بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی - مهندسی

گرایش برق - مخابرات

عنوان:

طراحی، شبیه سازی و ساخت یک آنتن جدید قابل کاشت در بدن برای کاربردهای پزشکی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

اساتید راهنما:

پروفسور جواد نوری نیا

پروفسور چنگیز قبادی

نگارنده:

راضیه ملیحی

شهریور ماه 1393

دانشگاه ارومیه

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه ارشد)

پایان نامه خانم راضیه ملیحی **دانشجوی رشته:** برق **گرایش:** مخابرات

دانشکده مهندسی **به شماره دانشجویی**

با عنوان :

جهت اخذ مدرک :کارشناسی ارشد **در تاریخ :** /1393/6 **توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه عالی تصویب گردید.**

	اعضا ی هیأت داوران :	**رتبه علمی**	**امضاء**
1.	**استاد راهنما:**	استادیار	.....
	استاد داور :	استادیار	.....
	استاد داور :.	استادیار	.....
	نماینده تحصیلات تکمیلی :	دانشیار	.....
2.	**مدیرگروه : .**	استادیار	.....
3	**معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده :**	استادیار	.....
4	**مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه :**	استادیار	.....

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم ضمن تشکر از اساتید گرانقدر جناب آقایان پروفسور جواد نوری نیا و پروفسور چنگیز قبادی بخاطر زحمات دوره تحصیل و پیگیری ها و راهنمایی هایشان در انجام و تکمیل این پایان نامه کمال سپاس گذاری و قدردانی خویش را ابراز نمایم. و با تشکر از جناب آقای پروفسور محمد نقی آذرمنش که الفبای اولیه علم مورد علاقه ام را به من آموخت.

در ادامه از زحمات بی دریغ و ارزشمند جناب آقای دکتر امیر حسین حق‌پرست و خانم مهندس ملیحی کمال قدردانی را دارم.

چکیده.

در این پایان‌نامه یک طرح جدید از آنتن مایکرواستریپ مونوپل پهن‌باند با پلاریزاسیون دایروی ارائه شده است. در این آنتن که شبیه به نواری دایروی شکل می‌باشد از یک بازوی ال شکل چسبیده به تشعشع کننده و یک شکاف ال شکل در گوشه‌ی زمین جهت ایجاد پلاریزاسیون دایروی استفاده شده است و برای افزایش دادن پهنای باند نسبت محوری آنتن(AR) یک مربع ناقص در گوشه چپ بالای آنتن دایروی شکل ایجاد شده است. برای ایجاد تطبیق امپدانسی بهتر در داخل خط تغذیه دو شکاف مستطیلی شکل طراحی شده است و همچنین دواستاپ مستطیل شکل داخل تشعشع کننده‌ی دایروی شکل تعبیه شده است. این آنتن روی یک زیر لایه از جنس FR4 به ابعاد 1x20x20 میلی‌مترساخته شده و پارامترهای تشعشعی آن، از قبیل پهنای باند امپدانسی، پهنای باند نسبت محوری و پترن‌های تشعشعی مورد آزمایش قرار گرفته است. آنتن ارائه شده در این پایان‌نامه از بسیاری از آنتن‌های طراحی شده پیشین با این ابعاد دارای پهنای باند نسبت محوری بیشتری می-باشد. این آنتن برای کاربرد در سیستم‌های بی‌سیم در محدوده‌ی فرکانسی GHZ 5/15-5/35 و برای کاربردهای پزشکی در باندGHZ 2/4-2/6 مناسب می‌باشد.

کلمات کلیدی: نسبت محوری، پهن باند، پلاریزاسیون دایروی، آنتن قابل کاشت

فهرست مطالب

فصل اول: آنتن‌های مایکرواستریپ

1-1 تعریف آنتن‌های مایکرواستریپ.....1

2-1 انواع آنتن‌های مایکرواستریپ.....2

1-2-1 آنتن‌های پچ مایکرواستریپ.....3

2-2-1 آنتن های دایپل مایکرواستریپ.....4

3-2-1 آنتن‌های اسلات مایکرواستریپ.....5

4-2-1 آنتن‌های مایکرواستریپ موج رونده.....5

3-1 روش‌های تحلیل آنتن‌های مایکرواستریپ.....6

1-3-1روش خط انتقال.....7

2-3-1 مدل محفظه تشدید.....7

3-3-1 روش ممان.....7

4-3-1 روش المان محدود.....7

5-3-1 تکنیک حوزه طیفی SDT.....8

6-3-1 روش FDTD.....8

4-1 انواع ساختار تغذیه برای آنتن مایکرواستریپ.....8

1-4-1 تغذیه به روش پروب.....9

2-4-1 تغذیه به روش خط مایکرواستریپی..... 10

3-4-1 تغذیه به روش کوپل مجاور.....11

4-4-1 تغذیه با استفاده از کوپل دریچه ای.....12

5-4-1 تغذیه هم صفحه (cpw) 12

5-1 روش‌های کاهش ابعاد آنتن-های مایکروستریپ.....13

1-5-1 استفاده از اتصال کوتاه برای زیر لایه‌های نازک.....13

2-5-1 شکاف گذاری در صفحه‌ی تشعشعی آنتن 14

3-5-1 شکاف گذاری در صفحه زمین.....15
4-5-1 استفاده از آنتن L شکل معکوس (PIL) 16
5-5-1 استفاده از آنتن U شکل معکوس یا آنتن‌های سرپوشیده.....17
6-5-1 استفاده از بارگذاری دی‌الکتریک 18

فصل دوم: پلاریزاسیون

2- 1 تعریف پلاریزاسیون.....19
2-2 نسبت محوری (AR) 22
3-2 پهنای باند نسبت محوری(ARBW) 22
4-2 ضریب اتلاف پلاریزاسیون.....22
5-2 مزایای پلاریزاسیون دایروی.....24
6-2 آنتن‌های میکرواستریپ با پلاریزاسیون دایروی.....25
1-6-2 مقدمه 28
2-6-2 پچ مربعی تغییر شکل یافته با پلاریزاسیون دایروی با تغذیه کابل هم محور 26
3-6-2آنتن‌های مایکرواستریپ با تغذیه‌ی خط مایکرواستریپ برای تولید پلاریزاسیون دایروی.....28

فصل سوم: مروری مختصر بر مخابرات بی‌سیم

1-3 مقدمه.....36
2-3 استانداردهای سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم.....36
1-2-3 سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم برد کوتاه.....37
3-3 WLAN 39
1-3-3 باندهای فرکانسی WLAN 42
4-3 WBAN 43
5-3 فرکانس‌های اختصاص یافته برای بدن و شبکه‌ی اطراف بدن.....46

فصل چهارم: بررسی چند نمونه از آنتن‌های ساخته شده در زمینه‌ی پزشکی

4-1 مقدمه 48

4-2 آنتن‌های قابل کاشت 49

4-2-1 آنتن‌های تک بانده 50

4-2-2 آنتن UWB 51

4-2-3 آنتن دوبانده 56

4-3آنتن‌های پوشیدنی 59

4-4آنتن‌های کپسولی بلعیدنی 64

فصل پنجم: بررسی عملکرد آنتن‌های قابل کاشت

5-1 مقدمه 67

5-2 آنتن در ماده اتلافی 69

5-2-1 پارامترهای اصلی محیط 70

5-2-2 توان تشعشع یافته و بازده تشعشعی 72

5-2-3 پترن تشعشعی 74

5-2-4 پهنای باند 75

5-2-5 نرخ ویژه جذب 76

5-3 مدل بدن انسان 77

5-3-1 مدل‌های ساختگی بدن برای آنالیز عددی 78

5-3-2 مدل‌های شبیه سازی شده‌ی آزمایشگاهی 82

5-4 تأثیر لایه‌های عایق برروی عملکرد آنتن‌های قابل کاشت 91

5-4-1 پدیده الکترومغناطیسی 92

5-4-2 مدل فیزیکی 94

3-4-5 تحریک الکتریکی 96
4-4-5 تحریک مغناطیسی 99
5-4-5 نرخ ویژه جذب 100
6-4-5 عایق خارجی 101
5-5 آنتن‌های بسیار کوچک با بررسی پکیج آنها 102

فصل ششم: بررسی آنتن پیشنهادی در این پایان نامه

1-6 توضیح ساختار آنتن ارائه شده در این پایان‌نامه 104
2-6 فرآیند طراحی آنتن 105
3-6 ساخت و اندازه‌گیری افت برگشتی و نسبت محوری آنتن 108
4-6 پترن تشعشعی آنتن 109
5-6 بهره‌ی شبیه‌سازی و اندازه گیری شده‌ی آنتن 111
6-6 منحنی‌های دامنه و فاز دو مد تحریک شده‌ی میدان الکتریکی 112
7-6 بیم فضایی آنتن برای پلاریزاسیون دایروی 113
8-6 توزیع جریان سطحی آنتن 116
9-6 تست آنتن در بافت های بدن شبیه سازی شده 117

1-9-6 تأثیر تغییر ضخامت بافت‌های بدن شبیه سازی شده 119
10-6 نتیجه گیری 121
11-6 یشنهادات 122
پیوست ها 124
مراجع 128

فهرست شکل‌ها

فصل اول

شکل1-1. ساختار کلی آنتن میکرواستریپ.....3

شکل 1-2. اشکال مختلف برای پچ آنتن مایکرواستریپ.....4

شکل 1-3. آنتن دایپل با تغذیه مجاورتی.....4

شکل 1-4. تغذیه آنتن پچ میکرواستریپ به روش پروب کواکسیال.....9

شکل 1-5. شمای آنتن با تغذیه خط میکرواستریپ.....10

شکل1-6. آنتن میکرواستریپ با تغذیه‌ی کوپل مجاور.....11

شکل 1-7. تغذیه از طریق تزویج دریچه‌ای.....12

شکل 1-8. نمایی از تغذیه_ی CPW.....12

شکل 1-9. نمونه‌هایی از اعمال اتصال کوتاه بر روی آنتن‌های با زیر لایهٔ نازک برای کوچک سازی آنتن در (الف) آنتن مستطیلی (ب) آنتن دایره‌ای و(ج) آنتن مثلثی.....14

شکل 1-10. هندسه‌ی یک نمونه از آنتن مایکرواستریپ با سطح تشعشعی تصحیح شده.....15

شکل1-11. هندسه‌ی یک آنتن مستطیلی مایکرواستریپ کوچک شده با صفحهٔ زمین تصحیح شده6

شکل 1-12. نمای هندسی یک آنتن PIL.....17

شکل 1-13. نمای هندسی آنتن U شکل معکوس با تغذیه، کوپل روزنه H.....17

فصل دوم

شکل 2-1. چرخش یک موج الکترومغناطیسی صفحه‌ای و پلاریزاسیون بیضوی آن، در z=0 به عنوان تابعی از زمان.....20

شکل 2-2. بردارهای واحد پلاریزاسیون موج تابشی و آنتن و ضریب اتلاف پلاریزاسیون.....24

شکل 2-3. پچ مربعی تغییر شکل یافته با پلاریزاسیون دایروی با تغذیه‌ی کابل هم محور الف) نوع A، ب) نوع B.....27

شکل 2-4. آنتن تک قطبی چاپی ارائه شده در مرجع [20] برای پلاریزاسیون دایروی الف) دید از بالا ب) دید از پشت.....29

شکل2- 5. توزیع جریان سطحی در فرکانس 3 گیگاهرتز الف) تغذیه‌ی متقارن ب) تغذیه‌ی نا-متقارن.....30

شکل 2-6. نتایج شبیه سازی شده‌ی AR برای دو حالت تغذیه‌ی متقارن و نامتقارن.....31

شکل 2-7. نتایج اندازه گیری وشبیه سازی شده‌ی آنتن برای الف) AR ب) افت بازگشتی.....31

شکل 2-8. استفاده از شکاف شیب‌دار روی خط تغذیه CPW برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی [22]31

شکل 2-9. استفاده از دو شکاف ضربدری روی خط تغذیه CPW برای افزایش عملکرد پلاریزاسیون دایروی آنتن.....32

شکل 2-10. الف) ساختار آنتن با تغذیه‌ی نامتقارن [24] ، ب) نسبت محوری.....34

شکل 2-11. الف) آنتن پلاریزاسیون دایروی دو بانده[25] ب)افت برگشتی و ج)نسبت محوری آنتن.....35

فصل سوم

شکل3-1. توپولوژی نقطه به نقطه شبکه‌ی WLAN.....40

شکل3-2. اتصال شبکه‌های شالوده‌ای بی‌سیم شبکه‌ی WLAN 40

شکل3-3. تکاملWLAN.....42

شکل3-4. باندهای فرکانسی برای WLAN 43

شکل 3-5. نمایی از حیطه عملکرد ابزارهای WPAN و WBAN.....45

شکل 3-6. تجسمی از WBAN و اجزای احتمالی.....45

فصل چهارم

شکل 4-1. نمای هندسی آنتن پیشنهاد شده (ابعاد به میلیمتر می‌باشد).....50

شکل4-2. مقایسه افت برگشتی در فرکانس رزونانس برای نمونه آزمایشگاهی وشبیه سازی.....51

شکل4-3. مدل چند لایه بافت‌هاکه برای شبیه سازی آنتن در ناحیه لپ دیواره‌ای سر آدم استفاده شده است.....52

شکل 4-4. پارامترهای هندسی آنتن‌های مورد نظر با دو نوع عایق متفاوت از نمای بالا و روبرو (الف): سابستریتRH-5(ε_r=1) شکل(ب): سابستریت سرامیک AL_2O_3(ε_r=9.8)....54

شکل4-5. شبیه سازی پارامترهای سه آنتن (الف)افت برگشتی،(ب) دایرکتیویته و (ج)گین.....55

شکل4-6. نمودار توزیع SAR برای سه آنتن مورد بررسی.....56

شکل4-7. (الف)نما از بالا (ب) نما از کنار آنتن.....57

شکل4-8. نمودارs_{11} آنتن مورد نظر.....58

شکل4-9. نتایج اندازه گیری و شبیه سازی s_{11} در محلول شبیه سازی برای باند MICS.....58

شکل4-10. آنتن کاشته شده در پوست واقعی.....58

شکل4-11. مقایسه نتایج شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن پوشیده شده با پوست.....59

شکل4-12. (الف)طراحی نرم افزاری (ب) نمونه ساخته شده و (پ) دیاگرام ترسیم شده از آنتن دو بانده PIFA.....61

شکل4-13. (الف) آنتن برروی مدل بدن (ب) نمودار افت برگشتی آنتن مورد نظر برروی بدن(در فاصله 1 میلی متری) وفضای آزاد.....62

شکل4-14. مقایسه پترن تشعشعی آنتن PIFA دوبانده در فرکانس 2.45 گیگاهرتز در فضای آزاد و برروی بدن (شبیه سازی شده).....63

شکل4-15. مقایسه پترن تشعشعی آنتن دوبانده PIFA در فرکانس 1.9 گیگاهرتز در فضای آزاد و برروی بدن(شبیه سازی شده).....63

شکل 4-16. نمونه‌ای از آندوسکپی سنتی برای مشاهده‌ی چند فوت اول از دستگاه گوارش.....65

شکل4-17. نمونه‌ای از سیستم کپسول‌های بلعیدنی با اجزای داخلی.....65

فصل پنجم

شکل 5-1. نمایی از یک سیستم مراقبت سلامت با یک ابزار کاشتنی بی‌سیم که در WBAN کار می-کند.....68

شکل 5-2. نمایی از اجزای تشکیل دهنده سیستم قابل کاشت برای اطلاعات دور سنجی از ابزار کاشته شده.....68

شکل5-3. طرح اولیه از آنتن حلزونی قابل کاشت در بدن براساس [47] : (الف) مدل آنتن و (ب) مدل ساختگی بدن. ابعاد به میلی متر می‌باشند. تشعشع کننده در عمق 5mm از فضای آزاد بیرونی قرار گرفته است.....69

شکل5-4. ضریب انعکاس شبیه سازی شده یک تشعشع کننده کاشته شده مبنی برا[47] احاطه شده بوسیله‌ی فضای آزاد و یک مدل معادل پوست بدن با اتلاف کمتر با ثابت دی‌الکتریک معادل. $\varepsilon'_e=49$..... 70

شکل5-5. داده‌های اندازه گیری شده گذردهی بافت‌های بدن [51] برای انواع بافت‌های مختلف [53]...71

شکل5-6. داده‌های اندازه‌گیری شده‌ی رسانایی بافت بدن [51] برای بافت‌های مختلف ارائه شده در [53].....71

شکل5-7. E_{rad} نرمالیزه، زمانی که ضخامت عایق‌های زیست سازگار با بدن برای آنتن حلزونی براساس [47]افزایش می‌یابد. مقادیر نرمالیزه شده هستند تا اینکه بیشترین تشعشع، زمانی که تشعشع کننده داخل مدل اتلافی بدن انسان قرار گرفته، بدست آید. با عایقی به ضخامت 1میلی متر.....73

شکل5- 8. نتایج استخراج شده از [50].تأثیر مکان مبدا مختصات برروی دیاگرام قطبی یک آنتن فرضی خطی که یک جریان یکنواخت را منتقل می‌کند را نشان می‌دهد:الف) مدل با دو مبدا سیستم مختصات ب) پترن در فضای آزاد ودر یک محیط رسانا با مبدا در مرکز و(پ) پترن در فضا ویک محیط اتلافی با مبدأ در انتهاترین نقطه‌ی بالای تشعشع‌کننده.....74

شکل 5-9. پترن تشعشعی شبیه سازی شده برحسب دسی بل، برای آنتن حلزونی شکل 5-3. زمانی که ابعاد جانبی مدل را تغییر داده‌ایم. در سمت چپ مدل بدن انسان که به شکل مکعب مستطیل نشان داده شده است. ابعاد به ترتیب به فرم L×w×h هستند واندازه‌ها به میلی‌متر می‌باشند.....75

شکل 5-10. ضریب انعکاس شبیه سازی شده تشعشع کننده کاشته شده[47]، احاطه شده بوسیله‌ی یک پوست اتلافی و کم تلفات معادل مدل بدن (ε'_e=49.6 و ε''_e=22.9).....76

شکل5-11. مثال‌هایی از هندسه‌های متعارف قابل استفاده برای ساخت بدن انسان : الف) مکعب مستطیل [46]ب)استوانه‌ای [55] و پ) کروی [47].....79

شکل 5-12. تقریبی از مدل کامل بدن انسان ترکیب شده از هندسه‌های متعارف: الف) جعبه ب) استوانه‌ای. شکل‌ها به ترتیب از [56] و [58] استخراج شده‌اند.....81

شکل 5-13. نمایی از مدل چندلایه الف) مدل سه لایه با مکان‌های 1و2 آنتن که به ترتیب در [47] و [69] معرفی شده است. (ب)ضخامت‌های مختلف چربی از[52]. ابعاد به [mm] می‌باشند.....81

شکل5-14. نمونه‌ای از مدل انسان نما (حالت جامد) [54] 84

شکل 5-15. پروب دی‌الکتریک برای اندازه‌گیری ویژگی‌های دی‌الکتریکی مدل ساختگی بررسی شده.....85

شکل 5-16. آنتن مایکرواستریپ برای ابزار کاشتنی در قفسه سینه انسان (ابعاد به میلی متر می-باشند)....86 شکل 5-17. مدل سر کروی 6 لایه.....86

شکل5-18. هندسه‌های مسطح ساده شده برای طراحی آنتن‌هایی با ابعاد کم، کاشته شده در قفسه سینه انسان (الف) هندسه سه لایه (ب) هندسه یک لایه.....87

شکل5-19، جزئیات اندازه گیری افت برگشتی برای آنتن مورد نظر.....88

شکل5-20، مقایسه افت برگشتی آنتن مورد نظر در قفسه سینه و مدل‌های ارائه شده در شکل5-19.....89

شکل5-21، نمودار افت برگشتی آنتن مورد نظر در فضای آزاد و محلول ساخته شده.....89

شکل5-22، نمایی از اندازه گیری پارامترهای موردنظر در بافت خوک و محلول شبیه سازی شده....90

شکل5-23، نمایی از مدل شبیه سازی شده از آنتن کاشته شده در بافت.....104

شکل 5-24، مقایسه افت برگشتی نمونه‌های آزمایش شده با شبیه سازی شده 91

شکل 5-25، کلیاتی از یک آنتن کاشته شده در ماده اتلافی با عایق درونی و بیرونی.....91

شکل 5-26، نمای سه بعدی از ساختار آنالیز شده .تحریک در مرکز چندین لایه دی‌الکتریک کروی هم مرکز قرارگرفته است. پوسته‌های کروی شامل یک لایه برای مدل کردن هوا، عایق داخلی، لایه-های بدن و عایق خارجی می‌باشند.....93

شکل5- 27، شعاع‌هایی برای ارزیابی تلفات اصلی بدن η_b و تلفات عایق η_{ins}.....94

فصل ششم

شکل6-1، شماتیک آنتن ساخته شده 105

شکل 6-2. مراحل طراحی آنتن.....106

شکل 6-3. مقایسه مراحل طراحی، الف) نسبت محوری سه آنتن اول ب) نسبت محوری سه آنتن دوم ج) افتبازگشتی.....107

شکل 6-4. عکس آنتن ساخته شده به همراه کانکتور SMA.....108

شکل6-5. نتایج اندازه‌گیری وشبیه‌سازی شده آنتن پیشنهادی الف) افت برگشتی ب) نسبت محوری.....109

شکل6-6. پترن آنتن در صفحات XZ وYZ در دو فرکانس الف) 2/4 وب) 5/2 گیگاهرتز.....110

شکل6-7. پترن راستگرد و چپگرد آنتن در صفحات XZ و YZ در دو فرکانس الف) 2/4 ، ب) 5/2 گیگاهرتز.....111

شکل6-8. بهره‌ی آنتن طراحی شده.....112

شکل6-9. میدان الکتریکی در جهت X و Y (الف) اندازه (ب) فاز Ex و Ey در بازه‌ی فرکانسی 1 تا 10گیگاهرتز.....113

شکل6 -10. نمودار نسبت محوری آنتن پیشنهادی برحسب زاویه‌ی θ در 2/4 و 5/2 گیگاهرتز.....114

شکل6-11: توزیع جریان سطحی آنتن در فرکانس (الف) 2/4گیگاهرتز و (ب) فرکانس5/2گیگاهرتز.....115

شکل 6-12. نمایی از شبیه سازی بافت های بدن و جایگاه آنتن مورد نظر.....115

شکل 6-13. نمودار افت برگشتی آنتن مورد نظر در بافت شبیه سازی شده.....116

شکل 6-14پترن راستگرد و چپگرد آنتن در صفحات XZ و YZ در فرکانس 2/4گیگاهرتز 116
شکل 6-15: بهره‌ی آنتن طراحی شده.....117
شکل 6-16: نمودار افت برگشتی آنتن مورد نظر با تغییر ضخامت لایه‌ی پوست.....117
شکل 6-17: نمودار گین آنتن مورد نظر با تغییر ضخامت لایه‌ی پوست.....118
شکل 6-18: نمودار گین آنتن مورد نظر با تغییر ضخامت لایه‌ی چربی.....118
شکل 6-19: نمودار افت برگشتی مورد نظر با تغییر ضخامت لایه‌ی چربی.....119

فهرست جدول‌ها

فصل دوم

جدول2-1. مقایسه‌ی پهنای باند و نسبت محوری دو آنتن ارائه شده در مراجع [22] و [23].....32

فصل سوم

جدول3- 1. باندهای فرکانسی قابل دسترس برای WBAN و WPANها.....46

فصل چهارم

جدول 4-1. ابعاد طراحی آنتن شبیه سازی شده.....54

جدول4-2. پارامترهای بهینه شده آنتن مورد نظر.....57

جدول4-3. ابعاد پارامترهای آنتن دو بانده PIFA.....60

فصل پنجم

جدول5-1. ویژگی‌های دی الکتریکی بافت‌های مختلف بدن.....80

جدول5-2 . دستورالعمل و ویژگی‌های دی‌الکتریکی معادل بافت ماهیچه بدن.....85

جدول 5-3. داده‌های الکتریکی بافت‌های زیستی قابل استفاده برای سر کروی در فرکانس 402 مگاهرتز..87