

به نام خدا

آنتن های ویوالدی (*Vivaldi Antennas*)

مقطع کارشناسی ارشد
گرایش مخابرات میدان و موج
دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی برق و رباتیک

ارائه دهنده: بهزاد سالخورده

Email: behzadsalkhordeh@gmail.com

نیم سال دوم ۹۸-۹۷

■ فهرست مطالب:

بخش اول: سیستم های UWB و کاربرد های آنها

بخش دوم: آنتن های اسلات تیر شده (TSA)

بخش سوم: آنتن های ویوالدی

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

بخش اول: سیستم های UWB و کاربردهای آنها

Ultra Wideband (UWB): یک فناوری رادیویی است که برای مخابرات بی سیم و معمولاً در سطوح پایین توان و برد کوتاه استفاده می شود.

-تکنولوژی UWB اولین بار در سال ۱۹۶۰ در رادارهای نظامی توسط ارتش امریکا و تحت عنوان پروژه سیاه مورد استفاده قرار گرفت.

- در سال ۱۹۹۰ این تکنولوژی جنبه عمومی یافت و در سال ۱۹۹۸ مورد توجه کمیسیون مرکزی مخابرات (FCC) قرار گرفت و استاندارد سازی های مرتبط در این زمینه آغاز و در سال ۲۰۰۲ اجازه ی استفاده تجاری از آن صادر و از آن روز به بعد رشد و گسترش یافت.

- طبق FCC ؛ UWB بعنوان هر طرح بی سیم تعریف می شد که دارای پهنای باند بزرگتر از ۲۰٪ فرکانس مرکزی یا پهنای آن بزرگتر از ۵۰۰MHz را اشغال کند.

بخش اول: سیستم های UWB و کاربردهای آنها

مزیت های سیستم های UWB :

- سرعت تبادل اطلاعات بالا
- دارای پتانسیل برای نرخ دیتای بالا
- کوچک سازی اندازه و هزینه تجهیزات پایین
- نیاز به توان ارسالی کم
- مقاومت در برابر جمینگ و تداخل
- قابلیت نفوذ بالای امواج و

بخش اول: سیستم های UWB و کاربردهای آنها

کاربرد آنتن های فوق پهن باند:

- تصویر برداری مایکروویو و پزشکی
- کاربردهای دفاعی یا پدافندی
- نجوم و مخابرات ماهواره ای
- سنجش از راه دور

بخش اول: سیستم های UWB و کاربردهای آنها

خصوصیات انتن های فراپهن باند

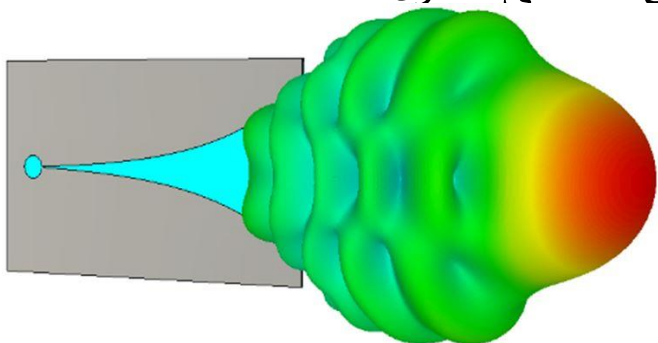
- دارای فاز خطی و مرکز فاز ثابت
- حداقل تغییرات بهره در کل پهنای باند امپدانسی
- $VSWR$ زیر 2 و S_{11} زیر -10db و ثابت در کل پهنای باند امپدانسی
- دارای انتقال و دریافت پالس با دوره زمانی کوتاه

بخش دوم: آنتن های اسلات تیپر شده (TSA)

- مبانی آنتن شکافدار باریک شونده (TSA) برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ توسط Lewis مطرح گردید [1].
- یک خانواده از آنتن های فراپهن باند و بسیار پر کاربرد آنتن شکافدار باریک شونده است و از یک خط شکافدار ایجاد شده روی زیر لایه بهره میگیرند.

ویژگی های آنتن های TSA:

- از گروه آنتن های موج رونده و از نوع موج سطحی ($V_p < C$) است.
- پترنی متقارن به صورت End fire دارد بهمین خاطر برای آرایه کردن مناسب است
- طول شکاف معمولاً ۳-۱۰ برابر طول موج فرکانس مرکزی باند آنتن می باشد
- دارای پهنای باند وسیع، جهت گرایی بالا و side lobe پایین و الگوی تشعشع، متقارن است
- بازدهی متناسب با ضخامت زیر لایه و ضریب نفوذ پذیری الکتریکی
و شکل تیغه است



- قابلیت تطبیق با مدارات مجتمع
- دارا بودن تنها پلاریزاسیون خطی در حالت صفحه ای.

بخش دوم: آنتن های اسلات تیر شده (TSA)

- نحوه کار آنتن: موج در طول خط شیاردار که شکاف آن به مرور بازتر می شود حرکت میکند تا جاییکه باز شدگی آن قدر زیاد شود که از آنتن جدا شده و شروع به تشعشع کند و تشعشع هنگامی است که اندازه دریچه آن نصف طول موج باشد.

- زیر لایه نازک: کم شدن تقارن پترن به دلیل اثر پلاریزاسیون متقاطع
- زیر لایه ضخیم: کارایی آنتن کاهش می یابد.

تاثیر ضخامت زیر لایه

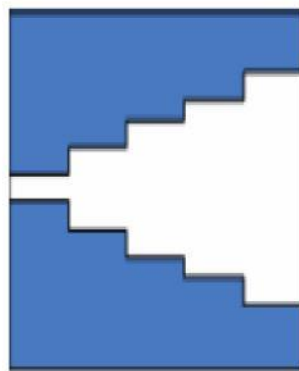
نکته: نتایج تجربی مقالات مختلف نشان می دهد که امپدانس، پهنای باند و الگوی تشعشعی این آنتن متاثر از پارامترهایی همچون میزان باز شوندگی و طول و عرض و شکل شکاف ها می باشد و بر همین اساس باعث بوجود آمدن انواع مختلفی از این آنتن ها می شود.

نکته: تطبیق امپدانس در این آنتن ها باید در هر دو سر آنتن یعنی انتقال از خط تغذیه به خط شکافدار و انتقال از آنتن به فضای آزاد وجود داشته باشد.

بخش دوم: آنتن های اسلات تیر شده (TSA)

۸

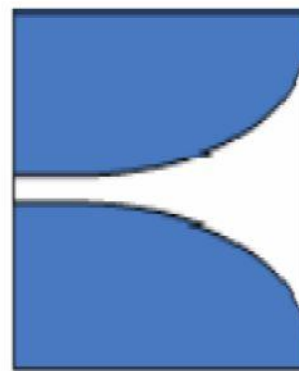
- مکانیزم تشعشی آنتن های TSA شبیه به یکدیگر است و با تغییر شکل نوار باعث بوجود آمدن انواع مختلفی از این آنتن ها شده.



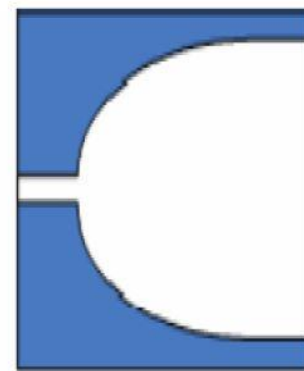
Constant Width



Linear



Vivaldi



Fermi

دو عامل تاثیر گذار بر پهنای باند: (۱) عدم تطبیق خط تغذیه (۲) عرض دريچه انتقال آنتن



محدود شدن فرکانس قطع پایین

محدود شدن فرکانس قطع بالا

بخش دوم: آنتن های اسلات تیپر شده (TSA)

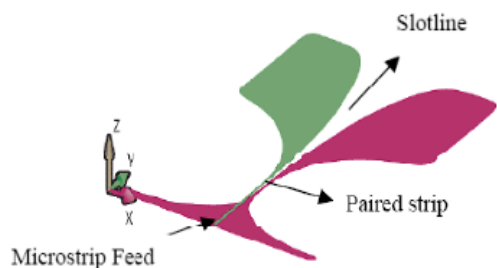
□ برخی ویژگی های دیگر این آنتن:

- آنتن های TSA به دلیل ساختار بازشوندگی در خط شکافدار پهنای باند وسیعی دارند.
- از نظر تئوری پهنای باند آنتن تقریباً مستقل از فرکانس است و تغییری که با تغییر دادن فرکانس رخ می دهد تشعشع از بخش های مختلف آنتن است.
- از نظر تئوری پهنای باند آنتن می تواند بین ۲-۹۰ گیگاهرتز باشد ولی به دلیل عوامل عمده ای که مهمترین آنها عدم تطبیق در خط تغذیه است این بازه محدود می شود.

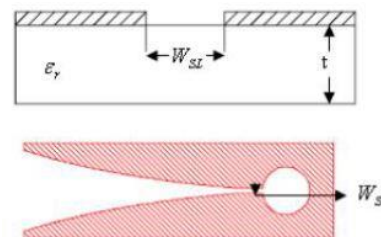
بخش دوم: آنتن های اسلات تیر شده (TSA)

۱۰

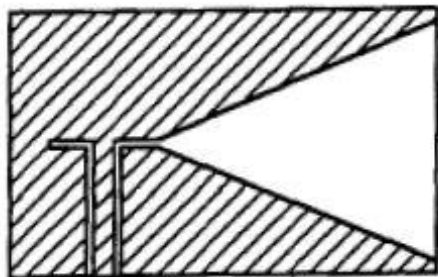
□ برخی از روش های تغذیه در آنتن های TSA:



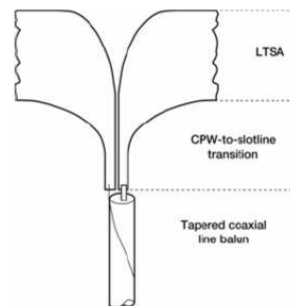
خط شکافدار آنتی پدال



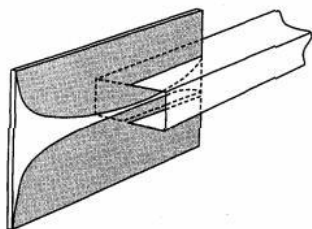
توسط کابل کوکسیال



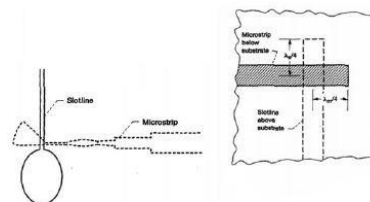
خطوط CPW



توسط بالن



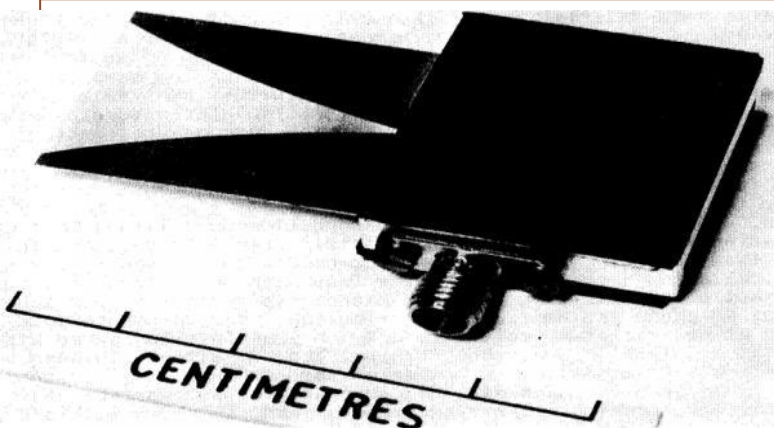
تغذیه به وسیله موجبر



توسط خط ماکرواستریپ

بخش سوم: آنتن های ویوالدی

۱۱



-آنتن ویوالدی توسط آقای گیسون در سال ۱۹۷۹ معرفی گردید.

-این آنتن دارای پترن یکسان در صفحات میدان E و H که باعث می شود پترنی متقارن داشته باشیم .

-طول آنتن با بهره آنتن مستقیما وابسته است

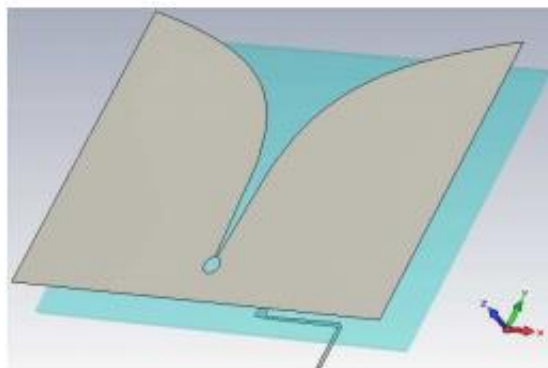
-طبق آزمایشهای انجام شده معمولا طول و عرض آنتن های ویوالدی در فرکانس مرکزی به این صورت انتخاب

می کنند. $w > \lambda/2$ و $L > \lambda$

بخش سوم: آنتن های ویوالدی

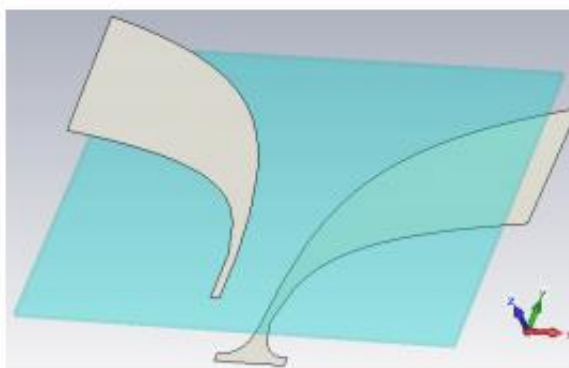
۱۲

انواع آنتن های ویوالدی :



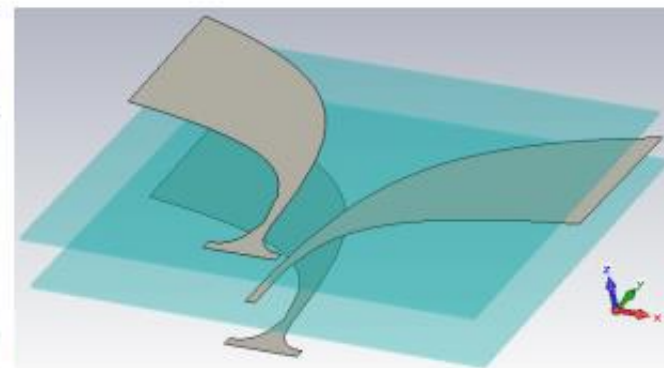
(الف)

هم صفحه



(ب)

آنتی پودال



(پ)

آنتی پودال متقارن

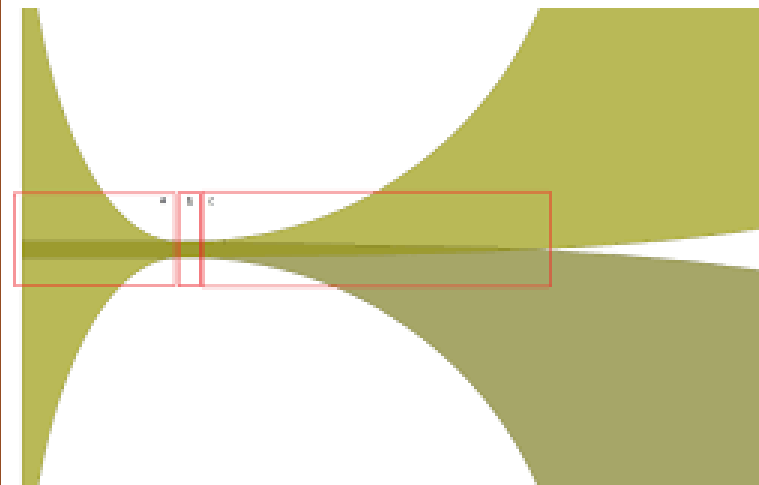
ضعف ویوالدی هم صفحه: مشکل تطبیق امپدانس که باعث کاهش پهنای باند آنتن می شود.
در سال ۱۹۹۸ آنتن ویوالدی آنتی پودال توسط گازیت معرفی شد [2] که مشکل ویوالدی هم صفحه را رفع کرد.

بخش سوم: آنتن های ویوالدی

۱۳

□ ساختار و ویژگی های آنتن ویوالدی پودال:

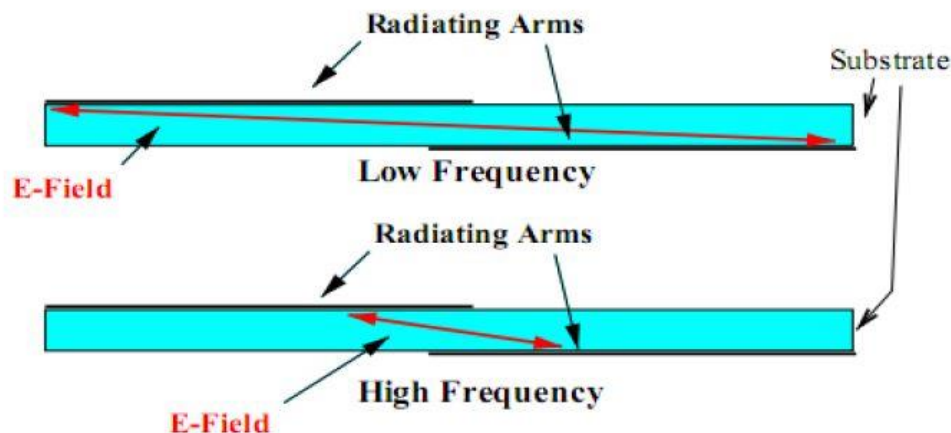
- بالا بودن امپدانس خط انتقال شکافی آنتی پودال و کاهش آن از طریق افزایش ظرفیت خازنی بین دو صفحه.
- یکی از لایه ها به عنوان المان تشعشع و دیگری بعنوان زمین عمل میکند



بخش سوم: آنتن های ویوالدی

۱۴

- آنتن ویوالدی آنتی پودال در فرکانس های بالا مکان تشعشی آنتن به تغذیه نزدیکتر می شود و یکی از عیب های آن داشتن پلاریزاسیون متعامد است



- آنتن ویوالدی آنتن پودال متقارن: رفع معضل پلاریزاسیون متقاطع در نوع آنتی پودال و دارای ساختار چندلایه

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

۱۵

□ طراحی آنتن ویوالدی آنتی پودال گین بالا در باند ۲.۵ تا ۵۷ گیگاهرتز [3] ایده:

جهت بهبود جهت گیری ← اضافه کردن عنصر شبه بیضی

کاهش side lobe ← یکسری شکاف نامنظم notch به ضخامت ۱.۵ میلی متر

کاهش back lobe ← شیاردار کردن یک طرف آنتن

□ ویژگی های آنتن:

- در باند ۲.۵ تا ۵۷ گیگاهرتز VSWR زیر ۳ هست

- Max و Min، realize gain برابر ۴ و ۱۶ db در فرکانس های ۲.۷ و ۲۹.۸ گیگاهرتز است.

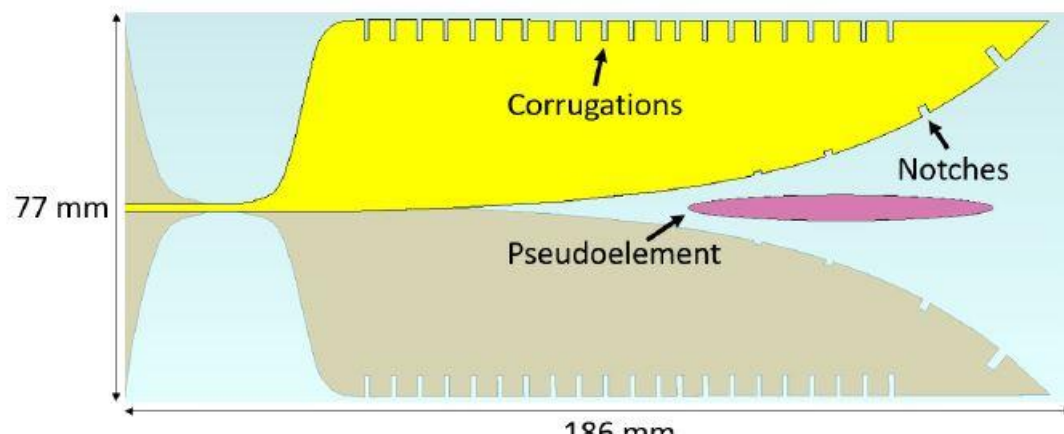
- Half power beamwidth زیر ۴۰ درجه برای فرکانس های بالاتر از ۶ گیگاهرتز و زیر ۳۰ درجه برای فرکانس های بالاتر از ۳۲ گیگاهرتز

- حفظ خلوص پلاریزاسیون به اندازه ۱۱db برای بیم اصلی در کل باند فرکانسی .

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

۱۶

-تأثیر عناصر شبه بیضی بر آنتن ویوالدی توسط Agahi ۲۰۱۱ کشف شد [4]. این یافته برای بهبود مچینگ در فرکانس های پایین بود و حداقل تأثیر را روی پترن داشت.



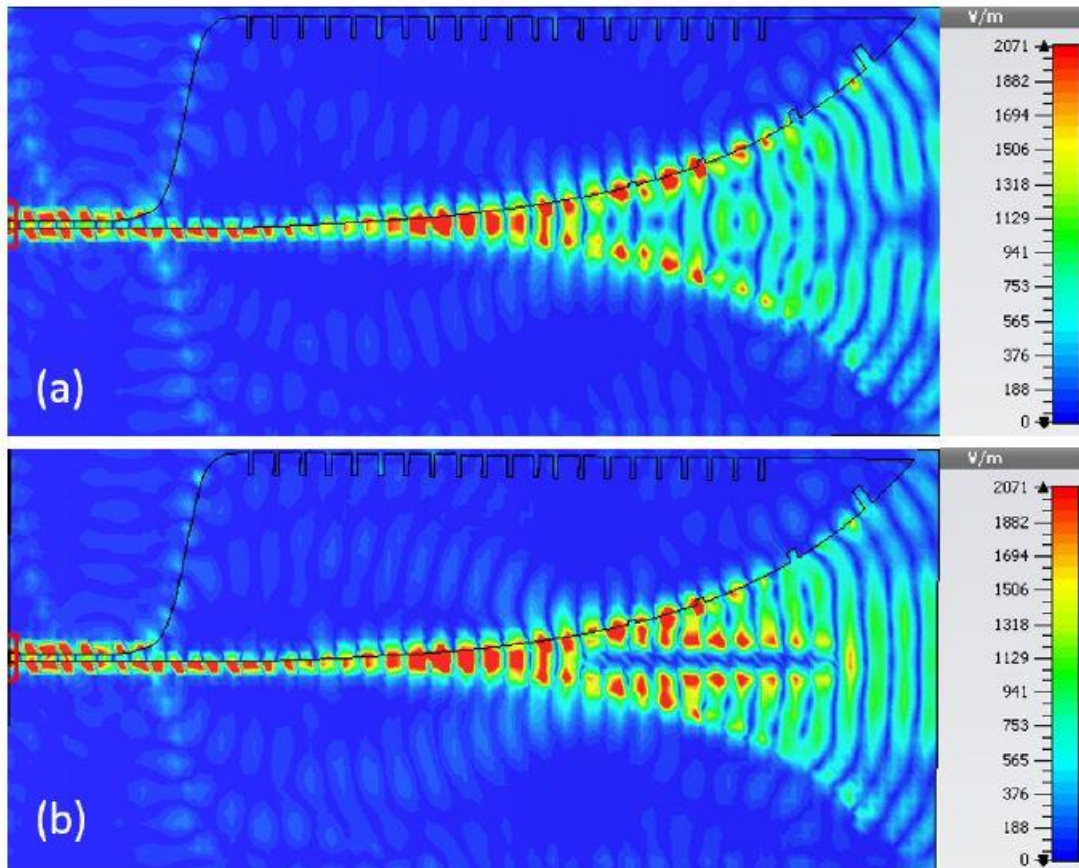
-توسط معادله $y = e^{bx}$ که $b=0.0269$ است منحنی نمایی را می کشیم

-از زیر لایه راجرز RT/duroid 6002 و توسط نرم افزار CST شبیه سازی می کنیم.

نکته: همانطور که آنتن به فرکانس های بالاتر از ۲۰ گیگاهرتز می رسد SLL کاهش می یابد تا ۳۰ گیگاهرتز. از ۳۰ گیگاهرتز به بعد تأثیر عنصر شبه بیضی برای تمرکز انرژی SLL در جهت end fire بیشتر می شود.

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

-تاثیر اضافه کردن عنصر شبه بیضی در ۳۰ گیگاهرتز:



شکل a بدون عنصر شبه بیضی

شکل b با عنصر شبه بیضی

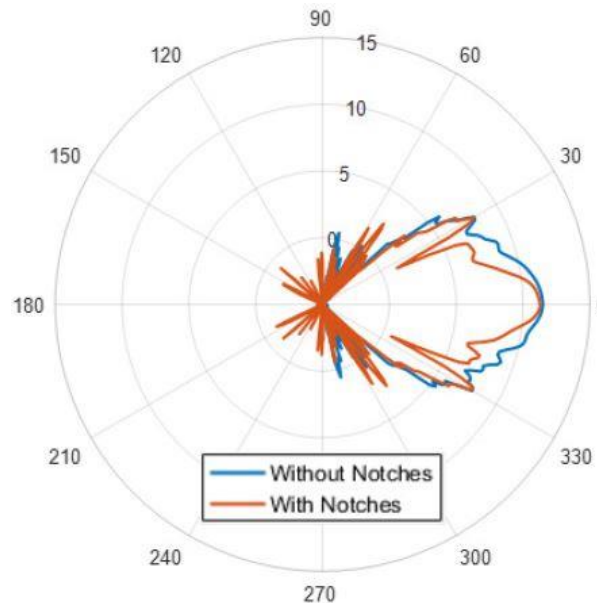
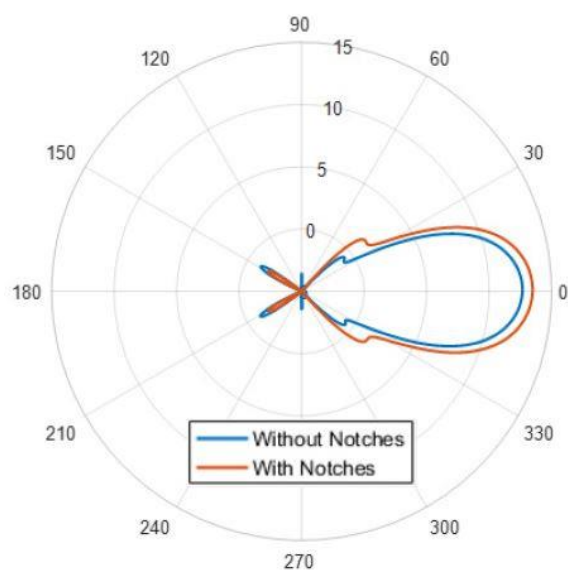
نتیجه: تمرکز بیشتر میدان E در حضور
عنصر شبه بیضی و بهبود directivity

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

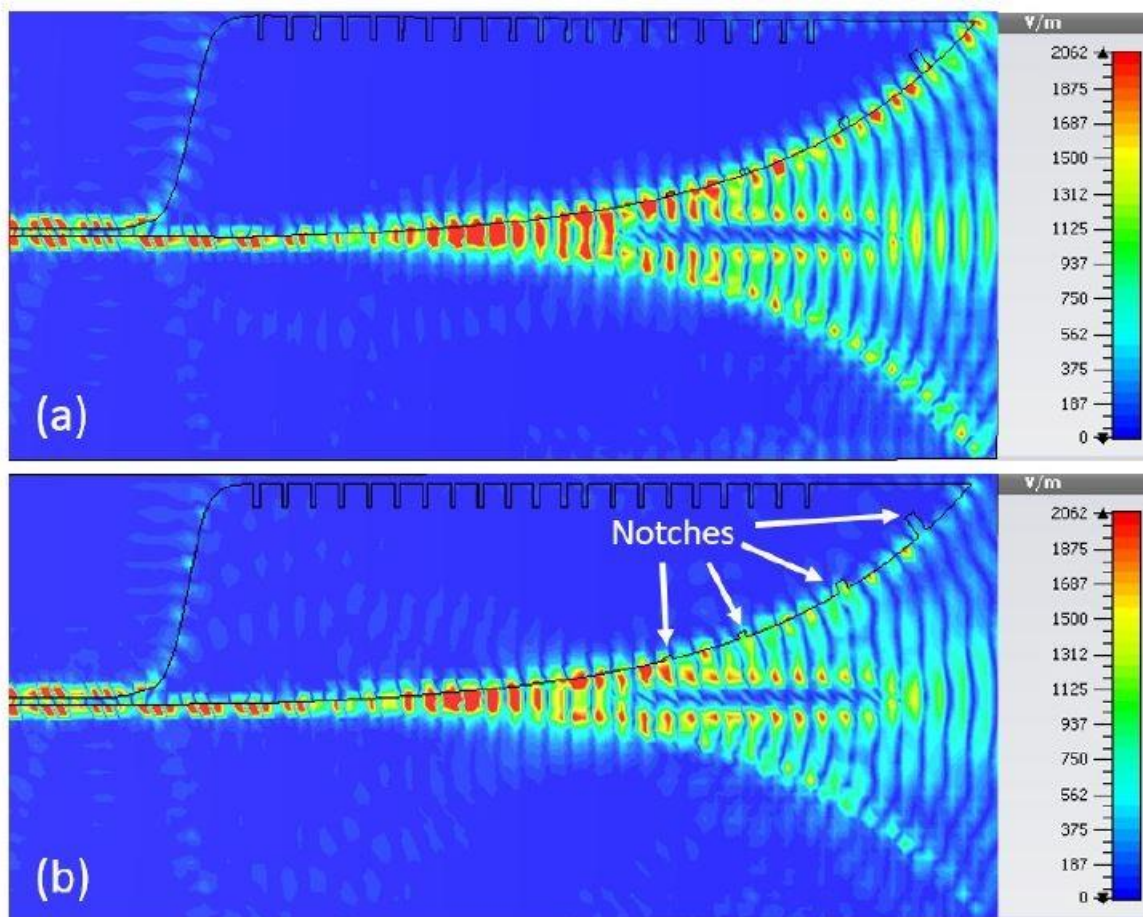


۱۸

- عملکرد notch ها بعنوان یک عنصر تشعشی متمرکز در جهت تخریب حداکثر مقدار گین SLL
- notch ها تقریباً در بازه 30 تا 60 گیگاهرتز عمل میکنند.
- تاثیر notch در فرکانس های ۶۱ و ۱۰ گیگاهرتز را در شکل زیر می بینید.



بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

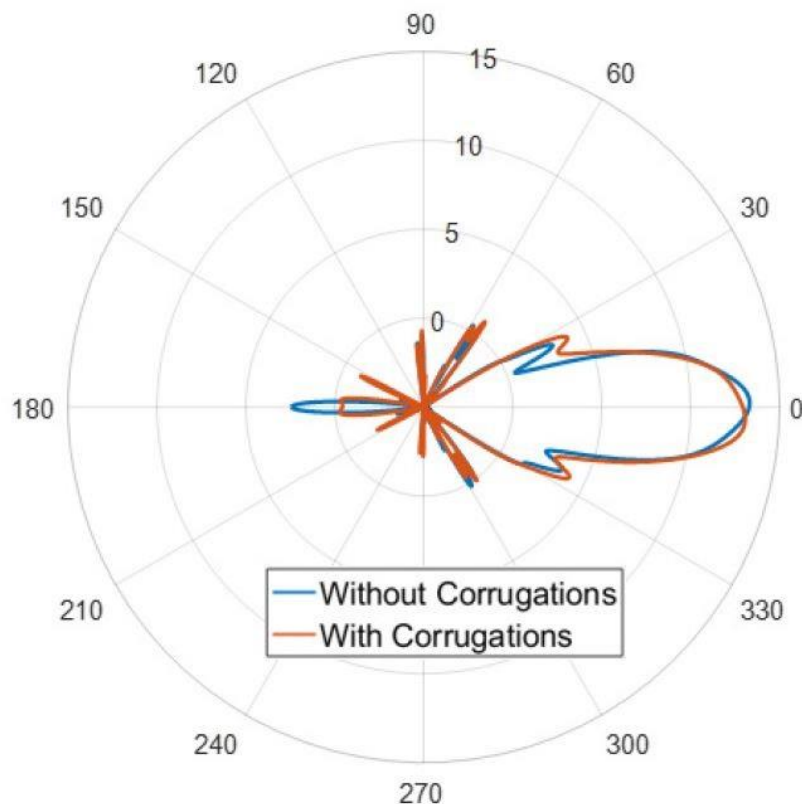


Electric field distribution at 32 GHz without (a) and with (b) notches.

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی



۲۰



E-plane radiation pattern (dB) at 26 GHz without (blue) and with (orange) corrugations.

در فرکانس های ۲۵ تا ۲۷ گیگاهرتز شیارها به اندازه ۳ dB ، BLL رو کاهش می دهند و در فرکانس های ۱۶ تا ۱۸ گیگاهرتز باعث افزایش آن می شود.

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی



۲۱

-ساختار تغذیه : ویوالدی طراحی شده دارای امپدانس ۱۶۶ اهم دارد که با خط مایکرواستریپ تیپر شده نرم ۵۰ اهم برای میچ کردن استفاده شده است.

-طول ساختار تغذیه ۱/۳ از کل طول آنتن شده

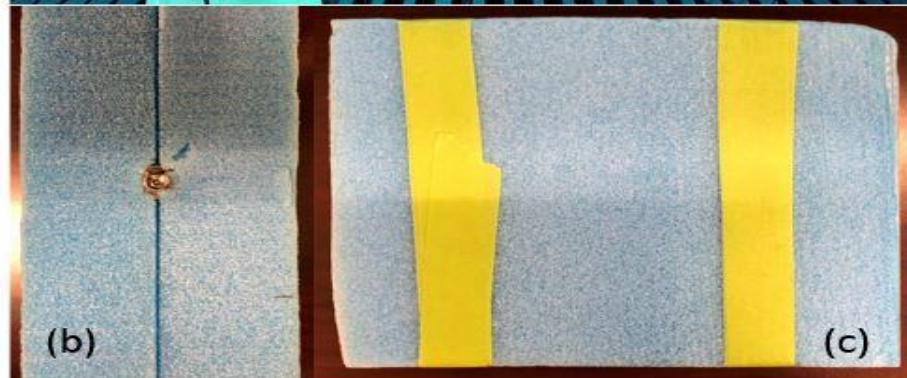
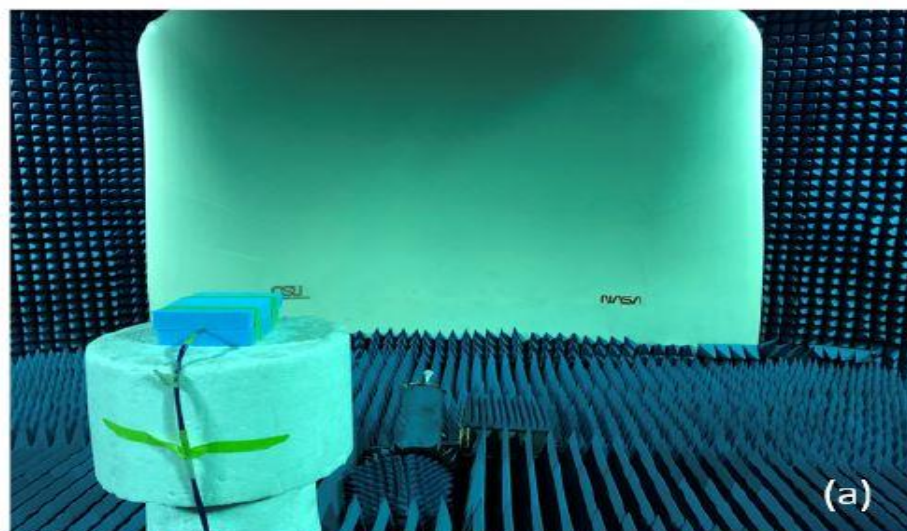
-در مقایسه با ورقه های دیگر عملکرد فرکانس بالا تا 40 گیگاهرتز دارد و همچنین ثابت دی الکتریک پایداری در این رنج فرکانسی دارد.

-دلایل انتخاب لایه راجرز

-ضریب حرارتی بسیار کمی دارد (اطمینان از میچ بودن بهتر با لایه مس می شود)

-هزینه ساخت و مواد معقول است

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی



بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

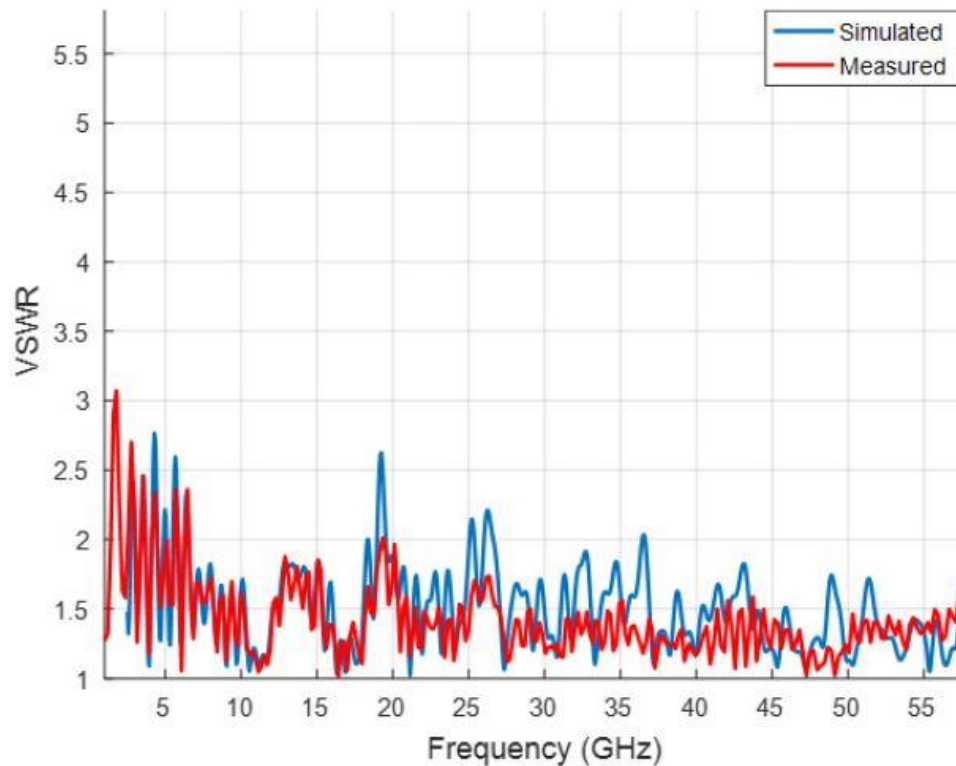
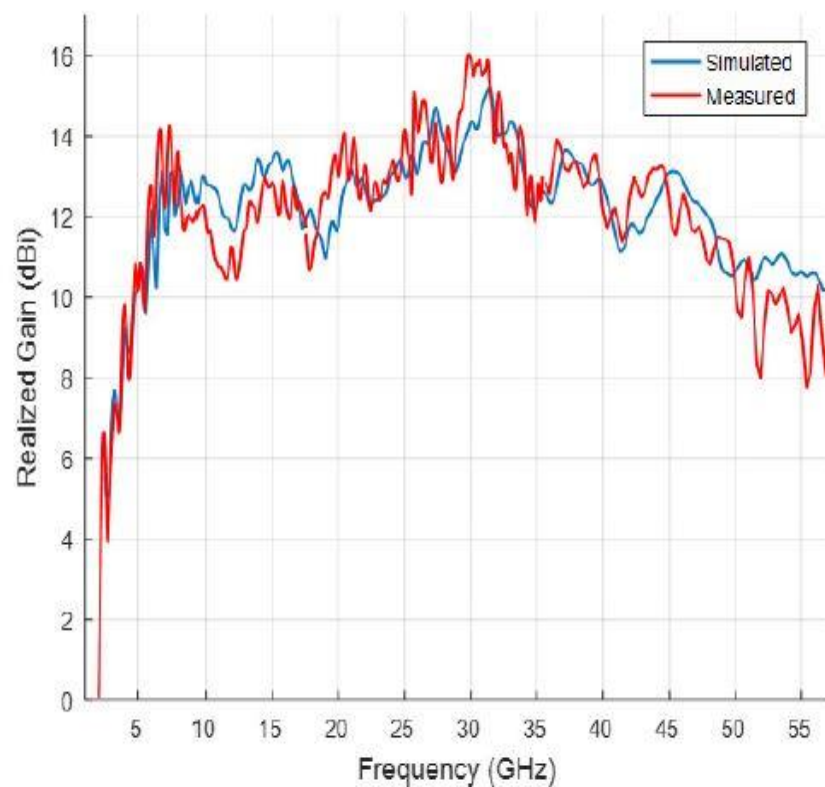


Fig. 13. Simulated (blue) and measured (red) VSWR from 1 to 57 GHz.

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی



25

مقایسه کار نویسندگان با کارهای مشابه

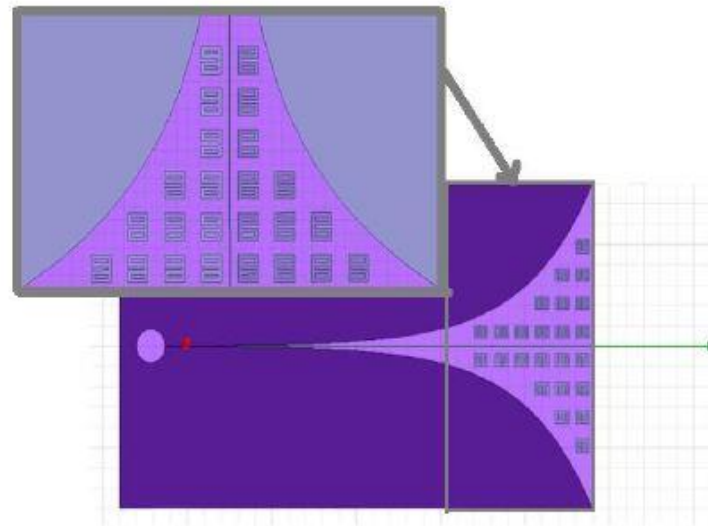
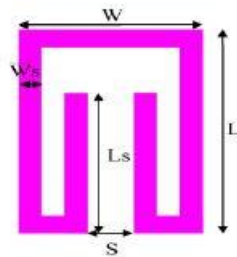
Work	Dimensions (mm ³)	Peak Realized Gain (dB)	Frequency (GHz) → Gain (dB)	Operational Bandwidth (GHz)
[10]	40 × 90 × 0.51	15	4 → 7 20 → 12.5 40 → 14	3.4 - 40
[22]	30 × 55 × 0.51	<14	5 → 6 20 → <12 40 → 13.5	5.0 - 50
[6]	64 × 61 × 0.25	<15	5 → 5 20 → 10 40 → 14.5	4.0 - 50
[23]	96 × 100 × 0.51	12	4 → 7.5 20 → 12	2.1 - 27
[19]	50.8 × 62 × 0.80	10	4 → 5 20 → 9	1.3 - 20
[14]	50 × 62 × 1.52	<11	3 → 6 8 → 10	1.96 - 8.61
[20]	8 × 59 × 0.50	13	25 → >10 40 → 12	25 - 40
[21]	31.6 × 110 × N/A	<21	5 → >6 20 → 17 40 → <21	5.0 - 50
[9]	40 × 100 × 1	10.55	5 → >7 20 → 9.5 40 → >5	2.8 - 40
[5]	20 × 34 × N/A	<12.5	5 → 11 20 → 11.5 40 → 2	1.0 - 40
[4]	151 × 140 × 1.6	N/A	1 → 3 3 → 6 8 → <10	0.73 - 20
This Work	77 × 186 × 0.55	16	4 → 10 20 → 12 40 → 14	2.5 - 57 (VSWR < 3)

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

❑ بهبود عملکرد آنتن ویوالدی با استفاده از فرامواد [5]:

❑ هدف: بهبود دو خاصیت تشعشعی یعنی بهره و پهنای باند آنتن ویوالدی مسطح توسط یک ساختار فراماده

ایده: استفاده از حلقه های تشدید گر شکافدار در ساختار آنتن



بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

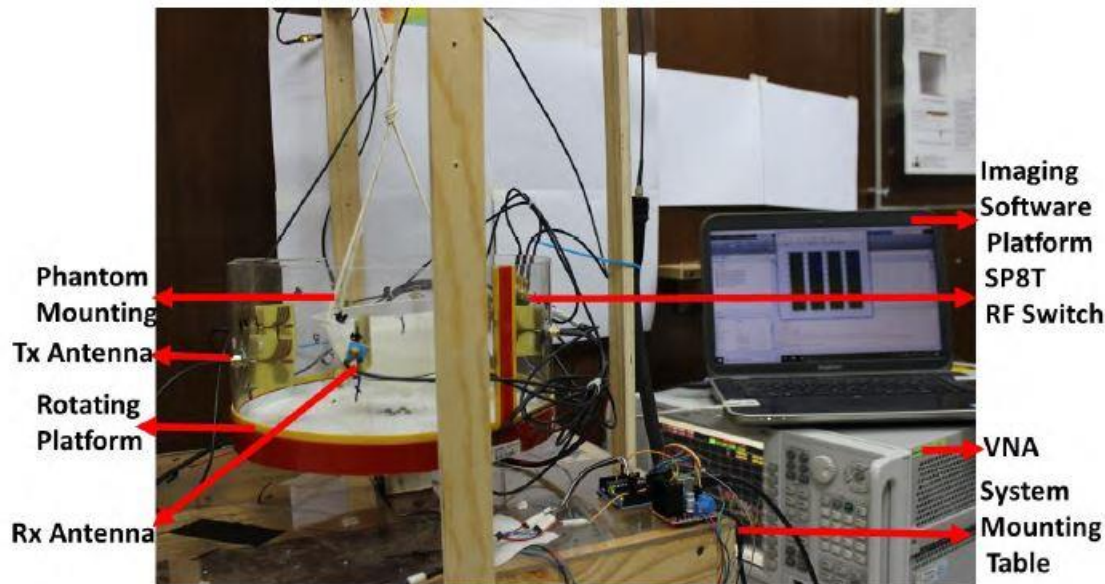
27

میزان تغییرات:

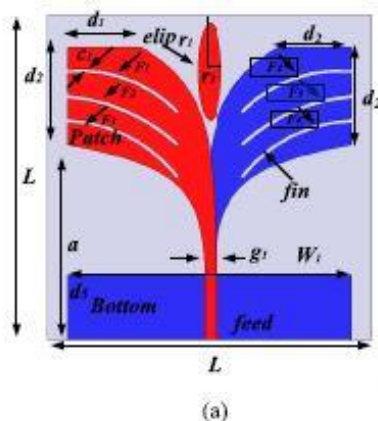
افزایش بهره (dB)	۱/۸
محدوده افزایش بهره	تا فرکانس ۱۴/۶۵
پهنای باند امپدانسی آنتن بارگذاری شده (گیگاهرتز)	۲/۹-۱۳/۳۶
افزایش پهنای باند (مگاهرتز)	۹۰

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

- استفاده از آنتن ویوالدی در یک سیستم تشخیص سرطان سینه [6]:



بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی



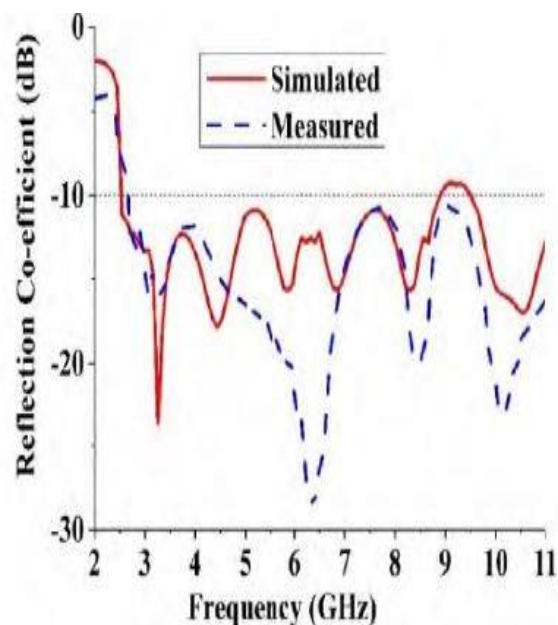
-استفاده از زیرلایه FR4 با گذردهی نسبی ۴.۴ و ارتفاع ۱.۶ میلی متر .

-استفاده از notch بیضوی شکل و زمین و پچ تغییر شکل یافته جهت افزایش directivity

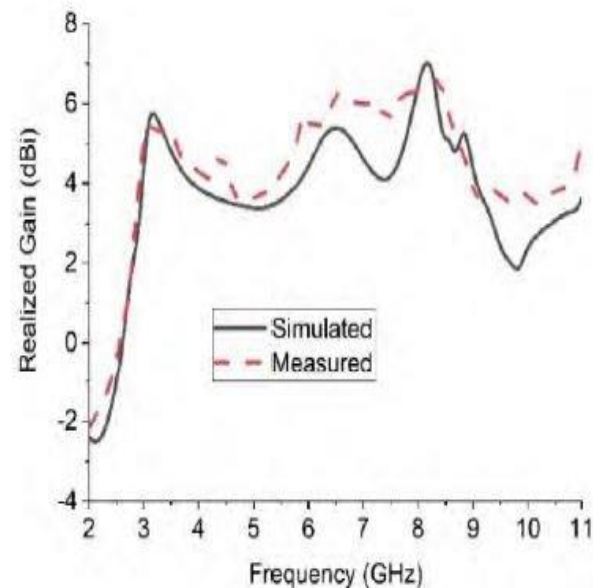
-استفاده از خط تغذیه مایکرواستریپ 50 اهم.

- شکاف های نامتقارن جهت افزایش طول الکتریکی و بهبود عملکرد باند پایین
- رسیدن به پهنای باند ۸.۴ گیگاهرتز در بازه ی فرکانسی ۲.۵ تا ۱۱ گیگاهرتز.
- ماکزیمم گین برابر ۷.۲ db در فرکانس ۸.۳ گیگاهرتز

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی

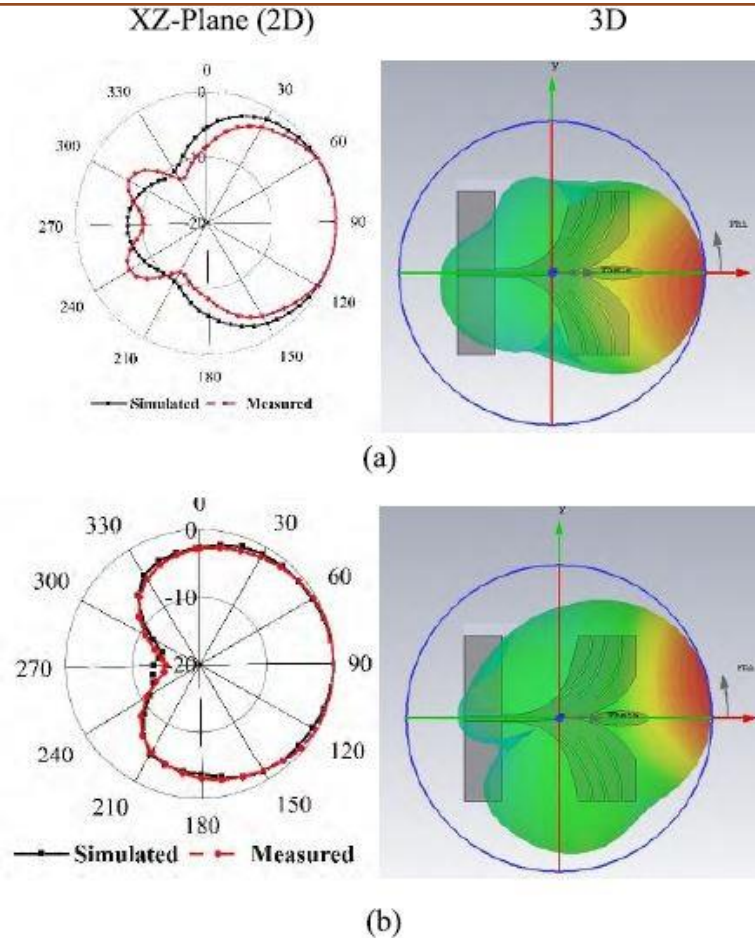


The numerical and measured reflection coefficient(S_{11}) of the designed antenna.



The numerical and measured realized gain of the proposed antenna.

بخش چهارم: مروری بر مقالات و پایان نامه ها جهت بررسی آنتن های ویوالدی



2D, 3D measured and numerical radiation patterns of two frequencies at (a) 3.25 GHz (b) 7.0 GHz.

- [1] L. Lewis, M. Fasset, and J. Hunt, "A broadband stripline array element," in *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 1974, 1974, pp. 335-337.
- [2] E. Gazit, "Improved design of the Vivaldi antenna," *IEEE Proceedings H Microwaves, Antennas and Propagation*, vol. 135, no. 2, p. 89, 1988
- [3] Eichenberger, PROPAGATION Jack, Ersin Yetisir, and Nima Ghalichechian. "High-Gain Antipodal Vivaldi Antenna with Pseudoelement and Notched Tapered Slot Operating at 2.5-57 GHz." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*(2019).
- [4] M. H. H. Agahi, H. Abiri, and F. Mohajeri, "Investigation of a New Idea for Antipodal Vivaldi Antenna Design," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, pp. 277–281, 2011.

[5] پایان نامه کارشناسی ارشد. موضوع: بهبود عملکرد آنتن ویوالدی با استفاده از فرامواد

- [6] Kibria, Salehin, et al. "Breast Phantom Imaging Using Iteratively Corrected Coherence Factor Delay and Sum." *IEEE Access* 7 (2019): 40822-40832.

[7] پایان نامه کارشناسی ارشد. موضوع: طراحی، شبیه سازی و ساخت آنتن آرایه ویوالدی آنتی پدال به منظور استفاده در کاربردهای فرا پهن باند