بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی

گروه برق – مخابرات

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته برق مخابرات (میدان)

طراحی، شبیه سازی وساخت یک آنتن میکرواستریپ با پلاریزاسیون دایروی و مشخصات بهبود یافته

اساتید راهنما :

دکتر جواد نوری نیا **دکتر چنگیز قبادی**

تنظیم و نگارش :

پگاه صادقی چمه

بهمن ۱۳۹۱

به پاس قلب بزرگی که فریادرس ماست

و سرگردانی و ترس

که در پناه اش به شجاعت می گراید

به پاس محبت بی دریغی که فروکش نمی کند

و انسانیتی که در نبرد با ظلمت از پا در نمی آید

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

خدایا!

به من زیستنی عطا کن که در لحظه مرگ، بربی‌ثمری لحظه‌ای که برای زیستن گذشته است، حسرت نخورم و مردنی عطا کن که بر بیهودگی‌اش سوگوار نباشم..

سپاس بی نهایت مقدس شور و علم و معنا را، اوجی، حظی، وحدتی که فراخنای همه ی خواهش هاست. تشکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم. از اساتید فاضل و اندیشمند آقایان دکتر نوری نیا و دکتر قبادی به عنوان اساتید راهنما که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داه اند و راهنمایی هاشان را روشنایی بخش راهم ساخته اند ،کمال تشکر را دارم. با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند. از جمله از استاد ارجمند جناب آقای دکتر آذر منش و جناب آقای دکتر گلزان کمال تشکر و امتنان را دارم. همچنین از دوست عزیزم سرکار خانم مهندس میرزامحمدی به پاس لطف و کمک های بی‌دریغشان بسیار سپاسگذارم.

چکیده

پلاریزاسیون دایروی به دلیل ویژگی‌های خاص در سیستم های مخابراتی پیشرفته مورد توجه قرار گرفته است و به طور گسترده ایی در کاربردهای نظامی و تجاری مختلفی چون سیستم های راداری و ماهواره ایی مورد استفاده قرار می گیرد. در انتشار سیگنال‌های مخابراتی همواره اثر محوشدگی چندمسیره وجود دارد که با بکارگیری پلاریزاسیون دایروی این امر در انتشار سیگنال‌ها مرتفع می‌شود، مضافاً اینکه در کاربردهای ماهواره‌ای بعلت اثر چرخش فاراده ناچار به استفاده از این گونه پلاریزاسیون می‌باشیم. این تکنیک به طور موثری نیاز به هم سویی فرستنده و گیرنده از از بین می برد. در سال های اخیر به منظور دست یابی به پلاریزاسیون دایروی پهن باند با ابعاد کوچک آنتن، آنتن های میکرواستریپ مختلفی طراحی شده اند. در این بین آنتن شکاف دار میکرواستریپ به علت دارا بودن پهنای باند بیشتر یکی از انتخاب های پژوهشگران در این زمینه بوده است. در این پایان نامه دو آنتن میکرواستریپ شکاف دار با پلاریزاسیون دایروی پهن باند چپ گرد ارایه شده اند. آنتن اول با بهره گیری از دو استریپ L شکل معکوس قرار داده شده در دو گوشه‌ی مخالف شکاف مربعی و دو شکاف مربعی در ساختار تغذیه قادر به تولید پلاریزاسیون دایوری پهن باند در محدوده ی ۶/۳۷ تا ۹/۳۲ گیگاهرتز و پوشش پهنای باند امپدانسی ۱۲۳ درصد است. در آنتن با بار گذاری دو شکاف حلزونی شکل باریک در صفحه ی زمین، به علت فراهم شدن مسیرهای جریان اضافی و کاهش اغتشاش جریان در دو لبه ی بالایی و پایینی آنتن، پهنای باند نسبت محوری محوری و همین طور پهنای باند امپدانسی به طرز چشم گیری افزایش یافته و آنتن قادر به دریافت پلاریزاسیون دایروی پهن باند ۵۶ درصد و پهنای باند امپدانسی ۱۱۱ درصد است. آنتن های طراحی شده در این پژوهش با ساختاری ساده تر، کارایی بهتری از نظر پهنای باند پلاریزاسیون دایروی و امپدانسی نسبت به سایر آنتن های میکرواستریپ شکاف دار مشابه نشان داده اند.

فهرست مطالب

فصل اول آنتن‌های میکرواستریپ، تعریف و ساختار آن

۱-۱ تعریف آنتن..... ۱

۱-۲ معرفی آنتن های میکرواستریپ..... ۲

۱-۳ مزایا و معایب آنتن های میکرواستریپ..... ۲

۱-۴ کاربرد های آنتن های میکرواستریپ..... ۳

۱-۵ انواع آنتن های مایکرواستریپ..... ۴

۱-۵-۱ آنتن دو قطبیمیکرواستریپ..... ۴

۱-۵-۲ آنتن پچمیکرواستریپ..... ۵

۱-۵-۳ آنتن شکاف دار میکرواستریپ..... ۵

- انواع آنتن های شکاف دار میکرواستریپ..... ۶
- فرآیند تشعشع از آنتن های شکاف دار..... ۸

۱-۵-۴ آنتن میکرواستریپ موج رونده..... ۹

۱-۶ مقایسه انواع آنتن های میکرواستریپ..... ۱۰

۱-۷ انواع روش های تغذیه آنتن های میکرواستریپ..... ۱۱

۱-۷-۱ تغذیه توسط خط میکرواستریپ..... ۱۱

۱-۷-۲ تغذیه به روش کابل کوواکسیال..... ۱۲

۱-۷-۳ تغذیه به روش تزویج روزنه‌ای..... ۱۳

۱-۷-۴ تغذیه به روش تزویجمجاورتی..... ۱۴

۱-۷-۵ تغذیه آنتن میکرواستریپ به کمک تغذیه موجبری..... ۱۵

۱-۷-۶ تغذیه در آنتن های شکاف دار..... ۱۶

۱-۸ مقایسه ایی بین روش های مختلف تغذیه آنتن میکرواستریپ..... ۱۷

۱-۹ روش های تحلیل آنتن های میکرواستریپ..... ۱۷

۱-۹-۱ مدل خط انتقال..... ۱۸
- اثرات لبه ایی و طول موثر..... ۱۸
- روند طراحی آنتن میکرواستریپ..... ۲۰
۱-۹-۲ مدل محفظه..... ۲۱
۱-۱۰ پارامترهای آنتن..... ۲۱
۱-۱۰-۱ پهنای باند امپدانسی..... ۲۲
۱-۱۰-۲ پترن تشعشعی..... ۲۲
۱-۱۰-۳ نسبت محوری..... ۲۳
۱-۱۰-۴ بهره جهتی..... ۲۳
۱-۱۰-۵ سمتگرایی و بهره..... ۲۴
۱-۱۰-۶ امپدانس ورودی در آنتن میکرواستریپ..... ۲۴
۱-۱۱افزایش پهنای باند آنتن های میکرواستریپ..... ۲۵
۱-۱۲ خلاصه..... ۲۸

فصل دوم آنتن های میکرواستریپ با پلاریزاسیون دایروی

۲-۱ مقدمه ۲۹
۲-۲ تعریف پلاریزاسیون ۲۹
۲-۳ انواع پلاریزاسیون ۳۰
۲-۴ انواع پلاریزاسیون در آنتن های میکرواستریپ ۳۲
- پلاریزاسیون خطی در آنتن های میکرواستریپ ۳۲
- پلاریزاسیون دایروی در آنتن های میکرواستریپ ۳۲
۲-۵ مدل محفظه و بررسی مدهای تحریک شونده در آنتن میکرواستریپ ۳۲
۲-۶ نحوه تولید پلاریزاسیون در آنتن های میکرواستریپ ۳۵
- ایجاد پلاریزاسیون تک بانده ۳۵

- ایجاد پلاریزاسیون دوبانده ۳۵

۲-۷ روش های دست یابی به پلاریزاسیون دایروی در آنتن پچ ۳۶

۲-۷-۱تولید پلاریزاسیون دایروی با استفاده از مقسم های توان و تغذیه چندگانه ۳۷

- استفاده از تغذیه دوگانه و مقسم توان خارجی ۳۷
- استفاده از تغذیه چندگانه و مقسم توان خارجی ۳۸
- استفاده از تغذیه دوگانه و مقسم توان مجتمع با آنتن ۳۸

۲-۷-۲ نحوه تولید پلاریزاسیون دایروی در انواع مختلف پچ با استفاده از یک تغذیه ۴۲

- بریدن گوشه های پچ ۴۲
- استفاده از شکاف در داخل پچ ۴۳
- استفاده از شکاف باریک در لبه ی پچ ۴۵
- اضافه کردن مقاومت کوچک ۴۵
- استفاده از **Spure Lines** ۴۶
- استفاده از استاب تیون کننده ۴۷

۲-۸ خلاصه ۴۸

فصل سوم بررسی چند نمونه آنتن شکاف دار در دست یابی به پلاریزاسیون دایروی

۳-۱ مقدمه..... ۴۹

۳-۲ انواع آنتن های شکاف دار با پلاریزاسیون دایروی تک بانده و متد های مختلف ۴۹

۳-۲-۱ استفاده از خط میکرواستریپ L شکل در تحریک مغناطیسی شکاف باریک ۴۹

۳-۲-۲ استفاده از اسلات به فرم Spidron Fractal با تغذیه میکرواستریپی ساده ۵۱

۳-۲-۳ استفاه از ساختار فرکتال ۵۲

۳-۲-۴ استفاده از ترانسفورماتور ربع طول موج و استریپ L شکل در ساختار آنتن ۵۳

۳-۲-۵ افزودن یک استاب T شکل به ساختار زمین ۵۴

۳-۲-۶ تغذیه ی نامتقارن و استاب L شکل ۵۵

۳-۲-۷ گسترش صفحه ی زمین آنتن ۵۶
۳-۲-۸ استفاده از استریپ های رزوناتوری پارازیتیک در شکاف مربعی ۵۷
۳-۲-۹ آنتن شکاف دار مربعی با تغذیه ی CPW و به کارگیری دو استریپ L معکوس ۵۸
۳-۲-۱۰آنتن شکاف دار مربعی با استفاده از Lightening-Shaped Feed-line و دو شکاف باریکFشکل ۵۹
۳-۲-۱۱ آنتن شکاف دار مربعی با تغذیه ی CPW و شکاف باز ۶۰
۳-۲-۱۲تغذیه نامتقارن با بازوهای کوپل شده به زمین و استاب Tشکل ۶۲
۳-۲-۱۳ آنتن شکاف دار با شکاف شبه مستطیلی تیون کننده ۶۲
۳-۳ تکنیک های دست یابی به پلاریزاسیون دایروی دو بانده ۶۳
۳-۳-۱ آنتن شکاف دار دو بانده و پهن باند پلاریزاسیون دایروی با استاب L شکل خم شده ۶۴
۳-۴ خلاصه ۶۵

فصل چهارم طراحی و بررسی دو آنتن جدید شکاف دار مربعی با تغذیه CPW و ابعاد کوچک برای دستیابی به پلاریزاسیون دایروی پهن باند

۴-۱مقدمه..... ۶۶
۴-۲ ساختار آنتن پیشنهادی اول ۶۷
۴-۲-۱ بررسی اثر پارامتر های مختلف آنتن بر کارایی آن..... ۶۷
- بررسی اثر طول استریپ بالایی..... ۶۷
- بررسی اثر طول استریپ پایینی..... ۶۸
- بررسی اثر شکاف پله ایی..... ۶۸

۴-۲-۲ بررسی نتایج شبیه سازی و اندازه گیری آنتن ۷۱
۴-۳ساختار آنتن پیشنهادی دوم..... ۷۳
۴-۳-۱ روند طراحی آنتن ۷۴
۴-۳-۲ بررسی اثر پارامتر های مختلف آنتن بر کارایی آن ۷۵

- بررسی اثر طول استریپ L شکل معکوس..... ۷۵
- بررسی اثر حضور شکاف های حلزونی در افزایش پهنای باند پلاریزاسیون دایروی..... ۷۷
- بررسی اثر پارامترM..... ۷۹
- بررسی اثر حضور استاب تیون کننده و شکاف باریک در ساختار تغذیه..... ۸۰

۴-۳-۳ نتایج شبیه سازی و اندازه گیری آنتن ۸۰

۴-۴ مقایسه با ساختار های دیگر..... ۸۳

۴-۵ نتیجه گیری ۸۵

۴-۶ پیشنهادات..... ۸۶

مراجع..... ۸۷

فهرست اشکال

فصل اول آنتن‌های میکرواستریپ، تعریف و ساختار آن

شکل ۱-۱ ساختار اولیه‌ی آنتن..... ۱

شکل ۱-۲ آنتن دوقطبی با تغذیه میکرواستریپ..... ۴

شکل ۱-۳ اشکال مختلف برای پچ میکرواستریپی..... ۵

شکل ۱-۴آنتن های شکاف دار با شکاف مربعی و دایروی..... ۶

شکل ۱-۵ آنتن های شکاف دار با شکاف حلقه مربعی و دایروی..... ۷

شکل ۱-۶ چند نمونه از ساختارهای آنتن اسلات (شکاف دار) میکرواستریپی..... ۸

شکل۱-۷ موج صفحه‌ای تابنده بریک شکاف. پراش لبه‌ای باعث گسترش تشعشعات از شکاف می‌شود..... ۹

شکل ۱-۸ انواع آنتن های میکرواستریپی موج رونده..... ۹

شکل ۱-۹ تغذیه به روش خط میکرواستریپ به فرم لبه و مدار معادل آن..... ۱۲

شکل ۱-۱۰ تغذیه به روش خط میکرواستریپ از طریق شکاف و مدار معادل آن..... ۱۲

شکل ۱-۱۱آنتن با تغذیه به روش کابل کواکسیال..... ۱۳

شکل ۱- ۱۲ آنتن با تغذیه روزنه‌ای(الف): شمای آنتن.(ب) مدارمعادل تغذیه روزنه‌ای ۱۳
شکل ۱-۱۳ آنتن با تغذیه کوپلاژ الکترومغناطیسی ۱۵
شکل ۱-۱۴ آنتن با تغذیه به روش موجبری ۱۶
شکل ۱-۱۵ آنتن اسلات با تغذیه خط میکرواستریپ ۱۶
شکل ۱-۱۶ دو نمونه آنتن شکاف دار با تغذیه های خط میکرواستریپ و CPW ۱۷
شکل ۱-۱۷ (a)ساختار خط میکرواستریپ (b) میدانهای کناره های(c) نمای جانبی آنتن میکرواستریپ ۱۹
شکل ۱-۱۸ طول فیزیکی وموثرآنتن میکرواستریپ مستطیلی ۱۹
شکل ۱-۱۹ منحنی تغییرات رزیستانس و راکتانس یک آنتن میکرواستریپ بر حسب فرکانس ۲۵

فصل دوم آنتن های میکرواستریپ با پلاریزاسیون دایروی

شکل ۲-۱ نمایش نحوه انتشار موج برای سه نوع پلاریزاسیون ذکر شده ۳۰
شکل ۲-۲موج بیضوی پلاریزه شده ۳۱
شکل۲-۳هندسه آنتن پچ میکرواستریپ مستطیلی ۳۵
شکل ۲-۴ تاثیر شکاف ها بر (الف) مد اول (ب) مد دوم ۳۶
شکل ۲-۵ تغذیه دوگانه (الف) آنتن پچ میکرواستریپ مستطیلی (ب) پچ دایروی ۳۷
شکل ۲-۶ ساختار آنتن و نمودار اسمیت تغذیه به ازای مقادیر مختلف قطر پروب ۳۸
شکل ۲-۷ آنتن پچ میکرواستریپ مربعی با تغذیه ی دارای افست (دو خم شده گی) ۳۹
شکل ۲-۸ ساختار آنتن مرجع [۲۶] ۴۰
شکل ۲-۹ ساختار آنتن و شبکه ی تغذیه [۲۷] ۴۰
شکل ۲-۱۰ ساختار آنتن مرجع [۲۸]به همراه ساختار تغذیه آن ۴۱
شکل ۲-۱۱ ساختار سه نمونه آنتن کوچک با پچ بریده شده ۴۲
شکل ۲-۱۲ مدل مداری آنتن میکرواستریپ پلاریزاسیون دایروی در دو مد تحریک شده ۴۳
شکل ۲-۱۳ ساختار سه آنتن با شکاف در داخل پچ ۴۴
شکل ۲-۱۴ دوآنتن با شکافF و S شکل ۴۴

شکل ۲-۱۵ ساختار دو آنتن میکرواستریپ با شکاف های باریک لبه ایی ۴۵
شکل ۲-۱۶ ساختار آنتن پچ با بارگذاری مقاومتی ۴۶
شکل ۲-۱۷ ساختار آنتن با استفاده از Spur Line ۴۷
شکل ۲-۱۸ ساختار آنتن مرجع[۲۹] ۴۷

فصل سومبررسی چند نمونه آنتن شکاف دار در دست یابی به پلاریزاسیون دایروی

شکل ۳-۱ ساختار آنتن معرفی شده در مرجع[۳۳] ۵۰
شکل ۳-۲ نسبت محوری و مشخصه ی امپدانسی شبیه سازی شده آنتن مرجع[۳۳] ۵۰
شکل ۳-۳ساختار آنتن اسلات به فرم Spidron Fractal با تغذیه میکرواستریپی ساده ۵۱
شکل ۳-۴ نمودار بهره و نسبت محوری برای آنتن مرجع [۳۴] ۵۱
شکل ۳-۵ ساختار آنتن فرکتالی ۵۲
شکل ۳-۶ نمودار نسبت محوری و افت برگشتی برای آنتن فرکتالی مرجع [۳۵] ۵۲
شکل ۳-۷ ساختار آنتن مرجع [۳۶] ۵۳
شکل ۳-۸ نمودار نسبت محوری و افت برگشتی آنتن مرجع [۳۶] ۵۳
شکل ۳-۹ ساختار آنتن و اسمیت چارت ۵۴
شکل ۳-۱۰ نمودار بهره و نسبت محوری اندازه گیری و شبیه سازی شده آنتن مرجع [۳۸] ۵۴
شکل ۳-۱۱ ساختار آنتن مرجع[۳۹] ۵۶
شکل ۳-۱۲ نمودار نسبت محوری آنتن مرجع [۳۹] ۵۶
شکل ۳-۱۳ ساختار آنتن مرجع[۴۱] ۵۷
شکل ۳-۱۴ نسبت محوری، افت برگشتی و بهره آنتن مرجع [۴۱] ۵۷
شکل ۳-۱۵ ساختار آنتن مرجع[۴۲] ۵۸
شکل ۳-۱۶ نمودار افت برگشتی و نسبت محوری آنتن مرجع [۴۲] ۵۸
شکل ۳-۱۷ ساختار آنتن مرجع [۴۳] ۵۹

شکل۳-۱۸ ساختار آنتن مرجع [۴۵] ۶۰
شکل ۳-۱۹ نمودار افت برگشتب و نسبت محوری آنتن مرجع [۴۵] ۶۰
شکل ۳-۲۰ ساختار آنتن پیشنهادی مرجع [۴۶] ۶۱
شکل ۳-۲۱ نمودار نسبت محوری و افت برگشتی آنتن مرجع [۴۶] ۶۱
شکل ۳-۲۲ ساختار آنتن مرجع[۴۸] ۶۲
شکل ۳-۲۳ ساختار آنتن مرجع[۴۹] ۶۳
شکل ۳-۲۴ نمودار نسبت محوری و افت برگشتی آنتن مرجع [۴۹] ۶۳
شکل ۳-۲۵ ساختار آنتن مرجع[۵۰] ۶۴
شکل ۳-۲۶ نمودار افت برگشتی، بهره و نسبت محوری آنتن مرجع [۵۰] ۶۴

فصل چهارم‌طراحی و بررسی دو آنتن جدید شکاف دار مربعی با تغذیه CPW و ابعاد کوچک برای دستیابی به پلاریزاسیون دایروی پهن باند

شکل۴-۱ساختار آنتن ارایه شده ۶۷
شکل ۴-۲ نمودار افت برگشتی و نسبت محوری آنتن برای مقادیر مختلف dx ۶۸
شکل ۴-۳ نمودار افت برگشتی و نسبت محوری برای مقادیر مختلف lx ۶۹
شکل ۴-۴ نمودار افت برگشتی و نسبت محوری برای مقادیر مختلفm ۷۰
شکل ۴-۵ توزیع جریان سطحی در آنتن برای فرکانس ۷/۴۵ گیگاهرتز ۷۰
شکل ۴-۶ نمونه ی آنتن ساخته شده ۷۱
شکل ۴-۷ نمودار افت برگشتی و نسبت محوری شبیه سازی و اندازه گیری شده آنتن ۷۱
شکل ۴-۸ اسمیت چارت آنتن ۷۲
شکل ۴-۹ پترن اندازه گیری و شبیه سازی شده آنتن ساخته شده در ۷/۴۵ گیگاهرتز ۷۲
شکل ۴-۱۰ نمودار بهره شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن ۷۳
شکل ۴-۱۱ ساختار آنتن ارایه شده ۷۴

شکل ۴-۱۲ساختار پنج نمونه آنتن بررسی شده ۷۵
شکل ۴-۱۳ نمودار نسبت محوری و افت برگشتی شبیه سازی شده برای مقادیر مختلف dx ۷۶
شکل ۴-۱۴ نمودار افت برگشتی و نسبت محوری شبیه سازی شده برای بررسی اثر شکاف حلزونی ۷۷
شکل ۴-۱۵ نمایش جریان های آنتن ۳ و ۵ در فرکانس ۸/۴ گیگاهرتز ۷۸
شکل ۴-۱۶توزیع جریان های سطحی در آنتن ۵ برای فرکانس ۸/۴ گیگاهرتز ۷۸
شکل ۴-۱۷ نمودارافت برگشتی و نسبت محوری شبیه سازی شده آنتن ۵ برای حالت های مختلف M ۷۹
شکل ۴-۱۸ نمودار افت برگشتی و نسبت محوری آنتن ۵ برای حالات مختلف ۸۰
شکل ۴-۱۹ نمونه ی آنتن ساخته شده ۸۱
شکل ۴-۲۰ نمودار افت بر گشتی و نسبت محوری شبیه سازی و اندازه گیری آنتن ساخته شده ۸۱
شکل ۴-۲۱ نمودار اسمیت چارت ۸۲
شکل ۴-۲۲ پترن اندازه گیری و شبیه سازی شده آنتن ساخته شده در (a) ۷/۵ گیگاهرتز و (b) ۹/۵ گیگاهرتز ..۸۳

فهرست جدول ها

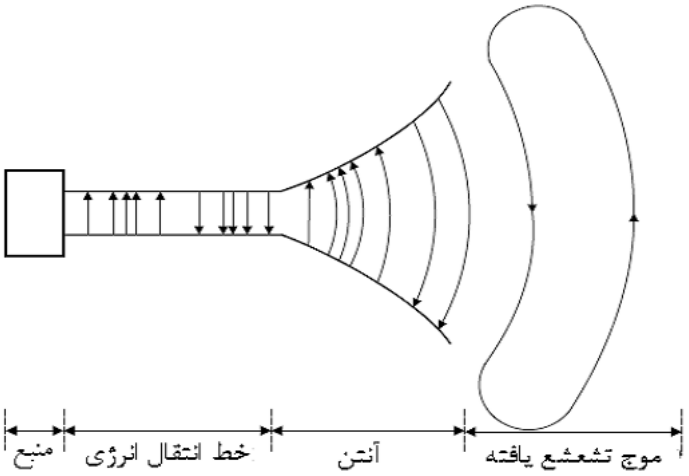
جدول ۱-۱ کاربردهای آنتن‌های میکرواستریپ ۳
جدول ۱-۲ مقایسه ی مشخصات سه نمونه از آنتن های میکرواستریپ ۱۰
جدول ۳-۱ پارامترهای مختلف و نتایج آن ۵۰
جدول ۴-۱ مقادیر بهره و بازده تشعشعی آنتن ۸۳
جدول ۴-۲ مقایسه ساختارهای ارایه شده با سایر آنتن های شکاف دار میکرواستریپ ۸۴

فصل اول

معرفی آنتن های میکرواستریپ

۱-۱ تعریف آنتن

آنتن یک بخش اساسی در هر سیستم بی سیم به شمار می رود. بر اساس استاندارد IEEE آنتن به عنوان یک المان تششعشع کننده یا دریافت کننده ی امواج رادیویی، شناخته می شود. به عبارت دیگر یک آنتن فرستنده وسیله ای است که سیگنال ها را از خط انتقال دریافت کرده و به صورت امواج الکترومغناطیسی به فضا ارسال میکند. در حالی که یک آنتن گیرنده وظیفه ی دریافت امواج الکترومغناطیسی و تبدیل آن ها به سیگنال قابل پردازش را به عهده دارد [۱].



شکل ۱-۱: ساختار اولیه ی آنتن.

یک آنتن برای کاربردهای گونان باید تغییر ساختار دهد. به منظور به کاربردن آنتن در چند فرکانس خاص، تشعشع در یک جهت خاص یا دریافت صرفا از یک راستای منحصر به فرد، داشتن تشعشع همه جهته و ... باید از شکل های متنوع آنتن بهره برد. بر اساس نیازهای مطرح در این زمینه، آنتن های مختلفی از جمله آنتن های پهن باند، مستقل از فرکانس، آنتن هایی با پوشش چند رزونانسی و... در انواع مختلف طراحی شده اند.

به منظور بررسی کارایی یک آنتن در یک زمینه ی مشخص، پارامترهایی از جمله پهنای باند فرکانسی، پترن تشعشعی، بهره و امپدانس ورودی آنتن مورد نظر قرار می گیرند. این پارامترها با تاکید بر آنتن های میکرواستریپ در انتهای فصل به طور مفصل بررسی شده اند.

۱–۲ معرفی آنتن های میکرواستریپ

مفهوم آنتن میکرواستریپ اولین بار توسط Deschamps در اواخر سال ۱۹۵۳ مطرح شد. با گذشت چندین دهه تحقیقات وسیع روی ساختار این تشعشع کننده، در سال ۱۹۷۰ اولین نمونه عملی آنتن میکرواستریپ توسط Howell و Munson ساخته شد. آنتن میکرواستریپ از یک نوار فلزی باریک عموما از جنس مس و طلا که به عنوان المان تشعشع کننده در فاصله‌ایی در حدود کسر طول موج در بالای صفحه ی زمین قرار گرفته، تشکیل شده است. فاصله ی بین پچ و صفحه زمین، زیرلایه‌ایی است که ضریب دی الکتریک آن از ۲/۲ تا ۱۲ متغیر است. اما معمولا ثابت دی‌الکتریک عایق در مبحث آنتن، به منظور افزایش میدان های پراکندگی و تشعشع کننده باید کمتر از ۲/۵ باشد. وقتی فرکانس سیگنال به فرکانس تشدید نزدیک می‌شود، دامنه جریان‌های سطحی که روی هادی حرکت می کنند اهمیت می‌یابد و تشدید هنگامی اتفاق می‌افتد که اندازه هادی به اندازه نصف طول موج برسد. در حال حاضر فرکانس کاری این آنتن ها از حدود ۱۰۰ مگاهرتز تا ۱۰۰ گیگاهرتز متغیر است. رنج کاری گسترده، تنوع کاربردی آنتن های میکرواستریپ را تضمین می-کند[۱].

۱–۳ مزایا و معایب آنتن های میکرواستریپ

آنتن های میکرواستریپ در مقایسه با آنتن های معمولی دیگر دارای چندین مزیت می باشند که برخی از آن‌ها عبارتند از :

- وزن کم، حجم کوچک و پیکره بندی صفحه ایی نازک
- ساخت ساده
- هزینه ساخت پایین و قابلیت تولید انبوه
- سادگی قرارگیری بر روی وسایل متحرک
- قابلیت دست یابی به عملکرد چند باندی و قابلیت فیلترینگی بسیار خوب
- امکان دست یابی به پلاریزاسیون خطی و دایروی با متدهای ساده
- قابلیت اضافه کردن بار بین پچ و صفحه زمین، عناصر اکتیو مانند دیودها، وارکتورها و المان های تطبیق‌پذیر با فرکانس رزونانس، پلاریزاسیون، امپدانس و پترن متغیر

در کنار این مزایا می توان به کاستی هایی نیز اشاره نمود از جمله :

- پهنای باند باریک و مسایل مرتبط با خطای ساخت
- بهره کم

- تشعشع به صورت نیم صفحه
- ایزولاسیون ضعیف بین شبکه تغذیه و المان تشعشع کننده
- خلوص پلاریزاسیون[1] پایین
- تحریک امواج سطحی
- تلفات اهمی بالا
- قابلیت مدیریت توان ضعیف
- ساختار پیچیده تغذیه برای استفاده در آرایه ها.

آنتن‌های میکرواستریپ پهنای باند باریکی در حد ۱ تا ۵ درصد در حالت عادی دارند که معیار محدود کننده عمده برای کاربردهای این آنتن‌ها می‌باشد. بیشترین تلاش محققین در این مقوله صرف افزایش پهنای باند این آنتن‌ها شده است و پهنای باندهایی تا ۷۰ درصد بدست آمده است [۲] و [۳].

۱-۴ کاربرد های آنتن های میکرواستریپ

مزیت های آنتن های میکرواستریپ که قبلا بیان شد موجب شده برای کاربردهای زیاد و مختلفی در مخابرات و ارتباطات ماهواره ای از این آنتن‌ها استفاده گردد. در جدول ۱-۱ لیست بعضی از کاربردهای آنتن-های میکرواستریپ آورده شده است [۸].

جدول ۱-۱: کاربردهای آنتن‌های میکرواستریپ [۸].

سیستم	کاربرد
آنتن های دریانوردی و هوانوردی	ارتباطات و جهت یابی، ارتفاع سنجی، سیستم های فرود کم دید
موشک ها	رادار، چاشنی ها
ارتباطات ماهواره ای	پخش برنامه های تلویزیونی، آنتن های روی وسایل نقلیه، مخابرات
رادیویی موبایل	پیجرها و تلفن های دستی

[1] Polarization purity

۱–۵ انواع آنتن های میکرواستریپ

این آنتن ها با ساختار های متنوع و به منظور برآورده کردن نیازهای مختلفی، طراحی و ساخته شده اند. در این بین براساس نوع ساختار آنتن میکرواستریپ و مشخصات خاص طراحی، می توان آن را به چهار دسته کلی به شرح زیر تقسیم کرد :

- آنتن‌های دوقطبی میکرواستریپ
- آنتن‌های پچ میکرواستریپ
- آنتن‌های شکاف دار میکرواستریپ
- آنتن‌های میکرواستریپ موج رونده

۱–۵–۱ آنتن دو قطبی میکرواستریپ[1]

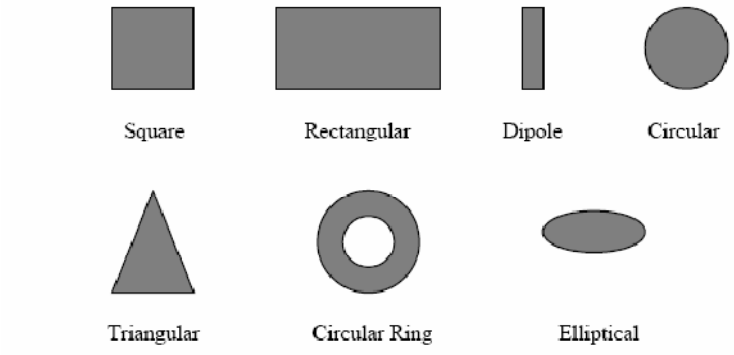
تشعشع کنندهای میکرواستریپ را می‌توان به دو دسته اصلی طبقه بندی کرد که بستگی به نسبت طول به عرض آنتن‌ها دارد. تشعشع کننده هایی که هادی آنها باریک است دوقطبی میکرواستریپ و رزوناتورهایی که پهن هستند پچ میکرواستریپ نامیده می شوند. پهنای آنتن‌های دوقطبی معمولا کوچکتر از $۰/۰۵\lambda_0$ است. پترن‌های تشعشعی آنتن‌های پچ و دوقطبی بخاطر توزیع جریان طولی مشابه روی آنها یکسان است، ولی مقاومت تشعشعی، پهنای باند و پلاریزاسیون متقاطع[2] آن‌ها بسیار متفاوت می‌باشند [۲] و [۵]. آنتن‌های دوقطبی میکرواستریپ از این جهت مورد توجه قرار می‌گیرند که پلاریزاسیون خطی ایجاد کرده و فضای کمی را اشغال می‌کنند لذا برای آرایه‌ها مناسب اند. این آنتن‌ها دارای کاربرد فراوان درفرکانس‌های خیلی بالا هستند و بدین منظور زیر لایه‌ی آن‌ها ضخیم (بیانگر خازن با صفحات دور از هم، کاهش انرژی ذخیره شده و کاهش ضریب کیفیت) انتخاب می‌گردد تا پهنای باند مناسب حاصل شود. شبکه تغذیه برای این آنتن‌ها بسیار مهم بوده و در مرحله آنالیز باید در نظر گرفته شود. درشکل ۱-۲ یک نمونه از آنتن‌های دوقطبی میکرواستریپی که به روش مجاورتی تغذیه شده است را مشاهده می‌کنید [۱].

شکل ۱–۲: آنتن دوقطبی با تغذیه میکرواستریپ [۱].

[1] Microstrip dipole antenna
[2] Cross polarization

۱–۵–۲ آنتن پچ میکرواستریپ[1]

این آنتن ها از یک پچ مسطح یا غیر مسطح که در یک طرف دی الکتریک زمین شده قرار گرفته است، تشکیل شده اند. ضخانت پچ عموما $t << \lambda_0$ در نظر گرفته می‌شود. زیر لایه، عایقی با ثابت دی الکتریک در رنج بین ۲/۲ تا ۱۲ می‌باشد. ثابت های دی‌الکتریک کم، دارای بازده بالا و پهنای باند بیشتری هستند، که البته با بزرگتر بودن ارتفاع زیر لایه همراه است. ارتفاع زیرلایه در این آنتن‌ها $0.003\lambda_0 \le h \le 0.05\lambda_0$ می‌با-شد. ضخیم شدن زیرلایه خود منجر به افزایش جریان های سطحی در زیرلایه شده و در نتیجه منجر به تضعیف مشخصات تشعشعی آنتن خواهد شد. زیر لایه های نازک با ثابت های دی الکتریک بیشتر برای مدارات مایکروویو مطلوبند، چون آنها نیاز به میدان های محدود دارند تا تشعشعات نامطلوب را مینیمم کنند، لکن دارای پهنای باند و بازده پایین تری خواهند بود. پچ دارای اشکال مختلف می‌باشد. عموما پچ‌های مستطیلی و دایروی مورد استفاده قرار می گیرند، چون تحلیل و ساخت آن‌ها ساده تر است و خواص تابشی خوبی دارند، به ویژه اینکه تابش پلاریزاسیون متقابل پایینی دارند، نوعاً آنتن‌های پچ دارای بهره‌ی ۵ الی ۶ دسی‌بل و محدوده پهنای بیم ۳dB آن ها از ۷۰ تا ۹۰ درجه می‌باشد [۱].



شکل ۱–۳: اشکال مختلف برای پچ میکرواستریپی [۱].

۱–۵–۳ آنتن شکاف دار میکرواستریپ[2]

نمای کلی این آنتن ها در شکل ۱-۴ نشان داده شده است. در این آنتن ها یک شکاف در صفحه ی زمین آنتن قرار داده شده است. شکل شکاف و نحوه قرار گرفتن آن نسبت به خط تغذیه بر پارامترهای مختلف آنتن اثر می گذارد. . باید توجه داشت که آنتن‌های میکرواستریپ شکاف دار دارای تشعشع دو طرفه می-باشند و این تشعشع نسبت به آنتن متقارن می باشد. به منظور دست یابی به تشعشع تک جهته می توان از

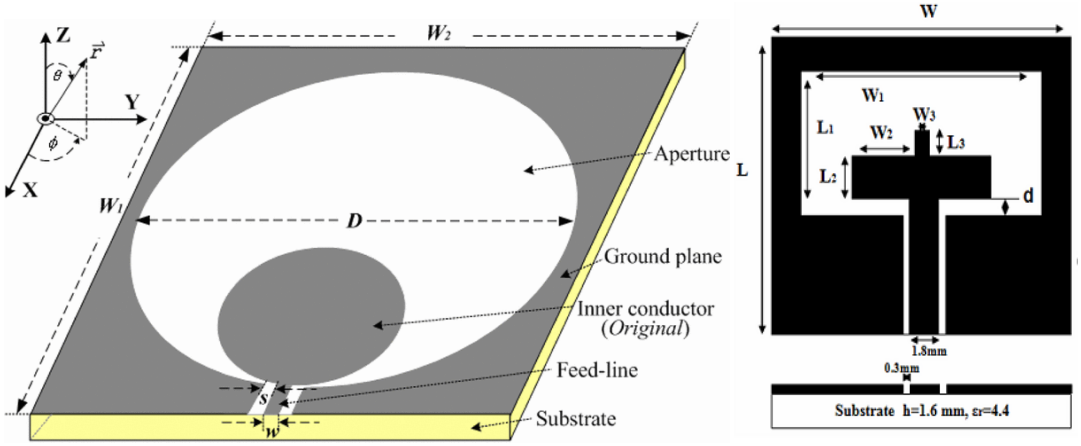
[1] Microstrip patch antenna
[2] Microstrip slot antenna

ایده قرار دادن یک صفحه ی منعکس کننده در یک طرف شکاف استفاده کرد. آنتن‌های اسلات نسبت به آنتن‌های پچ مزایایی دارند. به عنوان مثال پهنای باند بیشتری ایجاد می‌کنند و اصولا با آنتن‌های اسلات می-توان تا حد امکان آنتن را فشرده ساخت. همین طور در حالت تغذیع کوپلانار، جهت اتصال آنتن به ادوات اکتیو مانند پین دیودها و عناصر MEMS[1] نیازی به دریل و سوراخ کردن زیرلایه آنتن نیست.

- **انواع آنتن های شکاف دار میکرواستریپ**

۱. آنتن های شکاف دار با شکاف پهن

این آنتن ها با قرارگیری یک شکاف با شکل های خاصی چون مربعی یا دایروی در صفحه زمین آنتن ایجاد شده اند. این آنتن ها به علت پهن بودن اندازه شکاف، پهنای باند فرکانسی بیشتری را فراهم می کنند در حالی که بزرگ بودن اندازه‌ی شکاف امکان کوچک کردن ابعاد را در آنتن کاهش می دهد. آنتن های شکاف-دار مربعی گرچه به علت فراهم نمودن دریچه ی تشعشعی بزرگتر، خواص تشعشعی بهتر و بهره ی بهتری دارند اما پهنای باند فرکانسی آن ها نسبت به نمونه ی دایروی کم تر است.



شکل ۱-٤: آنتن های شکاف دار با شکاف مربعی و دایروی [۴].

۲. آنتن های شکاف دار حلقوی

این آنتن ها از یک حلقه ی مربعی، دایروی، بیضوی و... که بر صفحه زمین آنتن قرار گرفته است، تشکیل شده اند. ابعاد کوچکتر شکاف گرچه امکان دست یابی به خواص تشعشعی و فرکانسی کمتری را به آنتن می-دهد، اما امکان ساخت آنتن هایی با ابعاد کوچکتر را فراهم می آورد.

[1] Microwave Monolotic integrated circuit