دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق–مخابرات

بررسی و طراحی آنتن‌های فرا پهن باند (UWB) و آنتن‌های فرا پهن باند چند بانده (مولتی باند) بر پایه آنتن‌های CPW

توسط:

بهزاد برومندی سرخابی

استاد راهنما:

دکتر رمضانعلی صادق زاده

تابستان ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

تأییدیّه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای: بهزاد برومندی سرخابی

را با عنوان: بررسی و طراحی آنتن‌های فرا پهن باند (UWB) و آنتن‌های فرا پهن باند چند بانده (مولتی باند) بر پایه آنتن‌های CPW

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر رمضانعلی صادق‌زاده	دانشیار	
۲- استاد ممتحن(داخلی)	دکتر سمیه چمانی	استادیار	
۳- استاد ممتحن(خارجی)	دکتر غلامرضا داداش زاده	استادیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر سمیه چمانی	استادیار	

تقدیم به:

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آنان که از خواسته‌هایشان گذشتند،

سختی‌ها را به جان خریدند

و خود را سپر بلای مشکلات و نا ملایمات کردند

تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم

تشکر و قدردانی

در ابتدا فرصت را غنیمت شمرده و خداوند بزرگ را شاکرم که توفیقی دوباره در عرصه علم نصیبم کرد. از استاد راهنما جناب آقای دکتر صادق‌زاده کمال سپاس و تشکر را دارم. همچنین از اساتید محترم ممتحن سرکار خانم دکتر چمانی و جناب آقای دکتر داداش‌زاده نیز که در جلسه دفاع قبول زحمت فرموده و به عنوان داور شرکت فرموده‌اند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

در پایان از دوستان عزیز که در جلسه دفاع شرکت داشته و موجب دلگرمی اینجانب بوده‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم و برای همه‌ی این عزیزان آرزوی توفیق و سربلندی دارم.

چکیده

در این پایان‌نامه برخی از روش‌های طراحی آنتن‌های UWB با باند برش یافته را بررسی می‌کنیم. پیشرفت‌های سیستم‌های UWB و کاربرد آن‌ها بطور شگفت‌انگیزی در حال بهبود و ترقی می‌باشد. هدف اصلی UWB امکان دستیابی به نرخ بالای تبادل اطلاعات در حضور استانداردهای مخابرات بیسیم می-باشد. این پایان‌نامه یک آنتن موجبر هم صفحه دایروی باند حذفی را برای مخابرات فرا پهن باند جهت کاربردهای WiFi و WiMax معرفی می‌کند. این آنتن برای پهنای باند ۳,۱ GHz تا ۱۰,۶ GHz طراحی شده و چند فرکانس پایین را با روش حذف باند به این باند اضافه می‌کند. این پایان‌نامه با استفاده از روش باند حذفی دو فرکانس پایین را در ۱,۸۵ GHz و ۲,۴ GHz در آنتن طراحی می‌کند. این فرکانس‌ها برای DCS، PCS، UMTS، کاربردهای بی سیم و در IEEE 802.11b با پهنای باند ۱۷,۵٪ و ۶,۵٪ به کار برده می‌شوند.

کلید واژه: آنتن مایکرو استریپ، سیستم‌های UWB، باند برش.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... ج

فهرست شکل‌ها ..... د

فصل ۱- مقدمه و معرفی آنتن ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- آنتن ۱

۱-۲-۱- تعریف کلی آنتن ۱

۱-۲-۲- تاریخچه ۲

۱-۲-۳- کاربرد آنتن‌ها ۳

۱-۲-۴- انواع آنتن‌ها ۴

۱-۲-۵- پارامترهای اساسی آنتن ۸

فصل ۲- تکنولوژی UWB ۱۳

۲-۱- تاریخچه ۱۳

۲-۲- تخصیص باند ۱۴

۲-۳- مزیت‌های UWB ۱۵

۲-۴- کاربردهای UWB ۱۶

۲-۵- آنتن‌های UWB ۱۷

۲-۶- رویکردهای بدست آوردن پهنای باند عملیاتی عریض ۱۸

۲-۶-۱- آنتن‌های تشدید کننده (رزونانسی) ۱۸

۲-۶-۲- آنتن‌های موج رونده ۲۱

۲-۶-۳- آنتن‌های تداخلی رزونانسی ۲۴

۲-۶-۴- آنتن‌های تک قطبی FAT ۲۶

فصل ۳- روش‌های دو بانده کردن ۲۹

۳-۱- بریدن شکاف‌های U- شکل، arc شکل، مستطیلی شکل و کلاهی شکل روی پچ ۲۹

۳-۱-۱- بریدن شکاف‌های مستطیلی و کلاهی شکل بر روی پچ ذوزنقه‌ای شکل ۲۹

۳-۱-۲- بریدن شکاف U- شکل بر روی پچ نیم دایره‌ای ۳۳

۳-۱-۳- آنتن تک قطبی دیسک دایروی با شکاف arc شکل ۳۵

۳-۲- ایجاد بریدگی روی پچ ۳۸
۳-۲-۱- آنتن تک قطبی دایروی ۳۸
۳-۲-۲- آنتن تیپرد اسلات UWB ۴۰
۳-۳- جاسازی یک استاب تنظیم کننده یک چهارم موج با یک شکاف بزرگ روی پچ ۴۱
۳-۴- قرار دادن عنصرهای پارازیتی نزدیک تک قطبی چاپی به عنوان فیلتر ۴۳

فصل ۴- طراحی آنتن موجبر هم صفحه دایروی فرا پهن باند سه بانده با روش حذف باند نامطلوب ۴۵

۴-۱- معرفی ۴۵
۴-۲- طراحی آنتن ۴۶
۴-۳- بررسی ساختار آنتن ۴۶
۴-۳-۱- اثر شکاف ۴۷
۴-۳-۲- اثر حلقه فلزی ۴۸
۴-۴- نتایج شبیه‌سازی نهایی ۴۹
۴-۵- نتایج اندازه‌گیری آنتن ۵۰

نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۵۱

مراجع ۵۲

واژه نامه فارسی به انگلیسی ۵۳

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۵۶

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱: پهنای باند ۱۰— دسی بل شبیه‌سازی شده تک قطبی سیمی قائم با $L = ۱۲/۵\ mm$ و $h = ۲\ mm$ ۲۷

جدول ۳-۱: ماکزیمم VSWR اندازه‌گیری شده برای باند برش یافته با ابعاد و محل‌های مختلف شکاف arc شکل ۳۷

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- ۱: ساختار آنتن‌های سیمی ۴

شکل ۱- ۲: ساختار آنتن‌های روزنه‌ای ۵

شکل ۱- ۳: آنتن‌های مایکرواستریپ با پچ‌های مستطیلی و دایروی ۶

شکل ۱- ۴: ساختار آرایه‌های معمول سیمی، روزنه‌ای و مایکرواستریپ ۶

شکل ۱- ۵: ساختار متداول رفلکتور ۷

شکل ۱- ۶: ساختار آنتن‌های لنز ۸

شکل ۱- ۷: مدار معادل آنتن ۱۱

شکل ۱- ۸: نمودار تشعشع دو بعدی دیپل نصف موج: θ متغییر و $\boldsymbol{\varphi = ۰^{\circ}}$ (نمودار چپ) و نمودار تشعشع دو بعدی دیپل نصف موج: φ متغییر و $\boldsymbol{\theta = ۰^{\circ}}$ (نمودار راست) ۱۲

شکل ۲- ۱: آنتن با کرهای به شعاع $\mathbf{r}$ ۲۰

شکل ۲- ۲: ضریب کیفیت $\mathbf{Q}$ محاسبه شده برحسب $\mathbf{kr}$ ۲۱

شکل ۲- ۳: موج رونده در طول آنتن سیمی ۲۲

شکل ۲- ۴: آنتن‌های مستقل از فرکانس ۲۳

شکل ۲- ۵: ساختار آنتن‌های مستقل از فرکانس ۲۴

شکل ۲- ۶: آنتن پچ کوتاه شده انباشته ۲۵

شکل ۲- ۷: منحنی افت بازگشتی اندازه‌گیری شده از آنتن پچ کوتاه شده انباشته ۲۶

شکل ۲- ۸: ساختار تک قطبی سیمی قائم ۲۷

شکل ۲- ۹: آنتن‌های تک قطبی مسطح با ساختارهای گوناگون ۲۸

شکل ۲- ۱۰: دیپلهای UWB با ساختارهای گوناگون ۲۸

شکل ۳- ۱: ساختار آنتنهای ذوزنقه‌ای با شکاف‌های گوناگون ۳۰

شکل ۳- ۲: نمودار VSWR شبیه‌سازی شده و اندازه گیری شده آنتن‌های باند برش یافته مفروض : نمودارهای (الف) و (ب) به ترتیب VSWR شبیه سازی شده و اندازه‌گیری شده آنتن ۱،

نمودارهای (پ) و (ت) به ترتیب VSWR شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده آنتن ۲،
نمودارهای (ث) و (ج) به ترتیب VSWR شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده آنتن ۳..... ۳۱
شکل ۳- ۳: تغییرات باند برش یافته با طول شکاف..... ۳۲
شکل ۳- ۴: نمودار بهره آنتن‌های فوق الذکر..... ۳۲
شکل ۳- ۵: ساختار آنتن برش یافته UWB نیم دایره‌ای مسطح..... ۳۳
شکل ۳- ۶: افت بازگشتی اندازه‌گیری شده..... ۳۴
شکل ۳- ۷: بهره شبیه‌سازی شده آنتن در دو حالت بدون شکاف و با شکاف..... ۳۴
شکل ۳- ۸: VSWR اندازه‌گیری شده آنتن در دو حالت بدون شکاف و با شکاف..... ۳۴
شکل ۳- ۹: تغییرات باند برش یافته با تغییرات طول شکاف..... ۳۵
شکل ۳- ۱۰: ساختار آنتن تک قطبی دیسک دایروی UWB با باند برش یافته..... ۳۶
شکل ۳- ۱۱: VSWR اندازه‌گیری شده برای آنتن تک قطبی دیسک دایروی شکاف دار در دو حالت بدون شکاف و با شکاف..... ۳۶
شکل ۳- ۱۲: VSWR اندازه‌گیری شده برای آنتن تک قطبی دیسک دایروی شکاف دار با زاویه‌های مختلف..... ۳۷
شکل ۳- ۱۳: بهره اندازه‌گیری شده آنتن فوق‌الذکر..... ۳۸
شکل ۳- ۱۴: ساختار آنتن پیشنهادی..... ۳۸
شکل ۳- ۱۵: افت بازگشتی اندازه‌گیری شده آنتن تک قطبی دایروی در دو حالت بدون بریدگی و با بریدگی..... ۳۹
شکل ۳- ۱۶: افت بازگشتی شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده..... ۳۹
شکل ۳- ۱۷: ساختار آنتن..... ۴۰
شکل ۳- ۱۸: افت بازگشتی..... ۴۰
شکل ۳- ۱۹: امپدانس ورودی اندازه‌گیری شده..... ۴۱
شکل ۳- ۲۰: ساختار آنتن تک قطبی حلقه‌ای..... ۴۱
شکل ۳- ۲۱: VSWR اندازه‌گیری شده در دو حالت بدون استاب و با استاب..... ۴۲

شکل ۳- ۲۲: VSWR برای طول‌های مختلف استاب ۴۲
شکل ۳- ۲۳: بهره آنتن تک قطبی حلقه‌ای در دو حالت بدون استاب و با استاب ۴۳
شکل ۳- ۲۴: ساختار آنتن ۴۳
شکل ۳- ۲۵: VSWR برای طول‌های مختلف پچ پارازیتی ۴۴
شکل ۳- ۲۶: مقایسه VSWR اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده ۴۴
شکل ۳- ۲۷: بهره در دو حالت بدون پچ‌های پارازیتی و با پچ‌های پارازیتی ۴۴
شکل۴- ۱: ساختار تک قطبی دیسک دایروی چاپی ۴۶
شکل۴- ۲: اثر یک حلقه **C** شکل یا دایروی بر روی ویژگی‌های باند حذفی آنتن شبیه‌سازی شده با ۴۷
شکل۴- ۳: اثر دو حلقه **C** شکل یا دایروی بر روی ویژگی‌های باند حذفی آنتن شبیه‌سازی شده با ۴۸
شکل۴- ۴: اثر حلقه فلزی زیرین بر روی آنتن ۴۸
شکل ۴-۵: افت بازگشتی شبیه‌سازی شده آنتن ۴۹
شکل ۴-۶: بهره آنتن ۴۹
شکل ۴-۷: آنتن ساخته شده ۵۰
شکل ۴-۸: افت بازگشتی اندازه‌گیری شده ۵۰

فصل ۱– مقدمه و معرفی آنتن

۱-۱- پیشگفتار

پیشرفت‌های سیستم‌های بسیار پهن باند[1] (UWB) و کاربرد آن‌ها بطور شگفت انگیزی در حال بهبود و ترقی می‌باشد. بسیاری از کاربردها و تکنیک‌های مایکروویوی به وجود آمده که در طیف فرکانسی UWB کار می‌کنند، بطور مفرط از پالس‌های کوتاه برای ساماندهی نانو ثانیه‌ها استفاده می‌کنند. سیستم-های UWB پس از آنکه کمیسیون ارتباطات فدرال[2] (FCC) باند فرکانسی ۳,۱ GHz تا ۱۰,۶ GHz را در سال ۲۰۰۲ تخصیص داد، بسیار چشمگیر شده و توجه زیادی را به خود جذب کردند. هدف اصلی UWB امکان دستیابی به نرخ بالای تبادل اطلاعات در حضور استانداردهای مخابرات بیسیم است. استفاده از سیگنال‌های UWB در کاربردهای تصویری مایکروویو به علاوه مخابرات بیسیم، نیازمند آنتن‌های مناسبی بعنوان مبدل بین گیرنده و فرستنده‌های UWB و محیط انتشار است.

آنتن‌های تک قطبی مسطح پهن باند به علت مزایای خاص مانند پهنای باند بزرگ، سادگی ساخت و ویژگی‌های تشعشعی قابل قبول، توجه قابل ملاحظه‌ای را به خود جلب کرده اند. آنتن‌های مسطح پهن باند متعارف از آنجایی که دارای مقطع کوچکی نمی‌باشند که در سیستم‌های فشرده کاربری را محدود می‌کنند به صفحات فلزی بزرگ عمودی برای عنصر تشعشعی نیاز دارند.

فرستنده‌های UWB می‌توانند موجب تداخل الکترومغناطیسی در سیستم‌های الکترومغناطیسی مجاور همچون شبکه محلی بیسیم[3] شود. بنابراین آنتن‌های با پهنای باند برش یافته[4] در باندهای فرکانسی شبکه محلی بیسیم مورد نیاز هستند [۱].

۱-۲- آنتن

۱-۲-۱-تعریف کلی آنتن

از آغاز تمدن بشری مخابرات اهمیت اساسی را برای جوامع بشری داشته است. در مراحل اولیه مخابرات توسط امواج صوتی صورت می‌گرفت. آنتن رادیویی یک قطعه اساسی در هر سیستم رادیویی

[1] Ultra Wideband
[2] Feredal Communications Commission (FCC)
[3] World Local Area Network (WLAN)
[4] Notched Band Antennas

است. یک آنتن رادیویی یک ابزاری است که امکان تشعشع یا دریافت امواج رادیویی را فراهم می‌سازد. به عبارت دیگر، یک آنتن یک موج هدایت شده روی یک خط انتقال را به یک موج فضای آزاد در حالت ارسال و برعکس در حالت دریافت تبدیل می‌کند. بنابراین اطلاعات می‌تواند بدون هیچ گونه ساختار و وسیله واسطه‌ای بین نقاط و محل‌های مختلف انتقال یابد. فرکانس‌های ممکن امواج الکترومغناطیسی حامل این اطلاعات الکترومغناطیسی را تشکیل می‌دهد. یکی از بزرگترین منابع انسان طیف الکترومغناطیسی است و آنتن‌ها در استفاده از این منبع طبیعی نقش اساسی را ایفا کرده‌اند [۲].

۱-۲-۲- تاریخچه

مبنای نظری آنتن‌ها بر معادلات ماکسول استوار است. جیمز کلارک ماکسول[1] (۱۸۳۱-۱۸۷۹) در سال ۱۸۶۴ در حضور انجمن سلطنتی انگلستان نظریه خود را ارائه داد مبنی بر اینکه نور و امواج الکترومغناطیسی پدیده‌های فیزیکی یکسانی هستند. همچنین پیش بینی کرد که نور و اختلالات الکترومغناطیسی را می‌توان به صورت امواج رونده دارای سرعت برابر توجیه کرد.

فیزیکدان آلمانی هاینریش هرتز[2] (۱۸۵۷-۱۸۹۷) در سال ۱۸۸۶ توانست صدق ادعا و پیش بینی ماکسول را مبتنی بر اینکه کنش‌ها و پدیده‌های الکترومغناطیسی می‌توانند در هوا منتشر شوند، نشان می‌دهد. هرتز کشف کرد که اختلالات الکتریکی را می‌توان توسط یک مدار ثانویه با ابعاد مناسب برای حالت تشدید و دارای یک شکاف هوا برای ایجاد جرقه آشکار کرد.

مهندس برق ایتالیائی گوگلیلمو مارکونی[3] نیز یک استوانه سهموی میکروویو در طول‌موج ۲۳ سانتی متر را برای انتقال کد اولیه‌اش ساخت. ولی کارهای بعدیش برای حصول برد مخابراتی بهتر در طول‌موج-های بلندتر بود.

فیزیکدان روسی الکساندر پوپوف[4] (۱۸۵۹-۱۹۰۵) نیز اهمیت کشف امواج رادیویی را توسط هرتز تشخیص داد و یک سال قبل از ماکارونی شروع به کار و فعالیت در مورد روش‌های دریافت آن‌ها نمود. اغلب افتخار کاربرد اولین آنتن در اولین سیستم رادیوئی را در سال ۱۸۹۷ برای ارسال یک سیگنال از کشتی به ساحل در مسافت سه مایل به او می‌دهند.

توسعه آنتن‌ها در سالهای اولیه به علت عدم وجود و در دسترس نبودن مولدهای سیگنال محدود بود. در حدود سال‌های ۱۹۲۰ پس از آنکه لامپ تریود دوفارست[5] برای ایجاد سیگنال‌های امواج پیوسته تا

---

[1] James Clark Maxwell
[2] Heinrich Hertz
[3] Guglielmo Marconi
[4] Alexander Popov
[5] De Forest

MHz ۱ به کار رفت، ساخت آنتن‌های تشدیدی (با طول تشدید) مانند دو قطبی نیم موج امکان یافت. در این فرکانس‌های بالاتر امکان ساخت آنتن‌ها با ابعاد و اندازه‌های فیزیکی در حدود تشعشع (یعنی نیم طول موج) فراهم شد. قبل از جنگ دوم جهانی مولدهای سیگنال مگنیترون و کلایستروم میکروویو (در حدود GHz ۱) همراه با موجبرهای تو خالی اختراع و توسعه یافتند. این تحولات منجر به ابداع و ساخت آنتن‌های بوقی شد، گرچه سال‌ها قبل چندر بوز[1] (۱۸۵۸-۱۹۳۷) در هندوستان اولین آنتن بوقی الکترومغناطیسی را ساخت. در سال ۱۹۳۴ اولین سیستم رادیو تلفنی میکروویو تجاری بین انگلستان و فرانسه در فرکانس عمل GHz ۱,۸ برقرار شد. در خلال جنگ دوم جهانی یک فعالیت وسیع طراحی و توسعه برای ساخت سیستم های رادار منجر به ابداع انواع مختلف آنتن‌های مدرن مانند آنتن‌های بشقابی (منعکس کننده)، عدسی‌ها و آرایه‌های شکافی موجبری شد [۲].

۱-۲-۳- کاربرد آنتن‌ها

انتقال انرژی الکترومغناطیسی می‌تواند توسط نوعی از ساختار هدایت کننده امواج (مانند یک خط انتقال) صورت گیرد و یا می‌تواند از طریق آنتن‌های فرستنده و گیرنده بدون هیچ گونه ساختار هدایت کننده واسطه‌ای انجام گیرد. اگر فاصله بین یک گیرنده و فرستنده برابر r باشد، تلفات توان برای یک خط انتقال متناسب با $(e^{-\alpha r})^2$ است. α ثابت تضعیف خط انتقال می‌باشد. اگر آنتن‌ها در یک سیستم خط دید به کار رود، تلفات توان متناسب با $\frac{1}{r^2}$ است. عوامل مختلفی در انتخاب بین خطوط انتقال یا آنتن‌ها دخالت دارند. بطور کلی، خطوط انتقال در فرکانس‌های پایین و فواصل کوتاه عملی هستند. فرکانس‌های بالا اغلب به علت پهنای باند موجود به کار می‌روند. با افزایش فواصل و فرکانس‌ها تلفات سیگنال و هزینه‌های کاربرد خطوط انتقال بیشتر می‌شود و در نتیجه استفاده از آنتن‌ها ارجحیت می‌یابد. استثنای قابل توجه این قاعده خط انتقال فیبر نوری در طیف مرئی است.

در چندین کاربرد باید از آنتن‌ها استفاده کرد. برای مثال، آنتن‌ها را باید در مخابرات رادیو سیار شامل هواپیماها، فضاپیماها، کشتی‌ها، یا خودروهای زمینی به کار برد. آنتن‌ها درسیستم‌های رادیوئی سخن پراکنی شامل یک ایستگاه فرستنده و تعداد نامحدود گیرنده‌ها که احیاناً مانند رادیوی خودرو متحرک و سیار است، نیز به کار می‌رود. کاربردهای غیر سخن پراکنی مانند سیستم‌های رادیوی سیار شهرداری و رادیو آماتور نیز به آنتن‌ها نیاز دارند. در کاربردهای غیر مخابراتی مانند رادار نیز آنتن‌ها لازم هستند [۲].

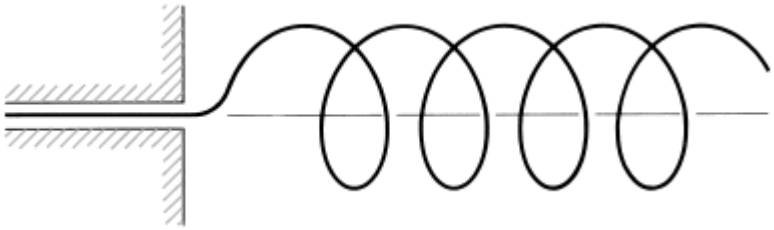
[1] Chunder Bose

۱-۲-۴- انواع آنتن‌ها

آنتن‌های سیمی[1]:

آنتن‌های سیمی تقریباً در همه جا دیده می‌شوند (اتومبیل‌ها، ساختمان‌ها، کشتی‌ها، هواپیماها، فضاپیماها و غیره). شکل‌های گوناگونی از آنتن‌های سیمی مانند دیپل[2]، حلقه‌ای[3]، و هلیکس[4] هستند. آنتن‌های حلقه‌ای لزوماً دایره‌ای نیستند و می‌توانند شکل‌های مستطیلی، مربعی، بیضوی و یا هر شکل دیگری داشته باشند. حلقه دایروی بدلیل سادگی ساختار رایج‌ترین نوع این آنتن‌ها است [۳].

الف) دیپل ب) حلقه دایروی (مربعی)



پ) هلیکس

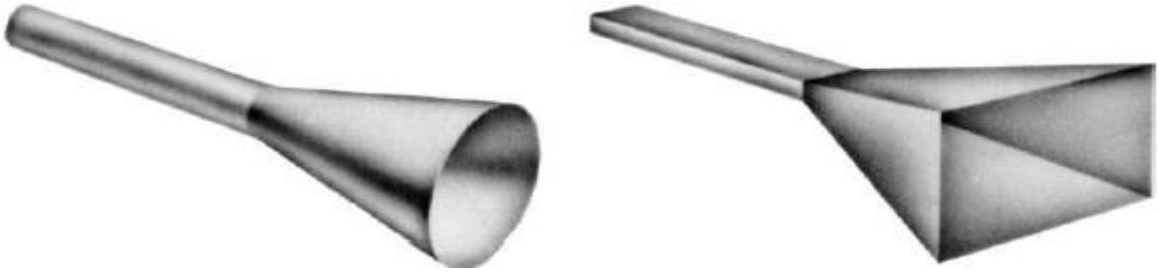
شکل ۱- ۱: ساختار آنتن‌های سیمی [۳]

آنتن‌های روزنه ای[5]

این آنتن‌ها با تقاضای روز افزونی برای شکل‌های پیشرفته آنتن‌ها و استفاده در فرکانس بالا مواجه هستند. این نوع آنتن‌ها بدلیل اینکه به راحتی می‌توانند بر روی دیواره هواپیماها و فضاپیماها قرار گیرند برای کاربرد در هواپیماها و فضاپیماها مفید هستند. بعلاوه، می‌توانند توسط یک ماده دی‌الکتریک برای محافظت در برابر شرایط خطرناک محیطی پوشش داده شوند [۳].

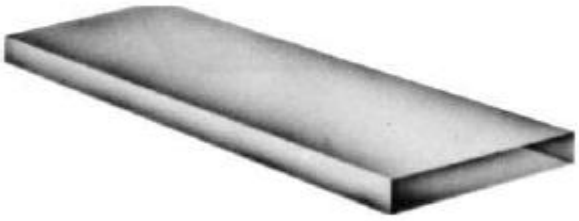
---

[1] Wire Antennas
[2] Dipole
[3] Circular (square) loop
[4] Helix
[5] Aperture Antennas



الف) آنتن بوقی هرمی[۱]

ب) آنتن بوقی مخروطی[۲]



پ) آنتن بوقی مستطیلی

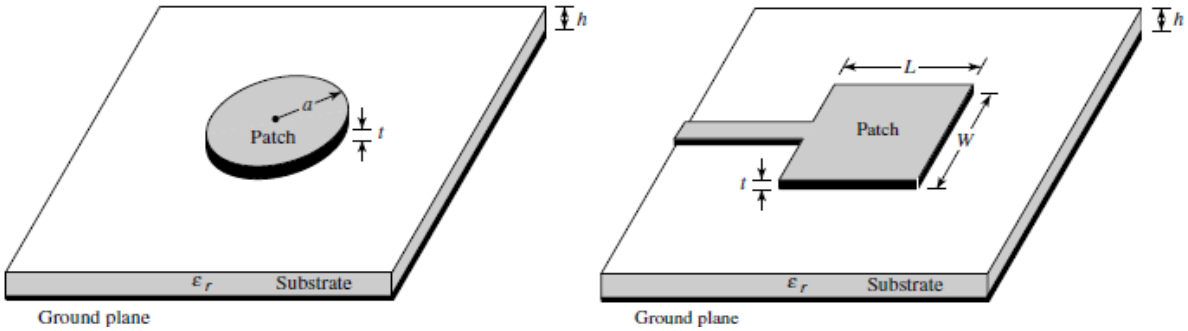
شکل ۱- ۲: ساختار آنتن‌های روزنه‌ای [۳]

آنتن‌های مایکرواستریپ[۳]

آنتن‌های مایکرواستریپ در دهه ۷۰ بیشتر برای کاربردهای انتقال هوایی عمومیت یافتند. امروزه برای کاربردهای تجاری و اداری استفاده می‌شوند. این آنتن‌ها متشکل از یک پچ فلزی بر روی زیرلایه زمین شده هستند. پچ‌های فلزی شکل‌های مختلفی را به خود می‌گیرند که شکل‌های مستطیلی و دایروی بدلیل سادگی تحلیل و ساخت، و ویژگی‌های تشعشعی جالب بخصوص تشعشع قطبش متقاطع[۴] پایین رایج‌تر هستند. آنتن‌های مایکرواستریپ کم حجم بوده، و برای سطوح مسطح و غیر مسطح مناسب هستند، و به سادگی و با هزینه کم با تکنولوژی جدید مدار چاپی[۵] ساخته می‌شود، و هنگامی که روی سطوح سخت قرار می‌گیرند از لحاظ مکانیکی محکم هستند، با طراحی مدار مجتمع مایکروویوی یک پارچه[۶] سازگار بوده، و بر حسب فرکانس تشدید[۷]، قطبش[۸]، پترن[۹]، و امپدانس[۱۰] چند کاربردی هستند [۳].

---

[1] Pyramidal horn
[2] Conical horn
[3] Microstrip Antennas
[4] Cross Polarization
[5] Printed-circuit
[6] Monolithic microwave integrated circuit
[7] Resonant frequency
[8] Polarization
[9] Pattern
[10] Impedance

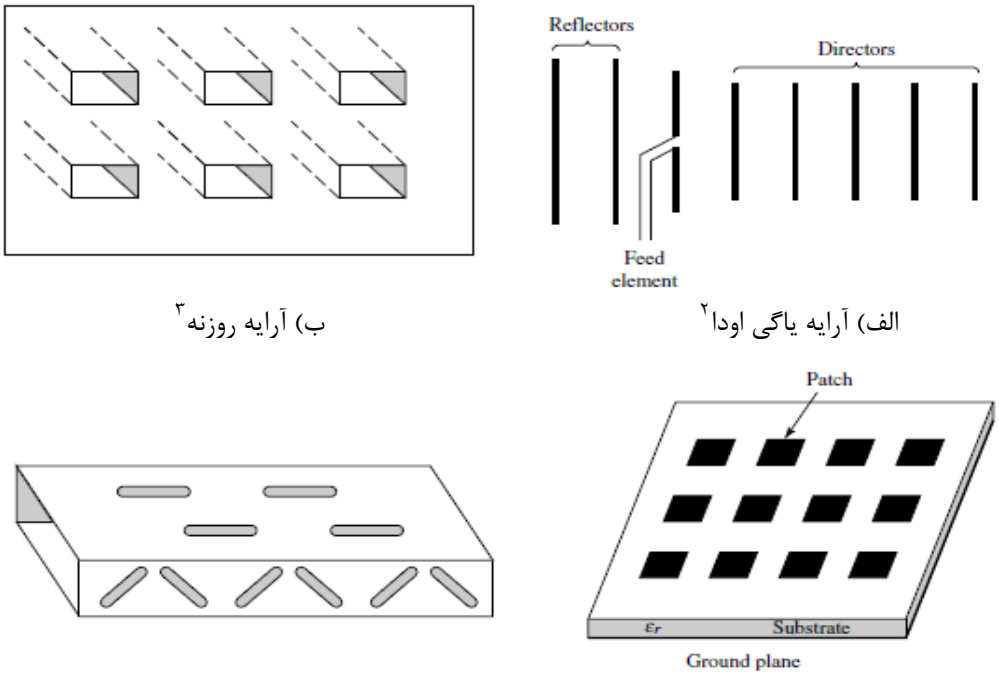


الف) مستطیلی ب) دایروی

شکل ۱- ۳: آنتن‌های مایکرواستریپ با پچ‌های مستطیلی و دایروی [۳]

آنتن‌های آرایه[۱]

بسیاری از کاربردها نیازمند ویژگی‌های تشعشعی می‌باشد که با یک المان تنها قابل دستیابی نمی-باشند. استفاده از یک مجموعه از المان‌های تشعشعی در یک آرایه هندسی و الکتریکی ویژگی‌های تشعشعی مطلوب را نتیجه می‌دهد [۳].



الف) آرایه یاگی اودا[۲] ب) آرایه روزنه[۳]

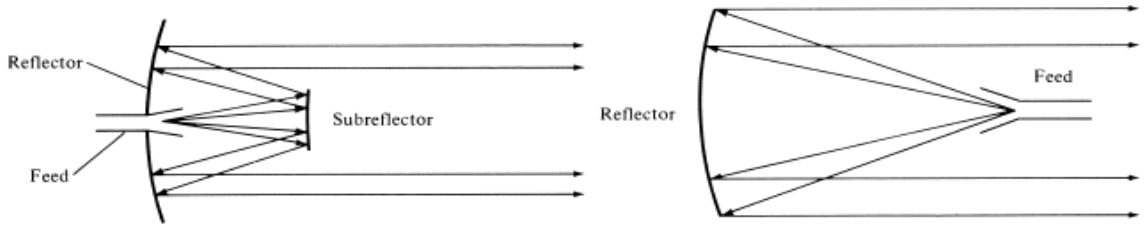
پ) آرایه پچ مایکرواستریپ[۴] ت) آرایه موجبر شکاف دار[۵]

شکل ۱- ۴: ساختار آرایه‌های معمول سیمی، روزنه‌ای و مایکرواستریپ [۳]

[1] Array Antennas
[2] Yagi-Uda array
[3] Aperture array
[4] Microstrip patch array
[5] Slotted-waveguide array

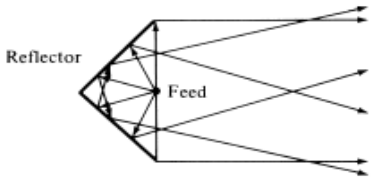
آنتن‌های رفلکتور[1]

موفقیت در اکتشاف فضای خارجی پیشرفت نظریه آنتن‌ها را نتیجه داده است. بدلیل نیاز به برقراری ارتباط در مسافت‌های طولانی، باید شکل پیشرفته‌ای از آنتن‌ها برای ارسال و دریافت سیگنال‌ها مورد استفاده قرار گیرد که باید میلیون‌ها مایل را طی کنند. یکی از آنتن‌های بسیار رایج برای این نوع کاربردها رفلکتور سهموی است. این نوع آنتن‌ها با قطری به بزرگی ۳۰۵ میلی متر ساخته می‌شوند. این قطرهای بزرگ برای رسیدن به بهره[2] بالا جهت ارسال یا دریافت سیگنال‌ها پس از طی میلیون‌ها مایل مورد نیاز می‌باشند. شکل دیگری از این نوع آنتن‌ها، رفلکتور گوشه‌ای است [۳].



الف) رفلکتور سهموی با تغذیه از جلو[3]

ب) رفلکتور سهموی با تغذیه کسگرین[4]



پ) رفلکتور گوشه‌ای[5]

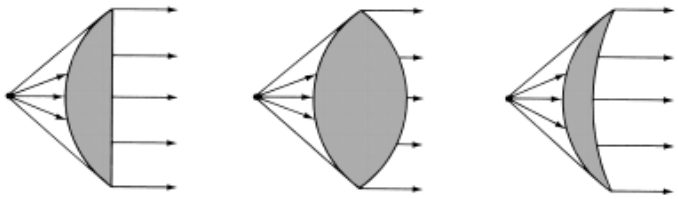
شکل ۱- ۵: ساختار متداول رفلکتور [۳]

آنتن‌های لنز[6]

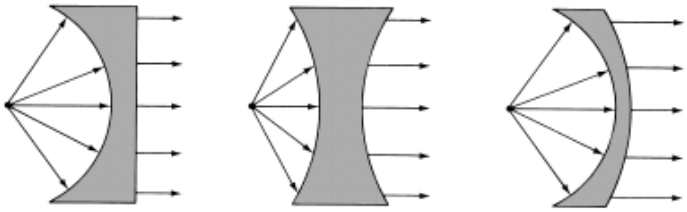
لنزها عمدتاً برای هم راستا کردن انرژی واگرای برخوردی جهت جلوگیری از پخش شدن آن در جهت‌های ناخواسته استفاده می‌شود. با شکل دهی مناسب ساختار هندسی و انتخاب ماده مناسب لنز، می‌توانند شکل‌های گوناگون از انرژی واگرا را به امواج سطحی تبدیل می‌کنند. این ساختارها می‌توانند در بیشتر کاربردهای رفلکتورهای سهموی به ویژه فرکانس‌های بالا مورد استفاده قرار گیرند. ابعاد و وزن آن-ها در فرکانس‌های پایین‌تر بسیار بزرگ می‌شود. آنتن‌های لنز متناسب با ماده‌ای که از آن ساخته می-شوند یا برحسب شکل هندسی دسته بندی می‌شوند [۳].

---

[1] Reflector Antennas
[2] Gain
[3] Parabolic reflector with front feed
[4] Parabolic reflector with Cassegrain
[5] Corner reflector
[6] Lens Antennas



الف) آنتن لنز با ضریب انکسار[1] $n > ۱$



ب) آنتن لنز با ضریب انکسار $n < ۱$

شکل ۱- ۶: ساختار آنتن‌های لنز [۳]

۱-۲-۵- پارامترهای اساسی آنتن

برای توضیح عملکرد یک آنتن، تعریف پارامترهای مختلف آنتن ضروری است. در عمل، پارامترهای آنتن متعددی وجود دارند که شامل پهنای باند فرکانسی، پترن تشعشعی[2]، دایرکتیویته[3]، بهره، امپدانس ورودی و ... است.

پهنای باند فرکانسی

پهنای باند فرکانسی[4] (BW) بازه‌ای از فرکانس‌ها است که در آن عملکرد آنتن با توجه به بعضی ویژگی‌ها از استاندارد معینی پیروی می‌کند. پهنای باند می‌تواند بازه‌ای از فرکانس‌ها در هر دو طرف فرکانس مرکزی در نظر گرفته شود که ویژگی‌های آنتن مقدار قابل قبولی را در آن بازه فرکانسی دارا می‌باشد. بطور معمول در ارتباطات بیسیم، آنتن ملزم به فراهم کردن افت بازگشتی کمتر از ۱۰ دسی بل در پهنای فرکانسی خود است.

پهنای باند فرکانسی یک آنتن می‌تواند به عنوان پهنای باند مطلق[5] (ABW) یا پهنای باند کسری[6] (FBW) بیان می‌شود [۴]. f_H و f_L را به ترتیب کران بالا و کران پایین پهنای باند آنتن در نظر می‌گیریم. ABW به عنوان اختلاف دو کران تعیین می‌شود و FBW به عنوان درصد اختلاف فرکانس بر روی فرکانس مرکزی تعیین می‌شود که به ترتیب در معادلات زیر داده شده‌اند:

---

[1] Index of refraction
[2] Radiation pattern
[3] Directivity
[4] Band Width (BW)
[5] Absolute bandwidth (ABW)
[6] Fractional bandwidth (FBW)