



دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق - مخابرات

# طراحی، شبیه سازی و ساخت آنتن تک قطبی مسطح فرا پهن باند با خاصیت حذف باند

جواد باقری

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

اساتید راهنما: جواد نوری-نیا - چنگیز قبادی

۱۳۸۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

پایان نامہ.....بہ تاریخ.....شمارہ.....مورد پذیرش ہیئت محترم

داوران با رتبہ ..... و نمبرہ.....قرار گرفت.

۱- استاد راہنما و رئیس ہیئت داوران :

۲- استاد مشاور :

۳- داور خارجی :

۴- داور داخلی :

۵- نمایندہ تحصیلات تکمیلی :

تقدیم به

همسرم به خاطر تمامی زحماتی که در طول مدت زمان

تحصیل متحمل شده و در طی این مسیر همواره در کنارم

بوده است.

## 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 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

از میان آنتن های میکرو استریپ، آنتن های تک قطبی میکرو استریپ به دلیل داشتن پارامترهای بیشتری برای طراحی و همچنین ساده تر بودن طراحی و تحلیل آنها، در این پایان نامه بررسی شده است. در ادامه، آنتن های تک قطبی میکرو استریپ پهن باند توضیح داده شده و در آخر، طرح جدید برای آنتن تک قطبی مسطح پهن باند با خاصیت حذف باند ارائه شده است این طرح دارای خاصیت حذف دوبانده در محدوده WiMAX/WLAN و باند C می باشد. تمامی نتایج شبیه سازی با استفاده از نرم افزار HFSS صورت گرفته است. آنتن مورد نظر در مرکز تحقیقات مخابرات تست شده است و پارامترهای آنتن از قبیل VSWR 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 همدیگر دارند.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
	<b>فصل اول</b>
۲	۱- آنتن های پهن باند مجتمع
۲	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ آنتن های مایکرو استریپ مجتمع
۵	۳-۱ روش های طراحی آنتن های مجتمع باند وسیع
۵	۱-۳-۱ آنتن F معکوس با تغذیه پروب
۷	۲-۳-۱ آنتن اتصال کوتاه با تغذیه کوپلینگ روزنه ای
۹	۳-۳-۱ آنتن اتصال کوتاه با تغذیه خط مایکرواستریپ
۱۱	۴-۳-۱ آنتن اتصال کوتاه با تغذیه کوپل خازنی یا تغذیه پروب L شکل
۱۲	۵-۳-۱ آنتن اتصال کوتاه شده چند طبقه
۱۳	۴-۱ پارامتر های مؤثر در طراحی آنتن مایکرواستریپ
۱۴	۱-۴-۱ انتخاب زیر لایه
۱۴	۲-۴-۱ پهنا و طول آنتن

۱۵	Beam Width ۳-۴-۱
۱۵	۴-۴-۱ سمت گرائی و بهره
۱۶	۵-۴-۱ توان تشعشعی و مقاومت تشعشعی
۱۷	۶-۴-۱ تلفات و ضریب کیفیت
۱۸	۷-۴-۱ پهنای باند
۱۹	۸-۴-۱ کارائی تشعشعی
۱۹	۹-۴-۱ محل تغذیه آنتن
۲۰	۱۰-۴-۱ پلاریزاسیون
۲۰	۱۱-۴-۱ RCS در آنتن مایکرواستریپ
۲۱	۵-۱ تأثیر پوشش بر روی آنتن های مایکرواستریپ
۲۱	۶-۱ نتیجه گیری

## فصل دوم

۲۲	۲- آنتن های مایکرواستریپ برای کاربردهای UWB
۲۲	۱-۲ مقدمه
۲۲	۲-۲ آنتن های تک قطبی مسطح
۲۳	۱-۲-۲ جنبه های طراحی آنتن های تک قطبی چاپی برای کاربردهای فراپهن باند
۲۴	۲-۲-۲ آنتن تک قطبی چاپی مستطیلی مسطح با تغذیه ی دوگانه
۲۷	۳-۲-۲ آنتن تک قطبی مسطح مستطیلی با تغذیه دوگانه



۲۸ ۱-۳-۲-۲ شبیه‌سازی آنتن و بررسی تاثیر پارامترهای آنتن روی نسبت موج ایستاده (VSWR)

۳۲ ۳-۲ آنتن شکاف دار با شکاف دایروی و بیضوی با سطح تشعشعی U- شکل

۳۲ ۱-۳-۲ آنتن شکاف دار با شکاف دایروی و بیضوی با سطح تشعشعی U- شکل با تغذیه ریزنوار

۳۴ ۲-۳-۲ آنتن شکاف دار با شکاف دایروی و بیضوی با سطح تشعشعی U- شکل با تغذیه CPW

۳۶

۴-۲ نتیجه‌گیری

## فصل سوم

۳۷ ۳- آنتن‌های تک‌قطبی مسطح پهن‌باند با خاصیت حذف باند فرکانسی

۱-۳ مقدمه

۳۷

۲-۳ آنتن تک‌قطبی فـراپهن بانـد با خاصیت حذف بانـد

۳۸

۱-۲-۳ شکل هندسی و مراحل طراحی آنتن تک‌قطبی

۳۸

۲-۲-۳ نتایج آزمایش و نتیجه‌گیری

۴۲

۴۵ ۳-۳ آنتن تک‌قطبی خمیده با فیلتر میان‌نگذر

۴۶ ۱-۳-۳ پیکربندی و نمایش ظاهری آنتن

## فصل چهارم

۵۰	۴- شبیه‌سازی و ساخت آنتن تک‌قطبی مسطح	
	مقدمه	۱-۴
		۵۰
۵۰	۲-۴ محیط کاری نرم افزار HFSS	
	۳-۴ آنتن تک‌قطبی مسطح فراپهن باند با خاصیت فیلتری دوبانده	
		۵۳
	۴-۳-۱ شبیه‌سازی آنتن و مراحل طراحی	
		۵۴
۶۰	۴-۳-۲ شبیه‌سازی آنتن و بررسی تاثیر پارامترهای آنتن روی VSWR	
	۴-۳-۳ ساخت و اندازه‌گیری آنتن تک‌قطبی مسطح	
		۶۲
۶۷	۵- نتیجه گیری	
۶۸	۶- پیشنهادات	
۶۹	۷- مراجع	

## مقدمه

یک دسته از آنتن هائی که در دهه 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 سطح 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، تنازات 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 را امتداد اول کرده می توان به وزن و حجم کم، ارزانی، قابلیت تولید انبوه، قابلیت کار با عناصر 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.

آنتن های تک قطبی چاپی مسطح گزینه های خوبی برای تکنولوژی بی سیم فرایهن باند می باشند زیرا آنها دارای پهنای باند امپدانس وسیع و پترن تشعشعی همه جهته می باشند. بسیاری از اشکال مسطح مانند دیسک مسطح و آنتن های تک قطبی دارای پهنای باند وسیعی می باشند. بعضی از این ساختارها حتی دارای پهنای باند وسیعتری از پهنای باند مورد نیاز در سیستم های فرایهن باند می باشند. در این پایان نامه تک قطبی مسطح باشکل مربعی مورد بحث قرار گرفته است. منحنی طراحی که برای خط تغذیه ی ریز نوار  $50^{\Omega}$  که منجر به بیشترین پهنای باند برای فرکانس لبه ی باند پایین تر می شود در نظر گرفته شد. این منحنی های طراحی که شامل فرکانس لبه ی پایین تر از 3.1 GHz تا 10.6 GHz برای کاربردهای فرایهن باند می باشند. وجود خاصیت حذف دو بانده در این آنتن ارائه و تحلیل شده است. تمامی این نتایج تطابق خوبی با یافته های آزمایشگاهی دارند. برخی از جنبه های طراحی این آنتن ها در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفته است.

## آنتن های پهن باند مجتمع

### ۱-۱- مقدمه

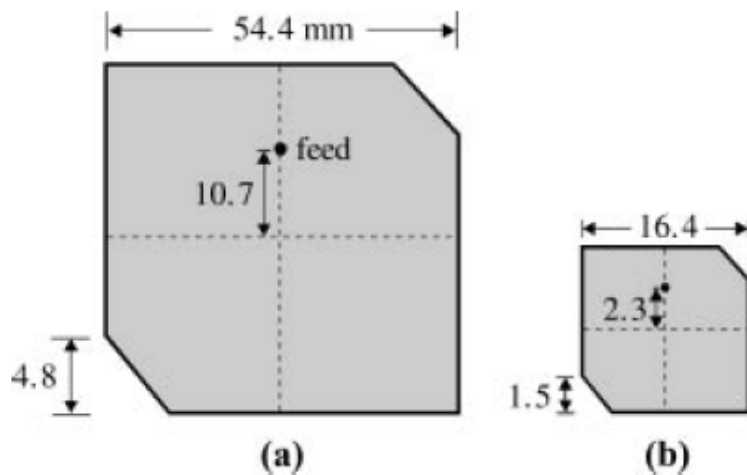
آنتن های میکرواستریپ در حالت کلی شامل یک صفحه هادی چاپ شده بر روی یک صفحه دی الکتریک هستند. جذابیت های موجود در چنین سازه هایی نظیر سطح مقطع بسیار کم ، نصب آسان ، شکل پذیری و قابلیت تولید انبوه آن با هزینه های بسیار ناچیز سبب توسعه روز افزون و پیشرفت این سازه ها شد [1]. هر چند ، آنتن هایی میکرواستریپ به صورت ذاتی دارای پهنای باند باریکی هستند ، اما مزایای استفاده از چنین آنتن هایی در سازه هایی نظیر تلفن های موبایل که بازار جهانی ارتباطات را به تصرف خود در آورده است سبب شد تا تلاش ها برای تولید آنتن های کوچک با پهنای باند زیاد مورد توجه طراحان قرار بگیرد و به همین دلیل تحقیقات ، برای طراحی و تولید چنین آنتن هایی به شدت افزایش یافت. در طی سالهای گذشته گزارش های متنوع و بسیار مهمی در زمینه ساخت چنین آنتن هایی ارائه شده است که نتیجه آنها افزایش پهنای باند، کاهش ابعاد ، افزایش بهره و بهبود خواص تشعشعی آنتن و ارائه پلاریزاسیون های متنوع توسط چنین آنتن هایی بوده است در این فصل سعی شده است تا به بیان جامع گزارشات مختلف و متنوعی که در زمینه آنتن های کوچک و پهن باند تا سال 2009 ارائه شده است پرداخته شود همچنین طراحی های مختلف را مورد بررسی قرار خواهیم داد. بدون شک چنین بررسی های کتابخانه ای ایده های فراوانی را در جهت طراحی های جدیدتر در اختیار ما قرار می دهد.

## ۲-۱- آنتن های مایکرو استریپ مجتمع

تکنیک های متنوعی در مورد کاهش ابعاد آنتنهای مایکرواستریپ برای کار در یک فرکانس ثابت وجود دارد. در حالت کلی آنتن های مایکرواستریپ سازه هایی با نصف طول موج هستند و در مود پایه  $TM_{01}$  و با فرکانس رزونانس  $f$  کار می کنند که رابطه آن برای آنتن های مایکرواستریپ مستطیلی با زیر لایه دی الکتریک نازک به صورت زیر است .

$$f \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \left( \frac{\lambda}{4} \right)} \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot L} \quad (1-1)$$

که در آن  $C$  سرعت نور و  $L$  طول آنتن مایکرو استریپ مستطیلی و  $\epsilon_{eff}$  ضریب نفوذ پذیری دی الکتریک است از رابطه (۱-۱) چنین برمی آید که استفاده از دی الکتریک هایی که دارای ضریب نفوذ پذیری بالاتری هستند منجر به آنتن هایی با ابعاد کوچکتر میگردد شکل ۱-۱ نمونه از این آنتن ها را که دارای پلاریزاسیون دایره ای می باشد را نشان می دهد همان طور که در شکل دیده می شود ، آنتن کوچکتر دارای زیر لایه دی الکتریک با ضریب نفوذ پذیری بزرگتر است همچنین رابطه (۱-۱) نشان می دهد که فرکانس رزونانس آنتن رابطه معکوس با طول فیزیکی آنتن دارد این نکته در فصول بعدی به صورت کامل تری مورد بررسی قرار می گیرد.



شکل ۱-۱ هندسه دو نمونه از آنتن های کاربردی پلاریزاسیون دایروی با تغذیه پروب و پلاریزاسیون دایره ای (مقیاس ابعاد آنتن به میلیمتر است).

روش فوق با وجود موثر بودن در کاهش ابعاد آنتن به دلیل نکات منفی بسیار زیادی که دارد چندان مورد توجه نیست. زیرا با افزایش ضخامت بستر دی الکتریک، علاوه بر سنگین شدن آنتن، مقدار تلفات دی الکتریک نیز بالایی رود و علاوه بر کاهش راندمان آنتن موجب

کاهش بهره به مقدار قابل توجه می گردد. لذا روش های دیگری نظیر تعبیه روزنه ها و شکاف های مناسب، استفاده از بارگذاری های عامل و غیر عامل در صفحه آنتن و یا در صفحه زمین برای دست یابی به ابعاد کوچکتر مورد استفاده قرار می گیرد. این روش ها با وجود بهبود قابل توجه در ابعاد و پهنای باند، چندان ایده آل نیستند و منجر به اثرات نامطلوب در نمایه های تشعشی آنتن و کاهش راندمان تشعشی می شوند و پلاریزاسیون های ناخواسته در آنتن ایجاد می کند که منجر به نامناسب شدن طراحی میگردد.

دست یابی به آنتن های پهن باند (بیش از ۱۰ درصد) که برای مخابرات سلولی کنونی مناسب هستند، در آنتن های فشرده میکرواستریپ یکی از مسائل بسیار مهم پیش روی طراحان است امروزه با استفاده از آنتن های اتصال کوتاه شده و با استفاده از زیر لایه هایی از جنس هوا به جای پوشش دی الکتریک، و بکارگیری تکنیک های تصحیح صفحه آنتن، آنتن هایی با پهنای باند ۱۰ درصد تا ۲۴۰ درصد طراحی شده اند چنین سازه هایی بیشتر با تغذیه پروب تحریک می شوند [4]-[1] و معمولاً به صورت آنتن های F شکل صفحه ای معکوس<sup>۱</sup> (PIFA) شناخته می شوند، روش های متنوعی از طراحی و انواع مختلفی از تغذیه ها به منظور بهبود پهنای باند و خواص تشعشی ارائه شده است که شامل استفاده از شکاف ها و روزنه های مناسب در آنتن و استفاده از روزنه های کوپل شده [5]، خطوط میکرو استریپ [6]، کوپلرهای خازنی [7] یا پروب های L شکل [8] هستند. همچنین پهنای باند وسیعی با استفاده از چند لایه کردن آنتن های اتصال کوتاه شده [6]-[5] قابل حصول است. از جمله این طرح ها، در آنتنی با ضخامت کلی ۴ میلیمتر در ۱۸۰۰ مگاهرتز در یک آنتن چند لایه اتصال کوتاه شده، برای تلفات بازگشتی کمتر از ۱۰- دسی بل، پهنای باندی در حدود ۹/۶ درصد گزارش شده است [9].

در این فصل تکنیک های مناسب برای کاربردهای آنتن های فشرده با یک زیر لایه دی الکتریک نازک و یا با زیر لایه هوا مورد بررسی قرار می گیرد. یکی از این روش ها استفاده از مدارات مقاومتی با مقاومت پایین (در حدود ۱ اهم) است که میان صفحه آنتن و صفحه زمین متصل می شوند [14]-[10]. با استفاده از این روش مقدار ضریب کیفیت آنتن به مقدار زیادی کم می گردد و با استفاده از آن حتی با استفاده از زیر لایه های ارزان قیمتی نظیر FR4 ( $\epsilon_r = 4.4$ ,  $h = 1.6 \text{ mm}$ ) که دارای تانژانت تلفات بالایی هستند، می توان به پهنای باندی در حدود ۱۰ درصد دست یافت. نمونه هایی از این طراحی (استفاده از بارگذاری با مدارات مجتمع) برای آنتن های مستطیلی و دایره ای با تغذیه های مختلف در این فصل بیان خواهد طراحی یک آنتن مسطح به شکل F معکوس با مقاومت مجتمع نیز تشریح شده

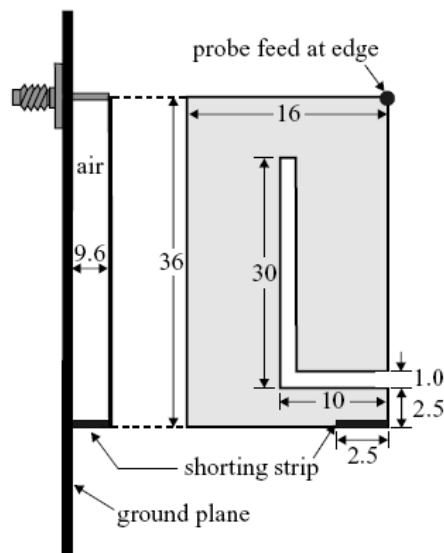
است طراحی های پهن باند دیگر برای آنتن های فشرده مانند وارد کردن شکافهای مناسب در صفحه آنتن [15] و یا صفحه زمین [16] بیان شده اند.

اما پیش از آنکه به بیان خواص چنین آنتن‌هایی بپردازیم، لازم است تا نگاهی گذرا به روش های کاهش ابعاد آنتن بپردازیم. آنتن‌هایی از این نوع بسیار فراوان هستند و اصولاً برای بدست آوردن آنتن های باند پهنی که دارای ابعاد کوچک باشند، روش های متنوعی وجود دارد که عمدتاً حاصل ترکیب روش های مجتمع‌سازی آنتن و روش های باند پهن نمودن آنتن است. از آنجا که بررسی روش های کوچک سازی آنتن از اهداف این پایان نامه نیست. لذا تنها با اشاره به برخی از این روش ها به بیان نمونه هایی از آنتن های باند پهن کوچک که از طریق این روش ها بدست می آیند خواهیم پرداخت.

### ۳-۱- روش های طراحی آنتن های مجتمع باند وسیع

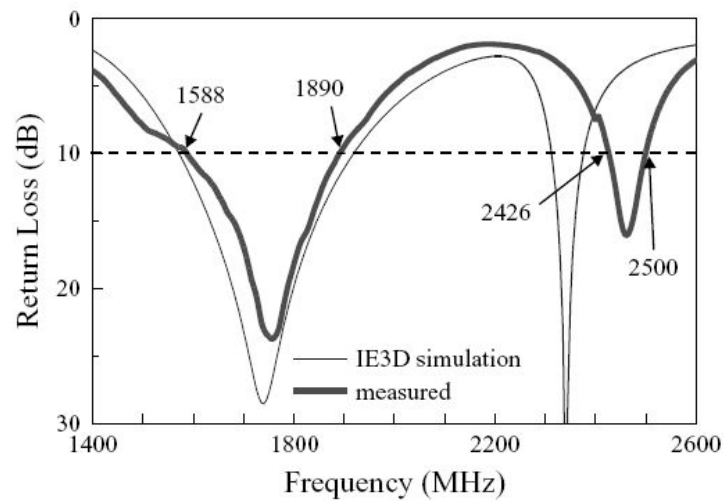
#### ۱-۳-۱- آنتن F معکوس با تغذیه پروب

یک نمونه از این آنتن ها در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. این آنتن در دو فرکانس ۱۸۰۰ مگاهرتز و ۲۴۵۰ مگا هرتز کار می کند باند پایینی فرکانس نوسان در این آنتن ، توسط ابعاد آنتن مشخص می شود و همان طور که دیده می شود از یک قطعه ۲/۵ میلیمتری برای صفحه اتصال کوتاه استفاده شده است [5].



شکل ۲-۱: هندسه یک نمونه از آنتن های باند پهن با تغذیه پروب و دو فرکانس رزونانس. (مقیاس ابعاد آنتن به میلیمتر است).

شکل ۳-۱ مقدار تلفات بازگشتی اندازه گیری شده برای آنتن شکل ۲-۱ را نشان می دهد همان طور که دیده می شود انطباق مناسبی میان نتایج اندازه گیری شده و شبیه سازی شده با نرم افزار IE3D وجود دارد [5].



شکل ۳-۱: تلفات بازگشتی آنتن شکل ۲-۱

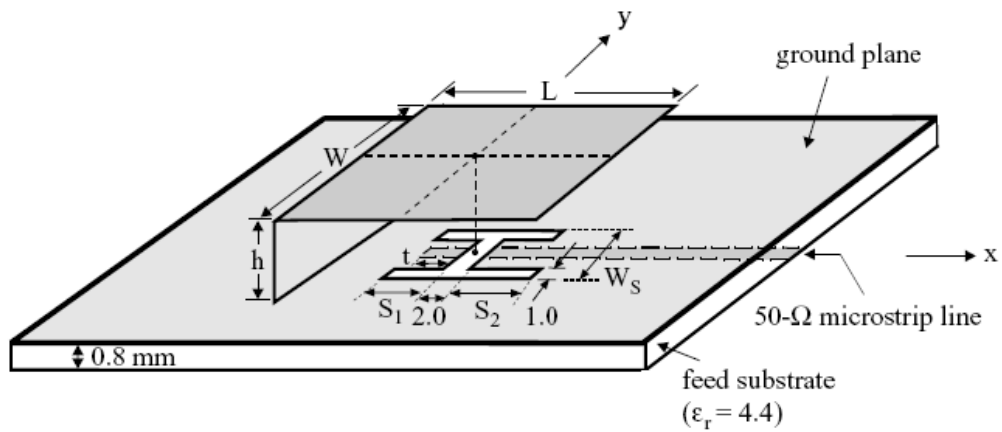
برای فرکانس های پایین تر پهنای باند فرکانسی برابر  $17/4$  درصد است که محدوده باند DCS (  $1710$  تا  $1880$  مگا هرتز - مخابرات سلولی ) را پوشش می دهد پهنای باند فرکانس بالایی در حدود  $3$  درصد است که به باند مورد نیاز برای ISM نزدیک است. نمایه تشعشعی این آنتن همچنین نشان میدهد که این آنتن برای پلاریزاسیون های دایره ای بسیار مناسب است که البته با توجه به موقعیت پروب قابل پیش بینی بود [3].



### ۱-۳-۲- آنتن اتصال کوتاه با تغذیه کوپلینگ روزنه ای

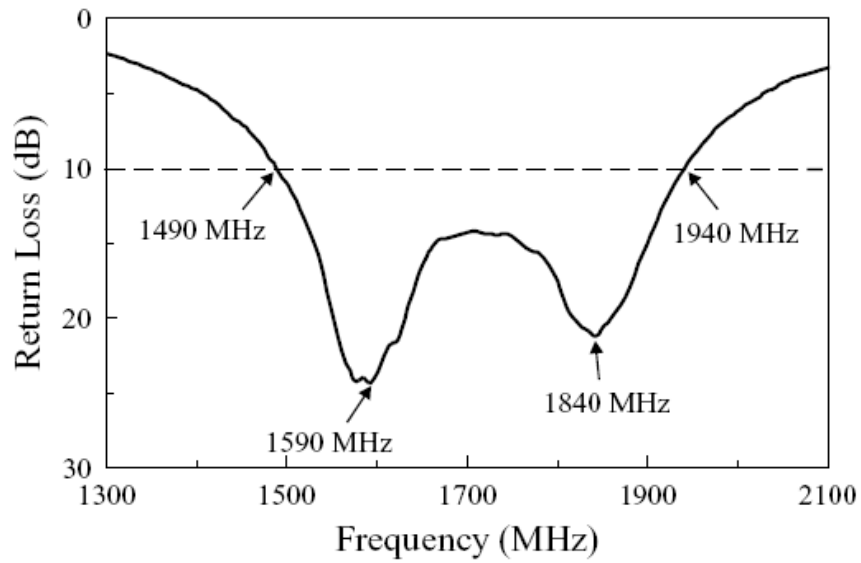
نمونه ای از طراحی یک آنتن مایکرواستریپ با کوپلینگ روزنه H در شکل ۱-۴ نشان داده شده است و ابعاد و مشخصات آن در شکل آمده است با تنظیم میتوان به تطبیق امپدانس مناسبی در بازه فرکانس دست یافت. با استفاده از روزنه H شکل می توان تشعشع رو به عقب آنتن را تا حدود یک آنتن با روزنه کوپل شده باریک<sup>۲</sup> معمولی کم کرد [5]-[4].

در شکل ۱-۴ ضخامت زیر لایه هوا h برابر ۱۲ میلیمتر است که در حدود ۰/۰۷ طول موج فضای آزاد در فرکانس مرکزی کاری آنتن می باشد ابعاد آنتن (L×W) برابر ۳۰×۴۰ میلیمتر مربع است.

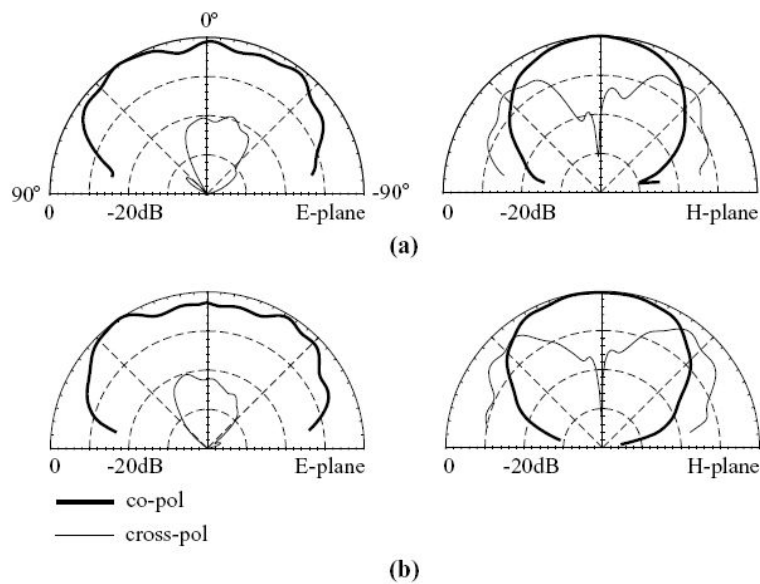


شکل ۱-۴- آنتن مایکرو استریپ با تغذیه کوپل شده روزنه H شکل

مقدار اندازه گیری شده تلفات بازگشتی برای چنین آنتنی در شکل ۱-۵ رسم شده است سایر مشخصات و ابعاد روزنه ها در آنتن در زیر نویس شکل ارائه شده است.



شکل ۵-۱ میزان اندازه گیری شده تلفات بازگشتی آنتن شکل ۴-۱ با مشخصات  $L=30\text{mm}, W=40\text{mm}, h=12\text{mm}, W_s=18\text{mm}, S_1=11\text{mm}$  و  $S_2=13\text{mm}$  و ابعاد صفحه زمین برابر  $100 \times 100\text{mm}^2$  است.

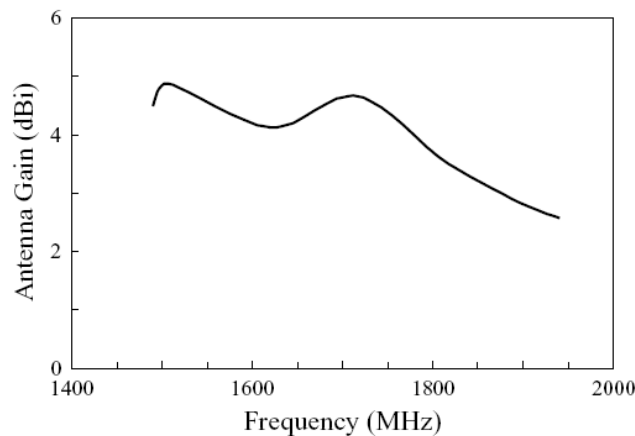


شکل ۶-۱: مقدار اندازه گیری شده پترن تشعشعی در صفحه میدان الکتریکی (صفحه  $X-Z$ ) و صفحه میدان مغناطیسی (صفحه  $Y-Z$ ) در فرکانس های

(b) $f=1840\text{MHz}$ , (a) $f=1590\text{MHz}$

نتایج اندازه گیری شده نشان می دهد که سازه فوق دارای تطبیق امپدانس مناسبی در باند عبور خود است و دارای پهنای بانندی در حدود ۴۵۰ مگاهرتز بامعیار مقادیر کمتر از ۱۰- دسی بل دارد که مشابه نتایج بدست آمده برای آنتن های پهن باند با زیر لایه نازک است [4]-[5]. پهنای باند این آنتن در حدود ۲۶ درصد است که مشابه یک آنتن E است، هر چند ابعاد آن در مقایسه با آنتن E مشابه

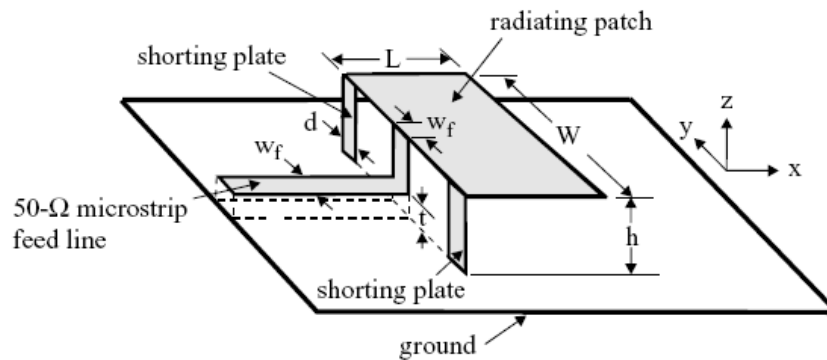
کوچکتر است پترن تشعشعی این آنتن در شکل ۱-۶ نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود این آنتن دارای تشعشعی عمود بر سطح خوبی است، اما میزان پلاریزاسیون متعامد (متقاطع) آن در صفحه H قابل توجه است، که چندان مطلوب نیست. همچنین شکل ۱-۷ نشان دهنده بهره آنتن در پهنای باند عبور آن است. همان طور که دیده می شود، این آنتن دارای شکل بهره تقریبی ثابتی در باند عبور خود است.



شکل ۱-۷: بهره آنتن شکل (۱-۴) در باند عبور و در راستای عمود بر سطح آنتن

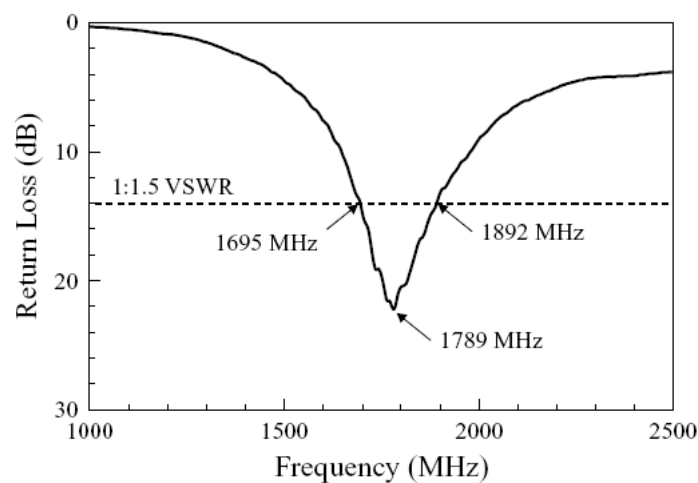
### ۱-۳-۳- آنتن اتصال کوتاه با تغذیه خط میکرواستریپ

هندسه این نمونه از آنتن در شکل ۱-۸ نشان داده شده است این نمونه از آنتن ها به سبب زیر لایه هوا دارای قیمت های بسیار ارزان هستند و برای سیستم های مخابرات سلولی (DCS) مورد مطالعه قرار میگیرند و به سبب دیواره باریک اتصال کوتاه خود دارای پهنای باند مناسبی هستند و همچنین دارای یکی از ساده ترین تطبیق امپدانس های ممکن هستند این نوع آنتن درجات آزادی فراوانی را برای طرح فراهم میکند و ارتفاع تغذیه ۵۰ اهمی (t) و ارتفاع آنتن از زمین (h) برای کاربردهای مختلف و پهنای باند مناسب برای کاربرد DCS تغییر می کنند و باتنظیم d می توان به تطبیق امپدانس مناسبی در پهنای باند آنتن دست یافت. همچنین این آنتن به سبب استفاده از زیر لایه هوا دارای راندمان بالاتری نسبت به آنتن های دارای زیر لایه دی الکتریک است [6].



شکل ۸-۱: نمونه ای از هندسه یک آنتن اتصال کوتاه با تغذیه میکرواستریپ

مشخصات تلفات بازگشتی این آنتن در باند عبور در شکل ۹-۱ نشان داده شده است پهنای باند این آنتن با معیار  $VSWR$  برابر ۱ تا برابر ۱/۵، بیش از ۱۰ درصد است و در نمونه ارائه شده توانایی پوشش پهنای مورد نیاز برای مخابرات DCS در فرکانس ۱۸۰۰ مگاهرتز را دارد.



شکل ۹-۱: تلفات بازگشتی اندازه گیری شده آنتن شکل ۸-۱ با مشخصات  $L=23.5 \text{ mm}$ ,  $W=58 \text{ mm}$ ,  $h=12.8 \text{ mm}$ ,  $t=3.2 \text{ mm}$ ,  $w_f=16 \text{ mm}$  و ابعاد زمین برابر  $100 \times 100 \text{ mm}^2$  است.

این آنتن دارای تشعشع عمود بر سطح<sup>۳</sup> مناسبی است و مقدار پلاریزاسیون متعامد آن در صفحه E کوچک است اما در صفحه H مقداری دی پلاریزاسیون متعامد زیاد است مقدار پلاریزاسیون متعامد از طریق آرایه کردن این سازه به مقدار بسیار زیادی قابل کوچک