| 3 | DIMENSIONAMENTO MICROSTRISCIA | 4 |
| 4 | LANCIATORE L12-B | 8 |
| 5 | ANTENNA IN RADIAZIONE..... | 13 |
| 6 | APPENDICE A: ALTRI LANCIATORI STUDIATI | 18 |

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 1 |

1 Introduzione

Scopo del documento è di illustrare il progetto di un lanciatore innovativo in microstriscia per l'array planare. Tale lanciatore sarà costituito da un PCB a doppia faccia, l'una con il circuito di alimentazione, l'altra con un lanciatore a patch. L'obiettivo è quello di creare una generica transizione, per cui il goodundo verrà modellato tramite una guida circolare in rexolite senza tener conto del disadattamento dell'antenna. I software utilizzati saranno Microwave Office per la sintesi della rete e Microwave Studio per il calcolo delle prestazioni del lanciatore.

In questo lavoro sono state provate numerose strategie per accoppiare una microstriscia con una guida circolare. Il lanciatore L12-b rappresenta una modifica al lanciatore L12 ottenuta piegando gli stub ad angolo retto per guadagnare spazio. Una lista dei lanciatori simulati è presente in appendice. Di seguito saranno mostrate le prestazioni del lanciatore L12-b, che è stato scelto per essere costruito.

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 2 |

2 Scelta del laminato

Il laminato scelto per questo progetto è un Arlon DiClad 880 avente permittività pari a 2.2 e angolo di perdita minore 0.001. Si tratta di un laminato molto utilizzato a radiofrequenza grazie alle sue caratteristiche ben definite ed alle basse perdite. Non avendo un'elevata permittività questo laminato non permette di miniaturizzare il circuito e per non avere piste troppo larghe è stato scelto un laminato con spessore di 0.508 mm. Le due facce in rame hanno invece spessore di 17 μm , spessore che permette di avere un basso errore di incisione.

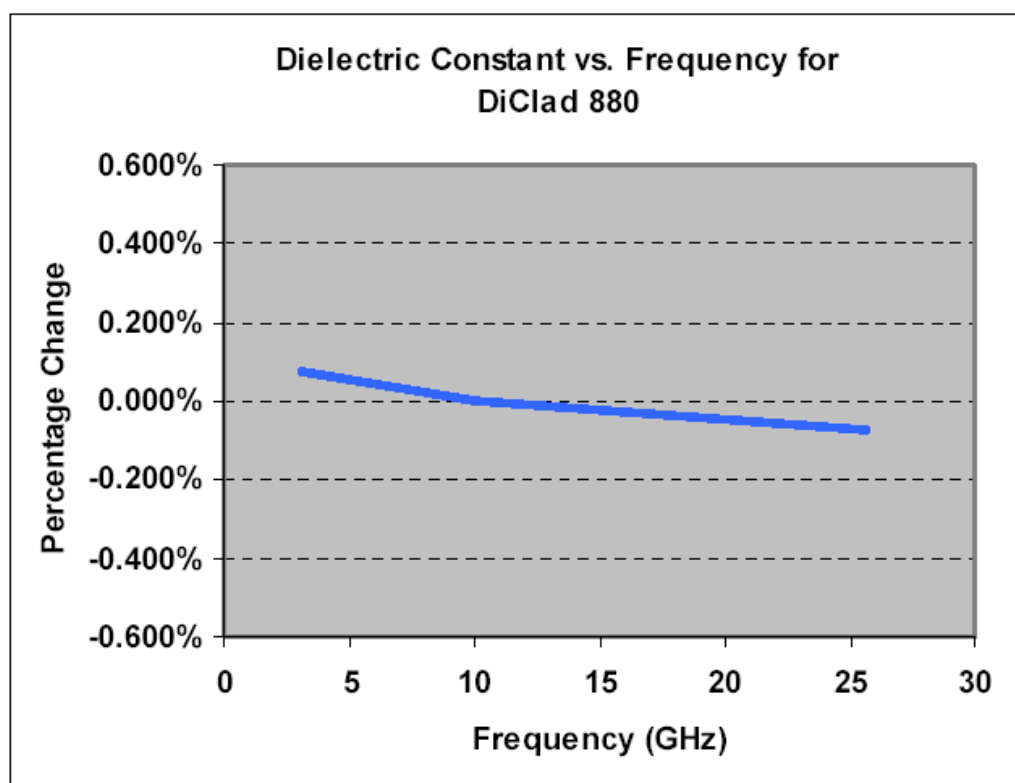



Figura 2.1: Percentuale di spostamento della costante dielettrica relativa dell' Arlon DiClad 880 TM rispetto al valore nominale di 2.2 al variare della frequenza. Immagine presa da www.arlon-med.com/DiClad.pdf

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 3 |

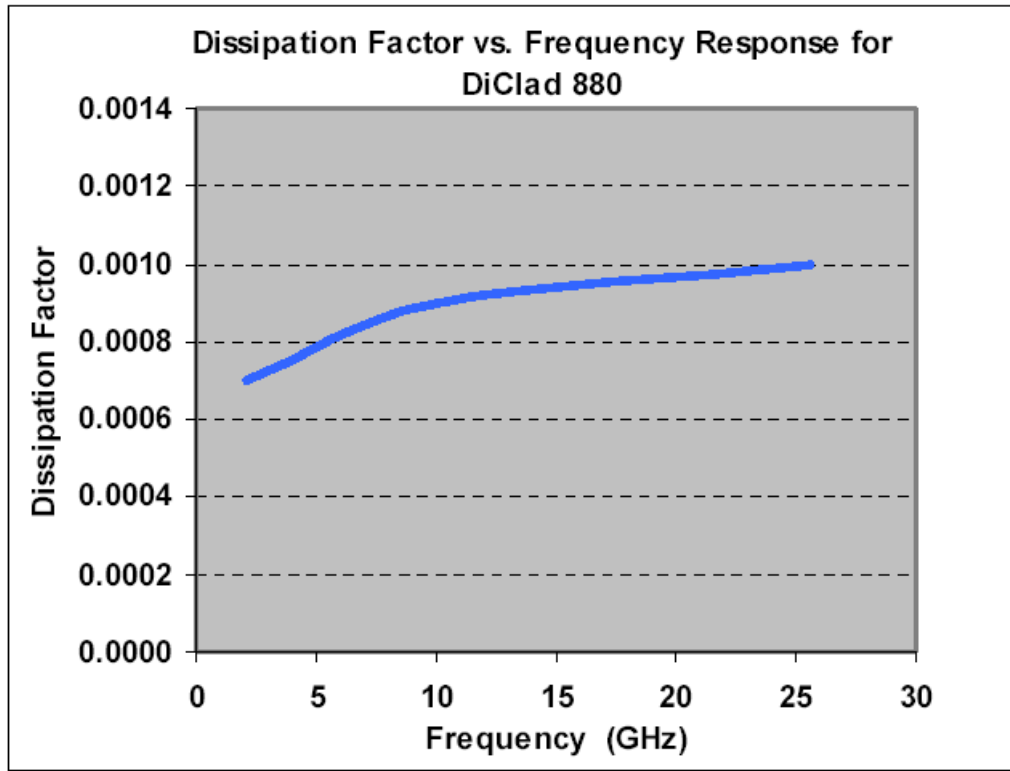



Figura 2.2: Valore della $\tan\delta$ per l'Arlon DiClad 880™ al variare della frequenza. Immagine presa da www.arlon-med.com/Diclad.pdf

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA <small>NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE ₁₁ in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 4 |

3 Dimensionamento microstriscia

Il software utilizzato per dimensionare la microstriscia è Microwave Office

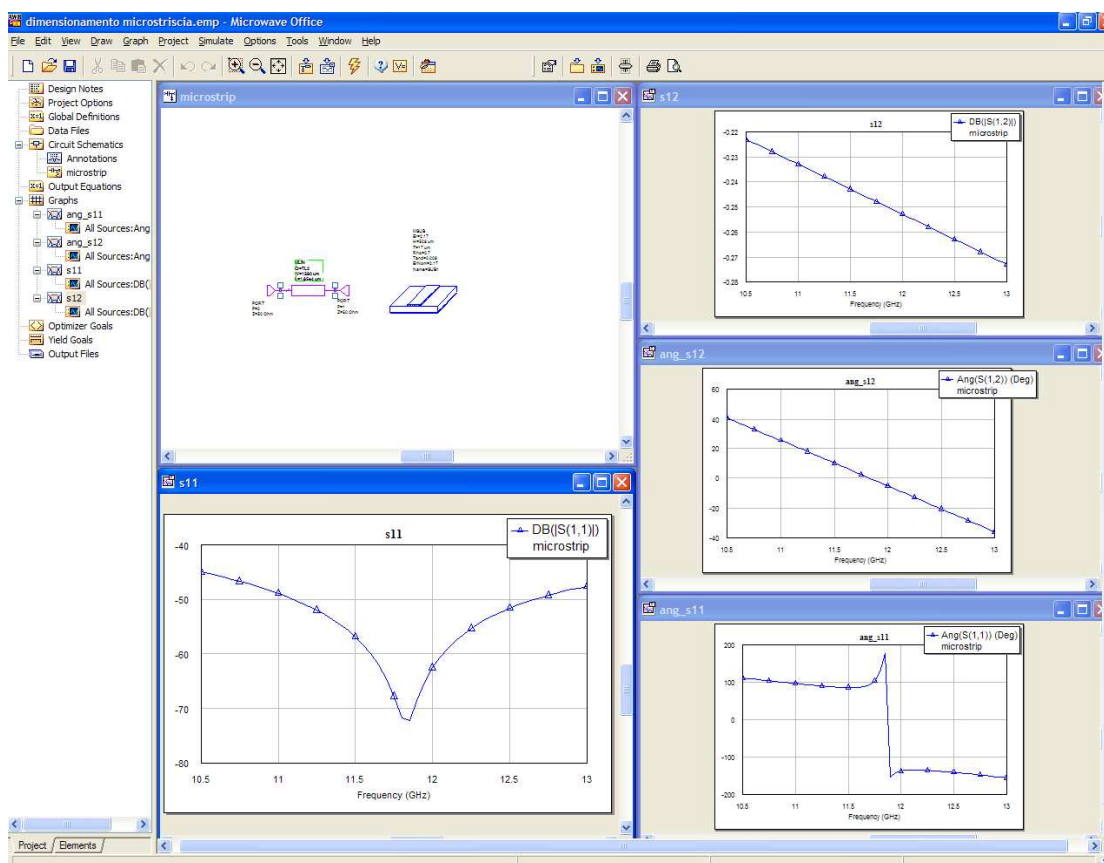


Figura 3.1: Immagine del foglio di lavoro di Microwave Office


Il software in questione utilizza un simulatore lineare basato su equazioni risolte o parzialmente risolte per calcolare i parametri S. Le librerie al suo interno contengono un insieme di risultati semi-empirici con i quali attraverso opportune interpolazioni è possibile calcolare le prestazioni di una rete in esame. La modularità del software permette di inserire manualmente le caratteristiche di un PCB senza che la libreria del materiale sia presente.

Il supporto del PCB è stato quindi modellato come un dielettrico di spessore 0.508 mm avente permittività pari a 2.2 alla frequenza centrale e $\tan\delta$ pari a $9e-4$.

Le due facce metalliche sono state modellate come fogli di rame avente conducibilità pari a $6.7e6$ S/m.

Tramite formule analitiche si può trovare che la larghezza della pista che permette di avere un'impedenza caratteristica di 50Ω è di 1.58 mm

L'analisi eseguita consisteva nel simulare un semplice circuito in microstriscia utilizzando due porte al fine di verificare la larghezza della pista, calcolare la lunghezza d'onda in guida e calcolare le perdite.

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 5 |

Per calcolare la lunghezza d'onda in guida è sufficiente trovare la lunghezza di risonanza della microstriscia e verificare che la fase abbia del return loss abbia ruotato di 360° .

Le librerie utilizzate:

- MLIN: circuito in microstriscia
- MSUB: caratteristiche del metallo e del substrato

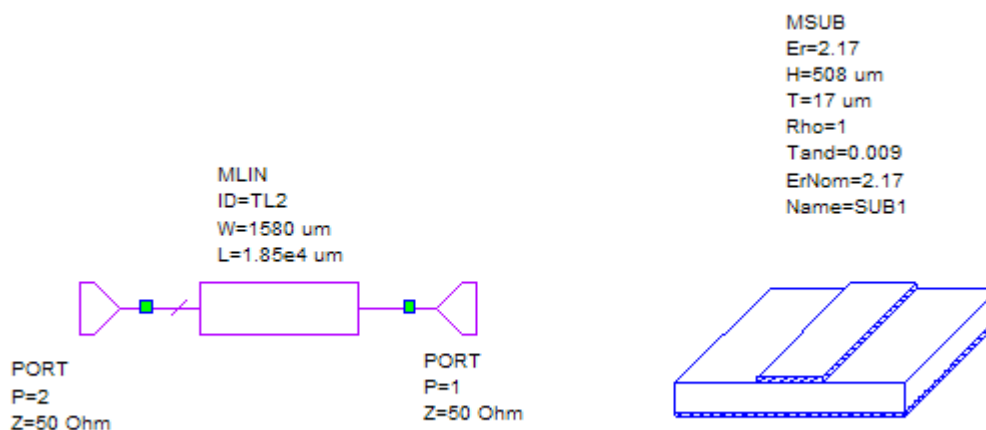


Figura 3.2: Immagine delle due librerie utilizzate in Microwave Office

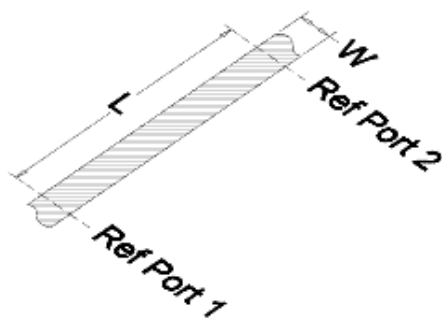


Figura 3.3: Descrizione grafica della libreria MLIN

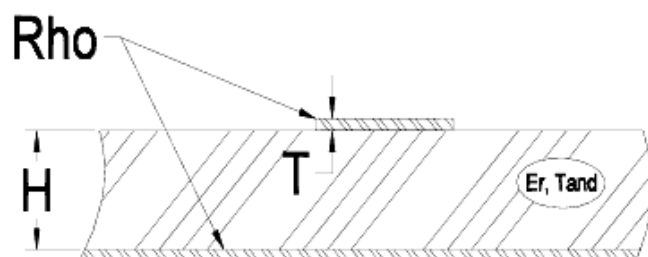



Figura 3.4: Descrizione grafica della libreria MSUB

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 6 |

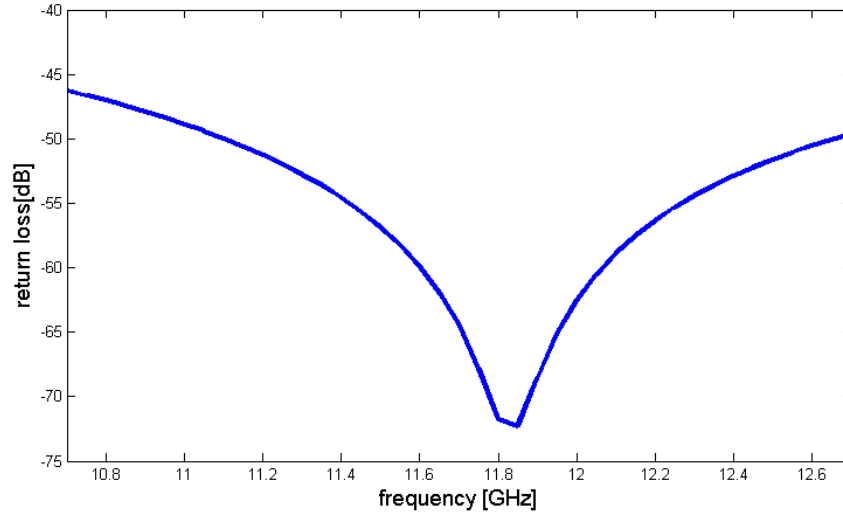


Figura 3.5: Return Loss della linea a 50Ω lunga λ_g

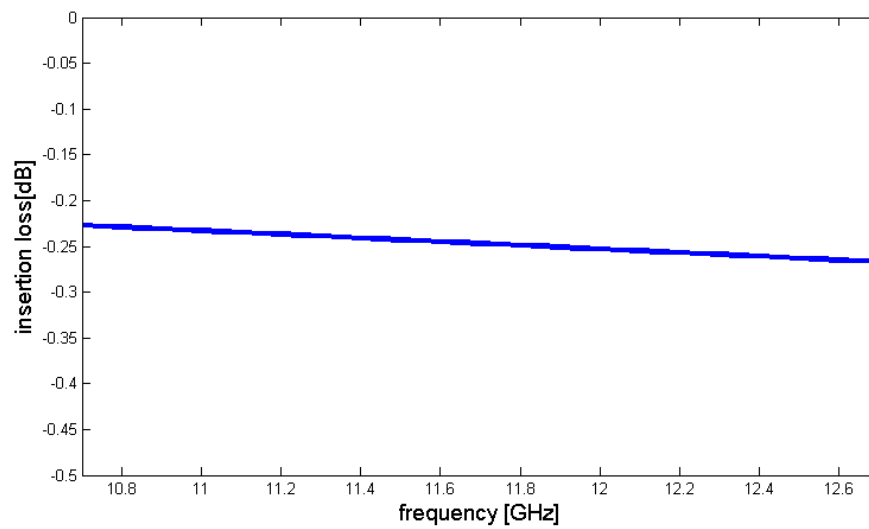



Figura 3.6: Insertion Loss della linea a 50Ω lunga λ_g

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA</small> <small>NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 7 |

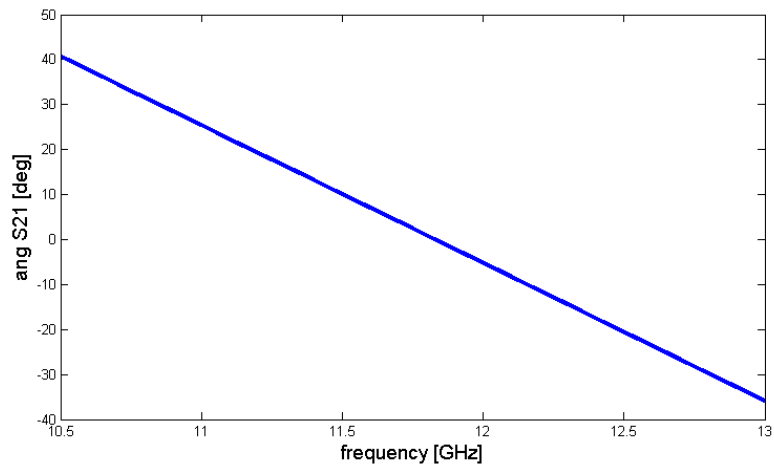



Figura 3.7: Fase del S11 della linea a 50Ω lunga λ_g

Dai grafici si nota come la larghezza della microstriscia pari a 1.58 mm è corretta per poter lavorare nella banda 10.7-12.7 GHz. Dal grafico della fase del S12 si nota come la lunghezza d'onda in guida è esattamente pari 15.8mm.

Dal S12 si nota come le perdite non siano trascurabili, intorno al 5% per un tratto di microstriscia lungo λ_g .

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 8 |

4 Lanciatore L12-b

Il lanciatore L12-b è costituito fundamentalmente dalle seguenti parti:

- microstriscia d'alimentazione
- stub sagomato d'accoppiamento
- patch d'accoppiamento
- corona con stub ad angolo retto d'isolamento
- cavità ad alta impedenza

La microstriscia, lo stub sagomato e la corona di stub si trovano nella parte inferiore del PCB, mentre il patch si trova all'interno di un cerchio inciso sul piano di massa. Scopo dello stub d'accoppiamento e del patch è quello di trasferire la potenza trasportata dal modo quasi-TEM della microstriscia al modo TE11 della guida circolare.

Essendo una struttura aperta, il lanciatore presenterà numerose perdite causate dall'irradiazione di energia elettromagnetica. Una struttura di questo tipo infatti tenderà ad irradiare in tutte le direzioni. Per diminuire tale perdite è stata inserita una corona di stub ed una cavità. Gli stub sulla corona sono lunghi $\lambda/4$ in modo da imporre un nullo di campo elettrico lungo il bordo interno della corona simulando così un cortocircuito virtuale tra la faccia inferiore e quella superiore, contenendo di fatto il campo. La cavità invece è una guida circolare di diametro 11 mm che presenta una lunghezza di cut-off inferiore a quella di lavoro, introducendo una condizione di alta impedenza e reindirizzando il campo nella direzione opposta.

Nelle figure 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 sono mostrate alcune immagini del dispositivo, nelle figure 4.5 e 4.6 sono riportate le quote del circuito stampato sulle due facce del PCB e nelle figure 4.7 e 4.8 sono riportati il return loss e l'insertion loss.

Dalla relazione

$$LP = 1 - (|S_{11}|^2 + |S_{21}|^2)$$


È possibile determinare la potenza persa (LP: lost power) per perdite dielettriche e per perdite radiative (fig. 4.9).

Mediando gli ultimi 3 valori nella banda di interesse otteniamo le seguenti caratteristiche riassuntive:

| Lanc | min(S11) | max(S11) | med(S11) | min(S21) | max(S21) | med(S21) | min(LP) | max(LP) | med(LP) |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|
| L12-b | -19.37 | -6.32 | -11.44 | -1.38 | -0.16 | -0.53 | 0.0242 | 0.04 | 0.029 |

Tabella 4.1: Tabella riassuntiva sulle prestazioni del lanciatore L12-b

Confrontando la tabella con quella relativa agli altri lanciatori si nota che, nonostante il return loss non eccellente, il lanciatore L12-b presenta un buon insertion loss ed una bassa perdita, oltre al minor ingombro.

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE ₁₁ in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 9 |

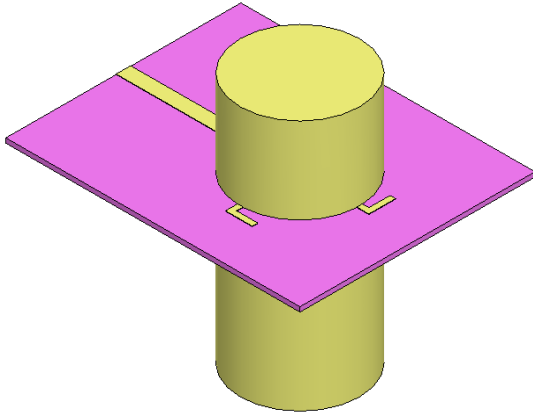


Figura 4.1: Immagine del L12-b visto dalla parte inferiore. Si nota la linea di alimentazione, gli stub ad angolo retto e la cavità ad alta impedenza

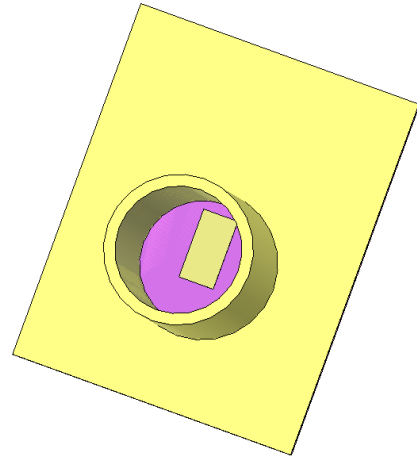


Figura 4.2: Immagine del L12-b visto dall'alto. Si nota il patch e la guida rappresentante il goodundo (la rexolite è in trasparenza)

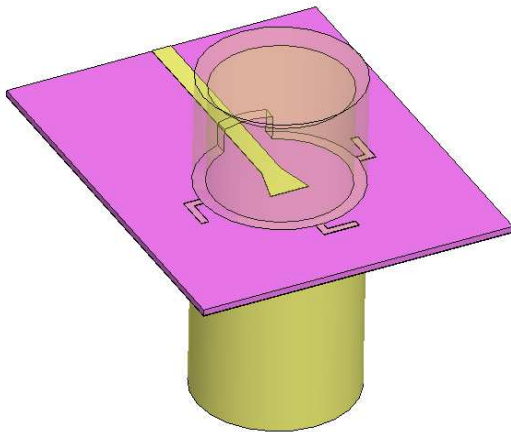


Figura 4.3: Altra immagine vista da sotto, con cavità in trasparenza. In questo caso si nota lo stub sagomato

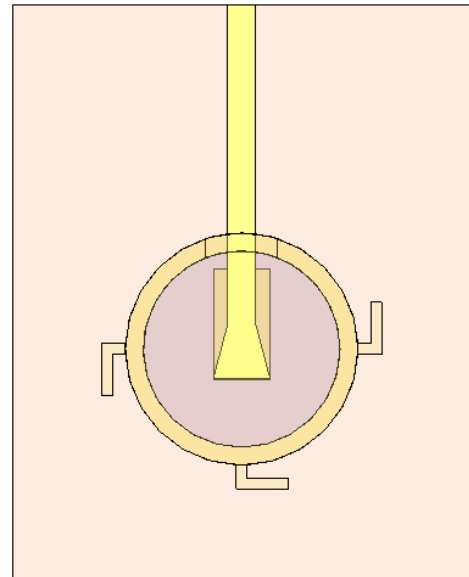



Figura 4.4: Sezione orizzontale del L12-b con supporto in trasparenza. Si nota l'allineamento tra patch e stub e la corona di stub ad angolo retto.

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 10 |

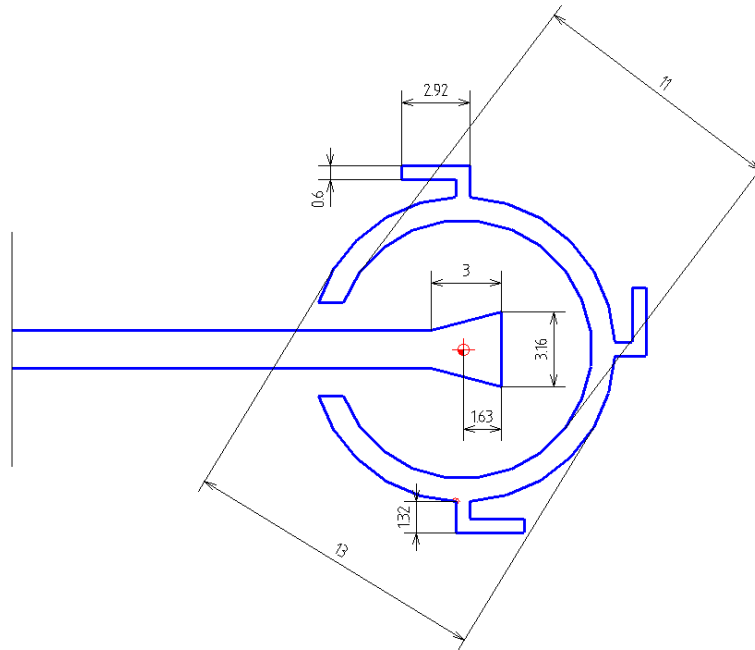


Figura 4.5: Quotazione del circuito stampato presente nella parte inferiore del supporto

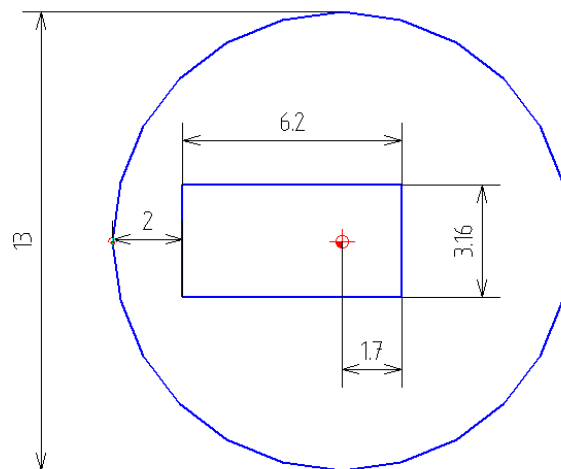



Figura 4.6: Quotazione del patch e dell'incisione circolare realizzata sulla parte superiore del supporto.

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA</small> <small>NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 11 |

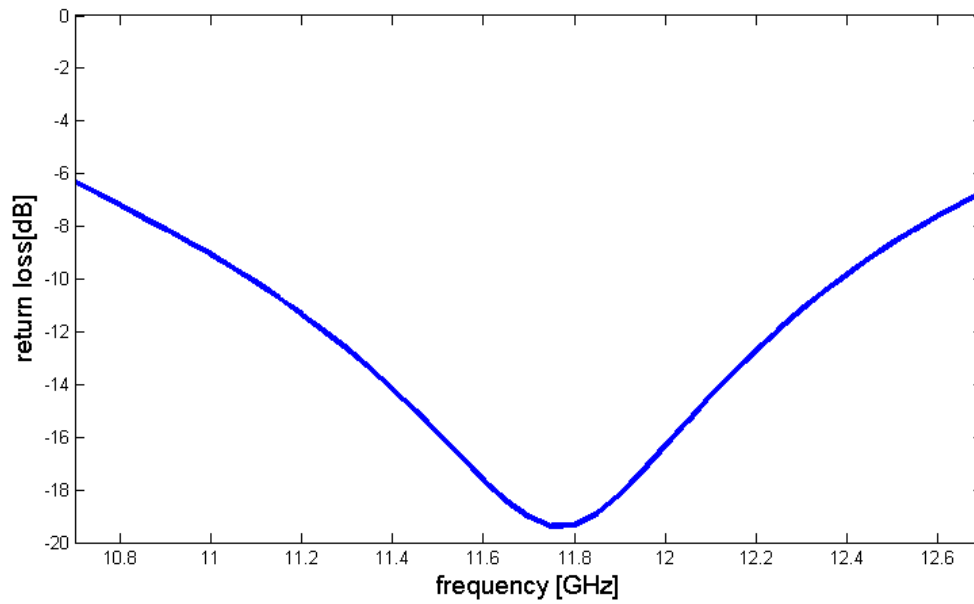


Figura 4.7: Return Loss del lanciatore L12-b

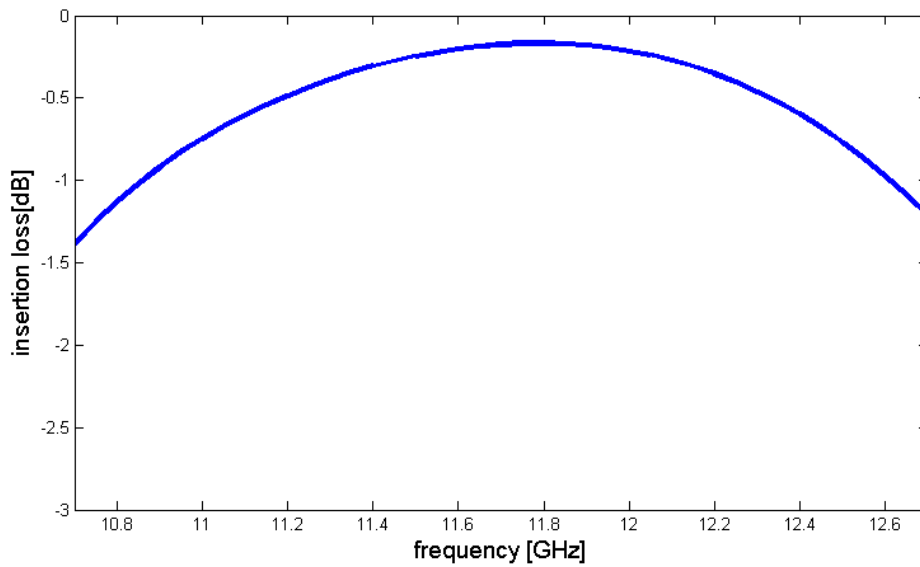



Figura 4.8: Insertion Loss del lanciatore L12-b

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA <small>NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 12 |

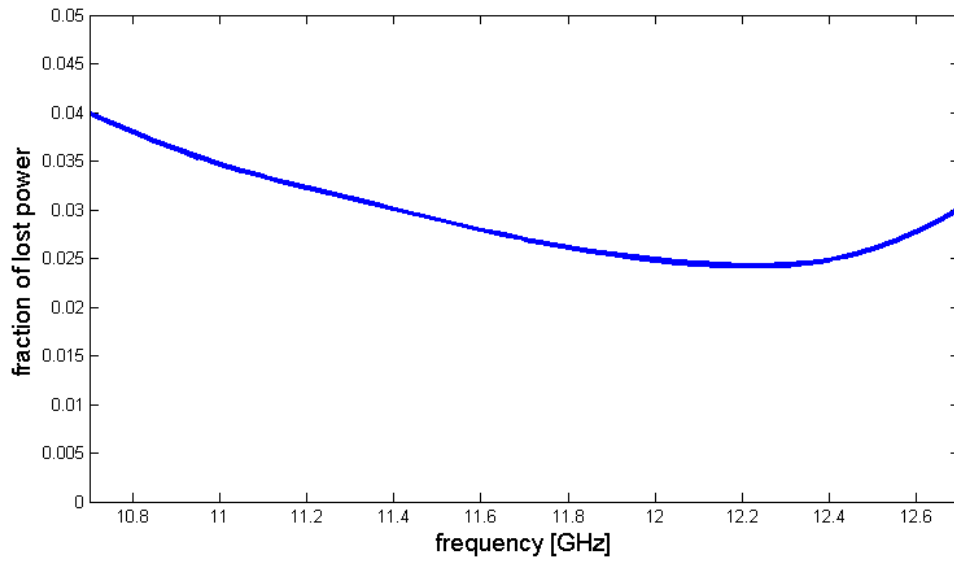


Figura 4.9: Frazione di potenza persa per irradiazione o per effetti dielettrici

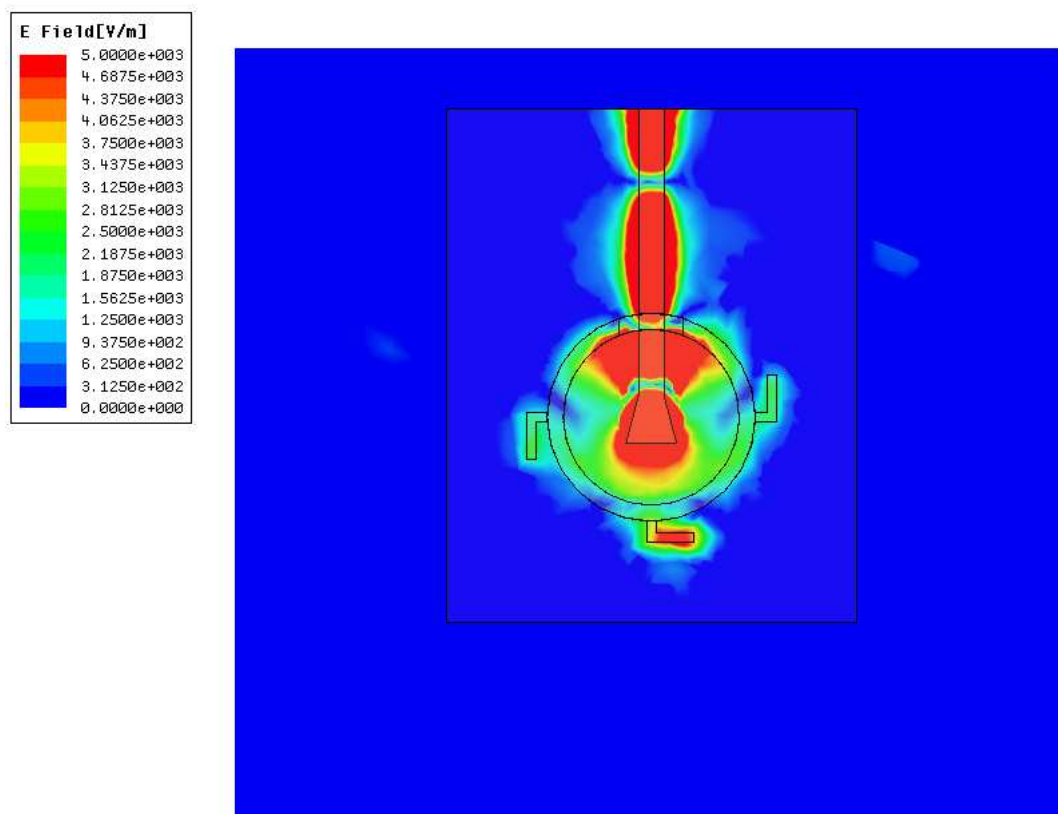



Figura 4.10: Campo elettrico a 11.7 GHz all'altezza del laminato per il lanciatore L12-b

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA</small> <small>NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 13 |

5 Antenna in radiazione

L'ultimo passo è stato quello di sostituire la guida in rexolite adattata con l'antenna goodundo fig. 5.1). Sono state eseguite simulazioni di return loss e di direttività sul piano E (piano lungo la microstriscia) e piano H (figure seguenti).

Dalle figure si nota come c'è un aumento del return loss notevole causato dal disadattamento stesso dell'antenna con valori che comunque si mantengono mediamente sui -10 dB.

I pattern sono abbastanza puliti a livello di x-polarizzazione grazie alla struttura abbastanza simmetrica.

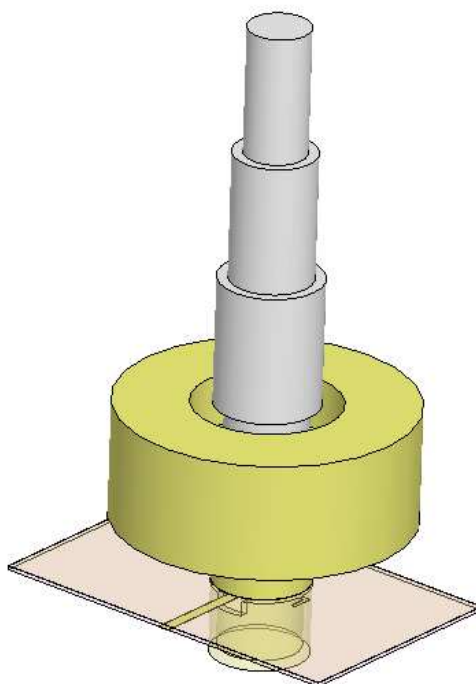


Figura 5.1: Immagine della struttura presa in considerazione

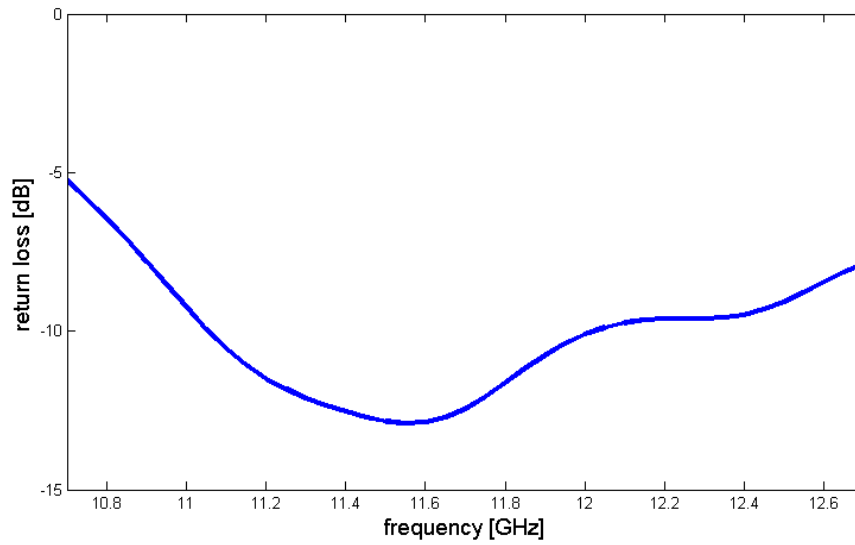


Figura 5.2: Return loss dell'antenna completa

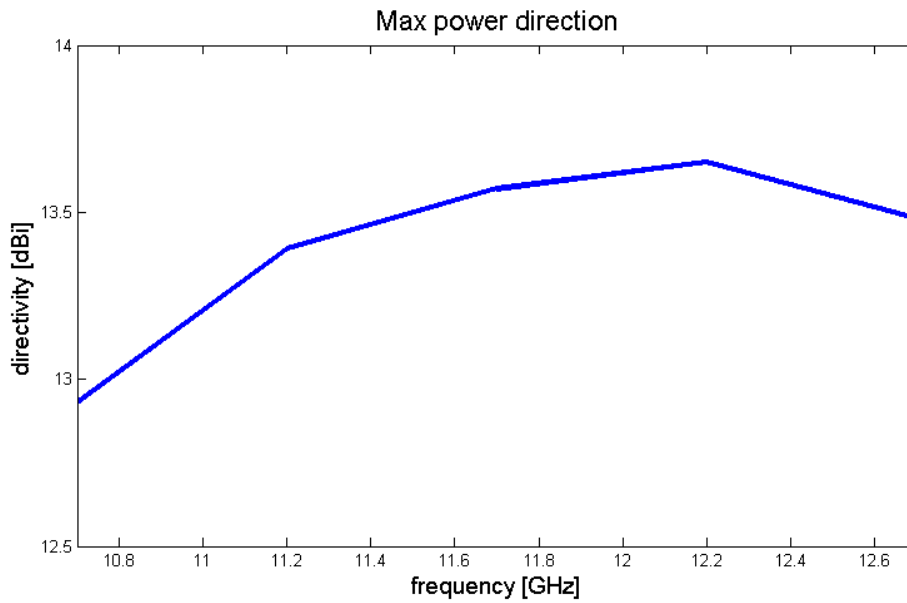


Figura 5.3: Direttività lungo la massima direzione

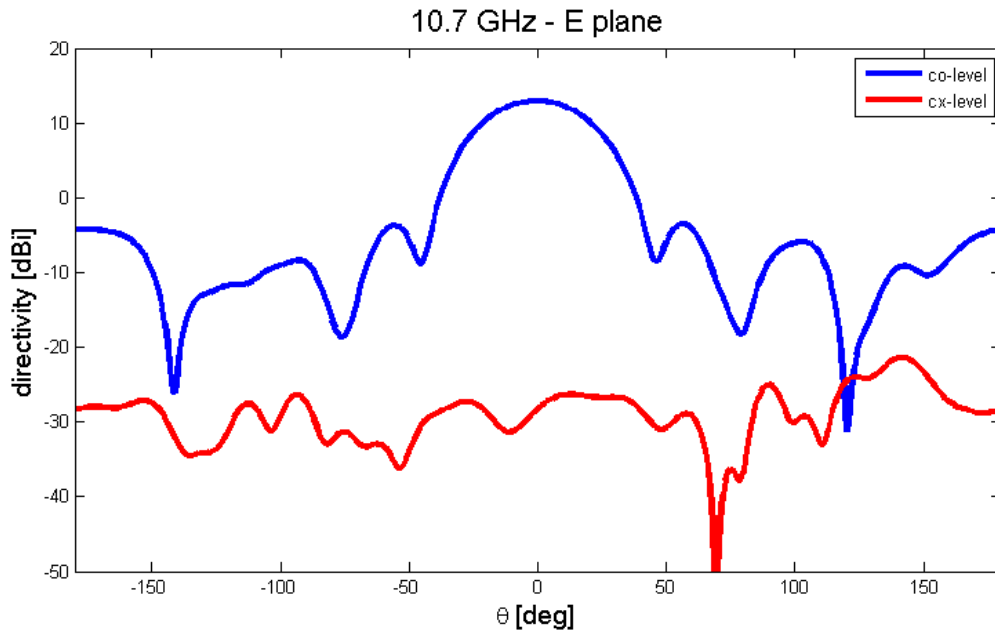


Figura 5.4: Componente copolare e x-polare della direttività dell'antenna completa alla frequenza di 10.7 GHz sul piano E

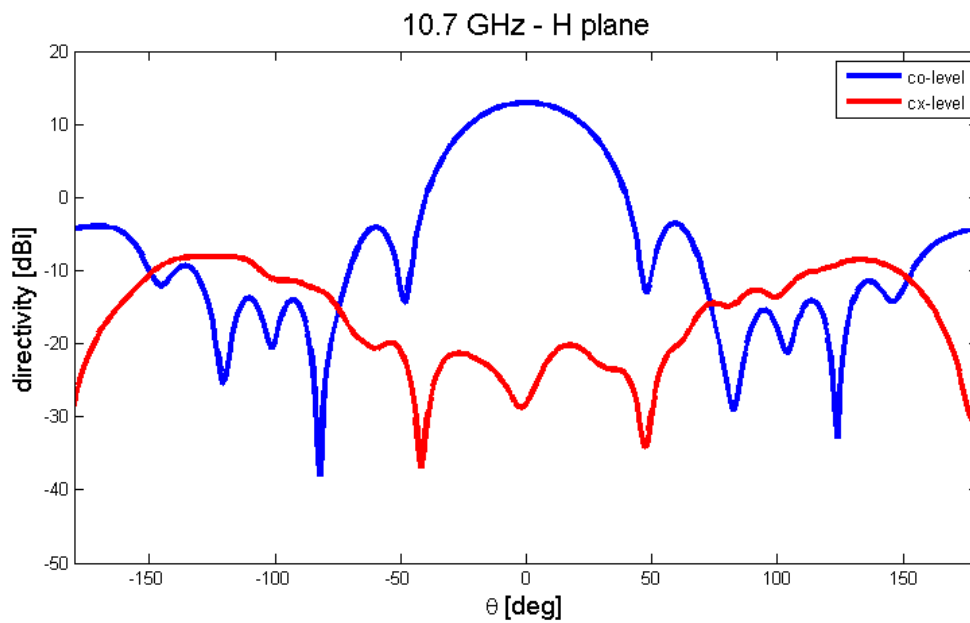


Figura 5.5: Componente copolare e x-polare della direttività dell'antenna completa alla frequenza di 10.7 GHz sul piano H

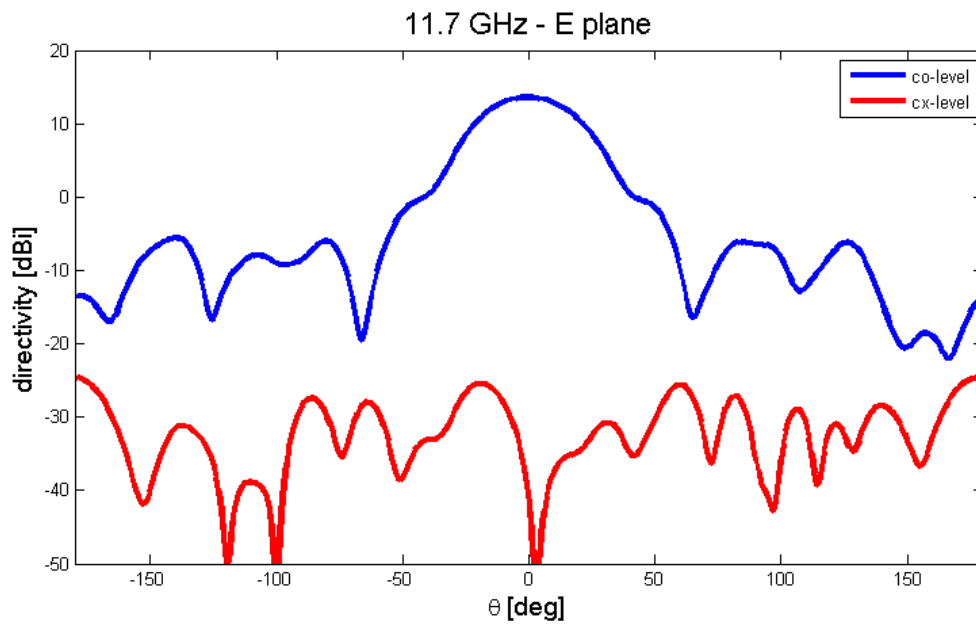


Figura 5.6: Componente copolare e x-polare della direttività dell'antenna completa alla frequenza di 11.7 GHz sul piano E

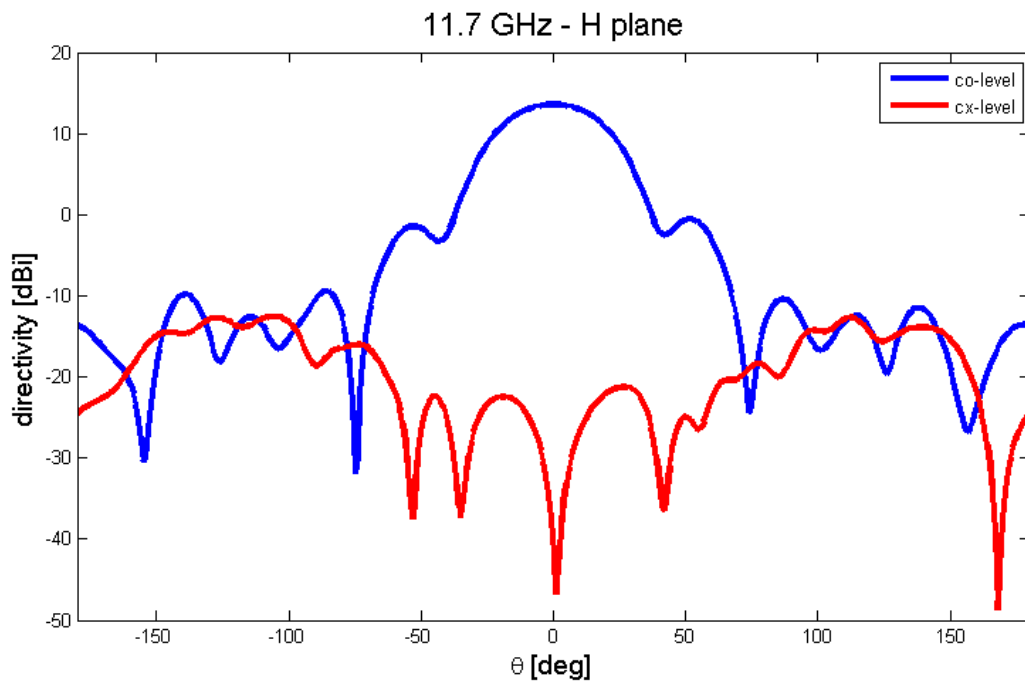


Figura 5.7: Componente copolare e x-polare della direttività dell'antenna completa alla frequenza di 11.7 GHz sul piano H

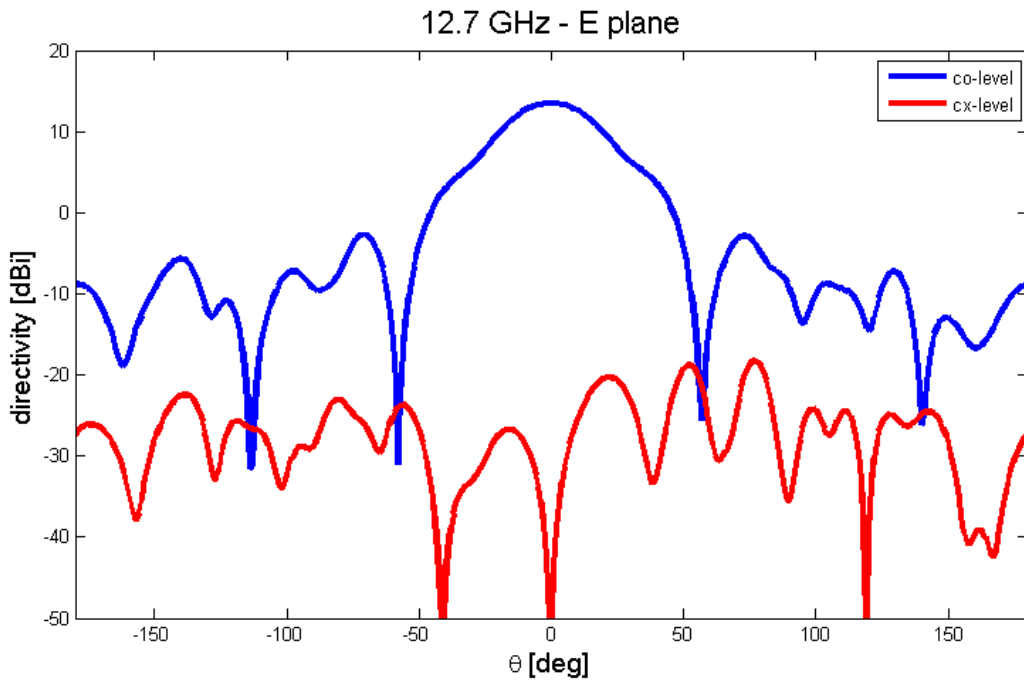


Figura 5.8: Componente copolare e x-polare della direttività dell'antenna completa alla frequenza di 12.7 GHz sul piano E

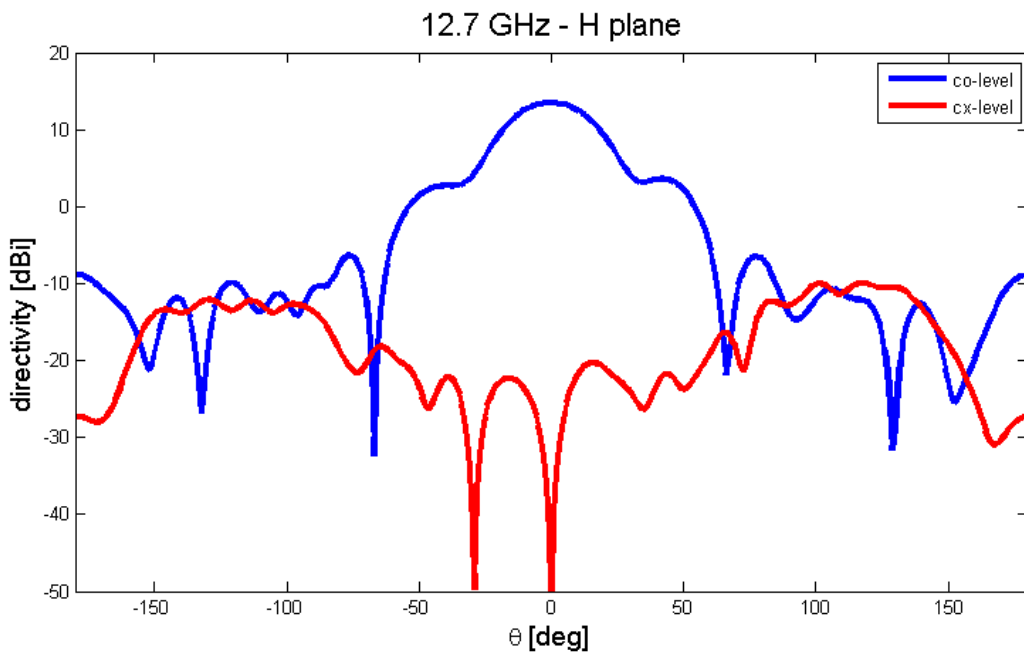



Figura 5.9: Componente copolare e x-polare della direttività dell'antenna completa alla frequenza di 12.7 GHz sul piano H

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 18 |


6 Appendice A: altri lanciatori studiati

Di seguito sono riportati i lanciatori precedenti al L12-b con prestazioni riassunte nella tabella 6.1

- L03: lanciatore con accoppiamento diretto tramite stub sagomato
- L04: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare e stub sagomato
- L05: lanciatore con accoppiamento tramite patch circolare e stub sagomato
- L06-a: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare, stub sagomato e cavità di adattamento
- L06-b: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare, stub sagomato e cavità di adattamento più grande
- L07: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare, stub sagomato e stub finale sulla cavità
- L08: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare, stub sagomato e stub finale sagomato sulla cavità
- L09: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare, stub sagomato e cavità cortocircuitata con il ground
- L10: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare, stub sagomato e 6 stub finali sagomati sulla cavità
- L10-b: lanciatore L10 semplificato
- L11: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare, stub sagomato e 6 stub finali non sagomati sulla cavità
- L12: lanciatore con accoppiamento tramite patch rettangolare, stub sagomato e 4 stub finali sulla cavità.

| Lanc. | min(S11) | max(S11) | med(S11) | min(S12) | max(S12) | med(S12) | min(LP) | max(LP) | med(LP) |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|
| L03 | -16.76 | -13 | -15.28 | -2.24 | -1.47 | -1.63 | 0.24 | 0.35 | 0.17 |
| L04 | -25.29 | -8.82 | -16.7 | -1.87 | -0.8 | -1.22 | 0.13 | 0.22 | 0.17 |
| L05 | -28 | -8.55 | -15.1 | -1.67 | -1 | -1.22 | 0.15 | 0.26 | 0.2 |
| L06-a | -21.4 | -6.8 | -12 | -1.42 | -0.26 | -0.67 | 0.045 | 0.1 | 0.064 |
| L06-b | -17.5 | -5.9 | -10.9 | -1.46 | -0.2 | -0.6 | 0.025 | 0.088 | 0.034 |
| L07 | -19.7 | -6.43 | -11.5 | -1.32 | -0.15 | -0.52 | 0.021 | 0.041 | 0.028 |
| L08 | -19.2 | -6.69 | -11.7 | -1.26 | -0.17 | -0.53 | 0.021 | 0.076 | 0.034 |
| L09 | -19 | -6.71 | -11.9 | -1.27 | -0.18 | -0.5 | 0.026 | 0.04 | 0.03 |
| L10 | -19 | -6.77 | -11.5 | -1.2 | -0.17 | -0.5 | 0.024 | 0.032 | 0.028 |
| L10-b | -20 | -6.9 | -12 | -1.2 | -0.18 | -0.55 | 0.03 | 0.1 | 0.04 |
| L11 | -19.8 | -6.63 | -11.7 | -1.28 | -0.17 | -0.52 | 0.026 | 0.04 | 0.032 |
| L11-b | -21.36 | -6.33 | -12.8 | -1.3 | -0.24 | -0.62 | 0.027 | 0.063 | 0.05 |
| L12 | -18.56 | -6.44 | -11.4 | -1.28 | -0.17 | -0.53 | 0.023 | 0.044 | 0.028 |
| L12-b | -19.37 | -6.32 | -11.44 | -1.38 | -0.16 | -0.53 | 0.0242 | 0.04 | 0.029 |

Tabella 6.1: Tabella riassuntiva sulle prestazioni dei lanciatori in microstriscia studiati

| | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|-----|
|  INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small> | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE ₁₁ in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 19 |

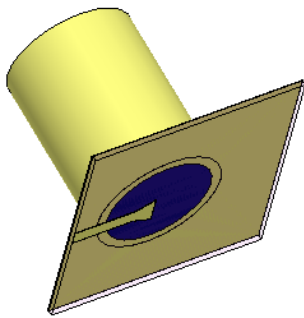


Figura 6.1: L03

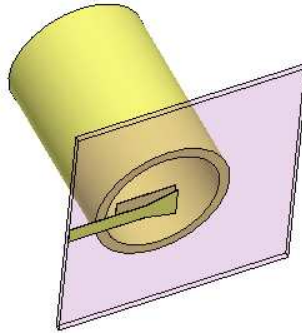


Figura 6.2; L04

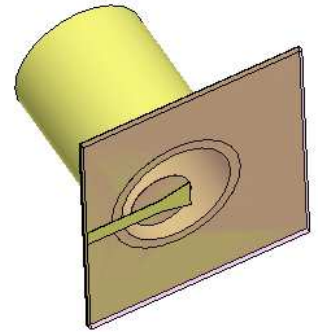


Figura 6.3: L05

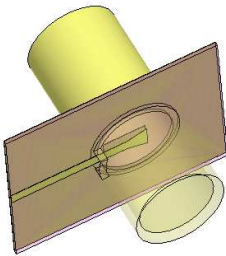


Figura 6.4; L06

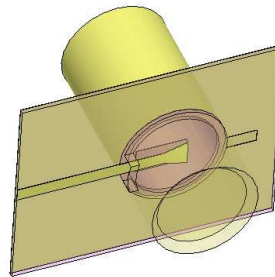


Figura 6.5: L07

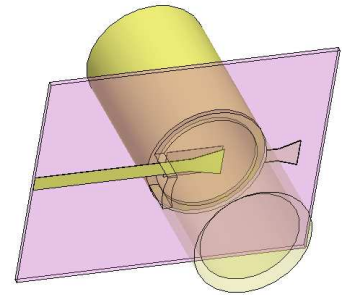


Figura 6.6: L08

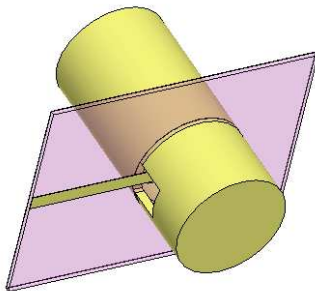


Figura 6.7: L09

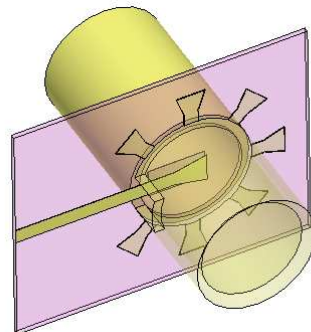


Figura 6.8: L10

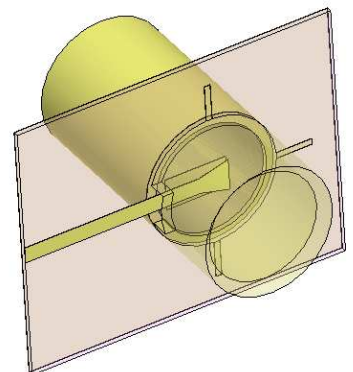



Figura 6.9: L12

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 20 |

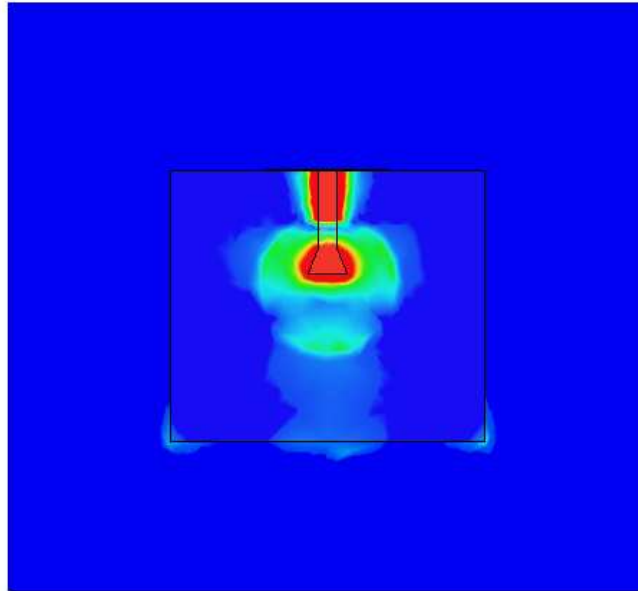
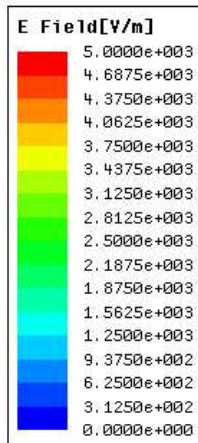


Figura 6.10: Campo elettrico a 11.7 GHz all'altezza del laminato per il lanciatore L03

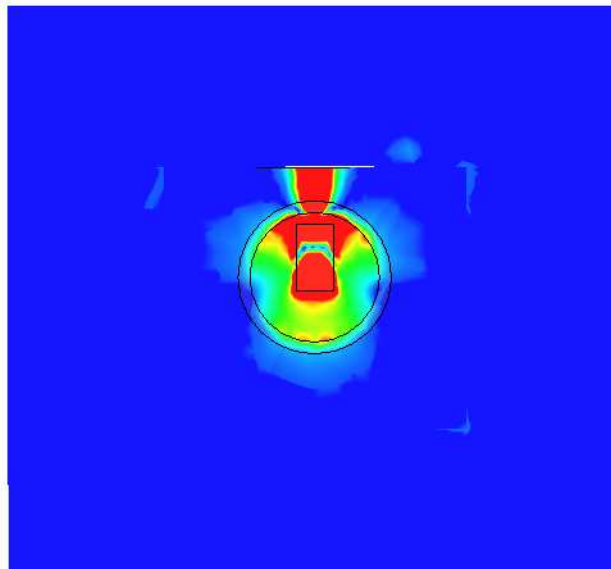
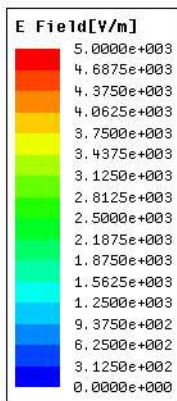


Figura 6.11: Campo elettrico a 11.7 GHz all'altezza del laminato per il lanciatore L04

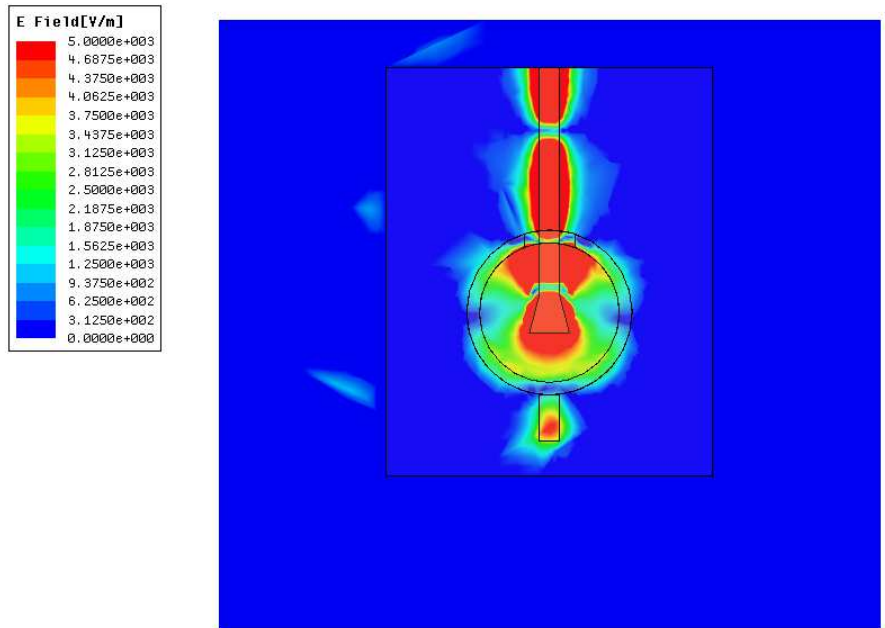


Figura 6.12: Campo elettrico a 11.7 GHz all'altezza del laminato per il lanciatore L07

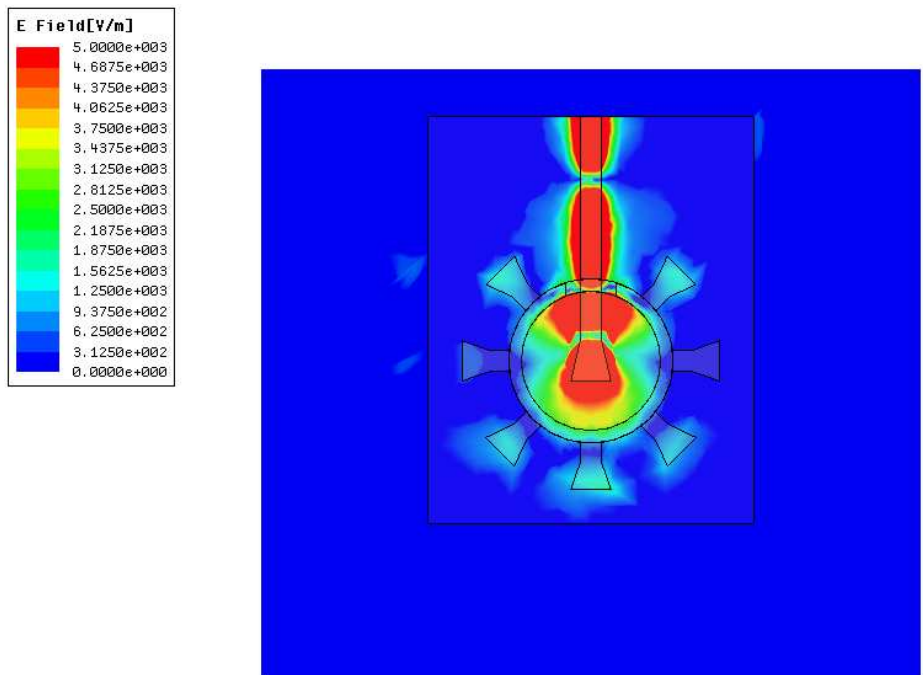



Figura 6.13: Campo elettrico a 11.7 GHz all'altezza del laminato per il lanciatore L10

| | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|-----|
|  | Doc. Title: | Progetto di un lanciatore di modo TE11 in microstriscia | | |
| | Doc. Ref: | Planar Array 2006/02 | Issue/Rev: | 1.0 |
| | Date: | 30/07/2007 | Pag.: | 22 |

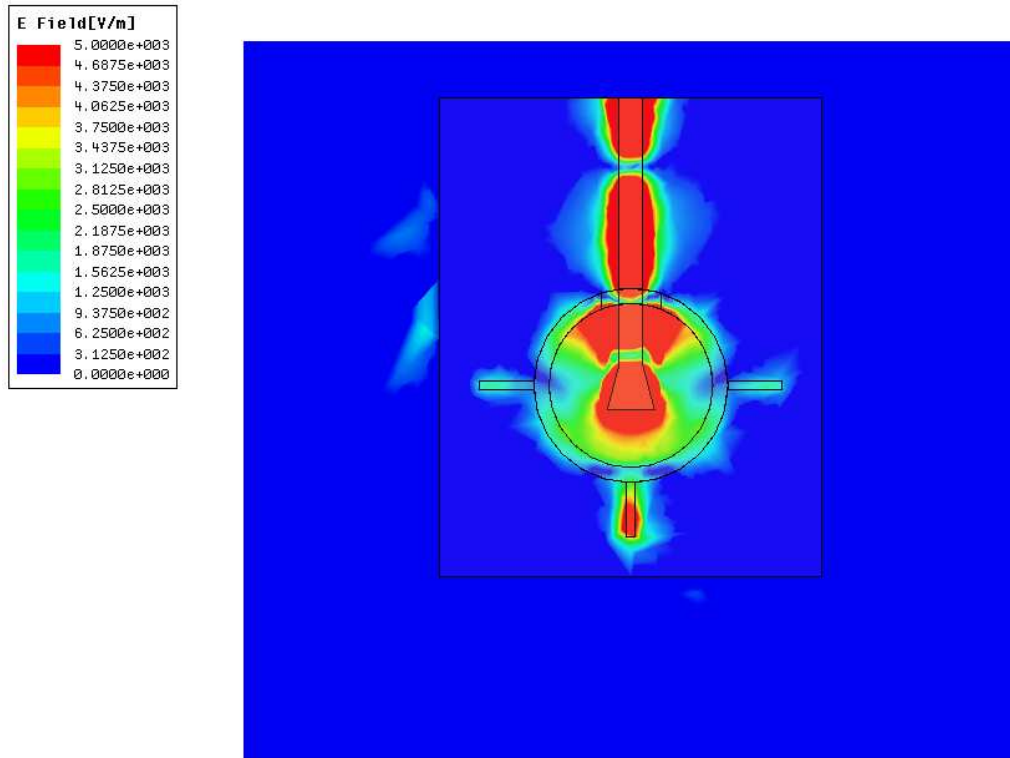


Figura 6.14: Campo elettrico a 11.7 GHz all'altezza del laminato per il lanciatore L12