

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۳۸۵۲۳



طراحی، ساخت و شبیه سازی آنتن تک قطبی مسطح برای کاربردهای پهن باند

محمد اجارودی پرچین

دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق

۱۳۸۸

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

مهندسی برق - مخابرات (میدان)

۱۳۸۹/۴/۸

اساتید راهنما: چنگیز قبادی - جواد نوری نیا

ادوات مرکز علمی و
تعمیرات

۱۳۸۵۶۳

پایان نامه محمد اچا پور به تاریخ ۱۹/۲/۸۸ شماره مورد پذیرش هیئت

محترم داوران با رتبه عالی و نمره ۲۰۵ قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران : دکتر قبادی - دکتر نوری نیا

۲- استاد مشاور :

۳- داور خارجی :

۴- داور داخلی :

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی :

حق طبع و نشر مطالب این پایان نامه در

اعضاء دانشگاه ارومیه می باشد

تقدیم به

پشتیبانان همیشگی زندگی من

پدر و مادر عزیزم

تقدیر و تشکر

نویسنده در این قسمت وظیفه خود می‌داند که از کلیه افرادی که در پیشرفت این پایان نامه از هیچ کمکی دریغ نکردند کمال تشکر را ابراز نماید. از اساتید گرانقدر جناب آقایان دکتر چنگیز قبادی و دکتر جواد نوری‌نیا به خاطر پیگیری‌ها و راهنمایی‌های ارزشمندشان کمال تشکر را داشته و از آقایان دکتر غلامرضا داداش‌زاده، مهندس صولت، مهندس اخلاق پسند، مهندس میرعبداللہی و تمامی عزیزانی که در مرکز تحقیقات مخابرات ایران ما را در انجام پایان‌نامه همراهی و مساعدت نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

این پایان نامه تحت حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران می‌باشد و تمامی مراحل تست آنتن در آزمایشگاه آنتن این

مرکز صورت گرفته است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	مقدمه
	فصل اول
۳	۱- آنتن های میکرواستریپ
۳	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ دسته بندی آنتن های میکرواستریپ
۴	۱-۲-۱ آنتن های میکرواستریپ مستطیلی
۵	۲-۲-۱ آنتن های میکرواستریپ دایروی
۵	۳-۲-۱ آنتن های میکرواستریپ مثلثی
۶	۴-۲-۱ آنتن های میکرواستریپ شکافی
۶	۳-۱ پارامتر های مؤثر در طراحی آنتن میکرواستریپ مستطیلی
۷	۱-۳-۱ انتخاب زیر لایه
۸	۲-۳-۱ پهنا و طول آنتن
۸	۳-۳-۱ محل تغذیه آنتن
۹	۴-۱ آنتن های میکرواستریپ مجتمع
۱۰	۵-۱ روش های کاهش ابعاد آنتن ماکرواستریپ
۱۰	۱-۵-۱ استفاده از اتصال کوتاه برای زیرلایه های نازک
۱۱	۲-۵-۱ شکاف گذاری در صفحه تشعشی آنتن

۱۱	۳-۵-۱ شکاف گذاری در صفحه زمین
۱۲	۶-۱ پلاریزاسیون
	فصل دوم
۱۳	۲- روش های تحلیل آنتن مایکرواستریپ
۱۳	۱-۲ مقدمه
۱۴	۲-۲ روش تجربی
۱۴	۱-۲-۲ مدل خط انتقال
۱۷	۲-۲-۲ مدل Cavity
۲۱	۳-۲ روش تمام موج
۲۴	۱-۳-۲ معادله ی انتگرالی میدان الکتریکی
۲۷	۲-۳-۲ مدل سازی تغذیه
	فصل سوم
۲۹	۳- آنتن های تک قطبی مسطح پهن باند
۲۹	۱-۳ مقدمه
۳۰	۲-۳ آنتن های تک قطبی
۳۱	۱-۲-۳ تحلیل کیفی آنتن های تک قطبی مسطح با ساختارهای هندسی متفاوت
۳۴	۲-۲-۳ مشارکت کیفی در پهنای باند ورودی تک قطبی های مسطح
۳۶	۳-۳ آنتن های تک قطبی چاپی
۳۷	۱-۳-۳ جنبه های طراحی آنتن های تک قطبی چاپی برای کاربردهای فرابهن باند
۳۸	۲-۳-۳ آنتن تک قطبی چاپی مستطیلی مسطح با تغذیه ی دوگانه

۴۰	۳-۳-۳ فرکانس لبه‌ی پایین‌تر آنتن‌های تک‌قطبی چاپی
۴۶	۴-۳-۳ PEMA فرابهن‌باند
	فصل چهارم
۵۲	۴- شبیه‌سازی و ساخت آنتن تک‌قطبی مسطح
۵۲	۴-۱ مقدمه
۵۲	۴-۲ محیط کاری نرم افزار HFSS
۵۴	۴-۳ آنتن تک‌قطبی مسطح مستطیلی با تغذیه دوگانه
۵۴	۴-۳-۱ شبیه‌سازی آنتن و بررسی تاثیر پارامترهای آنتن روی نسبت موج ایستاده
۵۸	۴-۳-۲ ساخت و اندازه‌گیری آنتن تک‌قطبی مسطح
۶۰	۴-۴ آنتن تک‌قطبی مسطح مربعی با شکاف T- شکل در صفحه‌ی زمین
۶۱	۴-۴-۱ شبیه‌سازی آنتن و بررسی تاثیر پارامترهای آنتن روی تلفات برگشتی
۶۴	۴-۴-۲ ساخت و اندازه‌گیری آنتن تک‌قطبی مسطح
۶۶	۴-۵ آنتن تک‌قطبی مسطح مربعی با شکاف T- شکل در صفحه‌ی زمین
۶۶	۴-۵-۱ شبیه‌سازی آنتن و بررسی تاثیر پارامترهای آنتن روی تلفات برگشتی
۶۹	۴-۵-۲ ساخت و اندازه‌گیری آنتن تک‌قطبی مسطح
۷۱	۵- نتیجه‌گیری
۷۲	۶- پیشنهادات
۷۳	۷- مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: ساختار آنتن میکرواستریپ ۳
- شکل ۱-۲: آنتن میکرواستریپ دایروی ۵
- شکل ۱-۳: مدهای انتشار یافته در آنتن میکرواستریپ مثلثی ۶
- شکل ۱-۴: ساختار آنتن میکرواستریپ slot ۷
- شکل ۱-۵: نمونه‌هایی از اعمال اتصال کوتاه بر روی آنتن‌های با زیرلایه نازک برای کوچک‌سازی ۱۰
- آنتن در (a) آنتن مستطیلی، (b) آنتن دایروی و، (c) آنتن مثلثی ۱۰
- شکل ۱-۶: هندسه یک نمونه از آنتن میکرواستریپ با سطح تشعشعی تصحیح شده ۱۱
- شکل ۱-۷: هندسه یک آنتن مستطیلی میکرواستریپ کوچک شده با صفحه زمین تصحیح شده ۱۲
- شکل ۱-۲: میدان‌های *fringing* و ساختار معادل آنتن با ضریب دی الکتریک موثر ۱۵
- شکل ۲-۲: مدار معادل آنتن میکرواستریپ به روش خط انتقال ۱۶
- شکل ۲-۳: توزیع بارها بر روی آنتن میکرواستریپ ۱۷
- شکل ۲-۴: آنتن میکرواستریپ بادستگاه مختصات راست گرد ۱۹
- شکل ۲-۵: مدهای مختلف انتشار یافته در آنتن میکرواستریپ ۲۰
- شکل ۲-۶: جریان معادل مغناطیسی ۲۱
- شکل ۲-۷: آنتن میکرواستریپ بر روی یک لایه دی الکتریک زمین شده ۲۲
- شکل ۱-۳: (a) آنتن دوقطبی، (b) آنتن تک‌قطبی. ۳۱
- شکل ۲-۲: آنتن‌های تک‌قطبی مسطح با ساختارهای هندسی متفاوت. ۳۱
- شکل ۳-۳: توزیع جریان نرمالیزه شده در سه مد مشخصات (J_n) اولیه: (a) تک‌قطبی مربعی، (b) تک‌قطبی مثلثی وارونه، (c) تک‌قطبی مثلثی، (d) تک‌قطبی دایروی. ۳۲
- شکل ۳-۴: تغییرات زاویه‌ی مشخصات (α_n) با تغییرات فرکانس که به جریان مدهای خلاصه شده در شکل (۳-۳) مربوط می‌شود. ۳۳
- شکل ۳-۵: میزان تاثیر VSWR های کیفی در VSWR کل. ۳۵

- ۳۹ شکل ۳-۶: شکل هندسی آنتن تک قطبی مستطیلی مسطح با تغذیه‌ی دوگانه
- ۳۹ شکل ۳-۷: VSWR به دست آمده برای آنتن ارائه شده در شکل ۴.
- ۴۰ شکل ۳-۸: توزیع جریان کلی محاسبه شده با نرم افزار IE3D در دو فرکانس (a) 3 GHz (b) 10 GHz
- ۴۰ شکل ۳-۹: پترن‌های تشعشعی به دست آمده در 3GHz و 10 GHz
- ۴۴ شکل ۳-۱۰: ساختارهای مختلف PMA با نقاط تغذیه‌ی مختلف
- شکل ۳-۱۱: تغییرات طول خط تغذیه p نسبت به تغییرات فرکانس لبه‌ی باند پایین تر f_l برای PMAهای مربوط به شکل ۳-۱۰ (a).
- ۴۵
- ۴۶ شکل ۳-۱۲: تغییرات طول خط تغذیه p نسبت به تغییرات فرکانس لبه‌ی باند پایین تر f_l برای PCMA و PEMA
- شکل ۳-۱۳: PEM با $2A=4.8$ و $2B=5.2$ cm, () 4 cm, () 2 cm, (---) 1 cm,
- ۴۷
- ۴۹ شکل ۳-۱۴: مکان هندسی امپدانس و نمودار تلفات برگشتی برای چهار PEMA با $2A=4.8$ و $2B=5.2$
- ۵۰ شکل ۳-۱۵: توزیع جریان شبیه‌سازی شده در فرکانس‌های 1 GHz, 3 GHz, 5 GHz and 7 GHz
- ۵۰ شکل ۳-۱۶: تغییرات بهره و عملکرد برای PEMA با $2A=4.8$ cm و $2B=5.2$ cm
- شکل ۳-۱۷: نمودارهای تلفات برگشتی برای PEMA با $2A=4.8$ cm و $2B=5.2$ cm، اندازه‌گیری شده (----)، شبیه‌سازی شده (خط ممتد).
- ۵۱
- ۵۴ شکل ۴-۱: شکل هندسی آنتن تک قطبی مستطیلی با تغذیه دوگانه (زیرلایه از جنس FR4 با ضخامت 1.6mm).
- ۵۵ شکل ۴-۲: تاثیر مقادیر مختلف d (فاصله هوایی) بر روی مقدار VSWR.
- ۵۶ شکل ۴-۳: تاثیر مقادیر مختلف α و β بر روی مقدار VSWR.
- شکل ۴-۴: (a) مشخصات VSWR شبیه‌سازی شده برای آنتن تک قطبی مورد نظر به ازای مقادیر مختلف W_{g1} ، (b) مشخصات VSWR شبیه‌سازی شده برای آنتن تک قطبی مورد نظر به ازای مقادیر مختلف W_{g2} .
- ۵۶ شکل ۴-۵: (a) ساختار هندسی آنتن با تغذیه دوگانه، (b) مشخصات VSWR شبیه‌سازی شده برای آنتن تک قطبی مورد نظر به ازای مقادیر مختلف ابعاد این شکاف و حالت بدون شکاف.
- ۵۷ شکل ۴-۶: مقادیر شبیه‌سازی شده پترن تشعشی برای آنتن تک قطبی مسطح در فرکانس 4.2 GHz
- ۵۸ (a) حالت بدون شکاف، (b) حالت تغذیه دوگانه.

شکل ۴-۷: (a) آنتن تک قطبی مسطح مستطیلی با تغذیه دوگانه، (b) مشخصات VSWR شبیه سازی شده

۵۹

و اندازه گیری شده برای آنتن تک قطبی مسطح.

شکل ۴-۸: پترن تشعشی اندازه گیری شده برای آنتن تک قطبی مسطح، (a) فرکانس 3GHz، (b) فرکانس 6GHz،

۵۹

(c) فرکانس 9GHz.

۶۰

شکل ۴-۹: شکل هندسی آنتن تک قطبی مربعی (زیر لایه از جنس FR4 با ضخامت 1.6mm).

۶۱

شکل ۴-۱۰: تاثیر مقادیر مختلف d (فاصله هوایی) بر روی مقدار S_{11} .

شکل ۴-۱۱: آنتن های تک قطبی مسطح با سطح تشعشی مربعی، (a) حالت بدون شکاف، (b) آنتن با شکاف مستطیلی،

۶۲

(c) آنتن با شکاف T-شکل.

۶۲

شکل ۴-۱۲: تاثیر حالت های مختلف بر روی مقدار S_{11} (مربوط به آنتن های شکل (۴-۱۱)).

شکل ۴-۱۳: (a) مشخصات S_{11} شبیه سازی شده برای آنتن تک قطبی مورد نظر به ازای مقادیر مختلف L_{S1} ،

(b) مشخصات S_{11} شبیه سازی شده برای آنتن تک قطبی مورد نظر به ازای مقادیر مختلف W_{S1} (c) مشخصات S_{11}

شبیه سازی شده برای آنتن تک قطبی مورد نظر به ازای مقادیر مختلف L_{S2} ، (a) مشخصات S_{11} شبیه سازی شده برای

۶۳

آنتن تک قطبی مورد نظر به ازای مقادیر مختلف W_{S2} ،

شکل ۴-۱۴: مشخصات S_{11} شبیه سازی شده برای آنتن تک قطبی مورد نظر به ازای مقادیر مختلف ابعاد شکاف

۶۴

و حالت بدون شکاف.

شکل ۴-۱۵: (a) آنتن تک قطبی مسطح مربعی، (b) مشخصات S_{11} شبیه سازی شده و اندازه گیری شده برای آنتن

۶۴

تک قطبی مسطح.

شکل ۴-۱۶: پترن تشعشی اندازه گیری شده برای آنتن تک قطبی مسطح، (a) فرکانس 4 GHz، (b) فرکانس 8 GHz،

۶۵

(c) فرکانس 11 GHz.

۶۶

شکل ۴-۱۷: شکل هندسی آنتن تک قطبی مستطیلی با ساختار خودمکملی در فاصله هوایی

۶۶

شکل ۴-۱۸: تاثیر مقادیر مختلف d (فاصله هوایی) بر روی مقدار S_{11} .

شکل ۴-۱۹: آنتن های تک قطبی مسطح با سطح تشعشی مربعی، (a) حالت بدون شکاف، (b) آنتن مستطیلی با شکاف

۶۷

در صفحه زمین، (c) آنتن مستطیلی با شکاف در سطح تشعش کننده

۶۸

شکل ۴-۲۰: تاثیر حالت های مختلف بر روی مقدار S_{11} (مربوط به آنتن های شکل (۴-۱۹)).

شکل ۴-۲۱: ایجاد ساختار خودمکمل در فاصله هوایی

۶۸

شکل ۴-۲۲: (a) شبیه‌سازی شده برای آنتن تک‌قطبی موردنظر به ازای مقادیر مختلف W_1 ، (b) شبیه‌سازی شده

۶۹

برای آنتن تک‌قطبی موردنظر به ازای مقادیر مختلف L_1

شکل ۴-۲۳: (a) آنتن تک‌قطبی مسطح مستطیلی با تغذیه دوگانه، (b) مشخصات S_{11} شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده

۶۹

برای آنتن تک‌قطبی مسطح

شکل ۴-۲۴: پترن تشعشعی اندازه‌گیری شده برای آنتن تک‌قطبی مسطح، (a) فرکانس 3 GHz، (b) فرکانس 6 GHz

۷۰

(c) فرکانس 9 GHz

چکیده

در این پایان‌نامه، انواع آنتن‌های میکرواستریپ و روشهای تحلیل آن مورد بررسی قرار گرفته است. از میان آنتن‌های میکرو استریپ، آنتن‌های تک‌قطبی میکرواستریپ به دلیل داشتن پارامترهای بیشتری برای طراحی و همچنین ساده تر بودن طراحی و تحلیل آنها، به کار گرفته شده است. در ادامه، آنتن‌های تک‌قطبی میکرواستریپ پهن‌بند توضیح داده شده و در آخر، چندین طرح جدید برای آنتن تک-قطبی مسطح پهن‌بند ارائه شده است. نتایج شبیه‌سازی آنتن‌ها با استفاده از نرم افزار HFSS انجام گرفته که این نتایج با نتایج اندازه‌گیری شده که از آنتن‌های اصلی در مرکز تحقیقات مخابرات صورت گرفته مقایسه شده است. پارامترهای آنتن از قبیل $VSWR$ و پترن تشعشی آنتن هم با نرم افزار HFSS و هم از طریق اندازه‌گیری با دستگاه Network Analyser در آزمایشگاه آنتن در پایان آورده شده است که تمامی این نتایج تطابق خوبی با یافته‌های آزمایشگاهی دارند.

مقدمه

یک دسته از آنتن هائی که در دههٔ اخیر مورد توجه محققان و پژوهشگران قرار گرفته، آنتن های میکرواستریپ می باشد. مفهوم آنتن میکرواستریپ برای نخستین بار در سال ۱۹۵۳ توسط Deschampe در آمریکا، Cutton و Bassinat در فرانسه ارائه شد. مدتی بعد Lewin تشعشع از ناپیوستگی یک خط میکرواستریپ را مورد بررسی قرار داد. در سال ۱۹۶۰، Calio آنتن با سگح تشعشعی مستطیلی و مربعی را بررسی کرد، اما به علت عدم وجود امکانات مناسب برای پیاده سازی، عدم وجود (پیدایش) عناصر دی الکتریک با ضریب دی الکتریک های مختلف، ضریب جذب دمای مناسب، تانژانت تلفات پایین و نبودن یک مدل دقیق ساخت اینگونه آنتن ها به تعویق افتاد. اینگونه آنتن ها از زمان ارائه تاکنون موارد کاربردی مختلفی پیدا کرده اند. از جمله دلایلی که استفاده از آنتن های میکرواستریپ متداول کرده می توان به وزن و حجم کم، ارزانی، قابلیت تولید انبوه، قابلیت کار با عناصری فعال، قابلیت تطبیق با مدارات مجتمع، همچنین سادگی ساخت در سیستم های ارتباطی شخصی و ارتباطات ماهواره ای اشاره نمود. یک آنتن میکرواستریپ در ساده ترین شکل از یک عنصر تشعشع کننده، یک لایه عایقی و یک صفحه زمین تشکیل شده است. این آنتن ها دارای پلاریزاسیون خطی بوده، ولی می توان در آنها به پلاریزاسیون دایروی دست یافت. مهمترین عامل محدود کننده در استفاده از آنتن های میکرواستریپ پهنای باند کم آنها می باشد. برای رفع این نقیصه تاکنون تحقیقات زیادی انجام شده و روشهای متعددی برای افزایش پهنای باند این گروه از آنتن ها ارائه گردیده است. استفاده از مد های بالاتر آنتن های میکرواستریپ نیز یکی از روشهای افزایش پهنای باند آنتن های میکرواستریپ می باشد.

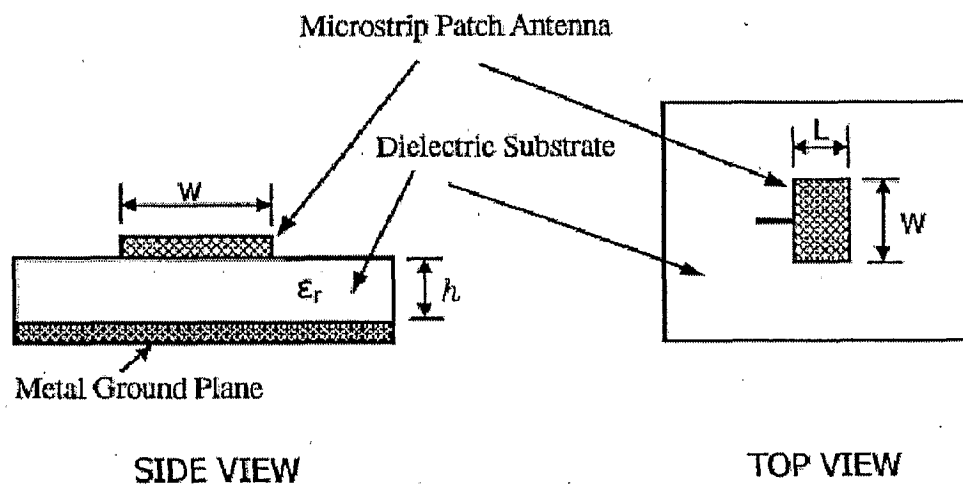
برای تحلیل آنتن های میکرواستریپ روش های متعددی ارائه شده است که می توان به روش های خط انتقال، Cavity، روش گشتاورها اشاره نمود. روش خط انتقال به دلیل ساده سازی های انجام شده در آن از دقت پایینی در مدل سازی آنتن میکرواستریپ برخوردار است. در حالی که روش هایی مانند مدل Cavity و Generalized Green Function به دلیل اینکه در آنها از فرض های کمتری در تحلیل استفاده می شود، دارای دقت بیشتری نسبت به مدل خط انتقال می باشد. روش گشتاورها که با استفاده از توابع گرین و توزیع جریان روی سطح آنتن میکرواستریپ می پردازد، از دقت مناسبی در مدل سازی آنتن ها برخوردار است.

فصل ۱

آنتن های میکرواستریپ

۱-۱ مقدمه

آنتن میکرواستریپ در دهه‌ی اخیر در میان تئوری و طراحی آنتن‌ها بیشترین توجه را به خود معطوف داشته و کاربرد آن در سیستم‌های میکروویو مدرن هر روز بیشتر می‌شود. آنتن میکرواستریپ همانگونه که در شکل ۱-۱ نشان داده شده، با قرار گرفتن یک سطح تشعشعی (یک صفحه فلزی) بر روی یک لایه دی الکتریک تشکیل می‌شود. ضریب دی الکتریک برای این ساختار می‌تواند در حدود $\epsilon_r \leq 10$ باشد. طرف دیگر صفحه دی الکتریک زمین ساختار (آنتن) قرار دارد. آنتن میکرواستریپ معمولاً از مس یا طلا با اشکال مختلف ساخته می‌شود. هر چه شکل آنتن منظم تر باشد، تحلیل آنتن ساده تر خواهد بود. اما در مورد ضریب دی الکتریک باید این نکته را بیان کرد که هر چه ϵ_r کوچکتر باشد میدانهای نشتی افزایش پیدا کرده و به همین دلیل تشعشع آنتن بیشتر می‌شود [1].



شکل ۱-۱: ساختار آنتن میکرواستریپ

آنتن های میکرواستریپ دارای عملکرد خوبی در فرکانسهای بین ۱۰۰ MHz تا ۵۰ GHz می باشند. این آنتن ها مزیت های زیادی نسبت به دیگر آنتنهای میکروویوی دارند. از جمله مزایای آنتن های میکرواستریپ : وزن کم، حجم کم، مسطح بودن، هزینه ساخت پایین، باریک بودن (ضخامت کم) ، استفاده در هواپیما و فضاپیما (به علت عدم تأثیر بر شرایط Aerodynamic)، به آسانی بر روی

موشکها نصب می شود، دارای پلاریزاسیون متقاطع کم می باشد، با تغذیه می توان پلاریزاسیون دایروی (راست گرد و چپ گرد) و خطی تولید کرد، دارای خاصیت Dual Band، قابلیت اتصال به عناصر حالت جامد مثل نوسان سازها، تقویت کننده ها و تضعیف کننده ها را دارد و خط تغذیه و شبکه تطبیق به همراه آنتن ساخته می باشد. معایب متداول این آنتن ها نیز عبارتند از: باریک بودن پهنای باند، تلفات زیاد، پایین بودن گین، اکثر آنتن های میکرواستریپ به صورت نیم صفحه تشعشع می کنند، ایزولاسیون خوبی بین تغذیه و آنتن وجود ندارد، امکان تحریک موجهای سطحی وجود دارد و توان کم.

به دلیل مزایایی که برای آنتن های میکرواستریپ بیان شد و با مرتفع شدن مشکلات استفاده از این گونه آنتن ها نظیر عدم وجود عناصر دی الکتریک با ثابت دی الکتریک مناسب و پایین بودن دقت ساخت، به تدریج کاربردهای زیادی در مخابرات و ارتباط ماهواره ای و شخصی مانند تلفن های همراه پیدا کرد. بعضی از کاربردهای آنتن های میکرواستریپ عبارتند از ارتباط ماهواره ای، رادارها، ارتفاع سنجی، کنترل (کنترل موشک و ...)، تغذیه آنتن های پیچیده، ناوبری ماهواره ای، در ساخت تشعشع کننده در مهندسی پزشکی

۲-۱ دسته بندی آنتن های میکرواستریپ

آنتن های میکرواستریپ با توجه به مزایای آن، آسانی ساخت و شکل دهی، می تواند به اشکال مختلفی ساخته شود. البته هر کدام از آنها دارای مزایایی هستند که در موارد خاصی بر دیگر آنتن ها برتری دارند.

آنتن های میکرواستریپ می تواند به صورت زیر دسته بندی شود:

- ۱- آنتن های میکرواستریپ مستطیلی
- ۲- آنتن های میکرواستریپ مثلثی
- ۳- آنتن های میکرواستریپ دایروی
- ۴- آنتن های میکرواستریپ شکافی

۱-۲-۱ آنتن های میکرواستریپ مستطیلی

این آنتن از قرار گرفتن یک سطح تشعشی مستطیلی بر روی یک زیرلایه که طرف دیگر آن زمین می باشد، تشکیل می شود. معمولاً

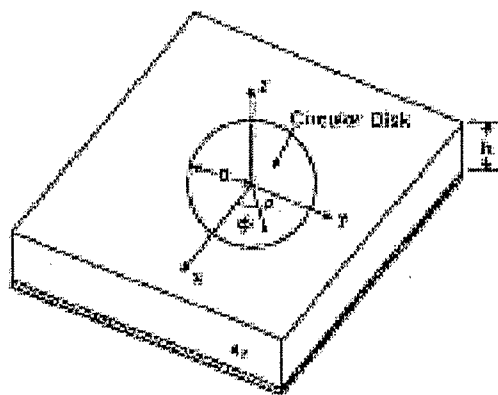
آنتن های میکرواستریپ به صورت Broad Side تشعشع می کنند، ولی با در نظر گرفتن طول آنتن در بازه $\frac{\lambda}{2} \leq L \leq \frac{\lambda}{3}$ در $\frac{\lambda}{2}$

آنتن های میکرواستریپ مستطیلی می توان به تشعشع End Fire دست یافت [2].

در آنتن های میکرواستریپ مستطیلی اگر ضریب دی الکتریک پایین و ضخامت زیاد فرض شود، سبب افزایش کارایی و پهنای باند می گردد. البته این دو فرض سبب افزایش تلفات تشعشی آنتن می شود. حال اگر در این آنتن، ضریب دی الکتریک بالا و ضخامت کم انتخاب شود پهنای باند باریک و کوپل بین آنتن و تغذیه حداقل و تلفات زیاد می شود که کاربرد فراوانی در مدارات میکروویو دارد.

۲-۲-۱ آنتن های میکرواستریپ دایروی

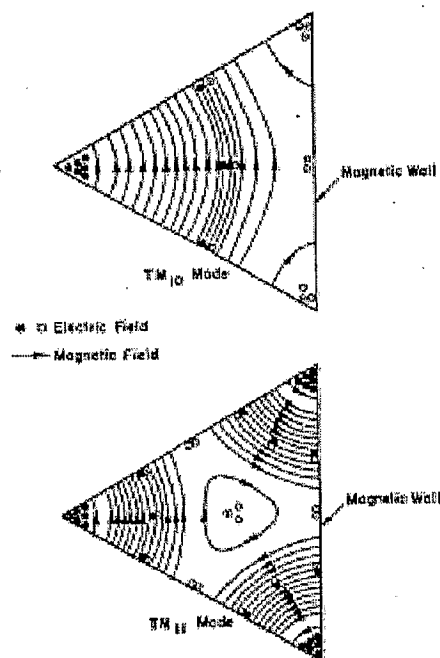
عملکرد آنتن های میکرواستریپ دایروی مانند آنتن های مستطیلی می باشد اما در بعضی از کاربردها مانند آرایه ها، آنتن های میکرواستریپ دایروی برتری دارند. شکل فیزیکی این آنتن ها به سادگی برای دستیابی به امپدانس ورودی و فرکانس نوسان مناسب قابل اصلاح می باشند. شکل ۲-۱ این نوع آنتن را نشان می دهد.



شکل ۲-۱: آنتن میکرواستریپ دایروی

۳-۲-۱ آنتن های میکرواستریپ مثلثی

این آنتن به خاطر استفاده در آرایه از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. شکل ۳-۱ دو مد انتشار یافته در آن را نشان می دهد [1].



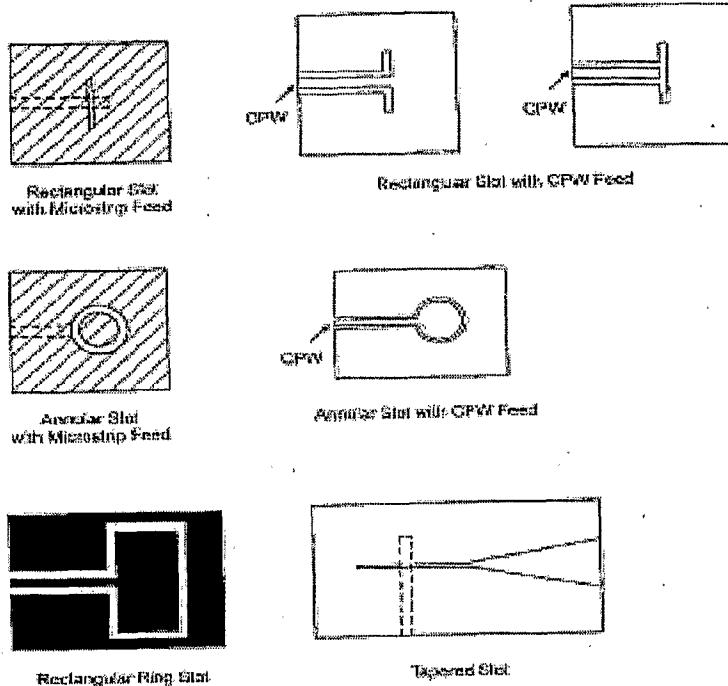
شکل ۳-۱: مدهای انتشار یافته در آنتن مایکرواستریپ مثلثی

۴-۲-۱ آنتن های مایکرواستریپ شکافی

این آنتن ها از یک مایکرواستریپ که در دو طرف یک زیرلایه قرار دارند تشکیل می شود. این آنتن ها دارای مزیت هایی از جمله پهنای باند وسیع، پترن تشعشعی دوجتهی و آسانی ساخت می باشند. شکل ۴-۱ اشکال مختلف این آنتن ها را نشان می دهد [2].

۳-۱ پارامتر های مؤثر در طراحی آنتن مایکرواستریپ مستطیلی

آنتن مایکرواستریپ می تواند هم به عنوان یک عنصر مجزا و هم به صورت مجموعه ای از عناصر (آرایه) بکار گرفته شوند. در هر کدام از این موارد، طراحی یک عنصر (آنتن) باید طوری صورت گیرد که در فرکانس مورد نظر بیشترین کارایی را داشته باشد [3].



شکل ۱-۴: ساختار آنتن مایکرواستریپ slot

۱-۳-۱ انتخاب زیر لایه

اولین قدم در طراحی آنتن مایکرواستریپ انتخاب یک زیر لایه با ضخامت و تانژانت تلفات مناسب می باشد. استفاده از زیر لایه ضخیم علاوه بر محکم تر شدن آنتن، سبب افزایش توان تشعشی، کاهش تلفات هدایتی، افزایش پهنای باند می گردد. در هر حال این امر باعث افزایش وزن، تانژانت تلفات دی الکتریک، تلفات امواج سطحی و اضافه شدن تشعشع از Probe می شود. یک آنتن مایکرواستریپ مستطیلی با ضخامت بزرگتر از $(0.11 \lambda_0)$ راکتانس اعمالی Probe تشعشع می کند. ϵ_r در این اندازه گیری ۲/۵۵ در نظر گرفته شده است). ثابت دی الکتریک ϵ_r ، نقشی مانند ضخامت زیر لایه در آنتن های مایکرواستریپ دارد. مقدار کوچک ϵ_r سبب افزایش میدان های نشتی در اطراف آنتن و افزایش میدان های تشعشی می شود. بنابراین، زیر لایه با $\epsilon_r < 2/5$ در طراحی های آنتن های مایکرواستریپ مناسب می باشد. افزایش ضخامت زیر لایه مانند کاهش ϵ_r در آنتن های مایکرواستریپ می باشد. افزایش ضریب تانژانت تلفات یکی از عوامل مؤثر در کاهش کارایی آنتن های مایکرواستریپ می شود. دیگر از عوامل طراحی انتخاب زیر لایه مورد نظر می

باشد. از جمله های زیر لایه های پر کاربرد در طراحی آنتن های میکرواستریپ می توان به ($\epsilon_r = 1.07$) Honeycomb، ($\epsilon_r = 2.32$) = Duroid ($\epsilon_r = 4/4$)، FR4 ($\epsilon_r = 1.0/2$)، Alumina اشاره کرد.

۱-۳-۲ پهنا و طول آنتن

پهنای آنتن نقش چندانی بر فرکانس نوسان و پترن تشعشی ندارد در حالی که بر مقاومت ورودی، پهنای باند و توان تشعشی تأثیر گذار می باشد. با انتخاب پهنای زیاد برای آنتن، توان تشعشی افزایش پیدا کرده که سبب کاهش مقاومت ورودی، افزایش پهنای باند و افزایش کارایی تشعشی می گردد. با انتخاب مناسب محل تغذیه می توان پهنا را بزرگتر از طول، بدون تحریک مدهای دیگر در آنتن فرض نمود. پهنای آنتن علاوه بر موارد بیان شده بر پلاریزاسیون مقاطع نیز تأثیر گذار می باشد. بنابراین باید پهنا طوری در نظر گرفته شود که کارایی تشعشی آنتن بیشترین مقدار قابل حصول باشد. در عمل توصیه می شود از رابطه $1 < \frac{W}{L} < 2$ بین پهنا و طول آنتن استفاده شود.

۱-۳-۳ محل تغذیه آنتن

پس از طراحی ابعاد آنتن W و L بر روی یک دی الکتریک قدم بعدی در طراحی، تعیین محل تغذیه برای دستیابی بهترین تطبیق بین امپدانس کابل کوکسیال و امپدانس ورودی آنتن می باشد.

امپدانس ورودی در فرکانس رزونانس در مد TM_{10} توسط رابطه (۱-۱) محاسبه می شود.

$$R_{in} = R_r \cos^2(\pi x_f / L) \quad (1-1)$$

که x_f فاصله محل تغذیه از لبه آنتن و R_r امپدانس ورودی آنتن با تغذیه از لبه می باشد. لازم به توضیح اینکه محل تغذیه می تواند از هر نقطه دلخواه در امتداد پهنای آنتن باشد. مناسب ترین محل برای آنتن هایی که $L > W$ است، نقطه $(x_f, W/2)$ می باشد. در مرجع [3] یک روش برای محاسبه x_f بدون نیاز به مقاومت تشعشی ارائه شده است.