١٤٨٨٧٨

دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق- مخابرات

طراحی، شبیه سازی و ساخت آنتن تک قطبی مسطح فرا پهن باند جدید

عبدالرحمن آبگرمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

اساتید راهنما:

- دکترجواد نوری‌نیا
- دکتر چنگیز قبادی

۱۳۸۹/۱۰/۲۹

بهمن- 1388

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
IRANDOC

۱۴۸۸۷۸

پایان‌نامه ..... عبدالرحمن ..... به تاریخ ..... ۸۸/۱۲/۱۲ شماره ..... ۸۴-۳ ..... مورد پذیرش

هیئت محترم داوران با رتبه ..... و نمره ..... ۱۷/۵ ..... قرار گرفت.

هفده و نیم

1- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران

2- استاد مشاور : ـــــ

3- داور خارجی :

4- داور داخلی :

5- نماینده تحصیلات تکمیلی :

تقدیم به

- روح بلند پدر و مادرم، که هر آنچه در توان داشتند، دریغ نکردند.

- برادر بزرگم جناب آقای مهندس قنبر آبگرمی ، که هر چه دارم ، مدیون رهنمودهای اوست.

- همسر صبور و فداکارم، که در طول تحقیقات همواره مشوق و یار و یاور من بود.

- به دختر و پسرم ، صحرا و سینا که بخاطرشان از هیچ تلاش صادقانه ای فروگذار نخواهم کرد.

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 محمد اجارودی، مهندس رضا ذاکر، مهندس مرتضی رضائی، مهندس عقیل درخشان، مهندس صولت، مهندس اخلاق پسند، مهندس میرعبداللهی 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.

چکیده

پایان‌نامه حاضر به بررسی انواع آنتن های تک قطبی مایکرواستریپ و روشهای افزایش پهنای باند آن پرداخته است. این آنتن‌ها، دارای خاصیت پهن باند می‌باشند. هدف اصلی این پایان‌نامه، تمرکز بر ارائه طرح جدید برای آنتن تک قطبی مسطح پهن‌باند با خاصیت تشعشعی در حوزه UWB می‌باشد. با تحلیل پارامتری آنتن ارائه شده و ارائه یک ساختار جدید، این قابلیت تشعشعی برای آنتن ایجاد شده است.

در این پایان‌نامه، تک قطبی مسطح باشکل شش‌ضلعی مورد بحث قرار گرفته است. منحنی طراحی که برای خط تغذیه‌ی ریز نوار Ω 50 که منجر به بیشترین پهنای باند برای فرکانس لبه‌ی باند پایین‌تر می‌شود، در نظر گرفته شد. این منحنی‌های طراحی که شامل فرکانس لبه‌ی پایین‌تر از 3/5 GHz تا 10/6 GHz میباشد، برای کاربردهای فراپهن‌باند مورد استفاده قرار میگیرد. وجود خاصیت تشعشعی در حوزه UWB در این آنتن ارائه و تحلیل شده است. تمامی این نتایج تطابق خوبی با یافته‌های آزمایشگاهی دارند. برخی از جنبه‌های طراحی این آنتن‌ها در این پایان‌نامه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج شبیه سازی آنتن با استفاده از نرم افزار HFSS انجام گرفته که این نتایج با نتایج اندازه گیری شده که از آنتن اصلی در مرکز تحقیقات مخابرات صورت گرفته، مقایسه شده است. پارامترهای آنتن ار قبیل تلفات برگشتی و پترن تشعشعی آنتن، هم با نرم افزار HFSS و هم از طریق اندازه گیری با دستگاه Network Analyser در آزمایشگاه آنتن در پایان آورده شده است که تمامی این نتایج تطابق خوبی با یافته‌های آزمایشگاهی دارند.این آنتن علیرغم ابعاد نسبتا" بزرگ والبته در حد معقول، بسیار انعطاف پذیر بوده و با توجه به استفاده از شش تکنیک افزایش پهنای باند و تطبیق امپدانس خوب ، تنها با تعویض زیر لایه، از حالت UWB به چند بانده تبدیل میشود. همچنین این آنتن دارای بهره بالاتر نسبت به آنتن های مشابه و ساختار ساده- تری میباشدکه برای جلوگیری از کوچک شدن بیش از حد پیچ تشعشعی، تغییرات در گراند ایجاد شده است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول	
1- آنتن های مایکرواستریپ	**1**
1-1 مقدمه	**1**
1-2 ویژگی‌های آنتن‌های مایکرو استریپ	**2**
1-3 مزایای آنتنهای مایکرو استریپ	**4**
1-4 معایب آنتنهای میکرو استری	**5**
1-5 کاربردهای آنتن‌های مایکرواستریپ	**5**
1-6 اصول اساسی عملکرد آنتن‌های مایکرواستریپ	**6**
1-7 مقایسه کوتاه بین دی‌پل مایکرواستریپ و پچ مایکرواستریپ	**7**
1-8 میدان‌های تشعشعی	**8**
1-9 بررسی کلی پلاریزاسیون آنتن‌ها	**8**
1-10 روش‌های تغذیه در آنتن‌های مایکرواستریپ	**10**
1-10-1 تغذیه پروب کواکسیال	**10**
1-10-2 تغذیه بروش خط مایکرو استریپی	**11**
1-11 ساختارهای مختلف آنتن‌های مایکرواستریپ مجتمع	**12**
1-11-1 آنتن های مایکرواستریپ موج رونده	**12**

2-11-1 آنتن های مایکرواستریپ شکافی 13

3-11-1 آنتن های مایکرواستریپ با اشکال مختلف 13

فصل دوم

2- تحلیل و طراحی ساختارهای مختلف آنتن‌ها برای کاربردهای فراپهن‌باند UWB 15

1-2 مقدمه 15

2-2 ساختارهای مختلف آنتن ها برای کاربردهای UWB 16

1-2-2 - آنتن تک‌قطبی با آستین دی‌الکتریک و پهنای باند UWB 16

2-2-2 - آنتن‌های مایکرواستریپ شکاف‌دار 19

1-2-2-2 آنتن شکاف دار با شکاف دایروی و بیضوی با سطح تشعشعی U- شکل با تغذیه ریزنوار 20

2-2-2-2 آنتن شکاف دار با شکاف دایروی و بیضوی با سطح تشعشعی U- شکل با تغذیه CPW 22

3-2-2-2 آنتن‌های مایکرواستریپ شکاف‌دار خطی برای کاربردهای فراپهن‌باند 26

4-2 نتیجه‌گیری 28

فصل سوم

3- آنتن‌های مایکرواستریپ تک‌قطبی مسطح برای کاربردهای UWB 29

1 -3 مقدمه 29

2-3 ساختارهای مختلف آنتن های مایکرواستریپ تک‌قطبی مسطح برای کاربردهای UWB 30

1-2-3 آنتن تک‌قطبی مسطح مستطیلی با تغذیه دوگانه 30

1-1-2-3 شبیه‌سازی آنتن و بررسی تاثیر پارامترهای آنتن روی نسبت موج ایستاده (VSWR) 30

2-1-2-3 ساخت و اندازه‌گیری آنتن تک‌قطبی مسطح 34

3-2-2 آنتن تک‌قطبی مسطح مربعی با شکاف T- شکل در صفحه‌ی زمین 36

3-2-2-1 شبیه‌سازی آنتن و بررسی تاثیر پارامترهای آنتن روی تلفات برگشتی 37

3-2-2-2 ساخت و اندازه‌گیری آنتن تک‌قطبی مسطح 40

3-2-3 آنتن تک‌قطبی مسطح مستطیلی با ساختار خودمکملی در فاصله‌هوایی 42

3-2-3-1 شبیه‌سازی آنتن و بررسی تاثیر پارامترهای آنتن روی تلفات برگشتی 44

3-2-3-2 ساخت و اندازه‌گیری آنتن تک‌قطبی مسطح 47

3-2-4 آنتن تک‌قطبی مسطح مستطیلی با تغییرات پله‌ای 49

فصل چهارم

4- شبیه‌سازی و ساخت آنتن تک‌قطبی مسطح برای کاربردهای UWB 53

4-1 مقدمه 53

4-2 محیط کاری نرم افزار HFSS 53

4-3 آنتن مایکرواستریپ تک‌قطبی مسطح برای کاربردهای UWB 55

4-3-1 شبیه‌سازی آنتن و مراحل طراحی 58

4-3-2 پیشنهاد ساختار تکمیلی 69

4-3-3 مقایسه با آنتن مرجع ارائه شده در مقالات[30] 70

4-3-4 ساخت و اندازه‌گیری آنتن مایکرواستریپ تک‌قطبی مسطح جدید 72

5- بهره آنتن جدید 76

6- نمودار VSWR آنتن جدید 77

7- نتیجه گیری 78

8- پیشنهادات 80

9- مراجع 81

فصل اول

1- آنتن های مایکرواستریپ

1-1- مقدمه

یک آنتن مایکرواستریپ، 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 گونه‌ای باید باشد که میدان‌های پراکندگی و تشعشع کننده از لبه‌های آنتن بیشتر باشد، بنابراین ثابت دی-الکتریک باید تا حد امکان کم باشد [3]-[1].

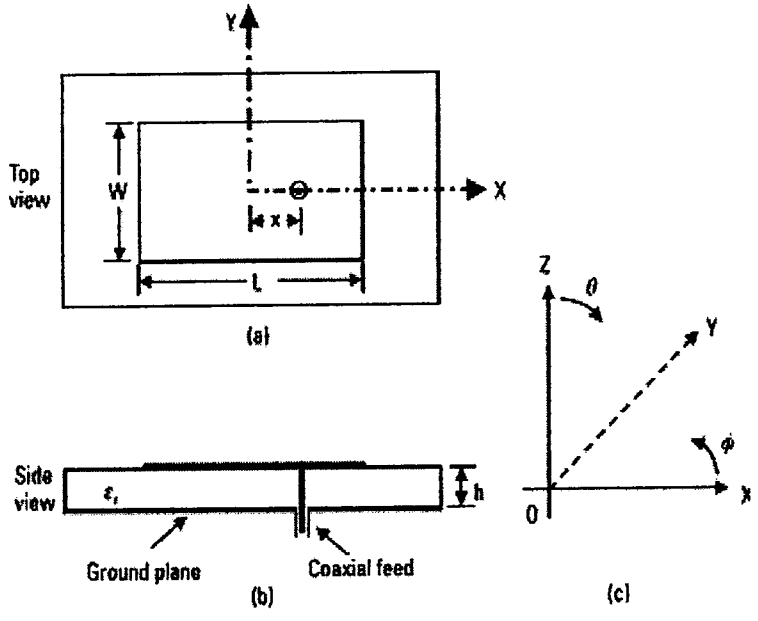
وقتی فرکانس سیگنال به فرکانس تشدید نزدیک می‌شود، دامنه جریان‌های سطحی که روی هادی جریان پیدا می‌کنند، اهمیت می‌یابند و تشدید هنگامی اتفاق می‌افتد که اندازه هادی به اندازه نصف طول موج برسد. رزوناتورهای مایکرواستریپ را می‌توان به دو دسته اصلی طبقه بندی کرد که بستگی به نسبت طول به عرض آنتن‌ها دارد. رزوناتورهایی که هادی آنها باریک است، دی پل مایکرواستریپ و رزوناتورهایی که پهن هستند، پچ‌های مایکرواستریپ نامیده می‌شوند. توزیع جریان طولی هر دو نوع آنتن برای مدار اصلی زیاد است، بنابراین پترن و گین آنها مشابه می‌باشد ولی مشخصات دیگر آنها می‌تواند با هم تفاوت داشته باشد (از قبیل امپدانس ورودی، لوب‌های جانبی و پلاریزاسیون).

وقتی فرکانس سیگنال نزدیک فرکانس تشدید باشد، رزوناتور مایکرواستریپ، یک بیم گسترده در جهت لبه جانبی[1] نسبت به صفحه آنتن تشعشع می‌کند. قسمت عمده سیگنال ورودی در تشعشع شرکت می‌کند و بنابراین رزوناتور بصورت یک آنتن عمل می‌کند. از آنجایی که بعد اصلی پچ باید به اندازه نصف طول موج باشد، بنابراین دایرکتیویته آن بسیار پایین است.

[1] Broad side

مثلا یک دی‌پل نصف طول موج، بطور معمول بین 5dB تا 6dB گین دارد و محدوده پهنای بیم 3dB آن از 70 تا 90 درجه می‌باشد.

در بسیاری از کاربردهای مایکروویو نیاز به آنتن‌هایی با دایرکتیویته بالا می‌باشد که در نتیجه، بیم آنتن باید باریک باشد. در این‌گونه موارد، یک پچ تنها مناسب نمی‌باشد بلکه باید از یک تعداد المانهای تشعشع کننده مشخصی که بصورت آرایه پریودیک قرارگرفته‌اند استفاده کرد و در این صورت دایرکتیویته 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 1-1- نمای جانبی و فوقانی آنتن مایکرواستریپ

1-2- ویژگی‌های آنتن‌های 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 میباشد.

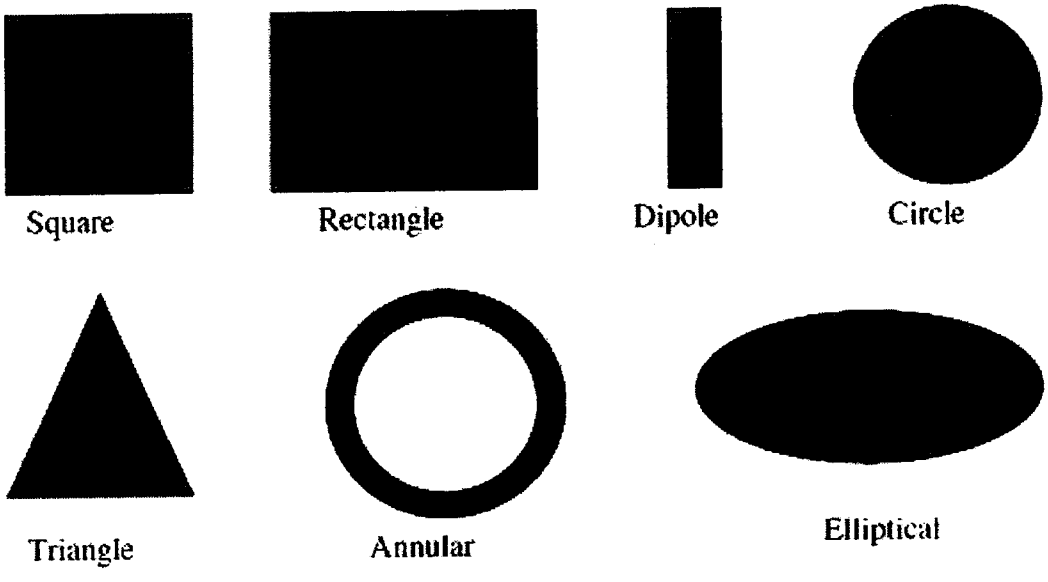
زیر لایه دی الکتریک اساساً بمنظور فراهم آوردن فضای مناسب و بعنوان نگهدارنده مکانیکی ما بین پچ و صفحه زمین بکار گرفته میشود. موادی با ثابت دی الکتریک بالا بعنوان زیر لایه برای گذاشتن پچ و کاهش اندازه آنتن بکار گرفته می‌شود. خصوصاً برای کاربردهای آرایه ای بزرگ زیر لایه بایستی کمترین اتلاف جاگذاری با تانژانت تلفات کمتر از 0/005 را داشته باشد.

عموماً مواد بکار گرفته شده بعنوان زیر لایه بر حسب ثابت دی الکتریک خود به سه دسته تقسیم میشود:

1. مواد با ثابت دی الکتریک εr در محدوده $1 < \varepsilon r < 2$. موادی مانند هوا ، فوم پلی‌استرین یا دی الکتریک لانه زنبوری[2] در این دسته قرار می‌گیرند.

2. مواد با ثابت دی الکتریک εr در محدوده $2 < \varepsilon r < 4$. موادی مانند فایبر گلاس ، تفلون مقاوم شده در این دسته قرار می‌گیرند.

3. مواد با ثابت دی الکتریک εr در محدوده $4 < \varepsilon r < 10$. موادی مانند سرامیک، کوارتز و آلومینا در این دسته قرار می‌گیرند.



شکل 1-2- اشکال هندسی شناخته شده قابل استفاده در طراحی آنتن پچ مایکرواستریپ

[2] Dielectric honeycomb

3-1- مزایای آنتنهای مایکرو استریپ

آنتن‌های مایکرواستریپ در مقایسه با آنتنهای مایکروویو متداول و مرسوم مزایای متعددی دارند. بنابراین کاربردهای متنوعی در بازه وسیع فرکانسی 100 مگا هرتز تا 100 گیگا هرتز برای آنها میتوان متصور شد. برخی از مزایای اصلی آنتن-های مایکرواستریپ در مقایسه با آنتن‌های مایکروویو متداول و مرسوم عبارتند از [3] :

- وزن کم، حجم کوچک، سهولت ایجاد ساختار مسطح که این موضوع سبب انطباق پذیری در بکارگیری در مدارات مجتمع می‌شود.
- سهولت امکان تولید انبوه به جهت هزینه پایین ساخت
- قابلیت ساخت بصورت ظریف و نازک. این موضوع سبب میشود که این آنتنها در صورت استفاده اختلالی در ساختار ایرودینامیک تجهیزات موشکی بوجود نمی‌آورند.
- قابلیت نصب بر روی تجهیزات موشکی و فضا پیمایی و ماهواره ای بجهت سهولت بکارگیری و نصب این آنتنها بدون نیاز به تجهیزات اضافی، بدون اینکه تغییر اساسی در ساختار آنها بوجود آورد.
- امکان دستیابی به پولاریزاسیون های خطی ، دایروی (راستگرد و چپگرد) با تغییر ساده در شکل هندسی پچ و تغییر محل تغذیه آنتن.
- قابلیت طراحی و ساخت آسان آنتنهایی برای کار در دو باند فرکانسی
- قابلیت تطبیق با طرح‌های مدولار در این آنتن‌ها وجود دارد (مدارات solid-state مانند: اسیلاتورها، تقویت کننده‌ها، تضعیف کننده‌ها، سوئیچ‌ها، مدولاتورها، میکسرها، انتقال فاز دهنده‌ها و غیره که بطور مستقیم به برد لایه عایق آنتن اضافه می‌شوند).
- خطوط تغذیه و شبکه‌های تطبیق، همزمان با ساختمان آنتن ساخته می‌شوند.

1-4- معایب آنتنهای میکرو استریپ

آنتن‌های میکرواستریپ در مقایسه با آنتن‌های متداول و مرسوم مایکروویو معایبی نیز بشرح ذیل دارد [3] :

- پهنای باند کم و باریک
- پایین بودن بهره بجهت وجود اتلاف در این آنتنها
- محدودیت عملی در بدست آوردن بهره بالا (حداکثر حدود 20dB)
- تشعشع و انتشار امواج در قسمتی از فضا، بگونه‌ای که این آنتن‌ها در تشعشع از انتها ضعیف هستند.
- احتمال تحریک امواج سطحی
- عدم وجود ایزولاسیون مناسب بین شبکه تغذیه و المانهای تتشعشع کننده
- پایین بودن قابلیت انتقال توان، لذا توان اندکی میتوان به این آنتنها اعمال کرد.

مجموع عوامل فوق الذکر باعث می‌شود که این آنتنها عموماً بعنوان گیرنده مورد استفاده قرار گیرند. هر چند راهکارهای مختلفی برای کاهش تاثیر این محدودیتها وجود دارد. بعنوان مثال، با استفاده از روشهای مخصوصی میتوان پهنای باند را تا 60٪ افزایش داد.بهره پایین و محدودیت در انتقال و اعمال توان را میتوان با ساختار آرایه‌ای مرتفع نمود. با استفاده از ساختارهای شکاف نوار فتونیک میتوان امکان تحریک امواج سطحی ، کیفیت و کارآیی پایین و افزایش کوپلینگ متقابل و کاهش بهره و افت پترن تشعشعی را به حداقل رساند.

1-5- کاربردهای آنتن‌های مایکرواستریپ

سیستمهای مهم و شایان توجهی که از آنتنهای میکرواستریپ سود می‌برند عبارتند از:

- ارتباطات ماهواره‌ای

- مسافت سنجی رادیویی موشک
- تجهیزات مورد استفاده در صنایع بسته‌بندی
- المانهای تغذیه در آنتنهای پیچیده
- گیرنده‌های ناوبری ماهواره
- تشعشع کننده های زیست-پزشکی[3]
- تجهیزات فرمان دهنده و کنترلی
- خدمات ماهواره‌ای پخش مستقیم
- سیستمهای مکان یابی عمومی[4]

1-6- اصول اساسی عملکرد آنتن‌های مایکرواستریپ

پچ فلزی در آنتنهای میکرواستریپ در واقع یک محفظه تشدید بوجود می‌آورد که پچ واقع در بالای زیرلایه بمنزله ضلع فوقانی محفظه و صفحه زمین بعنوان ضلع تحتانی و لبه‌های پچ بمثابه وجه‌های کناری محفظه می‌باشند.از اینرو پچ تقریباً مانند محفظه‌ای با رسانای الکتریکی کامل در سطوح بالا و پایین و یک رسانای مغناطیسی کامل در کناره‌ها 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 می‌باشد [4] از اینرو مدهای محفظه پچ با اندیسهای (m, n) قابل توصیف می‌باشد. فرم میدان الکتریکی پچ مستطیلی بشکل زیر میباشد:

$$E_z(x,y)=A_{mn}\cos(\frac{m\pi}{L}x)\cos(\frac{n\pi}{W}y) \qquad (1\text{-}1)$$

3 Biomedical
4 Global positioning system(GPS)

که در آن L طول و W عرض پچ می‌باشد. همچنین Amn متوسط دامنه موج و m , n شماره مد میباشد.پچ معمولاً در مد TM_{10} عمل نموده و L معرف اندازه تشدید بوده و میدان در جهت y اصولاً ثابت است. جریان سطحی $J_{sx}(x)$ ایجاد شده در زیر پچ فلزی در جهت x توسط معادله ذیل نشان داده میشود:

$$J_{SX}(x, y) = A_{10}\left(\frac{\pi/L}{j\omega\mu_0\mu_r}\right)\sin\left(\frac{\pi x}{L}y\right) \qquad (2\text{-}1)$$

برای این مد پچ بمنزله یک خط میکرواستریپ با پهنای W و طول تشدید L محسوب شده که تقریباً نصف طول موج در دی‌الکتریک خواهد بود. جریان در وسط پچ یا x=L/2 ماکزیمم مقدار خود را خواهد داشت در حالیکه ماکزیمم مقدار میدان در دو لبه تشعشع کننده یعنی x=0 و x=L خواهد بود.برای بدست آوردن بیشترین پهنای باند معمولاً پهنای w را بزرگتر از طول در نظر می‌گیرند.(عموماً W=1.5L).بنابراین پهنای باند متناسب با عرض W است.برای اجتناب از تحریک مدهای مرتبه بالاتر، عرض W بایستی کوچکتر از دو برابر طول L نگه داشته شود.

در ابتدا چنین بنظر میرسد چنانچه ضخامت زیرلایه نازک باشد، در اثر نزدیکی پچ به صفحه گراند، امکان اتصال کوتاه شدن جریان پچ بوجود آمده و آنتن میکرواستریپ با زیرلایه نازک تشعشع کننده خوبی نباشد.ولی این توجیه بایستی با تحلیل ذیل اصلاح گردد.در صورتیکه متوسط دامنه A_{10} ثابت در نظر گرفته شود، شدت میدان تشعشعی متناسب با ضخامت زیر لایه یا h خواهد بود.کیفیت محفظه (Q) نیز با کاهش ضخامت زیرلایه(h)افزایش خواهد یافت.بنابراین Q با h نسبت معکوس خواهد داشت.بنابراین دامنه A_{10} (دامنه متوسط میدان در حالت تشدید) با h نسبت معکوس خواهد داشت.از اینرو چنانچه از تلفات صرف نظر کنیم، شدت میدان تشعشعی از یک پچ مستقل از h خواهد بود.مقاومت ورودی در حالت تشدید نیز مستقل از h خواهد بود.بنابراین حتی در صورتیکه زیر لایه بکار رفته در آنتن پچ نازک باشد، این یک آنتن پچ تشعشع کننده خوبی خواهد بود، هر چند پهنای باند بدست آمده کوچک و باریک باشد.

1-7- مقایسه کوتاه بین دی‌پل مایکرواستریپ و پچ مایکرواستریپ

آنتن‌های دی‌پل با ابعاد کوچک برای بسیاری از کاربردها مناسب هستند اما پهنای باند آنها بسیار باریک می‌باشد. هیچ-گونه جریان عمودی روی یک دی‌پل باریک وجود ندارد و بنابراین، سطح پلاریزاسیون متقاطع آن پایین خواهد بود و آنتن‌های

پچ مایکرواستریپ دارای پهنای باند وسیع‌تری نسبت به دی‌پل‌ها خواهند بود. همچنین، پچ‌های مایکرواستریپ ممکن است بعضی از جریان‌های سطحی در جهت عمود را نیز تحریک کنند که در نتیجه، مؤلفه پلاریزه متقاطع ناخواسته را نیز مشخص می‌کنند که شدت آن وابسته به نوع تغذیه و محل آن نسبت به پچ می‌باشد.

1-8- میدان‌های تشعشعی

تشعشع آنتن‌های مایکرواستریپ از میدان‌های پراکندگی[5] بین لبه هادی آنتن مایکرواستریپ و صفحه زمین آن بوجود می‌آید. برای ساده شدن مطلب، آنتن مستطیلی مایکرواستریپی را که ضخامت لایه عایق آن در مقایسه با طول موج بسیار کوچک است در نظر می‌گیریم. اگر میدان الکتریکی در عرض و ضخامت ساختمان آنتن ثابت در نظر گرفته شود، شکل میدان الکتریکی آن بصورت توزیع میدان یکنواخت خواهد بود و میدان‌ها در طول پچ که اندازه آن حدود نصف طول موج می‌باشد، تغییر خواهند کرد. تشعشع می‌تواند نسبت به میدان‌های پراکندگی در لبه‌های مدار باز پچ سنجیده شود. میدان در لبه‌های انتهایی می‌تواند به مؤلفه‌های عمود و مماس بر صفحه زمین تجزیه شود که مؤلفه‌های عمودی، در فاز متقابل قرار دارند. بنابراین، میدان‌های دور[6] تولید شده توسط آن، در لبه‌های جانبی[7] یکدیگر را خنثی می‌کنند. مؤلفه‌های مماسی (که با صفحه زمین موازی هستند) هم فازند، بنابراین پچ را می‌توان به صورتی که در فاصله نصف طول موج از یکدیگر قرار دارند مدل کرد که بصورت هم فاز تحریک می‌شوند و تشعشع در نیم فضای بالای صفحه زمین وجود خواهد داشت [2].

1-9- بررسی کلی پلاریزاسیون آنتن‌ها

آنتن‌ها بر حسب شکلشان می‌توانند پلاریزاسیون‌های مختلفی داشته باشند که برای کاربردهای واقعی با پلاریزاسیون خطی و یا دایروی طراحی می‌شوند [1].

---

[5] Fringing Fields
[6] Far field
[7] Broad side

- **آنتن‌های با پلاریزاسیون خطی:** آنتن پایه‌ای که پلاریزاسیون خطی تولید می‌کند دی‌پل است که دوگان مشابه آن، آنتن شکاف دار[8] می‌باشد. موجی که از یک دی‌پل تشعشع می‌شود، میدان الکتریکی دارد که جهت آن در امتداد طول دی‌پل است. وقتی در یک آنتن شکاف‌دار، میدان الکتریکی عمود بر طول شکاف باشد، پلاریزاسیون ایجاد شده از نوع خطی خواهد بود. همه آنتن‌هایی که یا از ترکیب دی‌پل‌ها ساخته شده‌اند و یا از تغییر متعلقات آنها از قبیل مونوپل، آرایه‌های پریودیک دی‌پل، آرایه‌های یاگی-یودا و ترکیبات دیگر، پلاریزاسیون خطی دارند. آنتن‌های مایکرواستریپ معمولی (مستطیلی، دایروی، مثلثی یا حلقوی) را نیز می‌توان تشکیل شده از آنتن‌های دی‌پل در نظرگرفت که پلاریزاسیون خطی تولید می‌کنند. انواع مختلف آنتن-های بوقی[9] را می‌توان تشکیل شده از آنتن‌های Slot در نظر گرفت که پلاریزاسیون خطی دارند. کیفیت پلاریزاسیون یک آنتن با نسبت مولفه پلاریزه خطی طراحی شده[10] به پلاریزاسیونی که مورد نظر نیست[11] مشخص می‌شود. در یک طراحی ایده‌آل، هیچ مولفه پلاریزاسیون متقاطعی وجود نخواهد داشت و بنابراین مقدار آن برابر dB ∞- خواهد بود. برای آنتن‌های مایکرواستریپ، این نسبت بطور معمول بین 20dB تا 30dB می‌باشد.

- **آنتن‌های با پلاریزاسیون دایروی:** آنتن‌های با پلاریزاسیون دایروی می‌توانند دو نوع باشند. در نوع اول، پلاریزاسیون دایروی پچ، شبیه شکل یک آنتن است که معمولا حلزونی[12] یا مارپیچ[13] است. نوع دوم این آنتن‌ها، شامل یک آنتن دو پلاریزه می-باشد(با دو المان، با پلاریزه خطی عمود بر هم) که دو دهانه آن با فاز عمود بر هم تغذیه می‌شوند که از انواع آن می‌توان به دو دی‌پل عمود بر هم همراه با یک کوپلر هایبرید90 درجه یا یک آنتن بوقی دوپلاریزه [14] اشاره نمود. این آنتن‌ها، می‌توانند هر دو پلاریزاسیون دایروی راستگرد و چپگرد را با همان کیفیت پلاریزاسیون بیضوی و خطی تولید کنند. پس آنتن‌های پچ مایکرواستریپ با پلاریزاسیون دایروی بر این اساس کار می‌کنند که دو مد رزونانسی پچ با پلاریزاسیون‌های عمود بر هم تشعشع می‌شوند و تحریک مناسبی را با اختلاف فاز90 درجه ایجاد می‌کنند. باید به این نکته توجه شود که در بیشتر آنتن‌ها،

---

[8] Slot antenna
[9] Horn antenna
[10] Copolar
[11] Crosspolar
[12] Spiral
[13] Helix
[14] Dual polarized

پلاریزاسیون دایروی فقط در مجاورت جهت بیم اصلی بصورت دایروی می‌ماند. نسبت محوری[15] وقتی که از بیم اصلی خارج می‌شویم عموما خراب می‌شود.

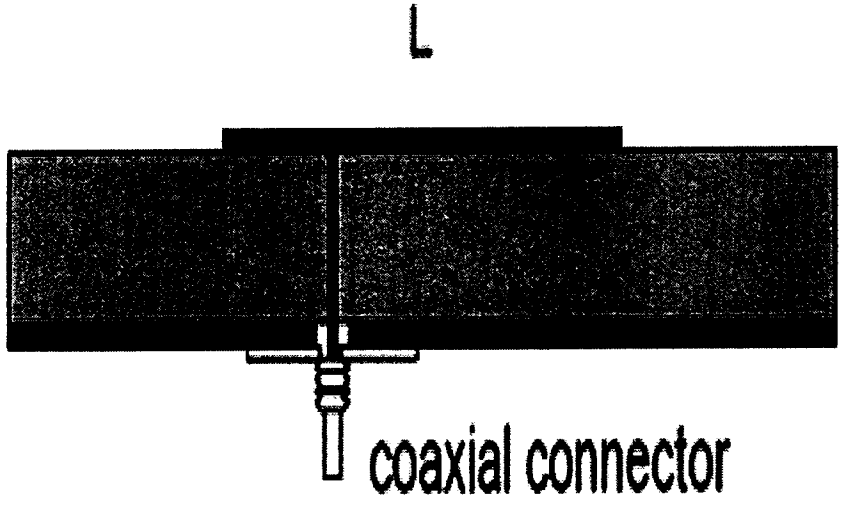
1-10- روش‌های تغذیه در آنتن‌های مایکرواستریپ

روشهای مختلفی برای تغذیه آنتن‌های مایکرواستریپ وجود دارد که به مهمترین این روشها در اینجا اشاره میکنیم:

1-10-1- تغذیه پروب کواکسیال

عمومی‌ترین روش تغذیه که در شکل 1-3 نمایش داده شده است عبارتست از تغذیه از طریق اتصال یک پروپ که مستقیماً به پچ مستطیلی متصل می‌شود.در این روش زیرلایه برای اتصال هادی داخلی تغذیه کواکسیال به پچ، سوراخ می‌گردد. برای ایجاد پلاریزاسیون خطی، معمولاً پچ در راستای خط مرکزی، $y=W/2$ تغذیه می‌گردد [1].

محل نقطه تغذیه در $x=x_f$ برای کنترل مقاومت ورودی تشدید بکار گرفته می‌شود.در حالتی که تغذیه از کناره‌ها صورت گیرد، مقاومت ورودی بیشترین مقدار خود را داشته و هنگامی که پچ در مرکز خود تغذیه گردد $(x=L/2)$ کمترین مقدار خود (دقیقاً صفر) را خواهد داشت.



شکل 1-3- تغذیه آنتن پچ میکرواستریپ بروش پروب کواکسیال

[15] Axial ratio