



MICROSTRIP ΚΕΡΑΙΕΣ

**Της σπουδάστριας
Δερμιτζάκη Μαρία**

27 Ιανουαρίου 2006

**Πτυχιακή εργασία μέρος των απαιτήσεων του Τμήματος Τηλεπληροφορικής και
Διοίκησης**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Την πτυχιακή μου την αφιερώνω στον πατέρα μου και στην μητέρα μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κ.Θ. Αγγέλης που συνέβαλε σημαντικά καθοδηγώντας με στην εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας.

Abstract

Η πτυχιακή αυτή αναφέρεται στις Microstrip κεραίες. Αυτές οι κεραίες αποτελούνται από ένα μεταλλικό patch σε ένα στηριγμένο υπόστρωμα. Το μεταλλικό patch μπορεί να πάρει πολλές διαφορετικές διαμορφώσεις. Αυτές οι κεραίες μπορούν να τοποθετηθούν στην επιφάνεια των υψηλής απόδοσης αεροσκαφών, του διαστημικού σκάφους, των δορυφόρων, των βλημάτων, των αυτοκινήτων, και ακόμη και των κινητών τηλεφώνων. Μερικά βασικά λειτουργικά μειονεκτήματα των κεραίων microstrip, είναι η χαμηλή αποδοτικότητα τους, η χαμηλή ενέργεια, το υψηλό Q, η χαμηλή καθαρότητα πόλωσης, η χαμηλή επίδοση ανίχνευσης, η εσφαλμένη τροφοδότηση της ακτινοβολίας και η πολύ περιορισμένη συχνότητα του εύρους ζώνης, που είναι τυπικά μόνο ένα τμήμα ενός ποσοστού.

Εμείς θα ασχοληθούμε περισσότερο με τις rectangular microstrip patch antennas για χρήση στην κινητή τηλεφωνία. Μία ορθογώνια microstrip κεραία μπορεί να αναπαρασταθεί ως μία σειρά των ακτινοβολούντων στενών ανοιγμάτων, με εύρος W και ύψος h , που χωρίζονται από την απόσταση L . Επειδή οι διαστάσεις του patch είναι πεπερασμένες σε μήκος και εύρος, τα πεδία στις άκρες του patch υφίστανται πλαισίωση. Για το κυρίαρχο επίπεδο E (xy -επίπεδο) η πλαισίωση είναι μία λειτουργία της αναλογίας μεταξύ του μήκους του patch L προς το ύψος h του υποστρώματος (L/h) και της διηλεκτρικής σταθεράς E του υποστρώματος. Η γραμμή microstrip συμπεριφέρεται περισσότερο ως ομοιογενής γραμμή του διηλεκτρικού (μόνο στο υπόστρωμα) και η ενεργός διηλεκτρική σταθερά πλησιάζει την τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του υποστρώματος. Και τέλος καταλήγουμε στη διαδικασία σχεδιασμού των ορθογώνιων κεραίων. Η διαδικασία υποθέτει ότι οι καθορισμένες πληροφορίες περιλαμβάνουν τη διηλεκτρική σταθερά του υποστρώματος (E_r), τη συχνότητα (f_r) και το ύψος του υποστρώματος (h).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

GSM
Microstrip antennas
WLAN

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1	Εισαγωγή	1
-----	----------	---

Κεφάλαιο 2 Τύποι κεραιών

2.1	Τύποι κεραιών	5
-----	---------------	---

Κεφάλαιο 3 Microstrip κεραίες

3.1	Γενικά	10
3.2	Βασικά χαρακτηριστικά	11
3.3	Μέθοδοι Τροφοδότησης	14
3.4	Μέθοδοι Ανάλυσης	18
3.5	Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Microstrip κεραιών	18

Κεφάλαιο 4 Rectangular Microstrip Patch Antennas

4.1	Γενικά	21
4.2	Μοντέλο γραμμής μετάδοσης	21
4.2.1	Αποτελέσματα πλαισίωσης	22
4.2.2	Ενεργό μήκος & ενεργό εύρος	25
4.2.3	Σχεδιασμός	27

Κεφάλαιο 5 Εφαρμογές Microstrip κεραιών

5.1	Εφαρμογές	30
5.2	Επιλογή κεραίας Microstrip	30
5.3	Ασύρματες συνδέσεις	31

Κεφάλαιο 6 Πειραματικά

6.1	Πρακτική εφαρμογή	32
6.2	Προσομοίωση	34

Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα

7.1	Συμπεράσματα	42
-----	--------------	----

	Βιβλιογραφία	43
--	---------------------	----

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Όλες οι προτάσεις οι οποίες παρουσιάζονται σε αυτό το κείμενο και οι οποίες ανήκουν σε άλλον αναγνωρίζονται από τα εισαγωγικά και υπάρχει η σαφής δήλωση του συγγραφέα. Τα υπόλοιπα αναγραφόμενα είναι επινόηση του γράφοντος ο οποίος φέρει και την καθολική ευθύνη για αυτό το κείμενο και δηλώνω υπεύθυνα ότι δεν υπάρχει λογοκλοπή σε αυτό το κείμενο.

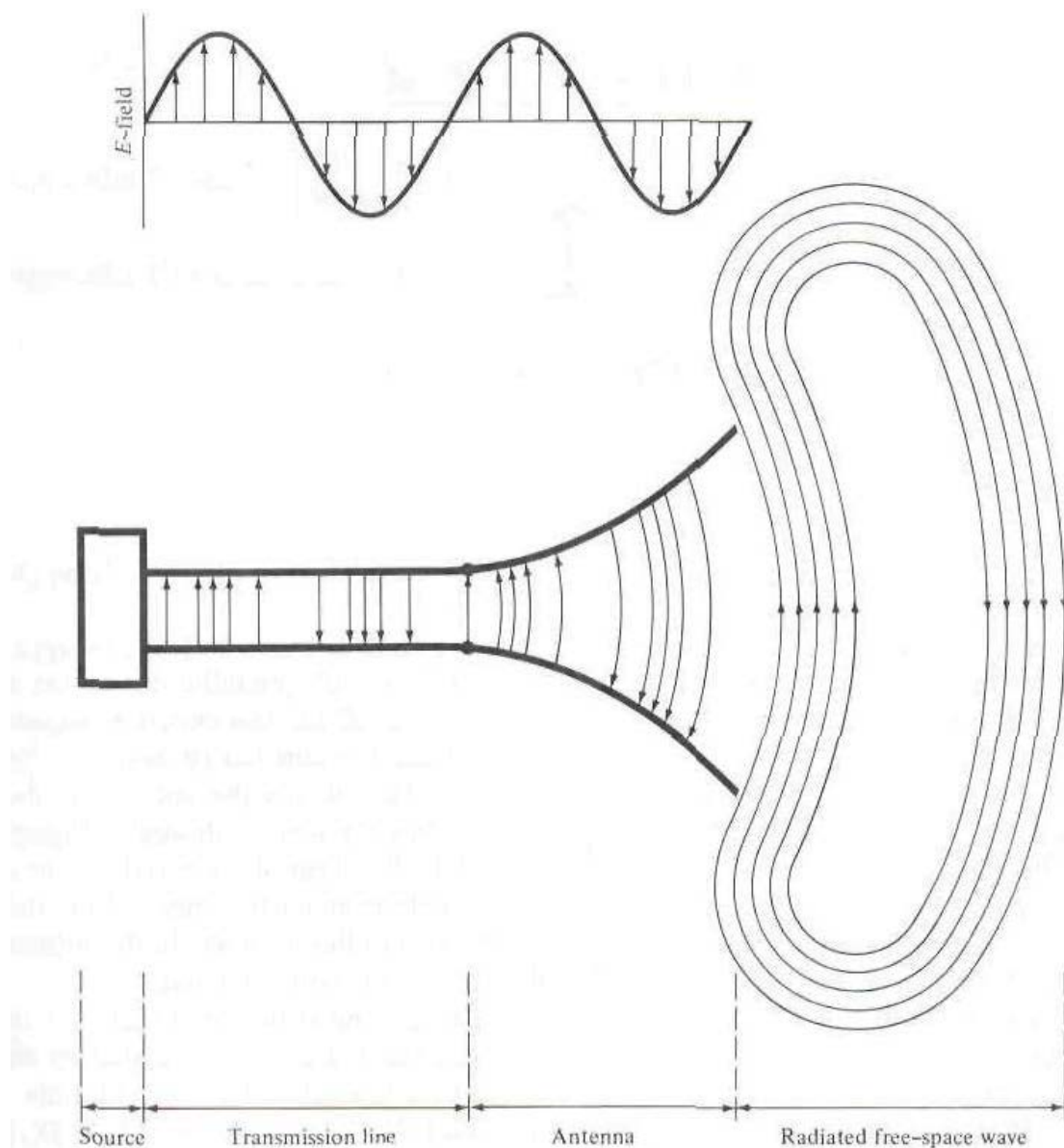
Όνοματεπώνυμο:

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

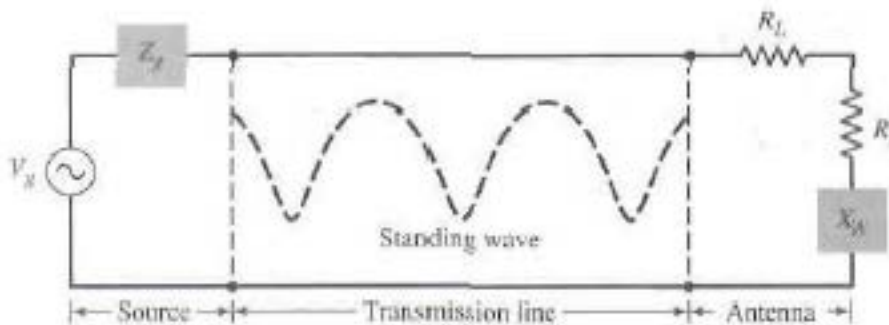
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**1.1 Εισαγωγή**

Μία κεραία ορίζεται συνήθως σαν μια μεταλλική συσκευή (σαν μία ράβδο ή ένα καλώδιο) η οποία εκπέμπει ή δέχεται ραδιοκύματα. Επίσης η κεραία ορίζεται ως μέσο μετάδοσης ή λήψης ραδιοκυμάτων. Με άλλα λόγια η κεραία είναι η μεταβατική διάταξη ανάμεσα στον ελεύθερο χώρο και σε μία διάταξη κυματοδότησης, όπως φαίνεται στο σχήμα.1.1



Σχήμα.1.1 Η κεραία σαν διάταξη μετάδοσης.

Η διάταξη κυματοδότησης ή γραμμή μετάδοσης μπορεί να πάρει τη μορφή μιας ομοαξονικής γραμμής ή ενός κενού σωλήνα (κυματοδηγός) και χρησιμοποιείται για να μεταδώσει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από την πηγή μετάδοσης στην κεραία ή από την κεραία στον δέκτη. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε έναν πομπό και στην δεύτερη έναν δέκτη.

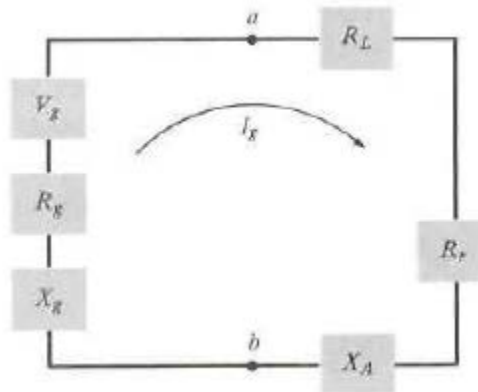


Σχήμα 1.2 Γραμμή μετάδοσης Thevenin

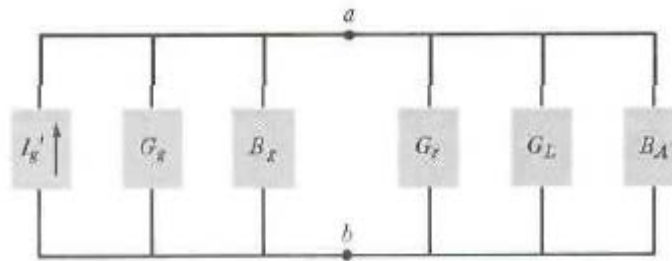
Μία γραμμή μετάδοσης κατά Thevenin, που είναι ισοδύναμη του συστήματος κεραίας του σχήματος 1.1 κατά τη διαδικασία της μετάδοσης, φαίνεται στο σχήμα 1.2, όπου η πηγή αναπαριστάται με μία ιδανική γεννήτρια, η γραμμή μετάδοσης αναπαριστάται από μία γραμμή της οποίας η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση είναι Z_c , και η κεραία αναπαριστάται από ένα φορτίο Z_A , που συνδέεται με τη γραμμή μετάδοσης, όπου η τιμή του Z_A δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\mathbf{Z}_A = (\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_r) + \mathbf{jX}_A$$

Τα ισοδύναμα κυκλώματα της κεραίας Thevenin κ Norton φαίνονται στο σχήμα 1.3 και στο σχήμα 1.4 αντίστοιχα.



Σχήμα 1.3 Κύκλωμά Thevenin



Σχήμα 1.4 Κύκλωμα Norton

Το φορτίο της αντίστασης R_L χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη μεταβίβαση και τις διηλεκτρικές απώλειες που σχετίζονται με τη δομή της κεραίας R_r , που αναφέρεται ως αντίσταση της ακτινοβολίας, χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει την ακτινοβολία από την κεραία.

Η αντίδραση X_A χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει το μιγαδικό μέρος της χαρακτηριστικής σύνθετης αντίστασης που σχετίζεται με την ακτινοβολία από την κεραία. Υπό ιδανικές συνθήκες, η ενέργεια που δημιουργείται από την πηγή πρέπει να μεταδοθεί ολοκληρωτικά στην αντίσταση της ακτινοβολίας R που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει την ακτινοβολία από την κεραία.

Ωστόσο, σε ένα πρακτικό σύστημα υπάρχουν απώλειες διηλεκτρικές και μεταβιβαστικές, λόγω της φύσης της γραμμής μετάδοσης και της κεραίας, καθώς και λόγω των απωλειών ανάκλασης στη διεπιφάνεια μεταξύ της γραμμής μεταφοράς και της κεραίας.

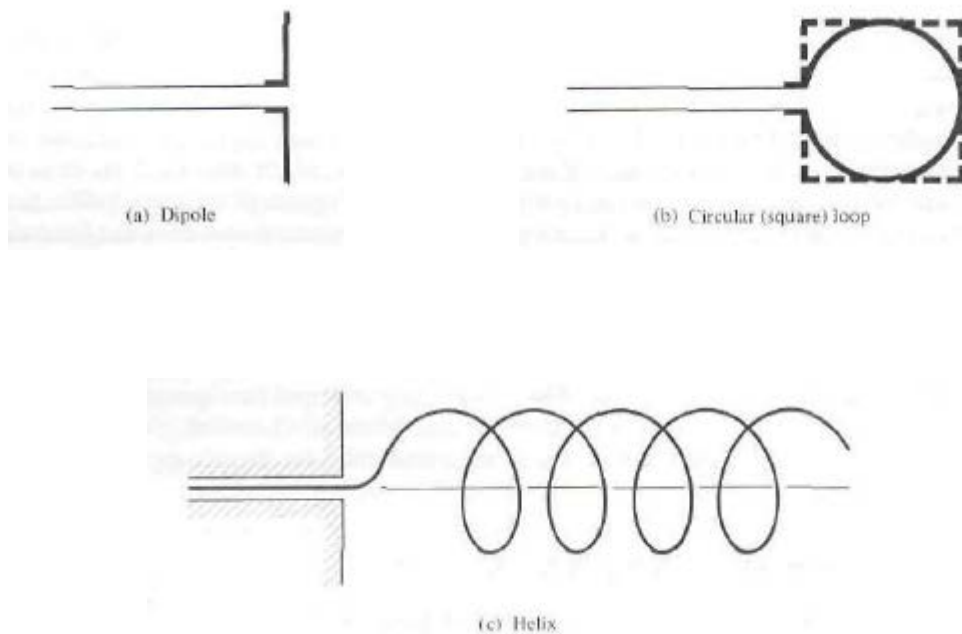
Εάν λάβουμε υπόψη μόνο την εσωτερική σύνθετη αντίσταση της πηγής, και αγνοήσουμε τις απώλειες της γραμμής μεταφοράς και τις απώλειες λόγω ανάκλασης, η μέγιστη ενέργεια μεταδίδεται στην κεραία κατά το « Conjugate matching ».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΥΠΟΙ ΚΕΡΑΙΩΝ**2.1 Τύποι κεραιών**

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κεραιών οι οποίοι είναι:

A) Κεραίες καλωδίων

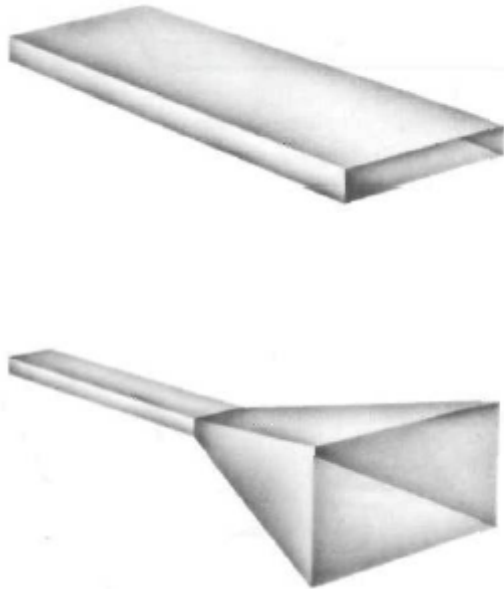
Η μορφή των κεραιών καλωδίων είναι γνωστή στον άνθρωπο επειδή φαίνονται ουσιαστικά παντού, στα αυτοκίνητα, στα κτήρια, στα σκάφη, στα αεροσκάφη κ.λ.π. Είναι διάφορες μορφές των κεραιών καλωδίων όπως ένα ευθύ καλώδιο (δίπολο), βρόχος, και έλικας. Οι κεραίες βρόχων δεν είναι απαραίτητο να είναι μόνο κυκλικές. Μπορούν να πάρουν τη μορφή ορθογωνίου, τετραγώνου, έλλειψης, ή οποιαδήποτε άλλη διαμόρφωση. Ο κυκλικός βρόχος είναι ο πιο διαδεδομένος λόγω της απλότητάς του στην κατασκευή.



Σχήμα 2.1 Κεραίες καλωδίων

B) Κεραίες ανοιγμάτων

Οι κεραίες ανοιγμάτων είναι πιο διαδεδομένες σήμερα από,τι στο παρελθόν λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για τις περιπλοκότερες μορφές κεραιών και τη χρησιμοποίηση των υψηλότερων συχνοτήτων. Οι κεραίες αυτού του τύπου είναι πολύ χρήσιμες για τις εφαρμογές αεροσκαφών και διαστημικών σκαφών, επειδή μπορούν να είναι επίπεδα τοποθετημένοι στο κέλυφος των αεροσκαφών ή του διαστημικού σκάφους. Επιπλέον, μπορούν να καλυφθούν με ένα διηλεκτρικό υλικό για να προστατεύονται από τους επικίνδυνες περιβαλλοντικές συνθήκες.

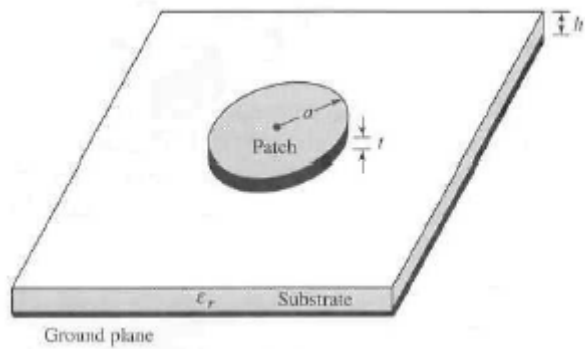
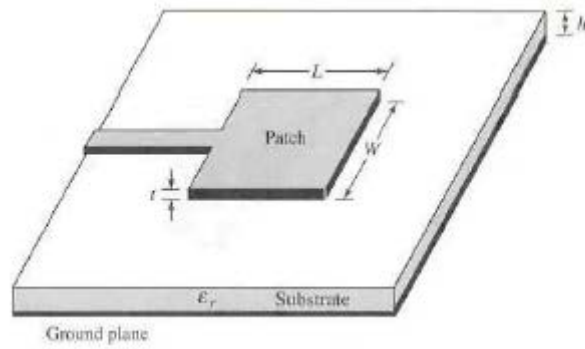


Σχήμα 2.2 Κεραίες ανοιγμάτων

Γ) Microstrip κεραίες

Οι microstrip κεραίες έγιναν πολύ δημοφιλείς στη δεκαετία του '70 αρχικά για τις διαστημικές εφαρμογές. Σήμερα χρησιμοποιούνται για κυβερνητικές και εμπορικές εφαρμογές. Αυτές οι κεραίες αποτελούνται από ένα μεταλλικό patch σε ένα στηριγμένο υπόστρωμα. Το μεταλλικό patch μπορεί να πάρει πολλές διαφορετικές διαμορφώσεις.

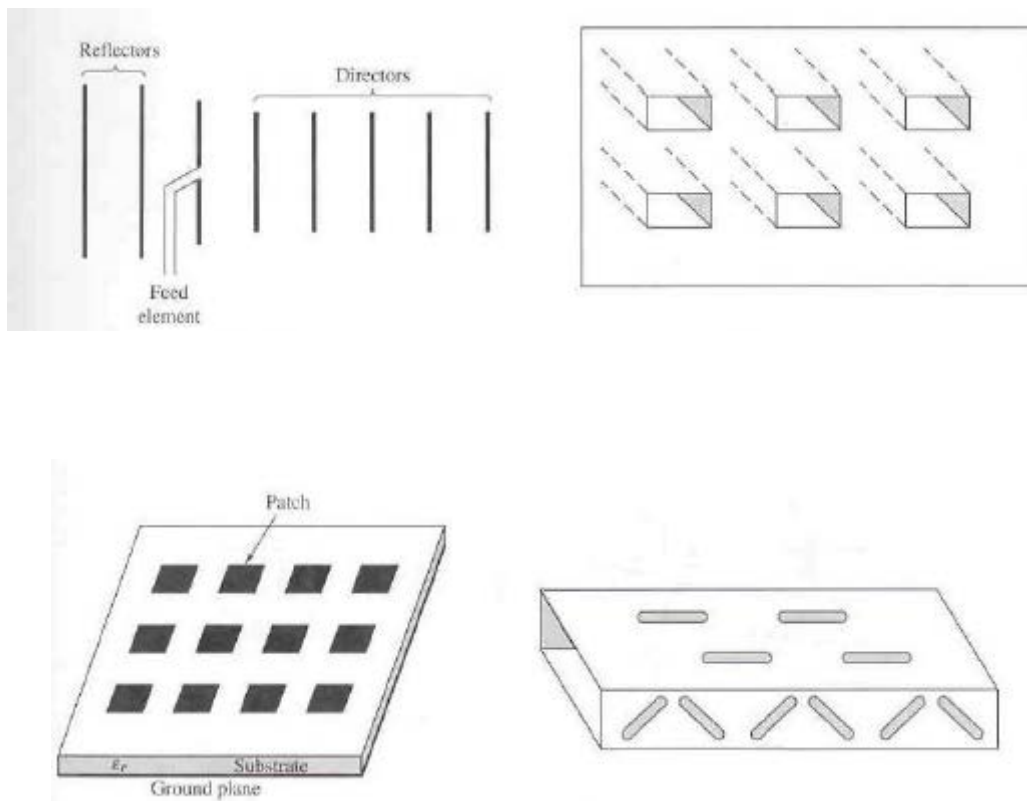
Αυτές οι κεραίες μπορούν να τοποθετηθούν στην επιφάνεια των υψηλής απόδοσης αεροσκαφών, του διαστημικού σκάφους, των δορυφόρων, των βλημάτων, των αυτοκινήτων, και ακόμη και των κινητών τηλεφώνων.



Σχήμα 2.3 Microstrip κεραίες

Δ) Κεραίες σειράς

Πολλές εφαρμογές απαιτούν χαρακτηριστικά ακτινοβολίας που μπορεί να μην είναι επιτεύξιμα από ένα ενιαίο στοιχείο. Μπορεί όμως ένα σύνολο της ακτινοβολίας των στοιχείων σε μια ηλεκτρική και γεωμετρική ρύθμιση να οδηγήσει στα επιθυμητά χαρακτηριστικά ακτινοβολίας. Η ρύθμιση της σειράς μπορεί να είναι τέτοια που η ακτινοβολία από τα στοιχεία μπορεί να δώσει μέγιστη ακτινοβολία σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση και ελάχιστη σε άλλες.



Σχήμα 2.4 Κεραίες σειράς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: MICROSTRIP ΚΕΡΑΙΕΣ

- **Γενικά**
- **Βασικά χαρακτηριστικά**
- **Μέθοδοι τροφοδότησης**
- **Μέθοδοι ανάλυσης**
- **Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα Microstrip κεραιών**

3.1 Γενικά

Στα υψηλής επίδοσης αεροσκάφη, διαστημόπλοια, δορυφόρους και στους πυραύλους, όπου το μέγεθος, το βάρος, το κόστος εκτέλεσης, η ευκολία εγκατάστασης και το αεροδυναμικό προφίλ είναι αναγκαία, ίσως απαιτούνται χαμηλής έντασης κεραίες. Επί του παρόντος υπάρχουν πολλές άλλες κυβερνητικές και εμπορικές εφαρμογές, όπως το φορητό ραδιόφωνο ή η ασύρματη επικοινωνία που έχουν παρόμοια ειδικά χαρακτηριστικά. Για να ικανοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν κεραίες με χαμηλή ένταση προσαρμόσιμες σε επίπεδες και μη επίπεδες επιφάνειες, απλές και οικονομικές στην κατασκευή.

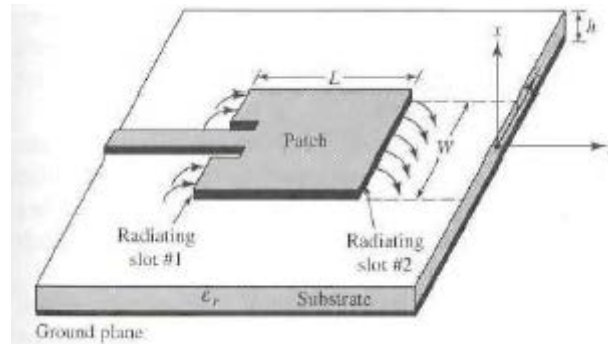
Χρησιμοποιούν τεχνολογία μοντέρνου κυκλώματος, είναι ισχυρές μηχανικά όταν τοποθετούνται σε σκληρές επιφάνειες είναι συμβατές με τα σχέδια MMIC και όταν επιλέγεται το συγκεκριμένο σχήμα και ο τρόπος, είναι πολυποίκιλες σε σχέση με την συχνότητα του ήχου, την πόλωση, το μοτίβο και τη σύνθετη αντίσταση. Επιπλέον, προσθέτοντας φορτίο ανάμεσα στο patch και στην επίπεδη επιφάνεια, όπως pins και varactor diodes, μπορούν να σχεδιαστούν προσαρμοστικά στοιχεία με μεταβλητή συχνότητα ήχου, πόλωσης και σύνθετης αντίστασης.

Μερικά βασικά λειτουργικά μειονεκτήματα των κεραιών microstrip, είναι η χαμηλή αποδοτικότητα τους, η χαμηλή ενέργεια, το υψηλό Q (ορισμένες φορές φτάνει στα 100), η χαμηλή ακρίβεια πόλωσης, η χαμηλή επίδοση ανίχνευσης, η εσφαλμένη τροφοδότηση της ακτινοβολίας και η πολύ περιορισμένη συχνότητα του εύρους ζώνης, που είναι τυπικά μόνο ένα τμήμα ενός ποσοστού.

Σε μερικές περιπτώσεις όπως στα κυβερνητικά συστήματα ασφαλείας, το στενό εύρος ζώνης είναι επιθυμητό. Ωστόσο, υπάρχουν μέθοδοι, όπως με την ενίσχυση του ύψους του υποστρώματος, που μπορούν να διευρύνουν την αποδοτικότητα (ως και κατά 90% αν δεν περιλαμβάνονται τα επιφανειακά κύματα) και το εύρος ζώνης (ως και 35%).

Όμως, καθώς αυξάνεται το ύψος, εισάγονται επιφανειακά κύματα τα οποία συνήθως δεν είναι επιθυμητά επειδή αποσπούν ενέργεια από το διαθέσιμο σύνολο για άμεση ακτινοβολία. Τα επιφανειακά κύματα ταξιδεύουν μέσα στο υπόστρωμα και διασκορπίζονται στην άκαμπτη επιφάνεια, και υποβιβάζουν τα χαρακτηριστικά του

σχεδίου και της πόλωσης. Τα επιφανειακά κύματα μπορούν να εξαλειφθούν διατηρώντας το μεγάλο εύρος ζώνης, χρησιμοποιώντας κοιλότητες.

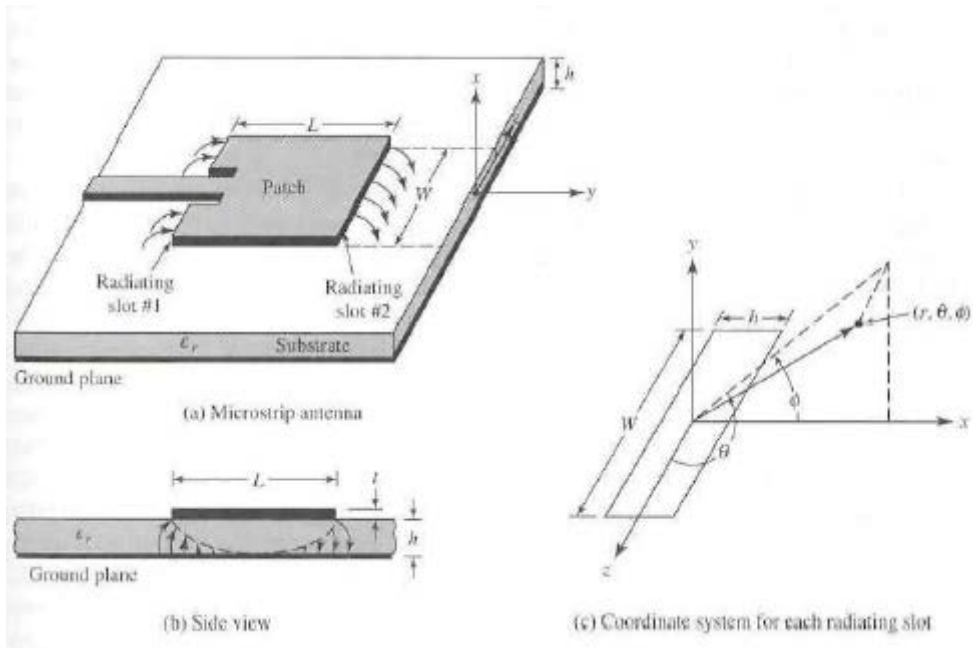


Σχήμα 3.1 Κεραία microstrip

Πρόσθεση περισσότερων στοιχείων κεραιών, καθώς και άλλοι μέθοδοι των microstrip στοιχείων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για την αύξηση του εύρους ζώνης. Επιπλέον οι microstrip κεραιές εκπέμπουν υψηλό ηλεκτρομαγνητικό σήμα, σε συγκεκριμένες συχνότητες έξω από τη λειτουργική ζώνη, και μάλλον υψηλό σήμα στις συχνότητες VHF και UHF. Στις μεγάλες σειρές υπάρχει ένα σταμάτημα ανταλλαγών ανάμεσα στο εύρος ζώνης και στην ένταση ανίχνευσης.

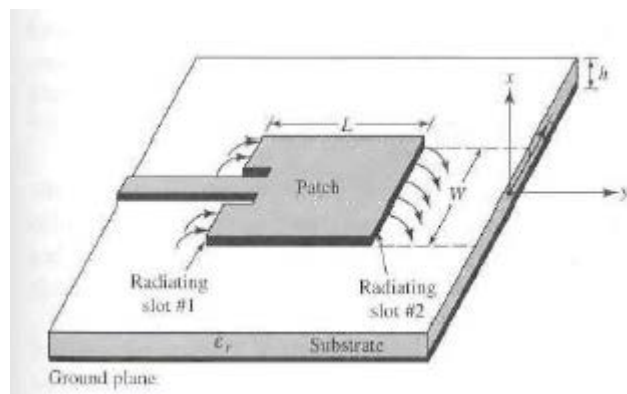
3.2 Βασικά χαρακτηριστικά

Οι κεραιές microstrip δέχτηκαν αξιοσημείωτη προσοχή με αφετηρία τη δεκαετία του '70, παρόλο που η ιδέα μιας microstrip κεραιάς ανιχνεύεται το 1953 και μία πατέντα το 1955. Οι microstrip κεραιές, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, αποτελούνται από μία πολύ λεπτή μεταλλική λωρίδα ($t \ll \lambda_0$ όπου λ_0 είναι το μήκος κύματος ελευθέρου χώρου), τοποθετημένη σε ένα μικρό τμήμα του μήκους κύματος ($h \ll \lambda_0$ συνήθως $0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$), πάνω από το επίπεδο επιφάνειας.



Σχήμα 3.2 Microstrip κεραία και ισοδύναμο σύστημα

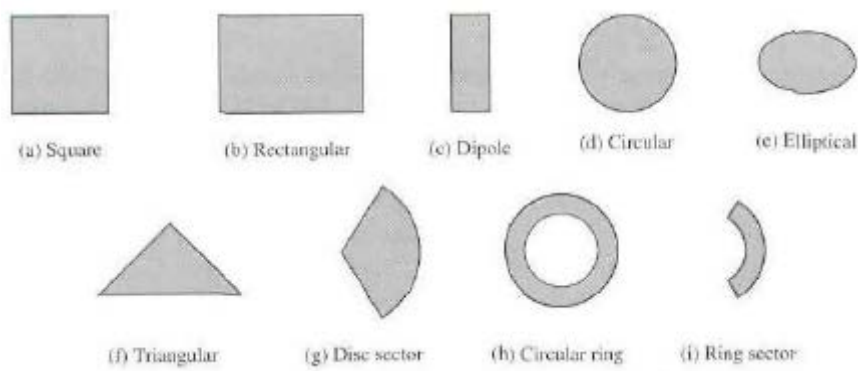
Το microstrip patch είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε το ανώτατο σημείο του δείγματος να είναι ίσο προς το patch. Αυτό επιτυγχάνεται με την σωστή επιλογή του τρόπου ακτινοβολίας κάτω από το patch. Για ένα ορθογώνιο patch το μήκος L ενός στοιχείου είναι συνήθως $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$. Η λωρίδα και το επίπεδο επιφάνειας χωρίζονται από ένα διηλεκτρικό στρώμα (που αναφέρεται ως υπόστρωμα), όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 Κεραία microstrip

Υπάρχουν πολυάριθμα υποστρώματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό των microstrip κεραιών και οι διηλεκτρικές σταθερές τους είναι συνήθως στην κλίμακα $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Αυτές που είναι περισσότερο επιθυμητές για την εκτέλεση των κεραιών είναι τα χοντρά υποστρώματα των οποίων η διηλεκτρική σταθερά είναι το χαμηλότερο σημείο της κλίμακας επειδή παρέχουν καλύτερη αποδοτικότητα, μεγαλύτερο εύρος ζώνης, αόριστα συνδεόμενα πεδία για ακτινοβολία στο χώρο, εις βάρος όμως του μεγαλύτερου μεγέθους των στοιχείων. Τα λεπτά υποστρώματα, με υψηλότερες διηλεκτρικές σταθερές είναι επιθυμητά για την κυκλοφορία των μικροκυμάτων, επειδή απαιτούν σφιχτά συνδεόμενα πεδία για να ελαχιστοποιούν την ανεπιθύμητη ακτινοβολία και την συνδεσιμότητα και για να οδηγούν σε μικρότερα μεγέθη στοιχείων. Ωστόσο, εξ αιτίας των μεγαλύτερων απωλειών τους, είναι λιγότερο αποδοτικά και έχουν σχετικά μικρότερο εύρος ζώνης. Εφόσον οι κεραιές microstrip είναι συχνά ενσωματωμένες με διαφορετική κυκλοφορία μικροκυμάτων, πρέπει να υπάρξει ένας συμβιβασμός ανάμεσα στην καλή απόδοση της κεραιάς και στο σχεδιασμό του κυκλώματος.

Συχνά οι κεραιές microstrip αναφέρονται και ως κεραιές patch. Τα στοιχεία ακτινοβολίας και η γραμμή τροφοδότησης είναι συνήθως τυπωμένα στο διηλεκτρικό υπόστρωμα. Το patch της ακτινοβολίας μπορεί να είναι τετράγωνο, ορθογώνιο, λεπτή λωρίδα, κυκλικό, ελλειπτικό, τρίγωνο ή σε οποιαδήποτε άλλη μορφή. Αυτά τα σχήματα φαίνονται στο σχήμα 3.4

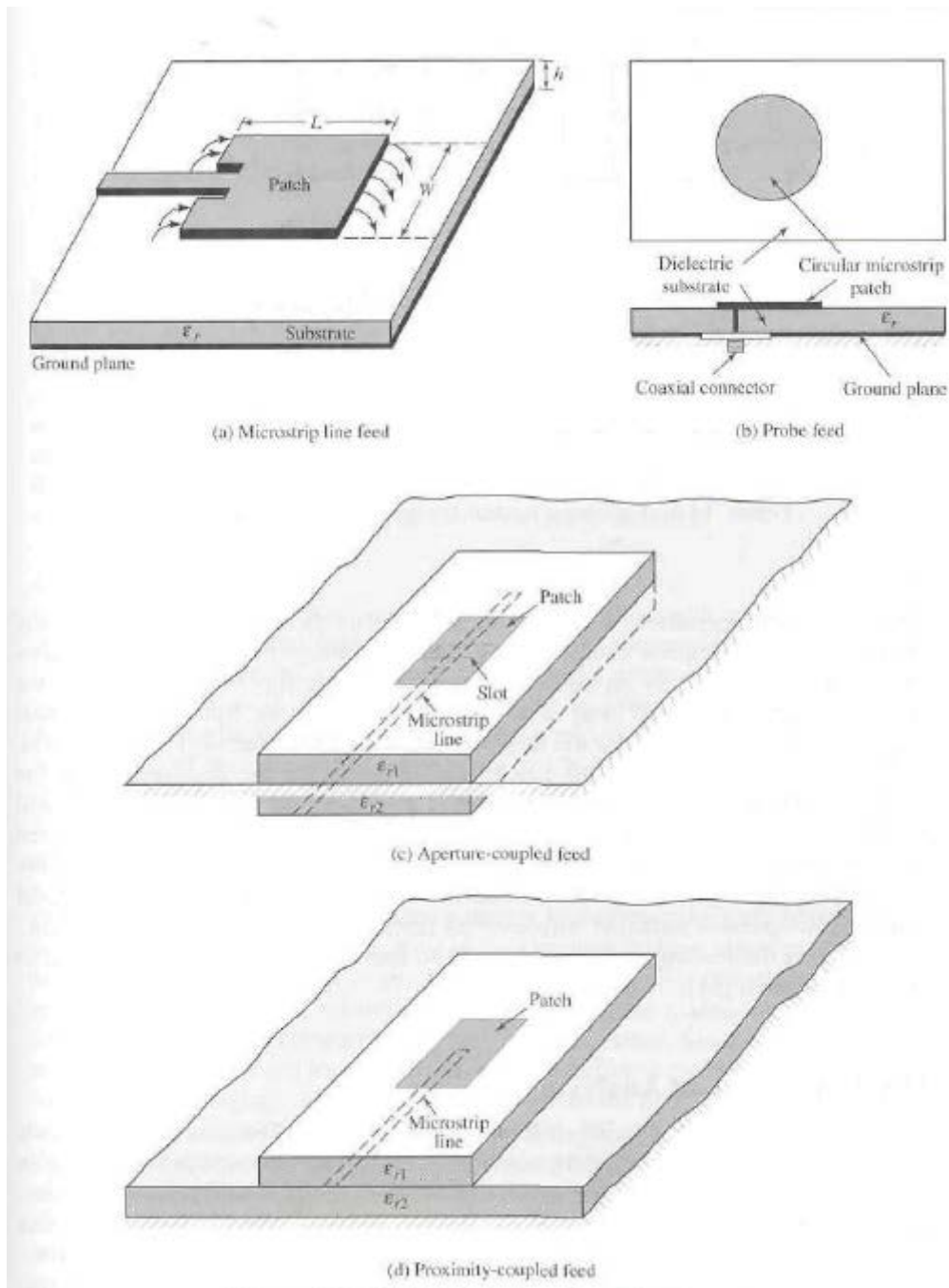


Σχήμα 3.4 Αντιπροσωπευτικές μορφές των microstrip στοιχείων

Το τετράγωνο, το ορθογώνιο, η διπολική λωρίδα και ο κύκλος είναι τα πιο συνηθισμένα λόγω της ευκολίας της ανάλυσης και της κατασκευής καθώς και λόγω των ελκυστικών χαρακτηριστικών ακτινοβολίας, ειδικά της χαμηλής ακτινοβολίας της διασταυρωμένης πόλωσης. Οι διπολικές λωρίδες microstrip είναι ελκυστικές επειδή διαθέτουν από μόνες τους ένα μεγάλο εύρος ζώνης και καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο, πράγμα που τις κάνει ελκυστικές για τις σειρές από κεραίες microstrip. Οι σειρές microstrip στοιχείων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να εισάγουν τις δυνατότητες ανίχνευσης και για να πετύχουν μεγαλύτερες κατευθύνσεις.

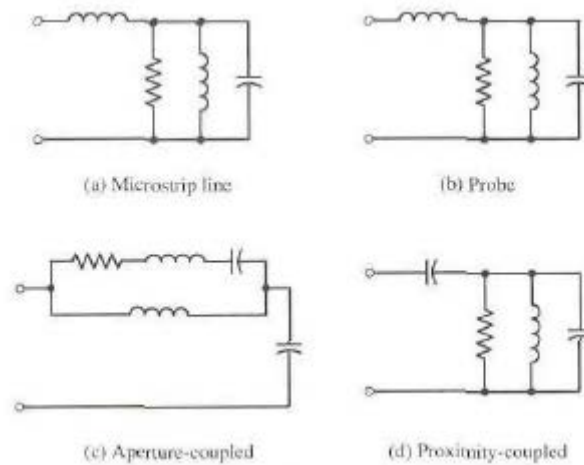
3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ

Υπάρχουν πολλές αναπαραστάσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των microstrip κεραιών. Οι τέσσερις πιο δημοφιλείς είναι η γραμμική microstrip, ο ομοαξονικός έλεγχος, η σύνδεση στην αρχή και η σύνδεση κατά προσέγγιση. Αυτά φαίνονται στο σχήμα 3.5



Σχήμα 3.5 Χαρακτηριστικές γραμμές τροφοδότησης για microstrip κεραίες

Ένα σύνολο από ισοδύναμα κυκλώματα για το καθένα από αυτά φαίνεται στο σχήμα.3.6.



Σχήμα 3.6 Ισοδύναμα κυκλώματα για τις χαρακτηριστικές γραμμές τροφοδότησης

Η γραμμή τροφοδότησης microstrip είναι αγωγός, συνήθως πολύ μικρότερου εύρους ζώνης σε σχέση με το patch. Η γραμμή τροφοδότησης microstrip είναι εύκολο να κατασκευαστεί, απλό να συνδεθεί, ελέγχοντας την εσωτερική θέση και μάλλον εύκολο να συνδεθεί.

Ωστόσο, καθώς αυξάνεται η πυκνότητα του υποστρώματος τα επιφανειακά κύματα και η φανταστική ακτινοβολία αυξάνονται, τα οποία, για τα πρακτικά σχέδια, περιορίζουν το εύρος ζώνης (συνήθως 2-5%).

Οι ομοαξονικές γραμμές τροφοδοσίας, όπου ο εσωτερικός αγωγός είναι συνδεδεμένος με το patch ακτινοβολίας ενώ ο εξωτερικός αγωγός συνδέεται με το επίπεδο επιφάνειας, χρησιμοποιούνται ευρέως. Η ομοαξονική τροφοδοσία ελέγχων είναι επίσης εύκολο να κατασκευαστεί και να ταιριάζει, και να έχει χαμηλή φανταστική ακτινοβολία. ωστόσο, έχει επίσης το στενό εύρος ζώνης και είναι πιο δύσκολο να διαμορφωθεί, ειδικά για τα παχιά υποστρώματα ($h > 0.02\lambda_0$).

Τόσο η microstrip γραμμή τροφοδότησης, όσο και ο έλεγχος διαθέτουν έμφυτες ασυμμετρίες που δημιουργούν υψηλότερους τρόπους, οι οποίοι παράγουν δια-πολική ακτινοβολία. Για να ξεπεραστούν κάποια από αυτά τα προβλήματα, έχουν εισαχθεί συνδεδετικοί τροφοδότες που δεν έχουν επαφή.

Η αρχική σύνδεση του σχήματος είναι η πιο δύσκολη απ'όλες να κατασκευαστεί και έχει επίσης στενό εύρος ζώνης. Ωστόσο είναι κάπως ευκολότερο να διαμορφωθεί και έχει μέτρια φανταστική ακτινοβολία. Η αρχική σύνδεση αποτελείται από δύο υποστρώματα που χωρίζονται από μία επιφάνεια εδάφους. Στο κάτω μέρος του χαμηλότερου υποστρώματος υπάρχει μία γραμμή τροφοδότησης microstrip, της οποίας η ενέργεια συνδέεται στο patch μέσω μιας σχισμής στο επίπεδο επιφάνειας που χωρίζει τα δύο υποστρώματα. Αυτός ο διακανονισμός επιτρέπει την ανεξάρτητη βελτίωση του μηχανισμού τροφοδότησης και του στοιχείου ακτινοβολίας. Κανονικά ένα υψηλά διηλεκτρικό υλικό χρησιμοποιείται για το κατώτερο υπόστρωμα και για το υλικό της χοντρής χαμηλής διηλεκτρικής σταθεράς του ανώτερου υποστρώματος. Η επίπεδη επιφάνεια ανάμεσα στα υποστρώματα απομονώνει επίσης την τροφοδοσία από το στοιχείο ακτινοβολίας και ελαχιστοποιεί την ανάμειξη της φανταστικής ακτινοβολίας για τη δημιουργία του δείγματος και για την καθαρότητα της πόλωσης. Για αυτό το σχέδιο οι ηλεκτρικές παράμετροι του υποστρώματος τροφοδοτούν το εύρος της γραμμής και το μέγεθος της σχισμής και η θέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει το σχέδιο. Κανονικά το ταίριασμα πραγματοποιείται ελέγχοντας το εύρος της γραμμής και το μήκος της σχισμής. Το ζευγάρι μέσω της σχισμής μπορεί να διαμορφωθεί με την θεωρία του Bethe, που χρησιμοποιείται επίσης για να εξηγήσει το ζευγάρι μέσω ενός μικρού ανοίγματος σε ένα επίπεδο αγωγό. Αυτή η θεωρία έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για να αναλύσει τα ζευγάρια των οδηγών κυμάτων που ζευγαρώνουν μέσα από τις τρύπες. Σ'αυτή τη θεωρία η σχισμή αναπαριστάται με ένα αντίστοιχο ηλεκτρικό δίπολο που είναι υπεύθυνο για το κανονικό μέρος του ηλεκτρικού πεδίου και ένα αντίστοιχο οριζόντιο μαγνητικό δίπολο που είναι υπεύθυνο για το επαπτόμενο μέρος του μαγνητικού πεδίου. Αν η σχισμή επικεντρώνεται κάτω από το patch, όπου για τον κυρίαρχο τρόπο το ηλεκτρικό πεδίο ιδανικά είναι μηδέν, ενώ το μαγνητικό πεδίο είναι στο ανώτατο σημείο, το μαγνητικό ζευγάρι θα κυριαρχήσει. Αν γίνει αυτό οδηγεί επίσης σε καλή καθαρότητα πόλωσης και όχι σε διαπολική ακτινοβολία στα κυρίαρχα πεδία. Από τους τέσσερις τροφοδότες που περιγράφονται εδώ, το ζευγάρι κατά προσέγγιση έχει το μεγαλύτερο εύρος ζώνης (έως και 13%), είναι κατά κάποιο τρόπο εύκολο να διαμορφωθεί και έχει χαμηλή φανταστική ακτινοβολία.

Ωστόσο, η κατασκευή του είναι κάπως δύσκολη. Το μήκος της γραμμής φόρτου και η αναλογία του εύρους προς τη γραμμή του patch μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελεγχθεί η αντιστοιχία.

3.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι ανάλυσης των κεραιών microstrip. Τα πιο δημοφιλή μοντέλα είναι η γραμμή μετάδοσης, η κοιλότητα και το πλήρες κύμα.

Η γραμμή μετάδοσης είναι το πιο εύκολο από όλα, δίνει καλή διορατικότητα, αλλά είναι λιγότερο ακριβές και είναι πιο δύσκολο να διαμορφωθεί η σύζευξη. Σε σχέση με το μοντέλο της γραμμής μετάδοσης, το μοντέλο της κοιλότητας είναι πιο ακριβές, αλλά την ίδια στιγμή πιο πολύπλοκο. Ωστόσο, δίνει επίσης καλή διορατικότητα και είναι μάλλον δύσκολο να διαμορφωθεί η σύζευξη, παρόλο που έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς. Σε γενικές γραμμές όταν χρησιμοποιείται σωστά, το μοντέλο full-wave είναι πολύ ακριβές, πολυποίκιλο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεμονωμένα στοιχεία σε πεπερασμένες ή ατέρμονες σειρές, σε συσσωρευμένα στοιχεία, σε αυθαίρετα σχηματισμένα στοιχεία και στη σύζευξη. Ωστόσο, είναι τα πιο πολύπλοκα μοντέλα και δίνουν συνήθως λιγότερη ακρίβεια.

3.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ MICROSTRIP ΚΕΡΑΙΩΝ

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ MICROSTRIP ΚΕΡΑΙΩΝ

Τα κύρια πλεονεκτήματα microstrip των κεραιών είναι:

- Επεξεργασία χαμηλότερου κόστους.
- Μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί σε μια κυρτή επιφάνεια ενός οχήματος ή ενός προϊόντος.

- Ανθεκτική στον κλονισμό και τη δόνηση .
- Πολλά σχέδια παράγουν εύκολα τη γραμμική ή κυκλική πόλωση.
- Ιδιαίτερη σειρά των επιλογών κέρδους και σχεδίων (2.5 to 10.0 dBi).

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ MICROSTRIP ΚΕΡΑΙΩΝ

Σημαντικά λειτουργικά μειονεκτήματα των Microstrip κεραιών είναι:

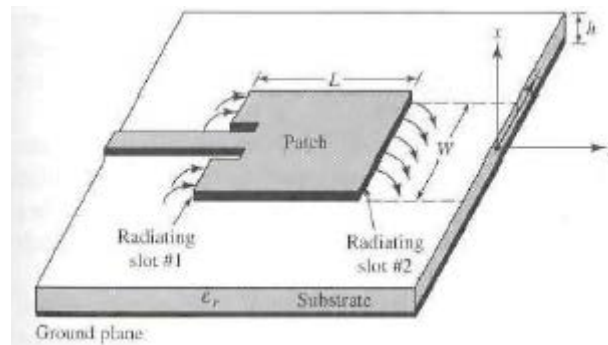
- η χαμηλή αποδοτικότητά τους,
- η χαμηλή ισχύς,
- η υψηλή θερμοκρασία (μερικές φορές παραπάνω από 100),
- η χαμηλή καθαρότητα πόλωσης,
- η χαμηλή απόδοση ανίχνευσης,
- εσφαλμένη τροφοδότηση της ακτινοβολίας
- περιορισμένη συχνότητα του εύρους ζώνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: RECTANGULAR MICROSTRIP PATCH ANTENNAS

- **Γενικά**
- **Μοντέλο γραμμής μετάδοσης**
- **Αποτελέσματα πλαισίωσης**
- **Ενεργό μήκος & ενεργό εύρος**
- **Σχεδιασμός**

4.1 Γενικά

Το rectangular patch είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιημένη αναπαράσταση. Είναι πιο εύκολο να αναλυθεί χρησιμοποιώντας και τη γραμμή μετάδοσης και τα μοντέλα κοιλότητας, τα οποία είναι πιο ακριβή για τα λεπτά υποστρώματα.

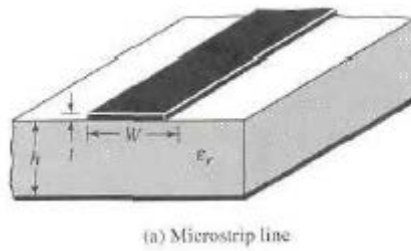


Σχήμα 4.1 Rectangular microstrip patch antenna

4.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Νωρίτερα είπαμε ότι το μοντέλο γραμμή μετάδοσης είναι το πιο εύκολο απ'όλα αλλά οδηγεί στα λιγότερο ακριβή αποτελέσματα και δεν έχει ποικιλία. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο κοιλότητας, μία ορθογώνια microstrip κεραία μπορεί να αναπαρασταθεί ως μία σειρά των ακτινοβολούντων στενών ανοιγμάτων, με εύρος W και ύψος h , που χωρίζονται από την απόσταση L .

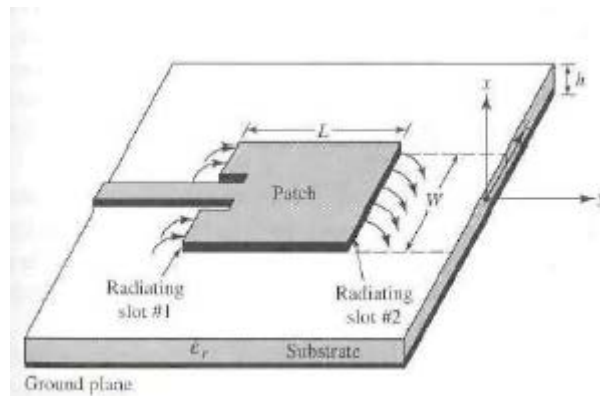
Βασικά, το μοντέλο της γραμμής μετάδοσης αντιπροσωπεύει την κεραία microstrip με δύο σχισμές που χωρίζονται από μία χαμηλή σύνθετη αντίσταση (Z) γραμμή μετάδοσης με μήκος L .



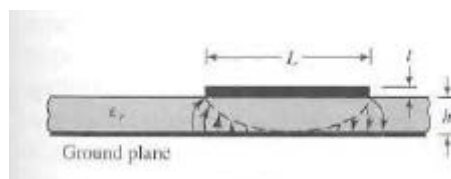
Σχήμα 4.2 Microstrip line

4.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΩΣΗΣ

Επειδή οι διαστάσεις του patch είναι πεπερασμένες σε μήκος και εύρος, τα πεδία στις άκρες του patch υφίστανται πλαισίωση. Αυτό φαίνεται μαζί με το μήκος στο σχήμα.4.3 και στο σχήμα.4.4, για τις δύο σχισμές που ακτινοβολούν από την microstrip κεραία.



Σχήμα 4.3 Microstrip κεραία

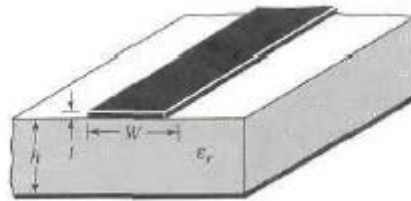


Σχήμα 4.4 Πλάγια όψη Microstrip κεραίας

Το ίδιο εφαρμόζεται και στο εύρος. Το ποσοστό πλαισίωσης είναι μία λειτουργία των διαστάσεων του patch και του ύψους του υποστρώματος. Για το κυρίαρχο επίπεδο E (xy-επίπεδο) η πλαισίωση είναι μία λειτουργία της αναλογίας μεταξύ του μήκους του patch L προς το ύψος h του υποστρώματος (L/h) και της διηλεκτρικής σταθεράς ϵ_r του υποστρώματος.

Εφόσον για τις microstrip κεραίες συμβαίνει $L/h \gg 1$, η πλαισίωση μειώνεται. Όμως πρέπει να ληφθεί υπόψιν επειδή επηρεάζει τη συχνότητα ήχου της κεραίας. Το ίδιο ισχύει για το εύρος.

Για μία γραμμή microstrip που φαίνεται στο σχήμα 4.5



Σχήμα 4.5 Γραμμή microstrip

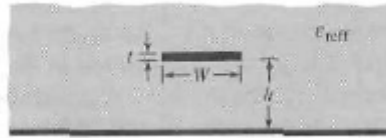
τα τυπικά πεδία ηλεκτρικών γραμμών φαίνονται στο σχήμα 4.6



Σχήμα 4.6 Γραμμές ηλεκτρικών πεδίων

Αυτή είναι ανομοιογενής γραμμή των διηλεκτρικών του υποστρώματος και του αέρα. Όπως μπορούμε να δούμε, τα περισσότερα ηλεκτρικά πεδία βρίσκονται στο υπόστρωμα και μέρη από μερικές γραμμές υπάρχουν στον αέρα. Επειδή $W/h \gg 1$ και $\epsilon_r \gg 1$, οι γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου συγκεντρώνονται περισσότερο στο υπόστρωμα. Η πλαισίωση σε αυτή την περίπτωση κάνει τη γραμμή microstrip να φαίνεται πιο ευρεία ηλεκτρικά σε σύγκριση με τις φυσικές της διαστάσεις. Εφόσον μερικά κύματα ταξιδεύουν στο υπόστρωμα και μερικά στον αέρα, μια αποτελεσματική διηλεκτρική σταθερά ϵ_{eff} εισάγεται για να δικαιολογήσει την πλαισίωση και την διάδοση των κυμάτων στη γραμμή. Για να εισάγουμε τη διηλεκτρική σταθερά, ας

υποθέσουμε ότι ο κεντρικός αγωγός της γραμμής microstrip με τις αρχικές της διαστάσεις και ύψος πάνω από το επίπεδο επιφάνειας ενσωματώνονται σε ένα διηλεκτρικό, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.7

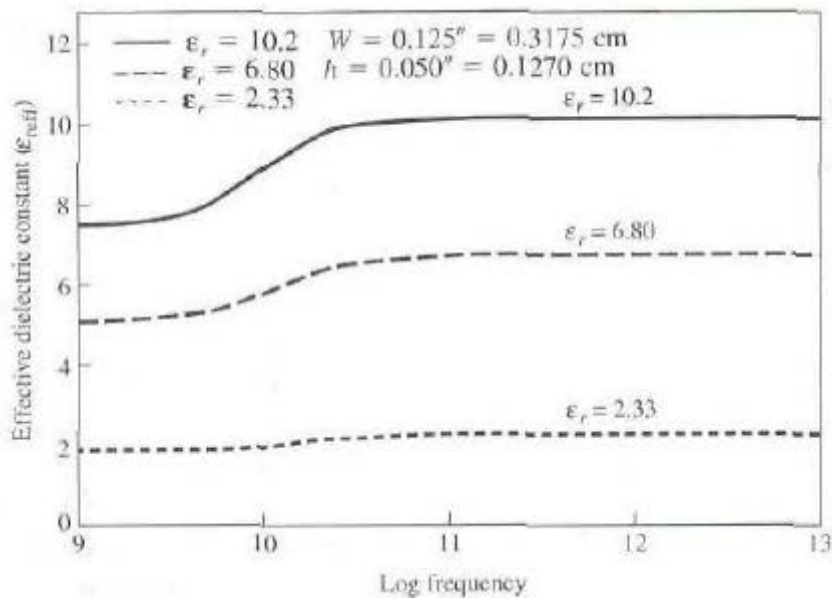


Σχήμα 4.7 Αποτελεσματική διηλεκτρική σταθερά

Η αποδοτική διηλεκτρική σταθερά ορίζεται ως η διηλεκτρική σταθερά του ομοιόμορφου διηλεκτρικού υλικού, έτσι ώστε η γραμμή του σχήματος 4.7 να έχει όμοια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, όπως η πραγματική γραμμή του παραπάνω σχήματος. Για μία γραμμή με αέρα πάνω απ' το υπόστρωμα, η αποτελεσματική διηλεκτρική σταθερά έχει τιμές σε κλίμακα $1 < \epsilon_{\text{reff}} < \epsilon_r$. Για τις περισσότερες εφαρμογές όπου η διηλεκτρική σταθερά του υποστρώματος είναι πολύ μεγαλύτερη από τη μονάδα ($\epsilon_r \gg 1$), η τιμή του ϵ_{reff} θα είναι πιο κοντά στην αξία της πραγματικής διηλεκτρικής σταθεράς ϵ_r του υποστρώματος. Η αποτελεσματική διηλεκτρική σταθερά του υποστρώματος είναι επίσης μια λειτουργία συχνότητας. Καθώς η συχνότητα της εφαρμογής αυξάνεται, οι περισσότερες γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου συγκεντρώνονται στο υπόστρωμα.

Άρα η γραμμή microstrip συμπεριφέρεται περισσότερο ως ομοιογενής γραμμή του διηλεκτρικού (μόνο στο υπόστρωμα) και η ενεργός διηλεκτρική σταθερά πλησιάζει την τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς του υποστρώματος.

Αντιπροσωπευτικές μεταβλητές, (όπως η εφαρμογή της συχνότητας), της αποτελεσματικής διηλεκτρικής σταθεράς για τη γραμμή microstrip με τρία διαφορετικά υποστρώματα φαίνονται στο σχήμα 4.8



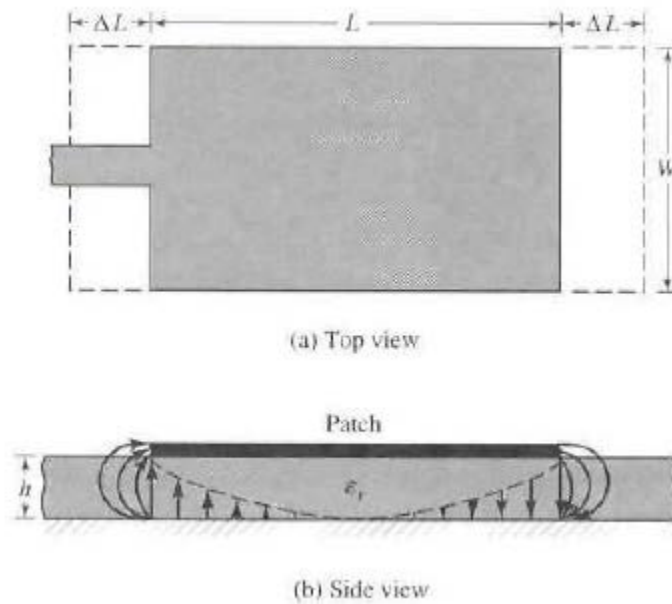
Σχήμα 4.8 Ενεργός διηλεκτρική σταθερά σε συνάρτηση με τη συχνότητα για τα χαρακτηριστικά υποστρώματα.

Για τις χαμηλές συχνότητες, η αποτελεσματική διηλεκτρική σταθερά είναι βασικά σταθερή. Στις ενδιάμεσες συχνότητες οι τιμές της αρχίζουν να αυξάνονται και τελικά φτάνουν τις τιμές της διηλεκτρικής σταθεράς του υποστρώματος. Οι αρχικές τιμές (σε χαμηλές συχνότητες) της αποτελεσματικής διηλεκτρικής σταθεράς αναφέρονται ως στατικές αξίες, είναι αυτοί που δίνονται από:

$$E_{eff} = [(E_r+1)/2+(E_r-1)/2]*[1+(10H/W)]^{-1/2}$$

4.2.2 ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ & ΕΝΕΡΓΟ ΕΥΡΟΣ.

Εξαιτίας των αποτελεσμάτων της πλαισίωσης, το patch της microstrip κεραίας φαίνεται ηλεκτρικά μεγαλύτερο από τις φυσικές του διαστάσεις. Για το αρχικό E-επίπεδο (xy-επίπεδο), αυτό φαίνεται στο σχήμα 4.9



Σχήμα 4.9 Φυσικά και αποτελεσματικά μήκη του ορθογώνιου microstrip patch

Όπου οι διαστάσεις του patch κατά μήκος έχουν επιμηκυνθεί σε κάθε άκρη μέσω μιας απόστασης ΔL , η οποία είναι λειτουργία της ενεργούς διηλεκτρικής σταθεράς E_{eff} και της αναλογίας εύρος-ύψος (W/h). Μία πολύ γνωστή και πρακτική κατά προσέγγιση σχέση για την επιμήκυνση του μήκους είναι

$$\Delta L/H = 0,412 * [(E_{eff} + 0.3) / (E_{eff} - 0.258)] * [(W/H + 0.262) / (W/H + 0.813)]$$

Επειδή το μήκος του patch έχει επιμηκυνθεί από το ΔL σε κάθε πλευρά, το ενεργό μήκος του patch είναι τώρα $(L = \lambda/2$ για τον κυρίαρχο TM_{010} τρόπο χωρίς πλαισίωση)

$$L_{eff} = L + 2\Delta L$$

Για τον κυρίαρχο TM_{010} τρόπο, η συχνότητα ήχου της κεραίας microstrip είναι μια λειτουργία του μήκους της. Συνήθως δίνεται από

$$(fr)_{010} = 1/2L\sqrt{\epsilon_r} * \sqrt{\mu_0\epsilon_0} = U_0/2L\sqrt{\epsilon_r} \quad (14-4)$$

όπου U_0 είναι η ταχύτητα του φωτός στο ελεύθερο χώρο. Δεδομένου ότι δεν αποτελεί την πλαισίωση, πρέπει να τροποποιηθεί για να περιλάβει τα αποτελέσματα ακρών και πρέπει να είναι υπολογισμένη χρησιμοποιήσιμη

$$(fr_e)_{010} = 1/2 L_{eff} * \sqrt{\epsilon_{reff}} * \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = 1/2 (L + 2\Delta L) * \sqrt{\epsilon_{reff}} * \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} =$$

$$q * (1/2 L \sqrt{\epsilon_r} * \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}) = q * (U_0 / 2L \sqrt{\epsilon_r} * \sqrt{\mu_0 \epsilon_0})$$

όπου

$$q = [(fr_e)_{010} / (fr)_{010}]$$

Ο παράγοντας q αναφέρεται ως παράγοντας πλαισίωσης (παράγοντας μείωσης του μήκους). Καθώς αυξάνεται το ύψος του υποστρώματος, αυξάνεται επίσης η πλαισίωση και οδηγεί σε μεγαλύτερους διαχωρισμούς ανάμεσα στις ακτινοβολούσες άκρες και στις χαμηλότερες συχνότητες ήχου.

4.2.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Βασισμένη σε μια απλοποιημένη διατύπωση, μία διαδικασία σχεδιασμού περιγράφεται, η οποία οδηγεί σε πρακτικά σχέδια των ορθογώνιων κεραιών microstrip. Η διαδικασία υποθέτει ότι οι καθορισμένες πληροφορίες περιλαμβάνουν τη διηλεκτρική σταθερά του υποστρώματος (ϵ_r), τη συχνότητα (fr) και το ύψος του υποστρώματος (h). Η διαδικασία είναι η ακόλουθη:

Διευκρινίζουμε :

ϵ_r, fr (σε Hz), και h

Καθορίζουμε:

W και L

Και τέλος η διαδικασία σχεδίου είναι η ακόλουθη:

1. Για ένα αποδοτικό θερμαντικό σώμα, ένα πρακτικό πλάτος που οδηγεί στις καλές αποδοτικότητες ακτινοβολίας είναι .

$$W=1/[(2fr*\sqrt{\mu_0\epsilon_0})*\sqrt{2/\epsilon_r+1}]=(U_0/2fr)*\sqrt{2/\epsilon_r+1}$$

Όπου U_0 είναι η ταχύτητα του φωτός στον ελεύθερο χώρο.

2. Καθορίζουμε την ενεργός διηλεκτρική σταθερά της χρησιμοποίησης microstrip κεραιών.

3. Μόλις το W είναι χρησιμοποιήσιμο, καθορίζουμε την επέκταση του μήκους ΔL για να είναι και αυτό χρησιμοποιήσιμο.

4. Το πραγματικό μήκος του patch μπορούμε τώρα να το καθορίσουμε με την επίλυση για L ,

$$L=1/(2fr*\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}*\sqrt{\mu_0\epsilon_0}})-2\Delta L$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ MICROSTRIP ΚΕΡΑΙΩΝ

- **Εφαρμογές**
- **Επιλογή κεραίας Microstrip**
- **Ασύρματες συνδέσεις**

5.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ένας μεγάλος αριθμός εμπορικών αναγκών ικανοποιείται με την χρήση microstrip και τυπωμένων κεραίων. Η δημοφιλέστερη microstrip κεραία είναι βεβαίως το ορθογώνιο patch. Το σύστημα (GPS) είναι ορθογώνια patch που έχουν τροποποιηθεί για να παραγάγουν τη δεξιά κυκλική πόλωση (RHCP) και λειτουργούν σε 1.575 GHz. Οι προμηθευτές προσφέρουν τα patch που σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας μια υψηλή διηλεκτρική σταθερά ($\epsilon_r = 6, 20, 36$) για να μειώσει την ορθογώνια microstrip κεραία ως ίχνος όπως πιθανός για μια δεδομένη εφαρμογή. Τα patch παρέχονται έτοιμα για ολοκλήρωση πινάκων κυκλωμάτων με τους χαμηλούς ενισχυτές θορύβου. Οι ορθογώνιες κεραίες μπαλωμάτων χρησιμοποιούνται επίσης για τις εφαρμογές Bluetooth (2.4GHz) με RHCP. Τα τελευταία χρόνια δορυφορικές ψηφιακές ακουστικές ράδιο υπηρεσίες (SDARS) έχουν γίνει μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στις εμπορικές ραδιοφωνικές μεταδόσεις AM και FM στα αυτοκίνητα. Το σύστημα έχει τις ακριβείς απαιτήσεις σχεδίων ακτινοβολίας που έχουν συναντηθεί με έναν συνδυασμό τυπωμένου ενός μονοπωλιακού και του TM₂₁ τη δακτυλιοειδή microstrip τρόπου κεραία που έχουν αλλάξει με τις εγκοπές για να παραγάγει την αριστερή κυκλική πόλωση σε 2.338 GHz.

5.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΕΡΑΙΑΣ MICROSTRIP

Πολλές εφαρμογές σήμερα απαιτούν microstrip κεραίες. Είναι ασύρματες κάρτες 802.11b που βρίσκονται στους περισσότερους νέους φορητούς υπολογιστές. Ένα άλλο πλεονέκτημα των microstrip κεραίων είναι η ευκολία. Μόλις εξεταστεί ένα σχέδιο, οποιοδήποτε απλό πρόγραμμα CAD μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις κεραίες τυπωμένων κειμένων με πολύ καλή ακρίβεια και ευκολία.

5.3 ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Ασύρματα δίκτυα τοπικής περιοχής (WLAN) παρέχουν μεγάλη ταχύτητα σειράς συνδέσεων στοιχείων μεταξύ των κινητών συσκευών (όπως ένας υπολογιστής laptop) και ασύρματα σημεία πρόσβασης. Η σειρά για τις ασύρματες συνδέσεις στοιχείων είναι χαρακτηριστικά περίπου 100 έως 300 πόδια στο εσωτερικό και 2000 πόδια υπαίθρια. Οι ασύρματες συνδέσεις στοιχείων χρησιμοποιούν τα πρότυπα IEEE 802.11 a, b, g. Η πλειοψηφία WLANs χρησιμοποιεί τη χωρίς άδεια ζώνη 2,4GHz (802.11b και 802.11g). Τα πρότυπα 802.11a χρησιμοποιούν τη χωρίς άδεια ζώνη συχνότητας 5 GHz. Οι πολλαπλής ζώνης τυπωμένες κεραίες που είναι ενσωματωμένες στα ανώτατα στρώματα χρησιμοποιούν microstrip κεραία για να συνδυάσουν το σήμα από τα τηλέφωνα κυττάρων GSM (860 MHz), Τηλέφωνα κυττάρων PCS (1.92 GHz) και 802.11a ασύρματη υπηρεσία του τοπικού LAN (2.4 GHz) παρεχόμενα από δύο ενσωματωμένα microstrip δίπολα.

Τα συστήματα WLAN απαιτούν μερικές φορές τις συνδέσεις μεταξύ των κτηρίων που έχουν τα ασύρματα σημεία πρόσβασης. Αυτό ολοκληρώνεται μερικές φορές χρησιμοποιώντας συγχρονισμένες τις microstrip σειρές σε 5 GHz. Οι microstrip τυπωμένες κεραίες έχουν αποδειχθεί χρήσιμες να παρέχουν την κάθετη πόλωση και να ενσωματώνονται καλά στους υπολογιστές laptop για WLAN.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ

6.1 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Με βάση τη θεωρία που διαβάσαμε στα προηγούμενα κεφάλαια θέλουμε να δημιουργήσουμε μία Microstrip κεραία που να έχει την δυνατότητα σήματος στα 900 MHz.

Έχουμε σαν δεδομένα τα εξής :

1. $U_0=3*10^8$
2. $F_r=900$ MHz, $900*10^6$ Hz
3. $E_r=2.2$
4. $H=0.1588$ cm

Θα χρησιμοποιήσουμε τους τύπους που διαβάσαμε στο κεφάλαιο 4 για να βρούμε το W και το L.

$$W=(U_0/2f_r)*\sqrt{2/E_r+1}$$

$$W=(3*10^8 / 2*900*10^6)*\sqrt{2/E_r+1}$$

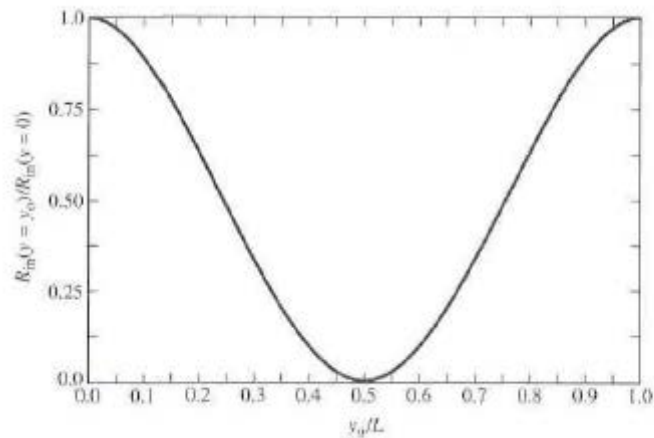
$$W=(3*10^8 / 2*9*10^8)*\sqrt{2/2.2+1}$$

$$W=(3/18)*\sqrt{2/3.2}$$

$$W=1/6*0.79$$

$$\mathbf{W=0.1316m}$$

Αφού βρούμε το W και το L για να δούμε αν έχουμε βρει τη σωστή συχνότητα στα 900MHz περιμένουμε να έχει παρόμοιο αποτέλεσμα με αυτό που βλέπουμε στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 6.1 Με τις κατάλληλες τιμές W και L έχουμε την συχνότητα που ζητάμε. Εδώ η συχνότητα είναι 0.5 GHz.

$$L = 1 / (2fr * \sqrt{E_{eff}} * \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}) - 2\Delta L$$

$$E_{eff} = [(Er+1)/2] + [(Er-1)/2] * [1 + 12 * (h/W)]^{-1/2}$$

$$E_{eff} = [(2.2+1)] + [(2.2-1)/2] * [1 + 12 * (0.1588 * 10^{-2} / 0.1316)]^{-1/2}$$

$$E_{eff} = 1.6 + 0.6 * (0.15472)^{-1/2}$$

$$E_{eff} = 1.6 + 0.6 * (0.002544)$$

$$E_{eff} = 1.6 + 0.0015264$$

$$E_{eff} = 1.6$$

$$\Delta L/h = 0.412 + [(E_{eff} + 0.3) * (W/h + 0.264)] / [(E_{eff} - 0.258) * (W/h + 0.8)]$$

$$\Delta L/h = 0.412 + [(1.6 + 0.3) * [(0.1313 / 0.001588 + 0.264)] / [(1.6 - 0.258) * (0.1316 / 0.001588 + 0.8)]$$

$$\Delta L/h = 0.412 * (157.95 / 112.28)$$

$$\Delta L/h = 0.412 * 1.4$$

$$\Delta L/h = 0.5768$$

$$\Delta L = 0.5768 * 0.001588$$

$$\Delta L = 0.0009m$$

$$L=\lambda/2-2\Delta L$$

$$L=[U_0/(2fr*\sqrt{E_{eff}})/2]-2\Delta L$$

$$L=(U_0/2fr*\sqrt{E_{eff}})-2\Delta L$$

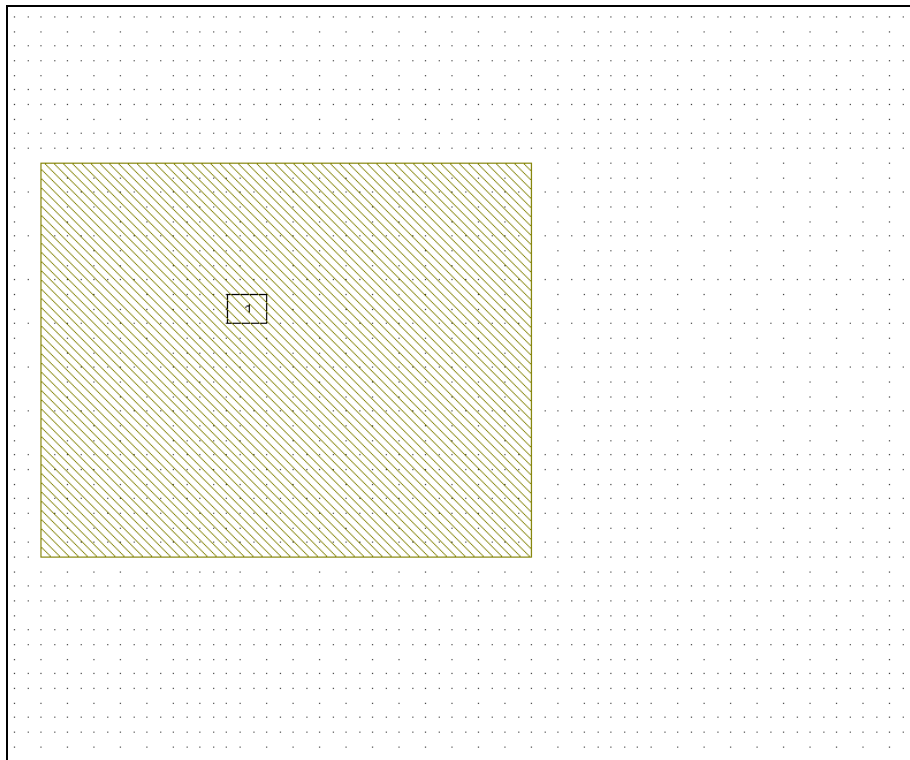
$$L=(3*10^8/2*900*10^6*\sqrt{1.6})-2*0.0009$$

$$L=0.1317-0.0018$$

$$\underline{L=0.1299m}$$

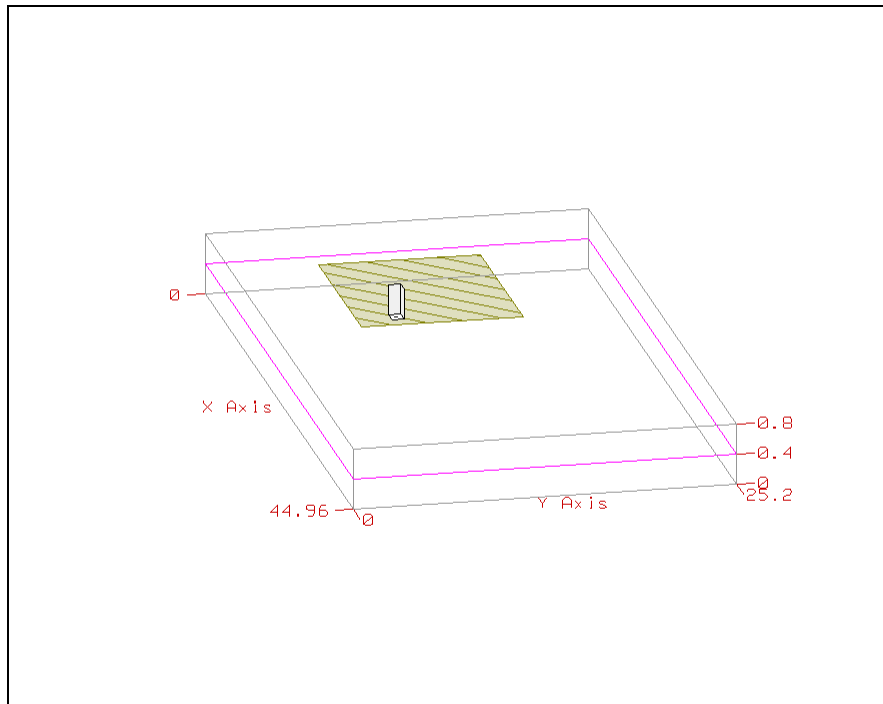
6.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Με βάση τα αποτελέσματα που βρήκαμε στην πρακτική εφαρμογή θα κάνουμε την προσομοίωση χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Microwave Office. Αρχικά ανοίγουμε το πρόγραμμα, στη συνέχεια δουλεύουμε σε μία κενή σελίδα του προγράμματος και σχεδιάζουμε την κεραία μας με τις τιμές που βρήκαμε με βάση τη θεωρία.



Σχήμα 6.2 Η κεραία σε δυο επίπεδα.

Για να ελέγξουμε αν οι τιμές που βρήκαμε στη θεωρία ισχύουν και στην πράξη εκτελούμε το πρόγραμμα. Παρατηρούμε ότι με τις τιμές της θεωρίας έχουμε διαφορετικό αποτέλεσμα από το επιθυμητό. Για να πετύχουμε το σωστό αποτέλεσμα της προσομοίωσης πρέπει να διορθώσουμε τις διαστάσεις της κεραίας. Οι διαστάσεις δεν πρέπει να έχουν μεγάλη απόκλιση από τη θεωρία.

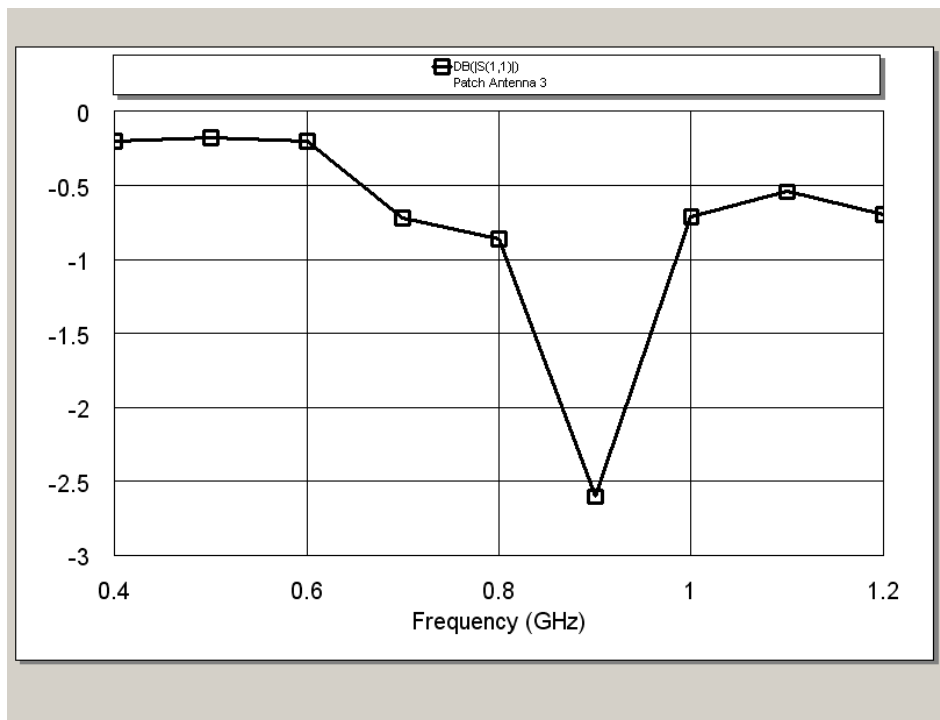


Σχήμα 6.3 Η κεραία σε τρία επίπεδα.

Αυξάνουμε λίγο αρχικά τις διαστάσεις (δηλ. W και L) και εκτελούμε το πρόγραμμα για να δούμε το αποτέλεσμα αν είναι το επιθυμητό. Στη συνέχεια μειώνουμε λίγο τις διαστάσεις της κεραίας και εκτελούμε το πρόγραμμα. Αφού έχουμε και τα δύο αποτελέσματα και τα συγκρίνουμε για να βρούμε πιο είναι πιο κοντά στο αποτέλεσμα που θέλουμε να βρούμε (συχνότητα στα 900MHz). Η πιο καλή προσομοίωση από τα αποτελέσματα που συγκρίναμε είναι το δεύτερο, που μειώσαμε τις διαστάσεις της κεραίας. Δεν είναι όμως το αποτέλεσμα που θέλουμε. Αφού έχουμε πλησιάσει κατά κάποιο τρόπο τις διαστάσεις της κεραίας, πρέπει να ελέγξουμε και τις διαστάσεις του feed. Κάνουμε ακριβώς την ίδια διαδικασία όπως με τις διαστάσεις της κεραίας για να βρούμε το καλύτερο αποτέλεσμα. Αφού έχουμε βρει και τις διαστάσεις

του feed που είναι πιο κοντά στο αποτέλεσμα που ζητάμε, τέλος κάνουμε και κάποιες αλλαγές της θέσης του feed μέσα στη κεραία και εκτελούμε το πρόγραμμα μέχρι να βρούμε συχνότητα 900MHz την οποία ζητάμε.

Αφού έχουμε βρει τις κατάλληλες τιμές εκτελούμε το πρόγραμμα. Όταν τελειώσει η προσομοίωση παίρνουμε την παρακάτω γραφική παράσταση:



Σχήμα 6.4 Γραφική παράσταση της συχνότητας

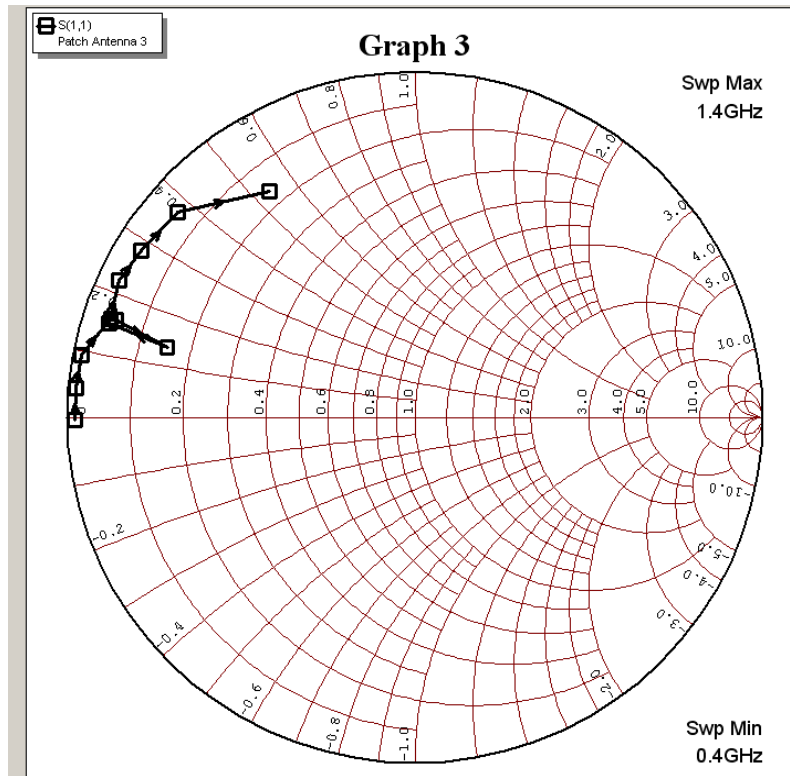
Η γραφική παράσταση είναι σε συνάρτηση με την συχνότητα. Στη γραφική παράσταση βλέπουμε ότι με την προσομοίωση που κάναμε καταφέραμε να δημιουργήσουμε Microstrip κεραία που να έχει σήμα στα 900MHz ή 0,9 GHz.

Στην πρακτική εφαρμογή έχουμε μια μικρή απόκλιση τιμών από την θεωρία. Με βάση την θεωρία οι τιμές που είχαμε για τις διαστάσεις της Microstrip κεραίας ήταν: $W= 0,1316m$ και $L= 0,1299m$.

Ενώ χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Microwave Office οι τιμές που τελικά χρησιμοποιήσαμε για να έχουμε καλύτερη προσομοίωση είναι: $W= 0,1299m$ και $L=$

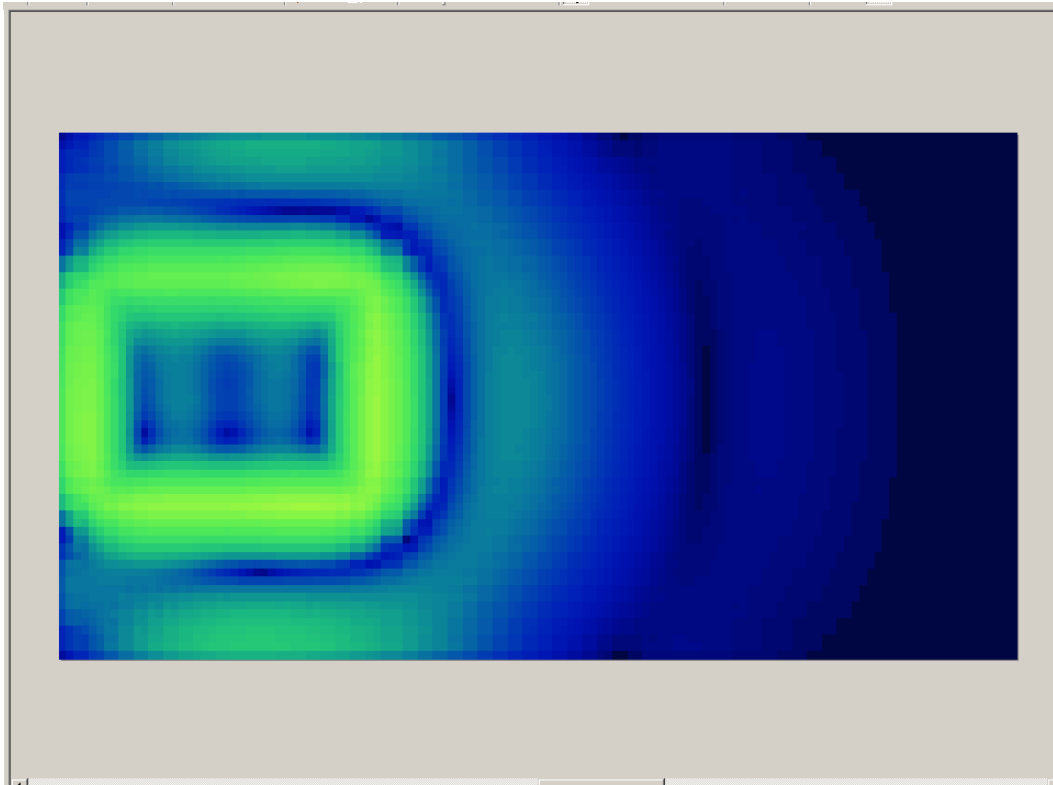
0,1063m. Και τέλος οι διαστάσεις του feed είναι: W=0,105m και L=0.078m. εκτός από την παραπάνω γραφική παράσταση όταν εκτελούμε το πρόγραμμα παίρνουμε και τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις.

Αυτή η γραφική παράσταση μας δείχνει τα ίδια με την παραπάνω γραφική παράσταση αλλά σε διαφορετική κλίμακα.

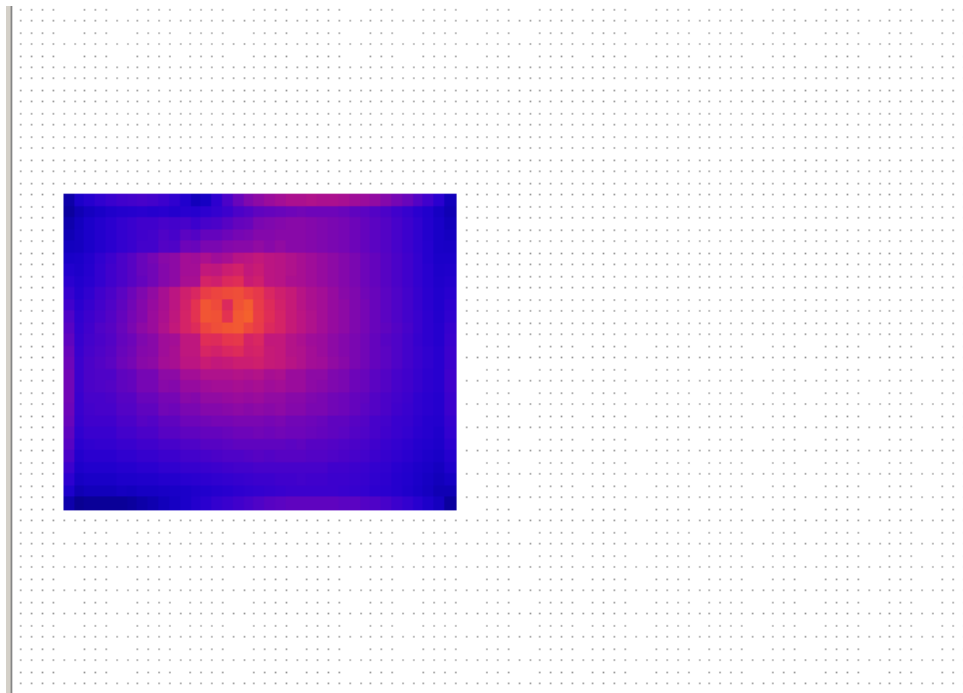


Σχήμα 6.5 Γραφική παράσταση της συχνότητας σε διαφορετική κλίμακα

Εκτός από τις γραφικές παραστάσεις βλέπουμε και πως περνάει το ρεύμα μέσα από την κεραία

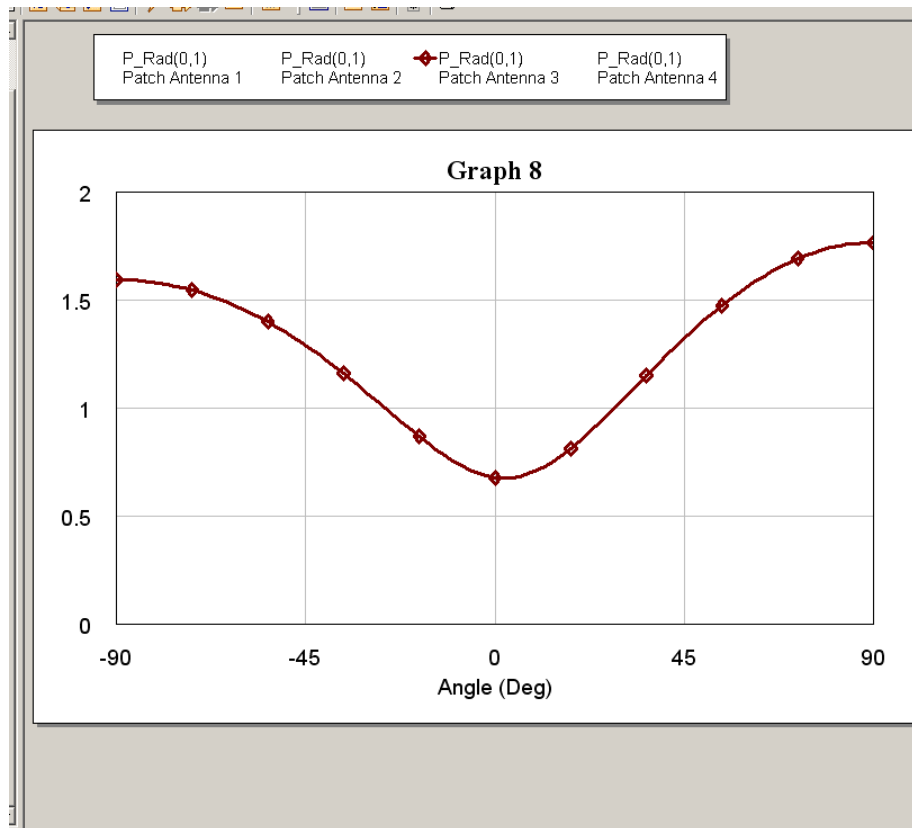


Σχήμα 6.6 Η ένταση του ρεύματος στη κεραία στο επίπεδο 1.



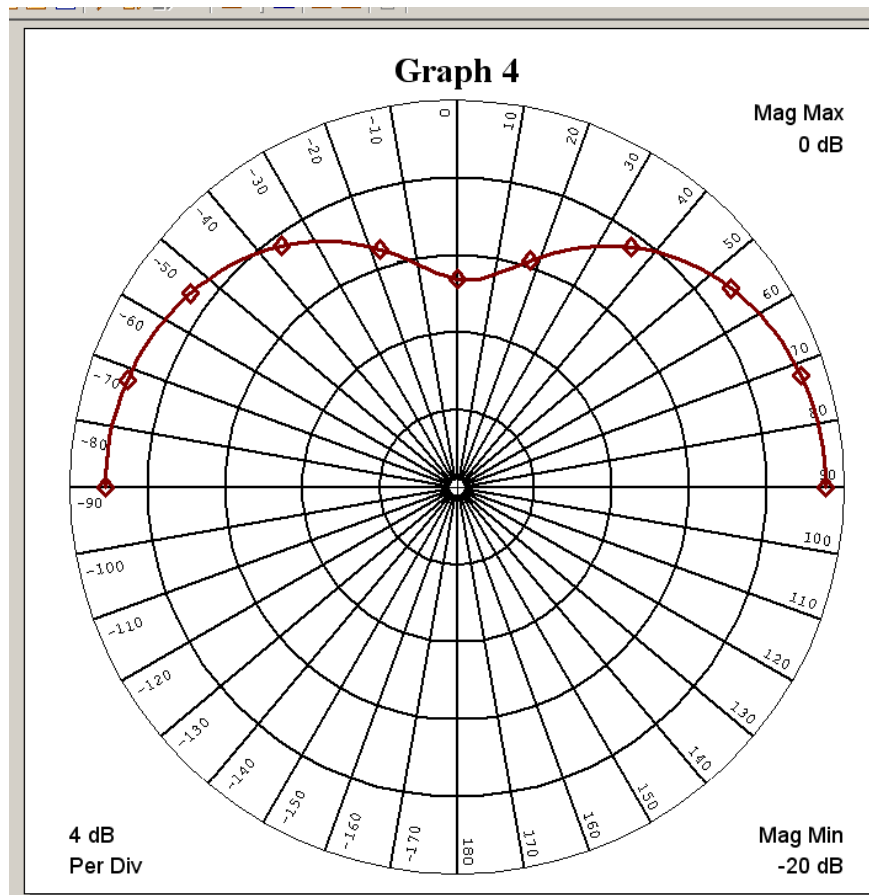
Σχήμα 6.7 Η ένταση του ρεύματος στη κεραία στο επίπεδο 2.

Σε αυτή τη γραφική παράσταση βλέπουμε την ολική εκπεμπόμενη ισχύ σε συνάρτηση με την γωνία θ .



Σχήμα 6.8 Γραφική παράσταση της ολικής εκπεμπόμενης ισχύς σε συνάρτηση με την γωνία θ .

Και σε αυτή τη γραφική παράσταση βλέπουμε τα ίδια με την παραπάνω γραφική παράσταση αλλά σε διαφορετική κλίμακα.



Σχήμα 6.9 Γραφική παράσταση της ολικής εκπεμπόμενης ισχύς σε συνάρτηση με την γωνία θ .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα σε αυτά τα κεφάλαια ανάλυσα τα πάντα γύρω από τις microstrip κεραίες οι οποίες αποτελούνται από αποτελούνται από ένα μεταλλικό patch σε ένα στηριγμένο υπόστρωμα.

Ασχολήθηκα περισσότερο με τις rectangular microstrip patch antennas. Με βάση τη θεωρία που διαβάσαμε βρήκαμε τις κατάλληλες τιμές του W και του L και χρησιμοποιώντας το Microwave Office σχεδιάσαμε την κεραία. Επειδή η θεωρία με την πρακτική εφαρμογή είχε κάποιες αποκλίσεις, κάναμε διάφορες αυξομοιώσεις στις τιμές του W , του L και τις διαστάσεις του feed. Κάθε φορά που αλλάζαμε τις τιμές των μεγεθών κάναμε την προσομοίωση για να δούμε τα αποτελέσματα. Στο τέλος μετά από διάφορες αυξομοιώσεις στις τιμές βρήκαμε την προσομοίωση που χρειαζόμασταν. Φτιάξαμε κεραία που να έχει σήμα στα 900MHz.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Antenna Theory, Balanis.
- Modern Antenna Design, Milligan.
- L.Diaz & T.Milligan Antenna Engineering Using Physical Optics.
- R.H. Turrin, Patent No.3,413631, Dual Mode Antenna.
- R.Miller, N7ART, A 23cm Diagonal Waveguide Feed.
- R.S Elliott, Antenna Theory and Design.