

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سیستان و بلوچستان
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی برق - مخابرات (گرایش میدان)

عنوان:

طراحی، بهینه سازی و ساخت آنتن مایکرواستریپ با پهنای باند زیاد

اساتید راهنما:

دکتر محمد حسن نشاطی
پروفسور جلیل راشد محصل

استاد مشاور:

دکتر سید سعید توکلی

تحقیق و نگارش:

ناصر قاسمی

(این پایان نامه از حمایت مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران و معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و

بلوچستان بهره مند شده است)

مهر ۱۳۸۷

۱۰۲۱۱۴


دانشگاه سیستان و بلوچستان

۱۳۸۷ / ۹ / ۲۳

بسمه تعالی

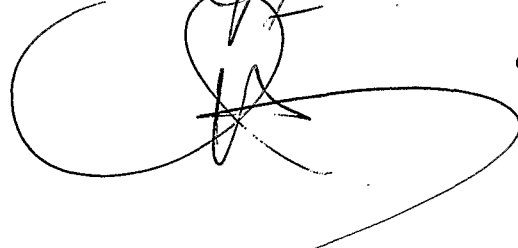



این پایان نامه با عنوان طراحی، بهینه سازی و ساخت آنتن مایکرواستریپ با پهنای باند زیاد، قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق توسط دانشجو ناصر قاسمی تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر محمد حسن نشاطی و پروفسور جلیل راشد محصل تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

ناصر قاسمی



این پایان نامه ۸۸ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۱۹/۷/۸۷ توسط هیئت داوران بررسی و درجه ۸۶/۳۰ به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	اعضاء	تاریخ
استاد راهنما:	دکتر محمد حسن نشاطی	۱۹/۷/۸۷
استاد راهنما:	پروفسور جلیل راشد محصل	
استاد مشاور:	دکتر سید سعید توکلی	
داور ۱:	دکتر شهرام مهنائی	
داور ۲:	دکتر عطاری	۱۹/۷/۸۷
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر سروری	





دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب ناصر قاسمی تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: ناصر قاسمی

امضاء

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که همه وجودم فدای یک لبخند آنهاست.

سیاسگزاری

صمیمانه ترین مراتب سپاس خود را به محضر استاد گرانقدر و عزیزم، پروفسور راشد محصل که با محبت و صبر و حوصله فراوان در تمام مراحل این پروژه مرا راهنمایی و یاری نمودند، تقدیم می‌نمایم. افتخار شاگردی در محضر ایشان موهبت بزرگی بود که خداوند نصیب اینجانب کرد. از خداوند متعال برای ایشان سلامتی و جزای خیر آرزو دارم و امیدوارم که این مرز و بوم همواره سعادت بهره مندی از ایشان را داشته باشد. بر خود لازم می‌دانم از زحمات استاد عزیزم جناب آقای دکتر مرادی که همواره مشوق، راهنما و الگوی علمی و اخلاقی من بودند صمیمانه تشکر کنم.

همچنین از سرکارخانم دکتر فرحناز مهنا و جناب آقای دکتر شهرام مهنا که امکانات بسیاری را در اختیار بنده قرار دادند و به من اعتماد کردند، تشکر کنم.

از جناب آقای مهندس یاشار زرهفروش که عنوان پایان نامه را به من پیشنهاد کردند و در تمامی مراحل همواره از راهنمایی‌های ارزشمند ایشان استفاده کرده‌ام تشکر می‌کنم. همچنین از کمک های شایان جناب آقای مهندس خسروی در مرکز تحقیقات مخابرات ایران تشکر می‌کنم.

در پایان لازم می‌دانم از زحمات جناب آقای دکتر ظریفکار، مهندس صمیمی و دکتر کریمی که در دوره کارشناسی افتخار شاگردی این عزیزان را داشتم، تشکر کنم.

چکیده:

آنتن‌های میکرواستریپ در سالهای اخیر به صورت گسترده در مخابرات و سیستم های رادار استفاده شده‌اند. مهم‌ترین مزایای این نوع آنتن ها عبارتند از: وزن کم، قیمت ارزان، ابعاد کوچک و قابل استفاده و ساخت همزمان با مدارهای چاپی است. آنتن‌های میکرواستریپ دارای دو عیب اساسی پهنای باند کم و بهره پایین نیز می‌باشند. برای افزایش پهنای باند و بهره این آنتن‌ها روش‌های مختلفی مانند استفاده از عایق های با ثابت دی‌الکتریک پایین، به کار بردن پچ‌های اضافی در کنار پچ اصلی، استفاده از ساختار های چند لایه شامل فاصله هوایی بین لایه‌ها معرفی شده است.

در این پایان نامه چندین ساختار جدید پهن باند با گین زیاد که برای اولین بار معرفی، محاسبه، شبیه‌سازی و تعدادی از آنها ساخته شدند ارائه می‌شود. این آنتن‌ها دارای ساختار چندلایه و شامل چند رزوناتور با فرکانس‌های تشدید نزدیک بهم می‌باشند.

اولین ساختار چند لایه، آنتن مایکرواستریپی تغذیه شده با کابل هم محور است که دارای سه پچ مستطیلی در لایه پایینی و یک پچ دیگر در لایه بالایی است. نتایج اندازه‌گیری نشان می‌دهد که پهنای باند آنتن ۹ GHz (۶۲٪) و بهره آن در طول پهنای باند حداقل ۸ dB است.

آنتن دیگری که از دو پچ رویهم تشکیل و از طریق روزنه مستطیلی روی سطح زمین تغذیه شده است در محدوده فرکانسی ۹/۵ GHz تا ۱۶ GHz کار می‌کند. پهنای باند شبیه سازی شده آن تا ۴۴٪ و گین آنتن حداقل ۸ dB در پهنای باند ۵/۱ GHz (۴۰٪) است. ضخامت آنتن طرح شده ۰/۱۴λ است که کمترین ضخامت در ساختارهای چند لایه می‌باشد.

ساختار جدیدی دیگری که با دو روزنه روی سطح زمین و با تغذیه خط مایکرواستریپ U شکل طراحی شده است و نتایج شبیه سازی و آزمایشی آن ارائه شده، دارای پهنای باند حدود ۷۰٪ (۱۰/۵ GHz تا ۲۲ GHz) و با گین حداقل ۷ dB در پهنای باند ۴۷٪ می‌باشد. نتایج شبیه سازی و اندازه‌گیری این آنتن‌ها مطابقت خوبی دارند.

کلمات کلیدی: آنتن‌های مایکرواستریپ - پهنای باند زیاد

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول: مقدمه.....
۲.....	مقدمه.....
۲.....	۱-۱- معرفی آنتن‌های میکرواستریپ.....
۴.....	۲-۱- مزایا و معایب آنتن‌های میکرواستریپ.....
۴.....	۳-۱- ساختار پایان نامه.....
۵.....	فصل دوم: آنتن‌های میکرواستریپ.....
۶.....	۱-۲- کاربردهای آنتن‌های میکرواستریپ.....
۶.....	۲-۲- روشهای تغذیه آنتن‌های میکرواستریپ.....
۸.....	۳-۲- روشهای تحلیلی آنتن‌های میکرواستریپ.....
۹.....	۴-۲- نرم افزارهای شبیه سازی.....
۱۰.....	فصل سوم: روشهای افزایش پهنای باند و بهره آنتن‌های میکرواستریپ.....
۱۱.....	مقدمه.....
۱۱.....	۱-۳- انتخاب ابعاد مناسب برای پچ ها و محل مناسب تغذیه.....
۱۱.....	الف) تأثیر محل تغذیه.....
۱۲.....	ب) انتخاب ابعاد مناسب برای پچ.....
۱۴.....	۲-۳- استفاده از عایق با ضخامت زیاد.....
۱۷.....	استفاده از لایه هوا و عایق با ضریب دی‌الکتریک پایین.....
۱۷.....	۳-۳- ایجاد شکاف بر روی پچ.....
۱۹.....	۴-۳- استفاده از پچ های اضافی در کنار پچ اصلی.....
۲۳.....	۵-۳- استفاده از ساختارهای چند لایه.....
۲۵.....	تأثیر طول پچ مربعی بالایی بر روی امپدانس ورودی آنتن.....
۲۷.....	تأثیر طول پچ مربعی پایینی بر روی امپدانس ورودی آنتن.....
۲۷.....	تأثیر فاصله هوایی بین دو پچ بر مشخصات آنتن.....

۲۹	تأثیر قرار نگرفتن دقیق پیچ‌ها رویهم
۳۲	فصل چهارم: بررسی آنتن‌های میکرواستریپ پهن‌بند
۳۳	مقدمه
۳۳	۱-۴- آنتن میکرواستریپ مستطیلی
۳۶	۲-۴- آنتن میکرواستریپ با شکاف U شکل غیر متقارن بر روی پیچ
۳۹	۳-۴- آنتن میکرواستریپ با شکاف U شکل متقارن
۴۲	۴-۴- آنتن میکرواستریپ با پیچ E شکل
۴۴	۵-۴- آنتن میکرواستریپ با پیچ‌های اضافی U شکل
۴۵	۶-۴- آنتن مایکرواستروپ تغذیه شده با شکاف H شکل
۴۸	۷-۴- آنتن میکرواستریپ با دو پیچ رویهم
۵۰	۸-۴- آنتن میکرواستریپ چند لایه با تغذیه روزنه‌ای
۵۳	۹-۴- آنتن میکرواستریپ با شکاف II شکل بر روی صفحه زمین
۵۶	فصل پنجم: طراحی و ساخت آنتن میکرواستریپ چند لایه پهن‌بند با تغذیه کابل هم‌محور
۵۷	مقدمه
۵۷	۱-۵- ساختار شماره ۱: آنتن مایکرواستریپ دو لایه با تغذیه کابل هم‌محور
۵۹	۲-۵- نتایج شبیه‌سازی تأثیر پیچ‌های اضافی بر مشخصات آنتن با ساختار ۱
۶۰	۳-۵- نتایج شبیه‌سازی تأثیر محل تغذیه بر مشخصات آنتن با ساختار ۱
۶۱	۴-۵- تأثیر فاصله بین پیچ اصلی با پیچ‌های اضافی بر مشخصات آنتن با ساختار ۱
۶۵	۶-۵- محدودیت‌های ساخت آنتن ساختار ۱
۶۷	اثر شعاع داخلی کانکتور SMA بر مشخصات آنتن
۶۸	۷-۵- ساخت آنتن
۷۱	فصل ششم: طراحی و ساخت آنتن‌های میکرواستریپ چند لایه پهن‌بند با تغذیه روزنه‌ای
۷۲	مقدمه
۷۲	۱-۶- ساختار شماره ۲: آنتن مایکرواستریپ چند لایه با دو پیچ رویهم
۷۳	بررسی پارامتری و نتایج شبیه‌سازی آنتن با ساختار ۲
۷۳	(الف) تأثیر ضخامت عایق D_0
۷۴	(ب) تأثیر ابعاد روزنه و نتایج شبیه‌سازی
۷۵	(ج) تأثیر محل روزنه نسبت به خط تغذیه
۷۵	(د) نتایج شبیه‌سازی تأثیر تغییر محل پیچ‌ها در جهت افقی

۷۶	..... ساختار شماره ۲ : آنتن نهایی
۷۶	..... ساختار شماره ۲ : ساخت آنتن و نتایج اندازه‌گیری
۷۷	..... ۲-۶ - ساختار شماره ۳ : آنتن مایکرواستریپ با تغذیه U شکل نامتقارن تک روزنه
۷۸	..... نتایج شبیه سازی آنتن با ساختار ۳
۷۹	..... ۳-۶ - ساختار شماره ۴ : آنتن مایکرواستریپ با تغذیه U شکل نامتقارن با دو روزنه
۸۰	..... ساخت آنتن و نتایج اندازه‌گیری
۸۲	..... ۴-۶ - ساختار شماره ۵ : طراحی آنتن مایکرواستریپ چند لایه در باند S و C
۸۳	..... نتایج شبیه سازی ساختار شماره ۵
۸۷	..... ۵-۶ - ساختار شماره ۶ : طراحی آنتن مایکرواستریپ چند لایه در باند X و C
۹۳	..... فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۷	..... مراجع

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان جدول
۱۳	جدول ۱-۳ مقادیر پهنای باند و گین آنتن شکل (۱-۳) برای مقادیر مختلف W
۱۵	جدول ۲-۳ بررسی تاثیر عایق با ضریب دی الکتریکهای مختلف
۱۸	جدول ۳-۳ تأثیر ضخامت پوشش بر روی پهنای باند و فرکانس تشدید آنتن
۱۸	جدول ۴-۳ تأثیر ضریب دی الکتریک عایق پوشش دهنده بر روی پهنای باند و فرکانس تشدید و پهنای باند آنتن.
۲۹	جدول ۵-۳ تأثیر ضخامت فاصله هوایی بر روی گین و پهنای باند آنتن مایکرواستریپ مربعی
۵۸	جدول ۱-۵ ابعاد آنتن ساختار شماره ۱
۶۱	جدول ۲-۵ پهنای باند و گین آنتن برای هشت محل مختلف تغذیه
	جدول ۳-۵ پهنای باند و گین آنتن برای هشت محل مختلف تغذیه
۶۲	جدول ۱-۶ مشخصات عایق های مایکرواستریپ چند لایه با دو پیچ رویهم ساختار ۲
۷۳	جدول ۲-۶ مشخصات آنتن مایکرواستریپ چند لایه با تغذیه U شکل نامتقارن
۷۷	جدول ۳-۶ مشخصات کامل آنتن با ساختار ۴ در شکل ۶-۹
۸۰	جدول ۳-۶ ابعاد نهایی آنتن در فرکانس های باند C و S
۸۵	جدول ۲-۶ ابعاد نهایی آنتن ساختار ۶
۹۰	

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان شکل
۳	شکل ۱-۱ ساختار آنتن مایکرواستریپ
۳	شکل ۲-۱ شکل های مختلف پیچ آنتن مایکرواستریپ
۷	شکل ۱-۲ تغذیه به روش استفاده از کابل هم محور
۷	شکل ۲-۲ تغذیه با استفاده از اتصال مستقیم خط مایکرواستریپ
۸	شکل ۳-۲ تغذیه به روش تزویج الکترومغناطیسی
۸	شکل ۴-۲ تغذیه با استفاده از شکاف روی صفحه زمین
۱۱	شکل ۱-۳ نمای فوقانی و جانبی آنتن مایکرواستریپ مستطیلی تغذیه با کابل هم محور
۱۲	شکل ۲-۳ نمودار امپدانس ورودی برای سه محل تغذیه متفاوت
۱۳	شکل ۳-۳ نمودار امپدانس ورودی برای چهار W متفاوت
۱۵	شکل ۴-۳ نمودار $VSWR$ و امپدانس ورودی برای دو مقدار مختلف ضخامت دی الکتریک
۱۶	شکل ۵-۳ آنتن دارای پوشش (الف) ساختار آنتن، (ب) تاثیر ضخامت پوشش روی آنتن، (ج) تاثیر ضریب دی الکتریک پوشش روی آنتن.
۱۹	شکل ۶-۳ آنتن مایکرواستریپ با دو شکاف روی پیچ
۱۹	شکل ۷-۳ نمودار تلفات برگشتی آنتن شکل ۶-۳
۲۰	شکل ۸-۳ آنتن مایکرواستریپ با پیچ اضافی: (الف) ساختار آنتن، (ب) نمودار اسمیت امپدانس ورودی، (ج) نمودار $VSWR$
۲۱	شکل ۹-۳ (الف) امپدانس ورودی، (ب) نمودار $VSWR$ برای دو نقطه تغذیه مختلف
۲۲	شکل ۱۰-۳ (الف) امپدانس ورودی، (ب) نمودار $VSWR$ آنتن مایکرواستریپ مستطیلی با پیچ

اضافی

- شکل ۳-۱۱ الف) میدانس ورودی ، ب) نمودار $VSWR$ آنتن میکرواستریپ با پیچ اضافی
 ۲۲ بر حسب فاصله پیچها
- شکل ۳-۱۲ نمودار تشعشع آنتن میکرواستریپ با پیچ اضافی در فرکانسهای مختلف الف)
 ۲۳ 2.79 GHz ب) 3 GHz ج) 3.9 GHz
- شکل ۳-۱۳ آنتن میکرواستریپ با تزویج الکترومغناطیسی
 ۲۴
- شکل ۳-۱۴ آنتن میکرواستریپ با تزویج الکترومغناطیسی
 ۲۴
- شکل ۳-۱۵ آنتن میکرواستریپ مربعی با ۲ پیچ رویهم : الف) نمای بالایی ، ب) نمای جانبی
 ۲۵
- شکل ۳-۱۶ الف) امپدانس ورودی، ب) نمودار $VSWR$ آنتن با دو پیچ مربعی برای چهار
 ۲۶ مقدار طول پیچ بالایی
- شکل ۳-۱۷ نمودار تشعشعی آنتن میکرواستریپ با دو پیچ مربعی رویهم در فرکانس GHz
 ۲۶ 3.7
- شکل ۳-۱۸ نمودار امپدانس ورودی و $VSWR$ آنتن با دو پیچ مربعی رویهم
 ۲۷
- شکل ۳-۱۹ نمودار امپدانس ورودی و $VSWR$ آنتنی با طول پیچ بالایی و پایینی 25 mm
 ۲۸ و تغذیه به فاصله 11 cm
- شکل ۳-۲۰ الف) امپدانس ورودی، ب) $VSWR$ آنتن میکرواستریپ مربعی دو لایه با
 ۳۰ تغییر مکان پیچ بالایی در جهت های x و y
- شکل ۳-۲۱ الف) امپدانس ورودی، ب) نمودار $VSWR$ آنتن میکرواستریپ با پیچ مربعی
 ۳۱ برای سه مقدار ضخامت لایه هوایی
- شکل ۴-۱ نمای بالایی و جانبی آنتن میکرواستریپ
 ۳۳
- شکل ۴-۲ نمودار امپدانس ورودی آنتن برای سه حالت مختلف
 ۳۴
- شکل ۴-۳ نمودار گین سه آنتن با مشخصات جدول ۴-۱
 ۳۴
- شکل ۴-۴ نمودار تشعشع آنتن در صفحه $E (x,z)$ و در صفحه $H (y,z)$ در فرکانسهای
 ۳۵ الف) 1844 MHz و ب) 1900 MHz
- شکل ۴-۵ نمودار امپدانس ورودی آنتن با عایقی با ثابت دی الکتریک ۳ و نمودار امپدانس
 ۳۶

ورودی آنتن بدون استفاده از شکاف بر روی پیچ آن

- شکل ۴-۶ نمودار بهره آنتن با عایقی با ثابت دی الکتریک ۳ ۳۶
- شکل ۴-۷ ساختار آنتن با شکاف ۳۷
- شکل ۴-۸ نمودار امپدانس ورودی آنتن به ازای ۵ مقدار طول بازوی کوچکتر شکاف ۳۷
- شکل ۴-۹ نمودار گین آنتن به ازای ۵ مقدار طول بازوی کوچکتر شکاف ۳۸
- شکل ۴-۱۰ نمودار امپدانس ورودی شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن ۳۸
- شکل ۴-۱۱ نمودار بهره شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن ۳۸
- شکل ۴-۱۲ (الف) نمودار تشعشی شبیه سازی شده ، (ب) نمودار اندازه گیری شده ۳۹
- شکل ۴-۱۳ آنتن میکرواستریپ با شکاف U شکل متقارن ۴۰
- شکل ۴-۱۴ تصویر ساخته شده آنتن ۴۰
- شکل ۴-۱۵ تأثیر ضخامت لایه هوایی را بر روی امپدانس ورودی آنتن ۴۱
- شکل ۴-۱۶ (الف) نمودار امپدانس ورودی ، (ب) نمودار بهره آنتن ۴۱
- شکل ۴-۱۷ نمودار تشعشی آنتن در سه فرکانس مختلف ۴۲
- شکل ۴-۱۸ آنتن میکرواستریپ با پیچ E شکل ۴۲
- شکل ۴-۱۹ تأثیر عوامل مختلف بر روی نمودار امپدانس ورودی آنتن ۴۳
- شکل ۴-۲۰ نمودار اندازه گیری شده و شبیه سازی شده امپدانس ورودی آنتن ۴۴
- شکل ۴-۲۱ نمودار بهره آنتن در فرکانسهای مختلف ۴۴
- شکل ۴-۲۲ آنتن میکرواستریپ با پیچ های اضافی U شکل ۴۵
- شکل ۴-۲۳ نمودار امپدانس ورودی آنتن ۴۵
- شکل ۴-۲۴ آنتن میکرواستروپ تغذیه شده به وسیله شکاف H شکل ۴۶
- شکل ۴-۲۷ نمودار بهره آنتن را در چهار حالت مختلف برای دی الکتریکی بین پیچ و صفحه زمین ۴۷
- شکل ۴-۲۸ تصویر آنتن ساخته شده ۴۷
- شکل ۴-۲۹ نمودار شبیه سازی شده و اندازه گیری شده امپدانس ورودی آنتن ۴۷
- شکل ۴-۳۰ نمودار تشعشی آنتن در دو فرکانس الف) ۱.۰۳۰ MHz و ب) ۱.۰۹۰ MHz ۴۸

- شکل ۴-۳۱ ساختار آنتن مایکرواسترپ با دو پیچ روی هم ۴۸
- شکل ۴-۳۳ (الف) نمودار امپدانس ورودی با پیچ پایینی، (ب) نمودار امپدانس ورودی آنتن با دو پیچ روی هم ۴۹
- شکل ۴-۳۴ (الف) تاثیر طول پیچ بالایی بر امپدانس ورودی آنتن به ازاء مقادیر مختلف طول، (ب) تاثیر عرض پیچ بالایی بر امپدانس ورودی ۴۹
- شکل ۴-۳۵ آنتن با پیچ مستطیلی با تغذیه روزنه‌ای ۵۰
- شکل ۴-۳۶ نمای فوقانی آنتن و ابعاد آن ۵۱
- شکل ۴-۳۷ آنتن ساخته شده در داخل قاب ۵۱
- شکل ۴-۳۸ نمودار امپدانس ورودی شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن ۵۲
- شکل ۴-۳۹ نمودار تشعشعی آنتن را در صفحه (الف) E و (ب) H ۵۲
- شکل ۴-۴۰ نمودار تشعشعی آنتن را در صفحه (الف) E و (ب) H پس از قرار دادن صفحه فلزی پشت آنتن ۵۳
- شکل ۴-۴۱ آنتن مایکرواسترپ با شکاف II شکل II شکل و موقعیت آن نسبت به خط تغذیه ۵۴
- شکل ۴-۴۲ ابعاد پیچ و شکاف U شکل و ابعاد شکاف ۵۴
- شکل ۴-۴۳ نمودار امپدانس ورودی آنتن مایکرواسترپ ۵۵
- شکل ۴-۴۴ نمودار بهره آنتن مایکرواسترپ ۵۵
- شکل ۴-۴۵ نمودار تشعشع آنتن مایکرواسترپ ۵۵
- شکل ۵-۱ ساختار آنتن شماره ۱ : (الف) نمای فوقانی، (ب) نمای جانبی ۵۸
- شکل ۵-۲ نمودارهای شبیه سازی شده: (الف) $VSWR$ ، (ب) گین آنتن ساختار ۱ در شرایط مختلف ۶۰
- شکل ۵-۳ معرفی پارامترهای نمودار امپدانس ورودی ۶۰
- شکل ۵-۴ تاثیر محل تغذیه آنتن بر نمودار تشعشع آنتن ساختار ۱ در فرکانس ۱۵ GHz (الف) $x, y=3, 1, 5$ ، (ب) $x, y=3, 0$ ، (ج) $x, y=3, 0, 5$ ، (د) $x, y=3, 5, 0, 5$ ۶۱
- شکل ۵-۵ نتایج شبیه سازی نمودار تشعشع آنتن ساختار ۱ برای ۴ مقدار مختلف ۶۲

۶۳	شکل ۵-۶	نمودار گین آنتن در زاویه صفر درجه
۶۳	شکل ۵-۷	نمودار اسمیت امپدانس ورودی
۶۴	شکل ۵-۸	نتایج شبیه سازی میدانهای راه دور و نزدیک و تشعشع سه بعدی آنتن ساختار
۶۴	شکل ۵-۹	نمودار تشعشع آنتن در فرکانس های
۶۶	شکل ۵-۱۰	ساختار جدید برای آنتن
۶۷	شکل ۵-۱۱	VSWR و گین آنتن منحنی ۱ مربوط به پیچ تنها، منحنی ۲ مربوط به یک پیچ تغذیه شده و دو پیچ کناری، منحنی ۳ مربوط به سه پیچ با پیچ اضافی در لایه بالایی
۶۷	شکل ۵-۱۲	نمودار VSWR آنتن به ازاء شعاع هادی داخلی کابل تغذیه (۱) 0.4 mm ، (۲) 0.5 mm ، (۳) 0.635 mm
۶۸	شکل ۵-۱۳	ساختار نهایی آنتن مایکرواستریپ چند لایه
۶۸	شکل ۵-۱۴	تأثیر اضافه کردن فاصله هوایی بین پیچ تغذیه شده و پیچ اصلی
۶۹	شکل ۵-۱۵	تصویر آنتن ساخته شده (الف) نمای بالایی ، (ب) نمای جانبی
۷۰	شکل ۵-۱۶	نمودار VSWR و بهره اندازه گیری شده و شبیه سازی شده
۷۰	شکل ۵-۱۷	نمودار تشعشعی اندازه گیری شده آنتن در 14 GHz
۷۳	شکل ۶-۱	نمای بالایی و جانبی آنتن مایکرواستریپ چند لایه با دو پیچ رویهم ساختار ۲
۷۴	شکل ۶-۲	نتایج شبیه سازی و تأثیر ضخامت عایق D_0 بر VSWR
۷۴	شکل ۶-۳	نتایج شبیه سازی اثر طول روزنه بر VSWR، منحنی ۱: $L_1 = 8 \text{ mm}$ منحنی ۲ $L_2 = 7.5 \text{ mm}$ و منحنی ۳ $L_3 = 7 \text{ mm}$
۷۵	شکل ۶-۴	نتایج شبیه سازی VSWR بر حسب محل روزنه نسبت به خط تغذیه، منحنی ۱ $L = 2 \text{ mm}$ ، منحنی $L = 2.5 \text{ mm}$ و منحنی ۳ $L = 3 \text{ mm}$
۷۵	شکل ۶-۵	تأثیر تغییر محل پیچ ها در راستای افقی
۷۶	شکل ۶-۶	آنتن نهایی ساختار شماره ۲
۷۷	شکل ۶-۷	آنتن مایکرواستریپ چند لایه با تغذیه U شکل نامتقارن
۷۸	شکل ۶-۸	نمودار VSWR و گین آنتن با تغذیه U شکل غیر متقارن

- شکل ۹-۶ آنتن با تغذیه U شکل نامتقارن و با دو روزنه روی سطح زمین ۷۹
- شکل ۱۰-۶ نمودار $VSWR$ و گین آنتن ساختار ۴ با تغذیه U شکل نامتقارن و با دو روزنه ۸۰
- شکل ۱۱-۶ تصویر آنتن ساخته شده ساختار شماره چهار الف) نمای بالا، ب) نمای خط تغذیه ۸۱
- شکل ۱۲-۶ نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده $VSWR$ و گین آنتن با تغذیه U شکل نامتقارن با دو روزنه ۸۲
- شکل ۱۳-۶ نمای سه بعدی و نمای بالای و کنار ساختار آنتن برای فرکانسهای باند S و C ۸۳
- شکل ۱۴-۶ نتایج شبیه سازی تأثیر طول روزنه سمت چپ بر امپدانس ورودی و گین آنتن ۸۴
- شکل ۱۵-۶ نتایج شبیه سازی تأثیر طول روزنه سمت راست بر روی گین و $VSWR$ آنتن ۸۵
- شکل ۱۶-۶ نتایج شبیه سازی تأثیر فاصله بین روزنه ها بر مشخصات آنتن با ساختار ۵ ۸۵
- شکل ۱۷-۶ امپدانس ورودی آنتن روی نمودار اسمیت ۸۶
- شکل ۱۸-۶ نمودار تشعشع آنتن ساختار ۵: الف) ۳ GHz، ب) ۴ GHz، ج) ۵ GHz ۸۷
- شکل ۱۹-۶ نمای سه بعدی، بالایی و جانبی آنتن میکرواستریپ ساختار ۶ ۸۸
- شکل ۲۰-۶ نتایج شبیه سازی اثر فاصله بین خطوط تغذیه L_5 بر $VSWR$ آنتن ۸۹
- شکل ۲۱-۶ نتایج شبیه سازی تأثیر طول خط تغذیه سمت راست بر $VSWR$ ۸۹
- شکل ۲۲-۶ نتایج شبیه سازی طول خط تغذیه سمت راست L_3 بر $VSWR$ آنتن ۹۰
- شکل ۲۳-۶ نتایج شبیه سازی گین آنتن در زاویه صفر درجه ۹۰
- شکل ۲۴-۶ نمودار تشعشعی آنتن ساختار ۶ در چند فرکانس: الف) ۷ GHz، ب) ۹ GHz، ج) ۱۰ GHz، د) ۱۲ GHz ۹۱
- شکل ۲۵-۶ نتایج شبیه سازی نمودار اسمیت امپدانس ورودی ساختار ۶ ۹۱
- شکل ۲۶-۶ نتایج شبیه سازی نمودار تشعشع ۳ بعدی آنتن در فرکانسهای الف) ۷ GHz، ب) ۱۰ GHz ۹۲

فصل اول

مقدمه

مقدمه

آنتن‌های مایکرواستریپ اولین بار در سال ۱۹۵۳ پیشنهاد شد. اما عملاً در سال ۱۹۷۴ پس از گذشت بیست سال مورد استفاده قرار گرفت. اولین کتابی که در رابطه با این نوع آنتن‌ها منتشر شد کتاب "آنتن‌های مایکرواستریپ" است که در سال ۱۹۸۰ توسط انتشارات Artech House به چاپ رسید. پس از آن، کتاب‌های متعددی در این زمینه بچاپ رسید که تقریباً همه آنها فصلی به آنتن‌های مایکرواستریپ پهن‌بند اختصاص داده‌اند.

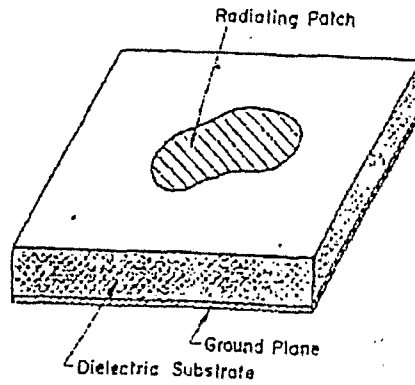
آنتن‌های مایکرواستریپ در حالت کلی دارای مزایای زیادی نظیر وزن کم، سادگی ساخت و روش‌های متنوع تغذیه نسبت به سایر آنتن‌های مرسوم می‌باشند. این در حالی است که آنتن‌های مایکرواستریپ دارای معایب ذاتی مانند پهنای باند باریک و بهره کم هستند. برای حل مساله افزایش پهنای باند و بهره تکنیک‌های مختلفی بکار رفته است که در بخش زیر اشاره می‌شود.

- (۱) استفاده از ساختارهای چند لایه
- (۲) استفاده از پیچ‌های اضافی در کنار پیچ اصلی
- (۳) استفاده از شبکه‌های تطبیق امپدانس جهت افزایش پهنای باند
- (۴) استفاده از عایق‌های با ثابت دی‌الکتریک پایین
- (۵) استفاده از لایه هوا بین دی‌الکتریک‌ها
- (۶) ایجاد شکاف بر روی پیچ‌ها

۱-۱ معرفی آنتن‌های مایکرواستریپ

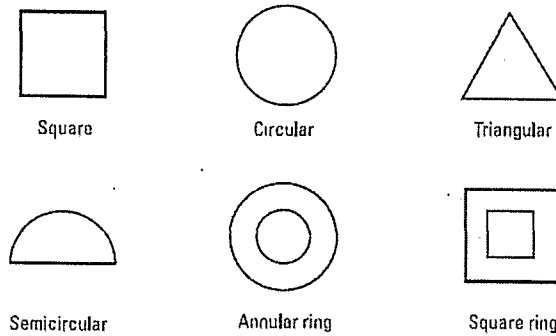
ساختار کلی آنتن‌های مایکرواستریپ در شکل ۱-۲ نشان داده شده است که با قرار دادن پیچ (صفحه فلزی) بر روی یک لایه دی‌الکتریک تشکیل می‌شوند. ثابت دی‌الکتریک استفاده شده در این آنتن‌ها معمولاً کوچکتر از ۱۰ است. برای مقادیر کم ثابت دی‌الکتریک میدان‌های نشتی زیاد شده و به همین دلیل تشعشع آنتن و پهنای باند آن افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که با کاهش ثابت دی‌الکتریک ساخت آنتن با مشکلاتی همراه است. بعنوان مثال برای ساختن آنتن با لایه دی‌الکتریک هوا که کمترین مقدار ϵ_r را دارد چندین میله جهت نگهداری پیچ لازم است.

سمت دیگر لایه عایق صفحه زمین قرار دارد. بخش‌های فلزی آنتن مایکرواستریپ معمولاً از طلا یا مس ساخته می‌شوند.



شکل ۱-۱ ساختار آنتن مایکرواستریپ

آنتن‌های مایکرواستریپ با انواع مختلفی از شکل پچ بکار رفته‌اند. بطور نمونه چندین پچ در شکل ۲-۲ نشان داده شده است که هر کدام دارای خصوصیات تشعشع خاص خود می‌باشند.



شکل ۲-۱ شکل‌های مختلف پچ آنتن مایکرواستریپ