بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده برق ورباتیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق –مخابرات میدان وموج

طراحی وشبیه سازی آنتن تغییر ساختار یافته با قابلیت کاربرد تغییرفرکانس و پلاریزاسیون

نگارنده: عباس اصغری

استاد راهنما

دکتر نیما آزادی طینت

شهریور ۱۳۹۷

شماره ۱۵۹۳/ت/۰۱/ب
تاریخ: ۹۷/۰۶/۱۴

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای **عباس اصغری** با شماره دانشجویی **۹۴۰۲۳۱۴** رشته **مهندسی برق- مخابرات** گرایش **میدان و موج** تحت عنوان : **طراحی و شبیه سازی آنتن تغییر ساختار یافته با قابلیت کاربرد تغییر فرکانس و پلاریزاسیون** که درتاریخ **۱۳۹۷/۰۶/۱۴** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: خوب) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ■ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	نیما کاراد صفت	استادیار	
۲- استادراهنمای دوم	—	—	—
۳- استاد مشاور	—	—	—
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	احسان رحیمی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	جواد میانبان	استادیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	[illegible]	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

پدر و مادر و خانواده عزیزم

از استاد عزیزم دکتر نیما آزادی طینت که با صبرو حوصله فراوان در این مسیر راهنمایی نموده اند و نیز استاد عزیز دکتر جواد قالیبافان و نیز همسر و دختر عزیزم تشکرو قدردانی می نمایم.

تعهد نامه

اینجانب عباس اصغری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق –مخابرات میدان وموج دانشکده برق ورباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه طراحی وشبیه سازی آنتن تغییر ساختار یافته با قابلیت کاربرد تغییرفرکانس و پلاریزاسیون تحت راهنمائی دکتر نیما آزادی طینت متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در این پایان نامه به بررسی و تحلیل آنتن های مایکرو استریپ تغییر ساختار یافته[1] با قابلیت تغییر فرکانس و پلاریزاسیون پرداخته شده است .با افزایش تقاضا برای مخابرات بیسیم، نیاز به استفاده مناسب از طیف فرکانسی نیز بوجود آمده است، از طرف دیگر مخابرات مدرن و سیستم های رادار نیازمند سیستم های آنتنی با عملکرد چند گانه و پوشش چند باندی هستند، به طوری که در بیشتر سیستم های مخابراتی که روی کشتی، هواپیما و سایر وسایل نقلیه نصب می شوند، تمایل به استفاده از یک المان تشعشعی منفرد با قابلیت عملکرد چند گانه و چند باندی، جهت کوچک سازی حجم و کم کردن وزن می باشداین آنتن ها کاربردهای فراوان و چندگانه ای دارند که در نوع خود از نظر قابلیتهایی که دارند ، قابل توجه می باشند . در این پایان نامه یک نمونه جدید از آنتنهای تغییر پذیر فرکانسی معرفی میشود .که قادر است به صورت همزمان پهنای باند یکی از فرکانس های رزونانس را تغییر دهد .آنتن مذکور می تواند سه باند معمول و بسیار جدید مورد استفاده در هواپیما و دیگر دستگاه های بیسیم را پوشش دهد .ساختار آنتن از نوع آنتن مایکرواستریپ با شکاف بوده و به وسیله چهار عدد شکاف در ساختارش که وظیفه تنظیم (tune)باند درخواستی را دارند قادر است فرکانسهای VHF ، UHF و باند L را پوشش دهدکه جزء باندهای فرکانسی هواپایه[2] است، البته در منابع در دسترس ،کمتر به این محدوده فرکانسی پرداخته شده است .این آنتن با گزینش پهنای باند دلخواه از هم شنوایی، جمینگ و تداخل جلوگیری بعمل می آورد .در شبیه سازی آنتن خصوصا در استفاده از پورت ورودی سیگنال RF شیوه جدیدی مطرح شده است .آنتن در باندهای کاری مشخصه افت برگشتی و پترن های مناسبی را ارائه می نماید .در این پایان نامه ضمن مطالعه و مرور مختصری از کار های انجام شده ،یک طرح جدید پیشنهاد ،مطالعه ،شبیه سازی ،ساخت و تست شده است که نسبت به کارهای قبلی انجام شده جدید ،و از نتایج خوبی برخوردار است .نمونه ساخته شده

[1] Reconfigurable antenna

[2] Airborn aplication

در آزمایشگاه تست وعملکرد مناسبی در مقایسه با کارهای قبلی داشته است .

کلمات کلیدی:
آنتن تغییر ساختار یافته ، آنتن مایکرواستریپ ،کاربردهای هواپایه ،تغییر پذیری فرکانس

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه

۱-

۲-

۳

فهرست مطالب

فهرست جداول **د**

فصل اول **۱**

مقدمه و باز بینی کلی پایان نامه **۱**

۱ . مقدمه ۲

۱,۱ اهمیت ۲

۲,۱ اهداف ۴

۳,۱ بازبینی کلی ۵

فصل دوم : **۷**

معرفی آنتن های باند خیلی وسیع **۷**

۱,۲ مقدمه ۸

۲,۲ سیستمهای بی سیم باند خیلی وسیع ۹

۳.۲ چالش های مهم در طراحی آنتنهای باند خیلی وسیع ۱۱

فصل سوم: **۱۳**

آنتن های تغییرپذیر **۱۳**

۱,۳مقدمه ۱۴

۲,۳ترکیب تغییر پذیر چیست؟ ۱۴

۳,۳ چرا آنتن های تغییر پذیر مفید هستند؟ ۱۵

۴,۳ برخی از پارامترهای مهم آنتن ۱۷

۵,۳ مفهوم آنتن های تغییر پذیر ۱۷

۶,۳ روشهای رسیدن به فرکانس تغییر پذیر ۱۸

۱,۶,۳ مقدمه ۱۹
۲,۶,۳ مکانیزم تغییر پذیری ۱۹
۳,۶,۳ سوئیچ ها ۱۹
۴,۶,۳ تغییرات پیوسته ۲۵
۵,۶,۳ تغییرات مکانیکی ۲۷
۶,۶,۳ تغییرات موادی ۲۸
۷,۳ روشهای دستیابی به پلاریزسیون تغییر پذیر ۲۹
۱,۷,۳ مقدمه ۲۹
۲,۷,۳ سوئیچ ها ۳۰
۳,۷,۳ تغییرات موادی ۳۳
فصل چهارم: **۳۵**
آنتن های مایکرواستریپ **۳۵**
۱,۴ معرفی آنتن مایکرواستریپ ۳۶
۲,۴ ویژگیهای آنتن های مایکرو استریپ ۳۷
۳,۴ عملکرد آنتن های مایکرواستریپ ۳۸
۴,۴ تغییرات پارامتر های آنتن مایکرواستریپ وتاثیرات آن بر روی خروجی های آنتن ۳۹
۱,۴,۴ افزایش ارتفاع زیر لایه h ۳۹
۲,۴,۴ کاهش میزان گذر دهی زیر لایه ε ۴۰
۵,۴ انواع تنظیم فرکانسی ۴۱
۶,۴ افزایش پهنای باند فرکانسی ۴۱
۷,۴ شرایط آنتن های چند بانده ۴۲
۸,۴ آنتن شکافی ۴۲

۹,۴ اصل بابینه و آنتن های مکمل ۴۳
۱۰,۴ امپدانس آنتن های مکمل ۴۵
فصل پنجم: ۴۷
نحوه طراحی آنتن جدید ونتایج حاصل ۴۷
۱,۵ مقدمه ۴۸
۲,۵ مقایسه با کارهای گذشته ۴۹
۳,۵ساختار کلی ۵۰
۴,۵ مشخصات طراحی ساختار آنتن ۵۱
۵,۵مدلسازی مدار بایاس دیود ۵۱
۶,۵تکنیک های استفاده شده در آنتن ۵۲
۷,۵ شبیه سازی و اندازه گیری ۵۶
۸,۵مقایسه با کارهای قبلی ۶۱
فصل ششم: ۶۵
نتیجه گیری وارایه راهکار برای آینده ۶۵
۱,۶ نتیجه گیری و ارایه راهکار برای آینده ۶۶
۲,۶ ساختار پیشنهادی ۶۷
مراجع ۷۱

فهرست جداول

جدول (۲-۱)محدوده فرکانسی برای کاربردهای مختلف سیستمهای باند خیلی وسیع. ۹
جدول (۳-۱): نتایج اندازه گیری شده در مقایسه بانتایج شبیه سازی شده در حالت های مختلف دیود ۲۵
جدول (۵-۱): ابعاد شکاف ها وآنتن ۵۲
جدول (۵-۲): مقایسه نتایج حاصل با نتایج قبلی ۶۳

فهرست اشکال

شکل (۲-۱) توان تشعشعی محدود شده ۱۱
شکل (۳-۱): آنتن مایکرواستریپ با فرکانس تغییر پذیر توسط دیود های نوری [۹] ۲۰
شکل(۳-۲): دیاگرام آنتن ، پارامتر ها به میلیمتر می باشند ضخامت زیر لایه 2.54میلیمتر[۲۰] ۲۲
شکل (۳-۳) :(a) شکل روی آنتن و محل دیود ها (b) مدار معادل بایاس دیود [۲۰]..... ۲۲
شکل(۳-۴): آنتن دایپل شکافی هیبریدی(سمت چپ) ساختار آنتن ومحل قرار گرفتن سوئیچ ها .(سمت راست)شکل کلی آنتن [۲۱] ۲۳
شکل (۳-۵): نمونه آنتن ساخته شده در [۲۴] ۲۴
شکل(۳-۶):تصویر آنتن مایکرواستریپ قابل تنظیم [۳۰] ۲۶
شکل (۳-۷):آنتن تغییر پذیر مکانیکی که باتغییرعناصر پارازیتیی ساختار آن فرکانس ،پهنای باند و گین آن تغییر می کند [۳۲] ۲۷
شکل (۳-۸): یک آنتن تغییر پذیر مکانیکی [۳۶] ۲۸
شکل (۳-۹):ساختار بایاس پچ باپلاریزاسیون دایروی توسط شکاف دایروی[۴۷] ۳۱
شکل (۳-۱۰):دوشکل آنتن شکاف حلقوی برای تغییر پذیری پلاریزاسیون: (a) پلار یزاسیون قابل تغییر از خطی به دایروی چپگردو بالعکس (b) پلار یزاسیون قابل تغییر از چپگردبه راستگردو بالعکس دایروی[۴۷], ... ۳۱
شکل (۳-۱۱):شکل آنتن با پلاریزاسیون تغییر پذیر با استفاده از عناصر memes که در آن ساختار داخلی memes به خوبی نشان داده شده است [۴۸] ۳۲
شکل(۳-۱۲): (a)نمای بالاو(b)نمای کناری آنتن تغییر پذیر پلاریزاسیون [۴۹] ۳۳
شکل (۳-۱۳): شماتیک طراحی آنتن[۵۰] ۳۴
شکل (۳-۱۴): نمونه ساخته شده آنتن[۵۰] ۳۴
شکل (۳-۱۵): مقدار s11 در فرکانس های رزونانس[۵۰] ۳۴
شکل(۴-۱) ساختار آنتن مایکرواستریپ[۴] ۳۷
شکل(۴-۲) اشکال هندسی شناخته شده قابل استفاده در طراحی آنتن پچ مایکرواستریپ[۴] ۳۸
شکل(۴-۳) انتن های مکمل واصل بابینه [۴] ۴۳
شکل(۴-۴) انتن های مکمل و جهت میدان ها[۴] ۴۵
شکل (۵-۱) : ساختار آنتن ۵۰
شکل(۵-۲) : مدار معادل دیود و مشخصات عناصر آن ۵۲
شکل (۵-۳) : نمایی از موقعیت آنتن و صفحه زمین ۵۳

شکل(۵-۴): (الف): جریان سطحی در فرکانس ۱۴۰۰ مگاهرتز در حالت دیود خاموش (ب): جریان سطحی در فرکانس 230 مگاهرتز در حالت دیودروشن ۵۴
شکل (۵-۵): نتایج بدست آمده از شبیه سازی با مقاومتهای مختلف در حالت روشن ۵۴
شکل (۵-۶) : نمایی از موقعیت آنتن و صفحه زمین ۵۵
شکل (۵-۷):محل ساختار DGS روی آنتن ۵۶
شکل (۵-۸): نمونه آنتن ساخته شده ۵۷
شکل (۵-۹): نتایج شبیه سازی S11در حالت وصل ۵۸
شکل (۵-۱۰): نتایج شبیه سازی S11در حالت قطع ۵۹
شکل (۵-۱۱) :نمودار های **E- PLAN** در فرکانسهای ۵۰,۱۰۰,۲۳۰ مگاهرتز در حالت روشن و نیز فرکانس های ۴۹۵,۱۰۰۰,۱۲۰۰,۱۴۰۰ مگاهرتز در حالت قطع ۶۰
شکل (۵-۱۲) نمودار حداکثر گین در پهنای باند (الف): در حالت خاموش (ب): در حالت روشن ۶۰
شکل (۵-۱۳) شماتیک آنتن در مرجع [۲۵] ۶۲
شکل (۶-۱) شماتیک آنتن در دو زاویه مختلف ۶۸
شکل (۶-۳) نمودار s11آنتن در حالت خاموش ۶۹

فصل اول
مقدمه و باز بینی کلی پایان نامه

۱ . مقدمه

۱,۱ اهمیت

آنتن ها اجرای لازم و حیاتی سیستم های ارتباطی و رادار هستند که تاکنون چندین شکل مختلف از آنتن ها در طول ۵۰ سال گذشته در ارتباطات بی سیم و سیستم های راداری توسعه یافته اندکه شامل : دو قطبی ها/ تک قطبی ها ، آنتن های حلقه ای ، آنتن های شکافی / هورن ، آنتن های رفلکتوری ، آنتن های مایکرواستریپ ، آنتن های لگاریتمی و آنتن های مارپیچی می باشد : که هرکدام از آن ها با فواید و یا محدودیت هایی که دارند می توانند برای کاربردهای خاص مورد استفاده قرار گیرند.مهندسان طراح آنتن در طراحی سیستم های جدید با تغییر در همین آنتن ها و استفاده از روش تجربی و تئوری خود با محاسباتی که دارند به نتایج قابل قبول خود می رسند. با این وجود انتخاب یک آنتن از خانواده آنتن های فوق محدودیت هایی را به دنبال خواهد داشت به علت اینکه آنتن ها دارای ویژگی های ثابتی هستند.با ساختن آنتن های تغییر پذیر به طوری که رفتار آنها با تغییرات نیازهای سیستم و باتغییرات شرایط محیطی در جهت بهبود و یا رفع محدودیت های پیش رو تغییر کند ، رویکرد جدیدی را در طراحی آنتن ها ایجاد نموده است. استفاده ازآنتنهای چند فرکانسی، پهن باند می تواند به خیلی از نیاز ها پاسخ گوید .اما به دلایلی از جمله همشنوایی از باندهای دیگر، قابلیت حذف کم نویز و غیره ، استفاده از این آنتن ها نیز با شک روبروشده است. اعمال قابلیت تغییر شکل و پیکربندی برای آنتنها میتواند به این محدودیتها پایان داده و شرایط رابهبود دهد، چرا که در این وضعیت آنتن قابلیت تطبیق با نیازهای متغیر سیستم و شرایط متغیر محیطی را خواهد داشت و سطوح بیشتر و بالاتری از قابلیت عملکرد را برای سیستم فراهم می آورد.

همچنین این آنتن ها با گسترش سریع و روز افزون ارتباطات بیسیم قابلیت پوشش بیش از یکی از

استاندارد های بیسیم را دارا هستند و البته ایزولاسیون بسیار بهتری را بین استاندارد های بیسیم برقرار میکنند . به عنوان مثال در آنتن های معمولی که در یک باند فرکانسی کار می کنند ،این ساختار می تواند باند های فرکانسی مورد استفاده در آنتن را افزایش داده ویا اینکه یک محدوده از باند فرکانسی آنتن را حذف نماید .مثلا برای استفاده از یک باند فرکانسی خاص، بادقت بسیار بالا می تواند برخی از فرکانس های کاری ممنوعه ویا بدون کاربرد را حذف نماید .

آنتنهای تغییر ساختار یافته توجه خاصی را جهت کاربرد های مختلف همانند مخابرات نظامی، دیده بانی وغیره به خاطر قابلیت آنها برای تغییر لحظه ای مشخصات تشعشعی به خود جلب کرده است .این کارایی می تواند شامل پترن تشعشعی، فرکانس کاری، پلاریزاسیون یا حتی ترکیبی از این ویژگی ها بصورت همزمان باشد .این آنتن ها همچنین طوری طراحی می شوند که قادر باشند پترن تشعشی را در حین کار تغییر دهند طوری که پهنای پترن آن در غیاب تداخل ثابت بماند و قادر به باریک کردن عرض باند به هنگام ورودسیگنال مداخله به آنتن جهت حذف سیگنال های ناخواسته تا حد امکان باشد .به علاوه آنتنهای تغییر ساختار یافته از آرایه های تطبیقی یا سیستم هایی که بتواند داخل آرایه های تطبیقی جهت افزایش راندمان بافراهم آوردن درجه آزادی بیشتر کار کند، به نسبت ارزانتر اند.مخابرات مدرن و سیستم های رادار نیازمند سیستم های آنتنی با عملکرد چند گانه و پوشش چند باندی هستند، به طوری که در بیشتر سیستم های مخابراتی که روی کشتی، هواپیما و سایر وسایل نقلیه نصب می شوند، تمایل به استفاده از یک المان تشعشعی منفرد با قابلیت عملکرد چند منظوره و چند باندی، جهت کوچک سازی حجم و کم کردن وزن می باشد.سیستم های مخابرات مدرن تقاضای ارسال و دریافت با عملکرد چند بانده را دارند .از این رو در تکنیک های متعددی دستیابی به چندین فرکانس ارائه شده است.

قابلیت های آنتنهای تغییر ساختار یافته شامل امکان تغییر فرکانس کاری، پلاریزاسیون، شکل دهی بیم،پهنای باند، تشعشع و امپدانس، منطبق با نیازمندی می باشداز دیگر مزایای آن میتوان استفاده از آن در آنتن های چند جهتی نیز اشاره کرد که در واقع باعث کاهش تعداد آنتن ها و در نتیجه کاهش

حجم وپایین آمدن هزینه های ساخت میشود .و حسن دیگر آن مجتمع سازی راحت تر مدارات آن می شود.

استفاده ازآنتن تغییر پذیر در زمانی که فرستنده در فرکانس کاری خود دچار اختلال گردیده است و یا پارازیت دریافت می کند بسیار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .از جمله اینکه می تواند با استفاده از محدوده ی دیگر فرکانسی خود اقدام به ارسال و دریافت پیام یا اینکه تقاضای کمک ویااعلام وضعیت نماید .

۲,۱ اهداف

اهداف پایان نامه را می توان در دو دسته کلی طبقه بندی کرد.

الف)ورود به حوزه ساخت آنتنهای چند باندی چند کاربرده(بخش تجاری)

ب)تغییر مشخصات آنتن ها با توجه به نیاز در شرایط حساس از جمله جمینگ، تداخل وشنود(بخش نظامی)

در کار انجام شده به چند موضوع مهم پرداخته شده است :

۱-استفاده از آنتن مایکرواستریپ در ساختار تغییر پذیر

۲-استفاده از تکنیک آنتن های شکافی برای کوچک سازی ابعاد و افزایش گین و پهنای باند

۳-استفاده از حداقل عناصر الکترونیکی و سادگی در ساخت وبه تبع آن آسیب پذیری کمتر در برابر جنگ الکترونیک

۴-استفاده از اشکال وبرش های نرم و کاهش زوایا برای رسیدن به بهترین رزونانس و پهنای باند بیشتر

۵-استفاده از تکنیک DGS [۱] در ساختار آنتن

۳,۱ بازبینی کلی

در اینجا لازم است بر مباحثی که در ادامه خواهد آمد یک مرور کلی داشته باشیم.

در فصل ۲ بصورت مختصر به معرفی آنتن های باندخیلی وسیع [۲] می پردازیم .

در فصل ۳به مفهوم تغییر پذیری و روش های رسیدن به انواع آنتنهای تغییر پذیر و مکانیزم های دستیابی به آن بحث شده است.

در فصل ۴ به آنتن های مایکرواستریپ ومعرفی آنها، آنتن های شکافی ،اصل بابینه و آنتن های مکمل پرداخته شده است.

درفصل ۵ مقدمه ای بر طراحی آنتن مورد بحث در این پایان نامه، روش طراحی ونحوه بدست آمدن طرح نهایی و نتایج تست و شبیه سازی و مقایسه آنها آمده است .

در فصل ۶ به نتیجه گیری و پیشنهاد برای کار در آینده در زمینه این آنتن ها پرداخته شده است.

---

[۱] Defected ground structure

[۲] Ultra wideband

فصل دوم :

معرفی آنتن های باند خیلی وسیع

۱,۲ مقدمه

استفاده از آنتنهای باند خیلی وسیع به جنگ جهانی دوم برمی گردد زمانی که این آنتن ها به منظورکاهش امکان تداخل و افزایش گیرندگی مورد استفاده قرار گرفت .اصولااین آنتن ها، پالس های خیلی کوچکی با توان خیلی پایین را ارسال و دریافت می کنند .در آن سال ها این آنتن ها تنها کاربرد نظامی داشتند اما به علت ویژگی های جالب این سیستم ها برای ارسال اطلاعات با قدرت تفکیک پذیری بالا وقابلیت کاهش توان مصرفی، مورد توجه سیستمهای ارتباطی و سیستمهای تصویرو رادار نیز قرار گرفتند.آنتنهای باند خیلی وسیع از دهه ۱۹۶۰ در سیستمهای ارتباطی گسترش یافت .به علاوه با توسعه تکنولوژی باند وسیع در سیستمهای ارتباطی بی سیم و مفید بودن این آنتن ها برای ارسال و دریافت پالس منجر به توجه زیاد هم در زمینه دانشگاهی وهم در زمینه تجاری شد. بنابراین در سال ۲۰۰۲ کمیته ارتباطات امریکا [۱] پهنای باند ۷,۵ گیگاهرتز (۳,۱-۱۰,۶ گیگا هرتز)را برای عملکرد این آنتن ها اختصاص داد و منجر به کاربرد وسیعی در سیستمهای رادار و نظامی و ارتباطی شد.به طور معمول آنتنهای باند باریک و وسیع به طور کامل با اندازه گیری پارامترهای حوزه فرکانس ازقبیل پهنای باند امپدانسی ورودی، پترن تشعشعی، بهره وپلاریزاسیون بررسی می شوند .با این حال این پارامترها برای کاربرد آنتنهای باند خیلی وسیع کافی نمی باشد .بنابراین علاوه بر مشخصات در حوزه فرکانس، بعضی اندازه گیری ها در حوزه زمان برای بررسی این آنتن ها انجام می گیرد .آنتنهای باندخیلی وسیع دارای بهره ثابت در طول باند فرکانسی شان و در نتیجه فاز خطی می باشند به طوری که تغییرات فاز میدان الکتریکی دور به عنوان پاسخ تاخیری گروه در نظرگرفته میشود .به منظور ارسال ودریافت سیگنال ها، تاخیر گروه کمتر از یک نانو ثانیه مقدار قابل قبولی برای اطمینان از خطی بودن فاز میدان های دور می باشد.

آنتنهای مارپیچ و ساختارهای لگاریتمی متناوب در فرکانس باند وسیع با عملکرد قابل قبولی استفاده می شوند اما در باند خیلی وسیع دچار پراکندگی و تغییرات مرکز فازمی شوند و در نتیجه این آنتن ها

[۱] FCC(federal communication comission)

برای ارسال و دریافت سیگنال های پالسی شکل استفاده نمی شوند .آنتنهای بی کونیکال ،مخروطی و استوانه ای، دارای مرکز فاز ثابت در باند وسیع هستند اما کاربرد این آنتن ها به علت سایز بزرگشان، در سیستمهای ارتباطی بی سیم قابل حمل خیلی رایج نمی باشند .به طور جایگزین آنتنهای صفحه ای (مایکرواستریپ) به علت سادگی و هزینه پایین ساخت توجه زیادی را در این کاربردها بدست آورده اند.در این فصل ابتدا اطلاعات کلی در مورد این آنتن ها و سپس چالش های مهم در طراحی آنها بحث خواهد شد .

۲,۲ سیستمهای بی سیم باند خیلی وسیع

واژه باند خیلی وسیع معمولا " به تکنولوژی برای ارسال سریع اطلاعات نسبت به پهنای باند خیلی بزرگ بکار می رود جایی که سیستمهای الکترونیکی و کاربرها وجود داشته باشند .محدوده فرکانسی برای انواع مختلف از سیستمهای UWB در جدول (۱-۲)نشان داده شده است.

جدول (۱-۲) محدوده فرکانسی برای کاربردهای مختلف سیستمهای باند خیلی وسیع

Application	Frequency(GHz)
Suvellance systems	22-29
Ground- pending radar,wall imaging	3.1-10.6
Through-wall imaging systems	1.61-10.6
Indoor communication systems	1.99-10.6
Medical imaging systems	3.1-10.6
Vhicular radar systems	3.1-10.6

مطابق با قسمت ۱۵/۵۰۳ از قوانین کمیته ارتباطات امریکا واژه های زیر برای سیستمهای باند خیلی وسیع می تواندااستفاده شود:

پهنای باند امپدانسی :پهنای باند امپدانسی سیستمهای UWB ، رنج فرکانسی است که به وسیله نقاطی که دارای توان تشعشعی زیر ۱۰ دسی بل درنقاط fL و fu هستند، تعیین میشود .فرکانس

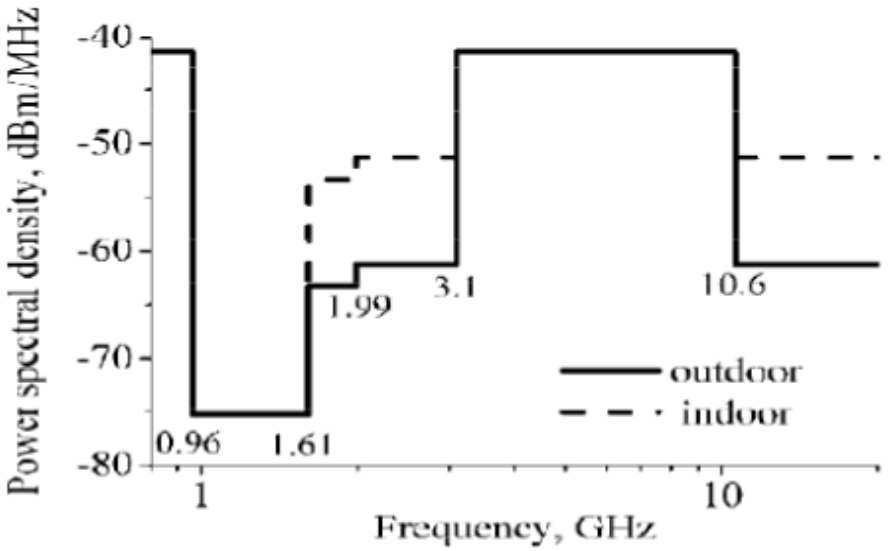
مرکزی پهنای باند به صورت زیر تعریف میشود.

$$F_c = \frac{f_h + f_l}{2} \qquad (1-2)$$

$$BW = 2\left(\frac{f_h + f_l}{f_l + f_h}\right) \times 100\% = \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100\%. \qquad (2-2)$$

فرستنده باند خیلی وسیع یک تشعشع کننده عمومی است که در هر نقطه از زمان دارای پهنای باند ۲۰ % یا حداقل ۵۰۰ مگاهرتز است.

توان تشعشی موثر ایزوتراپیکالی : نشان دهنده کل توان موثر ارسال شده از رادیو می باشد این توان شامل تلفات درکابل های رادیویی و بهره آنتن در جهت فرضی نسبت به آنتن ایزوتروپیکی است .توان ساطع شده به وسیله رگولاتورها مطابق با قوانین کمیته ارتباطات آمریکا محدود میشود و نمونه آن درشکل (۱-۲)نشان داده شده است .به علت جلوگیری از تداخل بین وسایل باند خیلی وسیع و سیستمهای الکترونیکی، توان تشعشعی کمتر از سطح نویز در نظر گرفته میشود .این نمونه در نواحی مختلف تغییر می کند اما سطح ماکزیمم آن همیشه پایین تر از ۴۱,۳ دسیبل است .به علاوه هرسیستم ارسالی که دارای سیگنال تشعشعی با پهنای باند بیش از ۵۰۰ مگاهرتز باشد می تواند به طیف باند خیلی وسیع دسترسی داشته باشد. طیف خیلی وسیع ،فضایی برای استفاده پالس های کوچک در چند UWB از باند پیکوثانیه فراهم می کند .بنابراین تکرار پالس یا نرخ اطلاعات می تواند خیلی آهسته یا سریع، نوعا" چند گیگا پالس در ثانیه باشد .نرخ پالس ها به کاربرد آن ها بستگی دارد . برای مثال سیستمهای رادار و تصویرنرخ پایین پالس در رنجی از چند مگاپالس در ثانیه عمل می کنند .



شکل (۲-۱) توان تشعشعی محدود شده

۳.۲ چالش های مهم در طراحی آنتنهای باند خیلی وسیع

یکی از چالش ها برای استفاده از سیستمهای UWB طراحی یک آنتن مناسب و بهینه است، از نقطه نظر سیستمی، پاسخ آنتن باید کل پهنای باند عملیاتی را پوشش دهد .پاسخ یا مشخصات یک آنتن مطابق با نیازهای سیستم تغییر میکند .بنابراین یک مهندس آنتن باید با نیازهای سیستم به طور کامل آشنا باشد.آنتن ها جزء آخرین قسمت از سیستمهای ارتباطی می باشند و به عنوان یک مبدل سیگنال الکتریکی به امواج مغناطیسی و برعکس عمل می کنند .با این حال این تعریف برای آنتنهای باند باریک و باند وسیع که از گیرنده های برای دریافت سیگنال مدوله شده با فرکانس حامل استفاده میکنند , معتبراست. سیستمهای باند خیلی وسیع بر مبنای پالسهای کوتاه انتقالی با توان کم کار می کنند و بنابراین چنین تعاریفی برای این سیستم ها معتبر نیست .در این سیستم ها پالس های کوتاه بدون فرکانس حامل به جای امواج سینوسی پیوسته ارسال می شوند .اساسا " آنتنهای باند باریک و وسیع بطور کامل با اندازه گیری پارامترهای حوزه فرکانس از قبیل پهنای باند امپدانسی ورودی، پترن تشعشعی , بهره وپلاریزاسیون بررسی می شوند .با این حال این پارامترها برای کاربرد آنتنهای باند

خیلی وسیع کافی نمی باشد .بنابراین علاوه بر مشخصات در حوزه فرکانس، بعضی اندازه گیری ها در حوزه زمان برای بررسی این آنتن ها انجام گیرد .معمولا " در طراحی آنتنهای UWB هم پاسخ فرکانسی و هم پاسخ در حوزه زمان باید محاسبه شود.

پاسخ در حوزه فرکانس شامل امپدانس، تشعشع و انتقال می باشد .پهنای باند امپدانسی به عنوان تلفات برگشتی و یا نسبت یک موج ساکن اندازه گیری میشود .معمولا " تلفات برگشتی باید کمتر از۱۰ دسیبل و یا VSWR≤2:1 باشد آنتن با پهنای باند امپدانسی باریک تر از باند عملیاتی به عنوان یک فیلتر باند باریک در حوزه فرکانس عمل کرده و در حوزه زمان منجر به تغییر شکل پالس دریافتی میشود .عملکرد آنتن شامل پترن تشعشعی و پلاریزاسیون و بهره میباشد .پترن تشعشعی یکی از پارامتر های مهم مخصوصا " برای طراحی آنتنهای کوچک است جایی که رسیدن به تطبیق امپدانسی به خاطر مقاومت تشعشعی کوچک و راکتانس بالا مشکل است .برای یک آنتن کوچک با جهت دهی تشعشعی ضعیف، کارایی تشعشی آنتن در عمل بیش از بهره مورد توجه قرار می گیرد .پترن تشعشعی جهتی که سیگنال ارسال میشود را نشان می دهد.

متفاوت از سیستمهای باند باریک و باند وسیع، نیازهای یک آنتن، UWB به طرح های مدولاسیون آن ها بستگی دارد .به طور خلاصه، تاکنون دو طرح مدولاسیون CDMA1 ، OFDM برای ارتباطات بیسیم با نرخ بالا ارائه شده است .در این طرح ها باند UWB به چند روش می تواند اشغال شود . به منظور ارسال و دریافت پالس و اطلاعات با قدرت تفکیک پذیری بالا و کاهش توان مصرفی، سیستمهای UWB با پهنای باند ۵,۷ گیگاهرتز توسط FCC برای کاربردهای ارتباطی بی سیم تعریف شدهاند .این آنتن ها به طور کامل با اندازه گیری پارامترهایش در حوزه فرکانس اعم از پهنای باند امپدانسی، بهره، پلاریزاسیون وپترن تشعشعی و پارمترها در حوزه زمان از قبیل تاخیر فاز و تاخیر گروه بررسی میشود. توان تشعشع شده از این آنتن ها باید از نمونه ارائه شده توسط FCC مطابقت کند و مقدار ماکزیمم آن همیشه کمتر از ۳,۴۱- دسی بل باشد

فصل سوم:
آنتن های تغییرپذیر

۱,۳مقدمه

آنتن ها اجرای لازم و حیاتی سیستم های ارتباطی و رادار هستند که تاکنون چندین شکل مختلف از آنتن ها در طول ۵۰ سال گذشته در ارتباطات بی سیم و سیستم های راداری توسعه یافته اندکه شامل : دو قطبی ها/ تک قطبی ها ، آنتن های حلقه ای ، آنتن های شکافی / هورن ، آنتن های رفلکتوری ، آنتن های مایکرواستریپ ، آنتن های لگاریتمی و آنتن های مارپیچی می باشد : که هرکدام از آن ها با فواید و یا محدودیت هایی که دارند می توانند به نوبه خود برای کاربردهای خاص مورد استفاده قرار بگیرند.مهندسان طراح آنتن در طراحی سیستم های جدید با تغییر در همین آنتن ها و استفاده از روش تجربی و تئوری خود با محاسباتی که دارند به نتایج قابل قبول خود می رسند. با این وجود انتخاب یک آنتن از خانواده آنتن های فوق محدودیت هایی را به دنبال خواهد داشت به علت اینکه آنتن ها دارای ویژگی های ثابتی هستند.با ساختن آنتن های تغییر پذیر به طوری که رفتار آنها با تغییرات نیازهای سیستم و باتغییرات شرایطی محیطی در جهت بهبود و یا رفع محدودیت های پیش رو تغییر کند ، رویکرد جدیدی را در طراحی آنتن ها ایجاد نموده است.

۲,۳ترکیب تغییر پذیر چیست؟

تغییر پذیری زمانی در میان مفاهیم آنتن استفاده می شود که تغییر در مشخصات ذاتی و اساسی آنتن از قبیل الکتریکی ، مکانیکی و شکل های دیگر صورت گیرد.بنابراین با این تعریف تغییرات یک سیگنال بین عناصر آرایه مختلف برای رسیدن به شکل بیم آنتن و هدایت آنتن به معنی تغییر پذیری نیست زیرا در این حالت مشخصات اساسی آنتن ها تغییری نمی کنند.در حالت ایده آل آنتن تغییرپذیر باید قادر به تغییر فرکانس کاری خود ، امپدانس باند ، پلاریزاسیون ، و پترن تشعشعی خود برای رسیدن نیازهای مورد انتظار از آنها باشد. با این حال توسعه این آنتن ها یک چالش جدی بین آنتن و طراحان سیستم بوجود آورده است. این چالش ها نه تنها مانع رسیدن به سطوح بالاتری از

قابلیت های آنتن نمی شوند بلکه در کامل کردن این قابلیت ها به راه حل های درست و مقرون به صرفه منتهی می شوند. [۱]

۳,۳ چرا آنتن های تغییر پذیر مفید هستند؟

معمولاً یک آنتن که در یک دستگاه استفاده می شود ، ممکن است دوقطبی و یا مایکرواستریپ باشد و ممکن است ارتباطی به قابلیت های متعدد با فرکانس نداشته باشد. در بعضی از این سیستم ها ممکن است از چند نوع آنتن برای گیرندگی در باندهای مختلف استفاده شود ،اما از یک نوع آنتن برای ارسال در آنها استفاده می شود. ارسال از یک دستگاه قابل حمل به یک دستگاه ثابت ، کوچکترین بخش از یک ارتباط دو طرفه است .بعلت قدرت ، اندازه و هزینه هایی که قابلیت قابل حمل بودن به سیستم تحمیل می کند و علاوه بر این دستگاه های قابل حمل در اکثر موارد در شرایط غیرقابل پیش بینی الکترومغناطیسی و یا سخت استفاده می شود در نتیجه عملکرد آنتن ضعیف تر از حالت مطلوب خود می باشد [۱و۲]. تغییر پذیری آنتن در چنین وضعیتی می تواند مزایای متعددی داشته باشد به عنوان مثال : توانایی در تنظیم فرکانس کاری آنتن برای استفاده از باند های فرکانسی مختلف ، فیلتر کردن سیگنالهای تداخلی ، یا تنظیم آنتن برای کار در یک محیط جدید.اگر پترن تشعشعی آنتن بتواند تغییر کند می تواند در بهبود هدایت سیگنال این دو نقطه مؤثر واقع شده و در نتیجه باعث صرفه جویی قابل توجهی در مصرف باطری شود.

فضای کاربردی دوم ، آنتن های آرایه ای است متشکل از ساختارهای پیچیده با گستره ی تاریخی وسیع و محدودیت های شناخته شده . برای مثال تکنولوژی آرایه فازی جریان سطحی که معمولاً دارای محدودیت های زاویه اسکن و پهنای باند فرکانسی هستند که این محدودیت ها در واقع همان محدودیت های تک تک عناصر آرایه به تنهایی ، و در اثر متقابل یکدیگر هستند. خیلی از این کاربردهای معین شده در پترن عنصر آنتن ثابت هستند ، همه این عناصر یکسان هستند و عناصر آرایه بر روی یک شبکه به صورت مساوی تعبیه شده اند. [۳]

اضافه کردن تغییر پذیری به آرایه های آنتن می تواند یک درجه ای از استقلال و آزادی به پهنای باند فرکانسی بیشتر ، حجم گسترده تر اسکن ، وپترن هایی با توزیع های جانبی مطلوب تر به آن اضافه نماید.زمانی که یک طراح می خواهد یک قابلیت جدید به آنتن در مقایسه با مدل معمولی آن اضافه نماید با این چالش روبرو می شود که آیا با توجه به هزینه ها ، مزایای مورد انتظار بوجود می آیند ؟ یا خیر؟ بنابراین مفید به نظر می رسد که در مورد محدودیت ها و تغییرات ویژگی های آنتن ها در ساختار جدید برای کاربردهای مختلف بحث شود.بدیهی است که توجه به تغییر پذیری آنتن نیاز به کنترل پیچیده تری رادر روی ساختار آن ایجاب می کند. [۴] بهره برداری کامل از قابلیت آنتن ممکن است به پردازش سیگنال پیچیده تر ، طراحی مدارات دقیق تر ، گنجاندن قطعات الکتریکی بیشتر و ساخت پیچیده تر در مقایسه با آنتن های معمولی منجر شود. با این حال رسیدن به چنین آنتنی حتی در ساختار ظاهری می تواند منجر به صرفه جویی قابل توجهی در هزینه ، وزن ، هزینه های تعمیر و نگهداری آن شود.البته طراحی چنین آنتن هایی لزوماً کاهش هزینه ها را در پی ندارد بلکه بیشتر نتایجی که از طراحی آن مورد انتظار است مفید ومؤثرترخواهد بود و آن آزادی عمل بیشتر در استفاده از قابلیت های آنتن هاست، به طوری که آنتن به یک بخش مؤثر در تکنیک ارتباطی تبدیل می شود. ودر کارایی نیز چند جریان ارتباطی را به طور همزمان پشتیبانی میکند[۵] همچنین این آنتن ها با گسترش سریع و روز افزون ارتباطات بیسیم قابلیت پوشش بیش از یکی از استاندارد های بیسیم را دارا هستند و البته ایزولاسیون بسیار بهتری را بین استاندارد های بیسیم برقرار میکنند . به عنوان مثال در آنتن های معمولی که در یک باند فرکانسی کار می کنند ،این ساختار می تواند باند های فرکانسی مورد استفاده در آنتن را افزایش داده ویا اینکه یک محدوده از باند فرکانسی آنتن را حذف نماید .مثلا برای استفاده از یک باند فرکانسی خاص، بادقت بسیار بالا می تواند برخی از فرکانس های کاری ممنوعه ویا بدون کاربرد را حذف نماید [۶].

از دیگر مزایای آن میتوان استفاده از آن در آنتن های چند جهتی نیز اشاره کرد که در واقع باعث کاهش تعداد آنتن ها و در نتیجه کاهش حجم وپایین آمدن هزینه های ساخت میشود .و حسن دیگر

آن مجتمع سازی راحت تر مدارات آن می شود.

۴,۳ برخی از پارامترهای مهم آنتن

برای یک آنتن پارامتر های زیادی وجود دارد که در طراحی باید مد نظر قرار بگیرند .که برخی از آنها شامل موارد زیر می باشند :

امپدانس ،پهنای باند فرکانسی ،پلاریزاسیون ،پترن تشعشعی یا الگوی تابشی ،سمت گرایی ،بهره ،سطح مقطع موثر و... . به عنوان مثال پهنای باند فرکانسی به بازه ی فرکانسی گفته می شود که آنتن دارای عملکرد مطلوبی باشد .این عملکرد مطلوب میتواند بر اساس میزان تطبیق آنتن با شبکه تغذیه ویا سایر پارامترها مثل بهره ویا بازدهی تعریف شود.اما معمولا منظور از پهنای باند فرکانسی ،محدوده ای می باشد که آنتن دارای تطبیق امپدانسی مناسب باشد(vswrزیر ۲ یا s11زیر ۱۰ dB-).

۵,۳ مفهوم آنتن های تغییر پذیر

آنتن ها به عنوان یک مبدل بین امواج الکترومغناطیسی هدایت شونده و غیرهدایت شونده ،با اتصال دامنه جریان و انتشار امواج که هرکدام ویژگی های خاص خود را دارند، عمل می کنند . فهمیدن طرز کار آنتن به عنوان یک قسمت از زنجیره مدار به عنوان فرستنده و یا بالعکس (گیرنده) در حقیقت منجر به این می شود که تغییر پذیری آنتن ،چه تغییراتی را در مشخصات تشعشعی ایجاد خواهد کرد. تغییر پذیری که منجر به تغییر در پترن تشعشعی شود باعث تغییر در پاسخ فرکانسی نیز می شود. این رابطه یکی از بزرگترین چالش های توسعه دهندگان آنتن های تغییر پذیر است که معمولاً ترجیح می دهند که تغییرات در این مشخصات کاملا مستقل ازهم باشند.برای مثال : اغلب آنتن ها مشخصات تشعشعی خیلی مختلفی برای هر کدام از مدهایشان نشان می دهند.که طراحان با توجه به نوع کاربردی که از آنتن انتظار دارند از آنها استفاده می کنند.

یک طراحی دقیق می تواند به باندهای مختلف اجازه دهد که به صورت جداگانه و یا به طور همزمان با استفاده از تمامی ظرفیت های خود قادر به عمل باشند بدون اینکه بخواهند در فرکانس کاری ، پترن تشعشعی و غیره... روی هم تأثیر و یا اینکه اثر یکدیگر را خنثی نمایند[۷].

اکثر طراحان آنتن به طور کامل با این مقوله آشنایی دارندکه باید در تلاش برای رسیدن به نتایج مطلوب از بین ویژگی های ارتباطی فرکانسی و الگوی تشعشعی آنتن به قدری تلاش کنند که این دو به طور قابل توجهی ،مستقل از یکدیگر تغییر نمایند.برای طراحان آنتن های تغییر پذیر و همچنین طراحان سیستم های ارتباطی به طور کامل مستقل از هم بودن این دو خاصیت یک هدف مطلوبی است که البته به صورت صد درصد برای تمام کاربردها قابل دسترسی نیست .بنابراین در سال های اخیر در تمامی دنیا گروه هایی تحقیقاتی در حال پژوهش در این زمینه هستند و به نتایج امیدوارکننده ای رسیده اند که صورت خلاصه آنها را در فصل های آینده اشاره خواهد شد.آنتن ها با این قابلیت جدید ، پتانسیل این را خواهند داشت که جهانی را از یک امکانات جدید برای آنتن های با قدرت عمل بالا ، انعطاف پذیر و نیرومند بروی بشر بگشایند.

۶,۳ روشهای رسیدن به فرکانس تغییر پذیر

آنتن های تغییر پذیر فرکانسی را می توان به دو گروه تقسیم کرد : یکپارچه یا بدون پرش و سوئیچ شده . آنتنهای قابل تنظیم سوئیچ شده درواقع از یک مکانیسم سوئیچ برای کار در باندهای فرکانسی جداگانه به طور همزمان و یا چند باند فرکانسی استفاده می نمایند.هر دوی این آنتنها از یک تئوری واحد برای کار در حالت تغییر پذیری استفاده می کنند اما تفاوت اساسی آنها در میزان تغییرات طول مؤثرآنتن است که قادر به کار روی باندهای فرکانسی مختلف می شوند و نیز وسایلی است که در رسیدن به این اهداف مورد استفاده قرار می گیرند. در اولین بحث به تئوری اساسی عملکرد این نوع از آنتن ها با ارائه مثال های خاص به مکانیزم تغییر پذیری و مثال هایی برای این گونه از آنتن پرداخته می شود.

۱,۶,۳ مقدمه

بسیاری از آنتن هاازجمله آنتن های مایکرواستریپ معمولاً در یک رزونانس کاری عمل می نمایند. در این موارد ، طول الکتریکی مؤثر آنتن تا حد زیادی عامل تعیین کننده ی پهنای باند فرکانسی آن می باشد (که بیشتر از ۱۰ ٪ نیست و در حدود ۱ تا ۳ درصد برای یک تک رزونانس می باشد)به عنوان مثال برای یک آنتن دو قطبی معمولی اولین رزونانس جایی رخ می دهد که به آن آنتن نیم موج می گویند و در نتیجه یک پرتو همه جهته را به دنبال خواهد داشت در این حالت اگر کسی بخواهد آنتن را در فرکانس بالاتری به کار گیرد کافی است که آنتن را به اندازه نصف طول موج در فرکانس جدید آن را کوتاه نماید. پترن تشعشعی جدید هم تا حد زیادی همان ویژگی های فرکانسی قبلی را دارند زیرا در حالت جدید هم وابسته به فرکانس هستند. همین مسأله برای آنتن های حلقوی ، شکافی و سایرآنتن ها نیز به خوبی صادق است.

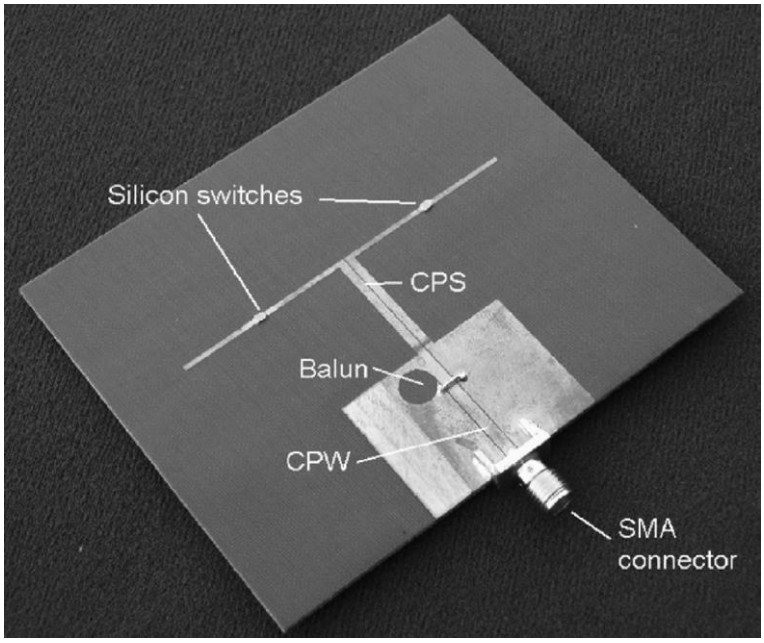
۲,۶,۳ مکانیزم تغییر پذیری

مکانیزم های زیادی برای تغییر طول موثر رزونانس آنتن ها بکار میرود اگرچه تعدادی از این ها برتری بیشتری نسبت به سایرین دررسیدن به مشخصات مورد نظر از ساختار اصلی آنتن دارند .در ادامه مکانیزم های مختف ،مزایا ومعایب هرکدام از آنها در کاربرد های مختلف اشاره خواهد شد.

۳,۶,۳ سوئیچ ها

طول موثر آنتن ودر نتیجه فرکانس کاری آن رامی توان بااضافه کردن ،تغییر ویا حذف بخشی از طول آنتن از طریق الکترونیکی، نوری، مکانیکی، و یا دیگر ابزارتغییر داد.انواع مختلف سوئیچ ها از قبیل :سوئیچ های نوری ، دیودهایPIN ، سوئیچ های سیستم های میکروالکترومکانیکی رادیو فرکانسی(RF-MEMS)در آنتن های تک قطبی و دو قطبی تنظیم فرکانسی ،در فرکانس های مختلف مورد استفاده قرار میگیرند . برای مثال با تغییرطول موثر یک آنتن دو قطبی با استفاده ازسوئیچ های نوری.که می تواند به حذف برخی از تاثیرات خطوط تغذیه ،ویا سایر سوئیچ ها ی دیگرمنجر شود را

در[۸] می توان ملاحظه نمود .و همچنین در[۹].که در اینجا یک دایپل متعادل روی سیلسکون مقاومت بالاکه مجهز به دو سوئیچ نوری سیلیکون شده را مورداستفاده قرارداده است. شکل (۳-۱) [۹].برای کنترل این سوئیچ ها از نور مادون قرمز با کابل فیبر نوری استفاده میشود .زمانی که هردو سوئیچ بسته اند ،آنتن در فرکانس کاری در حدودGHZ ۲,۱۶ کار میکند.



شکل (۳-۱): آنتن مایکرواستریپ با فرکانس تغییر پذیر توسط دیود های نوری [۹]

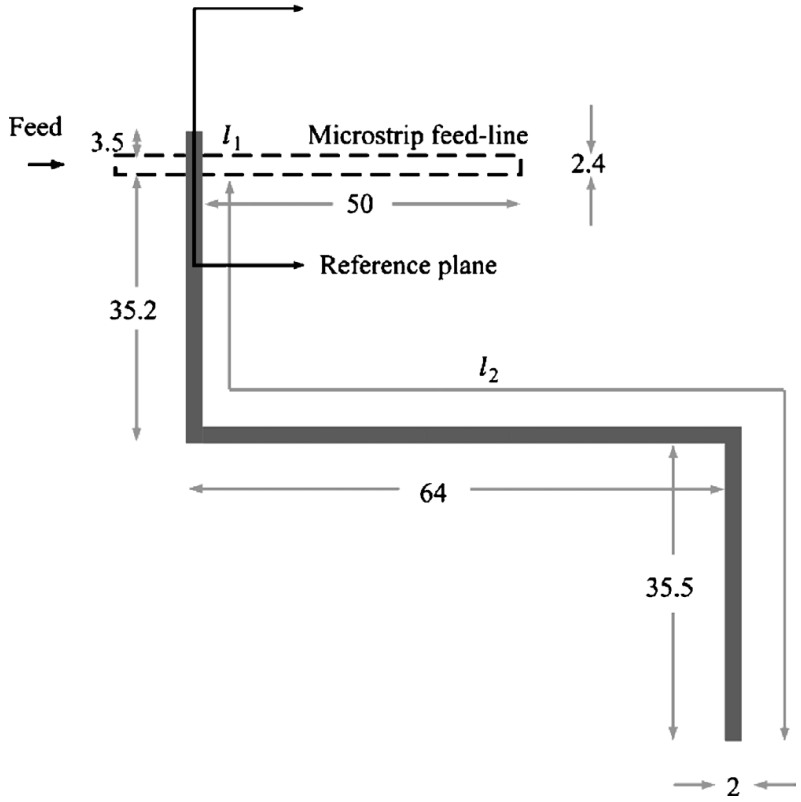
و زمانی که هر دو سوئیچ باز است ،آنتن در فرکانس کاری GHZ ۳,۱۵ کار میکند .این محققان همچنین به گین آنتن برای فعال کردن سوئیچ های نوری توجه نموده اند[۹].یک درجه ای از تغییر پذیری پترن نیز در این طراحی بدست آمده است .که با یکی از سوئیچ ها در یک زمان خاص بدست می آید ،که در نتیجه آن یک شیفت ۵۰ درجه ای در بازوی بزرگتر دایپل ایجاد می شود .بنابراین این تغییر پذیری پترن باعث تغییر در فرکانس مرکزی به GHZ ۲,۷ میشود[۹]. و در جای دیگر یک نمونه مشابه ازتغییرات طولی آنتن را با استفاده از سوئیچ های RF-MEMSحاضر کرده اند . [۱۰]در این کاربا باز و بسته شدن یک جفت از سوئیچ های RF-MEMSدر آنتن چاپ شده روی صفحه مایکرواستریپ سیلیکونی مقاومت بالا میتواند در یک یا دو باند فرکانسی کار کند .

همچنین در کار دیگرباستفاده از چهار دیود PIN، آنتن دایپلی طراحی شده است که در سه باند فرکانسی بینGHZ ۵,۲ تاGHZ ۵,۸ کارمی کند[۱۱].در دیگرکارها نیزروی پچ های مایکرواستریپ [۱۲,۱۳] ،دایپل های مایکرواستریپ [۲]و آنتن های یاگی [۱۴] این کار را انجام داده اند .

ساختارهای تشعشعی دارای لبه های فرکتالی نیز با استفاده از اصول فوق توسط تعداد زیادی از محققان مورد مطالعه قرار گرفته است . به عنوان مثال[۱۵-۱۸].در [۱۵] یک ساختار درختی فراکتال سه بعدی ارائه شده است که از محدوده های فرکانس فعال یا سوئیچ های RF-MEMS برای استفاده چند گانه از باند های فرکانسی مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. .ادغام آنتن ها و سوئیچ ها روی یک صفحه مایکرو استریپ به کاهش اثرات نویز ،وسایر اثرات ناشی از سوئیچ های دیگر ،لحیم کاری ها وسیم های متصل کمک می کند .

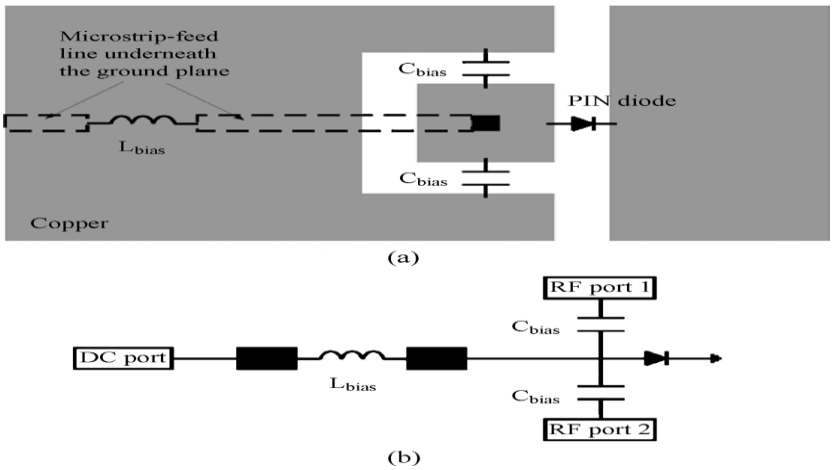
شکاف های تشعشعی فرکانسی با ابعاد مختلف وخواص تشعشعی گوناگون توسط بسیاری از محققان مورد توجه قرا گرفته است .در[۱۹] یک آنتن شکافی تغییر پذیر با یک حلقه متداخل که توسط یک خط شکافی تنها یا یک خط موجبر کوپل شده (CPW)تغذیه شده،طراحی شده است.با استفاده از ۸ سوئیچ PINدیود،برای استفاده از فرکانسهای پایین تر،حلقه های بیرونی لوپ اتصال پیدا می کنند .زمانی که بخش های روزنه در دو طرف حلقه با استفاده از سوئیچ ها ، کوچکتر میشود آنتن درباند فرکانس بالایی کارمیکند [۱۹].ودر [۲۰]یک آنتن تغییر پذیر با استفاده از چهار سوئیچ طراحی کرده اند که می تواند با تغییر عرض موثر شکاف در ۴ باند فرکانس جداگانه بینMHz ۵۳۰ تا MHz ۸۹۰ کار کند.که ابعاد این آنتن در شکل(۳-۲) [۲۰] نشان داده شده است .

تغییر در محدوده ی یک باند فرکانسی معمولا باتغییر در امپدانس ورودی همراه است ، که طراح با ایجاد پچ های پارازیتی در ۴ باند فرکانسی آن را جبران مینماید [۲۰] .همچنین در این طراحی اثرات پارازیتی و تنظیمات بایاس در نظر گرفته شده است.



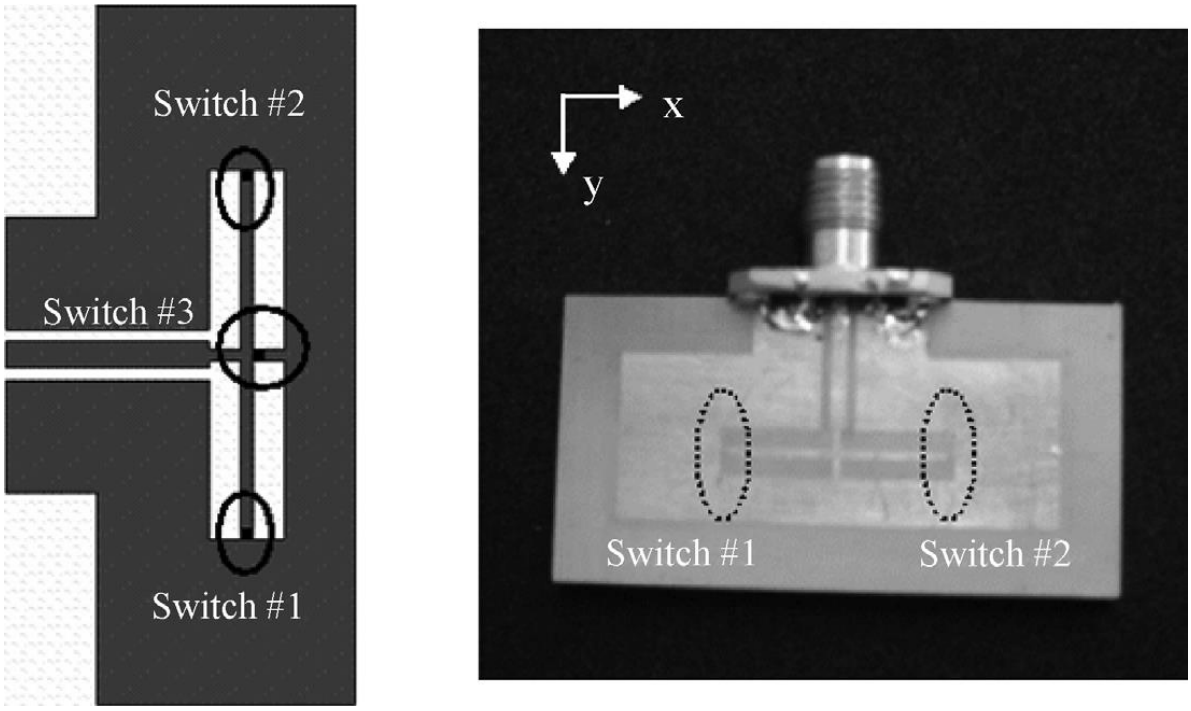
شکل(۳-۲): دیاگرام آنتن ، پارامتر ها به میلیمتر می باشند ضخامت زیر لایه ۲.۵۴میلیمتر[۲۰]

در شکل (۳-۳)[۲۰] مدار DCبایاس دیود ها نشان داده شده است .این مدل در شبیه سازی آنتن نهایی گنجانده شده است.



شکل (۳-۳) :(a) شکل روی آنتن و محل دیود ها (b) مدار معادل بایاس دیود [۲۰]

این بحث به یک جنبه مهم از طراحی آنتن های تغییر پذیردر طراحی توپولوژی آنتن با استفاده از مکانیزم هایی تغییر پذیری پرداخته است.در برخی از موارد تنها راه طراحی آنتن شامل سوئیچ های خاص ، استفاده از ساختار سوئیچی آنتن هاست .یکی از انواع این آنتن ها ،دایپل شکافی هیبریدی است [۲۱]که در شکل (۳-۴) نمایش داده شده است .این طراحی خاص بجای استفاده از سوئیچ های RF-MEMS برای ساخت بهتر و استفاده بهینه از آنتن ها ساخته شده است .

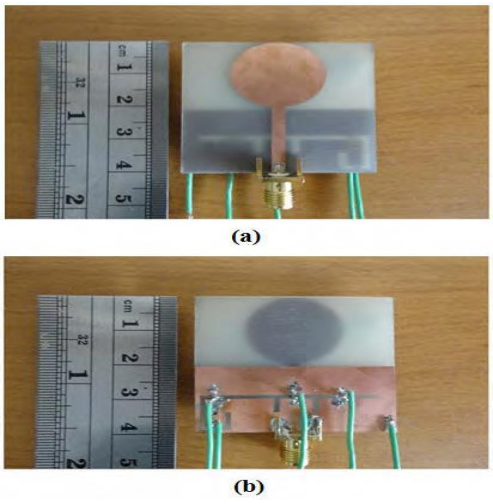


شکل(۳-۴): آنتن دایپل شکافی هیبریدی(سمت چپ) ساختار آنتن ومحل قرار گرفتن سوئیچ ها .(سمت راست)شکل کلی آنتن [۲۱]

همچنین می توان با تغییر در عرض الکتریکی آنتن ،با حفظ اثر فعال آن امابا تغییر مسیر جریان های تشعشعی روی ساختار اینکار را انجام داد. به عنوان نمونه ازاین روش در یک آنتن مایکرواستریپ استفاده شده است [۲۲] . یک شکاف ایجاد شده در پچ مستطیلی مایکرواستریپ بطوری که عمود برجهت اصلی جریان اولین رزونانس پچ است [۲۲] .یک دیود PIN قرارداده شده در مرکز شکاف مسیر اصلی ،جریان پچ را در حالت بایاس خود تغییر می دهد.

زمانی که سوئیچ باز است ،جریان ها در اطراف شکاف عمل می کنند و باعث می شوند که آنتن در باند فرکانسی پایین رزونانس نماید .در حالتی که دیود بسته است عرض موثر پچ کوتاه تر شده وآنتن

در باند فرکانس بالاتر کار میکند . در واقع عرض شکاف ، نسبت فرکانسی را در باند های کاری بالا و پایین کنترل میکند .تا زمانی که طول شکاف بیش ازحد طولانی نیست،پترن تشعشعی آنتن اصلی تا حد زیادی حفظ می شود[۲۲] . طول های بیشترشکاف منجر به تولید پترن های تشعشعی با قطبش متقابل بیشتری می شوند .دیگران باگسترش این مفاهیم به ساختار های دیگر مایکرواستریپ از قبیل آنتن های دارای پچ Eشکل پرداخته اند [۲۳].این تنها بخشی از مثال های زیاد ی از آنتن های تغییر ساختار یافته بااستفاده از سوئیچ هاست با تنوع زیادی در طراحی و ترکیب بندی ، که نقطه اشتراک همه آنها تغییر عرض موثر برای رسیدن به اهداف مورد نظر است . در [۲۴]برابر شکل (۳-۵) با استفاده از سوئیچ های بکار برده شده در آنتن ۵ حالت مختلف دربااند فرکانس ایجاد نموده واز آن استفاده می کند که این کار با روشن ویاخاموش شدن ۴ دیود بکار گرفته شده در آنتن انجام می شود. نکته جالب توجه در این مقاله این است که نتایج اندازه گیری شده بعداز ساخت بسیارنزدیک به نتایج شبیه سازی شده با نرم افزار هستند .



شکل (۳-۵): نمونه آنتن ساخته شده در [۲۴]

جدول زیر نتایج اندازه گیری شده در مقایسه بانتایج شبیه سازی شده در حالت های مختلف نشان داده شده است :

جدول (۳-۱): نتایج اندازه گیری شده در مقایسه بانتایج شبیه سازی شده در حالت های مختلف دیود[۲۴]

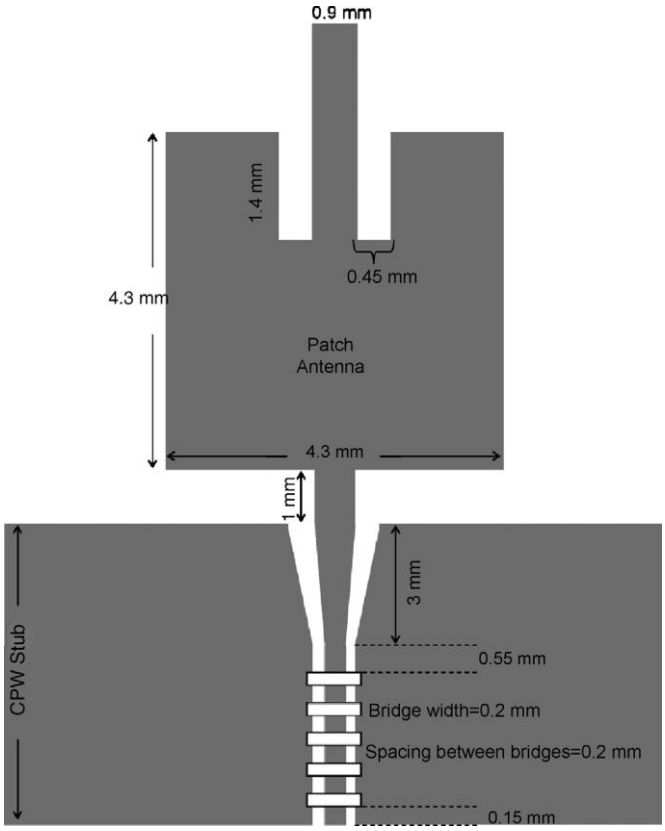
Diodes	D1	D2	D3	D4	Frequency Bands (GHz) Simulated / Measured
State 1	on	on	on	on	2.82-10.96 / 2.95-10.92
State 2	off	off	on	on	5.02-5.96 / 5.15-5.9
State 3	on	off	off	on	3.23-3.82 / 3.32-3.79
State 4	on	off	off	off	2.23-2.78 / 2.24-2.72
State 5	off	off	off	off	2.04-2.82 &5.04-5.85 / 2.11-2.8 & 5.14-5.9

از دیگر کار های انجام شده در تغییر فرکانس طراحی یک آنتن پهن باند تغییر پذیر فرکانسی می باشد [۲۵] در اینجا با استفاده از یک دیود آنتن در چهار باند فرکانسی قرارگرفته است .در حالت وصل ،آنتن در فرکانس۳۰۰-۳۰ و۱۱۵۰-۹۶۰ مگاهرتز ،و در حالت قطع انتن در فرکانس ۴۰۰-۳۰۰ و۱۲۲۰-۱۱۵۰ مگاهرتز رزونانس می نماید.

۴,۶,۳ تغییرات پیوسته

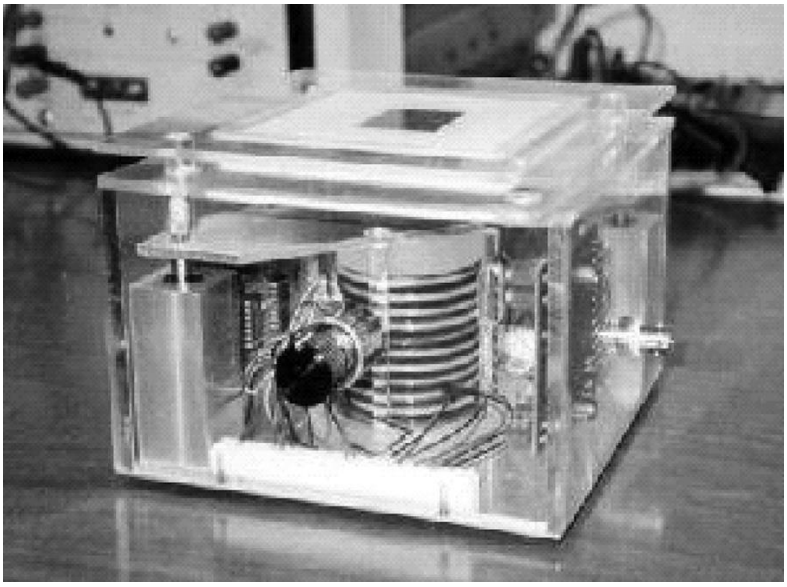
این روش دارای نقاط مشترکی با روشهای گفته شده در قبل است تنها تفاوت آنها این است که در اینجا تغییر در عرض موثر آنتن با وسایل یا مکانیزم هایی بدست می آید که می توانند باعث تغییرات پیوسته به جای تغییرات گسسته مقادیر (بخصوص ظرفیت خازنی)در تغییر باند فرکانسی آنتن شوند . در[۲۶] یک نمونه از آنتن پچ مایکرواستریپ قابل تنظیم آورده شده است.در اینجا دو دیود وراکتوربین لبه اصلی تشعشعی ساختارو صفحه زمین اتصال داده شده اند .با استفاده از بایاس معکوس متغیر بین ۰ تا ۳۰ ولت،وراکتور ها ظرفیتی بین ۲,۴ تا ۰,۴ pfخواهند داشت.که با تغییر میزان بایاس ،ظرفیت خازنی لبه پچ ودر نتیجه عرض موثر الکتریکی پچ را تنظیم می نماید .تغییرات پیوسته فرکانس به نسبت ساختارآنتن در یک باند وسیعی امکان پذیرخواهد بود . (۲۰-۳۰درصددر [۲۶]). همچنین آنتن هایی که به وراکتور مجهز شده اند گسترش زیادی دارند [۲۸-۲۹] . که نتایجی را **در** استفاده های دوگانه قابل تنظیم خواهند داشت . دراستفاده از یک مدل خط انتقال روی شکاف تشعشع کننده ،موقعیت های وراکتور ها می تواندر تنظیم دوباند مستقل از هم تعیین کننده باشد [۲۹] .در [۳۰]

یک آنتن پچ مایکرواستریپ مجهزبه خازن های RF-MEMS آورده شده است . درشکل(۳-۶) [۳۰] خازن ها روی یک استاپ تنظیم cpw قرارداده شده اند.وبا یک بایاس DCپیوسته تا ۱۲ ولت فعال میشوند که فرکانس های کاری بین ۱۵,۷۵ تا ۱۶,۰۵ Ghzرا تولید مینماید.



شکل(۳-۶):تصویر آنتن مایکرواستریپ قابل تنظیم [۳۰]

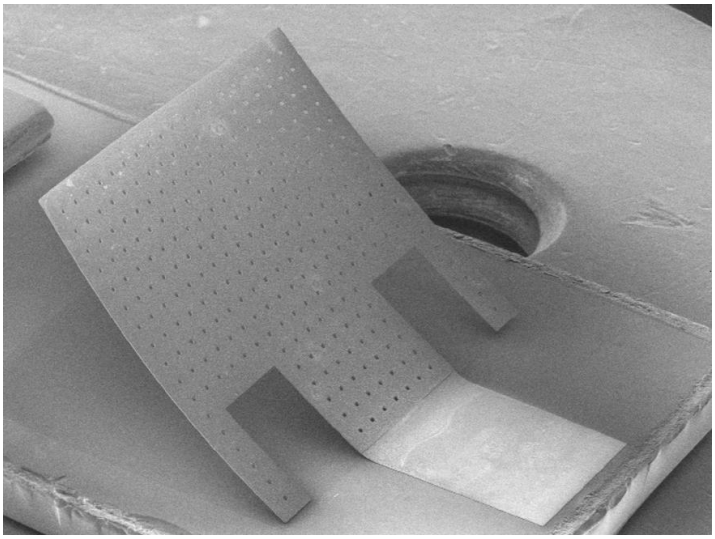
در[۳۱] آنتن دیگر مایکرواستریپ که شکاف های آن مجهز به ورکتورهای حالت جامد شده اند نشان داده شده است. در[۳۲]ترکیبی از تنظیم راکتیو و سوئیچی برای استفاده بهینه تر از باند فرکانسی در ساخت آنتن تک قطبی پرداخته شده است .دراین ساختار تک قطبی پرپیچ وخم یک دیود PIN برای تنظیم باند فرکانسی بین ۲ تا ۵ GHzقرارداده شده است .در حالی که ازیک وراکتور برای تنظیم بهتردر هر باند استفاده می شود برابر شکل (۳-۷) [۳۲].



شکل (۳-۷):آنتن تغییر پذیر مکانیکی که باتغییرعناصر پارازیتیی ساختار آن فرکانس ،پهنای باند و گین آن تغییر می کند [۳۲]

۵,۶,۳ تغییرات مکانیکی

تغییرات مکانیکی نسبت به الکتریکی در ساختار آنتن می توانند تغییرات باندهای فرکانسی را بسیار بهتر به جای روشن شدن دائم سوئیچ ها انجام دهد.چالش اصلی طراحی این آنتن طراحی ساختار آن میباشد بطوری که تغییرات مکانیکی برای رسیدن به اهداف مورد نظر (مثل باند های فرکانسی مختلف)نباید باعث برهم زدن سایر مشخصات آنتن شود .به عنوان مثال یک آنتن تنظیم مکانیکی که در آن از یک سیستم محرک پیزوالکتریک برای تغییر فاصله بین آنتن و تشعشع کننده پارازیتی برای تغییر در فرکانس کاری آنتن ساخته شده است [۳۳-۳۵] .در حالی که بطور معمول پهنای باند حدود ۱٪دارد،با کنترل عناصر پارازیتی به پهنای باند حدود ۹٪رسیده است.این مثال سختی دستیابی به تغییر پذیری در آنتن را بدون تغییر در سایر مشخصات آن، نظیر پهنای باند وبهره با تغییر فواصل بین عناصر پارازیتیک نشان می دهد [۳۵].



شکل (۳-۸): یک آنتن تغییر پذیر مکانیکی [۳۶]

در مثال دیگر رسیدن به تغییرات فرکانسی پیوسته با استفاده ازتغییرات مکانیکی مغناطیسی درآنتن مایکرو استریپ است [۳۶].شکل (۳-۸) یک آنتن مایکرو استریپ که در فرکانسGHZ ۲۶ کارمیکند .بایک لایه ای نازک از مواد مغناطیسی پوشیده شده است.

۶,۶,۳ تغییرات موادی

اگرچه غالب تغییرات در طراحی های آنتن های تغییر پذیر ،تغییرات در ویژگی های مواد ساختار آنتن است که قادر باشند آنها را در فرکانس قابل تنظیم نمایند. در یک حالت ویژه ،بکار بردن یک میدان الکتریکی استاتیک می تواند برای تغییر گذر دهی نسبی مواد فرو الکتریک و بکار بردن یک میدان مغناطیسی استاتیک می تواند برای تغییردر نفوذپذیری یک فریت استفاده شود .از تغییرات در گذر دهی یا نفوذ پذیری می توان برای تغییر در طول موثر الکتریکی آنتن ها استفاده کرد،که منجر به تغییر باند فرکانسی آنها می شود .به عنوان یک پتانسیل بالقوه ، گذر دهی یا نفوذ پذیری آنها تطابق زیادی با مواد ساختار دی الکتریک دارند ،که تا حد زیادی باعث کاهش ابعاد آنتن می شوند . گذشته از هر پیچیدگی که در ساختار اصلی وجود دارد،مشکل اساسی در کاربرد میزان مواد فرو الکتریک و فریت استاندارد(که معمولا با ضخامت در حد میلیمتر) است ،که با هدایت نسبی بالای خود بشدت از بهره آنتن می کاهد.

در [۳۷]یک نمونه از آنتن تغییر پذیر فرکانسی با استفاده از مواد فریت ،آورده شده است.که پهنای باند فرکانسی پیوسته ای در حدود ۴۰٪با تغییرات میدان مغناطیسی استاتیک در ساختار دی الکتریک و ابعاد عمود برساختار پچ می شود[۳۷] .در مقالات دیگری نیز خواص آنتن های مایکرو استریپ مبتنی بر فریت ها بررسی شده است [۳۸-۳۹]. اخیرا چندگروه با توسعه مواد فرو الکتریک در نوار های نازک در تلاشند تلفات جریان را برای بالا بردن تغییرات ، کاهش دهند [۴۰-۴۲].با این حال هنوز اغلب برنامه های کاربردی استفاده از مواد قابل تنظیم در ساختار تغذیه یا عناصر پارازیتی به جای خود آنتن است ،که این امر بیشتر بعلت محدودیتهای دسترسی به نوارهای مسطح و یکنواخت است .

۷,۳ روشهای دستیابی به پلاریزسیون تغییر پذیر

تغییرپذیری در پلاریزاسیون آنتن مقاومت در برابر سیگنالهای تداخلی درمحیط های مختلف را فراهم می کند.همچنین باعث استقلال بهتر آنتن در بهبود کیفیت لینک مثل سمتگرایی آنتن های سوئیچ شده رافراهم میکند [۴۳].از آنها همچنین می توان در کاربرد های فعال ردیابی ورهگیری استفاده شود[۴۳].

۱,۷,۳ مقدمه

جهت جریان روی آنتن به طور مستقیم روی پلاریزاسیون میدان الکتریکی راه دور آنتن اثر دارد .برای دستیابی به پلاریزاسیون تغییر پذیر،ساختار آنتن، خصوصیات موادویا ساختار تغذیه مجبور به تغییردر مسیری غیراز مسیر اصلی آنتن هستیم . تغییر پذیری در پلاریزاسیون می تواند به انواع مختلف از پلاریزاسیون خطی ،بین پلاریزاسیون های دایره ای راست گرد وچپ گرد ویا بین پلاریزاسیون های خطی و دایره ای بدست آید.مکانیزم های رسیدن به این تغییرات (به عنوان مثال، سوئیچ ها، تغییرات ساختاری)تا حد زیادی شبیه همان مسائلی بود که در تغییر پذیری فرکانسی گفته

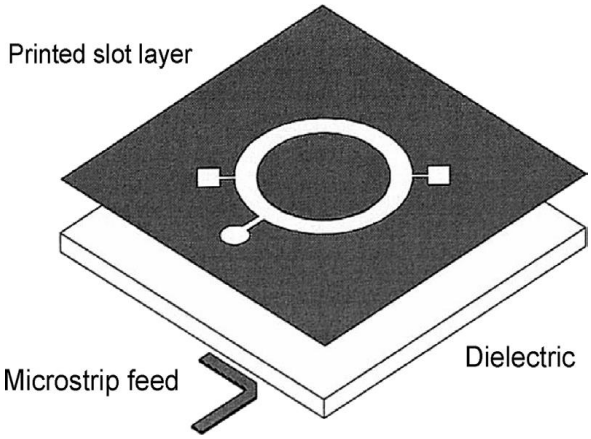
شد،اگرچه اجرای آنها لزوما متفاوت خواهد بود.سختی این نوع از تغییر پذیری در این است که اجرای آن باعث تغییر در امپدانس ویا مشخصات فرکانسی نشود .

۲,۷,۳ سوئیچ ها

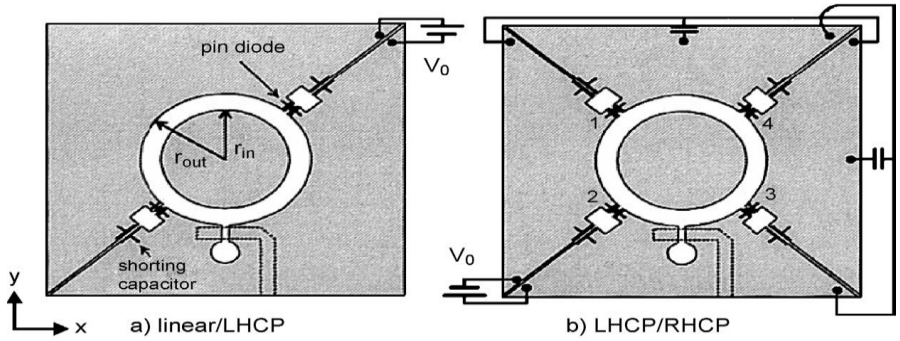
چندین آنتن با استفاده از سوئیچ ها برای تغییر پذیری پلاریزاسیون ساخته شده اند. به عنوان مثال در[۴۴,۴۵] یک آنتن پلاریزاسیون متغیر در "آنتن پچ با شکاف متغیر "یا آنتن های pass آورده شده است .که همچنین از آن برای رسیدن به تغییر پذیری فرکانس نیز استفاده شده است که قبلا از آن صحبت شده است [۲۲].بطور کلی آنتن pass شامل یک آنتن مایکرواستریپ بایک یا چند شکاف روی پچی از جنس مس است. یک سوئیچ(RF-MEMS یا حالت جامد)در مرکز شکاف برای کنترل چگونگی رفتار جریان ها روی پچ قرار داده شده است. وقتی که سوئیچ باز است ،جریان ها باید در اطراف شکاف حرکت نمایند.وقتی که سوئیچ بسته است.جریان ها مسیر کوتاه تری را در پچ طی می کنند .تغییر پذیری پلاریزاسیون با قرار دادن دو شکاف عمودبر هم روی سطح پچ بدست آمده است .

حاصل کار سوئیچ ها در اینجا تعویض پلاریزاسیون های دایروی راستگرد یا چپگرد با همدیگر است. دیگر آنتن های پچ با پلاریزاسیون های دایروی تغییر پذیر ،با استفاده از سوئیچ هایی در تغذیه شکاف ها نسبت به روی سطح پچ درسیستم های برچسب مایکروویو خواندن /نوشتن فعال استفاده شده است [۴۳] .پچ هایی که درگوشه های آن سوئیچ هایی برای کنترل پلاریزاسیون دایروی قرار داده شده اند.نیز در آورده شده اند[۴۶] .آنتن های شکافی که در [۴۷]آمده است نیز برای پلاریزاسیون تغییر پذیر طراحی شده اند.در[۴۷] یک آنتن حلقه شکافی مجهز به دیود های PIN برا ی تغییر بین پلاریزاسیون دایروی و خطی یا تغییر بین پلاریزاسیون های دایروی (راستگرد . چپگرد)تعریف شده است. شکل(۳-۹) [۴۷]، شکل اصلی آنتن و در شکل (۳-۱۰) [۴۷] ،موقعیت خاص دیود ها ،وترکیب صفحه زمین را برای هر دو طراحی به تصویر کشیده است .برای طراحی دایره ای خطی (در شکل (۳-۱۰) a)، در بایاس مستقیم دیود ها در سراسر ناپیوستگی های کوچک ،در ۴۵ درجه و ۱۳۵-

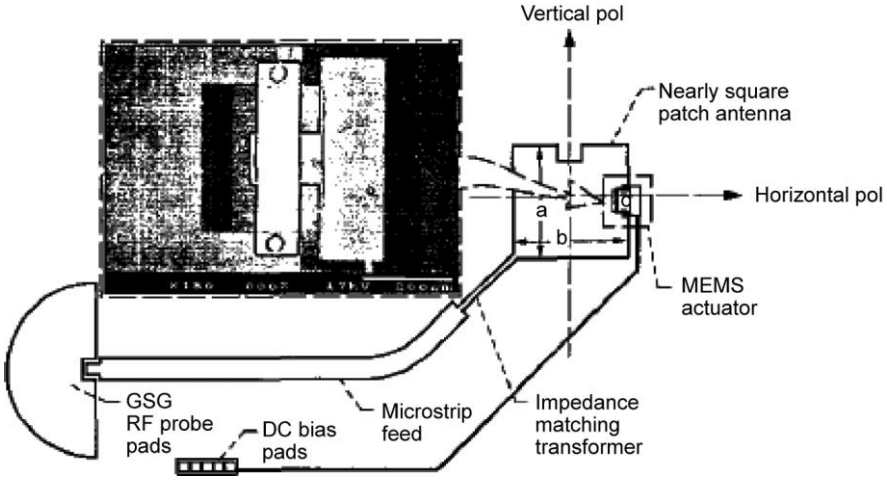
درجه نسبت به نقطه تغذیه دارای پلاریزاسیون خطی است و در عوض بایاس معکوس دیود ها منجر به پلاریزاسیون دایروی می شود [۴۷].



شکل (۳-۹):ساختار بایاس پچ باپلاریزاسیون دایروی توسط شکاف دایروی[۴۷]

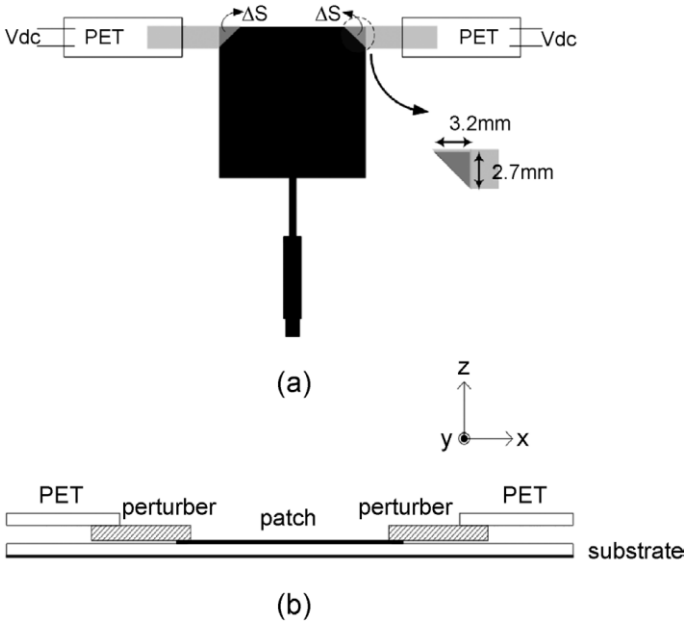


شکل (۳-۱۰):دوشکل آنتن شکاف حلقوی برای تغییر پذیری پلاریزاسیون: (a) پلار یزاسیون قابل تغییر از خطی به دایروی چپگردو بالعکس (b) پلار یزاسیون قابل تغییر از چپگردبه راستگردو بالعکس دایروی[۴۷].



شکل (۳-۱۱):شکل آنتن با پلاریزاسیون تغییر پذیر با استفاده از عناصر memes که در آن ساختار داخلی memes به خوبی نشان داده شده است [۴۸]

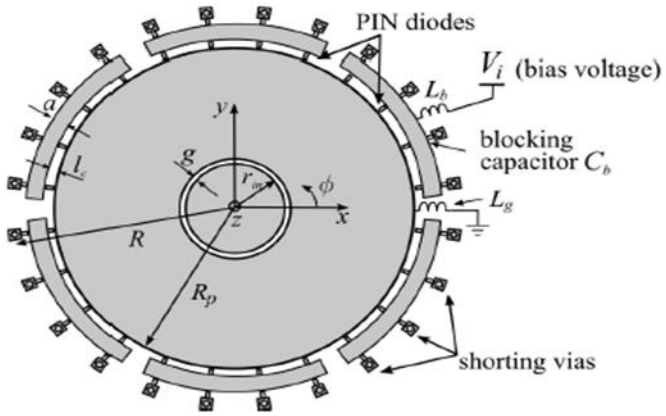
در طراحی شکل (۳-۱۰)b،ناپیوستگی های اضافی متقارن برای تغییر پلاریزاسیون دایروی بین راستگرد و چپگرد طراحی شده است [۴۷].در هر دو طرح صفحه های زمین برای پشتیبانی از بایاس DC دیود ها طوری طراحی شده است که باعث تداوم اتصال RF بین قسمت های صفحه زمین شده است .این ساختار تشعشعی ،یک مثال خوب از اضافه نمودن عوامل اضافی برای تبدیل نمودن آنتن معمولی به یک آنتن تغییر پذیر پلاریزاسیون بدون تغییر سایر عوامل است .اما تنظیمات اساسی برای فعال کردن اتصال DCمناسب برای عملکرد RF مورد نیاز است .در [۵۰]یکی دیگر از آنتن های تغییر پذیر پلاریزاسیون با استفاده از یک محرک MEMES ،و نوعی دیود برا ی جداسازی آن طراحی شده است . در این طراحی (برابرشکل (۳-۱۱) محرک MEMS واقع بریک آنتن پچ مایکرواستریپ برای پشتیبانی از دو مد عمود ،زمانی که گوشه ها تحریک می شوند ،در نظر گرفته شده است .این محرک شامل یک نوار فلزی آویزان روی یک استاب فلزی می باشد . هنگامی که نوار روی استاب آویزان است ،آنتن دارای یگ الگوی تشعشعی مدور قطبی است [۴۸] .استفاده از تحریک الکتروستاتیک ،نوار فلزی میتواند کاهش پیداکند تا آنتن باپلاریزاسیون خطی دوگانه کار کند . در شکل (۳-۱۲) [۴۹] یک ساختار مرتبط که از مبدل های پیزوالکتریک برای رسیدن به تغییر پذیری پلاریزاسیون دایروی بین راستگرد و چپگرد باآنتن پچ مایکرواستریپ استفاده کرده است نشان داده شده است.



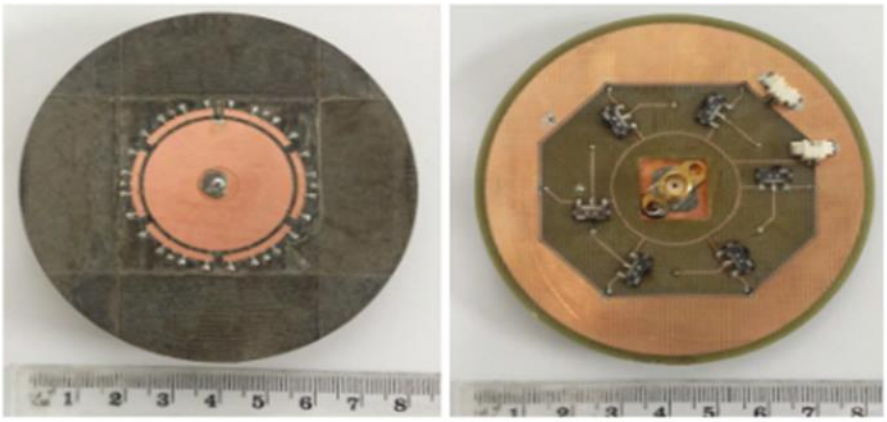
شکل(۳-۱۲): (a)نمای بالاو(b)نمای کناری آنتن تغییر پذیر پلاریزاسیون [۴۹]

۳,۷,۳ تغییرات موادی

در [۵۰] یک آنتن مایکرواستریپ با پلاریزاسیون قابل تنظیم (برپایه ی بایاس مغناطیسی ایستا)راکه روی یک فیلم فریت است طراحی شده است. مثل آنتن های مایکرواستریپ با زیر لایه های فریت [۳۷-۳۹]، میدان های دو قطبی بسیار کمتر از آنتن های پچ مایکرواسترپ معمولی کاربرد دارند . بهینه سازی نقطه تغذیه ،وخواص فیلم فریت می تواند نتایج خوبی را برای رسیدن به پلاریزاسیون خطی و دایروی حاصل نماید [۵۱] . در [۵۰] از یک آنتن پچ دایروی که از مرکز تغذیه می شود وتوسط دیود هایی که از اطراف لبه های پچ تغذیه و کنترل می شوند استفاده شده است .که باعث تغییر پترن و پلاریزاسیون با استفاده از آنتن حفره دایروی می شوند .در این مقاله با کنترل سوئیچ های دیودی به ۶پلاریزاسیون خطی متفاوت و ۵ فرکانس رزونانسی کاری دست پیدا کرده است .شکل (۳-۱۳) شماتیک طراحی آنتن، و شکل (۳-۱۴) نمونه ساخته شده آن را نشان می دهد .



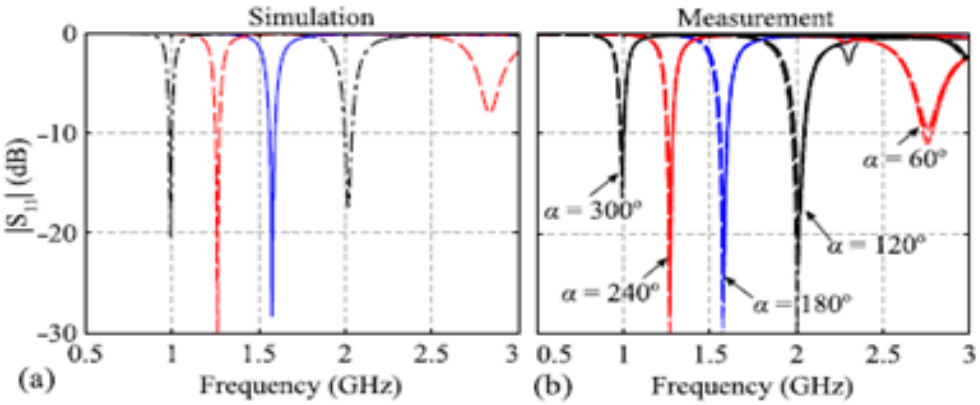
شکل (۳-۱۳): شماتیک طراحی آنتن[۵۰]



شکل (۳-۱۴): نمونه ساخته شده آنتن[۵۰]

نتایج اندازه گیری شده بصورت زیر است:

همانطور که در شکل (۳-۱۵)مشاهده می شود مقدار s11 در فرکانس های رزونانس بصورت زیر است:



شکل (۳-۱۵): مقدار S۱۱ در فرکانس های رزونانس[۵۰]

فصل چهارم:
آنتن های مایکرواستریپ

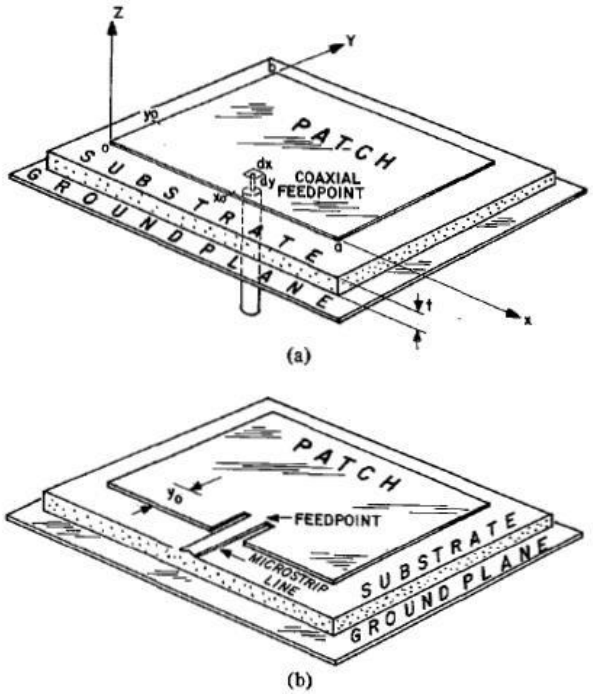
۱,۴ معرفی آنتن مایکرواستریپ

یک آنتن مایکرواستریپ، همان طور که در شکل(۴-۱) نشان داده شده است، شامل یک عایق است که در یک طرف آن، صفحه زمین و در طرف دیگر آن، صفحه تشعشعی قرارگرفته است که این صفحه تشعشع کننده هادی، شکلهای مختلفی میتواند داشته باشد ولی معمولا شکلهایی مورد استفاده قرار میگیرند که بتوان به راحتی مورد تحلیل قرار داد.جنس هادی، معمولا مس و طلا انتخاب میشود و جنس لایه عایق معمولا به گونه ای باید باشد که میدانهای پراکندگی و تشعشع کننده از لبه های آنتن بیشتر باشد، بنابراین ثابت دی الکتریک باید تا حدامکان کم باشد.

وقتی فرکانس سیگنال به فرکانس رزونانس نزدیک میشود، دامنه جریانهای سطحی که روی هادی جریان پیدا می کنند اهمیت می یابند و تشدید هنگامی اتفاق میافتد که اندازه هادی به اندازه نصف طول موج برسد .تشدیدکننده های مایکرواستریپ را میتوان به دو دسته اصلی طبقه بندی کرد که بستگی به نسبت طول به عرض آنتنها دارد .تشدیدکننده هایی که هادی آنها باریک است دایپل مایکرواستریپ و تشدیدکننده هایی که پهن هستند پچ های مایکرواستریپ نامیده میشوند .توزیع جریان طولی هر دو نوع آنتن برای مدار اصلی زیاد است، بنابراین پترن و بهره آنها مشابه میباشد ولی مشخصات دیگر آنها می تواند با هم تفاوت داشته باشد(از قبیل امپدانس ورودی، لوبهای جانبی و قطبش) وقتی فرکانس سیگنال نزدیک فرکانس تشدید باشد، تشدیدکننده مایکرواستریپ، یک بیم گسترده درجهت لبه جانبی نسبت به صفحه آنتن تشعشع میکند .قسمت عمده سیگنال ورودی در تشعشع شرکت میکند و بنابراین تشدیدکننده بصورت یک آنتن عمل میکند.از آنجایی که بعد اصلی پچ باید به اندازه نصف طول موج باشد، بنابراین جهت دهی آن بسیار بهره پایینی دارد و محدوده پهنای بیم ۵dB تا ۶dB است .مثلا یک دایپل نصف طول موج، بطور معمول بین ۳dBآن از ۷۱ تا ۳۱درجه میباشد.

در بسیاری از کاربردهای مایکروویو نیاز به آنتنهایی با جهت دهی بالا میباشد که در نتیجه، بیم آنتن باید باریک باشد .در اینگونه موارد، یک پچ تنها مناسب نمی باشد بلکه باید از یک تعداد المان های

تشعشع کننده مشخصی که به صورت آرایه پریودیک قرارگرفته اند استفاده کرد و در این صورت جهت دهی افزایش خواهد یافت. ولی در برخی کاربردهای دیگر از قبیل موبایل و مخابرات شخصی، نیاز به بیم وسیعی میباشد که در اینگونه موارد یک پچ تنها مناسب میباشد.



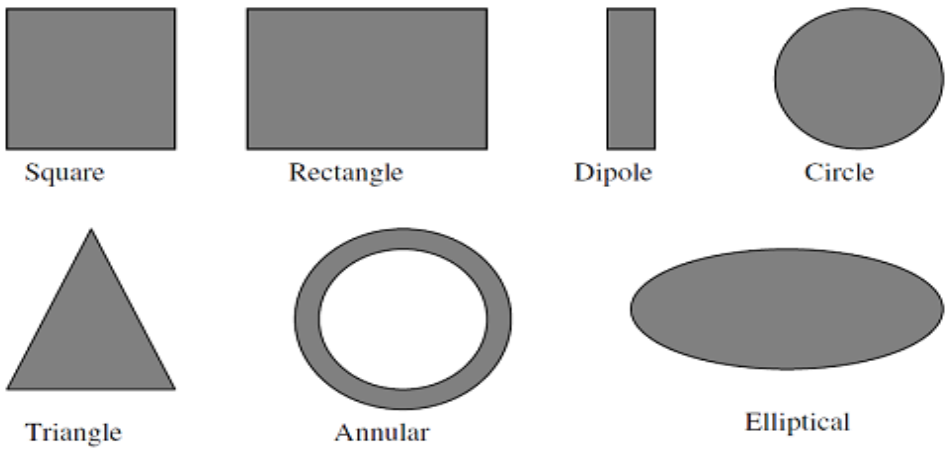
شکل(۴-۱) ساختار آنتن مایکرواستریپ[۴]

۲,۴ ویژگیهای آنتن های مایکرو استریپ

یک آنتن مایکرواستریپ از یک پچ فلزی تشعشع کننده یا آرایه ای از پچها بر روی یک وجه سطح صاف و مسطح دی الکتریک نازک و غیر هادی با صفحه زمین در وجه دیگر تشکیل شده است.

پچ فلزی اغلب از ورقه بسیار نازک مسی و یا ورقه نازک مسی روکشدار با روکشی مقاوم در مقابل خوردگی مانند طلا، قلع و یا نیکل ساخته میشود .پچ در اشکال مختلف هندسی میتواند طراحی شود ولی عمدتاً بشکل مستطیلی و یا دایروی می باشد .اصولاً زیر لایه دی الکتریک اساساً بمنظور فراهم آوردن فضای مناسب و بعنوان نگهدارنده مکانیکی ما بین پچ و صفحه زمین بکار گرفته میشود .موادی با ثابت دی الکتریک بالا بعنوان زیر لایه برای گذاشتن پچ و کاهش اندازه آنتن بکار گرفته میشود .

خصوصاً برای کاربردهای آرایه ای بزرگ زیر لایه بایستی کمترین اتلاف جاگذاری با تانژانت تلفات کمتر از۰,۰۰۵ راداشته باشد در شکل(۴-۲) اشکال هندسی شناخته شده قابل استفاده در طراحی آنتن پچ مایکرواستریپ را نشان داده شده است .



شکل(۴-۲) اشکال هندسی شناخته شده قابل استفاده در طراحی آنتن پچ مایکرواستریپ[۴]

۳,۴ عملکرد آنتن های مایکرواستریپ

پچ فلزی در آنتنهای میکرواستریپ در واقع یک محفظه تشدید بوجود می آورد که پچ واقع در بالایزیرلایه به منزله ضلع فوقانی محفظه و صفحه زمین بعنوان ضلع تحتانی و لبه های پچ به مشابه وجه های کناری محفظه میباشند. از اینرو پچ تقریباً مانند محفظه ای با رسانای الکتریکی کامل در سطوح بالا و پایین و یک رسانای مغناطیسی کامل در کناره ها عمل میکند .این دیدگاه در بررسی و تجزیه و تحلیل آنتنهای پچ و پی بردن به رفتار آنها کمک شایانی میکند.در داخل محفظه میدان الکتریکی اصولاً در جهت محور Z و مستقل از مختصات Z می باشد. از اینرو مدهای محفظه پچ با اندیس های (m, n)قابل توصیف میباشد .فرم میدان الکتریکی پچ مستطیلی به شکل زیر می باشد:

که در آن Lطول وW عرض پچ، همچنین Amn متوسط دامنه موج و m , n شماره مد میباشد.

پچ معمولاً در مد (1,0) عمل نموده وL معرف اندازه تشدید بوده و میدان در جهتy اصولاً ثابت است جریان سطحیJsx(x) ایجاد شده در زیر پچ فلزی در جهتx توسط معادله ذیل نشان داده شده است .

$$E_z(x,y)=A_{mn}\cos(\frac{m\pi}{L}x)\cos(\frac{n\pi}{W}y) \quad (۱-۲)$$

$$J_{SX}(x,y)=A_{10}(\frac{\pi/L}{j\omega\mu_0\mu_r})\sin(\frac{\pi x}{L}y) \quad (۲-۲)$$

برای این مد پچ به منزله یک خط میکرواستریپ با پهنای W و طول تشدید L محسوب شده که تقریباً نصف طول موج در دی الکتریک خواهد بود جریان در وسط پچ یاx=L/ 2 ماکزیمم مقدار خود راخواهد داشت در حالیکه ماکزیمم مقدار میدان در دو لبه تشعشع کننده یعنی x= 0 وx=L خواهد بود برای بدست آوردن بیشترین پهنای باند معمولاً پهنایwرا بزرگتر از طول در نظر میگیرند .عموماً (W=1.5L) بنابراین پهنای باند متناسب با عرضW است .برای اجتناب از تحریک مدهای مرتبه بالاتربایستی عرضW کوچکتر از دو برابر طولL نگه داشته شود.

۴,۴ تغییرات پارامتر های آنتن مایکرواستریپ وتاثیرات آن بر روی خروجی های آنتن

۱,۴,۴ افزایش ارتفاع زیر لایه h

۱. افزایش اثر سلفی در تغذیه با پراپ
۲. افزایش میدان های لبه ای = افزایش بازدهی تشعشعی
۳. افزایش امواج سطحی= کاهش بازدهی تشعشعی

۴. افزایش تلفات دی الکتریک = کاهش Q

۵. افزایش پهنای باند

۶. کاهش تلورانس ساخت

۲,۴,۴ کاهش میزان گذر دهی زیر لایه ε

۱. افزایش میدانهای لبه ای

۲. افزایش بازدهی تشعشعی

۳. کاهش تلفات دی الکتریک

۴. افزایش پهنای باند

۵. بزرگ شدن ابعاد آنتن

۶. کاهش امواج سطحی

۷. کاهش تلورانس ساخت

امواج سطحی در زیر لایه باعث کاهش بازدهی تشعشعی وایجاد اثر متقابل بین عناصر درحالت آرایه می شود . با کاهش گذر دهی زیر لایه قسمت حقیقی ادمیتانس شکاف افزایش می یابد که به معنی تشعشع و بهره بیشتر آنتن است . لبه های غیر تشعشعی تغییرات میدان بیشتری نسبت به لبه های تشعشعی دارند . در پچ مستطیلی کاهش ابعاد صفحه زمین سبب افزایش فرکانس رزونانس می شود. اما در پچ دایروی کاهش گذر هی و افزایش ضخامت زیر لایه سببافزایش بازدهی تشعشعی می شود .آنتن های مایکرواستریپ بدلیل پهنای باند فرکانسی باریک معمولا بدلیل عدم دقت در فرایند ساخت باچالش عدم تطابق بین فرکانس طراحی و ساخت مواجه می شوند .به همین منظور ایجاد امکان تنظیم فرکانسی برای این آنتن می تواند مفید باشد .

۵,۴ انواع تنظیم فرکانسی

۱-مکانیکی (استفاده از دیود PIN ،stub، و ...)

۲-الکترونیکی (دیود ورکتور زیر لایه مغناطیسی و غیره ...)

در تغییرات مکانیکی با استفاده از استاب ها، افزیش طول الکتریکی فرکانس رزونانس مد غالب حاصل خواهد شد .که استاب های باریک برای تغییرات کم و استاب های عریض تر برای تغییرات بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند .طول استاب ها برای ساخت می تواند جهت تحقق فرکانس رزونانس مورد نظر کوتاه شود .میزان تغییرات فرکانس در این روش درحدود ۱۴ درصد می باشد .تکنیک دیگر در روش مکانیکی استفاده از پست اتصال کوتاه است میزان تغییرات فرکانس در این روش حدود ۱۸ درصد می باشد.

تکنیک دیگر در روش مکانیکی ایجاد فاصله هوایی بین زمین و زیر لایه است .(تغییر گذر دهی موثر)که در این روش تغییرات در حدود ۲۰ در صد می باشد . در تغییرات الکترونیکی توسط دیود ورکتور میزان تغییرات فرکانس در حدود ۳۰درصد است .در تکنیک دیگر که با استفاده از تغییر بایاس ماده مغناطیسی صورت می گیرد، باعث تغییر نفوذپذیری موثر زیرلایه ،و تغییر فرکانس می شود .که البته بازدهی در این روش پایین است .

۶,۴ افزایش پهنای باند فرکانسی

۱- استفاده از شکاف Uشکل بر روی پچ

افزایش پهنای باند با استفاده از ایجاد یک رزونانس جدیدبا استفاده از وجود شکاف روی پچ باعث افزایش پهنای باند بطور متوسط در حدود ۳۰ درصد می شود .از تغییرات دیگری که در این تکنیک اتفاق می افتد می توان به تغییر توزیع جریان پچ برای مد غالب ودر نتیجه ی آن انحراف پترن تشعشعی و تغییر سطح پلاریزاسیون متقاطع ناشی از تغییر توزیع جریان روی پچ اشاره کرد.

۲- استفاده از دو شکاف Uشکل بر روی پچ که در این روش افزایش پهنای باند در حدود ۵۰در صد را بدست می آوریم .(افزایش تعداد رزونانس)

۳- استفاده از شکاف E روی پچ که افزایش پهنای باندی در حدود ۳۰ درصد را حاصل می شود .

امروزه در سیستم های مخابراتی زیادی از چند باند فرکانسی مختلف برای ارسال ودریافت استفاده می شود و در این شرایط استفاده از یک آنتن مجزا برای پوشش هر باند بسیار پرهزینه است از طرف دیگر استفاده از یک آنتن پهن باندجهت پوشش تمامی باند های مورد نیاز باعث ایجاد تداخل در کانال ها و در یافت امواج ناخواسته می گردد .در این شرایط استفاده از یک آنتن چند بانده جهت پوشش باندهای مورد نظر مطلوب می باشد .یکی از تکنیک های تحقق آنتن های چند بانده ،آنتن های تغییر پذیر یا پیکر بندی مجدد می باشد.

۷,۴ شرایط آنتن های چند بانده

الزاما به آنتن هایی چند بانده گفته می شودکه ویژگی های تشعشعی و امپدانسی آنها در چند باند فرکانسی مستقل تکرار شود . شرط استقلال به این معنی است که بتوان محل وقوع هر باند را مستقلااز سایر باندها کنترل کرد تحقق این استقلال چالش اصلی در طراحی آنتن های چند بانده می باشد .روش های تحقق این آنتن ها تا حدودی شبیه به روش های پهن باند کردن آنتن هااست .با این تفاوت مهم که سعی می شودرزونانس های ایجاد شده در آنتن از یکدیگرفاصله داشته وتاثیر متقابل ناچیزی بر روی هم داشته باشند .

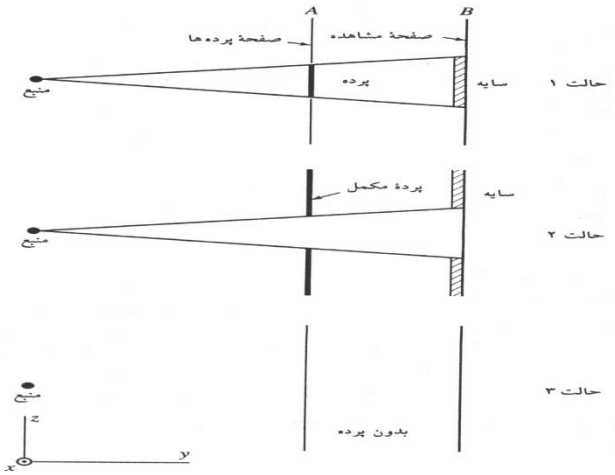
۸,۴ آنتن شکافی

آنتن شکافی کاربرد های زیادی دارد،مخصوصا در جاهایی که آنتن هایی با برجستگی های کم لازم است.مانند هواپیماهای تندرو.هر شکافی یک شکل مکمل سیمی یا نواری دارد ،بنحوی که امپدانس یا

الگوی ان شکلها را می توان برای یافتن امپدانس و الگوی شکاف متناظر بکاربرد. این بحث عمدتا بر تعمیم و بسط اصل بابینه که توسط هنری بوکر مطرح شد استوار است. [۵۲]

۹,۴ اصل بابینه و آنتن های مکمل

بسیاری از مسائل آنتن های شکافی را می توان به کمک اصل بابینه به وضعیت های مکملی ارجاع دادکه حل آنها قبلا بدست آمده باشد.اصل بابینه را می توان بصورت زیر بیان کرد.



شکل(۴-۳) انتن های مکمل واصل بابینه [۴]

اگر میدان در یک نقطه ای فراسوی یک صفحه دارای پرده را با میدان در آن نقطه هنگام گذاشتن پرده مکمل در آن نقطه جمع کنیم ، میدانی بدست می آید که در صورت وجود پرده وجودمی داشت. برای توضیح این این اصل می توان مثالی راباسه حالت برابر با شکل شکل(۴-۳) در نظر گرفت.یک منبع و دو صفحه فرضی ،صفحه پرده A وصفحه مشاهده B، را مطابق شکل در نظر بگیرید درحالت ۱ فرض کنید یک پرده جاذب در صفحه Aقرار داردبنابراین در صفحه B یک ناحیه سایه بصورت نشان داده شده بوجود می آیدمیدان های پشت این پرده را تابع f1 ازx ، z،y فرض کنید بنابراین

$$F_s = f_1(x,y,z) \qquad (1)$$

در حالت ۲ فرض کنید بجای پرده اول یک پرده مکمل قرار گرفته است ومیدان پشت آن بصورت زیر است

$$F_{cs} = f_{۲}(x,y,z) \qquad (۲)$$

در حالت ۳ هیچ پرده ای وجود نداردومیدان عبارت است از

$$F_{۰} = f_{۳}(x,y,z) \qquad (۳)$$

اصل بابینه می گوید که در نقطه معین x1 و y1 وz1 داریم

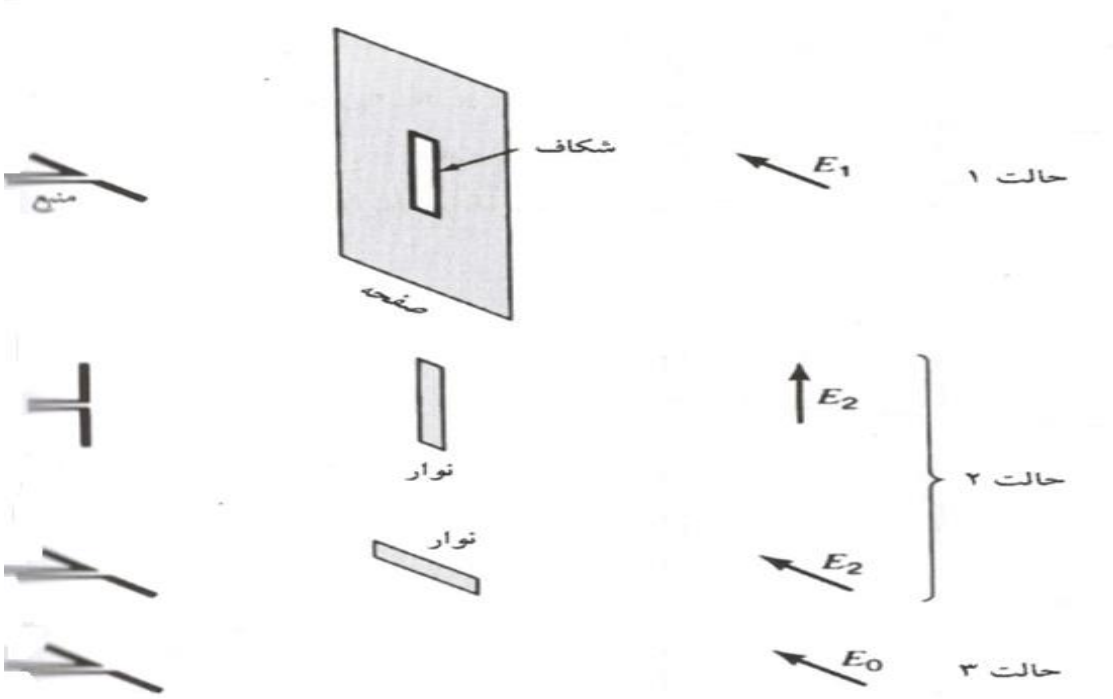
$$F_s + F_{cs} = F_{۰} \qquad (۴)$$

منبع می تواند مانند مثال بالا یک منبع نقطه ای یا یک منبع توزیع شده باشد این اصل نه تنها در مورد نقاط صفحه مشاهده Bکه در هر نقطه ای فراسوی پرده A معتبراست. گرچه درستی این اصل برای حالت سه در بالاواضح به نظر می رسد،ولی برای مواردی که پراش وجود دارد نیز معتبر است.

بوکر اصل بابینه را بسط و تعمیم داده است تا طبیعت برداری میدانهای الکترومغناطیسی نیزدر نظر گرفته شوددر این تعمیم فرض شده است که پرده هادی کامل و بینهایت نازک است.همچنین اگر یک پرده هادی کامل باشد.($\sigma=\infty$)پرده مکمل باید تراوای کامل باشد($\mu=\infty$). بنابراین اگر یک پرده برای الکتریسیته هادی کامل است ، پرده مکمل هادی کامل مغناطیسی است .هیچ ماده مغناطیسی دارای تراوایی بینهایت وجود ندارد ولی می توان با هادی کامل در نظر گرفتن هردو پرده اصلی و مکمل، و معاوضه میدان های الکتریکی و مغناطیسی وضعیتی مشابه بوجود آورد. تنها هادی کامل ابر رساناها هستند ولی بسیاری از فلزات مانند نقره و مس چنان رسانایی بزرگی دارند که می توان آن ها را هادی کامل در نظر گرفت بدون اینکه در اکثر کاربرد ها خطای زیادی بوجود آید.

به عنوان مثالی دیگر از تعمیم اصل بابینه شکل زیر را در نظر بگیرید در تمامی حالات ،منبع ،یک دو قطبی کوتاه است. در حالت ۱ دوقطبی افقی و پرده اصلی یک صفحه هادی کامل بینهایت و بسیار نازک است که درآن شکاف قائمی ایجاد شده است. میدان در نقطه pپشت پرده E1است. در حالت ۲ بجای پرده اولیه یک پرده مکمل شامل یک نوار هادی کامل بینهایت نازک با همان ابعاد شکاف پرده اولیه، قرار دارد. همچنین دو قطبی در وضعیت قائم قرار گرفته است.

تا میدانهای Eو H تعویض شوند میدان در همان نقطه Pپشت پرده E2است به عنوان یک وضعیت جایگزین حالت ۲ می توان منبع دوقطبی رادرحالت افقی باقی گذاشت و نوار را افقی کرد.



شکل(۴-۴) انتن های مکمل و جهت میدان ها[۴]

سرانجام در حالت ۳ هیچ پرده ای وجود نداردو میدان در نقطه P برابر E0است بنابراین طبق اصل بابینه داریم .

$$E_1 + E_2 = E_0 \quad (۵)$$

$$\frac{E_1}{E_0} + \frac{E_2}{E_0} = 1 \quad (۶)$$

۱۰,۴ امپدانس آنتن های مکمل

با استفاده از اصل بابینه می توان رابطه ای بین امپدانسهای شکاف و دو قطبی متناظر با ان بدست آورد که بصورت زیر است.یعنی امپدانس پایانه ای Zs آنتن شکافی با ۱/۴ مربع امپدانس ذاتی محیط اطراف تقسیم بر امپدانس پایانه ای Zd آنتن دو قطبی مکمل برابر است. برای فضای آزاد $Z0=376/7\Omega$.

$$Z_s = \frac{Z_{\circ}^{\,2}}{4\,Z_d} = \frac{3547.6}{Z_d} \quad (\Omega) \qquad (11)$$

در حالت کلی امپدانس شکاف با ادمیتانس دو قطبی متناسب است و برعکس .چون در حالت کلی Zd مختلط است و می توانیم بنویسیم

$$Z_s = \frac{3547.6}{R_d + j\,X_d} = \frac{3547.6}{R_d^{\,2} + X_d^{\,2}}\,(R_d - j\,X_d) \qquad (12)$$

که در آن RdوXd بترتیب مولفه های مقاومتی و واکنشی امپدانس پایانه ای دو قطبی هستند .پس اگر آنتن دوقطبی القایی باشد ، آنتن شکافی خازنی است و برعکس.طویل کردن آنتن دوقطبی$\lambda/2$ آن را القایی تر می کند ولی طویل کردن شکاف $\lambda/2$ آن را خازنی تر می کند .

فصل پنجم:
نحوه طراحی آنتن جدید ونتایج حاصل

۱,۵ مقدمه

همانگونه که در فصول قبل اشاره گردید علیرغم افزایش تقاضا برای مخابرات بیسیم، نیاز به استفاده مناسب از طیف فرکانسی نیز بوجود آمده است، از طرف دیگر مخابرات مدرن و سیستم های رادار نیازمند سیستم های آنتنی با عملکرد چند گانه و پوشش چند باندی هستند، به طوری که در بیشتر سیستم های مخابراتی که روی کشتی، هواپیما و سایر وسایل نقلیه نصب می شوند، تمایل به استفاده از یک المان تشعشعی منفرد با قابلیت عملکرد چند گانه و چند باندی، جهت کوچک سازی حجم و کم کردن وزن می باشد .سیستم ها مخابرات مدرن تقاضای ارسال و دریافت با عملکرد چند باندی را دارند .از این رو در تکنیک های متعددی دستیابی به چندین فرکانس ارائه شده است. در این پایان نامه یک نمونه جدید از آنتنهای تغییر پذیر فرکانسی معرفی میشود .که قادر است به صورت همزمان پهنای باند یکی از فرکانس های رزونانس را تغییر دهد .آنتن مذکور می تواند سه باند معمول و بسیار جدید مورد استفاده در هواپیما و دیگر دستگاه های بیسیم را پوشش دهد .ساختار آنتن از نوع آنتن مایکرواستریپ با شکاف بوده و به وسیله چهار عدد شکاف در ساختارش که وظیفه تیون باند درخواستی را دارند قادر است فرکانسهای VHF ، UHF و باند L را پوشش دهد .این آنتن با گزینش پهنای باند دلخواه از هم شنوایی، جمینگ و تداخل جلوگیری بعمل می آورد .در شبیه سازی آنتن خصوصا در استفاده از پورت ورودی سیگنال RF شیوه جدیدی مطرح شده است .آنتن در باندهای کاری مشخصه افت برگشتی و پترن های مناسبی را ارائه می نماید .که نتایج شبیه سازی و اندازه گیری صحت آن را ثابت مینماید .این آنتن بر روی زیر لایه FR4 چاپ و ساخته شده است. در ادامه به بررسی نتایج شبیه سازی و تست شده آنتن ساخته شده خواهیم پرداخت، آنتن در نرم افزار CST شبیه سازی گردیده است، یک نمونه از ان ساخته شده و در آزمایشگاه آنتن دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی تست گردید.

۲,۵ مقایسه با کارهای گذشته

در کار هایی که انجام شده است معمولا در باند فرکانسی VHF/UHF/L-BAND کمتر به بحث تغییر پذیری پرداخته شده است و بیشتر کارها مربوط افزایش پهنای باند ویا حذف فرکانسهای تداخلی ویا ممنوعه بوده است در کار انجام شده به چند موضوع مهم پرداخته شده است :

۱-استفاده از تکنیک [۱] DGS در ساختار آنتن ونیز در طراحی قسمت بارگیری[۲] آن

۲-استفاده از تکنیک آنتن های شکافی برای کوچک سازی ابعاد و افزایش گین و پهنای باند

۳-استفاده از حداقل عناصر الکترونیکی و سادگی در ساخت

۴-استفاده از اشکال وبرش های نرم و کاهش زوایا برای رسیدن به بهترین رزونانس و پهنای باند بیشتر .

کوچک کردن ابعاد آنتن ونیز استفاده از یک آنتن برای اهداف چند گانه همواره یکی از چالش های مهم در طراحی برای استفاده در اشیا پرنده می باشد .بخصوص در باند فرکانسی vhf/uhf/l-band،چون بیشترین حجم ارتباطات در این محدوده فرکانسی انجام میشود .وتغییر پذیری آنتن در این باند فرکانسی می تواند نتایج بسیار خوبی را بدنبال داشته باشد .و وسیله ارتباطی قادر خواهد بود چندین ارتباط جداگانه را بصورت همزمان ازطریق یک آنتن بدون ایجاد تداخل برقرار نماید .در طراحی های معمولی این کار بااستفاده از چندین دیود انجام می گیرد .البته هر چه تعداد دیود ها در آنتن تغییر پذیر کمتر باشد بدون شک نتایج بسیار بهتری از طراحی بدست خواهد آمد. [۵۳]

---

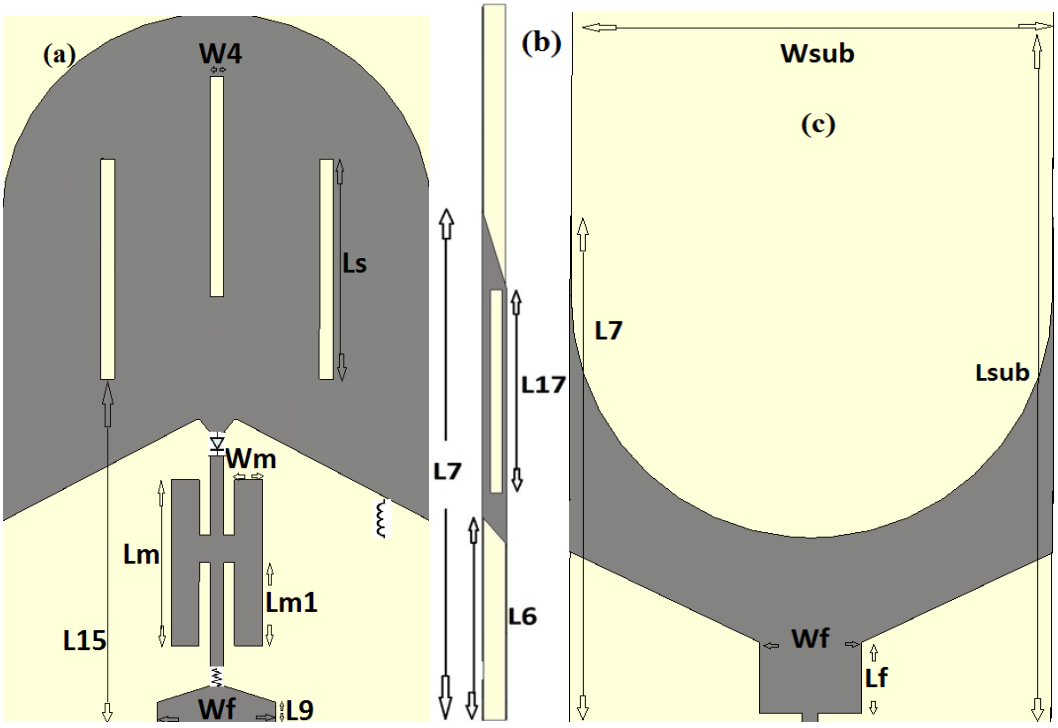
[۱] Defected ground structure

[۲] matchload

با توجه به همه ی این موارد نکته لازم در طراحی این آنتن ،وزن و شکل ظاهری آن است که باتوجه به محدوده فرکانسی میتواند محدودیت های خاصی را درطراحی ایجاد کند بعلاوه اینکه باید روی یک شئ پرنده نصب گردد [۵۴].

۳,۵ساختار کلی

تکنولوژی استفاده از شکاف ها در آنتن میتواند تا حدود زیادی در کاهش ابعاد ،بهبود گین و پترن آنتن موثر بوده است که البته در این مقاله توجه ویژه ای به آن شده است . با توجه به اینکه در بسیاری از آنتن ها ی تغییر پذیر از چندین دیود استفاده می شود، دراین آنتن با استفاده از یک عدد دیود پین تغییر پذیری را به شکل بسیار ساده ای تحقق بخشیده ایم.که در حالت وصل بعنوان یک آنتن موج رونده ، ودر حالت قطع بعنوان آنتن دایپل عمل می کند که درادامه با ابعاد طراحی و نیز نتایج شبیه سازی و تست اندازه گیری شده آشنا خواهید شد. در شکل (۵-۱) شماتیک آنتن نشان داده شده است .



شکل (۵-۱) : ساختار آنتن

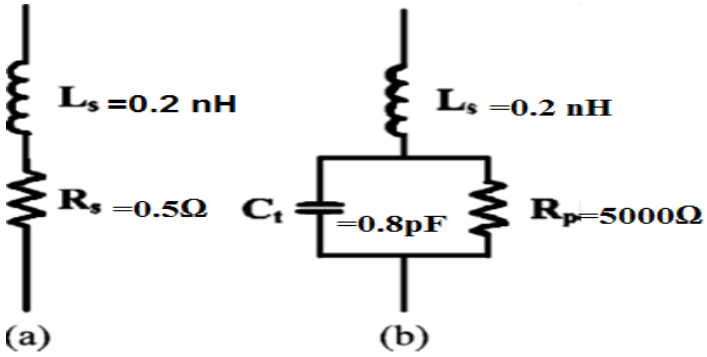
تکنولوژی استفاده از شکاف ها در آنتن میتواند تا حدود زیادی در کاهش ابعاد ،بهبود گین و پترن آنتن موثر باشد[۵۵] .که البته در این مقاله توجه ویژه ای به آن شده است .

۴,۵ مشخصات طراحی ساختار آنتن

این آنتن روی یک زیر لایه fr-4 با ضریب گذر دهی۴,۴ و تانژانت تلفات۰,۰۰۲ با ضخامت ۳,۲ میلیمتر طراحی گردیده است عرض تغذیه پچ با ضخامت ۵۰ اهم طراحی شده است واندازه ابعاد آنتن ۳,۲×۸۵×۱۲۸,۵ میلیمتر است . ابعاد آنتن در زوایای مختلف در شکل (۵-۱) نشان داده شده است در این طراحی از یک زمین دایروی شکل استفاده شده است در شکل (۵-۱) محل قرار گرفتن دیود ها مقاومت بارگیری نشان داده شده است .

۵,۵مدلسازی مدار بایاس دیود

برای تحقق خاصیت تغییر پذیری از دیود با مشخصات کارخانه سازنده (Metal Electrode Leadless Face (MELF) MACOM ™ RF p–i–n diodes, model M/A-COM's MA4P)با حداکثر قدرت تحمل ۱۸ وات توان استفاده شده است .یک مدار محافظ AC نیز روی پچ در نظر گرفته شده است .این مدل دیود می تواند در دو حالت روشن و خاموش تغییر حالت بدهد در بایاس مستقیم در حالت روشن ودر بایاس معکوس در حالت خاموش قرار می گیرد که در این حالت آنتن را در دو وضعیت کاری قرار می دهد .در شبیه سازی این تغییر پذیری با استفاده از دو مدار معادل سری و موازی معادل سازی شده است . در حالت وصل مدار سری با یک خازن ، ودر حالت قطع مدار موازی بایک خازن و مقاومت پیش بینی شده است .در بایاس مستقیم ،مقاومت ۰,۵ اهم ودر بایاس معکوس مقاومت ۵ کیلو اهم در نظر گرفته شده است .مشخصات کامل مدار معادل دیود را در شکل (۵-۲) مشاهده نمایید .



شکل(۵-۲) : مدار معادل دیود و مشخصات عناصر آن

۶,۵تکنیک های استفاده شده در آنتن

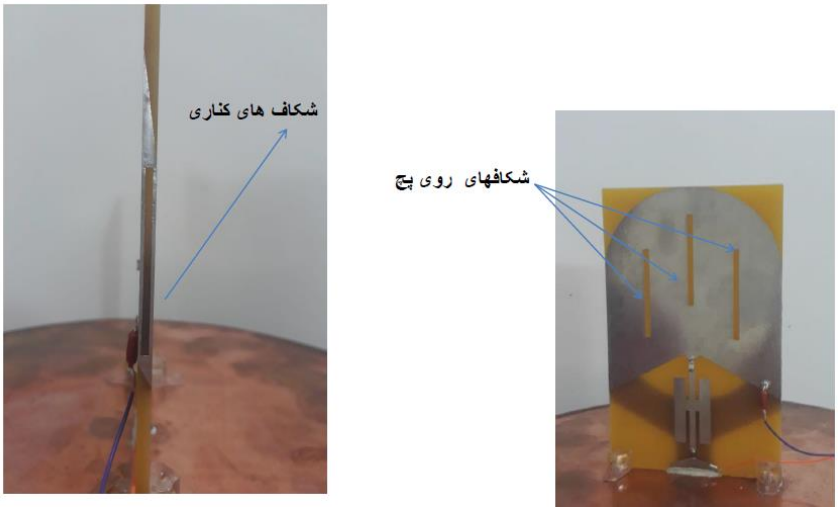
در این قسمت به تکنیک های استفاده شده در آنتن که هر کدام برای اهداف مختلفی بکار رفته است می پردازیم .

۱) شکاف ها

برای کوچک سازی ابعاد در این آنتن از سه شکاف روی سطح پشت آن و دو شکاف دیگر در کناره های آن استفاده شده است.که ابعاد آن در جدول (۵-۱)و محل قرار گرفتن آنها در نمونه ساخته شده در شکل(۵-۳)نشان داده شده است .

جدول (۵-۱): ابعاد شکاف ها وآنتن

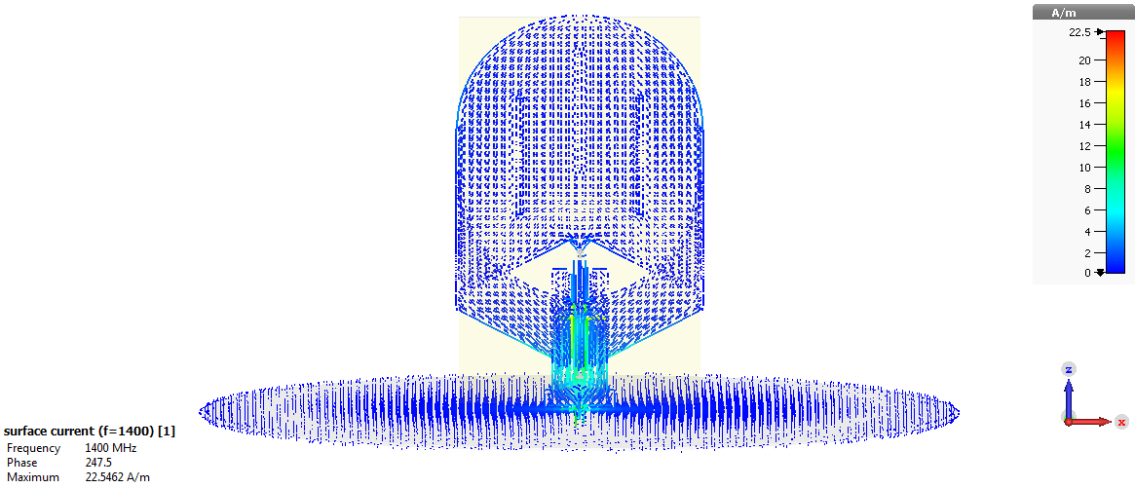
Param(mm)	Param(mm)	Param(mm)
Lsub=128.5	L6=36.48	Ws=2.54
Wsub=80	L9=4	Wm=5.21
Lf=15.27	L15=55.15	Lm=30
Wf=16.96	L17=37051	Lm1=15



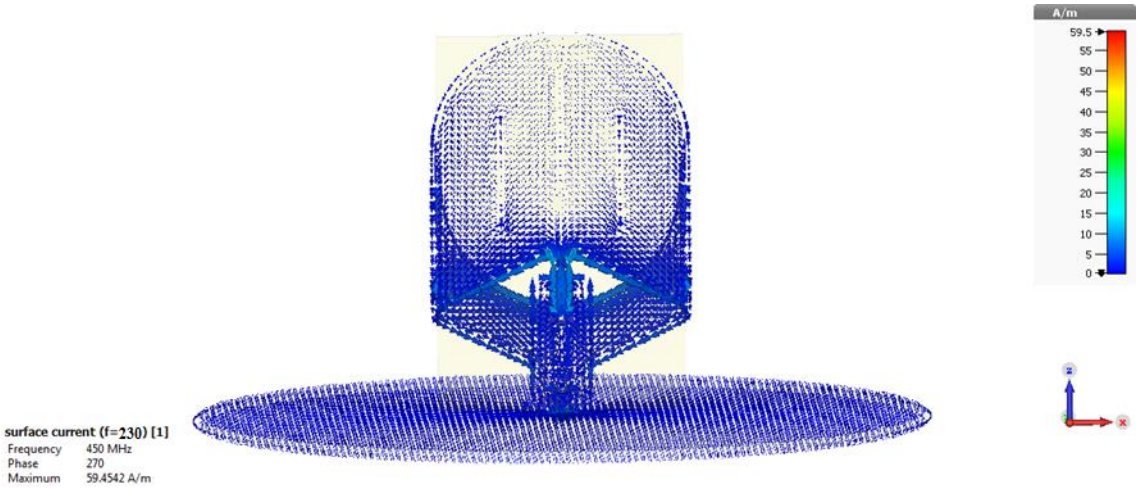
شکل (۵-۳) : نمایی از موقعیت آنتن و صفحه زمین

۲) استفاده از تغییرات نرم در طراحی(tapering)

با استفاده از این ساختار پس از ارائه چند طرح و شبیه سازی مربوطه نهایتا به طرح حاضر رسیدیم (برابر شکل (۵-۱))باتغییر پذیری که در آنتن اتفاق می افتد وبا تغییر مسیر جریان روی آن باعث بوجود آمدن دو جریان متفاوت در دو باند بالا و پایین می شود که این حالت نتیجه مطلوب مورد نظر ما میباشد در شکل(۵-۴) جریان های سطحی شبیه سازی شده در نرم افزار cst را در دو فرکانس جداگانه در حالت های روشن و خاموش مشاهده می کنید .



(الف)



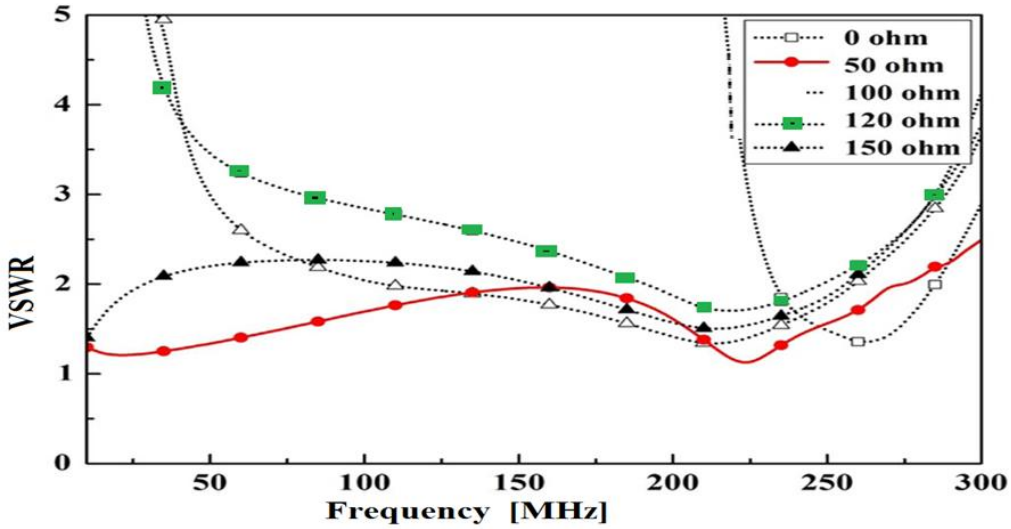
a

(ب)

شکل(۵-۴): (الف): جریان سطحی در فرکانس ۱۴۰۰ مگاهرتز در حالت دیود خاموش (ب): جریان سطحی در فرکانس ۲۳۰ مگاهرتز در حالت دیودروشن

۳) مقاومت

زمانی که در مدار ولتاژ مستقیم وارد نمی شوددیود در حالت قطع قرار می گیرد ودر حالتی که ولتاژ به یک ولت میرسد دیود در حالت وصل قرار میگیرد .در این حالت مقاومت از خود جریان عبور می دهد .مقادیر مختلف مقاومت مچ لود در شکل (۵-۵) نشان داده شده است. مقاومتی در این قسمت مفید می باشد که کمترین vswr را داشته باشد که بهترین مقاومتی که در تطبیق امپدانس آنتن مناسب است، مقاومت 50 اهم می باشد .

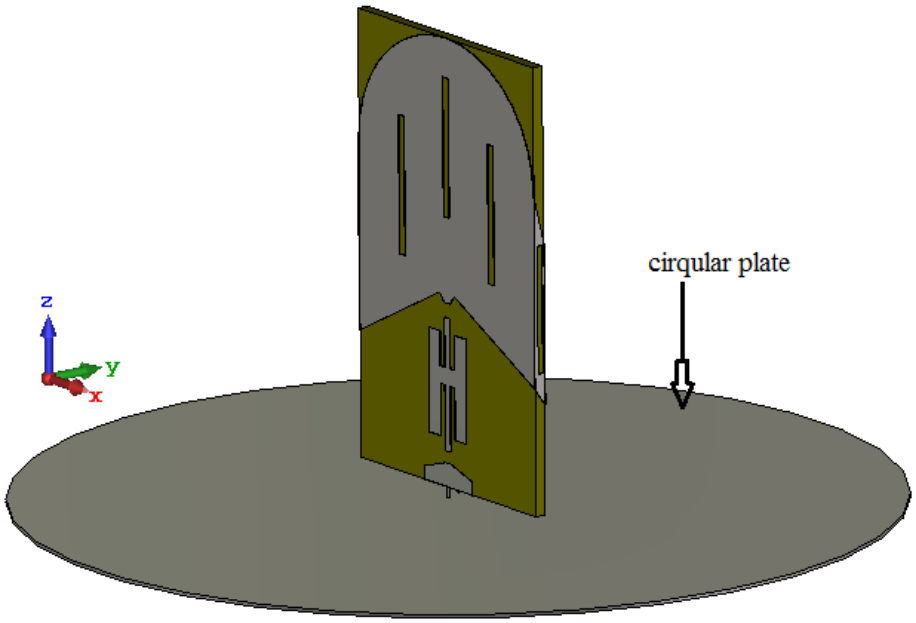


شکل (۵-۵): نتایج بدست آمده از شبیه سازی با مقاومتهای مختلف در حالت روشن

۴) دیسک دایره ای شکل

در اینجا برای بهبود پترن آنتن از یک دیسک دایره ای با قطر ۲۵۰ میلیمتر استفاده کرده ایم که

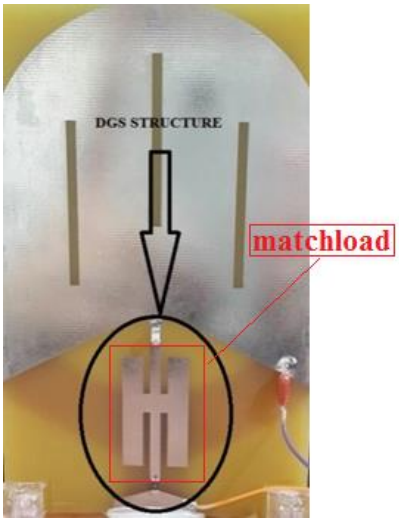
پچ آنتن روی آن بصورت عمود قرار گرفته واز قسمت وسط آن از پشت با یک کانکتور SMA تغذیه شده است . در شکل (۵-۶) نمایی از موقعیت آنتن را نسبت به صفحه دایره ای شکل می بینید .



شکل (۵-۶) : نمایی از موقعیت آنتن و صفحه زمین

۵) ساختار DGS

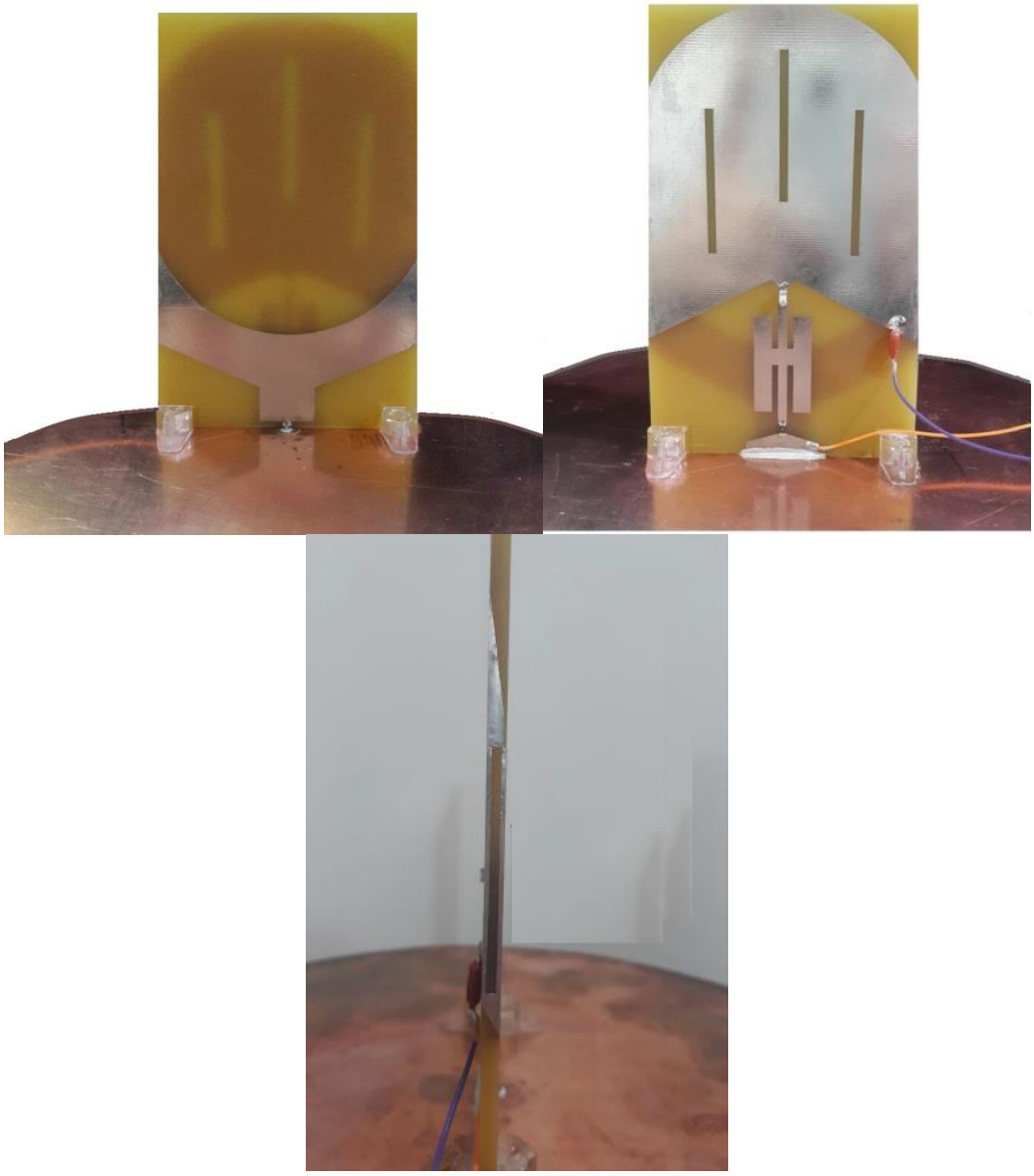
پس از کوچک سازی ابعاد آنتن برای بهبود VSWR از تکنیک DGS یا ساختار زمین تغییر داده شده به شیوه ی جدیدی استفاده شده است . در تکنیک DGS با استفاده از ایجاد شکاف و تغییر ساختار یکنواخت زمین اقدام به اصلاح مشخصات آنتن می نمایند . کار مهم ما در این آنتن استفاده از اصل بابینه (که در فصل قبل اشاره شد)در پیاده سازی تکنیک DGSدر ساختار آنتن مورد نظر است .در اینجا بجای استفاده از شکاف روی آنتن ، چون ساختار آنتن فاقد زمین معمول بود . از پچ معادل شکاف DGS استفاده گردید .شکل نهایی ساختار موصوف در قسمت پشت آنتن در شکل (۵-۷) نشان داده شده است .



شکل (۵-۷):محل ساختار DGS روی آنتن

۷,۵ شبیه سازی و اندازه گیری

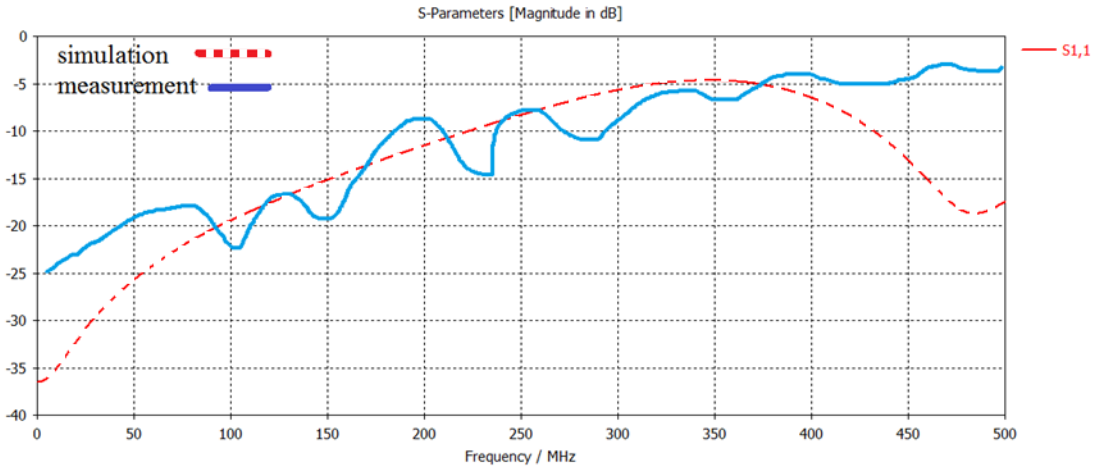
پس از بدست آمدن نتایج شبیه سازی یک نمونه از آنتن ساخته شد که البته به علت نبودن تجهیزات مناسب جهت ساخت پچ های کناری آن سازنده را با مشکلات زیادی روبرو نمود . شکل (۵-۸)تصویرآنتن ساخته شده را در زوایای مختلف نشان می دهد .



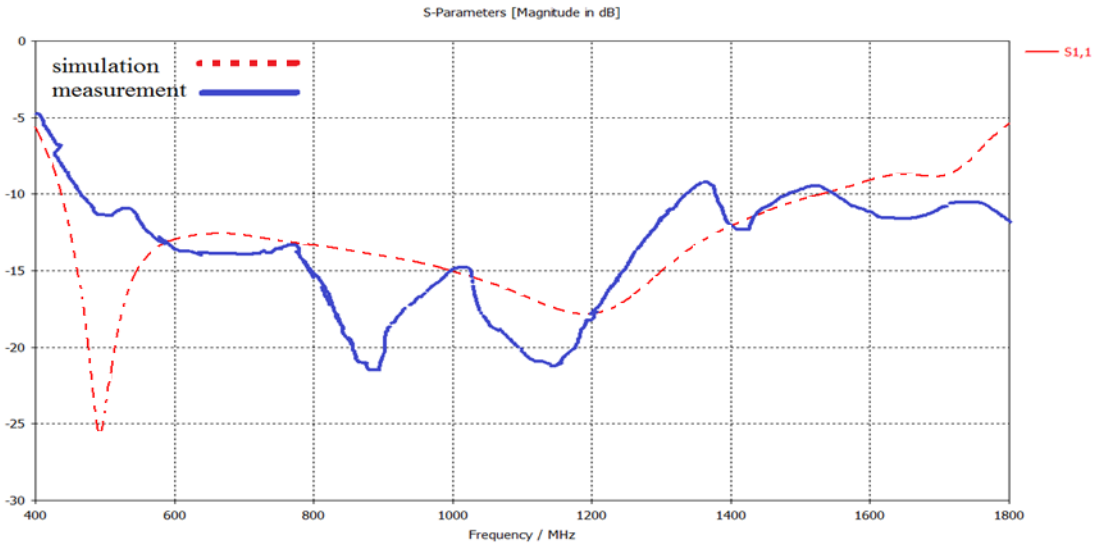
شکل (۵-۸): نمونه آنتن ساخته شده

نتایج شبیه سازی نشان می دهد که این آنتن در حالت وصل vswrکمتر از ۲ را در طول باند دارد . پلاریزاسیون عمودی و تشعشع همه جهته افقی کارایی بهتری رادر این باند فرکانسی به آنتن می دهد نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده S11 در باند فرکانسی 30-230 Mhz در حالت وصل در شکل (۵-۹) نشان داده شده است و نیز نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شدهS11در باند فرکانسی 480-1560 Mhzدر حالت قطع در شکل (۵-۱۰)نشان داده شده است. در شکل (۵-۱۱)پترن

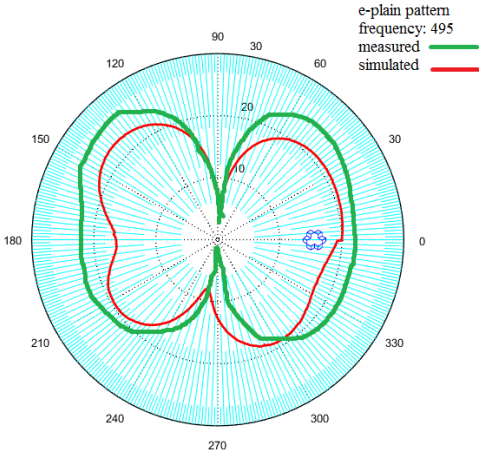
های شبیه سازی شده و اندازه گیری شده در حالت وصل بترتیب در فرکانسهای ۴۵۰و۲۰۰,۴۰۰ مگاهرتز و نیز در حالت قطع در فرکانس های ۴۹۵,۱۰۰,۱۲۰۰و ۱۴۰۰ مگاهرتز نشان داده شده است . در شکل (۵-۱۲)نمودار حداکثر گین در پهنای باند فرکانسی در حالت وصل و قطع نشان داده شده است . حداکثر گین در حالت وصلdBi۱,۵ و حداکثر گین در حالت قطع dBi۳,۵ می باشد.که با توجه به نمودارها نتایج بدست آمده حاصل از تست آنتن با توجه به نتایج شبیه سازی قابل قبول می باشد.

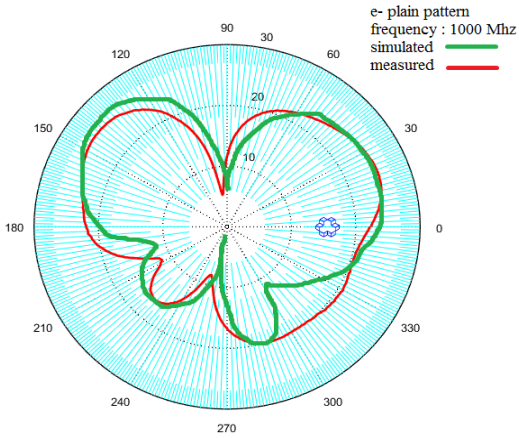


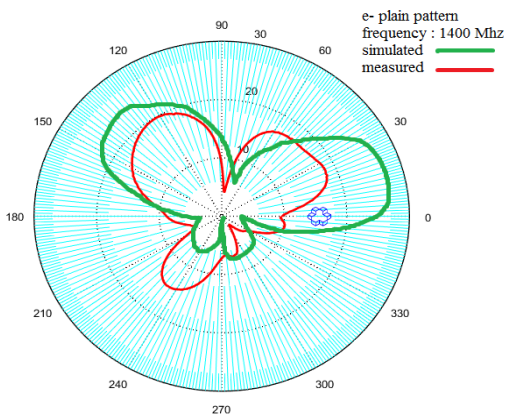
شکل (۵-۹): نتایج شبیه سازی S۱۱ در حالت وصل

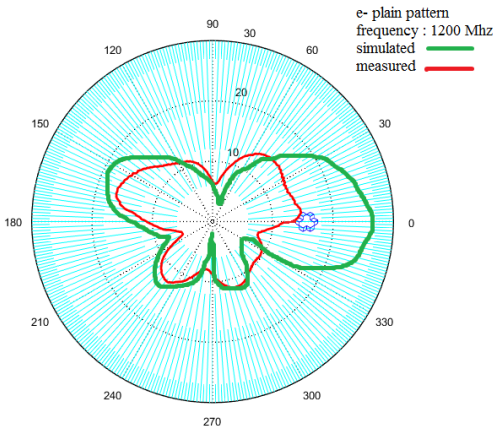


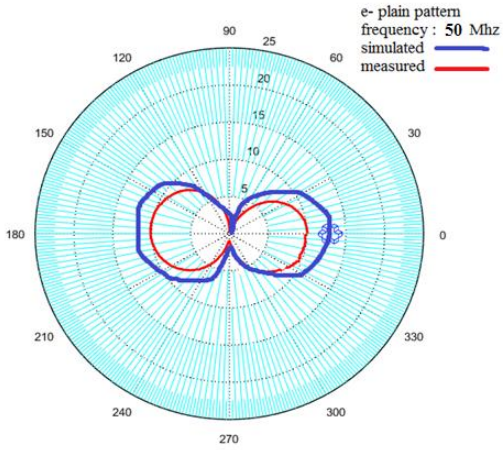
شکل (۵-۱۰): نتایج شبیه سازی S۱۱ در حالت قطع

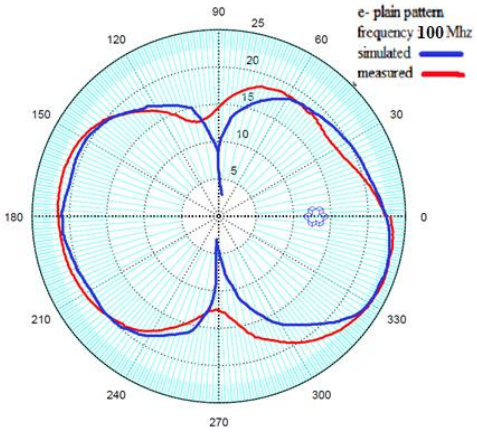


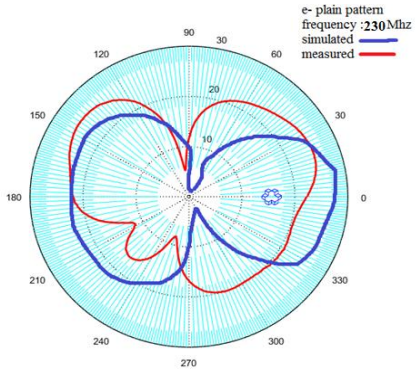




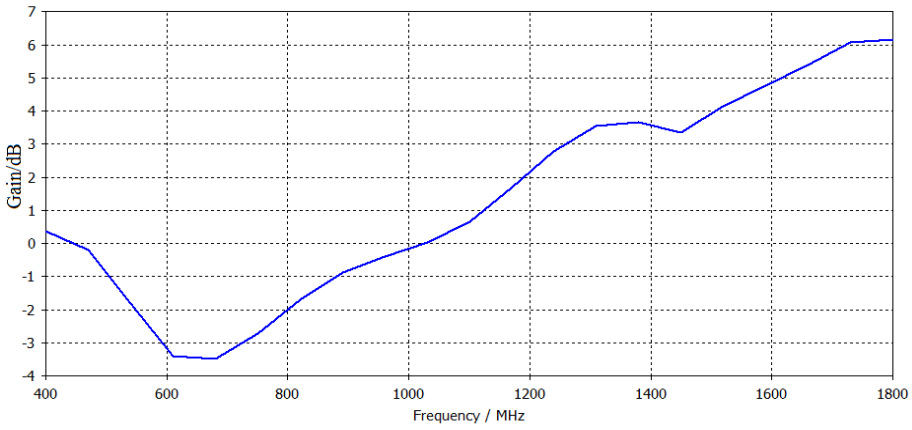




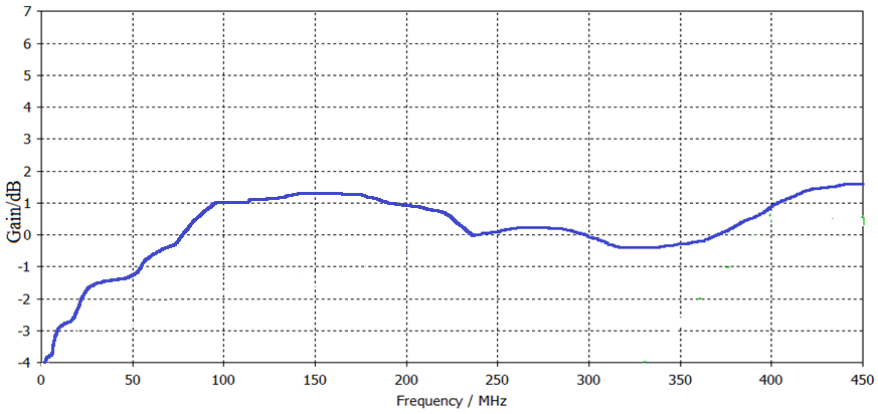




شکل (۵-۱۱) :نمودار های **E- PLAN** در فرکانسهای ۵۰,۱۰۰,۲۳۰ مگاهرتز در حالت روشن و نیز فرکانس های ۴۹۵,۱۰۰۰,۱۲۰۰,۱۴۰۰ مگاهرتز در حالت قطع



(الف)

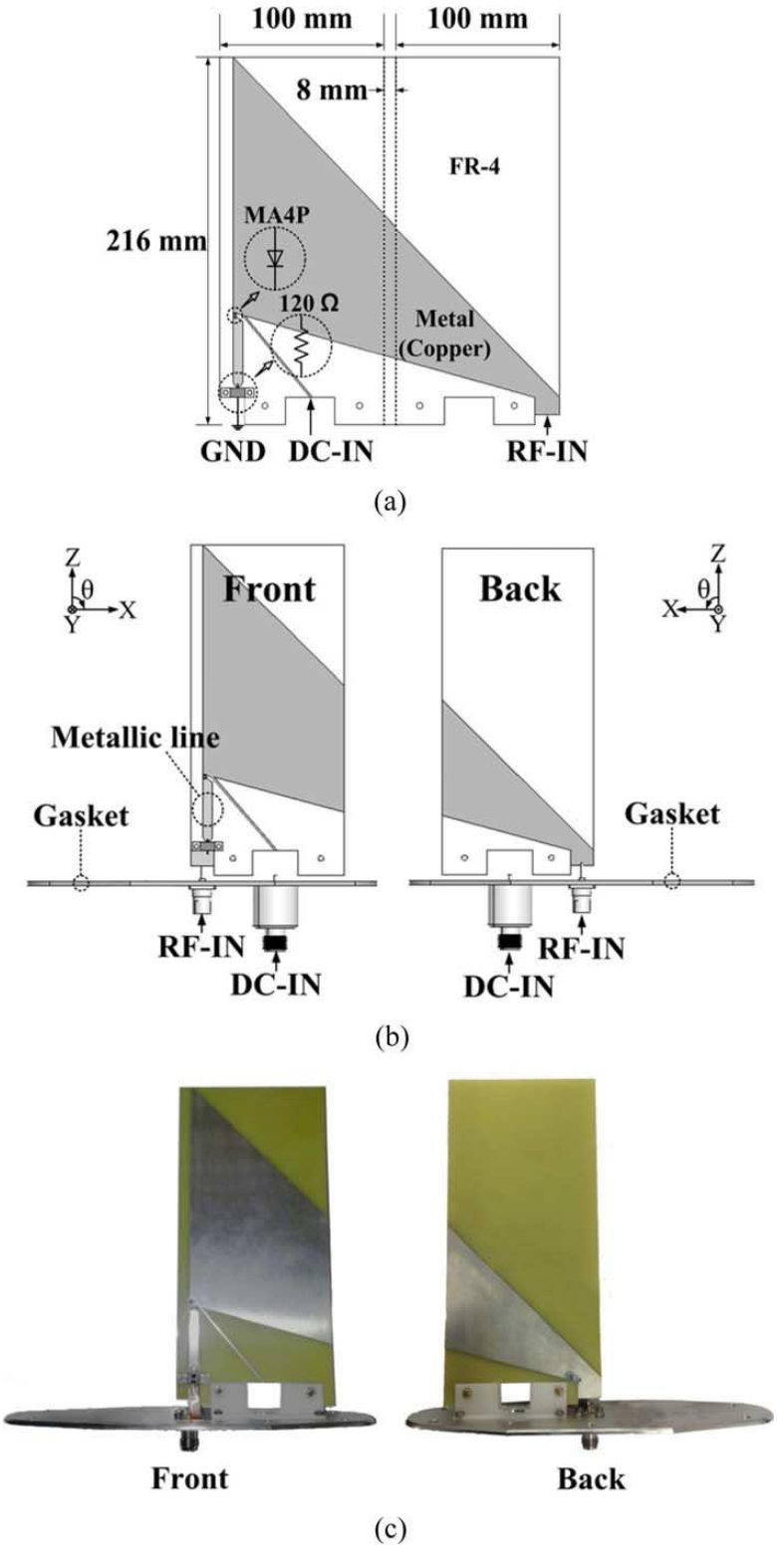


(ب)

شکل (۵-۱۲) نمودار حداکثر گین در پهنای باند (الف): در حالت خاموش (ب): در حالت روشن

۸,۵مقایسه با کارهای قبلی

از نقاط قوت در این کار استفاده از شکاف های هدفمند روی ساختاراست که در کوچک کردن آنتن نقش بسزایی داشته است.همچنین استفاده از ساختار DGS که در تطبیق امپدانس آنتن بسیار اثر بخش عمل نمود .طراحی دقیق در مچ لود آن در کاهش تلفات از نقط قوت دیگری است که به آن می توان اشاره کرد . با توجه به کارهای انجام شده در این زمینه نتایج قابل قبولی بدست آمده است که در جدول(۵-۲) زیر به نمونه ای از آن اشاره شده است . در [۲۵] همانطور که در شکل **(۵-۱۳)** نشان داده شده است با استفاده از یک دیود و بدون استفاده از شکاف های کناری و روی سطح ساختار به نتایج حاصل در جدول مقایسه رسیده است .نکته قابل ذکر اتصال زمین و پچ آنتن مایکرواستریپ از یکی از کناره های آنتن می باشد .



شکل (۵-۱۳) شماتیک آنتن در مرجع [۲۵]

جدول (۵-۲): مقایسه نتایج حاصل با نتایج قبلی

اندازه گیری	سوئیچ/باند فرکانسی	[۲۵]	پیشنهاد جدید
bw	On	۳۰-۳۰۰&۹۶۰-۱۲۲۰mhz	۳۰-۲۳۰
	off	۳۰۰-۴۰۰&۱۱۵۰-۱۲۲۰ mhz	۴۳۰-۱۵۶۰
gain	Vhf	۰,۷۵	۱,۵
	Uhf	۱,۱	۱,۵
	l-band	۲,۶	۳,۵
size	Patch	۲۱۶×۱۰۰×۸	۱۲۸,۵×۸۰×۳,۲
	plate	۱۰۰۰	۲۵۰

استفاده از تکنیک موفق کوچک سازی ابعاد آنتن در باند فرکاسی vhf/uhf/l-band با استفاده از ساختار هدفمند وتغییر پذیر بی شک یکی از موفقیت های این طراحی می باشد . همچنین پوشش باند فرکانسی وسیع و vswrزیر ۲ در تمامی باند .ساختار بسیار ساده و استفاده از یک دیود جهت تغییر پذیری،وقابلیت توان حداکثر تا ۱۸ وات را می توان به این موفقیت اضافه نمود. این کار نسبت به کارهای قبلی ازنظر شکل ظاهری تا ۷۰ درصد و از نظر پهنای باند تا ۴۵ در صد بهتر بوده است.

فصل ششم:
نتیجه گیری وارایه راهکار برای آینده

۱,۶ نتیجه گیری و ارایه راهکار برای آینده

با توجه به بررسی های اولیه و توضیح آنتنهای تغییرپذیر و ارتباطات هوایی می توان نتیجه گرفت که سیستم ها ی ارتباطی آینده، نیازمند آنتن هایی با قابلیت های متعدد می باشند. توجه به این نیاز ما را برآن داشت تا آنتنی طراحی کنیم که دارای عملکرد های مختلف مورد نیاز این سیستم ها باشد. در اینجا یک آنتن ترکیبی با این خصوصیات مورد بحث و بررسی قرار گرفت و کلیه مراحل طراحی به طور دقیق مورد تحلیل قرار گرفت. با توجه به کارهای قبلی و نتایج بدست آمده می توان متوجه شد که این آنتن برای اولین بار قابلیت عملکرد در چند مد فرکانسی را دارد به طوری که توانای کار هم در باند خیلی وسیع و هم باند باریک قابل تغییر را دارد که منجر به استفاده بهینه از طیف و کاهش نویز و هم شنوایی و امنیت بالای تبادل اطلاعات میشود. از طرفی دیگر ساختار آنتن بسیار ساده وابعاد آن کوچک بوده به طوری که آن را برای استفاده در سیستمهای هواپایه مناسب می سازد. برای رسیدن به قابلیت تغییر پذیری فرکانسی از یک پین دیود MA4P - M/A-COM را (MELF)باتلفات توان حداکثر ۱۸ وات بین پایان آنتن و خط فلزی واقع شده است. با افزایش نیاز ارتباطات هوایی به باندهای فرکانسی متعدد لزوم طراحی یک شبکه ارتباطاتی هوشمند با امنیت بالا جدید در سال های اخیر , طراحان آنتن را به سمت طراحی آنتنهای با قابلیت های مورد نیازاین سیستم ها سوق داده است و جای کار در این نوع آنتن ها بسیار وسیع بوده و در آینده نزدیک شاهدطرح های بسیار در این نسل جدید آنتن ها خواهیم بود. در پایان برای ارائه راهکارها و پیشنهاداتی برای ادامه کار می توان به مسائل زیر اشاره نمود:

۱- اضافه کردن قابلیت تغییرپترن و پلاریزاسیون این آنتن ها را بسیار مفید می سازد.

۲- بسط این آنتن ها به طوری که دارای چندین باند باریک قابل تغییر در رنج فرکانسی وسیع در یک ساختارکوچک باشد.

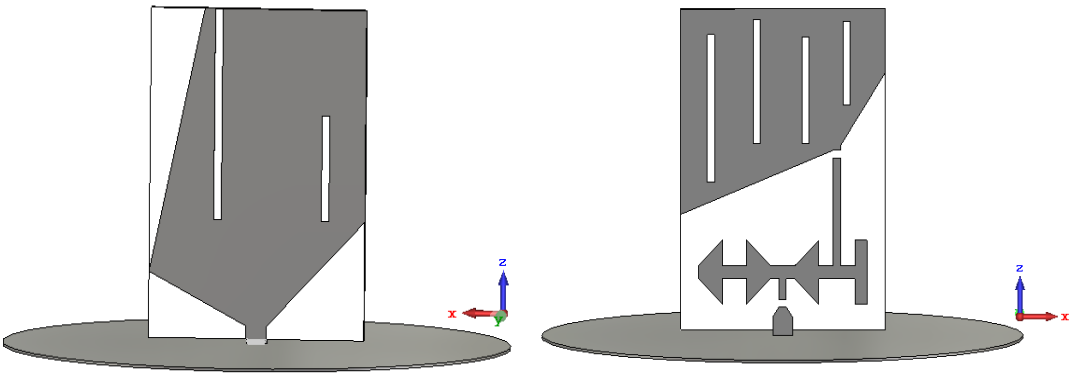
۳- قابلیت سوئیچ در باندهای مد نظر با افزودن پین دیودهای بیشتر.

با توجه به دقت های زیادی که در طراحی این نوع انتن ها باید بکار گرفته شود از قبیل طراحی شبکه های تطبیق متفاوت ،نهادینه نشدن مزایای استفاده از آنها برای برخی شرکت های سازنده ،هنوز جایگاه ویژه خود را در بین طراحان وسازندگان آنتن پیدا نکرده است اما به خاطر حرکت سریع فناوری های ارتباط بیسیم به سوی مزیت هایی از قبیل چند بانده بودن ،صرفه های اقتصادی وطراحی فرستنده هایی در ابعاد کوچک همواره پیشرفت خود را داشته است .به همین دلیل در آینده باید شاهد پیشرفت های زیادی در طراحی آنتن های تغییر ساختار یافته باشیم .

۲,۶ ساختار پیشنهادی

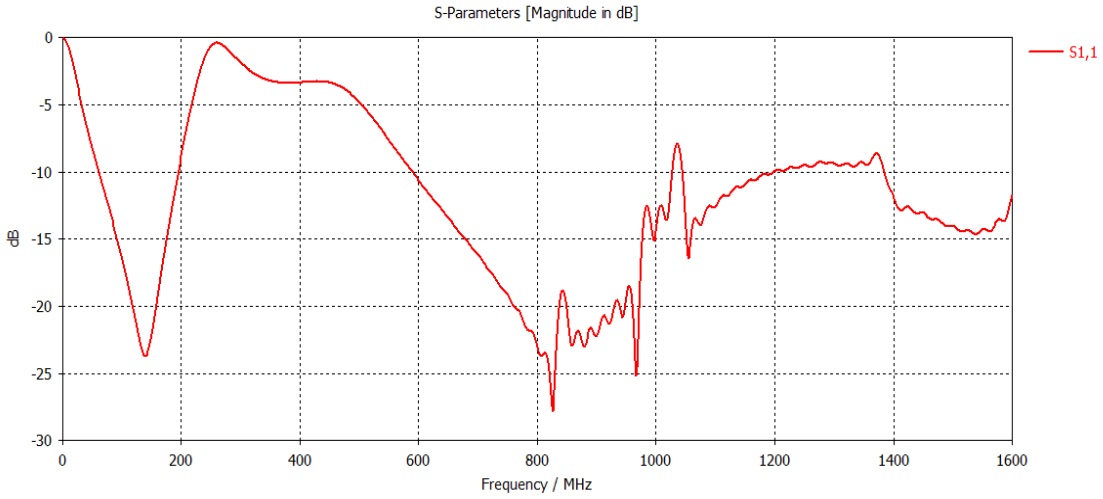
از کارهایی که مراحل مطالعه وشبیه سازی آن در حال انجام است طراحی یک آنتن تغییر پذیر فرکانسی پهن باند کوچکتر در محدوده فرکانسی می باشد که در آن به طراحی و تغییرات جدیدی اشاره شده است .که یک نمونه از آن ونتایج اولیه بدست آمده در ادامه آمده است تکمیل طراحی ، ساخت و تست این آنتن از جمله کارهایی است که به آن پرداخته خواهد شد.

شکل(۶-۱) شماتیک آنتن مورد نظررا دردوزاویه مختلف نشان می دهد.در این آنتن هم تمام مراحل ساخت شبیه نمونه ساخته شده قبلی می باشد با این تفاوت که محل قرار گرفتن شکاف ها ونیز طراحی قسمت بارگیری آنتن تغییر داده شده است . در اینجا هم با استفاده از دو حالت روشن ویا خاموش دیود شبیه سازی انجام شده است که نتایج آن در ادامه خواهد آمد.

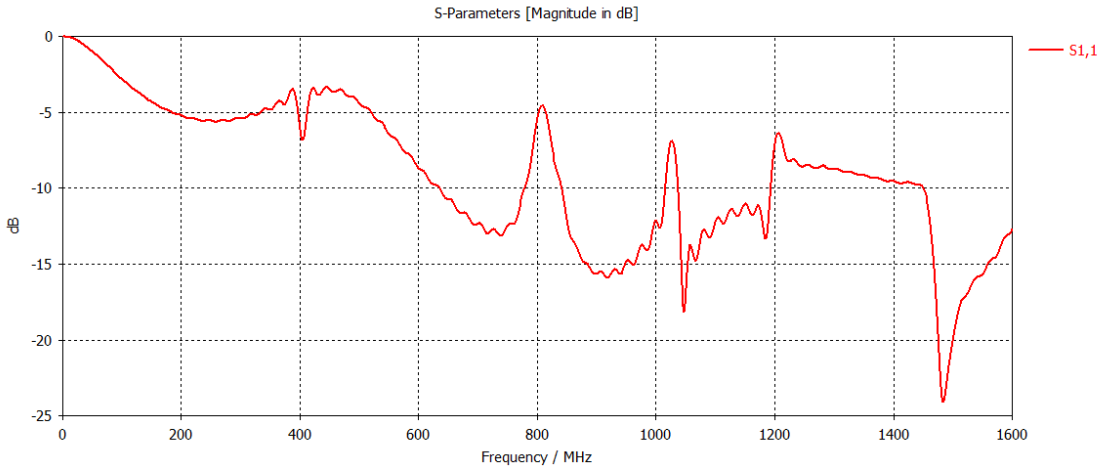


شکل (۶-۱) شماتیک آنتن در دو زاویه مختلف

در شکل(۶-۲)نتایج شبیه سازی نمودار s11 در حالت دیود روشن و در شکل(۶-۳) نتایج شبیه سازی نمودار s11 در حالت دیود خاموش نشان داده شده است.



شکل (۶-۲) نمودار s11آنتن در حالت روشن



شکل (۶-۳) نمودار S۱۱آنتن در حالت خاموش

همانطور که از شکل های فوق مشخص است پهنای باند فرکانسی در دو حالت مختلف بصورت زیراستخراج شده است :

۱)دیود در حالت روشن:

(۱۳۸۰-۱۶۷۰) (۱۰۴۳-۱۲۰۰) (۵۸۷-۱۰۲۷) (۶۰-۱۹۶) مگاهرتز

۲)دیود در حالت خاموش:

(۱۴۵۰-۱۶۰۰) (۱۰۳۶-۱۱۹۰) (۸۴۰-۱۰۱۵) (۶۳۰-۷۸۰) مگاهرتز

قابل ذکر است که نتایج فوق بدون در نظر گرفتن پچ های کناری می باشد. وبا مطالعاتی که انجام خواهد شد امید است نتایج بهتر و مطلوبتری بدست آید.

مراجع

[1] Bernhard, J.T., “Reconfigurable antennas and apertures: State-of-the-art and future outlook,”
Proceedings of SPIE Conference on Smart Electronics, MEMS, BioMEMS, and Nanotechnology,vol. 5055, pp. 1–9, 2003.
[2] Brown, E.R., “On the gain of a reconfigurable-aperture antenna,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 49, pp. 1357–1362, October 2001.doi:10.1109/8.954923
[3] Pozar, D.M., Microwave Engineering, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York,1998.
[4] Kraus, J.D., and Marhefka, R.J., Antennas for All Applications, 3rd ed., McGraw-Hill, NewYork, 2002.
[5] IEEE Standard Definition of Terms for Antennas, IEEE Standard 145-1993, IEEE Press, NewYork, 1993.
[6] Balanis, C.A., Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd ed., Wiley Interscience,New York,2005.
[7] Filipovic, D.S., and Volakis, J.L., “A flush-mounted multifunctional slot aperture(comboantenna)
for automotive applications,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 52, pp. 563–571, February 2004. doi:10.1109/TAP.2004.823927
[8] Freeman, J.L., Lamberty, B.J., and Andrews, G.S., “Optoelectronically reconfigurable monopole
antenna,” Electronics Letters, vol. 28, no. 16, pp. 1502–1503, July 1992. doi:10.1049/el:19920954
[9] Panagamuwa, C.J., Chauraya, A., and Vardaxoglou, J.C., “Frequency and beam reconfigurable
antenna using photoconducting switches,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation,vol. 54, pp. 449–454, February 2006. doi:10.1109/TAP.2005.863393
[10] Kiriazi, J., Ghali, H., Radaie, H., and Haddara, H., “Reconfigurable dual-banddipole antennaon silicon using series MEMS switches,” Proceedings of the IEEE/URSI InternationalSymposium on Antennas and Propagation, vol. 1, pp. 403–406, 2003.
[11] Roscoe, D.J., Shafai, L., Ittipiboon, A., Cuhaci, M., and Douville, R., “Tunable dipole antennas,”
Proceedings of the IEEE/URSI International Symposium on Antennas and Propagation, vol. 2, pp. 672–675, 1993. doi:10.1109/APS.1993.385257
[12] Weedon, W.H., Payne, W.J., and Rebeiz, G.M., “MEMS-switched reconfigurable antennas,”
Proceedings of the IEEE/URSI International Symposium on Antennas and Propagation, vol.3, pp. 654–657, 2001.
[13] Weedon, W., Payne, W., Rebeiz, G., Herd, J., and Champion, M., “MEMS-switched reconfigurable
multi-band antenna: Design and modeling,” Proceedings of the 1999 Antenna Applications Symposium, vol. 1, pp. 203–231, 1999.
[14] Ali, M.A., and Wahid, P., “A reconfigurable Yagi array for wireless applications,” Proceedings
of the IEEE/URSI International Symposium on Antennas and Propagation, vol. 1, pp. 466–468,2002.

[15] Petko, J.S., and Werner, D.H., “Miniature reconfigurable three-dimensional fractal tree antennas,”IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 52, pp. 1945–1956, August2004. doi:10.1109/TAP.2004.832491
[16] Anagnostou, D., Chryssomallis, M.T., Lyke, J.C., and Christodoulou, C.G., “Re-configurableSierpinski gasket antenna using RF-MEMS switches,” Proceedings of the IEEE/URSI InternationalSymposium on Antennas and Propagation, vol. 1, pp. 375–378, 2003.
[17] Vinoy, K., and Varadan, V., “Design of reconfigurable fractal antennas and RF-MEMS forspace-based systems,” Smart Materials and Structures, vol. 10, pp. 1211–1223, December2001. doi:10.1088/0964-1726/10/6/310
[18] Anagnostou, D.E., Zheng, G., Chryssomallis, M.T., Lyke, J.C., Ponchak, G.E., Papapolymerou,J., and Christodoulou, C.G., “Design, fabrication, and measurements of an RFMEMS–based self-similar reconfigurable antenna,” IEEE Transactions on Antennas andPropagation, vol. 54, no. 2, pp. 422–432, February 2006.
[19] Gupta, K.C., Li, J., Ramadoss, R., and Wang, C., “Design of frequency-reconfigurable slotring antennas,” Proceedings of the IEEE/URSI International Symposium on Antennas and Propagation,vol. 1, p. 326, 2000.
[20] Peroulis, D., Sarabandi, K., and Katehi, L.P.B., “Design of reconfigurable slot antennas,”IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 53, pp. 645–654, February 2005.doi:10.1109/TAP.2004.841339
[21] H uff, G.H., and Bernhard, J.T., “Frequency reconfigurable CPW-fed hybrid folded slot/slotdipole antenna,” Proceedings of the IEEE/ACES International Conference on Wireless Communications and Applied Computational Electromagnetics, pp. 574–577, 2005.
[22] Yang, F., and Rahmat-Samii, Y., “Patch antenna with switchable slot (PASS): Dual frequencyoperation,” Microwave and Optical Technology Letters, vol. 31, pp. 165–168, November2001. doi:10.1002/mop.1388
[23] Wang, B.-Z., Xiao, S., and Wang, J., “Reconfigurable patch-antenna design for widebandwireless communication systems,” IET Microwaves, Antennas & Propagation,vol. 1, no. 2,pp. 414–419, April 2007.
[24] H. Boudaghi, M.Azarmanesh, H. Mardani,” Novel Frequency Reconfigurable Microstrip Monopole Antenna forMulti-Radio Wireless Applications,” ELALCC 2013, tabriz , iran
[25] Frequency-Reconfigurable Antenna for Broadband Airborne Applications
Chang Yong Rhee, Jea Hak Kim, Woo Jae Jung, Taejoon Park, Byungje Lee, Member, IEEE, and Chang Won Jung, Member, IEEE
[26] Bhartia, P., and Bahl, I.J., “Frequency agile microstrip antennas,” Microwave Journal, vol. 25,pp. 67–70, October 1982.
[27] Kawasaki, S., and Itoh, T., “A slot antenna with electronically tunable length,” Proceedings of
the IEEE/URSI International Symposium on Antennas and Propagation, vol. 1, pp.130133,1991.
[28] Behdad, N., and Sarabandi, K., “A varactor-tuned dual-band slot antenna,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 54, pp. 401–408, February 2006.
[29] Behdad, N., and Sarabandi, K., “Dual-band reconfigurable antenna with a very wide tunabilityrange,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 54, pp.409–416, February2006. doi:10.1109/TAP.2005.863412

[30] Erdil, E., Topalli, K., Unlu, M., Civi, O.A., and Akin, T., "Frequency tunable microstrippatch antenna using RF MEMS technology," IEEE Transactions on Antennas and Propagation,vol. 54, pp. 1193–1196, April 2007.
[31] Shynu, S.V., Augustin, G., Aanandan, C.K., Mohanan, P., and Vasudevan, K., "C-shapedslot loaded reconfigurable microstrip antenna," Electronics Letters, vol. 42, no.6, pp. 316–318,March 2006.
[32] Jung, C.W., Kim, Y.J., Kim, Y.E., and De Flaviis, F., "Macro-micro frequency tuning antennafor reconfigurable wireless communication systems," Electronics Letters, vol. 43, pp. 201–202,February 15, 2007. doi:10.1049/el:20073906
[33] Kiely, E., Washington, G., and Bernhard, J.T., "Design and development of smart microstrippatch antennas," Smart Materials and Structures, vol. 7, no. 6, pp. 792–800, December 1998.doi:10.1088/0964-1726/7/6/007
[34] Kiely, E., Washington, G., and Bernhard, J.T., "Design, actuation, and control of active patchantennas," Proceedings of the SPIE International Society for Optical Engineering, vol. 3328, pp.147–155, 1998.
[35] Bernhard, J.T., Kiely, E., and Washington, G., "A smart mechanically-actuated two-layerelectromagnetically coupled microstrip antenna with variable frequency, bandwidth, and antennagain," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 49, pp. 597–601, April 2001.doi:10.1109/8.923320
[36] Langer, J.-C., Zou, J., Liu, C., and Bernhard, J.T., "Reconfigurable out-of-planemicrostrippatch antenna using MEMS plastic deformation magnetic actuation,"IEEE Microwave and
Wireless Components Letters, vol. 13, pp. 120–122, March 2003.
[37] Pozar, D.M., and Sanchez, V., "Magnetic tuning of a microstrip antenna on a ferrite substrate,"Electronics Letters, vol. 24, pp. 729–731, June 9, 1988. doi:10.1049/el:19880491
[38] Mishra, R.K., Pattnaik, S.S., and Das, N., "Tuning of microstrip antenna on ferrite substrate,"IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 41, pp. 230–233, February 1993.doi:10.1109/8.214616
[39] Brown, A.D., Volakis, J.L., Kempel, L.C., and Botros, Y., "Patch antennas onferromagneticsubstrates," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 47, pp. 26–32, January 1999.doi:10.1109/8.752980
[40] Romanofsky, R.R., Miranda, F.A., Van Keuls, F.W., and Valerio, M.D., "Recent advancesin microwave applications of thin ferroelectric films at the NASA Glenn Research Center,"Materials Research Society Symposium Proceedings, vol. 833, pp. 173–181, 2004.
[41] Miranda, F.A., Van Keuls, F.W., Romanofsky, R.R., Mueller, C.H., Alterovitz, S., and Subramanyam,G., "Ferroelectric thin films-based technology for frequency- and phase-agilemicrowave communication applications," Integrated Ferroelectrics, vol. 42, pp. 131–149, 2002.doi:10.1080/10584580210845
[42] Xu, H., Pervez, N.K., and York, R.A., "Tunable microwave integrated circuits BST thin filmcapacitors with device structure optimization," Integrated Ferroelectrics, vol. 77, pp. 27–35, 2005.doi:10.1080/10584580500413681
[43] Boti, M., Dussopt, L., and Laheurte, J.-M., "Circularly polarized antenna withswitchablepolarization sense," Electronics Letters, vol. 36, pp. 1518–1519, August 2000. doi:10.1049/el:20001098
[44] Yang, F., and Rahmat-Samii, Y., "Patch antennas with switchable slots (PASS) in wirelesscommunications: Concepts, designs, and applications," IEEE Antennas and PropagationMagazine, vol. 47, pp. 13–29, April 2005. doi:10.1109/MAP.2005.1487774

[45] Yang, F., and Rahmat-Samii, Y., “A reconfigurable patch antenna using switchable slots forcircular polarization diversity,” IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 12,pp. 96–98, March 2002. doi:10.1109/7260.989863
[46] Sung, Y.J., Jang, T.U., and Kim, Y.-S., “A reconfigurable microstrip antenna for switchablepolarization,” IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 14, pp. 534–536, November2004. doi:10.1109/LMWC.2004.837061
[47] Fries, M.K., Grani, M., and Vahldieck, R., “A reconfigurable slot antenna with switchable polarization,” IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 13, pp. 490–492, November
2003. doi:10.1109/LMWC.2003.817148
[48] Simons, R.N., Chun, D., and Katehi, L.P.B., “Polarization reconfigurable patch antenna using microelectromechanical systems (MEMS) actuators,” Proceedings of the IEEE/URSI
International Symposium on Antennas and Propagation, vol. 1, pp. 6–9, 2002.
[49] H su, S.-H., and Chang, K., “Novel reconfigurable microstrip antenna with switchable circular polarization,” IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 6, pp. 160–162, 2007. doi:10.1109/LAWP.2007.894150
[50] Rainville, P., and Harackiewicz, F., “Magnetic tuning of a microstrip patch antenna fabricated
on a ferrite film,” IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 2, pp. 483485,December 1992.
[49] Yang, S.-L.S., and Luk, K.-M., “Design of a wide-band L-probe patch antenna for patternreconfiguration or diversity applications,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation,vol. 54, pp. 433–438, February 2006. doi:10.1109/TAP.2005.863376

[51] N.N .Trong ; A . Piotrowski ; L. Hall, ; C. Fumeaux;” A Frequency- and Polarization-Reconfigurable Circular Cavity Antenna”, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Volume: PP, Issue: 99, Year: 2016

[52]Booker,h.j.(1)’’slot aerials and thair relation to complementary wire aerials’’,JIEE(lond),93,pt. IIIA. No .4,1946

[53] M.R.Nejadi;S.Namdari; H.R.Dalili,” A novel Frequency Reconfigurable Reduced-Size Antenna for VHF/UHF/L-Bands Airborne Applications” International Conference on New Research Achievements in Electrical and Computer Engineering (ICNRAECE).2016.

[54] J. B. Yan; R. D. Hale; A. Mahmood; F. Rodriguez-Morales; C. J. Leuschen; S. Gogineni,“ A Polarization Reconfigurable Low-Profile Ultrawideband VHF/UHF Airborne Array for Fine-Resolution Sounding of Polar Ice Sheets,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.63, pp. 4334 – 434, 2015.

[55] Su, S., Wong, K.L., Tang, C.L.: ‘Band-notched ultra-wideband planar-monopole antenna’, Microw. Opt. Technol. Lett., 2005, 44, pp. 1535–1537

[56] J. Costantine; Y. Tawk; C. Christodoulou, “Design of Reconfigurable Antennas Using Graph Models,” Arizona: Morgan and Claypool eBooks, 2013.

Abstract

A reconfigurable antenna is designed to use in aircraft's communications in a frequency band vhf / uhf / L- band. The purpose of this design is to minimize the size of the antenna to the extent possible and also to enhance the bandwidth of the antenna. Also to improve the VSWR of the antenna after size reduction we used a semi-DGS Technique. The proposed antenna is fabricated on FR4 substrate with dielectric constant 4.4 and thickness of 3.2mm. One PIN diode is used for reconfiguration capability of antenna. When the PIN-diode is on (on state) the frequency covering band of the antenna is 30-230 MHz with gain 1.5 dBi and when the diode is off (off state) it is 430-1560 MHz, with Gain 3 dBi. The VSWR in all bandwidth is less than two. The measurement results shows a good agreement with simulation results that is obtained with fullwave software CST.

Keywords : Reconfigurable Antenna, Airborne Applications, DGS, Pin Diodes, Side Slots

Shahrood University of Technology

Faculty of Electrical and Robotic Engineering

M.Sc.(M.A. or Ph.D.) Thesis in

Designe and simulation of frequency and polarization recofigurable antenna

By : abbas asghari

Supervisor:

Dr Nima Azadi-Tinat

september,2018